

## Literatur

Wem die hierunter angeführte Literatur nicht genügt, wer sich also noch ausführlicher über diese Obstbaumbakteriose, ihren Erreger, den Wirtspflanzenkreis, die Infektionsmöglichkeiten, über Resistenzfragen, Bekämpfungsmaßnahmen und das weitere recht umfangreiche einschlägige Schrifttum unterrichten will, sei auf die zusammenfassende Darstellung von Stapp, C.: Bakterielle Krankheiten, in Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 6. Aufl. Bd. 2, Lfg. 2. 1956, p. 151—167, sowie auf Stapp, C.: Pflanzenpathogene Bakterien. Berlin und Hamburg 1958, p. 129—141 verwiesen.

- Ark, P. A.: The behaviour of *Bacillus amylovorus* in soil. *Phytopathology* **22**. 1932, 657—660.
- Ark, P. A.: Control of fireblight of pear with agri-mycin formulations. *Plant Dis. Repr.* **42**. 1958, 1397—1398.
- Burrill, T. J.: Pear and apple tree blight. *Trans. Illinois Stat. Hort. Soc.* **14**. 1880, 157—167.
- Burrill, T. J.: Bacteria as a cause of disease in plants. *Amer. Naturalist* **15**. 1881, 527—531.
- Cockayne, A. H.: Fire blight and its control. The hawthorn question. *New Zealand Journ. Agric.* **23**. 1921, 30—36.
- Conners, I. L.: Annual report of the Canadian Plant Disease Survey **21**. 1941 (1942). 102 pp.
- Crosse, J. E.: (a) Fire-blight of pear in Britain. *Commonwealth Phytopath. News* **5**. 1959, 4—5.
- Crosse, J. E.: (b) Plant pathogenic bacteria and their phages. *Commonwealth Phytopath. News* **5**. 1959, 17—19.
- Crosse, J. E., Bennett, Margery, and Garrett, Constance M.: Fire-blight of pear in England. *Nature (London)* **182**. 1958, 1530.
- Davison, A. D.: Plant diseases of economic crops occurring in Wyoming during 1958. *Plant Dis. Repr.* **42**. 1958, 1409—1410.
- Elrod, R. P.: Serological studies of the *Erwiniae*. I. *Erwinia amylovora*. *Bot. Gaz.* **103**. 1941, 123—131.
- Higdon, R. J.: Graft-union disorders in certain blight-resistant pear root and trunk stocks. *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.* **68**. 1956, 44—47.

- Hildebrand, E. M.: Studies on fire-blight ooze. *Phytopathology* **29**. 1939, 142—156.
- Hilton, R. J.: Fire blight in Alberta. A serious scourge of apple trees. *Press Bull. Alberta Univ. Ext. Dept.* **32**. 1947, Nr. 1, p. 2—3.
- Howlett, F. S., and Fowler, T. E.: New hope for pears in Ohio. *Ohio Farm and Home Res.* **35**. 1950, Nr. 262, p. 12.
- Laporte, L. J. S.: Nouvelle campagne contre la brûlure bactérienne du pommier. *Rep. Quebec Soc. Prot. Pl.* 1943 to 1944 (1947?), p. 17.
- Lelliott, R. A.: Fire blight of pears in England. *Agriculture (London)* **65**. 1959, 564—568.
- Mehta, P. P., Gottlieb, D., and Powell, D.: Vancomycin, a potential agent for plant disease prevention. *Phytopathology* **49**. 1959, 177—183.
- Miller, P. M.: Control by different streptomycin formulations of fire blight on Bosc pears in Connecticut. *Plant Dis. Repr.* **41**. 1957, 19—22.
- Mills, W. D.: Fire blight development on apple in western New York. *Plant Dis. Repr.* **39**. 1955, 206—207.
- Reinhardt, J. F.: The effect of sub-freezing temperatures on the viability and pathogenicity of the fire blight pathogen, *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. *Diss. Abstr.* **18**. 1958, 358.
- Shaw, L.: Intercellular relative humidity in relation to fire blight resistance in apple and pear. *Phytopathology* **24**. 1934, 17.
- Shaw, L.: Intercellular humidity in relation to fire-blight susceptibility in apple and pear. *Cornell Agric. Exp. Stat. Mem.* **181**. 1935. 40 pp.
- Thomas, H. E., and Ark, P. A.: Some factors affecting the susceptibility of plants to fire blight. *Hilgardia* **12**. 1939, 299—322.
- Wahl, H. A.: The migration of *Bacillus amylovorus* in the tissue of the quince. *Journ. agric. Res.* **45**. 1932, 59—64.

Eingegangen am 19. Oktober 1959.

DK 632.954.2.024.4:536.422/423 CIPC

## Untersuchungen über die Flüchtigkeit des CIPC und anderer Herbizide

Von Hans Orth, Biologische Bundesanstalt, Institut für Gemüsekrankheiten und Unkrautforschung  
Fischenich Bez. Köln

Unter den für die Unkrautbekämpfung im Gemüse- und Blumenzweibelbau gebräuchlichen Herbiziden steht z. Z. das CIPC (Isopropyl-N-[3-chlorphenyl]-carbamat) an führender Stelle in der Praxis; anfangs aufgetretene Schwierigkeiten bei der Anwendung sind durch eingehende Untersuchungen und auf Grund der von Gemüsebaufachberatern gesammelten Erfahrungen beseitigt worden, so daß in einigen Gebieten diese Art der Unkrautbekämpfung zu einer betriebswirtschaftlichen Routinemaßnahme geworden ist. Im Zuge der weiteren Ausbreitung des Verfahrens sind nun im Jahre 1958 erstmalig an Roggen aus dem Rheinland, aus Niedersachsen und Schleswig-Holstein Schäden (Taubährigkeit) gemeldet worden, die unzweifelhaft mit den CIPC-Spritzungen zusammenhängen. Meist waren Spätmöhren behandelt worden, die in der Nachbarschaft von blühendem Roggen standen. Zunächst glaubte man, daß die Taubährigkeit durch Abdrift des Spritznebels entstanden sei, aber diese Vermutung traf überall dort nicht zu, wo man während der Spritzarbeit durch seitliche Abschirmung der Randdüsen eine direkte Verwehung des CIPC verhindert hatte.

Als unsere Untersuchungen bereits aufgenommen waren, wurden ähnliche Schadensfälle auch im benachbarten Holland, vor allem an Flachs, beobachtet und von Aukema (1958) zusammengestellt. Er führte zahlreiche Beispiele an, bei denen die Schäden am Flachs durch direktes Überwehen des CIPC oder durch seine Flüchtigkeit entstanden sein konnten. In der überwiegenden Zahl der Fälle waren die Schäden (Verdickung und Krümmung der Fasern) unabhängig von der Windrichtung während der Spritzung, der Tröpfchengröße, Flüssigkeitsmenge oder dem Hersteller des Herbizids. Aukema vermutete, daß der Flachs durch dampfförmiges CIPC geschädigt worden war, wobei eine Wirkung bis auf eine Entfernung von 120 m festgestellt wurde.

Die holländischen und deutschen Berichte stimmen also dahingehend überein, daß die beobachteten Schäden wahrscheinlich durch verdampftes CIPC entstanden sind. Diese Vermutung wird durch die Angaben von Sanders im Weed Control Handbook (1958) über den niedrigen Schmelzbereich (33—41 °C) gestützt. Anderson, Linder und Mitchell (1952)



stellten fest, daß die Carbamate IPC (Isopropyl-N-phenylcarbamat) und CIPC noch leichter verdampften als z. B. der Äthylester der 2,4-D, der bereits als flüchtiges Herbizid bekannt ist. Nach 24 Stdn. bei etwa 30 °C betrugen die Verluste unter ihren Versuchsbedingungen bei:

CIPC	91,9%
IPC	79,6%
2,4-D-Äthylester	29%

während 2,4-D-Na unter gleichen Voraussetzungen überhaupt nicht verdampfte.

Die nachfolgenden Untersuchungen, bei denen phytotoxische Schäden durch verdampftes CIPC experimentell nachgewiesen werden sollen, beschränken sich lediglich auf den biologischen Nachweis von gasförmigen Stoffen, deren Hemmwirkung dadurch entsteht, daß sie aus Emulsionen oder feuchten Granulaten bei bestimmten Temperaturen entweichen.

Methodik

Als Testobjekt für CIPC-Schäden diene die Wurzel von *Lepidium sativum*, deren Längenwachstum bekanntlich empfindlich auf CIPC reagiert (Orth 1959). Zum Nachweis der Dampfphase dienten für die vorliegenden Untersuchungen 2 Methoden:

1. In die untere Hälfte einer Petrischale (9 cm  $\phi$ ) wurden 30 g Quarzsand gefüllt und mit verdünnten Herbizidemulsionen befeuchtet oder bestreut (Granulat). In den Versuchen mit Streumitteln wurde der eingefüllte Boden entsprechend den Versuchen mit Emulsionen angefeuchtet. Die Höhe der Konzentrationen war an die in der Praxis üblichen Dosierungen angepaßt. Diese Versuchsanordnung entspricht annähernd den im Freiland gegebenen Verhältnissen, wo Emulsionen und Granulate im feuchten Boden zur Wirkung kommen. Auf dem Rande der Petrischale lag ein Drahtnetz, über diesem ein Filtrierpapierstreifen, dessen Enden nach beiden Seiten herunterhingen, und ein Rundfilter, auf das die Kressesamen gelegt werden konnten. Der überstehende Filtrierpapierstreifen tauchte auf beiden Seiten in eine größere Petrischale (15 cm  $\phi$ ), die mit Wasser gefüllt war. Auf jedem Rundfilter wurden je 50 Samen ausgelegt und über die kleine Petrischale eine Neubauerschale gestülpt; durch diese Versuchsanordnung schien gewährleistet, daß nachweisbare Schäden nur infolge des aus dem Quarzsand sich verflüchtigenden CIPC entstanden sein konnten (s. Abb. 1). Nachdem die Versuchsgefäße bei bestimmter Temperatur und Zeitdauer im Thermostaten gestanden hatten, wurden die Petrischalen (9 cm  $\phi$ ) gegen sorgfältig gereinigte aus-

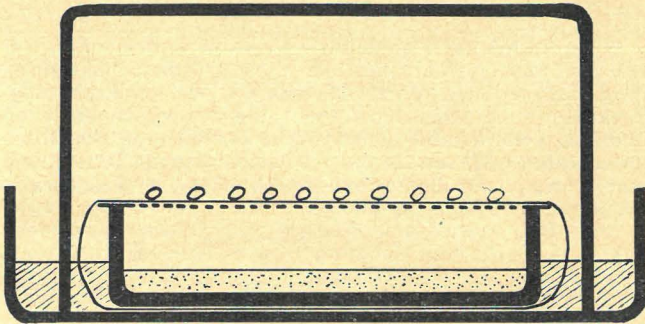


Abb. 1. Versuchsanordnung für Methode 1 (Erläuterung s. Text).

getauscht und bei Zimmertemperatur aufgestellt. Wichtig ist, daß sämtliche Geräte vor Versuchsbeginn auf 160 °C (2 Stdn.) erhitzt werden, um Spuren von anhaftendem CIPC auszuschalten.

2. In einen Rundkolben (250 ccm) wurden 200 ccm CIPC-Emulsion, den üblichen Konzentrationen bzw. Aufwandmengen entsprechend, eingefüllt. Bei den Versuchen mit Granulaten kam jeweils die gleiche Wirkstoffmenge zur Anwendung; das Präparat wurde in den Kolben, in dem sich 200 ccm angefeuchteter Quarzsand befanden, gestreut. Der Kolben stand in einem Ultrathermostaten, der eine genaue Einstellung der Versuchstemperatur gestattete. An diesen Kolben wurden nacheinander bis zu 5 Waschflaschen, die je 100 ccm Wasser enthielten, angeschlossen. Eine Membranpumpe drückte den Luftstrom aus dem Rundkolben durch die fünf Gaswaschflaschen. Abschließend wurde der CIPC-Gasstrom unter eine Glasglocke geleitet, unter der einige junge Salatpflanzen die Reste des nicht in den Gaswaschflaschen absorbierten CIPC nachweisen sollten. Die Salatpflanzen wurden in keinem der ersten Versuche geschädigt, so daß in späteren Versuchen auf diese Testpflanzen verzichtet wurde. Abb. 2 gibt die Versuchsanordnung wieder, wobei als Abschluß ein Standglas mit Wasser diente. Nach 24 Stdn. wurde der Luftstrom unterbrochen und der Inhalt jeder einzelnen der fünf Gaswaschflaschen biologisch untersucht (Kressewurzeltest). Mit je 5 ccm Flüssigkeit aus Rundkolben und den nummerierten Gaswaschflaschen wurden Rundfilter in Petrischalen angefeuchtet, mit je 50 Samen belegt und bei 23 °C im Thermostaten zur Keimung aufgestellt. Die erste Bonitierung erfolgte nach 24, die zweite nach 43 bis 48 Stdn.

Tabelle 1

Keimung und Längenwachstum der Wurzeln von je 100 Kressesamen nach 24stündiger Einwirkung von CIPC-Dämpfen bei verschiedenen Temperaturen.

Temperatur während der Gasphase	Keimung in Prozent									
	Kontrolle nach		Granulate je Hektar				Emulsionen je Hektar			
			4 kg		8 kg		3 kg		6 kg	
	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen
20° C	93	99	83	98	94	98	11	99	20	99
30° C	30	98	17	98	6	99	3	97	2	96
40° C	2	98	3	92	0	99	0	93	0	97

Längenwachstum der Wurzeln in Millimeter										
20° C	8-10	10-14	2-3	2-5	2-3	2-4	2-3	2-4	2-3	2-3
30° C	1-4	10-14	1-3	4-5	1-2	3-4	2-3	3-4	Sp. *)	2-3
40° C	Sp. *)	5-12	Sp. *)	2-4	0	2-4	0	2-4	0	1-2

\*) Sp. = Wurzelspitze eben sichtbar.



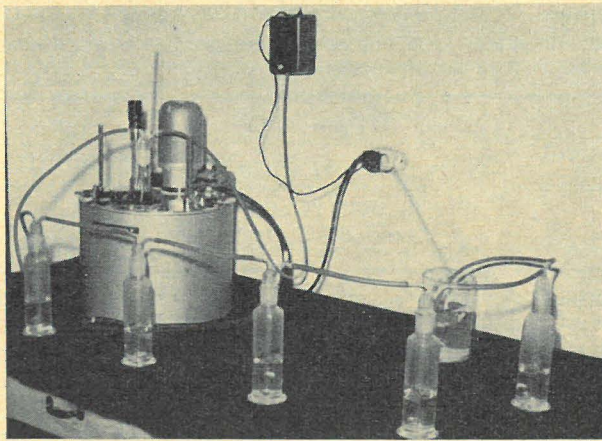


Abb. 2. Versuchsanordnung für Methode 2  
(Erläuterung s. Text).

### V Versuchsergebnisse

In der ersten nach Methode 1 durchgeführten Versuchsreihe wurde die mögliche Verdampfung des CIPC aus Emulsionen und einem an inerten Trägerstoff gebundenen Granulat ermittelt. Zum Vergleich standen:

CIPC-Granulat	4 kg Wirkstoff je ha
" "	8 kg " " "
CIPC-Granulat	3 kg " " "
" "	6 kg " " "

Temperaturen: 24 Std. bei 20°, 30° und 40° C.

Keimung und Wurzelwachstum der Kresse wurden nach 1 und 3 Tagen bei 21–22° C ausgezählt bzw. gemessen. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Vergleicht man insgesamt die Werte für Keimung und Längenwachstum, so wird die relativ stärkere Wirkung des CIPC auf die Zunahme der Wurzellänge klar ersichtlich und damit die Bezeichnung des Wirkstoffes als mitotisches Zellgift bestätigt. Die Keimung der Samen wurde auch bei höheren Temperaturen durch das gasförmige CIPC nur vorübergehend gehemmt; die Werte lagen nach 3 Tagen fast ebenso hoch wie in den Kontrollschalen. Dagegen bleibt die Hemmung des Wurzelwachstums irreversibel und wird von typischen pathologischen Symptomen am Keimling begleitet (verdicktes und verkürztes Hypokotyl, Anschwellungen der Wurzeln). Wichtigste Feststellung aus dieser Versuchsreihe scheint der Nachweis der Verdampfung des CIPC be-

reits bei 20° C innerhalb von 24 Std. zu sein (s. Keimungswerte nach dem 1. Tag und Längenwachstum nach dem 1. und 3. Tag). Dabei fällt auf, daß die Dämpfe aus Emulsionen offenbar phytotoxisch wirksamer sind als aus Granulaten.

Die durch CIPC-Dampf verursachten Schäden traten verstärkt auf, wenn die Temperatureinwirkung von 24 auf 38 Stunden verlängert wurde. Bei dieser Versuchsreihe wurde auch das CIPC-Präparat eines anderen Herstellers mit dem gleichen Ergebnis geprüft.

In einer weiteren Versuchsreihe sollten folgende Fragen beantwortet werden:

Beeinflussen gasförmige Stoffe aus dem Emulgator die Versuchsergebnisse?

In welchem Bereich liegt die Grenzkonzentration für die Schäden durch verdampftes CIPC?

Dieser Versuch lief bei 15, 30 und 40° C während 38 Std.; die Ergebnisse sind in Tab. 2 wiedergegeben.

Vergleicht man die erhaltenen Werte für „Emulgator“ und „Kontrolle“, so ergibt sich, daß bei Versuchstemperaturen von 30° und 40° C Keimung der Samen und Längenwachstum durch Entwicklung gasförmiger Substanz aus dem Emulgator offensichtlich beeinträchtigt wurden; allerdings wirkt sich diese Hemmung wesentlich schwächer aus als die des CIPC-Präparates in normaler Aufwandmenge (vgl. Werte für Emulsion 4 l/ha und Emulgator). Außerdem ist zu beachten, daß das Präparat nicht nur den Emulgator + Wirkstoff, sondern auch noch Lösungsmittel enthält. Diese Frage der Nebenwirkung der im Fertigpräparat enthaltenen Stoffe wird bei der Besprechung der mit Methode 2 erhaltenen Ergebnisse nochmals berührt werden. Hier bleibt zunächst festzustellen, daß die nach Methode 1 erzielten Ergebnisse in Versuchen, bei denen die Kressesamen dicht (etwa 1,5 cm) über den zu prüfenden Substanzen ausgelegt waren, erkennen lassen, daß bei höheren Temperaturen eine gewisse Hemmwirkung des Emulgators nachgewiesen werden kann. Dagegen zeigen die bei 15° C ermittelten Ergebnisse eindeutig, daß bei dieser Versuchstemperatur die Keimung der Samen überhaupt nicht und das Längenwachstum der Wurzeln kaum merklich durch verdampfte Substanz aus dem Emulgator beeinflusst worden sind, während die Gaswirkung der CIPC-Präparate auch bei dieser relativ niedrigen Versuchstemperatur klar hervortritt, und zwar vor allem bei dem Wachstum der Wurzeln. Die Keimung der Samen wurde nur durch eine extrem hohe Wirkstoffmenge (8 kg/ha) in der Emulsionsreihe vorübergehend geringfügig und statistisch nicht gesichert (88% zu 96%) gehemmt, während die

Tabelle 2.

Einwirkung der Gasphase verschiedener CIPC-Dosierungen (Emulsionen, Granulate) und des Emulgators auf die Entwicklung von Kressesamen.

Zur Verdampfung angesetzte Mittel  Wirkstoffmenge kg/ha	Keimung in Prozent						Wurzellängenwachstum in Millimeter					
	vorher: 15° C		30° C		40° C		vorher: 15° C		30° C		40° C	
	nach		nach		nach		nach		nach		nach	
	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen
Emulsion 8	88	94	8	95	0	89	2	3–4	2–3	4	0	2–3
Emulsion 4	97	97	12	95	0	88	2–3	4–5	3	4–5	0	2–3
Emulsion 0,4	97	98	66	98	0	87	5	8	6–7	15	0	3
Emulsion 0,04	94	98	86	98	0	89	5–6	15	12	20–21	0	4–5
Emulsion 0,004	93	98	94	99	0	92	5–6	20	12	22–23	0	4–6
Granulat 16	97	99	81	98	0	98	3	4	3–4	4	0	2–3
Granulat 8	94	95	69	98	0	93	3–4	5–6	4	4	0	3
Granulat 4	95	96	62	94	0	96	3	5	3–4	5	0	3
Emulgator 16	96	100	65	95	0	91	5–6	15	7–9	10–15	0	2–3
Kontrolle	96	98	88	97	1	93	6	18–20	12	22–23	0–3	8



Granulate bis zu einer Wirkstoffmenge von 16 kg/ha (d. h. bei vierfach erhöhter Dosierung) die Samenkeimung nicht gestört hatten. Die Wirkung des bei 15 °C entwickelten dampfförmigen CIPC auf das Längenwachstum der Wurzel ist klar ersichtlich: Normaldosierung des Granulats (4 kg/ha) kann bei diesen Messungen kaum besser als die Emulsion beurteilt werden; vergleicht man die Werte bei doppelter Wirkstoffmenge (8 kg/ha), so wird ersichtlich, daß CIPC offenbar weniger leicht aus dem Granulat als aus der Emulsion verdampft. Es kann also auch in dieser Versuchsreihe (s. Methode 2) festgestellt werden, daß bereits bei relativ niedrigen Temperaturen (15 °C) eine Verdampfung aus normal dosierten CIPC-Granulaten und -Emulsionen stattfindet. Aus der Tab. 2 ist nun auch ersichtlich, daß während einer Versuchsdauer von 38 Stdn. bei 15 °C dieses dampfförmige CIPC noch aus Emulsionen biologisch nachweisbar ist, die 1/100 der normalen Wirkstoffmenge enthalten (s. Werte Kontrolle und 0,04 kg Emulsion). Um einen Anhaltspunkt für die phytotoxische Grenzkonzentration zu erhalten, wurde ein Versuch angesetzt, bei dem die Kressesamen auf Filtrierpapier mit Emulsionen befeuchtet wurden, die, ausgehend von der Normaldosierung (4 kg/ha), mehrstufig im Verhältnis 1 : 10 verdünnt worden waren (s. Tab. 3).

Aus dieser Eichreihe kann man ablesen, daß die Kresse — und zwar das Längenwachstum der Wurzel — noch auf CIPC-Konzentrationen reagiert, die 1/100 der Normaldosierung (4 kg Wirkstoff je ha) betragen, d. h., daß in der vorangegangenen Versuchsreihe (s. Tab. 2) etwa auch diese Mengen in gasförmigem Zustande auf die Kressesamen eingewirkt haben müssen. Es verdampft also bei 15 °C phytotoxisch wirksame Substanz auch noch aus Emulsionen, die ursprünglich nur 1/100 der Normaldosierung enthalten haben (s. Tab. 2). Theoretisch müßte eine darartig verdünnte Emulsion sehr bald keinen Wirkstoff mehr enthalten. Die Löslichkeit des CIPC in Wasser wird mit 80 p.p.m. bei 20 °C angegeben; um mit den in Tab. 3 aufgeführten Werten vergleichen zu können, würde diese Angabe in ‰ ausgedrückt = 0,008‰ sein, d. h. doppelt so hoch wie die im Versuch bestimmte Grenzkonzentration, aber im gleichen Bereich liegend. Man könnte also annehmen, daß die phytotoxische Grenzkonzentration etwa der Löslichkeit in Wasser entspricht, wenn vorausgesetzt wird, daß für die Aufnahme in die Pflanze die Wasserlöslichkeit entscheidend ist. Diese Frage wird später im Zusammenhang mit den nach Methode 2 durchgeführten Versuchen nochmals besprochen werden.

Mit der Methode 1 wurden einige weitere für die Unkrautbekämpfung in Möhren oder Zwiebeln bestimmte Herbizide, darunter auch solche, die bisher noch nicht im Handel sind, auf ihre Flüchtigkeit geprüft; als Vergleichspräparat wurde ein CIPC-Granulat eingesetzt:

Mittel 1	OMU + BiPC (Cyclooctyl-dimethylharnstoff + Butinoldchlorphenylcarbamate)	5 l/ha
Mittel 1		8 l/ha
Mittel 2	OMU + BiPC (enthält relativ mehr BiPC als 1)	8 l/ha
Propazin		2 kg Wirkstoff je ha
Mittel 1 als Granulat		200 kg/ha (gemischt mit Kalksalpeter)
CIPC-Granulat		100 kg/ha (gemischt mit Natronsalpeter)
Thiodiazol-Granulat		150 kg/ha (gemischt mit inertem Träger)

Versuchstemperaturen: 15 °, 30 °, 40 °C.  
Die Ergebnisse sind in Tab. 4 zusammengestellt.

Die Keimung der Kressesamen wurde nur durch flüchtige Stoffe des Thiodiazols, die sich bei 30 ° und 40 °C entwickelten, deutlich gehemmt bzw. vermindert; alle anderen Herbizide beeinflussten die Keimung bei dieser Versuchsanordnung nicht. Das Wachstum der Wurzeln dagegen reagierte wieder empfindlicher auf die sich entwickelnden Gase der einzelnen Herbizide; bei einer Versuchstemperatur von 15 °C kann man bereits Schäden nachweisen, und zwar zunächst am deutlichsten aus dem CIPC-Granulat. Es folgen in der Reihenfolge der Wurzelschädigung: Thiodiazol, Mittel 1 (Granulat), Mittel 2 und Mittel 1 (8 l/ha); keine bzw. nur schwache Bildung gasförmiger phytotoxisch wirksamer Stoffe ließen die Versuche mit Mittel 1 (niedrige Aufwandmenge 5 l/ha) und Propazin erkennen. Bei einer Verdampfungstemperatur von 30 °C erwies sich das Thiodiazolgranulat als phytotoxisch wirksamste Substanz, da hier die Wurzelspitzen abstarben und das Wachstum völlig unterbunden wurde. Dieses Herbizid übertraf damit in der Toxizität seiner Gasphase noch die des CIPC-Granulats, die das Längenwachstum der Wurzeln nur in gewissem Maße hemmte. Auch die übrige Entwicklung der Keimlinge (Streckung des Hypokotyls, Entfaltung der Keimblätter) wurde durch Thiodiazol stärker als durch CIPC beeinträchtigt. Hinsichtlich der schädigenden Wirkung der Gasphase bei 30 °C kann man folgende Reihenfolge für diese Versuchsreihe aufstellen: Thiodiazol > CIPC > Mittel 2 > Mittel 1 (Granulat) > Mittel 1 (8 l) > Mittel 1 (5 l) > Propazin. Vergleicht man Mittel 2 mit Mittel 1 bezüglich des Verdampfungseffektes, so ist festzustellen, daß das erstgenannte Präparat bei gleicher Aufwandmenge offensichtlich leichter flüchtig wird, eine Folge des relativ höheren Anteiles an Carbamate (BiPC). Das in diesen

Tabelle 3.

Phytotoxische Wirkung von CIPC-Emulsionen auf Keimung und Wurzelwachstum bei 23 °C (Eichreihe).

Angewandte Konzentrationen (Wirkstoff)	Keimung (Prozent)		Wurzellänge (Millimeter)		Bemerkungen
	nach		nach		
	1 Tag	2 Tagen	1 Tag	2 Tagen	
CIPC 0,4‰ = 4 kg/ha	3	81	Sp. *)	2	Wurzeln verdickt
CIPC 0,04‰	70	88	2	5	Wurzeln verdickt
CIPC 0,004‰	93	97	3	6–7	Wurzeln etwas verdickt
CIPC 0,0004‰	94	97	4	13–14	Hypokotyl gestreckt
Kontrolle	97	99	4	15	Hypokotyl gestreckt

\*) Sp. = Wurzelspitze eben sichtbar.



Tabelle 4.

Einwirkung der Dampfphase verschiedener Herbizide auf Keimung der Samen und Längenwachstum der Wurzeln von *Lepidium sativum* nach 36stündiger Exposition bei 15°, 30° und 40° C.

Zur Verdampfung angesetzte Mittel Präparat- menge/ha	Keimung in Prozent						Wurzellänge in Millimeter					
	vorher: 15° C		30° C		40° C		vorher: 15° C		30° C		40° C	
	nach		nach		nach		nach		nach		nach	
	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen	1 Tag	3 Tagen
Mittel 1 (5 l)	98	98	91	96	0	92	5	12	10	13-15	0	3-4
Mittel 1 (8 l)	95	100	89	96	0	93	5	8	8-10	10-12	0	3
Mittel 2 (8 l)	92	96	77	97	0	84	5	6-7	7	8-9	0	3
Propazin (4 kg)	94	95	91	96	0	90	5	10	13-14	16-18	0	4-6
Mittel 1 (Granu- lat) (200 kg)	95	96	90	97	0	92	5	6-7	8-10	9-12	0	4
CIPC-Granulat (100 kg)	96	98	91	96	0	90	3-4	5	6	7-8	0	2-3
Thiodiazol-Gra- nulat (150 kg)	96	96	14	95	0	0	5	6-7	5*)	5	0	0
Kontrolle	99	100	95	98	0	93	5	8-12	12	15	0	5

\*) = Wurzelspitzen abgestorben.

beiden Präparaten enthaltene Harnstoffderivat (OMU) dagegen hat für den Verdampfungseffekt vermutlich kaum eine Bedeutung.

Bei dieser Betrachtung sei nochmals betont, daß die in diesem Versuch beurteilten Präparate gemäß der von den Herstellern empfohlenen Aufwandmenge eingesetzt wurden, so daß etwa in der Praxis übliche Dosierungen miteinander verglichen worden sind.

Bei der höchsten Temperatur (40° C) ist eine Hemmung des Längenwachstums der Wurzeln auch in der Kontrolle zu beobachten. Aber auch unter diesen Bedingungen schädigt die Gasphase des Thiodiazolgranulats am stärksten (totale Abtötung); es folgt CIPC-Granulat vor Mittel 1 und Mittel 2. Vollkommen stabil scheint (unter den Versuchsbedingungen) das Propazin zu sein, dessen Verdampfung auf Grund seines Schmelzpunktes (218° C) in einem Bereich außerhalb der im Boden gegebenen Voraussetzungen liegt.

Um auch bei diesen Präparaten eine Vorstellung von der Höhe der Grenzkonzentration zu erhalten, wurden einige der im Versuch eingesetzten Herbizidwirkstoffe im Kressetest geprüft; aus früheren Versuchen (s. o.) war bekannt, daß 1/100 der Normaldosierung des CIPC noch deutlich nachweisbare Schäden an Kressewurzeln hervorruft. Im gleichen Größenbereich lagen die Versuchsergebnisse mit Mittel 1 und Mittel 2, wobei sich die Unterschiede zwischen Aufwandmengen von 5 und 8 l/ha nach Verdünnung auf 1:100 verwischen. Eine Sonderstellung nahm bei diesen Versuchen wieder Propazin ein, dessen wässrige Suspensionen auch bei Normaldosierung (0,4% = 2 kg Wirkstoff je ha) überhaupt keinen Einfluß auf Keimung und Wachstum der Kresse zeigten. Aus noch nicht veröffentlichten Untersuchungen ist uns diese Erscheinung auch bei anderen Pflanzenarten bekannt, so daß selektive Unempfindlichkeit als Ursache entfällt. Es wird vermutet, daß die herbizide Wirkung des Propazins nicht von der Löslichkeit in Wasser (8,6 p.p.m.) abhängt, sondern von der Lipoidlöslichkeit bestimmt wird, wobei nach Walter (1947) die Oberflächenaktivität der Plasmagrenzschichten ausschlaggebend sein kann.

Im vorliegenden Versuchsbericht steht das CIPC im Mittelpunkt der Untersuchungen; die Wasserlöslichkeit dieses Wirkstoffes wird mit 80 p.p.m. bei 20° C im Weed Control Handbook (1958) angegeben; sie liegt damit im Bereich der herbiziden Grenzkonzentration (s. S. 40). Es wurde vermutet, daß diese Wasserlöslichkeit des CIPC für die Phytotoxizität bedeutsam ist, daß also die Schäden, die durch Flüchtigkeit des Wirkstoffes ent-

stehen, auch nach Lösung in Wasser oder wässrigen Substanzen (z. B. Narbensekrete) eintreten können. Mit der Methode 2 (s. S. 38) durchgeführte Versuche sollten diese Vermutung bestätigen. Nach Durchleiten des CIPC-Gases durch 5 hintereinander geschaltete Waschflaschen müßte man wasserlösliche Stoffe nachweisen können. In der ersten Waschflasche wird vermutlich der Nachweis eindeutig sein, wenn überhaupt CIPC im vorgelegten Kolben verdampft. Die Versuche wurden bei verschiedenen Temperaturen und mit CIPC-, Mittel 1-, Mittel 2-Präparaten und Thiodiazol durchgeführt. Zu jedem Versuch wurde eine Eichreihe bei 23° C angesetzt, um eine Vorstellung von der Höhe der Konzentration zu erhalten, die sich in den Waschflaschen gelöst hatte.

#### A. Versuche mit CIPC

In Vorversuchen wurde festgestellt, daß eine Versuchsdauer von 24 Stdn. ausreichte, um Hemmstoffe im Wasser der Gaswaschflaschen nachzuweisen. Nachstehend werden die Ergebnisse der Versuche bei 15°, 30° und 40° wiedergegeben und zwar nur die Endwerte der Keimung und Wurzellängen nach der 2. Auszählung nach 48 Stdn. (s. Tab. 5). Im Kressetest wurden jeweils nebeneinander bei 23° C nach Abbruch des Versuches geprüft:

1. Die ursprüngliche Dosierung (in % Wirkstoff),
2. die Emulsion im Destillationskolben,
3. die Inhalte der fünf Waschflaschen und
4. die Keimung auf mit Wasser getränkten Filterpapieren (Kontrollen).

Aus den Werten der Tab. 5 ist ersichtlich, daß CIPC eindeutig bereits bei Temperaturen von 15° C flüchtig wird und sich die flüchtigen Stoffe bis zu toxischen Konzentrationen wieder in Wasser lösen. Sowohl Keimung als auch Wurzellänge der Kresse werden von dem Waschwasser gehemmt; diese Hemmungseffekte sind hier noch schärfer als in den nach der 1. Methode durchgeführten Versuchen (s. S. 39) nachweisbar. Die Ergebnisse des Kressetestes mit den Proben aus den Waschflaschen 1—5 lassen erkennen, daß bis zur 3. Flasche noch biologisch nachweisbare CIPC-Mengen einströmen. Die Ausgangsemulsion im Destillationskolben hatte bei 15° C offenbar nur wenig Wirkstoff verloren; bei 30° und verstärkt bei 40° C lassen sich derartige Verluste nachweisen. Diese Werte zeigen wieder deutlich die relativ geringere Empfindlichkeit der Samenkeimung, verglichen mit der des Längenwachstums der Wurzeln; es entwickelten sich z. T. nur Wurzelspitzen (Sp.).



Tabelle 5.

Keimung und Wurzelentwicklung von Kressesamen im Waschwasser nach Durchleitung der Gasphase einer 0,4%igen Emulsion. Durchschnittswerte aus je 2 Versuchen.

Angesetzt in	Verdampfungstemperatur					
	15° C		30° C		40° C	
	Keimung %	Wurzellänge mm	Keimung %	Wurzellänge mm	Keimung %	Wurzellänge mm
Emulsion aus Destillationskolben	0	0	4	Sp.	14	Sp.
1. Waschflasche	60	5	74	4	59	3
2. Waschflasche	84	8	84	6-7	69	7
3. Waschflasche	93	9-12	83	7-8	80	8-10
4. Waschflasche	94	15-18	89	9-10	94	10
5. Waschflasche	94	15	92	10-12	98	12
Kontrolle	96	18	91	17-18	96	12
CIPC 0,4% (23° C)	0	0	0	0	0	0

Um die Frage nach der in dem Wasser der Gaswaschflaschen gelösten CIPC-Menge zu beantworten, waren zu jedem Versuch Eichreihen mit bekannten CIPC-Dosierungen angesetzt worden; dieser Vergleich gestattet natürlich nur grobe Angaben: Danach lag der CIPC-Gehalt in der 1. Waschflasche:

Bei der 15° C-Reihe nahe bei 0,004% (Wirkstoff)  
 " " 30° C- " zwischen 0,004 und 0,04%  
 " " 40° C- " nahe bei 0,04%.

Bei 40° C müßte sich im Destillierkolben also innerhalb von 24 Stdn. die Ausgangskonzentration um mindestens  $\frac{1}{10}$  verringert haben. Wahrscheinlich würde man mit genaueren Nachweismethoden noch höhere Werte erhalten, wie die von Anderson, Linder und Mitchell (1952) festgestellten Gewichtsverluste des CIPC (fast 92% innerhalb 24 Stdn. bei 30°) zeigten.

Nachdem in Versuchen mit der 1. Methode bei höheren Temperaturen die Entwicklung gasförmiger, phytotoxischer Substanzen, die die Kresseentwicklung beeinflussen, auch aus dem Emulgator des CIPC nachgewiesen werden konnten — allerdings in relativ geringem Maße — erschien eine Prüfung der phytotoxischen Wirkung der Beistoffe im Kresstest angebracht. Zur Verfügung standen der Emulgator und Emulgator + Lösungsmittel des Präparates Prevenol 56\*), d. h. im letzteren Falle außer dem CIPC-Wirkstoff alle Beistoffe des Fertigproduktes. Die Ergebnisse sind in Tab. 6 zusammengestellt.

\*) Der Fa. Schering, Berlin, danke ich für die bereitwillige Überlassung dieser Präparate.

Die Konzentrationsreihe beginnt mit 1,6%; diese entspricht der in unseren Versuchen üblichen Dosierung von 16 l Präparat in 1000 l Flüssigkeitsmenge je ha. Da das Handelspräparat nur einen gewissen Anteil des CIPC-Wirkstoffes enthält, können die Ergebnisse hinsichtlich des biologischen Hemmeffektes in den 1,6% — und folgenden Konzentrationen nicht unmittelbar miteinander verglichen werden. Immerhin kann man erkennen, daß der Emulgator weniger phytotoxisch wirkt als das Lösungsmittel, denn in der höchsten Konzentration des Emulgators (1,6%) keimten nach 48 Stdn. noch 58% der Samen und zeigten ihre Wurzelspitzen, während Emulgator + Lösungsmittel die Keimung vollständig verhinderten. Die Wirkung war ebenso stark wie die des CIPC-Handelspräparates.

Noch aufschlußreicher sind die Werte der um 1:10 verdünnten Konzentration (0,16%): der Emulgator hemmte nur noch wenig die Keimung der Samen, deutlicher dagegen das Längenwachstum der Wurzeln (s. Werte nach 48 Stdn.). Die gleiche Konzentration von Emulgator + Lösungsmittel wirkte wieder fast ebenso phytotoxisch wie das CIPC-Präparat; ein Unterschied war nur im Längenwachstum der Wurzeln nach 48 Stdn. festzustellen:

CIPC-Präparat	3 mm
Kontrolle	13 mm

Emulgator + Lösungsmittel	= 8—10 mm
Kontrolle	= 10—12 mm.

Tabelle 6.

Vergleich der phytotoxischen Wirkung des Emulgators, Emulgators + Lösungsmittels und des CIPC-Handelspräparates auf Keimung der Samen und Längenwachstum der Wurzeln von *Lepidium sativum*. Versuchstemperatur 23° C.

Konzentrations- in Prozent	Emulgator				Emulgator + Lösungsmittel				CIPC - Handelspräparat			
	Keimung der Samen in Prozent		Längenwachstum der Wurzeln in Millimetern		Keimung der Samen in Prozent		Längenwachstum der Wurzeln in Millimetern		Keimung der Samen in Prozent		Längenwachstum der Wurzeln in Millimetern	
	nach		nach		nach		nach		nach		nach	
	24 Stdn.	48 Stdn.	24 Stdn.	48 Stdn.	24 Stdn.	48 Stdn.	24 Stdn.	48 Stdn.	24 Stdn.	48 Stdn.	24 Stdn.	48 Stdn.
1,6	1	58	0-Sp.	Sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
0,16	80	92	Sp.	3-4	51	89	Sp.	8-10	39	93	Sp.	3
0,016	91	94	4	13	95	98	3-4	12	64	91	2-3	5
0,0016	93	97	6	14	91	95	3-4	10-12	81	95	3	7
0,00016	93	96	6-7	15-16	96	96	4	11-14	92	97	3-4	10
Kontrolle	99	99	6-7	16	94	99	4	10-12	91	97	3-4	13



Demnach scheint sich die phytotoxische Wirkung des CIPC-Präparates im Bereich normaler Dosierungen aus drei Komponenten zusammensetzen, nämlich aus derjenigen des Wirkstoffs, des Emulgators und des Lösungsmittels. Von den beiden letzteren hat das Lösungsmittel offenbar die stärkere Wirkung auf Keimung und Wachstum der Kresse.

Die Verdünnungen 1:100, 1:1000 und 1:10 000 lassen die eigentliche phytotoxische Wirkung des CIPC im Vergleich zu Emulgator und Lösungsmittel endlich klar erkennen: Die relativ unempfindlichere Keimung wurde durch 0,016% CIPC-Präparat anfangs noch gehemmt; die beiden anderen Komponenten des Herbizids dagegen beeinflussten den Keimungsprozeß nicht mehr; dabei ist zu berücksichtigen, daß die Konzentrationen nicht unmittelbar verglichen werden können (s. o.). Die nächstniedrigen Konzentrationen (0,0016 und 0,00016%) des CIPC-Präparates verursachten eine mehr oder weniger deutliche Hemmung des Längenwachstums der Wurzeln, aber mit der Emulsion von 0,00016% ist die Phytotoxizität kaum noch sicher nachweisbar. Als Anhang zu den Tabellenwerten seien Angaben über die Entwicklung des Kressekeimlings gemacht, und zwar in bezug auf die Streckung des Hypokotyls und die Verdickung oder Verbildung der Wurzeln:

a) Der Emulgator (0,16%) bewirkte, daß die Wurzeln gebogen und oft schraubenzieherartig wuchsen. Ab 0,016% streckte sich das Hypokotyl des Keimlings wie in der Kontrollreihe.

b) Emulgator + Lösungsmittel (0,16%) verhinderte die Streckung des Hypokotyls nach 48 Std.; auch die 0,016%ige Konzentration hemmte das Wachstum des Hypokotyls.

c) Das CIPC-Handelspräparat (0,16%) führte zu verdickten Wurzeln, auch noch bei 0,016%. Ab Konzentration 0,0016% streckte sich das Hypokotyl wie bei unbehandelten Keimlingen.

Man kann zusammenfassend feststellen, daß nicht nur der Wirkstoff CIPC, sondern auch die im Handelspräparat enthaltenen Beistoffe eine phytotoxische Wirkung auf Kresse ausüben, daß aber in schwachen Dosierungen (in vorliegendem Falle ab 0,016%, d. h. ab  $\frac{1}{100}$  der normalen Dosierung) der Effekt des CIPC-Wirkstoffes überwiegt. Es lag sehr nahe, mit der für CIPC entwickelten Methoden (2) auch die Frage nach der Flüchtigkeit dieser Beistoffe zu prüfen.

Als Verdampfungstemperaturen wurden nur 30 ° und 40 ° C gewählt, da in früheren Versuchen (s. S. 39) bereits die im Vergleich zu CIPC höhere Thermostabilität erkannt worden war. Unter Verzicht auf eingehende tabellarische Wiedergabe der erhaltenen Versuchswerte sei hervorgehoben, daß die Verdampfung des Emulgators bei 30 ° C im Waschwasser der 1. Flasche

bereits kaum nachweisbar war. Vergleicht man das als Merkmal empfindliche Längenwachstum der Wurzeln mit dem CIPC-Versuch unter gleichen Bedingungen, so stehen sich folgende Werte gegenüber:

Emulgator (1,6%)	12 mm	Hypokotyl gestreckt
Kontrolle	15 mm	" "
CIPC-Präparat	4 mm	Wurzeln verdickt
Kontrolle	17—18 mm	Hypokotyl gestreckt

Im Waschwasser der 2. Flasche war CIPC noch deutlich nachzuweisen: Wurzellänge 6—7, während im Emulgator-Versuch die entsprechenden Werte bei 11—14 mm lagen.

Wurde die Verdampfungstemperatur auf 40 ° C erhöht, so erfolgte keine Zunahme der Flüchtigkeit des Emulgators. Demnach kann die mit Methode 1 festgestellte Wirkung des Emulgators hier nicht bestätigt werden, und zwar offenbar deshalb, weil sich aus dem Luftstrom nicht genügend Substanz in dem Waschwasser löste, während bei der 1. Methode die Kressesamen direkt über dem Emulgator zur Keimung angesetzt wurden, wobei auch nichtwasserlösliche Gase zur Wirkung gekommen sein konnten.

Das Lösungsmittel dagegen wurde im Waschwasser nachgewiesen, wenn die Temperaturen sehr hoch stiegen (40 ° C): das Waschwasser der 1. Flasche hinter dem Destillationskolben reduzierte die Keimung von normalerweise 94 und 99% auf 18 bzw. 65%, die Wurzellängen von 4 und 11 mm auf 1 bzw. 6 mm. Die Keimblätter blieben nach 48 Std. noch in der Samenschale, während bei Kontrollpflanzen bereits das Hypokotyl gestreckt war. Auch im Waschwasser der 2., 3. und 4. Flasche hatten sich gasförmige Stoffe gelöst, die die Entwicklung der Kresse beeinträchtigten.

Um den phytotoxischen Effekt der wasserlöslichen Gase aus dem CIPC-Präparat und den Beistoffen (Emulgator + Lösungsmittel) vergleichen zu können, wurden die bei derselben Versuchstemperatur (40 ° C) erhaltenen Ergebnisse der Keimprüfung im Waschwasser der 5 Flaschen gegenübergestellt (s. Tab. 7).

Aus den Werten ist ersichtlich, daß gasförmige, in Wasser lösliche Bestandteile des Lösungsmittels für die Beurteilung des CIPC-Präparates berücksichtigt werden müssen. Nicht der Emulgator, sondern das Lösungsmittel des CIPC kann beim Zustandekommen von Verdampfungsschäden eine Rolle spielen. Wenn diese Schlußfolgerung richtig sein sollte, müßten wasserlösliche, phytotoxisch wirkende Gase aus Granulaten, die ja kein flüssiges Lösungsmittel enthalten, mit dieser Methode nicht nachweisbar sein.

CIPC-Granulate wurden bei Temperaturen von 30 ° und 40 ° C zur Verdampfung im Ultrathermostaten angesetzt: im Destillationskolben (500 ccm) befanden sich

Tabelle 7.

Wirkung der wasserlöslichen Gase des CIPC-Präparates und seiner Beistoffe (Emulgator + Lösungsmittel) auf die Entwicklung der Kressesamen.  
Konzentration: 1,6%. Verdampfungstemperatur: 40 ° C. Zur Keimung angesetzt bei 23 ° C.

Geprüfte Lösungen	CIPC-Präparat				Emulgator + Lösungsmittel			
	Keimung der Samen in Prozent		Wurzellänge in Millimetern		Keimung der Samen in Prozent		Wurzellänge in Millimetern	
	nach		nach		nach		nach	
	24 Stunden	48 Stunden	24 Stunden	48 Stunden	24 Stunden	48 Stunden	24 Stunden	48 Stunden
1. Waschflasche	7	59	Sp.	3	18	65	Sp.	6
2. Waschflasche	17	69	1-2	7	32	81	1-2	7-8
3. Waschflasche	32	80	2-3	8-10	52	85	2	7-8
4. Waschflasche	46	94	2-3	10	59	86	2	7-10
5. Waschflasche	75	98	3	12	69	91	2-3	10
Kontrolle	88	96	4	12	94	99	4	10-12



200 cm Sand, die mit 55 ccm Wasser angefeuchtet wurden; auf die Oberfläche wurden 8 g des Granulates gestreut. Diese entsprachen einer Aufwandmenge von 40 kg/ha = 4 kg Wirkstoff, d. h. der für Möhren normalerweise empfohlenen Dosierung. Nach 24 Stdn. wurden die Inhalte der 5 Gaswaschflaschen auf ihren Gehalt an phytotoxischen Stoffen in üblicher Weise mit Kressesamen geprüft. Folgende Ergebnisse lagen nach 48 Stunden vor:

Die Keimung wurde in keinem Falle beeinträchtigt. Die Wurzellänge, die bekanntlich als empfindlichster Gradmesser für CIPC-Effekte gilt, blieb ebenfalls unbeeinflusst, abgesehen von dem Inhalt der 1. Waschflasche des 40 °C-Versuches, wo eine geringe Hemmung nachweisbar war. Aber auch hier verlief die weitere Entwicklung des Keimlings (Streckung des Hypokotyls, Entfaltung der Keimblätter) vollkommen normal.

Wir stellen fest, daß nach Methode 1 durchgeführte Versuche (s. Tab. 2) den Nachweis für phytotoxisch wirksame gasförmige Stoffe aus CIPC-Granulaten erbrachten, Versuche nach Methode 2 dagegen nicht. Der wesentliche Unterschied beider Verfahren besteht darin, daß nach Methode 1 die keimende Kresse direkt im Luft-raum über dem Präparat lag, während im 2. Verfahren nur wasserlösliche Stoffe zur Wirkung kommen können. Die „Gase“ des CIPC sind demnach nur in geringem Maße wasserlöslich (80 p.p.m. bei 20 °C) und können ihren phytotoxischen Effekt auf das Wurzelwachstum wahrscheinlich mehr auf Grund der Lipoidlöslichkeit ausüben. Verdampfbare, wasserlösliche und zugleich phytotoxisch wirksame Substanzen sind offenbar vorwiegend im Lösungsmittel des CIPC-Präparates vorhanden.

## B. Versuche mit anderen Herbiziden

In gleiche Richtung deuteten Versuchsergebnisse, die mit Mittel 1- und Mittel 2-Emulsionen und mit Mittel 1-Granulat (s. S. 41) nach Methode 2 erhalten wurden. Auch hier ließen sich Hemmungen von wasserlöslichen Stoffen, die bei 40 °C gasförmig werden, nicht nachweisen, während nach Methode 1 deutliche, dem Fluidpräparat entsprechende Effekte auch bei Granulaten im Temperaturbereich von 15 bis 40 °C festgestellt werden konnten (s. Tab. 4, S. 41).

Sogar das Thiodiazolgranulat, das nach Methode 1 (s. Tab. 4, S. 41) den stärksten Verdampfungseffekt gezeigt hatte, blieb nach Methode 2 fast wirkungslos. Also kann auch hier die Lipoidlöslichkeit des vergasenden Wirkstoffes für die Phytotoxizität maßgebend sein.

## Zusammenfassung

Mit Hilfe von 2 Untersuchungsmethoden wurde nachgewiesen, daß aus Herbiziden, insbesondere CIPC, dampfförmige Stoffe entweichen, die eine phytotoxische Wirkung ausüben. Testpflanze war *Lepidium sativum*; als wichtigste Indikatoren für die phytotoxische Wirkung dienten Keimung der Samen und Längenwachstum der Wurzeln.

Aus CIPC-Emulsionen verdampfte der Wirkstoff leichter als aus Granulaten; die Verdampfung ließ sich bereits bei 15 °C nachweisen. Die Gasphasen des Emulgators und Lösungsmittels wirken ebenfalls in gewissem Maße hemmend auf das Wurzelwachstum. Die für die Kressenwurzel toxische Grenzkonzentration des CIPC-Präparates liegt etwa bei  $1/100$  der in der Praxis üblichen Dosierung. Im Bereich geringer Konzentrationen überwog die CIPC-Wirkung.

Außer CIPC wurden solche Herbizide im gleichen Verfahren geprüft, die im Gemüsebau ähnlich wie CIPC eingesetzt werden könnten (OMU + BiPC, Propazin, Thiodiazol). Thiodiazolgranulat schädigte in seiner Gas-

phase noch stärker als CIPC; die Ergebnisse mit allen übrigen Mitteln lagen günstiger als die Werte des CIPC. Bei Propazin konnte in keinem Falle eine phytotoxisch wirkende Dampfphase nachgewiesen werden; sie ist in dem für Pflanzenwachstum gültigen Temperaturbereich auf Grund des hoch liegenden Schmelzpunktes auch nicht zu erwarten.

Mit Methode 1 wurde die Wasserlöslichkeit der aus Herbiziden sich entwickelnden Dämpfe biologisch (*Lepidium sativum*) geprüft. Die phytotoxische Wirkung des gering löslichen CIPC (80 p.p.m.) und wahrscheinlich auch anderer in Wasser schwer löslicher Wirkstoffe beruht vermutlich überwiegend auf ihrer Lipoidlöslichkeit. Die in einem CIPC-Handelspräparat enthaltenen Beistoffe (Emulgator + Lösungsmittel) entwickelten im Bereich normaler Dosierungen (1,6‰ = 16 l/ha) bei höheren Temperaturen wasserlösliche Dämpfe, die ebenfalls phytotoxisch wirkten. Die Verdampfung aus dem Lösungsmittel war bedeutender als aus dem Emulgator.

Aus CIPC-Granulaten konnten auch bei hohen Temperaturen (bis 40 °C) keine wasserlöslichen, phytotoxisch wirkenden Dämpfe nachgewiesen werden.

Die herbizide Wirkung der Dampfphase mehrerer anderer untersuchter Präparate beruhte wahrscheinlich wie bei CIPC vorwiegend auf der Lipoidlöslichkeit der Wirkstoffe.

## Summary

Two methods were used for the proof of evaporated phytotoxic substances escaping from herbicides, specially CIPC. The test plant was *Lepidium sativum*.

The evaporation of CIPC started at temperatures of about 15 °C and it was stronger from emulsions than from granulates. Besides the active substance the gaseous phase of the emulgator and the solvent might have an influence on the herbicide effect. The limit-concentration of CIPC as herbicide was about  $1/100$  of the dosage used in practice. In more diluted emulsions the effect of the active substance (CIPC) was prevailing.

Some investigations were also made with other herbicides (OMU + BiPC, Propazin, Thiodiazol); all they had an evaporation less than CIPC. From Propazin (high melting point) no volatile substances escaped at temperatures normal for plant-growth.

With the second method the solubility of evaporated herbicide in water was demonstrated; it was also proved with *Lepidium sativum*. The solubility in water of CIPC is only 80 p.p.m., yet the herbicide effect depends probably more on the solubility for lipoids. At higher temperatures the water-soluble gases of the emulgator and especially of the solvent of a commercial product had a herbicide effect at concentrations used in practice (1,6‰ = 16 l/ha).

Those substances could not be found in the CIPC-granulates even not at high temperature (40 °C).

Probably the herbicide effect of vapour-phase of certain herbicides is also due to the solubility in lipid substances.

## Literatur

1. Anderson, W. P., Linder, P. J., and Mitchell, J. W.: Evaporation of some plant growth regulators and its possible effect on their activity. *Science* **116**. 1952, 502—503.
2. Aukema, J. J.: De beschadiging van vlas door chloor-IPC. Proefstation voor de Akker-en Weidebouw Wageningen, Meded. **18**. 1958. 48 pp.
3. Orth, H.: Die phytotoxische Wirkung von CIPC in verschiedenen Böden. Verhandl. IV. Internat. Pflanzenschutz-Kongr. Hamburg 1957, Bd. **1** (Braunschweig 1959), 537—539.
4. Sanders, H. G. (ed.): Weed control handbook 1958. Oxford. 245 pp.
5. Walter, H.: Einführung in die Phytologie. Bd. **1**: Grundlagen des Pflanzenlebens. 2. Aufl. Stuttgart. 1947. 474 S.

Eingegangen am 30. Juni 1959