

MICROBIOLOGISCHE AFBRAAKPROCESSEN ALS SANERINGSMETHODE
VAN MET BESTRIJDINGSMIDDELEN VERONTREINIGDE GRONDEN

P.Doelman, M.Fredrix & H.Schmiermann

rapport in opdracht van
de provincie Gelderland

RIN-rapport 87/10

254964 - bylagen

Rijksinstituut voor Natuurbeheer
Arnhem

1987

RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
VESTIGING TEXEL
Postbus 59, 1790 AB Den Burg
Texel, Holland

BIBLIOTHEEK
RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
POSTBUS 9201
6600 HB ARNHEM-NEDERLAND

R.I.N.-RAPPORT **T**

Dit

omdat er nog steeds mensen zijn
met vragen
om te luisteren
om te glimlachen
om te doen
om te zeggen wat kan
of hoe het moest
soms door een vloek
soms door een groet

Nog steeds is de omgeving stimulerend

Voorwoord bij de bijlagen

Over de afbraak van de 26 pesticiden wordt hier gedetailleerde informatie verschaft, onder andere in de vorm van twee soorten tabellen. De ene soort geeft informatie over veld- of laboratoriumomstandigheden waaronder de waarnemingen werden verricht en de omzettingssnelheid. De andere soort laat zien welke micro-organismen en metaboliëten geregistreerd werden, onder welke omstandigheden dat gebeurde en welke fysisch/chemische verdwijningprocessen daarbij waren betrokken.

Bij veel aanduidingen zijn er afkortingen gebruikt zoals o.m. (organisch materiaal), T. (temperatuur), V. (vocht) en l dr (luchtdroog). Het 0 - niveau is vaak uitgedrukt in A (aeroob), An (anaeroob), fl (flooded = ²grond staat onder water en wordt anaeroob ingeschat) of n fl (non-flooded). Veel van deze aanduidingen zijn geen omschrijving van een exact gehalte of niveau.

De toegevoegde hoeveelheid pesticide wordt vaak in pound per acre aangegeven: lb/a. Het is ondoenlijk om deze getallen om te zetten in milligram per kilo (ppm) aangezien de ene auteur meent dat de stof 20 cm diep gaat en de ander slechts 5 cm diep.

De literatuurverwijzingen in de tabellen zijn op auteur vermeld; in de afbraakschema's echter op nummer. Bij elk afbraakschema staan deze nummers in een subtabel waarin wordt aangegeven met welke referentie (aangeduid als nummer) ze corresponderen.

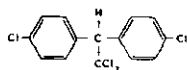
Inhoudsopgave bijlagen

Blz.

DDT	1
Aldrin	8
Dieldrin	15
Endrin	21
Heptachloor	27
Chloordaan	34
HCH	40
Endosulfan	48
PCP	58
Parathion	67
Methylparathion	73
Diazinon	77
Azinphosmethyl	82
Malathion	86
Dichloorvos	90
Dimethoaat	92
Methidathion	95
Fenitrothion	97
Bromophos	100
Chloorfenvinfos	103
Ethion	106
DNOC	108
Dinoseb	112
Dinoterb	114
2,4-D	117
MCPA	121

DDT

Structuurformule:



Chemische naam: 1,1¹-(2,2,2-trichloorethylindeen)bis(4-chloorbenzeen).

Afbraak

Totale mineralisatie. Volledige afbraak van DDT door microorganismen is aangetoond onder kunstmatig achter elkaar geschakelde verschillende omstandigheden met behulp van specifiek voedsel en specifieke micro-organismen.

Omzettingsduur.

Halfwaardetijden in het veld voor DDT zijn vrij hoog: 3 tot 10 jaar (gemiddeld 2,8 jaar) en soms zelfs meer dan 35 jaar (in bosgrond). In één geval was na 17 jaar nog 40% DDT terug te vinden. t_{95} -waarden lopen uiteen van 4-30 jaar (gemiddeld 10 jaar). In de tropen liggen deze waarden lager. In Taiwan werd een halfwaardetijd van 8 maanden gemeten (225). In India bedroeg de t_{50} slechts 3 maanden. In Nigeria en Kameroen werden t_{90} -waarden van respectievelijk < 1 jaar en 3 maanden vastgesteld. De hogere temperatuur zal een belangrijke rol spelen bij deze snellere afbraak.

Experimenten met twee concentraties DDT (10 lb/6" acre en 100 lb/6" acre), toegediend aan een Miami silt loam, werd na 3½ jaar respectievelijk 22,7% en 46,0% residu aangetroffen (138). De afbraak in grond met de hoogste concentratie verloopt trager: na 15 jaar werd in de grond met de laagste dosering totaal 18% DDT/DDE aangetroffen. In grond met de hoogste concentratie was dit 24% DDT/DDE (142). Werd grond intensief bewerkt na toepassing van DDT dan was na 4 maanden het verdwijnen van DDT groter dan in onbewerkte grond (resp. 44% en 26%). Na 10 jaar was dit verschil nog merkbaar: in bewerkte grond werd nog 31% en in onbewerkte grond nog 44% gevonden (142).

In het laboratorium 25^o C werd een proef uitgevoerd waarbij halfwaardetijden in verschillende gronden vastgesteld werden onder aerobe en anaerobe omstandigheden. Onder aerobe condities verliep de omzetting iets sneller: de t_{50} varieerde van 41-44 dagen en onder anaerobe condities 47-50 dagen. De t_{90} in deze proef was 190-200 dagen (191).

Wijze van afbraak/omzetting

* microbiologisch

Micro-organismen kunnen DDT omzetten in o.a. de volgende metabolieten: DDE, DDD, DDA, dicofol, DBP, PCPA, PCPB, DDMU, DDMS, DDNS, DBH (zie afbraakrouteschema). DDE en DDD zijn de belangrijkste metabolieten, beiden zijn stabiel en dan DDT. DDD is minder toxisch dan DDT. Productie van CO_2 uit DDT is aangetoond. Onder anaerobe omstandigheden wordt vnl. DDD gevormd. Onder aerobe condities wordt naast DDD ook DDE gevormd. Guenzi & Beard, 1968, vermelden de microbiële afbraak van DDT in silt loam onder aerobe en anaerobe omstandigheden. Onder aerobe condities werd na 6 weken 75% DDT, 4% DDE en een spoor DDD teruggevonden. Onder anaerobe condities werd 41% DDD gevormd. Werd de anaerobe grond verrijkt met alfalfa dan werd 99% DDD gevormd. Een gemengde bacteriepopulatie brak anaeroob DDT af tot DDD: 30% in 2 weken en 100% in 4 weken. Onder aerobe omstandigheden vond geen DDD-vorming plaats (87). Onder anaerobe omstandigheden lijkt de omzetting van DDT (in vnl. DDD) beter te verlopen, hoewel soms afbraak onder aerobe omstandigheden ook plaatsvindt. Matsumura & Boush, 1968, stelden vast dat Trichoderma viride (12 isolaten) 90% DDT metaboliseerde in 3 dagen tijd, met DDD, DDE en dicofol als afbraakprodukten. Pfaender & Alexander, 1972 toonden aan dat in het laboratorium volledige afbraak van DDT mogelijk is. Hydrogenomonas kan onder anaerobe omstandigheden DDT omzetten in DDMU, DDMS, DDNS en DDM. Deze laatste stof kan, onder aerobe condities tot PCPA afgebroken worden, dat weer door diverse microorganismen volledig gemineraliseerd wordt tot CO_2 . Focht, 1972, vermeldt dat Hydrogenomonas in combinatie met een Monilia-achtige schimmel DDT via DDM en PCPA omzet in CO_2 en chloride.

Zowel DBP als DDM kunnen in twee stukken breken, waarna volledige afbraak volgen kan. Voordat deze stoffen gevormd worden zijn vele omzettingen nodig aan het trichloorethaangedeelte van DDT.

* fysisch-chemisch

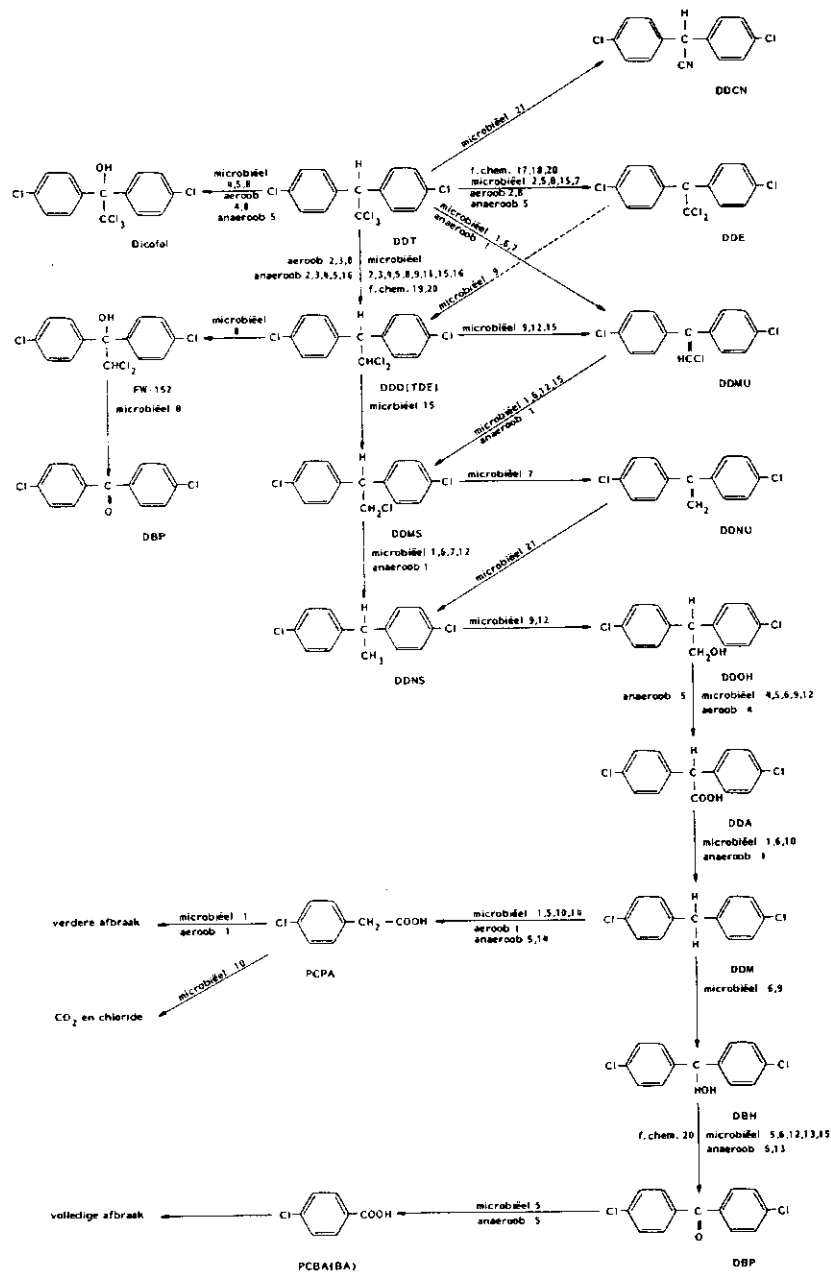
Door vervluchtiging kan DDT deels verdwijnen: van 0,1 kg/ha/jr (82) tot 0,18 kg/ha/jr (70). Ook kan DDT vrij sterk geadsorbeerd worden aan grond: tot 26% na 28 dagen (143). Bij hogere concentraties wordt procentueel minder geadsorbeerd bij 10 ppm trad 16% adsorptie op, bij 1 ppm 22% (143). Door fysische-chemische reacties kunnen afbraakprodukten als DDD, DDE en DBP en andere gevormd worden.

veld/ lab	grondsoort textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
veld							1 lb/a	2,8 jr	10 jr		Edwards, 1973
veld							2 lb/a/j			uiteindelijk residu: 6 lb/a (3 ppm in bovenste 5 inch)	Edwards, 1973
veld	Maryland soil									na 17 jr: nog 40% aanwezig	Nash & Woolson, 1967
lab	Rode Tamil Nadu grond:sand 60% silt 13%;clay 25%	0,17	6,9	25 ^o C		An	100 ppm	41,2 dg			Rajukkanu et al. 1985
						A	100 ppm	46,8 dg			
						?		190 dg			
lab	Zwarte Tamil Nadu grond:sand 33%; silt 8%;clay 58%	0,41	8,4	25 ^o C		An	100 ppm	44,2 dg			
						A	100 ppm	49,6 dg			
						?		200 dg			
veld							1-2,5 kg/ha	4-30 jr			Edwards, 1966
								3-10 jr			Menzie, 1972
	bosgrond							>35 jr			Dimond et al. 1970
veld	muck soil	40					10 lb/6"			na 3,5 jr: 33% residu; 1 ^e halfjr: t ₅₀ =20 md; vlgnde 3 jr: t ₅₀ =27,3 md	Lichtenstein & Schulz'59
veld	Miami silt loam	3,8					10 lb/6"/a			na 3,5 jr: 22,7% residu 1 ^e halfjr: t ₅₀ =7,75 md; vlgnde 3 jr: t ₅₀ =24,6 md	
veld	Miami silt loam	3,8					100 lb/6"/a			na 3,5 jr: 46,0% residu	
veld	silt loam; sand:35%;silt 40%; clay 16% (Taiwan)	0,5	8,5	20-30 ^o C		2x	5 kg/ha	8 md			Talekar et al. 1977
							dec.'71 en in apr.'75				
veld	Miami silt loam						DDT:85% p.p'; 15 % o.p'			residu (in %) na 11 jr na 15 jr	Lichtenstein et al. 1971
							10 lb/a			p.p'-DDT 15,1 10,5 o.p'-DDT 18,0 10,7 p.p'-DDE 16,5 8,8	
							100 lb/a			p.p'-DDT 34,3 15,5 o.p'-DDT 60,5 24,8 p.p'-DDE 20,3 8,6	
veld	Carrington loam soil bewerkt en onbewerkt						DDT:84% p.p' en 15% o.p' 4 lb/a			na 4 maanden: verlies: bewerkt 44%; onbewerkt 26% residu na 10 jr (in %): bewerkt: p.p'-DDT 22% o.p'-DDT 36% tot. 31% p.p'-DDE 8% onbewerkt: p.p'-DDT 33% o.p'-DDT 49% tot. 44% p.p'-DDE 11%	Lichtenstein et al. 1971
veld	India Nigeria Kameroen Taiwan							3 md			Van Waerdt, 1983
									t ₉₀ <1 jr t ₉₀ : 3 md		
								8 md			

Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden				
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	Referentie
Hydrogenomonas	'sewage'	DDMU, DDMS, DDNS, en DDM PCPA			Anaeroob(lab) Pfaender & Alex- Aeroob (lab) ander, 1972	
diverse micro-organismen o.a. Arthrobacter		(CO ₂) volledig afbraak				
bacteriën		DDE	4%	silt loam	Aeroob, lab	Guenzi & Beard,
		DDD	spoor		proefduur 6wk	1968
		DDT	75%			
		DDD	41%	silt loam	Anaeroob, lab	
			tot.omz.		verrijkt met	
			99%		alfalfa	
*Pseudomonas 6 spp		DDD			Anaeroob, lab	Chacko et al.
*Xanthomonas 4 spp						1966
*Erwinia 4 spp						
Bacillus 3 spp						
Achromobacter sp						
Aerobacter aerogenes						
Agrobacterium tumefaciens						
Clostridium pasteurianum						
Corynebacterium michiganense						
Kurthia zophi						
*: meest actief						
Streptomyces 8 spp		DDD			Aeroob, lab	Chacko et al.
Nocardia						1966
Pseudomonas 9 spp		DDD en			Aeroob, lab	Patil et al. 1970
Bacillus 3 spp		DDA en				
Micrococcus		op dicofol gelijkende				
Arthrobacter		verbinding				
?		DDD	35%	silt loam	Anaeroob	Guenzi & Beard,
		DDE	0,25%			1967
		dicofol, DDA, DBP, PCBA	0,6%			
		DDT	19%			
Aerobacter aerogenes		DDMU, DDMS, DDNS DDA DDM DBH DBP		voedings- medium		Wedemeyer, 1967 a en b
Bacterie isolaten	Lake Michigan sediment	DDNS				Matsumura et al. 1971
Trichoderma viride (12 isolaten)	boomgaard Ohio	DDD + dicofol(8 isolaten) DDD + DDE (1 isolaat) DDD (3 isolaten)	90% in 3 dg		30° C Aeroob	Matsumura & Boush, 1968
Fusarium oxysporum		DDT/DDE DDD DDMU, DDOH, DDA en DBH				Engst & Kujawa, 1967
Monilia-achtige schimmel samen met Hydrogenomones		DDM en PCPA CO ₂ en chloride				Focht, 1972

Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden					Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige		
Mucor alternans	met DDT be- handelde car- rington loam soil	3 hexaanoplosbare metabo- lieten en 2 wateroplos- bare metabolieten (niet: DDA, DBP, DDE, DDD, dico- fol 1,1-bis (p-chloorfenyl) ethaan)	na 2 dg: 58%	schud; cultures	lab; ppm DDT	Anderson et al. 1970	
			na 11 wk: carring- geen om- zetting	ton loam soil	grond (1 ppm DDT) met spore sus- pense behandeld		
Saccharomyces cerevisiae		dechlorering van DDT	50% in 50 u.			Kallman & Andreas, 1963	
Anaerobe, methaan pro- ducerende en sulfaat re- ducerende bacteriën	'sewage sludge'	? ? ?	1 ppm DDD 1 ppm DDT 100 ppm DDT	50% in 4 dg 100% in 2 dg langzamer	30°C Anaeroob, modder	Hill & McCarty, 1967	
Achromobacter sp Aerobacter aerogenes Agrobacterium tumefaciens Bacillus spp Clostridium spp Corynebacterium michiganense Escherichia coli Erwinia spp Kurthia zopffi Pseudomonas spp Streptococcus spp		DDD				Menzie, 1969	
Aerobacter aerogenes		DDD DDMU DDMS DDNS DDDR DDA DBP	70%		celvrij sys- teem	Wedemeyer, 1966	
Enterobacter aerogenes bodem en andere micro-organismen		gedechloreerde stoffen geoxideerde derivaten DBP			Anaeroob, in vitro	Barker & Morris- son, 1965	
?		DDM PCPA			Anaeroob	Reineke, 1984	
?			na over 1 md	DDT 63 µg grond DDD 1322 µg (fl) DDMS 21 µg toev.: DDMU 12 µg mest DBP 4 µg DDE 3 µg	Begin: 2 mg DDT recovery 71%	Johnson et al. 1971	
gemengde bacterie populatie		DDD	na 2 dg: 30% na 4 dg: 100% 0%		Anaeroob Aeroob	Halvorsson et al. 1971	
Vervluch- ting			0,5% in 40 dg; tot 0,1 kg/ ha/jr	vochtige loam	30°C	Guenzie & Beard, 1970	

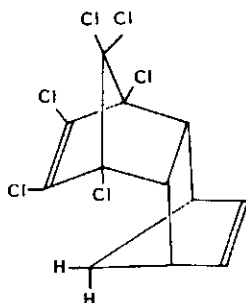
Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden			Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org. Metabolieten	% omz	Medium	Overige	
Chemische katalyse	DDE		opp.kleimin. ijzeroxiden		Fleck & Haller, 1945 Downs et al. 1951
Chemisch	DDD		gereduc. porphyri- nen		Crosby, 1970, Miskus et al. 1965
Vervluchtiging		0,18 kg/ ha/jr			Freed et al. 1972
Fotolyse	DDE, DDD, DBP en andere				Helling et al. 1971
Adsorptie		dg 0: 9,7% Planosilt 27°C		1 ppm DDT	
		dg 1:17,2% loam			
		dg 28:26,1% 20% vocht			Lichtenstein, et
Adsorptie		na 21 dg:		1 ppm DDT	al. 1977
		22,4%			
		na 21 dg:	" "	10 ppm DDT	
		15,6%			
Adsorptie		dg 1:1,3%		1 ppm DDE	



- | | | |
|----|---|-----|
| 1 | = | 62 |
| 2 | = | 82 |
| 3 | = | 39 |
| 4 | = | 187 |
| 5 | = | 82 |
| 6 | = | 246 |
| 7 | = | 157 |
| 8 | = | 156 |
| 9 | = | 64 |
| 10 | = | 69 |
| 11 | = | 163 |
| 12 | = | 92 |
| 13 | = | 16 |
| 14 | = | 195 |
| 15 | = | 112 |
| 16 | = | 87 |
| 17 | = | 68 |
| 18 | = | 54 |
| 19 | = | 44 |
| 20 | = | 92 |

Aldrin

Structuurformule:



Chemische naam:

1,2,3,4,10,10-hexachloor-1 α ,4 α ,4 β ,5 α ,8 α ,8 $\alpha\beta$ -hexahydro-1,4:5,8-dimethaan-naftaleen.

Afbraak

Totale mineralisatie. Volledige afbraak van aldrin is niet aangetoond. Wel wordt aldrin omgezet in dieldrin, dat deels tot CO₂ afgebroken kan worden.

Omzettingsduur.

De halfwaardetijd van aldrin varieert in het veld van 0,3-4 jaar. Voor de tropen (India) worden waarden van 1-3 maanden genoemd. Na gemiddeld 3 jaar is meestal 95% van de oorspronkelijk toegediende hoeveelheid aldrin verdwenen. Na 15 jaar kan de metaboliet dieldrin (even toxisch als aldrin maar persistenter) nog aangetroffen worden. In een proef met Miami silt loam, waarbij concentraties van 20 en 200 lb/6"acre werden aangebracht, was na 3,5 jaar respectievelijk 1% en 3% residu over (139). Een hogere concentratie vertraagt de omzetting niet. Over extreem hoge concentraties zijn geen gegevens.

In een proef in India (met doses variërend van 3 tot 15 kg a.i./ha) was na 8 maanden 93-100% aldrin verdwenen. Werd naar aldrin plus dieldrin samen gekeken dan was 69-77% weg (117). De omzetting verloopt in warmere streken sneller (temperatuur!).

Uit één proef bleek dat bewerking van de grond de omzetting van aldrin bevordert. Na 10 jaar werd in onbewerkte grond een hoger dieldringehalte gevonden (10,5%) dan in bewerkte grond (5,2%) (142).

In het laboratorium blijkt dat de afbraak beter verloopt bij hogere temperatuur. Lichtenstein & Schulz (1959) tonen aan dat bij 6^oC na 56 dagen nog 84% als residu aanwezig is; bij 46^oC is dit slechts 30% (dosis: 20 lb/6"acre, Plainfield sand). Ook tonen ze aan dat een hogere dosis de omzetting vertraagt, wat vooral bij hogere temperaturen tot uiting komt: bij 46^oC wordt na 56 dagen een residu van 13,7% aangetroffen na toediening van 20 lb/6"a; bij 200 lb/6"acre wordt er na 56 dagen nog 30,4%

aldrin gevonden. In het lab blijkt verder dat een hoger organisch stofgehalte van de grond omzetting van aldrin vertraagt (130; 139). Het vochtgehalte van de grond is ook van invloed op de verdwijning van aldrin. In Carrington loam (10 ppm aldrin, 37^oC) wordt in vochtige grond (14-20% vocht) na 112 dagen 21,7% aldrin plus 24% dieldrin gevonden. In droge grond (2,5% vocht) treft men dan 82,6% aldrin en 5,3% dieldrin aan (139).

Wijze van afbraak/omzetting

* microbiologisch

Een vrij groot aantal micro-organismen kan aldrin omzetten in dieldrin en wateroplosbare metabolieten. De omzetting van aldrin tot dieldrin varieerde van 5,5 tot 9,2% in 6 weken tijd voor verschillende monocultures micro-organismen. Volledige afbraak door micro-organismen is niet aangetoond.

* fysisch-chemisch

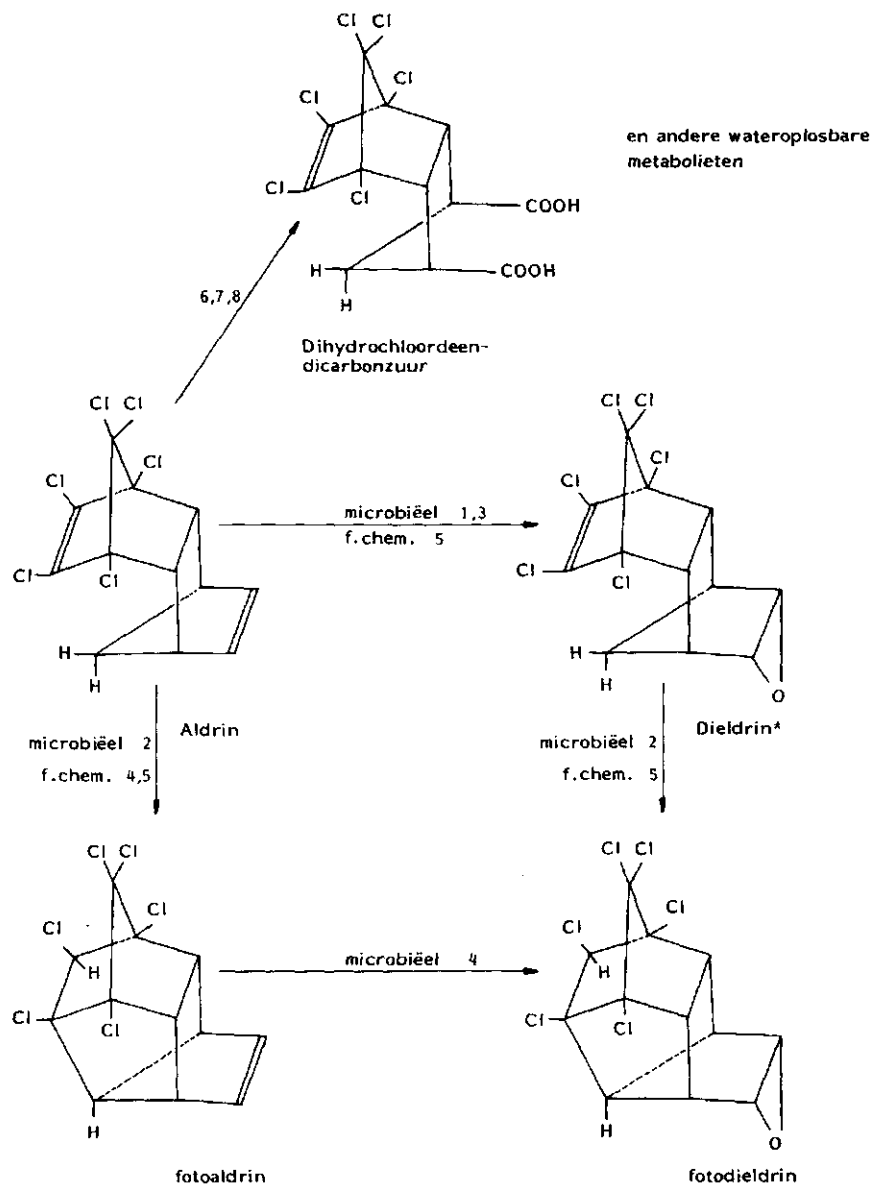
Door fotolyse worden foto-aldrin en fotodiieldrin gevormd. De omstandigheden waaronder dit gebeurt zijn onduidelijk. In de bodem wordt aldrin ook omgezet tot dihydroxychlordeendicarbonzuur (en andere wateroplosbare metabolieten). Of dit alleen een fysisch-chemische reactie is of dat microbiële processen hier ook een rol spelen, is onzeker.

veld/ grondsoort	lab	textuur	OMZ	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
veld								1 lb/a	0,3 jr	3 jr		Edwards, 1973
veld								5 lb/a/jr			na 5 jr: 3 ppm (evenwicht); 20% v. totaal	Lichtenstein et al. 1971
veld								1 lb/a			na 1 jr: 25% nog aanwezig (dieldrin!) na 4 jr: nog 0,1 ppm dieldrin aanwezig	Korschgen, 1971
veld								5 lb/a (=3 ppm)			na 6 jr: dieldrin 0,9 ppm fotodieldrin 0,015 ppm aldrin 0,005 ppm	Lichtenstein et al. 1971
veld	silt loam							5 lb/a			na 9 jr: aldrin 5 ppb dieldrin 98 ppb	Wilkinson et al. 1964
	sandy loam							100 ppm			na 14 jr: dieldrin 40 ppm	Nash & Woolson, 1967
veld									1-4 jr			Menzie, 1972
								1-3 lb/a		1-6 jr		Edwards, 1966
veld	muck soil		40					20 lb/6"/a			na 3,5 jr: 4,7% residu 3,75 md (1 ^e halfjr) 13,9 md (nu 3 jr)	Lichtenstein & Schulz, 1959
veld	Miami silt loam		3,8					20 lb/6"/a			na 3,5 jr: 1,1% residu 2,4 md (1 ^e halfjr) 9,7 md (na 3 jr)	
								200 lb/6"/a			na 3,5 jr: 2,55% residu	
lab	Miami silt loam		3,8		6 °C			20 lb/6"/a			residu na 56 dg (in %)	
					26 °C			200 lb/6"/a			83,8 ± 1,75	
					46 °C			20 lb/6"/a			84,4 ± 1,85	
								200 lb/6"/a			55,7 ± 1,50	
								200 lb/6"/a			68,9 ± 2,65	
								20 lb/6"/a			13,7 ± 0,5	
								200 lb/6"/a			30,4 ± 5,85	
lab	Plainfield sand		0,8		6 °C			100 lb/6"/a			residu na 56 dg (in %)	
					26 °C			100 lb/6"/a			63,0 ± 2,84	Lichtenstein & Schulz, 1959
					46 °C			100 lb/6"/a			38,0 ± 1,62	
lab	muck soil		40								10,2 ± 1,3	
	silt loam		3,8		26 °C			200 lb/6"/a			87,5%	
	sand		0,8								68,9%	
											54,5%	
											% reductie na:	
											3 md 8 md	
veld,								3 kg/ha			92,8 100/76,6*	Kathpal et al. 1981
India								9 kg/ha			88,8 92,1/68,9*	
								15 kg/ha			88,6 92,5/68,5*	
											*:reductie aldrin plus dieldrin	

veld/ grondsoort		OMZ	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	textuur										
lab	Carrington loam	4,3	5,9- 7,2	37°C	14-		10 ppm			residuen na 112 dg (in %)	Lichtenstein & Schulz, 1960
					20					aldrin 21,7%	
				37°C	2,5		10 ppm			dieldrin 24,0%	
										totaal 45,7%	
										aldrin 82,6%	
										dieldrin 5,3%	
										totaal 87,9%	
										recovery in ppm na 112 dg:	
										aldrin + dieldrin 4,35 ± 0,34;	
										47% aldrin en 53% dieldrin	
lab	Plainfield sand	0,8	4,9- 5,9	37°C	4-6		10 ppm			aldrin + dieldrin 8,38 ± 0,26;	
										95% aldrin en 5% dieldrin	
				37°C	dr.		10 ppm			aldrin + dieldrin 5,97 ± 0,11;	
					(<4- 6%)					93% aldrin en 7% dieldrin	
										aldrin + dieldrin 7,68 ± 0,31;	
										96% aldrin en 4% dieldrin	
										residuen na 56 dg (in %)	
										totaal aldrin dieldrin	
										1,2 0,7 ± 0,3 0,5 ± 0,1	
										61,4 57,9 ± 0,7 3,5 ± 0,0	
lab	quartz sand	0,10		37°C	v					70,2 55,0 ± 0,8 15,2 ± 0,5	
	Plainfield sand	0,8		37°C	v		10 ppm			75,6 65,1 ± 1,4 10,5 ± 0,2	
	Carrington loam	4,3		37°C	v						
	muck soil	40		37°C	v						
veld	Carrington loam	4,3					25 lb/5"/a			residu na 17 md (in %)	Lichtenstein et al. 1971
										aldrin: 11,5% dieldrin 15,2%	
veld	diverse grondsoorten (Illinois)			15- 24°C			0,75 ppm (1,5 lb/a)			totaal (in ppm): 4,29, waarvan	
										43% aldrin en 57% dieldrin	
veld	35 lokaties						3/4-3 lb/ a/jr 4-30 lb/a			residu:	
										na 30 dg:aldrin+dieldrin: 0,12 ppm Decker et al. 1965	
veld	Miami silt loam						2 lb/s			na 1 jr:aldrin+dieldrin: 10-15%	
										residu (aldrin+dieldrin): 1 jr	
veld	Miami silt loam						20 lb/a			na laatste appl. gem. 8,9%	
veld	Carrington loam, bewerkt en onbewerkt						4 lb/a			na 11 jr: aldrin: niet aantoonb.	
										dieldrin: 5,7%	
veld	Miami silt loam						20 lb/a			na 15 jr: aldrin: niet aantoonb.	
										dieldrin: 5,3%	
veld	Carrington loam, bewerkt en onbewerkt						4 lb/a			na 15 jr: aldrin: 0,18%	
										dieldrin: 5,6%	
veld	Carrington loam, bewerkt en onbewerkt						4 lb/a			fotodieldrin: 0,23%	
										verlies na paar maanden:	
veld	Carrington loam, bewerkt en onbewerkt						4 lb/a			bewerkt 70%; onbewerkt 53%	
										residu na 10 jr	
veld	Carrington loam, bewerkt en onbewerkt						4 lb/a			bewerkt: aldrin 0,18%	
										dieldrin 5,2%	
veld	Carrington loam, bewerkt en onbewerkt						4 lb/a			onbewerkt: aldrin 0,22%	
										dieldrin 10,5%	
India								1, 2 md		Van de Waerdt, 1983	
India								2,2-3 md t ₉₀ : 7-12 md			
Taiwan								7,5 md			

veld/ grondsoort		OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	textuur										
veld							5,6 kg/ha/ jr en 11,2 kg/ha/jr, 3 opeenvlg. jr toged., op 15cm ond.gewerkt			residuen na 10 jaar: 0-15 cm aldrin 0,2 ppm dieldrin 1,7 ppm dihydrochloordeen- dicarbonzuur 0,19 ppm lager dan 15 cm aldrin 0 ppm dieldrin 0 ppm dihydrochloordeen- dicarbonzuur 0,36 ppm	Stewart & Gaul, 1977

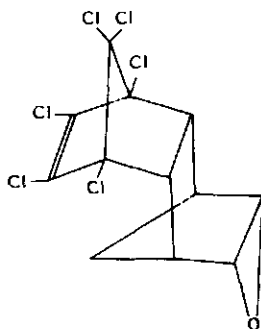
Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden			
Chemisch organisme	Herkomst Org. Metabolieten	% omz	Medium	Overige	Referentie
Fusarium		9,2% diel-			Tu et al. 1968
Trichoderma	isolaten uit	drin in 6 wk			
Penicillium	met aldrin dieldrin	5,5-8,2%	basis	28 °C lab, monocul-	
Nocardia	behandelde wateroplosbare metabo	dieldrin	voedings-	tures	
Streptomyces	landbouw- lieten	in 6 wk	medium		
Thermoactinomyces	grond(Ontario)		1 ppm aldrin		
Aspergillus					
Micromonospora					
?	fotodieldrin en fotoaldrin				Rosen et al. 1966 Robinson et al. 1966
Aspergillus niger	dieldrin				Korte et al. 1962
A. flavus					
Penicillium notatum					
P. chrysogenum					
Bacillus sp	exodieldrin (is gewone		voedings-		Ferguson & Korte,
Bacillus cereus	dieldrin)		medium	30 °C 3 wk incuba-	1977
Bacillus subtilis			met 1 mg	tie	
Thermoactinomyces			aldrin		
Streptomyces			per 1		
Micromonospora					
Nocardia 2 spp					
Microbacterium phlei					
Pseudomonas fluorescens					
P. fragi					
P. putida					
vermoedelijk Pseudomonas					
9 spp					
fotolyse	fotoaldrin				Matsumura, 1973
fotolyse	dieldrin-fotodieldrin fotoaldrin				Helling et al. 1971
?	?	dihydrochloordeendicarbon- zuur en andere wateroplos- bare metabolieten			Kohli et al. 1973 Moza et al. 1972
?	?	% van toeged. over na 112 dg: in normale grond 61% in steriele grond 46%			Lichtenstein & Schulz 1960



1	=	231
2	=	197
3	=	67
4	=	158
5	=	92
6	=	125
7	=	215
8	=	176

Dieldrin

Structuurformule:



Chemische naam:

3,4,5,6,9,9-hexachloor-1a α ,2 β ,2a α ,3 β ,6 β ,6a α ,7 α ,7 β -octahydro-2,7:3,6-dimethaannaft[2,3-b]oxireen.

Afbraak:

Totale mineralisatie. Dieldrin kan gedeeltelijk tot CO₂ afgebroken worden door micro-organismen (zie verder microbiologische afbraak).

Omzettingsduur.

In het veld variëren halfwaardetijden voor dieldrin van 1-7 jaar. Voor India worden halfwaardetijden van 1,5-7,5 maanden vermeld; voor Tanzania 10 maanden, maar voor Zimbabwe wordt een t₅₀ van 5 jaar aangegeven. Daarentegen wordt voor Kameroen een t₉₅ waarde van 6 maanden gemeld. Zeer waarschijnlijk verloopt de afbraak bij hogere temperaturen sneller, maar omdat (verdere) gegevens over milieu-omstandigheden ontbreken is hierover moeilijk een uitspraak te doen.

Na 8-13 jaar is 95% van toegediende dieldrin verdwenen. Freeman et al. (1975) berekenden de t₉₅-tijden voor enkele verschillende omstandigheden nadat op regelmatige tijdstippen residu metingen verricht waren. De spreidingen die hij vindt zijn vrij groot, van 6-29 jaar. In één geval dienden zij samen met dieldrin heptachloor toe, de t₉₅ waarde voor dieldrin veranderde hier niet door. Bovenstaande waarden zijn allen gebaseerd op doses variërend van 1,12 kg/ha tot 5,6 kg/ha. Gegevens over hogere doses zijn niet bekend.

In grond waaraan zink(poeder) (met aceton en 10% "azijnzuur") in verschillende concentraties werd toegevoegd, samen met dieldrin, was het residu van dieldrin geringer naarmate de zinkconcentratie toenam. Uit deze proef werd een halfwaardetijd van 0,5 jaar berekend (34).

Als metaboliëten zijn in de bodem fotodieldrin en enkele hydrofiele stoffen (o.a. waarschijnlijk dichloordeencarbonzuur) gevonden (125).

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

Een aantal micro-organismen kan dieldrin omzetten in andere stoffen, zoals transaldrindiol, -ketoaldrin, fotodieldrin, wateroplosbare metabolieten en de vleugel van het dieldrin in CO_2 .

Voor omzetting van dieldrin in transaldrindiol en -ketoaldrin worden waarden genoemd van 1-6% in 30 dagen en 12% in 3 dagen (156; 247).

Trichoderma koningii kan dieldrin tot CO_2 omzetten, in 16 dagen wordt 3,1% tot CO_2 afgebroken (23). In grond werd 2% dieldrin omgezet in CO_2 in 7 weken. Isolaten van Micrococcus en Nocardia zetten resp. 0,05% en 0,11% dieldrin in CO_2 om in 5 weken (108). De afbraak tot CO_2 is dus niet compleet. Bovendien is het de vraag in hoeverre deze afbraak ook in natuurlijke omgeving voorkomt. Anderson et al. 1970, vonden in 2 dagen 20% omzetting van dieldrin door Mucor alternans in een schudcultuur (de metabolieten worden niet genoemd). Brachten zij een sporesuspensie van M. alternans aan op met dieldrin verontreinigde grond dan werd er in 11 weken geen dieldrin omgezet.

* Fysisch-chemisch

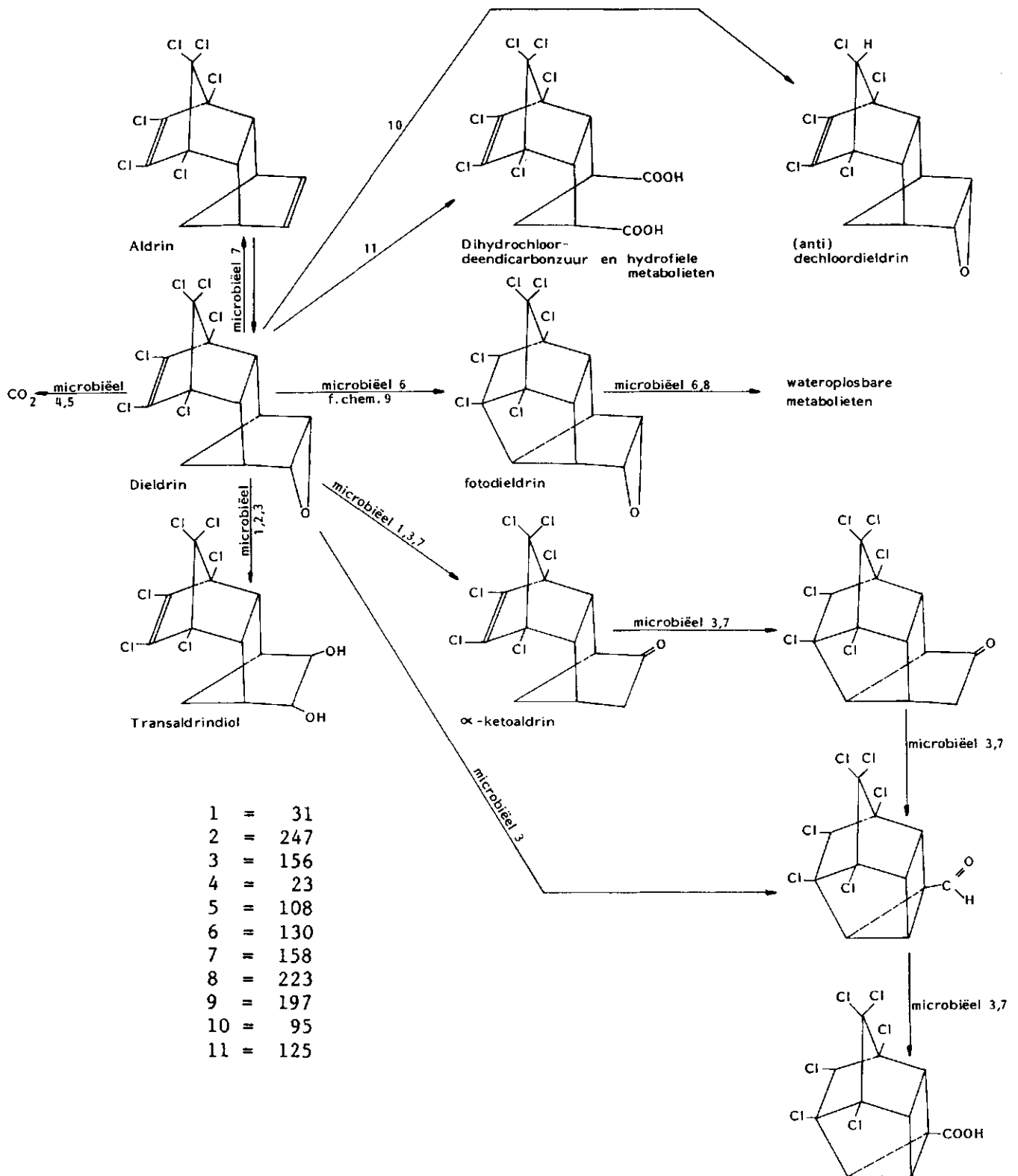
Dieldrin kan deels door vervluchtiging uit de grond verdwijnen. Op het oppervlak aangebrachte dieldrin vervluchtigt het sterkst in vochtige grond (18% na 5 maanden). Op droge en onderwaterstaande grond was de vervluchtiging geringer. Werd dieldrin ondergewerkt, dan was na 6 maanden nog geen dieldrin vervluchtigd, onafhankelijk van het vochtgehalte in de bodem (249).

Dieldrin kan ook geadsorbeerd worden aan grond. Lichtenstein et al. (1977), vonden dat 6,5% dieldrin gebonden werd in een Plano silt loam. Door fotolyse kan er fotodieldrin ontstaan, een proces dat in de natuur plaatsvindt (197). Dechlorodieldrin ontstaat bij blootstelling aan UV met een golflengte kleiner dan 290 nm (natuur UV > 300 nm), en wordt dus waarschijnlijk niet aangetroffen onder natuurlijke omstandigheden.

veld/ grondsoort		OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	textuur										
veld							1 lb/a	2,5 jr	8 jr		Edwards, 1973
								1-7 jr			Menzie, 1972
							1-3 lb/a		5-25 jr		Edwards, 1966
veld	silt loam, (India)	0,54	8,5				2x 5 kg/ha			residu na afloop proef (10 md)	Talekar et al. 1977
	sand 35,7%, silt 40,0%						1 ^e dec.'74			gelijk aan conc. vóór proef	
	clay 16,3%						2 ^e apr.'75			aanwezig	
veld	toevoegingen:						0,4 mol	0,5 jr		dieldrin recovery (ppm)	Butler et al. 1981
	zink (poeder)									0 jr 1 jr 2 jr	
	aceton en						1,3-6,5 mol Zn			contr. 0 0 0	
	acetic acid (10%)									geen Zn 32074 2100 1880	
										1,3 mol Zn 15800 2410 1580	
										2,6 mol Zn 12600 1810 2290	
										6,5 mol Zn 9340 1750 1800	
	India							1,5 md			Van de Waerd, 1983
	Kameroen							t ₉₀ = 6 md			
	Tanzania							10 md			
	Zimbabwe							+ 5 jr			
veld	light sandy soil	+ 3					'53-'68			hoev.h. dieldrin (ppm) vgl met	Voerman & Besemer, 1975
							rglm.: emulsie			hoev.h. 4,75 jr geleden aanw.	
							op gewas			Bodemlaag (cm)	
							C: 2x zoveel			Plot jaar 0-10 10-20 20-30	
							als B			B 1969 1,25 0,23 0,02	
							D: op grond			1973 0,77 0,71 0,17	
										C 1969 2,29 0,86 0,02	
										1973 1,73 1,72 0,33	
										D 1969 7,33 2,50 0,05	
										1973 7,3 8,0 1,3 ppm	
veld	Berks silt loam	2,1					5,6 kg/ha	12,9 jr*			Freeman et al. 1975
	1966							10-20,5 jr			
veld	Berks silt loam	1,6					5,6 kg/ha	10,1 jr*			
	1968							6,1-29 jr			
veld	Rayne silt loam	2,2					samen met	10,0 jr*			
	1969						heptachloor	8,1-13,6 jr			
							(5,6 kg/ha)				
veld	Grobsand 32,5%	2	6,8				0,83 kg/ha			residu in ppm in 0-10 cm bodem	Kohli et al. 1973
	Feinsand 43 %						14 C-dield.			na 1 jr na 2 jr	
	Schluff 11,4%						al aanw.:			dieldrin 2,581 0,634	
	Ton 13,1%						0,52l ppm			fotodieldrin 0,029 0,035	
							dield.;			hydrof.metab.* 0,003 0,003	
							0,08 ppm			niet geëxtrah.	
							metab.			radio-act. 0,015 0,018	
										tot. residu 2,628 0,690	
										*dichloordeendicarbonzuur	

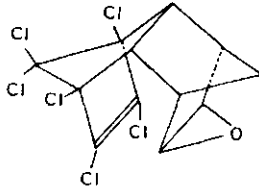
Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden				
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	Referentie
Pseudomonas 6 spp	zwaar besmet	transaldrindiol				Matsumura & Boush, 1967
Bacillus 2 spp	terrein	-ketoaldrin	1-6%(30 dg)			
Trichoderma 2 spp						
Aerobacter						
Aerobacter aerogenes		transaldrindiol	12% in 3 dg			Wedemeyer, 1968
Pseudomonas	bodemmonster	aldrindiol plus				Matsumura et al. 1968
	cyclodienen-	(1) aldehyde plus				
	producent	(2) ketoderivaten				
	Denver (Shell)					
Trichoderma koningi	'Caneberry mold'	CO ₂ (afkomstig van gechloreerde ring!)	3,1% in 6 dg		lab controle (geen dieldrin) glucose: 50% in 16 dg	Bixby et al. 1971
Micrococcus		CO ₂ bodem	2% in 7 wk	'German soil'	conc. 10 ppm	Jagnow & Haider, 1972
Nocardia	isolaten	CO ₂ + wateropl. metab.	0,11% in 5 wk		lab	
		CO ₂ " "	0,05% in 5 wk			
Penicillium notatum		fotodieldrin en waterop-				Korte & Porter, 1970
Aspergillus flavus		losbare metabolieten				Matsumura, 1973
?		aldrin				
Trichoderma		?				Tu et al. 1968
Pseudomonas						
Bacillus						
Trichoderma viride		fotodieldrin uitgangsstof	32% in 38 dg	schudcul- ture	lab aanwezigheid aldrin, diel- drin, chloor- daan remt om- zetting (nog 4-17%)	Taber & Lichten- stein, 1976
		wateroplosbare meta- boliëten				
Mucor alternans	met dieldrin behandelde carrington loam soil	?	26% in 2 dg 0% in 11 wk	schudcul- ture carrington loam soil	lab, 1 ppm dieldrin lab, 1 ppm dieldrin spore- suspensie aan- gebracht	Anderson et al. 1970
vervluch- tiging			2,9%			Edwards, 1974
vervluch- tiging			20%(theo- retisch)		1,12 kg/ha, silt, loam, 15 cm onder- gewerkt	Farmer & Jensen, 1970

Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden			Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org. Metabolieten	% omz	Medium	Overige	
fotolyse	fotodieldrin		natuur		Rosen et al. 1966; Robinson et al. 1966
fotode- chlorering	dechlorodieldrin		UV< 290 nm (natuur: > 300 nm)		Henderson & Crosby 1967 en Rosen, 1967
adsorptie		6,5% ge- bonden	Planosilt 27°C lab loam (org. st. 4,2%; sand 4,8%; silt 68%; clay 23%; pH 6,0)	donker, vocht- gehalte 20%	Lichtenstein, et al. 1977
vervluch- tiging		na 5 md: 18% 2% 7% na 6 md 0%	Commerce (M) silty clay (F) loam (NF) o.m%: 0,8 pH 6,2	opp.: 10 ppm (1/3 l bar) (M) flooded (F) non-fl. (NF) mengen: 10 ppm moist M flooded F non-fl. NF	Willis et al. 1972



Endrin

Structuurformule:



Chemische naam:

3,4,5,6,9,9-hexachloor-1 α ,2 α β ,2 β ,3 α ,6 α ,6 α β ,7 β ,7 α α -octahydro-2,7:3,6- dimethaannaft[2,3-b]oxireen.

Afbraak

Totale mineralisatie.

Volledige afbraak van endrin is niet aangetoond.

Omzettingsduur.

In het veld bedraagt de halfwaardetijd voor endrin 2,2 jaar (dosis 1 lb/acre). De t_{95} waarde is 7 jaar met als grenzen 3 tot 20 jaar. In India werd gevonden dat na 2 maanden 70-85% reductie van endrin optrad (afhankelijk van seizoen en dosis, die van 0,75 kg a.i./ha tot 1,12 kg a.i./ha varieerde) (116).

In het laboratorium werd de invloed van vochtgehalte van de grond op afbraak van endrin onderzocht. Drie types grond werden op 2 verschillende vochtgehaltenes (luchtdroog en vochtig) getest. Bij alle drie de types grond bleek er in vochtige conditie na een aantal uren geen afbraak op te treden, terwijl in luchtdroge grond in dezelfde tijd 70 tot 90% verdwenen was. Bij één bodemtype bestudeerde men ook de omzetting bij verschillende temperaturen (3°C en 25°C, luchtdroog). Bij 25°C was na 16 uur nog 11% residu aanwezig, bij 3°C was er na 96 uur nog 35% aanwezig (12). Hogere temperatuur leidt hier tot snellere afbraak. In dit experiment vertraagt een hoger vochtgehalte de afbraak. In een andere proef werd aangetoond dat in onderwaterstaande (anaerobe) grond de afbraak sneller verloopt dan in aerobe grond. Belucht men de anaerobe grond gedurende een aantal dagen dan wordt de afbraak vertraagd. Tussen de drie onderzochte bodemtypes is weinig verschil (81). Aerobie/anaerobie speel naast vochtgehalte een rol in de omzetting van endrin.

Ook de pH is waarschijnlijk van belang. In droge met endrin behandelde grond met pH 4,2 werden na een korte tijd ketoendrin en endrinaldehyde aangetroffen, in vochtige grond pH 4,2 was dit niet het geval, er werden geen metaboliëten gevonden. In droge grond met pH 6,2 werden eveneens

geen omzettingsprodukten aangetoond (181). Naast deze metabolieten werd ook endrinalcohol in de grond gevonden (181).

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

Een (gering) aantal micro-organismen zet endrin om en metabolieten als ketoendrin, endrinaldehyde en een aantal onbekende stoffen. Matsumura et al. (1971) vonden dat 5% endrin in ketoendrin omgezet wordt en 46% in 6 onbekende stoffen met 5 of 6 Cl-atomen (in een onbekende tijdsduur).

* Fysisch-chemisch

Bij fotolyse wordt ketoendrin (=fotoendrin) en 1,8-exo-9,11,11-penta-chloropentacyclo(6.2.1.1.1.^{3,6}₀^{2,7}₀^{4,10})-dodecan-5-one gevormd (197).

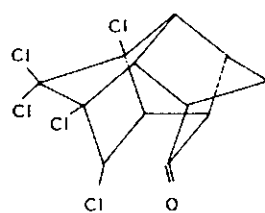
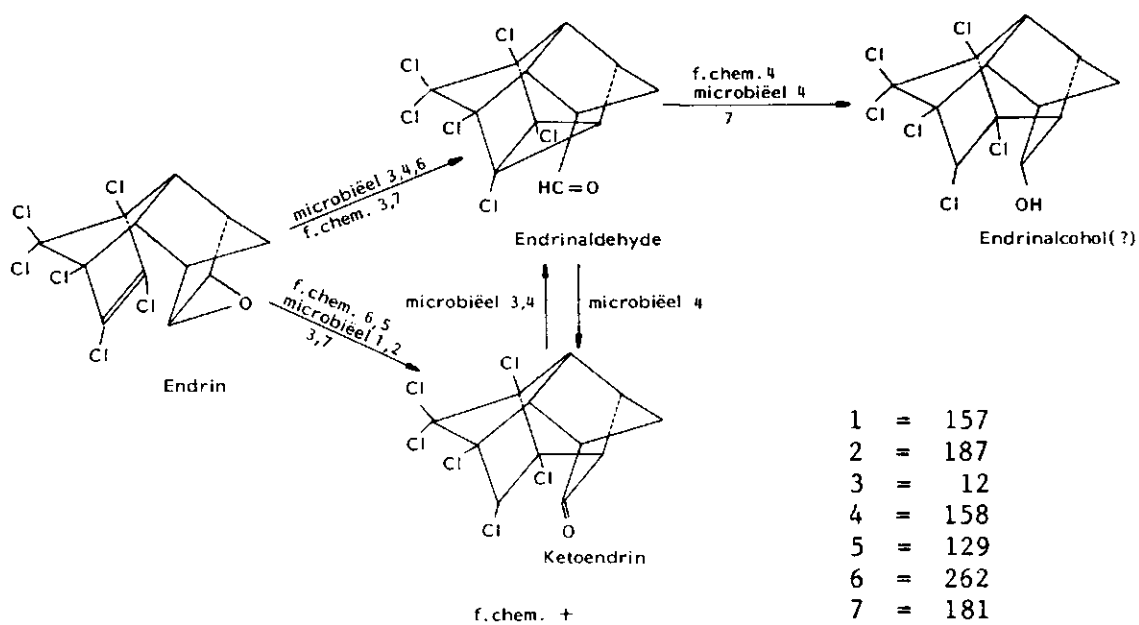
In droge grond, bij 25 °C vonden Assai et al. (1969) dat na 45 uur 100% endrin omgezet was in ketoendrin en endrinaldehyde. Het is niet duidelijk of dit een zuiver fysisch-chemische proces is of dat microbiële reacties ook meespelen.

veld/ grondsoort		OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
veld							1 lb/a	2,2 jr	7 jr		Edwards, 1973
								3-20 jr			Van de Waerdt, 1983
veld										% reductie na 2 maanden:	Kathpal et al. 1981
	Dehli, India						1,18 kg/ha			81,3%	
							0,75 kg/ha			85,6%	
							0,75 kg/ha			68,9%	
veld	toevoegingen:						0,4 mol	0,5 jr		endrin recovery (ppm)	Butler et al. 1981
							endrin			0 jr 1 jr 2 jr	
	zink (poeder)						1,3 mol Zn			contr.	0 0 0
	+ aceton +						2,6 mol Zn			geen Zn	28500 6500 5400
	acetic acid						6,5 mol Zn			1,3 mol Zn	5750 447 331
										2,6 mol Zn	8600 212 299
										6,5 mol Zn	2320 997 1150
lab							148,65 10 dpm/ 20g gr.			recov. radio-act in dpm x10 ⁴ / 20 g grond na 25 dg	Gowda & Sethunathan, 1977
	alluvial	1,6	6,2		f1		grond			totaal endrin	
					n-f1		C-endrin			+ 100 32,7	
	laterite	3,2	5,0		f1		"			+ 100 + 50	
					n-f1					+ 110 33,1	
	Pokkali(acid sulfate saline)	8,2	4,2		f1		"			+ 110 + 60	
					n-f1					+ 30 17,7	
										+ 70 + 25	
	alluvial	1,6	6,2		F*		"			recovery na 55 dg:	3,8
					F+L*						22,0
	laterite	3,2	5,0		F		"				6,5
					F+L						10,3
	Pokkali(acid sulfate saline)				F		"				2,8
					F+L						22,2
lab	15 verschillende; 4 categorieën:	tus-	25 C	1-dr	5 ppm					na 45 uur: 7 gronden endrin gefomeriseerd (aldehyde + keton); 3 gronden: 0-50% endrin weg na 12 uur: 10-80% endrin verlies	Asai et al., 1969
	- loamy sand,	5,3	10 bodems								
	- sandy loam,	en	-----								
	- silty loam	6,8	25 C								
	- loam		12 uur								
			5 bodems								
lab	Madera sandy loam	25 C		1-dr						tijdstip (uur) % endrin over	
										24 78 ± 6	
										48 62 ± 2	
										72 51 ± 4	
										96 38 ± 7	
										144 29 ± 3	
		25 C		v						144 104 ± 2	
lab	Aiken silty loam	25 C		1-dr						24 63 ± 2	
										48 49 ± 2	
										72 39 ± 4	
										96 30 ± 4	
		25 C		v						96 102 ± 4	

veld/ grondsoort

lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	Huerohuero sandy loam			25 °C	1-dr					4 8 12 16 16 24 48 72 96	54 ± 4 35 ± 7 15 ± 2 11 ± 1 107 ± 9 82 ± 11 64 ± 6 50 ± 4 35 ± 2
				25 °C	v						
				3 °C	1-dr						
lab	Lakeland sandy loam, clay 12%; silt 16,4% (kolom grond veront- reinigde bandjes op 1-2cm, 16-17cm, 31-31cm. na 75 dg (sojaboon) analyse	0,9	6,4		(1/3 bar):	20 ppm				bodem- end. end.- end.- end.- diepte % alco- alde- keton% hol% hyde%* 1-2 ^I 57,8 7,8 9,4 27,7 4-6 63,3 5,3 12,1 18,9 8-10 35,9 nd nd 64,1 12-14 33,0 nd nd 67,0 16-17 100,0 nd nd nd 16-17 ^I 42,1 8,4 14,1 35,5 31-32 ^I 35,5 8,2 16,0 40,5 *: waarschijnlijk aldehyde ^I : behandelde laag	Nash et al. 1972

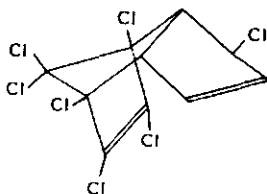
Fysisch/ Microbiël		Milieuomstandigheden				
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	Referentie
Bacillus		keto-endrin en 6 andere	5%			Matsumara et al.
Pseudomonas		metabolieten met 5 of 6 Cl-atomen	46%			1971
Arthrobacter						Patil et al. 1970
Micrococcus		keto-endrin				
Trichoderma						
?		aldehyde + keton		grond		Assai et al. 1969
?		keto-endrin endrinaldehyde				Matsumura, 1973
Aspergillus flavus		keto-endrin en aldehyde		voedings- medium	lab, 0,13 ppm	Korte, 1967
fotolyse		keto-endrin				Rosen et al. 1966
		1,8-exo-9,11,11 pentachloro- pentacyclo-(6.2.1.1 ^{3,6} .0. ^{2,7} 4,10 ⁰)-dodecan-5-one (keton)				Zabik et al. 1970
?		aldehyde (4,5,6,7,8,8- hexachlorohexa-hydro-4,7- na 45 uur (droog) methano-3,5,6-methenoindan -1-carboxaldehyde en keton	100%	bodem	25°C	Assai et al. 1969
?	?	endrin, keton en endrinal- dehyde		pH 4,2; droog	lab, Lakeland	Nash et al. 1972
		endrin		pH 4,2; nat	sandy loam	
		endrin		pH 6,4; droog	org.stof. 0,9%, silt 16,4%, clay 12%	



1,8-exo-9,11,11-pentachloro-
pentacyclo-(6.2.1.1.3,6₀^{2,7}₀^{4,10})-
dodecaan-5-one

Heptachloor

Structuurformule:



Chemische naam:

1,4,5,6,7,8,8-heptachloor-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methaan-1H-indeen.

Afbraak

Totale mineralisatie. Volledige afbraak van heptachloor is niet aangetoond.

Omzettingsduur.

Halfwaardetijden voor heptachloor, in het veld, variëren van 10-11 maanden tot 7-12 jaar (72). Deze laatste waarde is erg hoog, zeker als de t_{95} waarden bekeken worden: 3,5 en 3,9 jaar. Na 16 jaar werd nog een concentratie van 16 ppm gevonden na toediening van 100 ppm heptachloor (180). De andere t_{50} zijn gebaseerd op toedieningen van 1-50 ppm, behalve misschien de t_{50} waarde van 7-12 jaar (onbekende dosering). Hoge concentraties remmen de afbraak.

In India is een halfwaardetijd van 2,5 maanden vastgesteld, de temperatuur zal waarschijnlijk een belangrijke factor zijn bij de snellere afbraak vergeleken met gematigde gebieden.

Een belangrijke metaboliet in de bodem is heptachloorepoxide (giftiger en persistenter dan heptachloor). Lichtenstein & Schulz (1960) vonden, in het veld, dat na 17 maanden 20% van het residu uit heptachloorepoxide bestond (en 80% uit heptachloor). Carter & Stringer (1970) deden een proef op 5 verschillende lokaties (V.S.) met 2 concentraties heptachloor. Grond werd op verschillende stoffen geanalyseerd. Voor alle 5 de lokaties trad er afname van het heptachloorgehalte op in de tijd.

Het heptachloorepoxide gehalte nam toe, hoewel het op een aantal lokaties na 2-3 jaar nog niet aantoonbaar was. Een andere metaboliet, op 3 lokaties te vinden, was 1-hydroxychloordeen. Er valt geen duidelijke lijn te ontdekken in het voorkomen van deze stof. Verder werd op alle 5 de plaatsen gamma-chloordaan aangetoond, vermoedelijk geen metaboliet maar als verontreiniging in technische heptachloor (gebruikt in deze proef) aanwezig. Het is moeilijk om aan deze proef verdere conclusies te verbinden b.v. relaties tussen bodemtype en afbraak, omdat de lokaties zeer ver uit

elkaar liggen en er over milieu-omstandigheden weinig bekend is.

In het laboratorium werd een proef gedaan waarbij omzetting in Miami silt loam (met 20 lb/6"acre heptachloor behandeld) bij verschillende temperaturen (0° , 6° , 26° en 46° C) gevolgd werd. Na 56 dagen werd bij 0° 100%, bij 6° 73%, bij 26° 51% en bij 46° 1,8% residu aangetroffen (139). Hogere temperatuur bevordert hier het verdwijnen van heptachloor. Ook werd bestudeerd, het effect van vochtgehalte van de grond op de omzetting van heptachloor. Deze bleek in droge Carrington loam (10 ppm heptachloor) iets langzamer te verlopen dan in vochtige Carrington loam (14-20% vocht): na 112 dagen werden 39,2% heptachloor plus 2,6% heptachloorepoxide gevonden in droge grond tegen 33,4% heptachloor en 6,0% heptachloorepoxide in vochtige grond.

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

Een aantal micro-organismen kan heptachloor omzetten. Een belangrijke metaboliet is heptachloorepoxide. Rhizopus kan 18%, Micromonospora kan 100% heptachloor tot heptachloorepoxide afbreken (164). Een gemengde culture bodemmicro-organismen vormde een aantal metabolieten: heptachloorepoxide (na 12 weken 0,40%); 1-exohydroxychlordeen (na 6 weken 4%) dat tot 1-exo-2,3-epoxychlordeen gemetaboliseerd werd; chlordeen dat weer tot chlordeenepoxide omgezet werd (164). Volledige afbraak van heptachloor door micro-organismen is niet gevonden.

* Fysisch-chemisch

Door hydrolyse ontstaat 1-hydroxychlordeen. In droge grond, met laag organisch stofgehalte verliep de omzetting tot 1-hydroxychlordeen volledig in 24 uur bij 46° C. Een hoger organisch stofgehalte verhinderde deze omzetting: in 24 uur 0%. In water ($26,5^{\circ}$ C) werd heptachloor deels omgezet in 1-hydroxychlordeen (28).

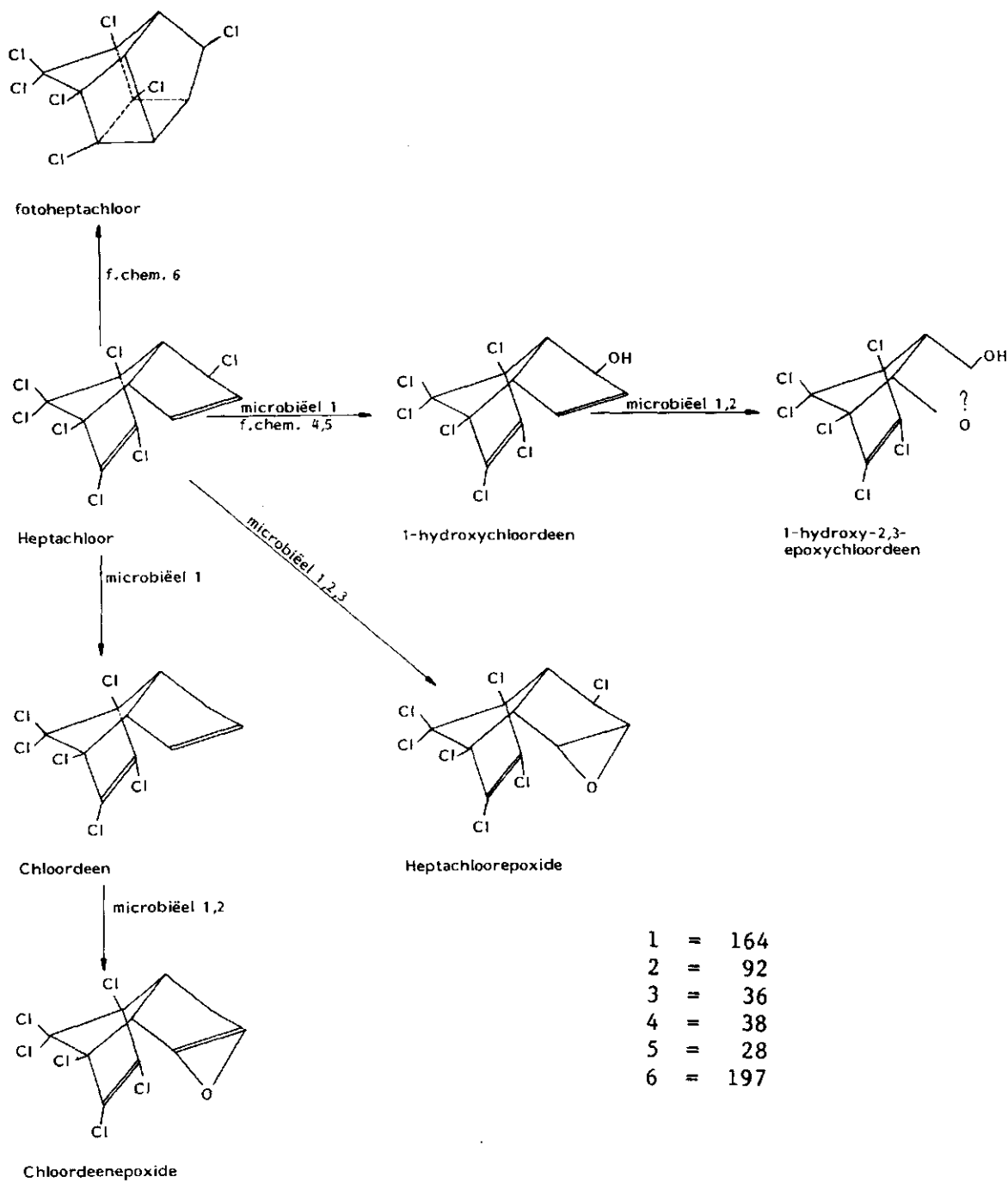
Bij fotolyse ontstaat fotoheptachloor (197). Werd heptachloor aan UV licht met een golflengte van 253,7 nm blootgesteld dan werd dechlorheptachloor gevormd. UV in de natuur heeft een golflengte groter dan 300 nm, waarschijnlijk vindt deze reactie in de natuur niet plaats (161).

veld/ grondsoort		OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	textuur										
veld							1 lb/a	0,8 jr	3,5 jr		Edwards, 1973
							5 lb/a			na 5 jr residu heptachloor plus heptachloorepoxide: 3 ppm(=20% van toegediend) residu na 6 jr: heptachloor 0,1 ppm heptachloorepoxide 0,5 ppm	Lichtenstein et al. 1970
	silt loam						5 lb/a			residu na 9 jr: heptachloor 9 ppb heptachloorepoxide 169 ppb	Wilkinson et al. 1964
	sandy loam						100 ppm			na 16 jr: 16 ppm	Nash & Woolson, 1967
								7-12 jr			Menzie, 1972
							1-3 lb/a		3-5 jr		Edwards, 1966
lab	Miami silt loam	3,8					20 lb/6"/a			residu na 56 dg: 73,2% + 4,5 51,0% + 2,3 1,8% + 0,3 100% (geen afbraak)	Lichtenstein & Schulz, 1959
			6 °C								
			26 °C								
			46 °C								
			0 °C								
lab	Carrington loam	4,3 5,1- 6,6								residu H en H-epoxide na 112 dg H H-e totaal 1960	Lichtenstein & Schulz, 1960
			37 °C	14-	10 ppm					33,4 6,0 n 39,4	
				20%							
			37 °C	2,5%	10 ppm					39,2 2,6 41,8	
veld	Carrington loam						25 lb/5"/a			recovery in ppm na 17 md: H: 37; H-e: 0,9-4,6 %H: 80; %H-e: 20	
veld	Lakeland sand	0,36 4,40					0,5% techn. heptachloor			residuen(ppm, 1-4 inch) na x jr	Carter & Stringer, 1970
	sand 94%						1 pt/ft ² en				
	silt 3%						2 pt/ft ²				
	clay 3%										
	(Florida)										
							heptachloor	1 jr	+ 77	+ 271	
								2 jr	+ 67	+ 115	
								3 jr	+ 55	+ 81	
							gammachloordaan	1 jr	+ 43	+ 101	
								2 jr	+ 25	+ 37	
								3 jr	+ 30	+ 68	
							1-hydroxychlordeen	1 jr	+ 12	+ 27	
								2 jr	+ 6	+ 13	
								3 jr	+ 4	+ 6	
							heptachloorepoxide	1 jr	spoor	spoor	
								2 jr	+ 1,0	+ 0,7	
								3 jr	+ 3,0	+ 5,4	
veld	Makalapa clay	18,85 5,80					heptachloor	1 jr	+ 257	+ 186	
	sand 66%							2 jr	+ 10	+ 529	
	silt 23%						gammachloordaan	1 jr	+ 95	+ 65	
	clay 11%							2 jr	+ 7,6	+ 200	
	(Hawaii)						1-hydroxychlordeen	1 jr	spoor	spoor	
								2 jr	+ 1,0	+ 38,5	
							heptachloorepoxide	1 jr	spoor	spoor	
								2 jr	+ 5,6	+ 19,1	

veld/ grondsoort		OMZ pH		T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	textuur										
veld	Lebanon silt	2,65	4,50							heptachloor	2 jr $\pm$ 418 $\pm$ 589
	sand 39%									3 jr $\pm$ 177 $\pm$ 334	
	silt 46									gammachloordaan	2 jr $\pm$ 164 $\pm$ 142
	clay 15%									3 jr $\pm$ 63 $\pm$ 116	
	(Missouri)									1-hydroxychlordeen	2 jr n.a. n.a.
										3 jr n.a. n.a.	
										heptachloorepoxide	2 jr n.a. n.a.
										3 jr $\pm$ 4,0 n.a.	
veld	Cataula Loamy	1,45	5,10							heptachloor	1 jr $\pm$ 154,9 $\pm$ 355,3
	sand									2 jr $\pm$ 167,5 $\pm$ 99,3	
	sand 78%									3 jr $\pm$ 166,2 $\pm$ 79,0	
	silt 11%									gammachloordaan	1 jr $\pm$ 48,3 $\pm$ 99,3
	clay 11%									2 jr $\pm$ 43,3 $\pm$ 76,0	
	(South-Carolina)									3 jr $\pm$ 58,6 $\pm$ 79,0	
										1-hydroxychlordeen	1 jr $\pm$ 3,4 spoor
										2 jr n.a. n.a.	
										3 jr n.a. n.a.	
										heptachloorepoxide	1 jr n.a. n.a.
										2 jr $\pm$ 0,7 n.a.	
										3 jr $\pm$ 1,6 n.a.	
veld	Quincy loamy	0,41	7,15							heptachloor	1 jr $\pm$ 15,7 $\pm$ 19,1
	fine sand									2 jr $\pm$ 21,2 $\pm$ 55,3	
	sand 92%									gammachloordaan	1 jr $\pm$ 47,6 $\pm$ 39,7
	silt 6%									2 jr $\pm$ 43,8 $\pm$ 80,6	
	clay 2%									1-hydroxychlordeen	1 jr $\pm$ 88,5 $\pm$ 160,6
	(Oregon)									2 jr $\pm$ 90,0 $\pm$ 163,2	
										heptachloorepoxide	1 jr n.a. n.a.
										2 jr n.a. n.a.	
veld	Rayne silt	2,2					samen met 0,91 jr 3,94 jr metabolieten:				Freeman et al, 1975
	loam						dieldrin			heptachloorepoxide: toename	
							(5,6 kg/ha)			1 ^e jr, daarna constant hydro-	
										xychlordeen: max 95 ppb na 1 jr,	
										daarna afname tot lage niveaus	
										in 2 ^e jaar	
	(India)							2,5 md			Van de Waerdt, 1983

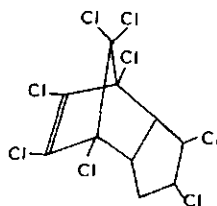
Fysisch/ Microbiëel			Milieuomstandigheden			Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	
?		heptachloorepoxide	1/6 deel in 1/2 jr		0,5 lb/a	Gannon & Bigger, 1958
Rhizopus		heptachloorepoxide	18%			Miles et al. 1971
o.a. Fusarium		hydroxychloordeen				
		1-hydroxy-2,2-epoxy- chloordeen	25% (max)			
Micromonospora		heptachloorepoxide	volledig			
Actinomyceten en bacteriën (Bacillus)		chloordeen	36%			
Rhizopus		chloordeenepoxide				
Fusarium		heptachloorepoxide				
Penicillium						
Trichoderma						
Nocardia						
Streptomyces						
Bacillus						
Micromonospora						
	culture uit sandy loam soil	heptachloor ^a chloordeen ^d b chloordeenepoxide ^c	a na 6 wk: 13% na 12 wk: 14% b na 6 wk: 4% na 12 wk: 1% c na 6 wk: < 0,04% na 12 wk: 0,40% d na 6 wk: < 0,02% na 12 wk: 0,40%		28% lab reageerbuisen iedere 2 wk 1 ppm hepta- chloor toeged.	
Hydrolyse		1-hydroxychloordeen	tot 60%			Carter & Stringer, 1970
Chemisch		1-hydroxychloordeen	deels (20 uur) volledig (24 uur) geen (24 uur)	water droge grond laag org.st. droge grond hoog org.st. gehalte	26,5 °C 45 °C 45 °C	Bowman et al. 1965
fotolyse		fotoheptachloor			in aanwezig- heid benzo- phenon (photo- sensitizer)	Rosen et al. 1969
dichlorering		dechloroheptachloor			UV: 253,7 nm natuur: UV < 300 nm	McGuire et al. 1970

Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden				Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	
?	?	% v. toeged. over na 112 dg				Lichtenstein & Schulz, 1960
		in normale grond	39%			
		in steriele grond	65%			



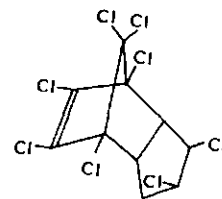
Chloordaan

Structuurformule:



cis chloordaan

α - chloordaan



transchloordaan

γ - chloordaan

Chemische naam:

1,2,4,5,6,7,8,8-octachloor-2,3,3a,4,7,7a-hexahydro-4,7-methaan-1H-indeen.

Afbraak

Totale mineralisatie. Volledige afbraak van chloordaan is niet aangetoond.

Omzettingsduur.

Hierbij is het belangrijk onderscheid te maken tussen technisch chloordaan enerzijds en HCS3260 en AG Chlordan anderzijds. Technisch chloordaan bestaat uit verschillende componenten. Harris (1972) stelt dat technisch chloordaan bestaat uit o.a. 8.5% heptachloor, 8.6% α-chloordaan, 10,5% γ-chloordaan en 2,7% nona-chloor. HCS3260 en AG chlordan bevatten + 70% α-chloordaan en + 30% γ-chloordaan (90; 224).

Voor technisch chloordaan worden in het veld halfwaardetijden van 1 jaar en 2-4 jaar genoemd; de t_{95} waarde is 4 jaar, met als grenzen 3-5 jaar. Na toediening van 14 kg technische chloordaan per ha per jaar (= 5 ppm/15,2 cm ha/jr) gedurende 3 jaar, werd 15 jaar later in de bovenste 10 cm van de bodem 1,9 ppm chloordaan gevonden, in de daaronder liggende laag (10-20 cm) 1,4 ppm (213). Afbraak verloopt hier vrij langzaam, na 15 jaar is nog + 10% van de totaal toegediende hoeveelheid aanwezig.

Voor HCS3260 wordt een halfwaardetijd van 4 maanden vermeld bij toediening van 5,6 kg a.i./ha. De halfwaardetijd bedraagt 11 maanden als de dosis tot 11,2 kg/ha verdubbeld wordt (250). Deze cijfers gelden voor een silty clay loam in Langley. Een identieke proef, op sandy loam in Summerland, laat zien dat de verdwijning van chloordaan daar trager verloopt: na 15 maanden is 30% verdwenen bij een dosis van 11,2 kg/ha, en 47% bij een dosis van 5,6 kg/ha (250). Een hogere dosis vertraagt in bovenstaande proef de afbraak. De milieu-omstandigheden (o.a. bodemtype) zijn van groot belang, maar zijn onvoldoende bekend om er in dit geval conclusies

aan te verbinden t.a.v. de afbraak van chloordaan. In een proef met AG Chlordan is de dosis (3 kg a.i./ha en 6 kg a.i./ha) nauwelijks van invloed op de afbraaksnelheid. Wel blijkt in deze proef dat γ -chloordaan (= trans) stabiel is in de bodem dan α -chloordaan (= cis) (224). Beeman & Matsumura, 1981, stellen dat na 20 jaar transchloordaan sneller uit de bodem verdwenen was dan cischloordaan. Dit spreekt elkaar dus tegen. Mogelijk bestaat er verwarring over de termen cis- en trans- en α - en γ -chloordaan.

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

Aangetoond is dat één micro-organisme, Nocardopsis, chloordaan kan omzetten in een aantal metabolieten: chloordeenchloorhydrine, dichloorchloordeen, oxychloordaan, 3-hydroxy transchloordaan, heptachloor, heptachloorepoxide en nog onbekende stoffen. Deze omzetting bedroeg 50% in 3 dagen. De trans isomeer werd sneller omgezet dan de cis isomeer (18). Over verdere microbiële afbraak is niets bekend.

* Fysisch-chemisch

In een proef werden kolommen (40 cm lang) met grond gevuld. Bovenin werd verontreinigde grond aangebracht. De kolommen werden regelmatig met water gespoeld. Na 80 dagen bleek nog 99% chloordaan in de bovenste 10 cm aanwezig te zijn. Uitspoeling speelt een geringe rol bij chloordaan (250). Verdere fysische-chemische processen van invloed op chloordaan zijn onbekend.

veld/ grondsoort		lab		OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
veld									1 lb/a	1 jr	4 jr		Edwards, 1973
veld									2 lb/a/jr			uiteindelijk residu: 4 lb/acre	
veld									1-2 lb/a		3-5 jr		Edwards, 1966
veld	clay loam soil (Italië)			1,7	7,9	20- 30 °C max. 5-15 °C min.			3 kg/ha (1,75 ppm α; 0,62 ppm γ) 6 kg/ha			residuen (ppm) op 2 dieptes 0-10cm 10-30cm dag α γ α γ 0 0,136 0,006 n.a. n.a. 79 0,090 0,005 n.a. n.a. 169 0,088 0,004 n.a. n.a. 0 1,863 0,612 n.a. n.a. 79 0,448 0,175 0,334 0,154 169 0,627 0,275 0,190 0,075 0 3,794 1,290 n.a. n.a. 79 1,555 0,581 1,019 0,438 169 1,261 0,625 0,532 0,342 γstabiel in bodem dan α	Tafari et al. 1977
									onbehandeld				
									3 kg/ha				
									6 kg/ha				
veld	Rumford sandy loam								1 pt/ft ² chlooraan; na 20 jr be- monsterd			na 20 jaar: transchlooraan verdwijnt sneller dan cischlooraan (geen cijfers)	Beeman & Matsumura, 1981
veld	1258 bodemonsters verschillende lokaties (USA)											403 monsters (32%): residuen techn. chlooraan. 29 monsters (2,3%): oxychlooraan aangetrof- fen. 9 v.d. 10 monsters oxy-,cis- en transchlooraan: 2x zoveel cis- als transchlooraan	Suprock et al. 1980
veld	silty clay loam Langley sand: 0%; silt 65%; clay 35%			9,8	4,3		25- 40%		11,2 kg/ha 11 md (HCS-3260)			residu HCS-3260 in ppm md α γ α+γ (%) 0 5,37 1,91 100 1 3,93 1,37 73 2 3,91 1,51 74 3 3,12 1,17 59 4 3,80 1,37 71 12 2,54 0,85 47 14 2,34 0,82 44 16 2,32 0,70 42 0 3,02 1,11 100 1 1,43 0,52 48 2 1,66 0,61 55 3 1,69 0,63 56 4 1,69 0,58 55 12 0,95 0,32 31 14 1,15 0,41 38 16 0,93 0,31 30 metaboliëten (verontreiniging): heptachloor, γ-chloordeën, heptachloorepoxide, oxychloor- daan (max. 2,9% v. residu). residu na 14 md: 90% in bovenste 7,5 cm < 2% dieper dan 15 cm.	Wilson & Oloffs, 1973
									5,6 kg/ha 4 md (HCS-3260)				

veld/ grondsoort

lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
-----	---------	-----	----	---	---	----------------	-------	-----------------	-----------------	----------------	------------

veld	sandy loam	1,5	6,9		6-		11,2 kg/ha			residu HCS-3260 in ppm	
	Summerland				12%		HCS-3260			md α γ α+γ (%)	
	sand 65%									0 2,08 1,05 100	
	silt 31%									1 3,13 1,02 108	
	clay 4%									3 2,02 0,70 71	
										4 1,57 0,57 56	
										12 2,51 0,83 87	
										15 2,06 0,63 70	
							5,6 kg/ha			0 1,19 0,44 100	
							HCS-3260			1 1,22 0,48 105	
										3 0,96 0,37 83	
										4 0,63 0,23 53	
										12 0,80 0,25 65	
										15 0,64 0,21 53	

metabolieten (verontreinigd):
 heptachloor, γ-chloordeen,
 photo-α-chloordaan, heptachloor-
 epoxide en oxychloordaan. Eerst
 2,7% van residu, dan 6,6%; photo-
 α-chloordaan belangrijkste.

veld Berwick sandy loam

1951-'53:
 14 kg/ha/jr
 = 5 ppm/15,2
 cm/ha/jr

chloordaan residu (ppm) na 15 jr Stewart & Chisholm,
 1971

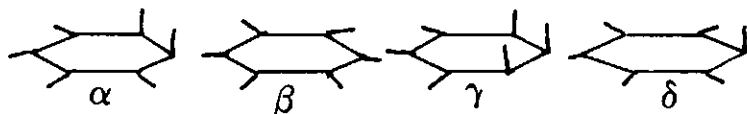
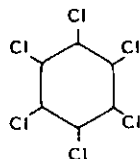
diepte	chloordaan
0-10 cm	1,9 ± 0,2
10-20 cm	1,4 ± 0,1
20-30 cm	0,3 ± 0,1
30-40 cm	spoor

na 15 jr: nog ± 16% van de oor-
 spronkelijk toegediende hoeveel-
 heid aanwezig

Fysisch/ Microbiëel			Milieuomstandigheden			Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	
Nocardiosis	groentetuin	chloordeenchloorhydrine, dichloorchloardeen, oxychloordaan, 3-hydroxy- transchloordaan, hepta- chloorepoxide en onbekende metabolieten	50% in 3 dg	voedings- medium, 0,75 ppm chloordaan (cis en trans) trans: snellere afbraak dan cis		Beeman & Matsumura, 1981
uitspoeling			99% na 80 dg in bovenste 10 cm	5 typen grond	lab, glazen kolom 40 cm, met grond ge- vuld bovenin 200 ppm chloor- daan. Iedere 3 ^e dg 2,5 l water doorspoelen Analyse: na 80 dg (0-10, 10-20, 20-30 en 30-40 cm)	Wilson & Oloffs, 1973

HCH-isomeren

Structuurformule:



Chemische naam:

1,2,3,4,5,6 hexachloor-cyclohexaan

Afbraak

Totale mineralisatie

Volledige afbraak van α , β , γ of δ HCH is niet aangetoond. Volledige dechlorering van α en γ HCH is zeer aannemelijk gemaakt en daarmee ook de complete mineralisatie.

Omzettingsduur

In het veld (Florida) kan de halfwaarde tijd van gamma HCH (lindaan) variëren van 5-29 maanden bij doseringen van 10 of 100 lb/acre (138). De auteurs vermelden dat de afbraak steeds trager gaat verlopen. Dit fenomeen van steeds tragere afbraak wordt door meerdere onderzoekers gemeld. Onder tropische omstandigheden (India) is in drie maanden 87-100% van het gamma HCH verdwenen. Een hogere concentratie had geen invloed op de verdwijnsnelheid (117). Onder Nederlandse klimatologische omstandigheden bleek één en vier jaar, na 15 jaar jaarlijks gamma HCH toediening, de concentratie in de bovenste 10 cm grond (zandig, 3% organisch materiaal) nog 1,30 respectievelijk 0,32 ppm te zijn (233). Onder koudere omstandigheden (Nova Scotia) bleek 15 jaar, na 4 jaar jaarlijkse toepassing (117 kg/ha = 13 ppm) van technisch HCH (γ : 14%; α : 70%; β : 7%; δ : 7%), de concentratie in de bovenste 10 cm grond 0,89 ppm α , 1,12 β , 0,41 γ en 0,38 ppm δ (S & C, 1971). In een veldproef onder anaerobe omstandigheden bij betrekkelijk lage temperatuur (zomers niet hoger dan 12°C) bleek α -HCH (400 ppm) niet te verdwijnen (53). Onder veldomstandigheden werd in de literatuur tot 1980 vooral de gamma isomeer (lindaan) bestudeerd.

In het laboratorium blijken de HCH isomeren veel sneller te verdwijnen. MacRae et al (1967) vermelden dat 15 ppm α , β , γ en δ HCH onder anaerobe omstandigheden bij 30°C, in zowel zure (pH 4,7) als neutrale (pH

6,6) klei binnen 30-50 dagen verdwenen zijn. De auteurs wijzen erop dat afbraak typisch microbiologisch is omdat onder steriele omstandigheden er geen HCH verdween. Yoshida en Castro (1970) geven voor gamma HCH (10 ppm) onder ongeveer identieke omstandigheden halfwaarde tijden van 10 en 30 dagen. Bij 28°C in een vijftal verschillende grondsoorten wordt een halfwaarde tijd van gamma HCH gemeten tussen 20 en 51 dagen. In de zure grond (pH 3,2) duurt de verdwijning langer (207). voor beta HCH lagen de halfwaardetijden ook tussen 20 en 40 dagen behalve in de twee meest zure gronden (pH 3,2 en 4,2). Bij 25°C in zowel aerobe als anaerobe alkalische gronden werd een halfwaarde tijd voor gamma HCH gemeten van 35-41 dagen (191). Daarentegen werd langzame afbraak gemeld door Lichtenstein & Schulz (1960): na 56 dagen bij 46°C in zowel natte als droge klei. Ook Yule et al (1967) meldden nauwelijks verdwijnen van gamma HCH in een vijftal gronden na twee maanden.

Een beperkt aantal onderzoeken werd verricht over het verdwijnen van alle vier de HCH isomeren. MacRae et al, 1984 hebben de persistentie van de vier isomeren onderzocht onder aerobe en anaerobe omstandigheden en bovendien in aanwezigheid van enkele gemakkelijk afbreekbare organische verbindingen. Amino-zuren en inositol stimuleerden in het algemeen de afbraak van α en γ , maar ook van β en δ . Gistextract stimuleerde de anaerobe afbraak van α en γ , terwijl ureum vooral de aerobe afbraak van γ stimuleerde. Ook Jagnow et al (1977) meldden versnelde dechlorering o.i.v. glucose, formaat of puryvaat, evenals Ohisa et al (1980). Doelman et al. (1985) daarentegen vinden een goede afbraak van alpha HCH (4000 ppm!), t_{50} maanden van 18 weken (aeroob) en 24 weken (anaeroob), maar toevoegingen van gemakkelijk afbreekbare substraten hadden een vertragende invloed.

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

De onderzoekingen waarin ook de afbraak in steriele gronden gemeten werd, geven duidelijk aan dat de HCH isomeren slechts via microorganismen kunnen verdwijnen (148; Doelman et al, 1985).

Het geslacht van bacteriën dat vooral de afbraak van gamma HCH onder anaerobe omstandigheden voor zijn rekening neemt is Clostridium (109; 184). Organismen die α , β of δ HCH kunnen afbreken zijn nauwelijks bekend. Echter Jagnow et al (1977) gaven aan dat dechlorering onder anaerobe omstandigheden van γ HCH ook opgaat voor α en in mindere mate

voor β en δ . Ohisa & Yoshida geven aan dat van de acht bacteriestammen die gamma HCH kunnen afbreken twee ook beta kunnen afbreken. Het meten van het aantal microorganismen in de grond is alleen door Ohisa & Yoshida (1979) gebeurd. Als de grond in totaliteit $2,8 \cdot 10^7$ micro-organismen per gram grond bevatten dan zijn $2,2 \cdot 10^3$ daarvan in staat alpha HCH af te breken, 2 beta, $7,9 \cdot 10^4$ gamma en 12 delta. Zij menen ook dat de t_{50}^o waarde (2-3 weken bij 30°C anaeroob) gerelateerd is aan het aminozuurgehalte van de grond.

In de huidige literatuur is nog geen complete afbraak aangetoond tot CO_2 en Cl_2 . Bachmann et al (in prep) hebben voor alpha HCH complete dechlorering onder aerobe omstandigheden aangetoond. Haider en Jagnow (1975) geven aan dat Clostridium gamma HCH in twee dagen bij 25°C en onder anaerobe condities voor 75% kan dechloreren. Binnen 7 dagen kan Clostridium butyricum α, β, γ en δ HCH voor 97, 24, 98 en respectievelijk 38% dechloreren terwijl als tussen producten gechlorideerde benzenen en fenolen werden gemeten (109). Een zeer frequent en vaak als eerste gemeten tussen produkt is pentachloorcyclohexeen (148; 153; 154; 94). Andere gemeten intermediairen zijn dichloorbenzeen, 1,3,5,- en 1,2,4,-trichloorbenzeen, tetrachloorbenzenen en pentachloorbenzenen (154). Behalve door Jagnow et al (1977) zeer nooit chloorfenolen gemeten. De bestudering onder vooral anaerobe omstandigheden is hier waarschijnlijk debet aan.

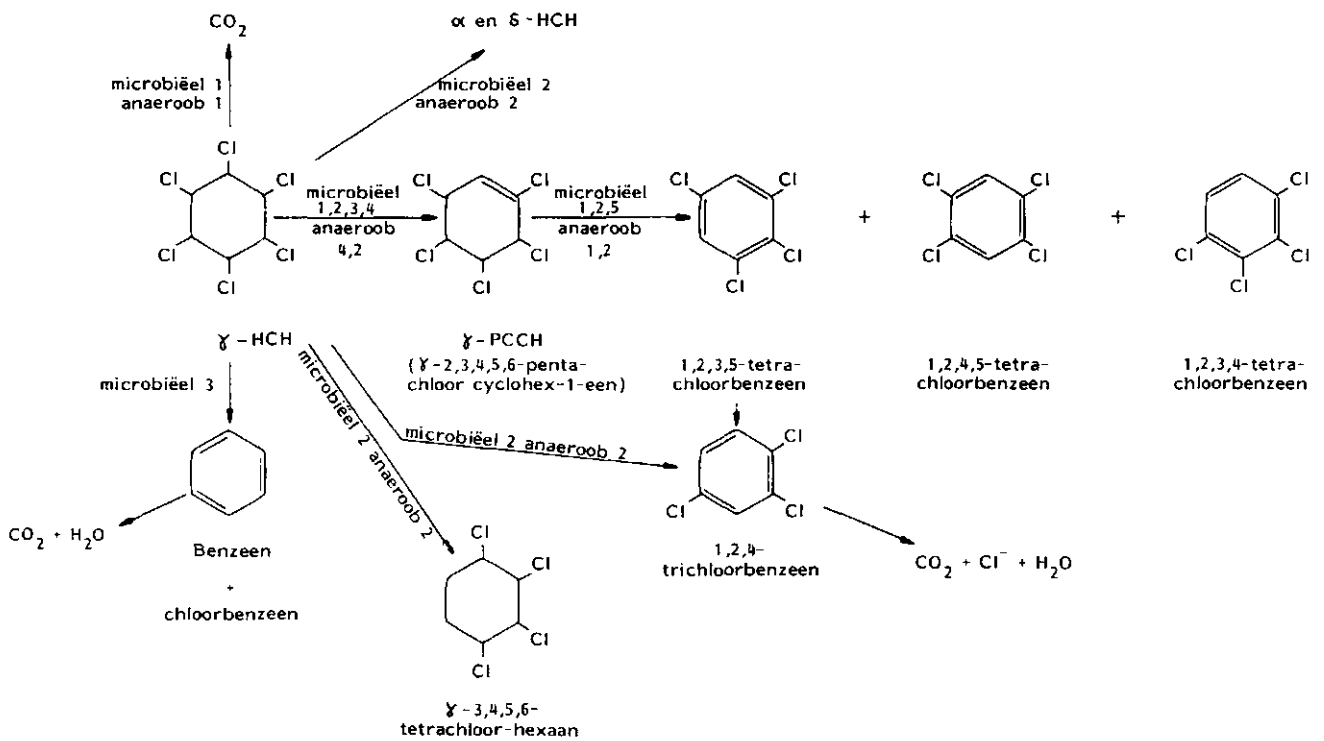
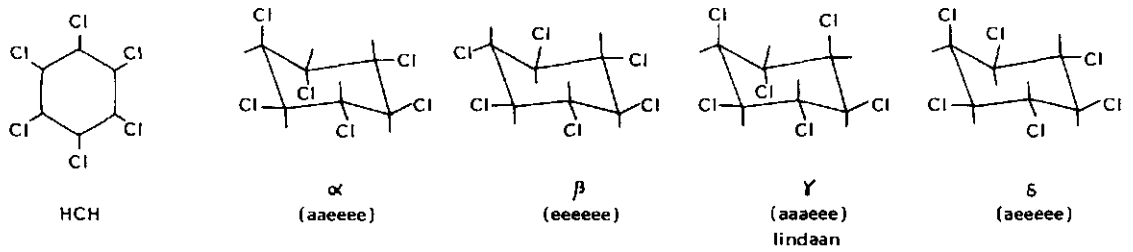
* Chemisch

Zonlicht en fulvine zuren gaven een t_{50}^o van 25 dagen voor α en γ HCH in waterige milieu bij $20-25^\circ\text{C}$ (150). Ook chemische isomerisatie van γ naar α HCH is waargenomen (234). Verder zijn over de α, β en γ isomeren geen gegevens vindbaar.

veld/ grondsoort		OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
veld	Miami silt loam	3,8					10; 100	5-11 md		afbraak verloopt steeds trager:	Lichtenstein & Schulz,
(γ)	muck soil	40					1b/a	16-29 md		langzamer bij hoge concentratie	1959
lab	Miami silt loam	3,8		46 °C			10 ppm			zowel nat als droog na 56 dg	Lichtenstein & Schulz,
(γ)										incubatie: lindaan persistent	1960
lab	Maahas clay	2	6,6	30 °C	f1		15 ppm			α in 30 dg verdwenen	MacRae et al. 1967
(α-δ)	Luisiana clay	3,2	4,7	30 °C						γ in 30 " "	
										β in 50 " "	
										δ in 50 " "	
										bij gezamenlijke toediening is	
										verdwijnen iets langzamer.	
										In gesteriliseerde grond geen	
										verdwijnen. Gelabeld gamma werd	
										tot CO ₂ gemineraliseerd	
lab	vijf arable soils	6,8	labo		dr/					een "beetje" verdwenen	Yule et al. 1962
(γ)					v						
lab	Maahas clay	2,0	6,6	30 °C	80% WHC	10ppm		30 dg		afname afhankelijk van bodem-	Yoshida & Castro, 1970
(γ)	Luisiana clay	3,2	4,7	30 °C	80% WHC	"		21 dg		eigenschappen: hoemeer orga-	
	Pila clay	1,5	7,6	30 °C	80% WHC	"		30 dg		nisch materiaal, hoe sneller	
	Casiguran sandy loam	4,4	4,8	30 °C	80% WHC	"		10 dg		verdwijnen; γ-HCH geen probleem	
										in tropische gronden	
lab	aquatic sediment	3,4	7,8							isomerisatie van gamma naar	Benezet and Matsumura,
(α, γ)	(sulfaat: 36,7 ppm)									alpha door Pseudomonas putida	1973
	zand silt klei										
	36% 38% 26%										
lab	Kari	27,8	3,0	28 °C	f1			>40 dg	>40 dg	gewerkt werd met ¹⁴ C gelabeld	Siddaramappa en
(α, β)	Alluvial	6,2	6,2	"	f1			<20 dg	<20 dg	materiaal 41 dg totale incu-	Sethunathan, 1975
	Pokhali	4,2	4,2	"	f1			20 dg	20 dg	batie	
	sandy	6,0	6,0	"	f1			>40 dg	>40 dg		
	laterite	5,0	5,0	"	f1			<20 dg	>20-	Daar waar gamma goed verdwijnt,	
								<40 dg		verdwijnt ook beta, maar later.	
										Hoe negatiever de redox poten-	
										tiaal hoe sneller verdwijning.	
										Toevoeging van stro versnelt de	
										afbraak.	
veld	Berwick sandy loam						117 kg/ha	4 jr lang		15 jaar later isomeren in	Steward & Chisholm, 1971
(α-δ)	Nova Scotia						53 ppm			bodemprofiel gemeten (ppm)	
										α β γ δ	
										0-10 0,98 1,12 0,41 0,38	
										10-20 1,09 0,85 0,52 0,39	
										20-30 0,17 0,11 0,08 0,4	
lab	9 gronden	1,4-	4,6-	30 °C						De t ₅₀ (2-3 wk) is gerelateerd	Ohisa & Yamaguchi, 1979
(α, δ)	20 gr gronden in 30ml	8,2	7,3				20ppm			aan het aminozuur gehalte van	
	H ₂ O									de grond (Y = -0,0084 x +0,255;	
										r = 0,65). Hoge T belangrijk	
										voor afbraak.	
										Aantal HCH "afbrekers" geteld:	
										α: 2.2.10 ³ ; β: 2; γ: 7.9.10 ⁴ ;	
										δ: 1.2.10 ¹ ; totaal 2.8.10 ⁷ .	
										t ₅₀ via aantallen te berekenen:	
										Y = -3,09 x +11,08; r = -0,91	

veld/ grondsoort		OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	textuur										
lab	Volcanic ash soil	4	5,8	35 °C							McRae et al. 1984
(α-δ)							- in voedings medium!				
										+ amino- + zuren + gist + ureum + ino- sitol	
										- α A 11% 21,1 21,4 0 32,8	
										An 26,2 50,0 10,0 31,0 31,0	
										β A 14,3 28,6 - 31,4 0	
										An 11,2 30,6 71,4 0 66,3	
										γ A 0 49,4 30,0 43,7 54,0	
										An 63,8 100 74,1 68,4 68,4	
										δ A 20,8 0 5,0 21,4 0	
										An 0 24,1 4,8 4,8 14,9	
										% verdwijnen	
lab	sandy loam	6,5	6,5		18 A	4000 ppm	18 wk			Met organische substraten	Doelman et al. 1985
(α)					fl An	4000 ppm	24 wk			langzamer afbraak.	
										Aeroob sneller afbraak dan anaeroob	
lab	rode Nadu grond	0,17	6,9	25 °C		100 ppm	41 dg				Rajakkannu et al. 1985
(γ)	60; 13; 26					100 ppm	35 dg				
	zwarte nadu grond	0,41	8,4	25 °C	n-fl	100 ppm	46 dg				
	33; 8; 58				fl	100 ppm	39 dg				
veld	Dehli grond					3,75 kg/a				na: 3 md 8 md	Kathpal et al. 1981
(γ)	Jobner grond									snelle afbraak 100%	
	Vidaipur									snelle afbraak 87% 90%	
	(India)									snelle afbraak 92% 95%	
										hoge of lage concentratie heeft geen invloed op afbraak snelheid	
veld	sandy soil	3								van 1953-1968 jaarlijkse bespuiting	Voerman & Besemer, 1975
(γ)	Nederland									diepte 1969 1973	
										0-10 1,30 0,32	
										10-20 0,23 0,35	
										20-30 - 0,10	
										30-40 - 0,11	
										ppm γ HCH in grond	

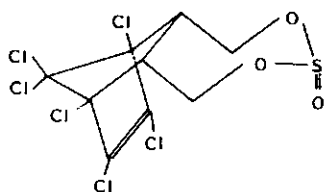
Fysisch/ Microbiëel			Milieuomstandigheden			
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	Referentie
geen on- onderscheid gemaakt (γ)	na 15 jr	1, 2, 3, 4 tetrachloor- beenzee en gammapenta- chloorhexeen	na 11 jr 95% afh. van conc.	veld + steeds gewas		Lichtenstein et al 1971
		Clostridium	γ-PCCH		Anaeroob	MacRae et al. 1969
(γ)	Chorella Chlamydomonas	2-4 ppm	vijf maal zo snelle ver- dwijning in aanwezigheid van algen		1, 2, 3, 4, 5 Sweeney, 1969 pentachlorocy- clohexaan	
(γ)	Bacillus cereus dominant gevonden	PCCH (1000x minder toxisch)	vochtige (22% H ₂ O) en droge (3% H ₂ O) grond			Yule et al. 1967
(γ)	gewerkt met uniformed labeled lindane-C ¹⁴	1, 2, 4, trichloorbenzeen 1, 2, 3, 5 tetrachloorben- zeen 1, 2, 3, 4 tetrachloorben- zeen gamma PCCH		gevormd in niet gesteriliseerde grond (pH 5,8; 5,2% org. mat.; CEC 18 meg.) 6 wk kamer T.		Mathur en Saha, 1975
(γ)	behalve afbraak wordt ook de microflora bestudeert: bromassa, ademhaling	γ2, 3, 4, 5, 6 pentochlo- rocyclohexeen (PCCH) α-TCCH; γ-TCCH; pentachloorbenzen en chloriden. Hoe meer HCH hoe meer chloriden	10, 100, 1000 ppm HCH 28 °C; 60% WHC			Tu, 1975
(α,γ)	gewerkt met ¹⁴ C-, ³ H- en ³⁶ Cl isotopen Anaerobe microflora 50% Clostridium en Bacil- lus, en veel melkzuurbac- teriën	25%	γ-HCH na 2 dagen voor 75% gedechloreerd. Geen CO ₂ gemeten. Ook α gedechloreerd.			Haider & Jagnow, 1975
(γ)	gewerkt met ¹⁴ C-isotopen van γ-HCH 8 weken; kamer- temp.; org. en min. grond 3,27 mg lindaan/100 gr grond				vochtig org. min. org. min. p of m DCB 32% 3 33 1,2 1,3,5 TCB 8 - 5,6 10,2 1,2,4 TCB 1,3 - 2,5 13,4 1,2,3,5 TtCB 2,3 - 1,8 - 1,2,3,4 TtCB - - - 2,7 PCB 4,2 - 1,7 - γ PCCH 36,9 9,6 45,8 63,8 BTC 21,7 0,9 9,2 8,8 Er is een complex van metabolieten, verdeeld over verschillende fracties, bij verschillende omstandigheden.	Mathur en Saha, 1977
(α,γ)	Zonlicht; fulvine zuren: t ₅₀ fulvine acid maakt t ₅₀ nog korter.					Malaiyandi et al. 1982



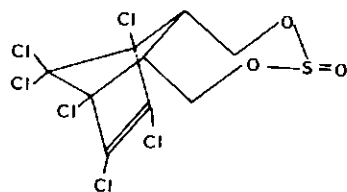
1 = 64
2 = 64
3 = 92
4 =
5 = 159

Endosulfan

Structuurformule:



α -endosulfan



β -endosulfan

Chemische naam:

6,7,8,9,10,10-hexachloor-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-methaan-2,4,3-benzodioxathiepin-3-oxide.

Afbraak

Totale mineralisatie. Gedeeltelijke afbraak van endosulfan tot CO_2 is aangetoond, in de bodem en door micro-organismen (cultures) (zie aldaar).

Omzettingsduur.

Halfwaardetijden voor endosulfan lopen uiteen van 10-60 dagen. In een veldproef werd 1 lb a.i./acre toegediend. Gelijk na toediening bedroeg de concentratie 0,27 mg/kg, na 31 dagen was er nog 0,08 mg/kg over (46). Voor de isomeren afzonderlijk worden echter langere afbraaktijden vermeld. Voor α -endosulfan worden, in het veld, halfwaardetijden gegeven van 40-175 dagen, voor β -endosulfan liggen deze nog hoger: van 350-800 dagen. In Amerika voerde men een proef uit met twee concentraties (2 en 20 lb a.i./a). Het middel werd niet ondergewerkt. In beide gevallen was na 503 dagen 90% endosulfan verdwenen (46). In Italië diende men gedurende een aantal jaren ieder groeiseizoen enige keren (2-3) per seizoen endosulfan toe (0,5 kg a.i./ha/keer). Aan het einde van het groeiseizoen en vóór nieuwe toedieningen werd gekeken naar de hoeveelheid endosulfan en endosulfansulfaat in de bodem aanwezig. Vóór een nieuwe toediening was de concentratie van beide metabolieten steeds vrij laag (0-5 cm: endosulfan: van niet aantoonbaar tot 0,25 mg/kg; endosulfansulfaat: van niet aantoonbaar tot 0,08 mg/kg). Na het groeiseizoen was de concentratie hoger (0-5 cm: endosulfan: van 0,01 tot 0,1 mg/kg; endosulfansulfaat: van 0,09 tot 0,2 mg/kg). Tijdens de braakliggende periode neemt de concentratie dus weer af naar lage niveaus (46). Herhaalde toediening van endosulfan leidt hier niet tot accumulatie. In India werd een veldproef uitgevoerd waarbij men aan droge grond (12,0% vocht) drie hoeveelheden endosulfan toevoegde (41,88 g, 87,5 g en 350 g a.i./acre), aan natte, onderwaterstaande grond,

werd 87,5 g a.i./a toegediend. Bezien werd wanneer de concentratie lager dan 0,05 ppm werd. In droge grond, met de laagste dosis was dit na 60 dagen het geval, met endosulfansulfaat (even toxisch als endosulfan) als metaboliet. In droge grond met de middelste concentratie duurde het 100 dagen, met weer endosulfansulfaat als metaboliet. In de droge grond met de hoogste concentratie duurde het 160 dagen voordat de concentratie zo laag was. Tot de 50ste dag werd hier endosulfandiol (minder toxisch dan endosulfan) gevonden, daarna endosulfansulfaat. In de onderwaterstaande grond was het na 120 dagen zover, naast endosulfansulfaat werd ook endosulfandiol aangetroffen (193). Bij een hogere dosis duurt het dus langer voordat de concentratie onder een bepaalde waarde komt, procentueel verloopt de afbraak ongeveer even snel. In onderwaterstaande grond is de afbraak iets trager dan in droge grond.

In het laboratorium werd een proef gedaan met 7 grondsoorten waarin afbraak van endosulfan en de metaboliet vorming bestudeerd werd onder aerobe, anaerobe en onderwaterstaande condities. In alle gronden werd, onder alle drie de omstandigheden, endosulfansulfaat gevormd. Het meest in aerobe grond (26,9-60,9% van de toegediende hoeveelheid), in anaerobe grond werd van 11,3-22% sulfaat gevormd, in onderwaterstaande grond van 3,0-8,2%. Ook trad in alle gronden CO_2 vorming op, echter in zeer lage concentraties van 0,1-5,4%. Tussen aeroob, anaeroob en onderwaterstaande zijn er geen uitgesproken verschillen. Endosulfandiolvorming treedt voornamelijk op in onderwaterstaande grond (van 2,3-18,4%), bijna niet onder aerobe en anaerobe condities. Endosulfanhydroxyether wordt alleen in onderwaterstaande grond gevonden (van 1,8-4,3%). Endosulfanlacton daarentegen wordt alleen in aerobe en anaerobe grond gevormd, in geringe hoeveelheden van 0,7-1,5% van de toegediende hoeveelheid. Een aantal keren zijn ook onbekende metabolieten aangetroffen (152). Tussen de gronden is er geen uitgesproken verschil gevonden in afbraakpatroon. Toevoeging van organisch substraat aan twee gronden in deze proef leidde in eerste instantie tot verhoogde CO_2 (0-0,5%) produktie.

Van Dyck & Van der Linde (1976) tonen het belang van beluchting aan voor verdwijning van endosulfan. In afgesloten potjes (begin conc. 3-4 mg/kg grond) duurt het langer voordat endosulfan grotendeels verdwenen is dan in open potjes (gesloten: na 200 dagen conc. 0,02-0,1 mg/kg; open: na 130 dagen conc. <0,01 mg/kg). In afgesloten potjes ontstaat endosulfansulfaat, dat niet wordt aangetroffen in de open potjes. Diol en lacton zijn

in beide gevallen aanwezig.

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

Een groot aantal micro-organismen (schimmels, bacteriën en actinomyce-ten) zet endosulfan om in een groot aantal metabolieten: endosulfandiol, -hydroxyether, -sulfaat, -lacton, -ether, CO₂ en onbe-kende metabolieten (151). Schimmels bleken voornamelijk endosulfan-sulfaat te vormen (omzet: 10,5-75,0%). Sommige bacteriën vormden vnl. sulfaat (omzet: 32,4-55,8%), maar andere vnl. endosulfandiol (omzet: 28,1-73,3%). In de proef werd ook CO₂-vorming gemeten, maar deze was zeer gering, van niet aantoonbaar tot max. 0,7% van de toegediende hoeveelheid endosulfan.

In een gemengde culture bodemmicro-organismen werd de afbraak van α - en β -endosulfan afzonderlijk gevolgd. Metabolieten van α -endosulfan waren endosulfandiol en -ether, van β waren dit naast deze ook α -endosulfan en onbekende metabolieten (188). Miles en Moy (1979) bestudeerden de afbraak van α - en β -endosulfan apart, door een gemengde culture bodemmicro-organismen. De α en β vorm kunnen in elkaar omgezet worden (3-13%). Verder kan uit beide endosulfansulfaat ontstaan (1-2%), waar verder geen omzetting meer aan plaatsvindt. Ook wordt endosulfandiol gevormd (uit beide isomeren) (74-77%), dat (evt. via ether) tot hydroxyether omgezet wordt (28%), waaruit endosulfanlacton ontstaat (87%) dat geheel verdwijnt.

Volledige afbraak van endosulfan door micro-organismen is nog niet gebleken.

* Fysisch-chemisch

Hydrolyse is een van de belangrijkste fysisch-chemische processen bij de omzet van endosulfan. De metaboliet die hierbij gevormd wordt is endosulfandiol. De pH van de omgeving is van invloed op de hydrolyse: bij pH >8 werd meer dan 90% endosulfan in endosulfandiol omgezet, terwijl bij pH 4,3 de omzetting minder dan 1% bedroeg (151).

Bij fotolyse kan endosulfansulfaat ontstaan, bij blootstelling van endosulfan aan UV en water. In een dunne grondlaag werd 50% endosulfan omgezet in 200 dagen door fotolyse. De reactieprodukten worden niet vermeld (46).

veld/ grondsoort		OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
							alpha + beta			afbraakduur < 100 dg na 2 jr nog residu	McEwan & Stephenson, 1979
veld	(India)						1,5 kg/ha			residu (ppm) na: 0 md 0,74 2 md 0,23	Kathpal et al, 1981
lab	code	clay	silt	sand	Org.C			10 ppm	¹⁴ C	Vorming metabolieten* na 15 wk in percentage v. toeged. hoev.h. M ₁ ED EHE EL ES ¹⁴ CO ₂ Martens, 1977	
	AB	2,6%	5,3%	92,1%	0,34	5,2	8,3% A 11,4% An f1 An			n.d. n.d. n.d. 1,1 26,9 0,6 n.d. n.d. n.d. 1,4 13,7 0,1 n.d. 3,0 2,1 n.d. 8,2 0,8	
	BB	12,7	84,6	2,7	1,28	7,2	16,0% A 18,4% An f1 An			0,4 n.d. n.d. n.d. 35,9 2,9 n.d. n.d. n.d. n.d. 19,1 0,6 0,3 11,7 1,8 n.d. 4,3 1,5	
	DT	20,2	62,6	17,2	1,62	7,8	14,9% A 18,4% An f1 An			0,5 n.d. n.d. n.d. 35,4 5,4 n.d. 0,8 n.d. 0,7 22,0 1,3 n.d. 18,4 2,0 n.d. 4,7 2,3	
	EB ₁	14,0	24,9	61,1	1,53	6,2	14,2% A 16,8% An f1 An			n.d. n.d. n.d. n.d. 56,6 0,3 n.d. n.d. n.d. 1,0 15,4 0,1 n.d. 6,3 2,6 n.d. 4,1 0,2	
	EB ₂	15,7	26,8	57,5	2,09	6,0	15,8% A 18,9% An f1 An			n.d. n.d. n.d. n.d. 60,9 0,3 n.d. n.d. n.d. 1,0 15,2 0,1 n.d. 12,6 1,8 n.d. 3,0 0,1	
	SB	4,6	15,9	79,5	1,13	6,4	10,7% A 12,4% An f1 An			0,4 n.d. n.d. n.d. 43,0 0,5 n.d. n.d. n.d. n.d. 12,1 0,2 n.d. 6,3 4,3 n.d. 3,9 0,3	
	TB	28,5	39,0	28,5	1,11	6,9	13,5% A 16,4% An f1 An			1,1 2,6 n.d. 1,2 35,1 0,5 n.d. 2,9 n.d. 1,5 11,3 0,1 n.d. 2,3 1,9 n.d. 7,9 0,2	
	Herkomst grond:									M ₁ : onbekende metabolieten	
	AB, BB, DT, SB: Duitsland									ED: endodiol	
	EB ₁ , EB ₂ : Engeland									EHE: endohydroxyether	
	EB ₁ eerder met endosulfan									EL: endolacton	
	EB ₁ behandeld EB ₂ niet.									ES: endosulfate	
	TB: Thailand									¹⁴ CO ₂ produktie per week	
lab	BB en DT						A			8wk 12wk	
	toevoeging 2,5 g org. sub- straat (0,5 g celledose, 1,0 g klaver, 1,0 g tarwe- stromeel) per 250 g grond									BB + org. subst. 0,4% 0,25% - org. subst. 0,2% 0,25% DT + org. subst. 0,55% 0,35% - org. subst. 0,35% 0,35%	
	standaard gronden							1-2 md +10 dg >30 dg			CTB, verz. gegevens
	(Frankrijk)							alpha beta	+175 dg +350 dg		CTB, verz. gegevens
	podzol							6 5,5	1,75 kg	na 9 md: 0-20 cm 32% alpha 59% beta 20-40 cm 2% alpha 5% beta	CTB, verz. gegevens

veld/ grondsoort

lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
veld	(Jackson MS)						2 lb/a en 20 lb/a			residu (ppm) in 0-6 inch dg na beh. 2 lb/a 20 lb/a	CTB, verz. gegevens
										0 1,8 16,7	
										38 0,70 9,5	
										62 0,80 7,6	
										398 0,33 2,3	
										460 0,08 1,3	
										503 0,27 1,5	
										530 + 3,4	
veld	sandy loam						1 lb/a(30x)			residu na 293 dg: 0,34 ppm	CTB, verz. gegevens
veld	sandy loam						0,5 lb/a(7x)			residu na 282 dg: 0,41 "	
veld	sandy loam						0,5 lb/a(9x)			residu na 336 dg: 1,2 "	
veld	muddy, clayey loam						1 lb/a(10x)			residu na 100 dg: 0,23 "	
veld	clayey loam						1 lb/a(17x)			residu na 100 dg: 0,14 "	
veld	soil						1 lb/a(1x)			residu na 0 dg: 0,27 "	
										residu na 31 dg: 0,08 "	
										residu (ppm) per bodemlaag (cm) CTB, verz. gegevens	
										0-5cm 5-10cm	
										E ES E ES	
veld	(Italië)						0,5 kg/ha			sept. 1970 0,1 0,2 0,05 0,04	
							1969(2x)			mrt. 1971 0,024 0,02 0,004 0,04	
							1970(3x)			sept. 1971 0,01 0,16 n.d. 0,01	
										mrt. 1972 n.d. n.d. n.d. 0,002	
							1972(3x)			okt. 1972 0,04 0,09 0,001 0,007	
										mrt. 1973 0,009 0,016 0,015 0,024	
							1973(3x)			sept. 1973 0,045 0,15 0,009 0,019	
										april 1974 0,025 0,08 0,026 0,1	
										E : endosulfan	
										ES: endosulfaat	
veld	(India Guntur district)									residu (in %)	
										beginconc. dagen na applicatie	
										(ppm) 20 40 60 100 dg	
	loamy clay I					dr	87,5 g/a			19,7 12,8 3,1 1,8 0,4	Rao & Murty, 1980
	II	0,2 7,8				"	350 g/a			89,6 5,3 1,4 1,1 0,4	
	III	tot				"	42 g/a			8,0 7,1 3,9 0,9	
	clay (paddy)	0,5 8,4				nat	87,5 g/a			17,6 5,1 4,2 3,2 1,8	
										conc. < 0,05 ppm:	
						dr I	100 dg (sulfaat)				
						II	160 dg (diol tot 50 dg, dan sulfaat)				
						III	60 dg (sulfaat)				
						nat	120 dg (sulfaat + diol)				
veld	Somerset sandy loam						6,7 kg/ha α: 60 dg			metaboliet: sulfaat	Stewart & Cairns, 1974
	sandy: 68%, silt 20%, clay 12%						β: 800 dg				
						herhaald: 6,7 kg/ha α: 40 dg				metaboliet: sulfaat	
							β: 800 dg				
										residuesten:	
										0-15 cm 90% van residu	
										15-30 cm 9% " "	
										30-45 cm 1% " "	

veld/ grondsoort

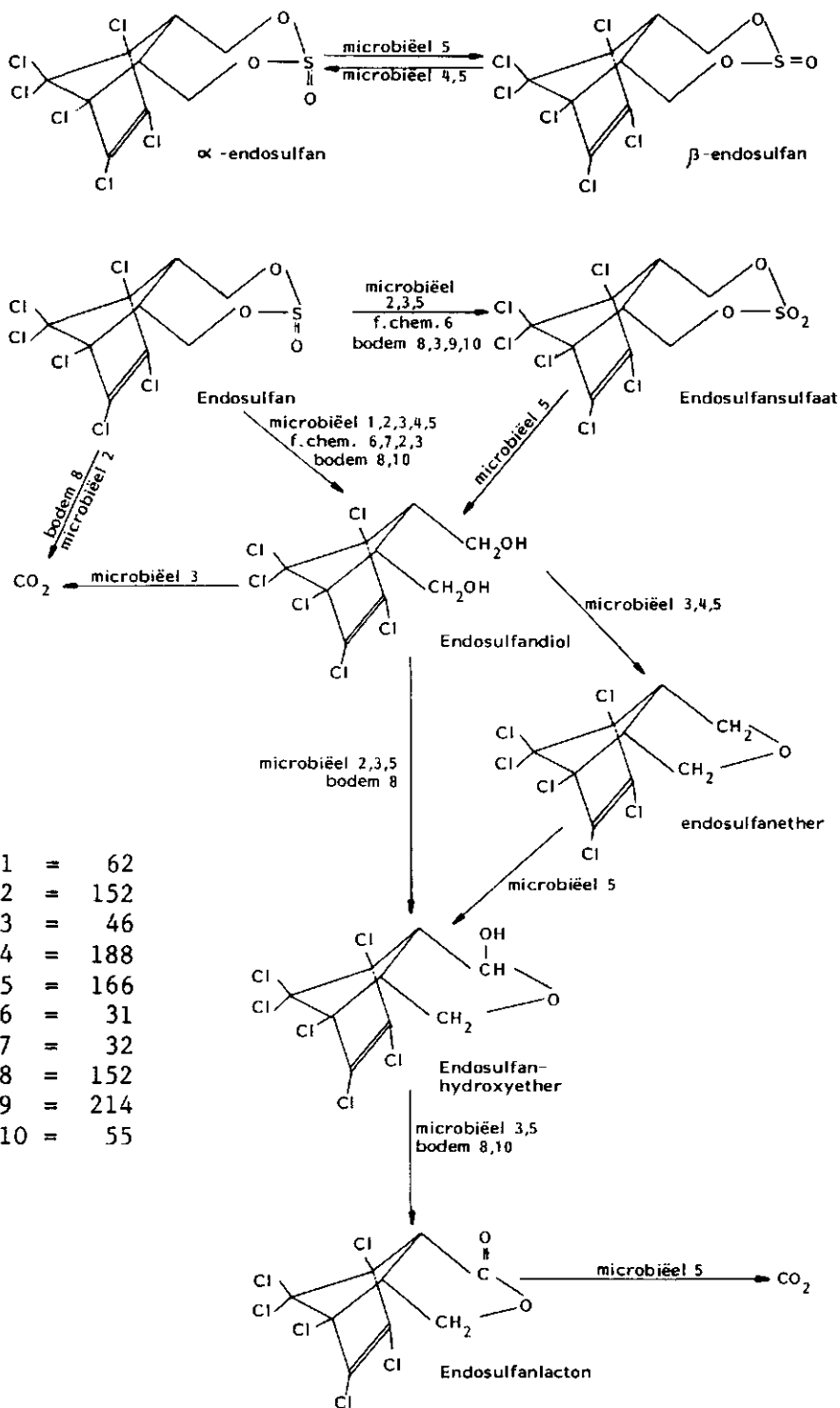
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	4 types			28 °C		An				bodemtypes geen verschil beginconc.: 3-4 ppm tot 120 dg: nauwelijks afname. na 120 dg: snelle afname tot 0,02-0,1 ppm na 200 dg <u>metab.:</u> lacton, diol(lage conc.) sulfaat: max. na 80 dg (1-2 ppm) na 200 dg <0,2 ppm beginconc.: 3-4 ppm na 60dg: <1 ppm na 130dg: <0,01 ppm <u>metab.:</u> lacton, diol(lage conc.) sulfaat: verwaarloosbaar.	Van Dijck & Van der Linde, 1976
				28 °C		A					

Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden					Referentie	
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige			
<i>Aspergillus niger</i>		endodiol (alleen)	30% in 18 dg		conc. 1 µg/ml	El Zorgani & Omer, 1974		
		% van radioact. begin metab.* in medium + org.	zie hier- naast			Martens, 1976		
schimmels:	landbouw- grond	M1 ED EHE ES ¹⁴ CO ₂		voedings- medium	22 °C 6 wk incubatie 1 uur aereren per dag. 100 µg gela- belde endosul- fan per 100 ml voedingsmedium			
<i>Penicillium</i> sp3		1,0 3,0 nd 75,0 0,1						
<i>Aspergillus</i> spl		4,9 1,0 0,2 66,0 0,1						
<i>Botrytis cinerea</i>		3,0 0,4 nd 64,4 0,7						
<i>Aspergillus terricola</i>		7,2 0,5 nd 59,9 0,1						
<i>Alternaria alternata</i>		1,0 0,2 nd 53,0 0,1						
<i>Aspergillus</i> sp2		nd 3,9 nd 52,3 0,1						
<i>Penicillium nigricans</i>		1,6 3,5 1,5 47,5 0,1						
<i>Mucor hiemalis</i>		5,6 7,4 2,0 43,2 0,2						
<i>Zygorrhynchus moelleri</i>		0,7 1,0 0,6 38,5 0,1						
<i>Fusarium graminearum</i>		nd 2,7 2,4 32,9 nd						
<i>Rhizopus nigricans</i>		2,4 1,2 0,6 30,2 0,1						
<i>Circinella simplex</i>		3,5 2,3 4,3 25,3 0,1						
<i>Aspergillus niger</i>		2,4 2,8 0,3 23,4 0,2						
<i>Penicillium</i>		1,9 32,9 nd 11,5 nd						
Steriel mycelium		0,8 26,9 1,8 9,8 nd						
<i>Arthrinium urticae</i>		0,9 25,7 2,6 10,5 0,1						
bacteriën:				pH eind				
<i>Nocardia</i> sp4		3,3 73,3 nd 2,5 nd		8,3	27 °C 50 µg/ gela-			
<i>Corynebacterium</i> spl		nd 58,6 nd nd nd		8,5	belde endosul-			
<i>Bacillus polymyxa</i>		1,2 52,8 nd nd nd		5,7	fan per 50 ml			
<i>Mycobacterium</i> sp3		1,0 51,6 nd nd nd		7,2	voedingsmedium			
<i>Corynebacterium</i> sp2		0,3 40,2 nd 0,7 nd		4,6	10 dg incubatie			
<i>Pseudomonas fluorescens</i>		0,6 37,8 0,9 0,8 nd		5,5	1 uur per dag			
<i>Corynebacterium</i> sp5		0,8 34,4 nd nd nd		7,2	aereren			
<i>Arthrobacter</i> sp4		0,2 32,1 nd nd nd		6,8				
'gram-negatieve rods'		0,4 30,9 nd nd nd		4,6				
<i>Nocardia</i> spl		0,5 28,1 nd 2,0 nd		6,8				
<i>Corynebacterium</i> sp9		2,6 1,3 1,3 55,8 nd		5,0				
<i>Myrobacterium</i> spl		2,9 0,6 1,5 50,1 0,1		4,9				
<i>Corynebacterium</i> sp7		2,4 1,2 1,4 47,0 0,1		5,0				
<i>Corynebacterium</i> sp4		2,0 1,6 0,9 44,1 0,1		5,2				
<i>Nocardia</i> sp3		1,4 1,9 1,7 32,4 nd		5,0				
		* M1: onbekende metaboliet						
		ED: endodiol						
		EHE: endohydroxyether						
		ES: endosulfaat						
<i>Streptomyces albidoflavus</i>		endodiol			27 °C zie bacteriën			
<i>S. griseus</i>		endohydroxyether			voedingsmedium			
<i>S. levoris</i>		2 onbekende metabolieten	30% in 10 dg					
		CO ₂ endosulfaat						
gemengde culture		vooral: endosulfandiol				CTB, verz. geg.		
bodemmicro-organismen		endosulfansulfaat						
		ook : endosulfan-α-hydro- xyether endosulfanlactor						

Fysisch/ Microbiëel

Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	Milieuomstandigheden			Referentie
			% omz	Medium	Overige	
		endosulfandiol (uitgangs-				CTB, verz. geg.
		stof)	na 12 md			
		CO ₂	17% CO ₂			
		endosulfandiol	na 2-6 md			
			max. 38%			
		endosulfanlacton	na 12 md			CTB, verz. geg.
			max 25%			
		endosulfansulfaat	na 52 dg			
			26%			
gemengde culture	onbehandelde	α-endosulfan: - diol		verrijkte 30 °C lab. verrijk-	Perscheid et al.	1973
bodemmicro-organismen	grond	- ether		cultures	te cultures	
(bact, schimmels; Pseudo-		β-endosulfan: - diol			14 dg incubatie	
monaceae)		- ether			intensieve doorl.	
		- α-endosulfan			α: 4 ppm	
		- onbekende metab.			β: 4 ppm	
gemengde culture	sandy loam	α-endo- sulfan	13%(3%)	zie	voedings-	Miles & Moy, 1979
bodemmicro-organismen		↔	β-endo- sulfan	hiern.	medium	
		2% (0%)	↙	omzett.	pH 6,5	
		74% (31%)	↘	in %		
		endosulfan- sulfaat	3%(1%)	tussen		
		↙	↘	haakjes		
		endosulfandiol	<1%(0%)	omzett.		
		↙	↘	in steriel		
		28% (10%)	↙	medium		
		↘	↙	ether		
		↘	↙	41%(0%)		
		endosulfan- α-hydroxyether				
		↘	↙	87%(30%)		
		endosulfanlacton				
		↘	↙	100%(100%)		
				stabiliteit metabolieten		
			t	50		
			controle*	gefnoc.		
		endosulfanlactone	5,5 uur	5,5 uur	indicatie	
		α-endosulfan	12,5 wk	1,1 wk	voor chem.	
		β-endosulfan	5,7 wk	2,2 wk	stabiliteit	
		endosulfan-α-hydroxyether	>20 wk	8 wk		
		endosulfan ether	> 20 wk	6 wk		
		endosulfansulfaat	> 20 wk	11 wk		
		endosulfandiol	> 20 wk	14 wk		
			* steriel medium			
fotolyse		endosulfansulfaat			UV-licht + water	Brooks, 1974
hydrolyse		endosulfandiol			waterig milieu	Brooks, 1974
hydrolyse		endosulfandiol			waterig, zuur of base	Büchel, 1977

Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden				
Chemisch organisme	Herkomst Org. Metabolieten	% omz	Medium	Overige	Referentie	
chemisch hydrolyse	endodiol		org. vrij voedings- medium		Martens, 1976	
		> 1%	pH 4,3	27° C 10 dg incuba-		
		2%	pH 5,5	tie 1 uur per		
		8%	pH 6,3	dag aereren		
		28%	pH 7			
		>90%	pH >8			
vervluch- tiging		+ 30%		org. vrij medium	Martens, 1976	
		< 1%		medium met schimmels		
		2-20%		medium met bact./actinomyc.		
				α-endosulfan vluchtiger dan β-endosulfan		
fotolyse		50% in	dunne		CTB, verz. geg.	
		200 dg	grondlaag			
hydrolyse	α-endosulfan :	t_{50}			CTB, verz. geg.	
		> 1 jr	pH 5			
		22 dg	pH 7			
		7 uur	pH 9			
	β-endosulfan :	> 1 jr	pH 5			
		17 dg	pH 7			
		5,1 uur	pH 9			
	metaboliët: endosulfandiol					
	endosulfan	t_{50} : 5 md	pH 5,5	An		
		t_{50} : +5 wk	pH 7	An		
t_{50} : -						



Pentachloorfenol (PCP)

Structuurformule:



Chemische naam: pentachloorfenol

Afbraak

Totale mineralisatie. Volledige afbraak van PCP is aangetoond, zowel op microbiologische als op fysisch-chemische wijze (zie aldaar).

Omzettingsduur.

Omzetting/verdwijning van PCP duurt vergeleken met andere organochloorverbindingen minder lang. Aangetoond werd dat 7-12 weken na toediening nog residu (hoeveel precies is onbekend) aanwezig was. In een ander geval was echter na 12 maanden nog nauwelijks afbraak van PCP opgetreden. De afbraak van PCP is ook in rijstvelden bestudeerd. In één proef bedroeg de halfwaardetijd van PCP 10-40 dagen in onderwaterstaande anaerobe rijstgrond. Was de grond aerob, dan was na 2 maanden nog 100% PCP terug te vinden (118). In een andere proef werden 11 verschillende rijstvelden bestudeerd. Een aantal werd gebruikt voor natte rijstteelt (anaerobe grond), een aantal voor droge teelt (aerobe grond). In de anaerobe grond was de halfwaardetijd voor PCP 10-70 dagen (gem. 30 dagen), de t_{90} waarde was >30 dagen. In aerobe grond was de halfwaardetijd hoger: 20-120 dagen (gem. 50 dagen), de t_{90} waarde was > 50 dagen (131). Onder anaerobe omstandigheden bleek hier de omzetting van PCP sneller te verlopen.

Loustalot & Ferrer (1950) stelden de persistentie van PCP in verschillende gronden (heavy clay, sandy en sandy-clay mix) met verschillende vochtregimes (luchtdroog, vochtig en verzadigd) vast door de afname van de toxiciteit m.b.v. een biotoets te meten. In luchtdroge grond was na 2 maanden PCP niet merkbaar geïnactiveerd; in vochtige grond bleek PCP persistenter dan in verzadigde; in vochtige grond was na 2 maanden geen resttoxiciteit waarneembaar; bij verzadigde grond was dit na 1 maand al het geval. Afbraak loopt dus sneller als de grond vochtiger is. In "heavy clay" bleek PCP persistenter dan in "sandy" of "sandy-clay mix". De persistentie van PCP in deze proef bedroeg 15-60 dagen.

In een andere proef werd ook een biotoets gebruikt om de persistentie van PCP te meten in verschillende grondsoorten (sandy soil, silt loam en 2

muck soils). De doseringen waren 32 kg a.i./ha Na-PCP voor de sandy soil en silt loam en 64 kg/ha voor de 2 muck soils. In de sandy soil was PCP na 8 weken niet meer aantoonbaar (via de biotoets); in de silt loam was PCP na 2 weken nog wel aantoonbaar, maar daarna niet meer. In de 2 muck soils was na 2 weken al geen effect van PCP meer waarneembaar (Warren, 1954, 1973). Ondanks de hogere dosering is er toch minder tijd nodig om het effect van PCP te niet te doen in de muck soils. Mogelijk speelt het hogere organische stofgehalte (hogere adsorptie? hogere microbiologische activiteit?) een rol hierbij.

Taylor, 1950 toonde aan dat de formulering bij toediening van belang is voor afbraak. Bij toediening van 25 lb Na PCP/a was na 100 dagen geen residutoxiciteit meetbaar, maar 5 lb PCP/a in "Stoddard solvent" gaf na 100 dagen wel nog residutoxiciteit.

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

Bij microbiologische afbraak van PCP ontstaan vele metabolieten, o.a. tetrachloorfenolen, trichloorfenolen, pentachlooranisol, tetrachloorcatechol, en CO_2 .

In anaerobe, vochtige grond zetten bodemmicro-organismen PCP om tot pentachlooranisol, 2,3,5,6- en 2,3,4,5-tetrachloorfenol en 2,3,6-trichloorfenol, in totaal 0,7%. In aerobe grond zetten dezelfde organismen 51% PCP om in bovengenoemde metabolieten (179). In aerobe grond verloopt de reactie dus beter.

In een aantal gevallen is CO_2 produktie aangetoond. Suzuki, (1977) vond dat 50% PCP tot CO_2 afgebroken werd in 1 uur tijd door een Pseudomonas. Intermediairen, vóór ringsplitsing, waren tetrachloorcatechol en tetrachloorhydroquinon. In een andere proef zette een Pseudomonas 47% PCP in CO_2 om in 1 uur tijd, met als intermediair tetrachloorhydroquinon (220). Chu & Kirsch, 1973 stelden vast dat een saprofytische, coryneachtige bacterie PCP tot CO_2 kon afbreken en dat PCP goed benut kon worden als enige energiebron. Het percentage omzetting is niet gegeven. Wattanabe, 1973a,b keek bij verschillende PCP-concentraties naar afsplitsing van Cl-atomen door een Pseudomonas. Bij 40 ppm was na 3 weken 100% van de Cl-atomen afgesplitst, bij 100 ppm verliep het proces al langzamer en bij 200 ppm werden geen Cl-atomen meer afgesplitst. Een te hoge concentratie heeft blijkbaar een nadelig effect op het micro-orga-

nisme. Kamisaka et al., 1975 berekende op grond van afsplitsing van Cl-atomen een theoretische waarde voor CO_2 produktie door Pseudomonas: deze bedroeg 55-70%. PCP is redelijk goed afbreekbaar tot CO_2 , hoewel niet voor veel micro-organismen aangetoond is dat ze er toe in staat zijn.

* Fysisch-chemisch

Door fotolyse kunnen een groot aantal metabolieten ontstaan (zie afbraakrouteschema). In waterverzadigde bodems, die 8 uur aan zonlicht blootgesteld werden, liep door fotolyse de concentratie PCP terug van 10 ppm tot 0-1 ppm. Welke metabolieten gevormd worden, wordt niet vermeld (51). Worden waterige oplossingen van PCP (met verschillende pH's) blootgesteld aan zonlicht dan blijkt de pH van invloed te zijn op de afbraak: bij pH 7,7 is de afbraak compleet (CO_2) in 5-7 dagen, bij pH 3,3 duurt het 20 dagen. Blootstelling aan UV licht versnelt de afbraak: bij pH 7,7 is dan slechts 20 uur nodig voor volledige afbraak (253). Waarschijnlijk speelt fotolyse een belangrijke rol bij de afbraak van PCP. Vraag is wanneer er CO_2 vorming optreedt en wanneer er complexe verbindingen ontstaan die mogelijk moeilijker afbreekbaar zijn.

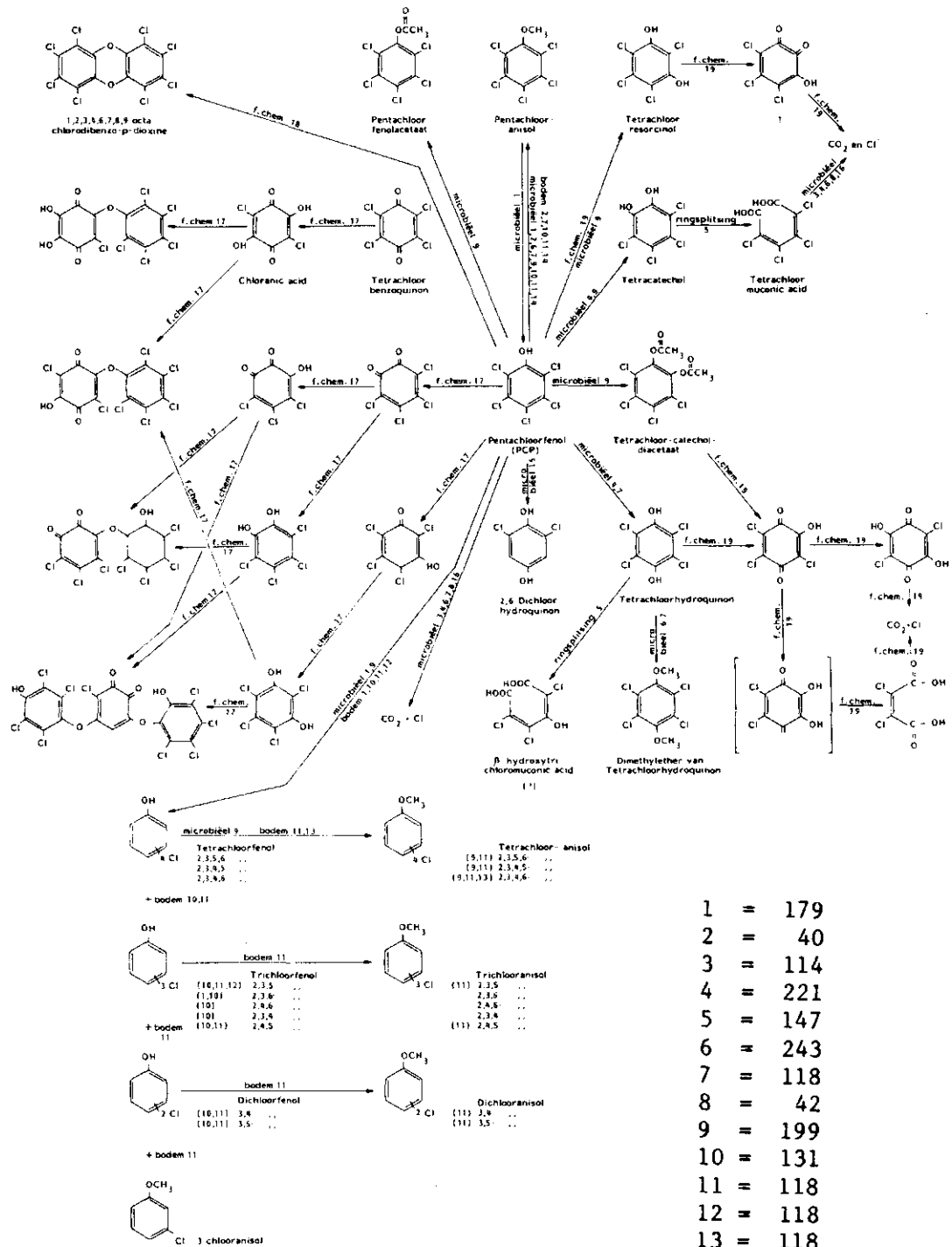
veld/ grondsoort													
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur		Referentie	
lab	heavy clay soil				dr		0,			afname toxiciteit met de tijd:		Loustalat & Ferrer, 1950	
	sandy soil				v		30,			- luchtdroog: na 2 md geen			
	sandy-clay mixed soil				fl		60 en			merkbare inactivatie PCP			
	(biotoets met maïs en komkommer)						90 lb/a			- vochtige grond: na 2 md geen resttoxiciteit in vochtige grond; in verzadigde grond na 1 md geen resttoxiciteit - zware klei: na 2 md gelijke toxiciteit. PCP persistenter dan in sandy of sandy-clay mix. persistentie PCP: 15 tot >60 dg			
										gedurende 49 dagen PCP in aan- toonbare hoeveelheid aanwezig		Young & Carroll, 1951	
	muck soil						7-12 lb			na 12 wk residu aanwezig		Alban & McCombs, 1949	
							25 lb/a			na 100 dg: geen residutoxiciteit		Taylor, 1950	
							5 lb/a			na 100 dg: wel residutoxiciteit			
	paddy soils			30 ^o C	fl	An	100 ppm	10-40 dg				Kaufman, 1978	
				30 ^o C		A				na 2 md: 100% PCP nog aanwezig			
	4 types bodem						0-1213 ppm			na 12 md nauwelijks afbraak		Loustalot & Ferrer, 1950	
	11 verschillende paddy soils				fl	An	100 ppm	10-70 dg				Kuwatsuka & Igarashi, 1975	
					up-	A		20-120 dg					
					land								
	mud			27 ^o - 30 ^o C	1/1		10 ppm			na 1 uur: nog 5 ppm aanwezig na 4 uur: spoor		Dobrovolny & Haskins, 1953	
	sandy loam, sand, clay				susp.					minder snel			
	sandy soil						32 kg/ha			biotoets herbicide werking		Warren, 1954	
	silt loam									sand: na 4 wk nog aantoonbaar na 8 wk niet silt: na 2 wk nog waarneembaar			
	2 muck soils						64 kg/ha			muck: na 2 wk niet meer waarnb.			

Fysisch/ Microbiël		Milieuomstandigheden				
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	Referentie
bodemorganismen		¹⁴ geen CO ₂ wel: pentachlooranisol 2,3,5,6- en 2,3,4,5- tetrachloorfenol en 2,3,6- trichloorfenol pentachlooranisol PCP 42,1% in 24 dg	0,7%	anaerobe vochtige grond (met N ₂ geaereerd)		Murty et al. 1979
		pentachlooranisol en 51,5% 2,3,5,6- en 2,3,4,5- tetrachloorfenol en 2,3,6- trichloorfenol pentachlooranisol PCP 5,6% in 24 dg		aerobe		
Trichoderma virgatum		pentachlooranisol		vloeibare cultures		Cserjesi & Johnson 1972
Pseudomonas sp		CO ₂	55-70%		theoretisch, gebaseerd op afsplitsing Cl-atomen	Kamisako et al. 1975
		ook omzetting van andere chloorfenolen, benzoicacid en pentalic acid, maar nauwelijks van 2,3,4,5- tetrachloorfenol				
Pseudomonas sp	bodemisolaat	tetrachloorcatechol tetrachloorhydroquinon CO ₂ intermediairen vóór ringsplitsing ringsplitsing: tetrachloorhydroquinon -hydroxytrichloromuco- nic acid tetrachloorcatechol tetrachloromuconic acid	50% in 1 uur			Suzuki, 1977
						Lyr, 1962
Pseudomonas sp		pentachlooranisol dimethylether chloorhydroquinon	100% Cl-af- splitsing in 3 wk langzamer 0%		40 ppm PCP; "lag period" 8 dg, daarna in 3 wk Cl- afsplitsing compleet 100 ppm PCP 200 ppm PCP	Wattanabe, 1973 a, b
Pseudomonas sp		¹⁴ CO ₂ (van ¹⁴ C-PCP) intermediair: tetrachloor- hydroquinon	47% na 1 uur		lab	Suzuki & Nose, 1971

Fysisch/ Microbiëel	Milieuomstandigheden					
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	Referentie
microbieel:						
		2,3,4,5-tetrachloorfenol		S		in Kaufman, 1978: (NR)* 1,2,3,4
		2,3,5,6-tetrachloorfenol		S		1,2,4
		2,3,4,6-tetrachloorfenol		S		1,2
		2,4,5 -trichloorfenol		S		1,2
		2,3,6 -trichloorfenol		S		1,4
		2,3,4 -trichloorfenol		S		1
		2,3,5 -trichloorfenol		S		1,2,3
		2,4,6 -trichloorfenol		S		1
		3,4 -dichloorfenol		S		1,2
		3,5 -dichloorfenol		S		1,2
		2,3,4,5-tetrachlooranisol		S		2
		2,3,5,6-tetrachlooranisol		S		2
		2,3,4,6-tetrachlooranisol		S		2,5
		2,3,5 -trichlooranisol		S		2
		2,4,5 -trichlooranisol		S		2
		3,4 -dichlooranisol		S		2
		3,5 -dichlooranisol		S		2
		3 -chlooranisol		S		2
		pentachlooranisol		S/M		1,2,6,7,8
		tetrachloorcatechol		M		9
		tetrachloorhydroquinon		M		9
		tetrachloorhydroquinon, dimethylether		M		6
		tetrachloorbenzoquinon		M		10
		2,6-dichloorhydroquinon		M		10
		¹⁴ CO ₂		S/M		9,11,12
		Cl ⁻		M		9,13
		tetrachloromuconic acid				14
		en 8-hydroxytrichloro- muconic acid				
				S= bodem		
				M= culture		
				micro-or- ganismen		

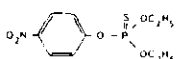
- *1= Kuwatsuka & Igarashi, 1975
 2= Ide et al, 1972
 3= Igarashi & Kuwatsuka, 1973
 4= Murthy et al, 1979
 5= Engel et al, 1966
 6= Suzuki & Nose, 1971
 7= Cserjesi & Johnson, 1972
 8= Igarashi & Kuwatsuka, 1971
 9= Suzuki, 1977
 10= Reiner et al, 1978
 11= Chu & Kirsch, 1972
 12= Kirsch & Etzel, 1973
 13= Watanabe, 1973 b
 14= Lyr, 1962

Fysisch/ Microbiël		Milieuomstandigheden			Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org. Metabolieten	% omz	Medium	Overige	
fotolyse	*2,5-dichloro-3-hydroxy-pentachlorophenoxy-p-benzoquinone *3,4,5-trichloro-6(2',3',4',5'-tetrachloro-6'-hydroxyphenoxy)-o-benzoquinone *2,5-dichloro-3-hydroxy-6-(2',4',5',6'-tetrachloro-3'-hydroxyphenoxy)-p-benzoquinone *3,5-dichloro-4-(2',3',5',6'-tetrachloro-4-hydroxy)-6-(3,4,5,6-tetrachloro-2-hydroxyphenoxy)-o-benzoquinone *2,4,5,6-tetrachlororesorcinol *chloranilic acid *1,2,3,4,6,7,8,9,-octachlorodibenzo-p-dioxin				Munakata & Kuwara, 1969 Crosby et al, 1972
fotolyse		v. 10 ppm verschillen naar 0-1 ppm na 8 uur	lende bodems dem types	waterverzuurde bodems, 8 uur aan zonlicht blootgesteld	Dobrovolny & Hasling, 1953
fotolyse	50-75% afbraak (tussenstand): 2,3,4,6- en 2,3,5,6-tetrachloorfenol tetrachloorresorcinol en - catechol niet aromatische fragmenten (bel ^{ste} dichloromaleic acid) CO ₂ , Cl en kleine alifatische fragmenten	(1) 100% in 5-7 dg (2) 100% in 20 uur (3) langzamer in 20 dg	waterige oplossing pH 7,7 pH 7,7 pH 3,3	zonlicht UV PCP niet gefoniseerd zonlicht	Wong & Crosby, 1978



- 1 = 179
- 2 = 40
- 3 = 114
- 4 = 221
- 5 = 147
- 6 = 243
- 7 = 118
- 8 = 42
- 9 = 199
- 10 = 131
- 11 = 118
- 12 = 118
- 13 = 118
- 14 = 118
- 15 = 118
- 16 = 123
- 17 = 158
- 18 = 45
- 19 = 253

Parathion

Structuurformule: 

Chemische naam: 0,0-diethyl 0,-4-nitrophenyl-phosphorothioaat.

Afbraak. Volledige afbraak van parathion is aangetoond.

Omzettingsduur.

De halfwaardetijd zowel in het veld als in het laboratorium varieert van 1-180 dagen bij concentraties van 10-75 kg/ha; 99% van de stof is verdwenen binnen 150 dagen.

In experimenten (252) waar het effect van lekkende containers en het schoonmaken van containers getoetst werd (30.000 en 95.000 ppm = 2000 en 6000 kg/ha) bleek na 5 jaar nog 13.800 ppm aanwezig te zijn. Na 16 jaar werden nog sporen parathion gevonden.

Wahid et al. (1980) toonden aan dat de eerste omzettingsstap van parathion het snelst verloopt onder anaerobe omstandigheden. Verdere afbraakstappen, namelijk de splitsing van de fenolring, verlopen moeizaam of niet onder anaerobe omstandigheden.

Bij hogere concentraties is de afbraak procentueel gezien hoger (41). De afbraak verloopt het snelst bij hogere temperatuur ($>25^{\circ}\text{C}$), hoger vochtgehalte ($>40\%$) en in alkalisch milieu.

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

De microbiologische afbraak speelt een zeer belangrijke rol. Een groot aantal micro-organismen kan deel nemen aan de afbraak van parathion. In proeven waarbij de grond wordt gesteriliseerd blijkt afbraak nauwelijks te verlopen. De belangrijkste metabolieten zijn CO_2 , NO_2 , p-nitrofenol en aminoparathion. In Amerika worden proeven genomen met actief slib waarbij met toevoeging van zuurstof parathion concentraties van groter dan 1000 ppm succesvol worden afgebroken tot CO_2 (100).

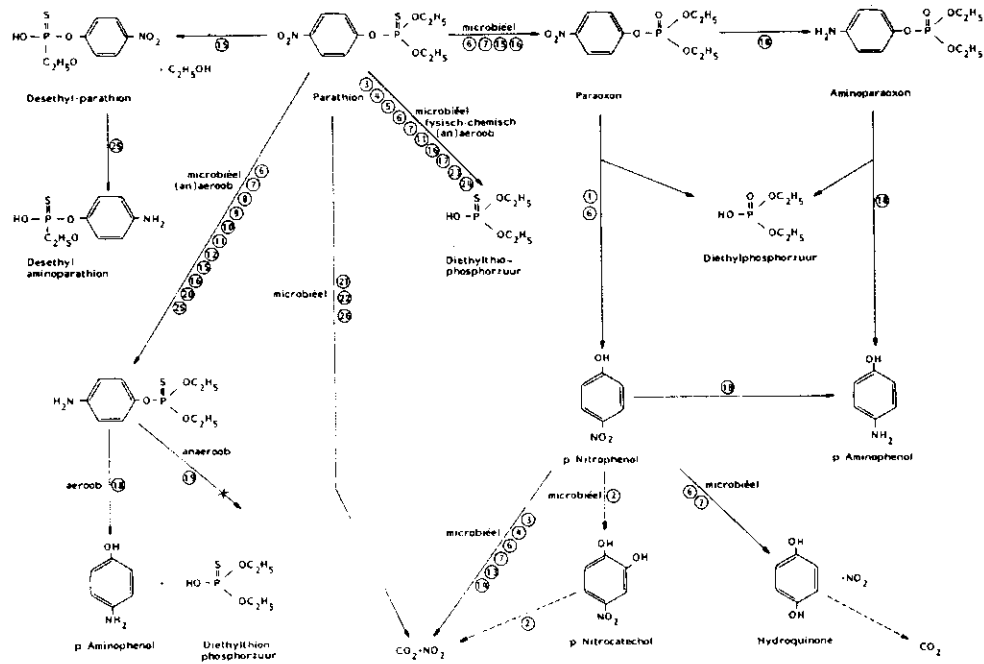
* Fysisch-chemisch afbraak

Fysisch-chemische hydrolyse speelt slechts een zeer kleine rol in het hele afbraakgebeuren. Fotolyse tot paraoxon en analogen kan optreden.

veld/ grondsoort		OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
veld										na 1 wk 75% weg	Kearney et al. 1969
lab	silt loam	6,5	30	°C			200 ppm			na 6 dg 46% weg	Lichtenstein & Schulz, 1964
	+ glucose	6,5	30	°C			200 ppm			na 6 dg 58% weg	
	+ gist + glucose	6,5	30	°C			25 ppm	24-30 u.			
	steriel	6,5	30	°C			200 ppm			na 6 dg 16% weg	
	silt loam	6,5	30	°C	dr		200 ppm			na 6 dg 10% weg	
		6,5	30	°C	v		200 ppm			na 6 dg 27% weg	
		6,5	30	°C	fl		200 ppm	9dg		na 6 dg 46% weg	
veld	sandy loam	3,7	6,2				15,7 ppm, 5 jr toegeed.			meeste weg na 12 dg bijna alles na 3 md na 16 jr nog 0,1% (=0,06 ppm)	Stewart et al. 1971
veld	Willamette soil	3,0	6,2	20		50%	1 ppm	180 dg			Freed et al. 1979
	"	3,0	6,2	20		50%	0,1 ppm	110 dg			
veld	sandy loam	2,5	4,7	max.			30.000 ppm			na 5 jr nog 13,800 ppm	Wolfe et al. 1973
		3,4	7,1	21			95.000 ppm			na 16 jr nog sporen	
		1,0	7,3				100-1000 ppm			na 5 jr nog 0,5 tot 3,6 ppm	
veld	clay loam soil						12 lb/a 100 lb/a			na 79 dg 100% weg na 165 dg 97,6% weg	Kasting & Woodward, 1951
	loamy sand						20 ppm			na 30 dg 99% weg	
	silt loam/sandy loam						20 ppm	30 dg		na 30 dg 95% weg	
	loam soil						20 ppm			na 130 dg 99% weg	
	fijne sandy loam						200 ppm			na 8 wk 67% weg	
lab	Palampur loam soil	1,1	5,7	25			37-260 ppm			Bij hogere concentratie meer	Chopra et al. 1971
	Ludhiana sandy	0,15	8,2	25			(+pH reeks,)			afbraak in %.	
	loam soil						(+vocht reeks)			Na 6 uur 8% weg bij 95 ppm.	
	Kamma Khurd clay	0,27	9,3	25						Na 8 dg 100%.	
	loam soil									Bij hoog vochtgehalte langzamer afbraak (10 dg). In basische grond sneller afbraak dan in neutrale of zure.	
lab	Chemalis clay loam	7,2	5,6	25			15-25 ppm			na 2 wk 35% weg	Getzin & Rosefield, 1968
	steriel	7,2	5,6	25			15-25 ppm			na 2 wk 16-17% weg	
										na 8 wk 86% weg	Lichtenstein, 1966
										na 8 wk 95% weg	
							3,4 kg/ha 6,7 kg/ha			na 8 md 100% weg	Mol et al. 1972
							112 kg/ha			minimaal 325 dg	Kasting & Woodward, 1951
	organische grond						herhaalde toepassing			belangrijke residuen	Harris & Miles, 1975

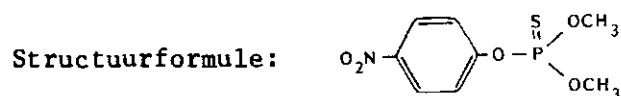
Fysisch/ Microbiël		Milieuomstandigheden				Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org. Metabolieten	% omz	Medium	Overige		
Chlorella pyrenoidosa	aminoparathion	53%	water		Zuckerman, 1970	
Rhizobium spp	aminoparathion P-nitrophenol		grond		Mick & Dahm, 1970	
Bodembacteriën Gisten	P-nitrophenol aminoparathion		grond "	30 °C "	Lichtenstein & Schulz, 1964	
Corynebacterium	P-nitrophenol in nitriet		grond		Gundersen & Jensen, 1956	
Rhizobium spp	aminoparathion defta P-nitrophenol	85% 10%	grond " "		Mick & Dahm, 1970	
Bacillus subtilus	aminoparathion		water		Yasuno et al. 1965	
Flavobacterium sp	P-nitrophenol		grond onder water		Sethunathan & Yoshida, 1973	
Penicillium waksmani	aminoparathion		grond onder water		Rao & Sethunathan, 1974	
Trichoderma viride	aminoparathion	na 24 uur 22%	grond		Matsumara & Boush, 1968	
Xanthomonas sp 4 Pseudomonas Azotomonas sp Brevibacterium	P-nitrophenol aminoparathion paraaxon nitriet		grond en silk		Munnecke & Hsiem, 1976 en Munnecke, 1976	
Pseudomonas sp	P-nitrophenol--- nitriet		grond onder water		Siddaramappa et al. 1973	
fotolyse	paraaxon S-alkyl en S-aryl analogen				Pardue et al. 1970	
fotolyse	paraaxon e.a. oxon analogen			zonlicht en UV straling	Matsumara, 1973	
adsorptie		vooral groot bij hoge conc.	sandy loam	bij 30.000- 95.000 ppm na 16 jr nog sporen	Wolfe et al. 1973	
adsorptie				misschien op- gelost in vet- ten org. stof	Stewart et al. 1971	
Gisten Chorella	aminoparathion geen aminoparathion				Nauman, 1967	
Actief slib	par + 140 $\frac{2}{2}$ -- 10CO $\frac{2}{2}$ + H $\frac{3}{3}$ PO $\frac{4}{4}$ + H $\frac{2}{2}$ SO $\frac{4}{4}$ + HNO $\frac{3}{3}$ + 4H $\frac{2}{2}$ O (met gechloreerd tussenpro- duct)		slib	>16 °C pH 6,5-7,5 2 mg O $\frac{2}{2}$ /l opgelost	Hsiem & Munnecke, 1972	

Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden			
Chemisch organisme	Herkomst Org. Metabolieten	% omz	Medium	Overige	Referentie
Pseudomonas sp	uit onderwa- ter staande alluviale grond	par.-- P-nitrophenol - NO ₂ CO ₂ 23%	67% na 24 uur 10 ug/ml	in medium 30 °C	Sudhakar-Barik et al. 1976
Bacillus sp		P-nitrophenol- NO ₂ CO ₂ 97% na 36 uur 80%			
Acclimated culture o.a. pseudomonas sp	geen diethyl fosfaat bij conc. > 1250 kg/ha:	na 3 dg in u motes		7-33 °C	Barles et al. 1979
	nitrophenol	280		2500 kg/ha	
	dept	150		20% vocht	
	parathion	480		met O ₂	
hitte labiele enzymen	aminoparathion desethylaminoparathion			28 °C Anaeroob	Wahid et al. 1980
Nocardia sp	CO ₂	grond	20 °C		Andrea de et al. 1982
inspoeling	belangrijke residuen			door goede op losbaarheid	Harris & Miles, 1975
	geen residuen				Voerman & Besemer, 1970
hydrolyse	P-nitrophenol en diethylthiophosphoric-zuur			alkaline omst. stabiel in neutraal en zuur milieu	Sethunathan et al. 1977
hydrolyse (zeer langzaam)		3-23% > 10%	luchtgedroogde grond vochtige grond (bestraalde grond) katalyse door bodemdeeltjes: kaoliniet > montmorilloniet > O.S.		Yaron, 1978
hydrolyse	reactie hydroxylwater aan klei oppervlak			Aanwezigheid water blokkeert het katalyserend effect bodemdeeltjes en hogere temp. activeert het.	Yaron & Saltzman, 1978
hydrolyse				In inert materiaal, bv. zand, katalyseert CA of CA-zouten de afbraak.	Mingelgrin & Yaron, 1974



1	=	205
2	=	205
3	=	206
4	=	216
5	=	204
6	=	205
7	=	178
8	=	2
9	=	205
10	=	263
11	=	205
12	=	192
13	=	111
14	=	83
15	=	
16	=	140
17	=	110
18	=	205
19	=	205
20	=	182
21	=	205
22	=	100
23	=	204
24	=	17
25	=	236
26	=	11

Methyl-parathion



Chemische naam: 0,0-dimethyl-0,-4-nitrophenyl phosphorothioaat.

Afbraak

Totale mineralisatie. Volledige afbraak van methylparathion is aangetoond.

Omzettingsduur.

In laboratoriumproeven is methylparathion, 10-140 kg/ha, vrijwel geheel (95%) verdwenen binnen 15 dagen. Ditzelfde geldt voor een veldproef met een concentratie van 2,5 kg/ha (140).

In een laboratoriumproef (1) verliep de afbraak onder anaerobe omstandigheden duidelijk beter dan onder aerobe. Het toevoegen van rijststro gaf een snellere afbraak.

Butler et al. (1981) simuleerde in het veld situaties van lekkende containers en het schoonmaken van containers. Bij hoge concentraties (1400-35.000 kg/ha) blijken na 45 maanden nog gevaarlijk hoge concentraties te worden teruggevonden.

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

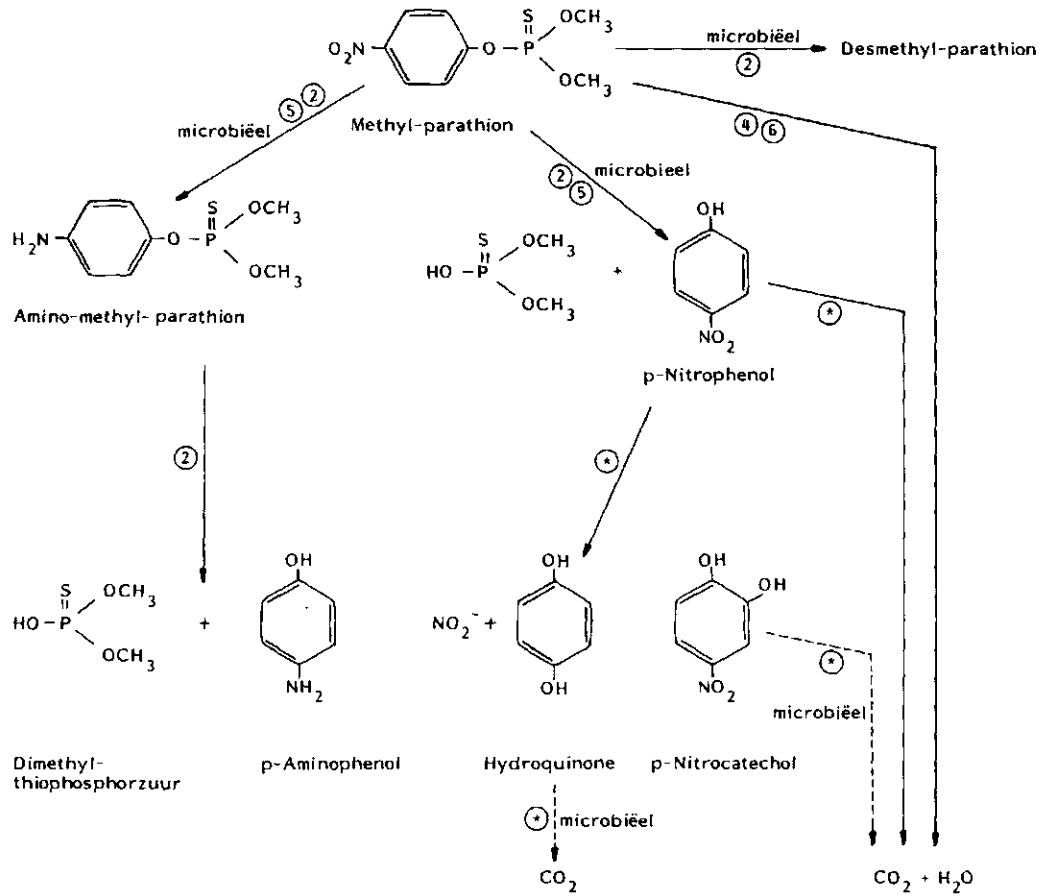
Een aantal micro-organismen kan methyl-parathion totaal omzetten tot CO_2 en H_2O . De metabolieten zijn vergelijkbaar met die van parathion.

* Fysisch-chemisch afbraak

Lichtenstein et al. (1977) toonde aan dat methyl-parathion, vergeleken bij parathion, veel meer geadsorbeerd wordt. Waarden waarmee wordt aangetoond dat methyl-parathion veel sneller afbreekt dan parathion moeten dan ook kritisch bekeken worden.

veld/ grondsoort													
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur		Referentie	
lab	Chehalis clay loam	7,2	5,6	25 °C	34%		15-25 ppm		1 wk			Getzin & Rosefield, 1968	
lab	Carrington silt loam			30 °C			200 ppm			na 3 dg nog 26%		Lichtenstein, 1964	
										na 12 dg nog 6%			
veld	Carrington silt loam						5 lb/a (2 jr)			na 15 dg nog 8%			
										na 30 dg nog 3,1% = 0,1 ppm			
lab	Webster soil	3,8	7,3				24,5 ppm			vrijwel geheel tot CO ₂ en H ₂ O		Davidson, 1980	
	Cecil soil	0,9	5,6				10.015- 95.000 ppm			minder dan 0,1% afgebroken			
lab	alluviale grond	1,61	6,2	28 °C			500 ppm			met extra rijstestro na 30 min. Adhya et al. 1981 nog 4%.			
										na 0 dg: 485,3 ppm M.P.			
										12 : 58,2 ppm M.P.			
										3 : 0 ppm M.A.P.			
										12 : spoortje M.A.P.			
										1 : 120 ppm P.N.P.			
										3 : 72 ppm P.N.P.			
										6 : 0 ppm P.N.P.			
veld	sandy loam	1-3	7,2				48.900 ppm			na 7 md nog 27.300 ppm		Butler et al. 1981	
	Washington						emulsie			na 12 " nog 20.900 "			
	lekkende container						17.600 ppm			na 45 " nog 17.500 "			
							emulsie			na 7 " nog 8.000 "			
							379.000 ppm			na 12 " nog 3.800 "			
							granulaat			na 45 " nog 130 "			
							2140 ppm			na 7 " nog 401.000 "			
							granulaat			na 12 " nog 87.500 "			
										na 45 " nog 262.000 "			
										na 7 " nog 940 "			
										na 13 " nog 0,15 "			
										na 32 " nog 1,15 "			
lab	Cecil sandy loam			23 °C	9,5%	10 ppm				na 35 dg 48,7% CO ₂		Li-Tse Ou, 1985	
					13,5	10 "				" " " 51,7% "			
					16,6	10 "				" " " 44,7% "			
					19,8	10 "				" " " 8,7% "			
					22,9	10 "				" " " 1,7% "			
					97,9An	5 "				" " " 0,5% "			

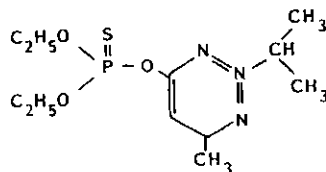
Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden			Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org. Metabolieten	% omz	Medium	Overige	
uitspoelen	percentage dat uitspoelt wordt ook afgebroken, dus geen probleem				Butler et al. 1981
adsorptie	er treedt veel meer adsorp- tie op dan bij parathion parathion: extraheerbaar - 65% gebonden - 27% methyl-parathion: extraheerbaar - 29% gebonden - 41,2%			1-10 ppm	Lichtenstein et al. 1977
Bacillus subtilus	-soortgelijke afbraakpro- ducten als bij parathion -desmethyl-parathion -aminoanaloog van desmethyl- parathion				Miyamoto et al. 1966
Bacillus subtilus	reductie nitrogroep -- aminogroep				Yasuno et al, 1965
Pseudomonas					Naumann, 1967
Torulopsis utilis					Ahmed & Casida, 1958



1	=	205
2	=	134
3	=	257
4	=	48
5	=	1
6	=	144

Diazinon

Structuurformule:



Chemische naam: 0,0-diethyl 0-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl]

Afbraak

Totale mineralisatie. Totale mineralisatie van diazinon is aangetoond.

Omzettingsduur.

De halfwaardetijd in veld en laboratoriumproeven (1-10 kg/ha) varieert van 10-35 dagen. Na 2-20 weken is 90% van de beginconcentratie verdwenen. Een belangrijke metaboliet is het 2-isopropyl-4 methyl-6-hydroxypyrimidine. Deze stof wordt onder aerobe omstandigheden verder afgebroken tot CO₂, onder anaerobe omstandigheden ontstaat er zeer weinig CO₂ (201). De afbraak verloopt duidelijk trager bij 15°C en bij 6-7°C treedt geen afbraak meer op (218).

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

Er zijn verschillende micro-organismen gevonden, die betrokken zijn bij de afbraak van diazinon. In zure gronden speelt in de eerste stap de chemische hydrolyse een belangrijke rol. De verdere afbraak is microbiologisch. Een hoger vochtgehalte, temperatuur en organisch stofgehalte versnellen de afbraak. Een hoger organisch stofgehalte veroorzaakt echter ook meer adsorptie, waardoor de afbraaksnelheid weer vermindert.

veld/ grondsoort													
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie		
							3 lb/a			alles weg na 180 dg	Gunner & zuckerman, 1968		
							0,3 lb/a			alles weg na 70 dg			
	clay soil									75% weg na 12 wk	Kearney, 1969		
	silt loam						1-25 lb/a			alles weg na 9 dg	Laygo & Schulz, 1963		
	mineral soil	1,9					1,8 lb/a	2 wk		na 7 md nog 1%	Suett, 1971		
	Fen soil	17,1					"	5 wk		na 7 md nog 10%			
	zandige leem			20 °C	35		6,2 ppm	12,7 dg				Hurle, 1981	
							20 ppm	11,1 dg					
							60 ppm	11,3 dg					
							1 ppm			na 2 wk nog 62-96%	Butler et al. 1975		
	sultan silt loam	3	5,4	25 °C	20		15-25 ppm			na 4 wk nog 45%	Getzin & Rosefield, 1968		
lab	Puyallup sandy loam	2,1	5,0	25 °C	8		5 ppm	3 wk		na 20 wk nog 1/3 ug			
	Sultan silt loam	3	5,4	25 °C	20		5 ppm	4 wk		na 24 wk nog 10%			
	Puget silt loam	4,5	5,0	25 °C	24		5 ppm	2 wk	20 wk				
	Chehalis clay loam	7,2	5,6	25 °C	34		5 ppm	2,5 wk		na 20 wk nog 10%			
	organic (muck)	40	5,4		79		5 ppm	2 wk		na 20 wk nog 10%			
	loam	2,7	6,3	20-	75		1 kg/ha			alles weg na 20 dg	Bro-Rasmussen, 1968		
	"	"	"	23 °C	25		1 kg/ha			gestoomd alles weg na 70 dg			
	"	"	"	"	25		10 kg/ha			gestoomd alles weg na 80 dg			
	light sandy loam	1,9	6,75					2 wk			Getzin, 1967		
	peaty loam	17,1	7,40					5 wk					
lab	loam soil	2,3	5,7	20 °C	75		10 kg/ha	17,9 dg			Bro-Rasmussen, 1970		
veld	loam soil	2,3	5,7				2 kg/ha	22 dg		na 10 md nog 5%			
lab	agar met:												
	sandy loam	2,9	8	28 °C	60		10 ppm	<1 wk	1 wk		Miles et al. 1979		
	steriel	2,9	8	28 °C			10 ppm	12,5 wk					
	organic soil	48,7	7	28 °C	60		10 ppm	2 wk	7 wk				
	steriel	48,7	7	28 °C			10 ppm	6,5 wk					
lab	Cambridge loam	3,4	6,7	30 °C	2/3		20 ppm			lucht drogen, remde afbraak	Forrest et al. 1981		
					WHC		herh.			niet; pasteurisatie en chloro-			
										form vertraagden; vriezen en			
										omgooien stimuleerden; herhaal-			
										delijk drogen en bevochtigen			
										stimuleerden.			
	vochtige grond			30 °C				10 dg			CTB, verz. gegevens		
	-			-				18-30 dg					
veld	-			15 °C				40-100 dg					
	-			-				2-4 wk					
	-			-					2-3 md				
	- grond eerder behandeld				An					alles weg na 10-15 dg			
	met diazinon				An								
	- voor eerst behandeld				An					alles weg na 2 md			

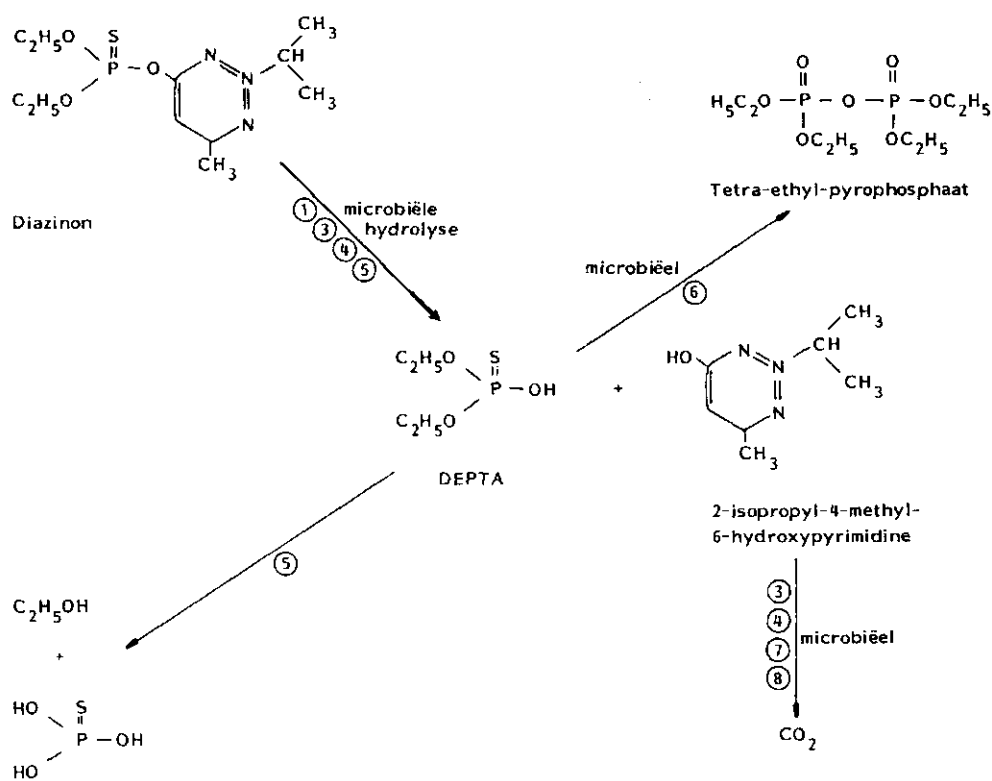
veld/ grondsoort

lab	textuur	OMZ	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
							A 3-6 lb/a			alles weg na >160 dg	Sethunathan & MacRae, 1969
							ster.				
	Mahaas clay	2	6,6	30 °C	An	46 ppm	33,8	8,8 dg	na 50 dg	0,4-0,7% als CO ₂	
	Pila clay loam	1,5	7,6	30 °C	An	"	43,8	17,4 dg	clay gronden na 70 dg	nog	
	Luisiana clay	3,2	4,7	30 °C	An	"	0	99 dg	6% over		

Fysisch/ Microbiëel

Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metaboliëten	Milieuomstandigheden	Referentie
			% omz Medium Overige	
hydrolyse (belang- rijkste proces)		2-isopropyl-4-methyl-6- hydroxypyrimidine geen diazoxon		CTB, verz. geg.
uitspoeling			kleine kans	
adsorptie		constanten 3,7-11,35 ug/g		adsorptie neemt toe bij hoger organisch stofgehalte
hydrolyse (belang- rijkste proces in onder water staande grond)		pyrimidinol hoopt even op bij anaerobe omstandighe- den pyrimidinol hydroxypyrimidinol CO ₂		
fotolyse		2-isopropyl-4-methyl-6- hydroxypyrimidine	grond of water	Burkhard & Guth, 1979

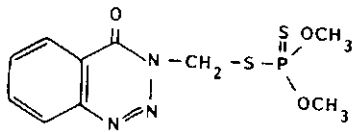
Fysisch/ Microbiël		Milieuomstandigheden			
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige
Pseudomonas		hydrolyse van diazinon			Gunner, 1967
Arthrobacter		maar meer van afbraakpro-			
Streptomyces		ducten			
Flavobacterium		depta-2-isopropyl-4-methyl-			Sethunathan & Pat-
Arthrobacter		6-hydroxypyrimidine -- CO ₂			hak, 1971 + 1972
Trichoderma viride					Matsumara & Boush, 1967
-		CO ₂ en afbraak pyrimidine- 35% ring		sultan silt loam	25 °C na begassen of Getzin, 1967 anaeroob vrij- wel geen CO ₂ 50 ug/cm ³
		I.M.P.H-aeroob -- CO ₂ anaeroob x-		pH 7 vocht 20%	
Arthrobacter		vaak synergisme -- onbe-	94%		Gunner & Zuckerman 1968
Streptomyces		kende metabolieten			
micro-organismen		pyrimidinerings -- o.a. tetraethylpyrophosfaat			Trela et al. 1968
Pseudomonas		diethylphosphorothioaat		in oplossing	Rosenberg & Alex- ander, 1979
Flavobacterium	uit paddy- water	2-isopropyl-4-methyl-6- hydroxypyrimidine CO ₂	66% 30%		Sethunathan & Yoshida, 1973 ring alleen afgebroken on- der aerobe om- standigheden
-		2-isopropyl-4-methyl-6- hydroxypyrimidine			anaeroob accu- Forrest et al. mulatie 1981 aeroob niet
enzymconcentratie			na 24 uur:		Sudhakar Barik &
1-50 ug/10 ml			99%	sandy loam 37 °C	emul. 2500 ppm Munnecke, 1982
			99%	pH 9,0 100%	" 5000 ppm
			98%	verzadigd	" 10000 ppm
			98%		tech. 2500 ppm
			98%		5000 ppm
			96%		10000 ppm
Streptomyces		afbraak diazinon geen afbraak		met glucose zonder gluc.	Sethunathan & MacRae, 1969
-		accumulatie pyrimidinol			na uitroken CTB, verz. geg.
fotolyse		gehydroxyleerde isopropyl derivaat			UV-straling Dardue et al, 1970
hydrolyse					meer niet- Gunner, 1967 enzymatische afbraak bij lagere pH (< 6,6)



1	=	203
2	=	126
3	=	77
4	=	46
5	=	33
6	=	230
7	=	204
8	=	201

Azinphos-methyl

Structuurformule:



Chemische naam: 0,0-dimethyl S-(3,4-dihydro-4-oxo-benzo[d]-(1,2,3) triazin-3-ylmethyl) phosphorodithioaat.

Afbraak

Totale mineralisatie. Volledige afbraak van azinphosmethyl is aangetoond.

Omzettingsduur.

De halfwaardetijd bij concentraties 1-35 kg per hectare varieert van 12-100 dagen. Yaron et al. (1974) toonden in een experiment aan dat droge en koele omstandigheden (6°C) de halfwaardetijd tot 500 dagen kunnen verlengen. Onder normale omstandigheden is de t_{95} waarde 1 jaar. Engelhardt et al. (1984) vonden dat 20% van het toegediende azinphos-methyl ontweek als CO_2 .

Bij zeer hoge concentraties, die kunnen voorkomen bij het lekken van spuitapparatuur (15.000-50.000 kg/ha), wordt na 8 jaar nog een concentratie gevonden van 500 kg/ha.

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

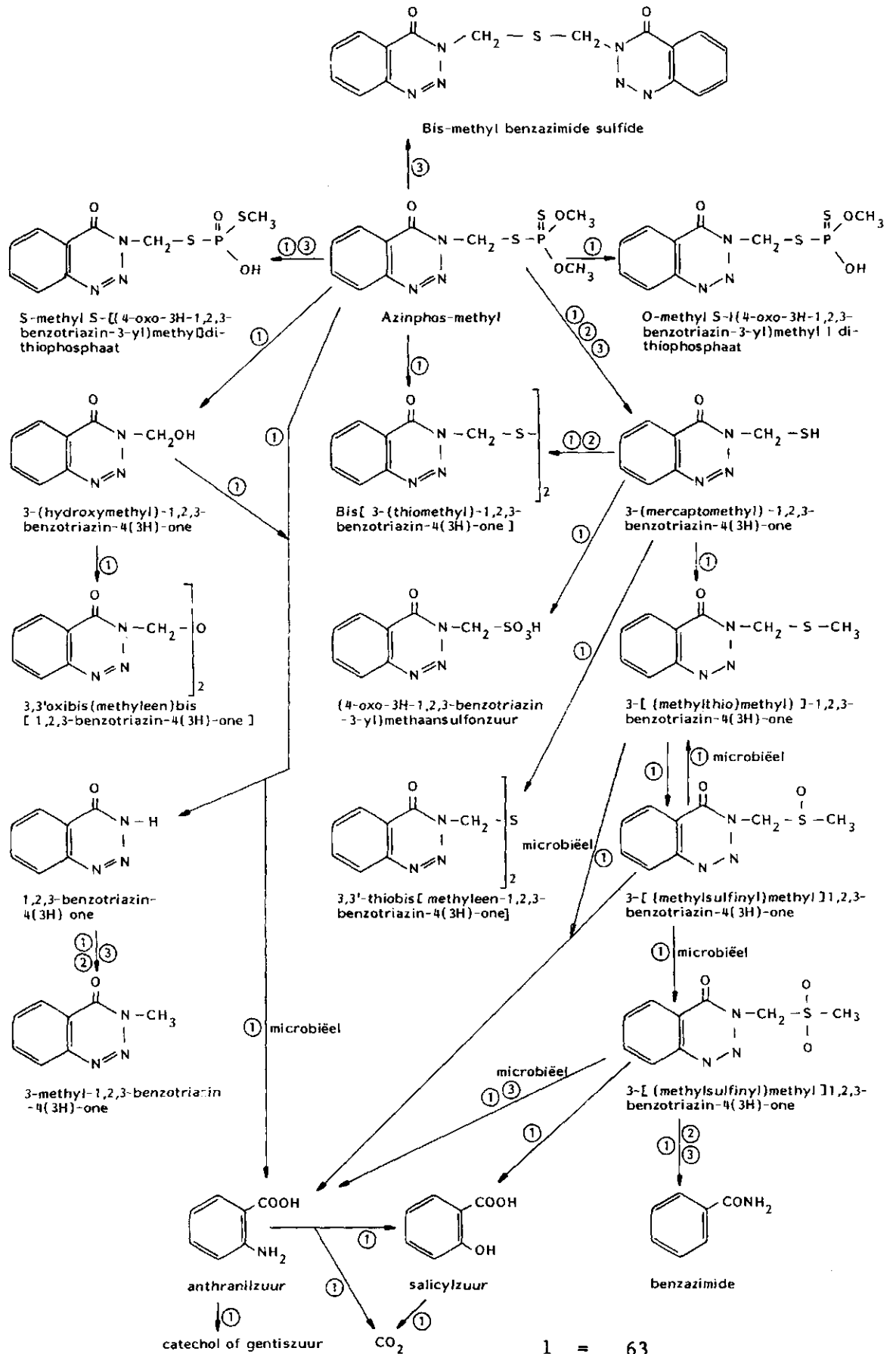
Microbiële afbraak is belangrijk. Dit blijkt uit een proef waarbij de grond gesteriliseerd is en afbraakduur duidelijk langer is dan in niet-steriele grond (46).

* Fysisch-chemisch

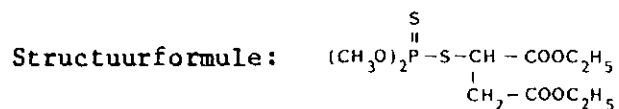
Het gaat hierbij waarschijnlijk om een combinatie van fotolyse en adsorptie. In hoeverre deze in de praktijk van belang zijn is onduidelijk. Een hogere pH versnelt de fysisch-chemische afbraak.

veld/ grondsoort													
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur		Referentie	
veld	silt loam						5 lb/a			na 1 jr 100% weg		Lichtenstein et al. 1964	
veld	sandy loam	1-	6,6-				25.570-			na 8 jr nog 700 ppm			
		3,4	7,8				70.944 ppm			(na 4 jr nog zeer toxisch)		Staiff et al. 1975	
lab	silty loamy	<1	8,4	6	3 +		50 ppm			t ₅₀ steriel iets langer dan		Yaron et al. 1974	
	Loessial sierozem			25 +	50%					niet steriel			
	steriel en niet steriel			40 °C				t ₅₀ :		3	50%		
								6 °C		484	88		
								25 °C		135	29		
								40 °C		36	6 dg		
lab	Carrington silt			30 °C			15 ppm tech.			6 dg		Schulz et al. 1970	
	loam						" emul.			22 dg			
veld	loam			5-15 °C			5 lb/a gr.	28 dg		na 5 md nog 13%			
							5 lb/a em.	12 dg		na 5 md nog 8%			
										na 3-4 jr 100% weg			
veld	muck-sand							1 md				Anderson et al. 1974	
	clay-soil Louisiana							3 md					
	clay-soil Kansas							2-3 md					
lab	sandy loam soil	1,4	7,9	22 °C	63%	A	2 ppm	44 dg		na 1 jr nog 2%		CTB, verz. gegevens	
	steriel					A+	"	68 dg					
						An	"	255 dg					
lab		2,6	6,1	22 °C	40		11,9 ppm			230 dg	18% weg als CO ₂	Engelhardt et al. 1984	
		0,8	6,0	22 °C	11,2		4,5 ppm				na 552 dg 9% als CO ₂		
							0,6 ppm				na 365 dg 10% als CO ₂		

Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden			
Chemisch organisme	Herkomst Org. Metabolieten	% omz	Medium	Overige	Referentie
fotolyse		35%	grond	De bodem en org. stof ge- halte vermin- deren effect fotolyse	Liang & Lichten- stein, 1976
vervluch- ting		< 5%			
fotolyse en ver- vluchting		weinig		wel iets meer uit bovenste grondlaag maar toch weinig	Staiff et al. 1975
uitspoeling		weinig		geringe mobili- teit	
vervluch- ting en uitspoeling		weinig			Schulz et al. 1970
fotolyse	zuurstof analogen bismethylbenzazimidesufide mercaptomethylbenzazimide anthranilamide	3,4% 1,3% 8,0%	grond	200 w kwiklamp CTB, verz. geg.	
fotolyse	hydroxymethylbenzazimide N-methylbenzazimide benzazimide vluchtige metabolieten	4,1% 1,2% 0%	grond	200 w kwiklamp CTB, verz. geg.	
Pseudomonas fluorescens	benzazimide sulfide en disulfide van benzazimide anthranilzuur 3-[methylsulfinyl)methyl]- benzazimide 3-[methylsulfonyl)methyl]- benzazimide		grond		Engelhardt et al. 1984



Malathion



Chemische naam: diethyl (dimethoxyphosphinothioyl) thiobutanedioaat.

Afbraak

Totale mineralisatie. Het is onbekend of totale mineralisatie van malathion plaatsvindt.

Omzettingsduur.

Zowel in veld als in laboratorium varieert de halfwaardetijd bij concentraties 5-30 kg/ha van 1-4 dagen. Na 1-2 weken is 90 tot 100% van de stof verdwenen. Bij hogere temperatuur (India) is de omzettingssnelheid onder anaerobe omstandigheden groter.

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

De afbraak van malation is voornamelijk microbiologisch van aard te zijn. De belangrijkste metaboliëten zijn thiophosfaat en monomethylphosfaat.

* Fysisch-chemisch

Helling et al. (1971) vermelden dat de eerste hydrolyse-stap waarschijnlijk niet door een enzymatische reactie verloopt, maar door een fysisch-chemische. De chemische hydrolyse verloopt het beste onder alkalische omstandigheden.

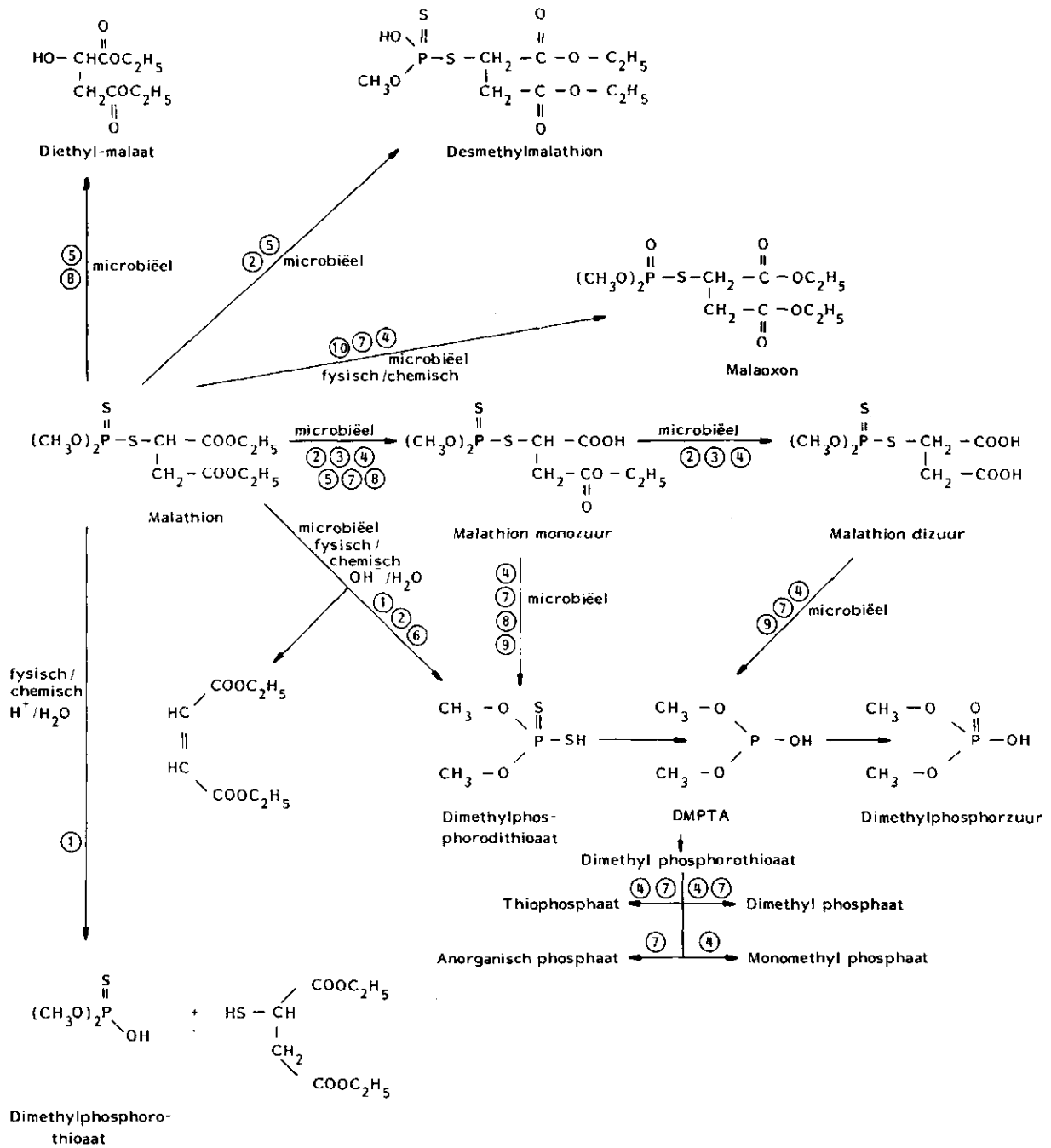
veld/ grondsoort

lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
										na 1 wk 75% weg	Kearney & Kaufman, 1969
	clay						1-25 lb/a			na 2 dg 100% weg	Laygo, 1963
	clay en silty clay loam							24 uur			Konrad, 1967
	loamy sand									na 24 uur 90% weg	
	loamy en clay									na 10 dg 100% weg	Walker, 1970
veld	Carrington silt loam	6,5					2 jr 5 lb/a			na 3 dg 85% weg na 4 dg 95% weg na 7-10 dg 99,9% weg	Lichtenstein & Schulz, 1964
	Kamma soil	3,9 7,2 12,1								na 24 uur 80% weg na 24 uur 50% weg na 24 uur 90% weg	Chopra, 1971
lab	Tamil nadu rood:	0,17	6,9	25 ^o C		An	100 ppm	3,9 dg			Rajukkannu et al. 1985
	clay 25,9%			25 ^o C		A	100 ppm	6,3 dg		tot na 70 dg terug te vinden	
	sand 60%, silt 13%	(C)									
lab	Chehalis clay loam	7,2	5,6	25 ^o C			15-25 ppm			na 1 dg 97% weg	Getzin & Rosefield, 1968
	Sultan silt loam	3	5,4	25 ^o C			15-25 ppm			na 1 wk 99% weg	

Fysisch/ Microbiëel

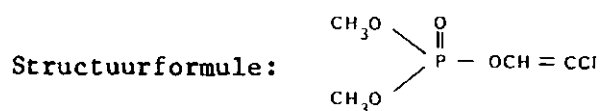
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	Milieuomstandigheden			Referentie
			% omz	Medium	Overige	
	verschillende organismen	het meest carboxylexterase-hydrolyse en ook demethylering				Kaufman, 1970
hydrolyse					beter onder basische omstandigheden	Helling et al. 1971
auto-oxidatie		malaoxon	enkele %	waterige oplossing		Mostafa et al. 1972

Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden				Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	
<i>Chorella pyrenoidosa</i>		malaoxon				Christie, 1969
<i>Arthrobacter</i> sp		dimethyl phosphorodithioaat				Walker & Stojanovic, 1973-1977
"		dimethyl phosphorothioaat				
"		malathion dicarbonzuur				
"		malathion monocarbonzuur				
"		malathion monocarbonzuur				
<i>Pseudomonas</i> sp		malathion monocarbonzuur				Tiedje & Alexander, 1967
<i>Pseudomonas</i> sp	tope soil	malathion nog 2%		grondextract	30 °C	Matsumara & Boush, 1966
		diethyl malaat	3,1	"	"	
		carboxyl esterase prod.	80,6	"	"	
		desmethyl malathion	11,3	"	"	
		andere producten	3,2	"	"	
<i>Trichoderma viride</i>	snijder soil	malathion nog 16,5%		grondextract	30 °C	
		diethyl malaat	11,4	"	"	
		carboxyl esterase prod.	43,3	"	"	
		desmethyl malathion	27,6	"	"	
		andere producten	1,4	"	"	
<i>Trichoderma viride</i>	uit culture	malathion nog 18,6 + 11,9%		pure agar	30 °C	
		diethyl malaat	3,0 + 2,0	"	"	
		carboxyl esterase prod.	27,3 + 11,9	"	"	
		desmethyl malathion	37,9 + 8,9	"	"	
		andere producten	13,0	"	"	
<i>Rhizobium trifolii</i> & <i>R. leguminosarum</i>		malathion monocarbonzuur	26,4	allison medium	30 °C 5 mg/50 ml mal. na 1 wk	Mostafa et al. 1972
		malathion dicarbonzuur	17,2	"	"	
		dimethylphosphorodithioaat	6,4	"	"	
		dimethylphosphorodithioaat	10,6	"	"	
		dimethylphosphaat	7,0	"	"	
		anorganisch fosphaat	32,2	"	"	
<i>Penicillium notatum</i>		thiophosphaat		dox medium	25 °C 3 mg/100 ml na 10 dg	
			53	"	"	
		monomethylphosphaat		"	"	
		malathion dicarbonzuur	7	"	"	
		malathion monocarbonzuur	15	"	"	
		dimethylphosphaat	10	"	"	
		dimethylphosphorothioaat	9	"	"	
		dimethylphosphorothioaat	6	"	"	
<i>Aspergillus niger</i>		thiophosphaat		dox medium	25 °C 3 mg/100 ml na 10 dg	
			40	"	"	
		monomethylphosphaat		"	"	
		malathion dicarbonzuur	12	"	"	
		malathion monocarbonzuur	22	"	"	
		dimethylphosphaat	8	"	"	
		dimethylphosphorothioaat	8	"	"	
		dimethylphosphorothioaat	10	"	"	
een micro-organisme			90	clay		
"			75	loam		Walker & Stojanovic, 1973



- 1 =
2 = 119
3 = 228
4 = 174
5 = 155
6 =
7 = 174
8 = 134
9 = 239
10 = 43

Dichloorvos



Chemische naam: 2,2-dichloro ethenyl dimethyl fosphaat.

Afbraak

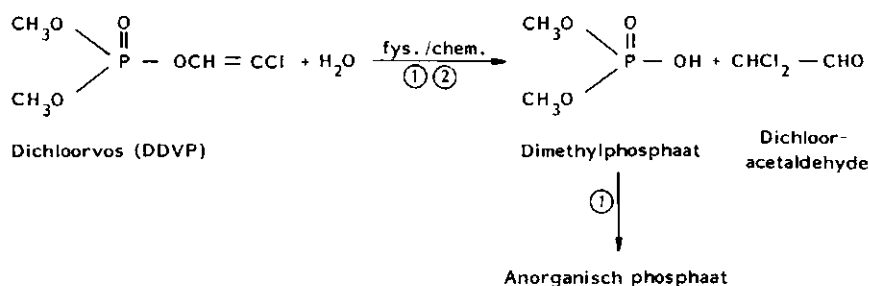
Totale mineralisatie. Totale mineralisatie is niet aangetoond. Over de gevormde metaboliëten is weinig bekend.

Omzettingsduur.

Over de afbraak van dichloorvos zijn weinig gegevens bekend. Bij een concentratie van 10 kg/ha in een laboratoriumproef kan het grootste gedeelte van de stof binnen enkele dagen uit de grond verdwenen zijn. De belangrijkste metaboliëten zijn dimethylfosphaat en dichlooracetaldehyde.

Wijze van afbraak/omzetting

De afbraak is een combinatie van microbiële en fysisch-chemische processen. Hydrolyseprocessen verlopen beter bij een hogere pH. Nowak et al (1972) toonde, aan dat een hoger organisch stofgehalte een positief effect heeft op de afbraak.



1 =

2 = 133

veld/ grondsoort											
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	Chehalis clay loam geautoclaveerd bestraald	7,2	5,6	25 °C	34		15-25 ppm			na 1 dg nog 1% na 1 dg nog 83% na 1 dg nog 12%	Getzin, 1968
lab		0		15 °C			31 ul			15 °C: na 7 dg 38-60% aanwezig	Nowak, 1972
		1,05		af			per				
		1,68		40 °C			50 gr			40 °C: na 3 dg hetzelfde als bij 15 °C	
lab	Houston black clay geautoclaveerd	3,26	7,7							na 10 dg: 71% weg na 10 dg: 50% weg	Lamoureaux & Newland, 1978

Fysisch/ Microbiëel		Milieuomstandigheden					Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metaboliëten	% omz	Medium	Overige		
	Pseudomonas melophthera	83,3% wateroplosbare meta- bolieten 8,5% solvent oplosbaar	91,6%		30 °C na 24 uur		Boush & Matsumara, 1967
	Trichoderma viride	94,5% wateroplosbaar 0,5% insecticide	99,5%				Matsumara & Boush, 1968
	Escherichia protamino- bacter & Pseudomonas	enige teruggang in activi- teit					Hirakoso, 1969
	Pseudomonas incognita	totaal geïnactiveerd					
	Bacillus subtilus		100%				Yasuno, 1965
vn1. hy-			70%		na 10 dg		Lamoureaux & New-
drolyse	Microbiologisch vn1.		30%		na 10 dg		land, 1978
	Bacillus cereus						
hydrolyse		dimethylphosphaat dichloroacetaldehyde			in alkalisch milieu beter		Shell chemical company, 1969
hydrolyse					in zuur mil- ieu langzamer		Melnikov, 1971
hydrolyse			omgezet in waterig 26 °C na 96 uur: milieu	pH:			Lamoureaux & New- land, 1981
			0%		3,3		
			51%		7,8		
			100%		9,3		
hydrolyse	Dimethylphosphaat				bij hogere pH		Bodemverontreinig- beter
	Anorganisch fosphaat						ing dichloorvos, 1981
adsorptie		matig door redelijke oplosbaarheid					

Dimethoaat

Structuurformule:

Chemische naam: 0,0-dimethyl S-[2-(methylamino)-2-oxoethyl]phosphorodithioaat.

Afbraak

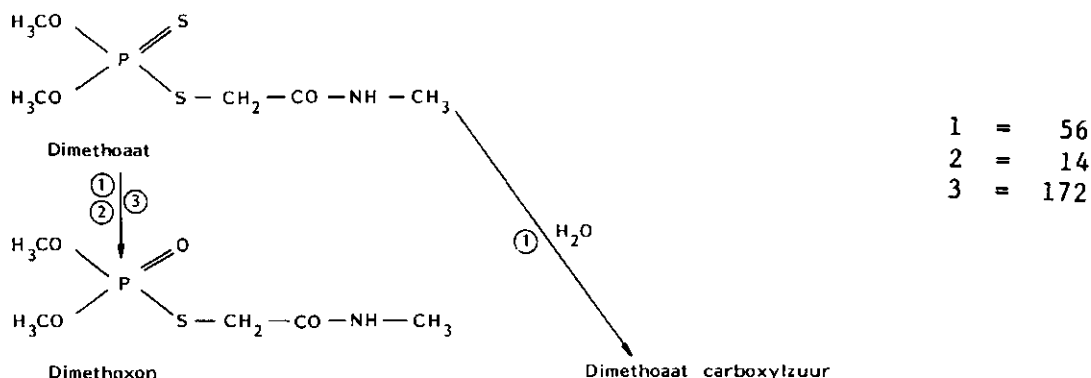
Totale mineralisatie. Het is nog onbekend of totale mineralisatie van dimethoaat optreedt.

Omzettingsduur.

De halfwaardetijd (0,5-10 kg/ha) varieert van 4-37 dagen, zowel in het laboratorium als in het veld. Na 40-50 dagen is het grootste gedeelte van de stof verdwenen. De gevonden metabolieten zijn dimethoxon en dimethoaat-carboxylzuur. Over het lot van deze stoffen is weinig bekend. In experimenteel onderzoek heeft verhoging van de pH een gunstig effect. Verhoging van de concentratie van 1 tot 10 kg/ha heeft een vertragend effect op de afbraak (172).

Wijze van afbraak/omzetting

De afbraak van dimethoaat is voor een belangrijk gedeelte microbiologisch: de afbraak in steriele gronden is duidelijk langzamer dan in niet steriele (172). Mogelijk speelt fysisch-chemische hydrolyse ook een rol.



veld/ grondsoort	lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
veld	sandy loam				12- 30 °C	dr rgn		1 lb/a 1 lb/a	4 dg 2,5 dg			Bohn, 1964
lab	Chehalis clay loam		7,2	5,6	25 °C	34%		15-25 ppm			na 3 wk nog 23%	Getzin & Rosefield, 1968
lab	loam soil		2,3	5,7	20 °C	75%		10 kg/ha 2 kg/ha	36,7 dg 11 dg			Bro-Rasmussen et al, 1970
veld	silty loam		0,5	6				56 ppb			binnen 40 dg ¹⁴ C dimethoaat	Duff & Menzer, 1973
	loamy sand		tot	6				en			gedaald tot 1%	
	clay loam		2,1	6				169 ppb	¹⁴ C			
lab	Canfield silt loam		5,8					100 ppm			na 30 dg nog 25 ppm na 30 dg 5 ppm oxygeen analoog	Bache & Lisk, 1966
lab	Poncarate (1)											
	sand loam clay		%N					30-35 ppm				
	46,4% 21,4% 32,2%		2,7	5,4	25 °C							
	- steriel							31,7 ppm			na 36 dg nog 27,8 ppm = 84%	Montedison, 1972
	- niet steriel							33,8 ppm			na 36 dg nog 17 ppm = 49%	
	Poncarate 2)				25 °C							
	sand loam clay		%N									
	47,0% 23,6% 29,4%		3,0	5,7		9,5%	35,1 ppm				na 31 dg nog 14%	
						19,5	" ppm				" " " " 1,6%	
						29,5	" ppm				" " " " 1,9%	
	- steriel					19,8	" ppm				" " " " 70%	
	- steriel					20,0	32,3 ppm				" 48 " " 2,38 ppm = 73%	
											" 28 " " 82%	
	- niet steriel						32,0 ppm				" " " " 1,8%	
											de oxon analoog wordt slechts	
											in sporen gevonden	
	- niet steriel		5,6				34,0 ppm				na 30 dg 0,21 ppm = 0,6%	
	- steriel		6,0				32,4 ppm				na 60 dg 17,9 ppm = 54%	
	- niet steriel		7,9				32,4 ppm				na 30 dg 0,27 ppm = 0,8%	
	- steriel		7,8				31,6 ppm				na 60 dg 17,5 ppm = 21%	
					5,7 25 °C	20%	9,5 ppm				dg 5: 0,86 ppm = 8,9%	
							32,6 ppm				10,5 ppm = 32,2%	
							66,2 ppm				30,4 ppm = 45,9%	
							131,5 ppm				80,2 ppm = 60,9%	
							128,0 ppm				dg 15 30 45 62	
											ppm 98,7 66,3 40,7 14,8	
											% 7,7 52 32 12	
uit Valle Iomellina												
	sand loam clay		%N								nog:	
	54% 22% 23,4%		2,4	5,6	25 °C	20%	33,0 ppm				dg 15: 21,8 ppm = 66% 0,27 mg oxon ana-loog	
											25: 18,0 ppm = 55%	
											34: 1,2 ppm D= 3,5% 0 mg oxon a.	
uit Vercelli												
	sand loam clay		%N									
	49,2% 25,2% 25,6%		2,9	5,4	25 °C	20%	32,6 ppm				dg 15: 16,2 = 50% geen oxon a.	

veld/ grondsoort

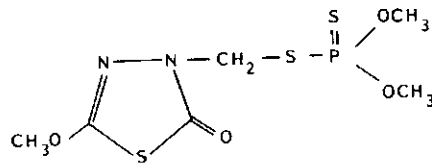
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
uit Novara											Montedison, 1972
	sand loam clay	%N									
	53,4% 28,6% 18%	3,7	6,0	25 °C	20%		33,2 ppm			dg 15: 18,1 = 54% geen oxon a.	
uit Fabbriaco											
	sand loam clay	%N									
	42% 22,6% 35,4%	2,7	7,6	25 °C	20%		32,7 ppm			dg 15: 7,2 = 22% geen oxon a.	

Fysisch/ Microbiëel

Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	Milieuomstandigheden			Referentie
			% omz	Medium	Overige	
uitspoeling		er treedt iets uitspoeling op				Duff & Menzer, 1973
					De diffusie-coëfficiënt neemt niet toe bij hogere conc. maar wel bij hogere vochtigheid.	
		dimethoxon & dimethoaat-carboxylzuur			Omzetting tot dimethoxon sneller en meer in vochtige gronden	
uitspoeling			na 1 md + 2% 10-15 cm grond	25 °C	4,7 mm regen iedere 3-4 dg	Montedison, 1972

Methidathion

Structuurformule:



Chemische naam:

S[5-methoxy-2-oxo-1,3,4-thiadiazol-3-(2H)-yl)methyl]0,0-dimethyl phosphorodithioaat.

Afbraak

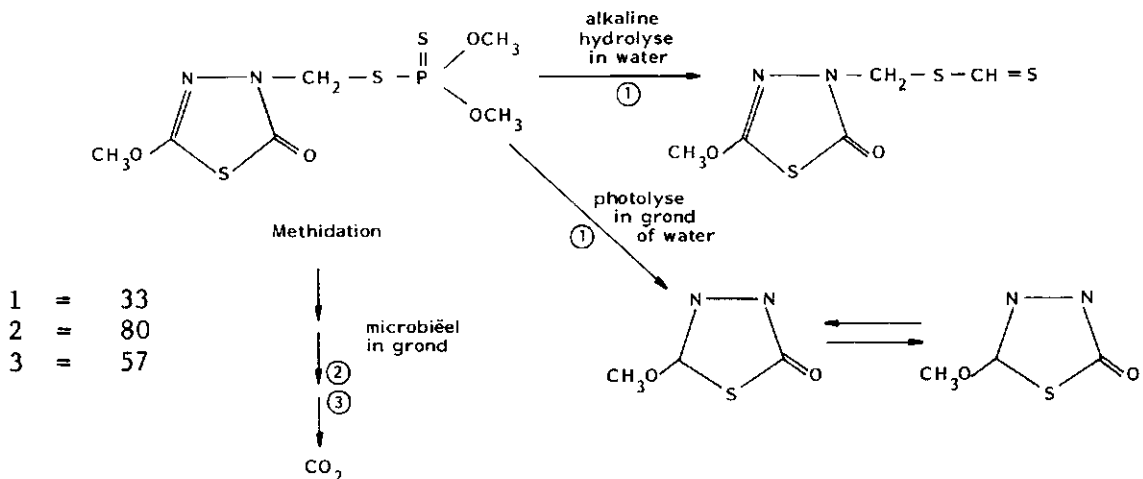
Totale mineralisatie. Totale mineralisatie van methidathion is aangetoond.

Omzettingsduur.

In een laboratoriumproef is de t₉₀ 16 weken (3 kg/ha). Tot 60% van de beginconcentratie verdwijnt als CO₂ (80). Werd methidathion toegediend in een hogere concentratie (1000 kg/ha) dan is 97% van de stof verdwenen na 3 weken. In een veldproef 6 kg/ha, is methidation verdwenen na 21 dagen (58).

Wijze van afbraak/omzetting

De afbraak is voornamelijk microbiëel van aard (80). Onder laboratoriumomstandigheden kan ongeveer 6% van de stof verdwijnen door hydrolyse en fotochemische reacties.

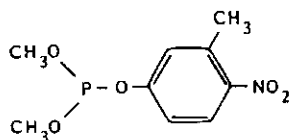


veld/ grondsoort													
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur		Referentie	
lab	Chehalis clay loam						4 mg ¹⁴ C			na 1 wk nog 29%		Getzin, 1970	
	organic soil						"			na 1 wk nog 61%			
	Sultan silt						"			voor alle gronden geldt na 16 wk <10%			
	Puyallup sandy loam						"			na 8 dg 42-62% als CO ₂			
	loamy soil									na 8 dg 27,9% als CO ₂			
	steriel									na 26 dg 2% als CO ₂			
lab	loamy soil			20 °C			14,6 ppm			na 21 dg nog 3%		DuPuis et al. 1971	
	humus rich soil			"			"			langzamer			
veld							0,6 g/m ²			alles weg na 21 dg		Eberle & Hoermann, 1971	

Fysisch/ Microbiel			Milieuomstandigheden					
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige		Referentie	
?		CO ₂	42-62%		onbegast		Getzin, 1970	
?		CO ₂	2%		begast			
?			50%	loam	niet steriel		CTB, verz. geg.	
?			17-19%	loam	steriel			
hydrolyse/ fotolyse		5-methoxy-3H-1,3,4-thiadiazol-2-one	6%	grond	45 °C UV-licht		Burkhard & Guth, 1979	
uitspoeling		vrijwel alleen methidation		sandy loam	5,6% org-stof		CTB, verz. geg.	
		in bovenste 4 cm		larly loam	3,6% "			
		op 16 cm	1,3%	sand	2,2% "			
					200 mm regen in 48 uur			

Fenitrothion

Structuurformule:



Chemische naam: 0,0-dimethyl 0-(3-methyl-4-nitrophenyl) phosphorothiaat.

Afbraak

Totale mineralisatie. Totale mineralisatie van fenitrothion is aangetoond (46).

Omzettingsduur.

De t_{50} in een laboratoriumproef (7 kg/ha) varieert van 10-30 dagen. Na 60 dagen is de stof grotendeels verdwenen ($\pm$ 95%). De hoofdmetsabooliet onder aerobe omstandigheden is 3-methyl-4-nitrophenol. Vervolgens ontstaat CO_2 (tot 10%). Onder anaerobe omstandigheden gaat de omzetting van fenitrothion sneller, echter de verdere omzetting van aminofenitrothion is niet aangetoond.

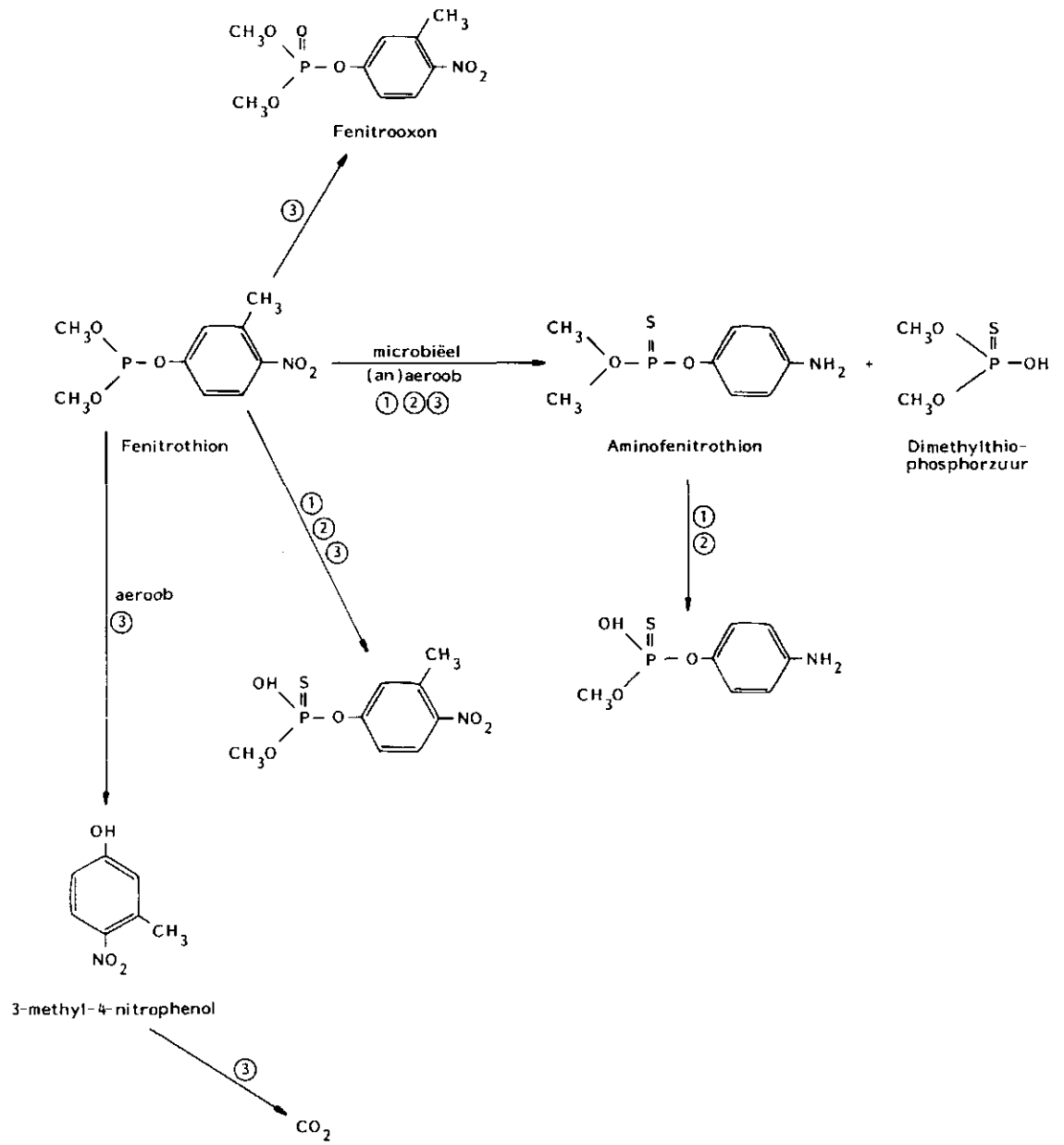
Wijze van afbraak/omzetting

De afbraak van fenitrothion verloopt waarschijnlijk gedeeltelijk microbieel. Het toevoegen van rijststro geeft onder niet steriele omstandigheden een duidelijke versnelling van de afbraak.

In zeer zandige gronden, voornamelijk in het najaar, kan wat uitspoeling optreden. Onder laboratoriumomstandigheden vond men een uitspoeling van 22% in zandige grond.

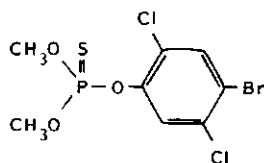
veld/ grondsoort	lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
gespoten over bos								4 oz/a	50 dg		na 336 dg alles weg	Yule, 1972
alluviale grond			1,61	6,2	28 °C			500 ppm			dg 0: 487 ppm 12 68 " aminofenitrothion: 12 spoortje 3-methyl-4-nitro-: 0 0 fenol 0,5 23 ppm 3 44 " 6 0 "	Adhya et al. 1981
- rijstestro							A	575 ppm			na 30 min. nog:	64,2%
- rijstestro geautoclav.							A					60,4%
+ rijstestro							An					19,3%
+ rijstestro geautoclav.							An					58,3%
4 grondsoorten			25 °C			60% A	10 ppm	12-28 dg			hoofdm metaboliet 3-methyl-4-nitrofenol na 14 dg: 10,1-19,9% na 60 dg 2,4-4,5%	CTB, verz. gegevens
"			"			"	An 10 ppm	4-20 dg			veel aminofenitrothion, na 10 dg in 2 gronden 50-75%	
"			"			"	A 10 ppm				na 60 dg 0,8-11,3% CO ₂	

Fysisch/ Microbiëel			Milieuomstandigheden			Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metaboliëten	% omz	Medium	Overige	
Bacillus subtilis		aminofenitrothion	na 2 dg			Miyamoto et al.
		dimethylthiophosphoric-zuur	65%			1966
		desmethyl fenitrothion				
		weer wat langzamer tot aminofenitrothion	99,2% weg na 72 uur			
		0,0-dimethylphosphorothioaat				Yasuno et al. 1965
uitspoeling		alleen in zeer zandige gronden VML in najaar				CTB, verz. geg.
uitspoeling desmethyl-fenitrothion			22%	6,2% org. stof		
uitspoeling fenitrothion			22%	2,3% org. stof 14,2% klei		
uitspoeling desmethyl-fenitrothion			25%	2,3% org. stof 14,2% klei		
uitspoeling 3-methyl-4-nitrofenol				geen uitspoeling		


$$\begin{array}{rcl} 1 & = & \\ 2 & = & 257 \\ 3 & = & 46 \end{array}$$

Bromofos

Structuurformule:



Chemische naam: 0-(4-bromo-2,5-dichlorophenyl)0,0-dimethyl phosphorothioaat.

Afbraak

Totale mineralisatie. Totale mineralisatie is mogelijk (46).

Omzettingsduur.

De halfwaardetijd in het laboratorium bij een concentratie van 10 kg/ha is ongeveer 90 dagen. Na het toedienen van 2 kg/ha in dezelfde grondsoort in het veld is de helft verdwenen na 41 dagen en 80% na 10 maanden. In het veld en in het laboratorium met waarschijnlijk lagere concentraties blijkt 90% van de beginconcentratie na 16 weken te zijn verdwenen. De belangrijkste metabooliet is 2,5-dichloor-4-broomphenol.

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

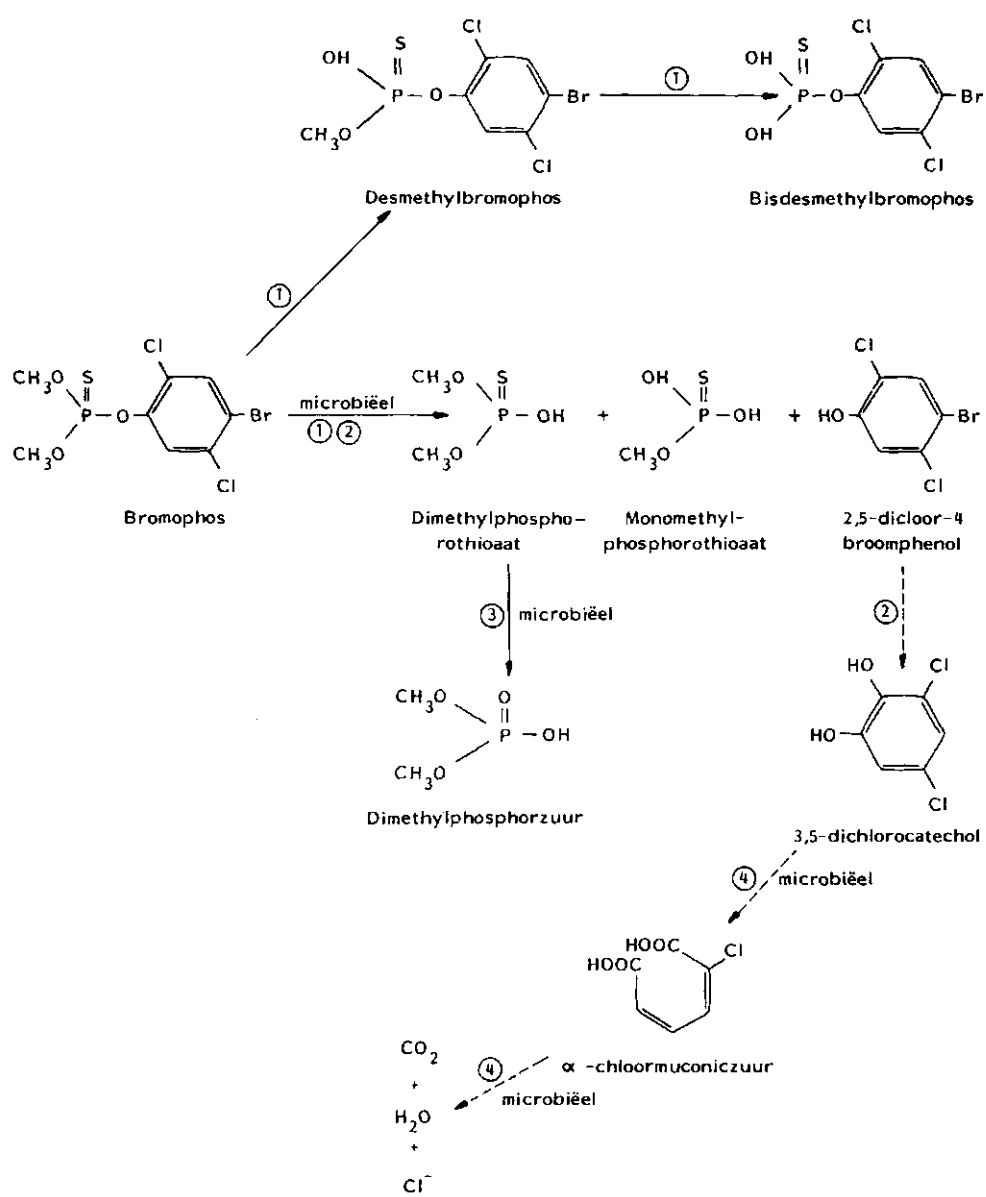
Er is een micro-organisme gevonden dat betrokken is bij de afbraak van bromofos. Gevonden afbraakprodukten zijn DMPTA en MMPTA.

* Fysisch-chemisch

Er kan sprake zijn van fotolyse. Er is aangetoond dat er een sterke adsorptie plaatsvindt aan bodemslootmateriaal.

veld/ grondsoort													
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur		Referentie	
lab	loam soil	2,3	5,7	20%	25%		10 kg/ha	88,5	dg			Bro-Rasmussen, 1970	
veld	loam soil	2,3	5,7				2 kg/ha	41 dg		na 10 md nog 20%		CTB, verz. gegevens	
								2-3 wk		na 7-16 wk 90% weg			
										na 18 wk nog 11-33% als			
										2,5-dichloor-4-broomfenol (DCBP)			
veld								+ 7 dg		nooit meer als 10% DCBP			
veld	4 gronden							1-6 dg		tot 50% DCBP			
								1-3 dg		in meeste gevallen DCBP snel afgebroken			

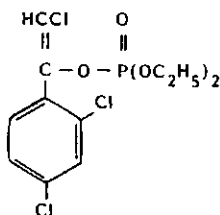
Fysisch/ Microbiëel			Milieuomstandigheden					
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metaboliëten	% omz	Medium	Overige		Referentie	
fotolyse		2,5-dichloorfenol	10% na 6 uur		t ₅₀ 13-14 uur		CTB, verz. geg.	
uitspoeling		geen uitspoeling van bromo-fos en 2,5 dichloor-4-broomfenol (DCBP)						
adsorptie		sterke adsorptie aan bodemsloot materiaal						
	Trichoderma lignorum	dealkylering en hydrolyse					Stenersen, 1969	
	Alternaria	tot DMPTA en MMPTA						



- 1 ≈
2 ≈ 46
3 ≈ 211
4 ≈ 120

Chloorfenvinphos

Structuurformule:



Chemische naam: 2-chloro-1-(2,4 dichlorophenyl) ethenyl diethylphosphaat.

Afbraak

Totale mineralisatie. Totale mineralisatie van chloorfenvinphos is niet aangetoond.

Omzettingsduur.

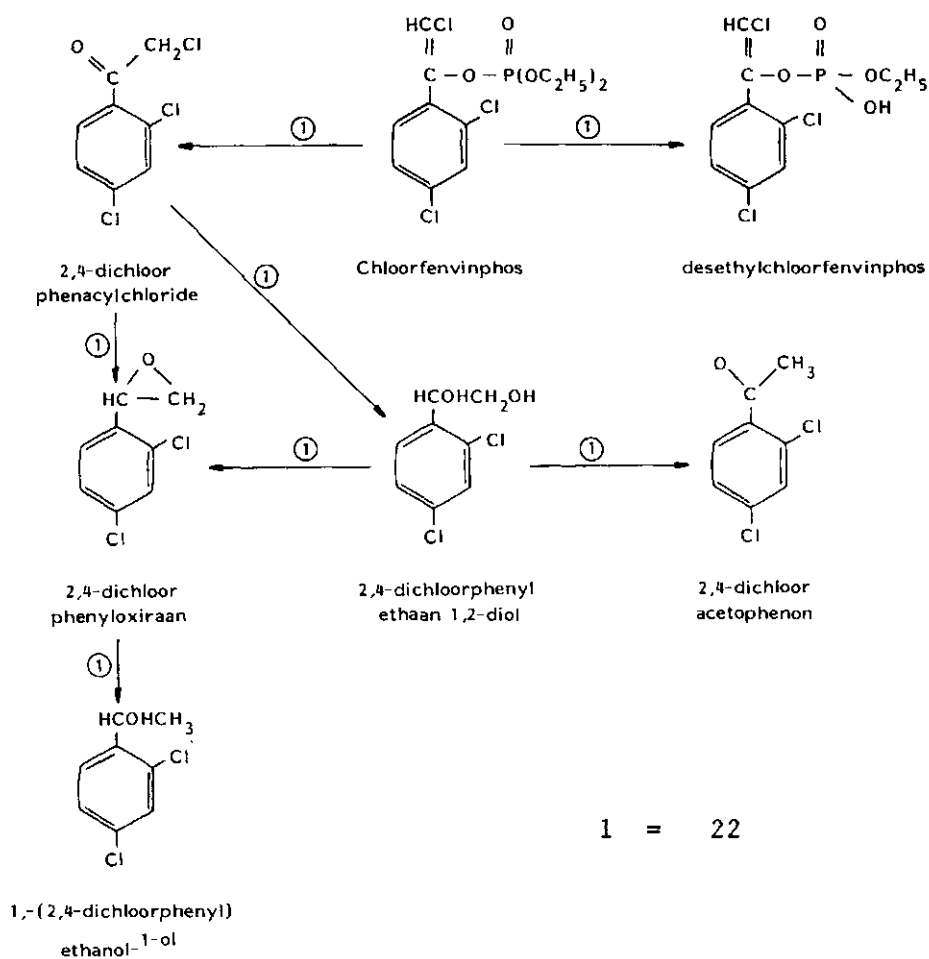
De halfwaardeduur zowel in veld- als laboratoriumproeven, 2-10 kg/ha, varieert van 1-20 weken. Na 7 maanden kan 50-80% verdwenen zijn. In een veldproef in lemige grond (30) werd na 10 maanden nog 33% van de toege-
diende 2 kg teruggevonden. Beneden 5-6^oC treedt geen afbraak meer op (218).

Wijze van afbraak/omzetting

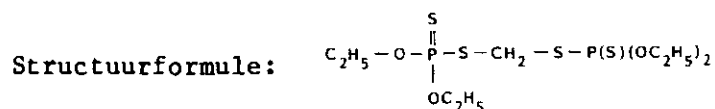
* Microbiologisch

Uit proeven, waarbij grond gesteriliseerd werd, bleek dat microbiologische afbraak van groot belang is voor het verdwijnen van chloorfenvinphos (164).

veld/ grondsoort													
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur		Referentie	
lab	agar met:												
	sandy loam	2,9	8	28 °C	60	An	10 ppm	<1 wk	5 wk			Miles et al. 1979	
	steriel	2,9	8	28 °C	60	An	10 ppm	>24 wk					
	organic soil	48,7	7	28 °C		A	10 ppm	1 wk	9 wk				
	organic soil	48,7	7	28 °C	60	A	10 ppm	1 wk	9 wk				
	steriel	48,7	7	28 °C		A	10 ppm	>24 wk					
veld	Brick earth met rapen	hoog					emul.5,5 ppm			na 16 wk nog 0,8 ppm		Beynon et al. 1966	
							gran.6 ppm			na 16 wk nog 1,5 "			
	sandy loam met wortels						gran.6,5 ppm			na 15 wk 0,63 "			
										na 6 md 0,34 "			
							emul.3,2 ppm			na 15 wk 0,26 "			
										na 6 md 0,31 "			
							gran.10 ppm			na 15 wk 2,0 "			
										na 6 md 0,86 "			
							emul.6,4 ppm			na 15 wk 0,04 "			
										na 6 md 0,01 "			
	loam met kool						gran.16 ppm			na 15 wk nog 7 "			
							gran.4,2 ppm			na 15 wk nog 5 "			
	peat met wortels						gran.15 ppm			na 15 wk nog 13 "			
							emul.9,0 ppm			na 15 wk nog 7,6 "			
							gran.7,1 ppm			na 15 wk nog 4,5 "			
							emul.4,5 ppm			na 15 wk nog 3,1 "			
veld	sandy loam	7,9	22 °C	13,9	15	ppm				na 4 md: 1,0 ppm		Beynon & Wright, 1967	
	loam	8,0	22 °C	15,1	"					4,2 ppm			
	clay	8,0	22 °C	21,1	"					2,0 ppm			
	peat	6,4	22 °C	88,6	"					4,7 ppm			
veld	light sandy loam	1,9	6,7 (6-7 °C)		2	kg/ha	9 wk			na 7 md nog 20-30%		Suett, 1971	
	peaty loam	17,1	7,4		2	kg/ha	18 wk			na 7 md nog 40-50%			
lab	loam soil	2,3	5,7	20 °C	75	10	kg/ha	83,6	dg			Bro-Rasmussen et al. 1970	
veld	loam soil	2,3	5,7	20 °C	75	2	kg /ha	135	dg	na 10 md nog 33%			



Ethion



Chemische naam: 0,0,0',0'-tetraethyl S,S'-methyleen di-(phosphorodithioaat).

Afbraak

Totale mineralisatie. Het is onbekend of volledige mineralisatie optreedt.

Omzettingsduur.

In laboratoriumproeven (7 kg/ha) was de t_{50} 8 weken en de t_{95} 24 weken (167).

In het veld waarbij 2,2 en 4,4 kg/ha toegediend werd, was na 1 jaar nog 20-30% van de beginconcentratie aanwezig.

Wijze van afbraak/omzetting

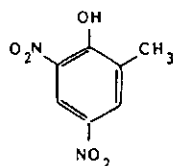
* Microbiologisch

De afbraak is waarschijnlijk grotendeels microbiologisch van aard. Over de metabolieten zijn geen gegevens bekend.

veld/ grondsoort													
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur		Referentie	
lab	agar met:												
	sandy loam	2,9	8	28 ^o C	46	An	10 ppm	7 wk	>24 wk			Miles et al. 1979	
	steriel	2,9	8	28 ^o C		A	10 ppm	>24 wk					
	organic soil	48,7	7	28 ^o C	160	An	10 ppm	8 wk	>24 wk				
	steriel	48,7	7	28 ^o C	60	A	10 ppm	>24 wk					
veld	organic soil (Canada)	48,7					2,2 kg/ha			mei '74	3,5 ppm (= 100%)	Miles et al. 1978	
										aug.	3,1 ppm		
										oct.	2,9 ppm		
										mei '75	1,0 ppm		
										Bij dubbele dosis iets snellere afbraak.			

DNOC

Structuurformule:



Chemische naam: 2-methyl-4,6-dinitrophenol.

Afbraak

Totale mineralisatie. Het is onbekend of volledige mineralisatie optreedt. Waarschijnlijk treedt wel ringopening op en dan ook volledige afbraak.

Omzettingsduur.

In een laboratoriumproef is aangetoond (106) dat een concentratie van ongeveer 10 kg/ha in 3 à 4 weken grotendeels uit de grond verdwijnt. In experimenten is het vrijkomen van nitriet waargenomen. Tewfik & Evans, 1966 vermelden ringopening, waarschijnlijk is er wel sprake van totale mineralisatie. Dit is echter niet aangetoond.

Concentraties van meer dan 35 kg/ha geven een langzamere afbraak te zien (Hurle, 1982). Een voorbehandeling van de grond met dinosebacetaat versnelt de afbraak van DNOC, een voorbehandeling met 2,4-D vertraagt deze juist. DNOC zelf remt de afbraak van simazin en 2,4-D (102; 106).

Wijze van afbraak/omzetting* Microbiologisch

De afbraak is vrijwel geheel microbieel van aard. Bij temperaturen lager dan 11°C treedt vrijwel geen afbraak meer op.

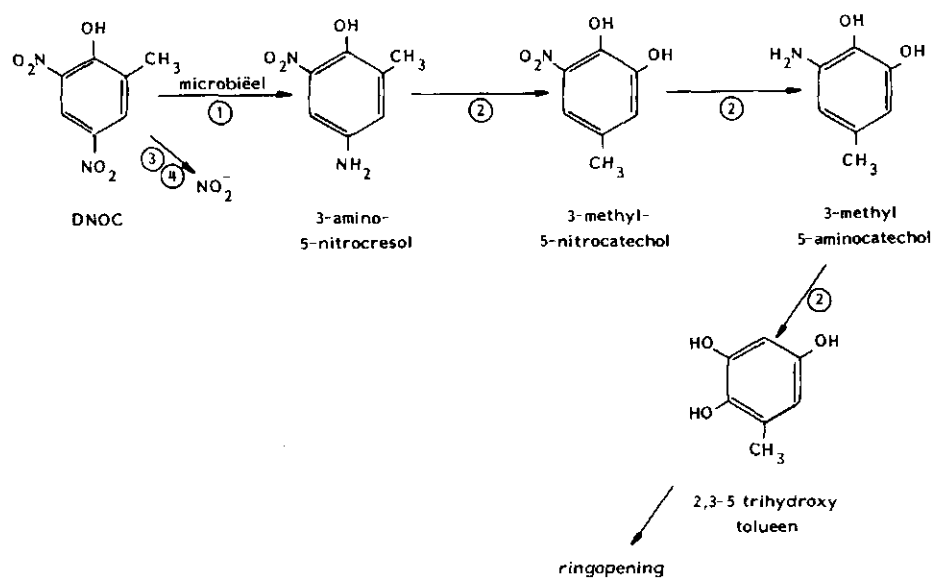
* Fysisch-chemisch

Een hoger organisch stofgehalte en een lagere pH geven meer adsorptie en vertragen daardoor de afbraak.

veld/ grondsoort

lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	zandige leem	6,8	22	C	30%					90% weg na 21 dg	Hurle, 1978
	+ stro 5%	6,8	20	C	15%		3-6 mg/kg			stro vertraagt afbraak	
	zandige leem: zand	6,9	20	C	30-		0-125 ppm			tot 4,8 ppm geen lag-fase.	
	1 : 1				35%					conc. > 58 ppm gaat afbraak langzamer.	
	grond 5 maanden eerder voorbehandeld met dinosebacetaat									snellere afbraak DNOC, vooral verkorting lag-fase	
	grond voorbehandeld met DNOC						12 ppm voorbehandelingsconc.			90% weg na:	
							ppm: 0			19 dg	
							0,005			12 "	
							0,125			8,5 "	
							0,25			7,5 "	
							0,50			6,5 "	
							1,25			4,5 "	
							2,50			3 "	
							5,0			2 "	
	voorbehandeling met 2,4-D						20 ppm			alles weg na	Hurle, 1977
	voorbehandeling conc.						ppm: 10			- 28 dg	
							" 20			31 dg	
							" 50			40 dg	
	Filderlehm, 11 jr behandeld met DNOC met 4 granen in vrucht wisseling						100%= 1,45 ppm (4 kg/ha)			na 28 wk nog < 0,01 ppm	Hurle, 1968

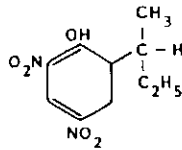
Fysisch/ Microbiëel			Milieuomstandigheden			Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metabolieten	% omz	Medium	Overige	
uitspoeling		meeste DNOC zit in bovenste laag van 10 cm	weinig			Hurle, 1981
adsorptie		bij lagere pH, sterkere adsorptie en ook naarmate meer illiet en montmorilo- niet klei voorkomt				
verdamping		bij hogere pH, weinig mine- rale klei-bestanddelen en hogere temperatuur kan DNOC als vrij zuur uit de grond verdampen				
Pseudomonas						Gundersen & Jensen
Corynebacterium (= Ar- throbacter simplex)		eventueel nitraat				1956
Pseudomonas	tuingrond	3-amino-5-nitrocresol				Hamdi & Tewfik,
Rhizobium spp						1970
Pseudomonas		3-methyl-5-nitrocatechol				
C. simplex		3-methyl-5-aminocatechol 2,3-5-trihydroxy toluen vóór de ring opening				Tewfik & Evans, 1966
Arthrobacter simplex		zowel reductie als oxidatie				Hurle, 1981
Flavobacterium		nitro-groepen en openbreken				
Pseudomonas spp		ringstructuur				
Micromonospora						
Corynebacterium simplex uit grond met 70% N vrij als nitriet						DNOC gebruikt Jensen & Gundersen
Pseudomonas	DNOC behandeld					als C- en N- 1955 en Gundersen bron & Jensen, 1956



- 1 =
 2 = 227
 3 = 205
 4 = 83

Dinoseb

Structuurformule:



Chemische naam: 2-(1-methylpropyl)-4,6-dinitrophenol.

Afbraak

Totale mineralisatie. Over de totale afbraak van dinoseb is niets bekend.

Omzettingsduur.

De halfwaardetijd in laboratoriumproeven (5-100 mg/kg) varieert van 3-168 dagen. In de meeste gevallen is 90% verdwenen binnen 100 dagen. In een enkel geval wordt het nog veel langer aangetroffen (180 dagen). De belangrijkste metaboliet is 6-acetamido-2-(1-methylpropyl)-4,6-dinitrophenol (46).

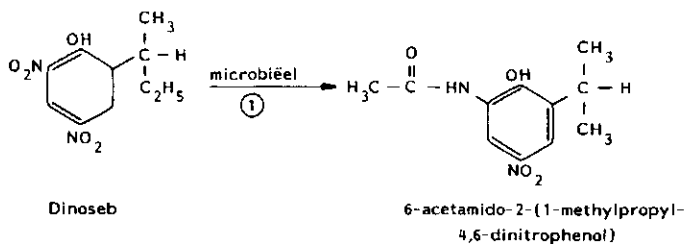
Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

Van enkele micro-organismen is aangetoond dat ze betrokken zijn bij de afbraak van dinoseb.

* Fysisch-chemisch

Adsorptie speelt vooral een rol in wat zuurdere gronden (pH 5,5). In gronden met een iets hogere pH (7,3) bleek van adsorptie geen sprake te zijn.

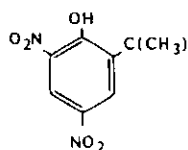


veld/ grondsoort		OM%		pH	T	V	O	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	textuur						2					
lab					22 °C				52-62 dg		90% weg na + 105 dg	CTB, verz. gegevens
lab									7 dg		90% weg na + 20 dg	
?								5 mg/kg	25-115 dg		90% weg na 130 - >182 dg	
?								10 mg/kg	49- >168 dg			
veld											99% weg na 34 dg	
veld											35% weg na 50 dg	
veld									+30 dg		99% weg na + 100 dg	
veld								8 opeen-	75 dg		in juli nog 0,04-1,6 mg/kg	
								volgende				
								jaren				
veld											dg 0: 1,18 mg/kg	
											dg 34: 0,1 mg/kg 0-15 cm	
											dg 24: 0,5 mg/kg 15-30 cm	
											dg 34: <0,1 mg/kg 15-30 cm	
lab	sand	2,6	6,8	22 °C				5,25 mg/kg	9 dg		90% weg na 64 dg	
	sandy loam	1,0	5,2	22 °C				5,76 mg/kg	18 dg		90% weg na 64 dg	
lab	clay soil							100 mg/kg	3,5 dg			
	sandy soil							100 mg/kg	5 dg			

Fysisch/ Microbiëel			Milieuomstandigheden			Referentie
Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metaboliëten	% omz	Medium	Overige	
Corynebacterium simplex (= Arthrobacter)		zeer weinig nitriet				Gundersen & Jensen, 1956
adsorptie		weinig, meer bij humus				Klei & Baart, 1982
inspoelen		in poreuze gronden				
verdamping		soms schade aan gewas			hoog vochtig	
adsorptie		zand k = 21	63-99%		pH = 5,5	CTB, verz. geg.
		klei k = 10	0%		pH = 7,3	
uitspoeling		veen k = 91	gering			
Arthrobacter	landbouwgrond	6-acetamido-2-(1-methylpropyl)-4-nitrophenol geacetyleerd 6-aminophenol derivaat zou ook belangrijke detoxificatie reactie zijn	50%		30 °C zonder extra N	

Dinoterb

Structuurformule:



Chemische naam: 2-(1,1-dimethyl-ethyl)-4,6-dinitrophenol.

Afbraak

Totale mineralisatie. Totale mineralisatie van dinoterb is aangetoond.

Omzettingsduur.

In een laboratoriumproef (23°C) een concentratie van 2 mg/kg is de t_{50}^{O} ongeveer 8 dagen en de t_{90} is 20-30 dagen. Bij lagere temperatuur (15°C) in dezelfde grondsoorten is de t_{50} 15 dagen en de t_{90} 85 dagen.

In proeven is aangetoond dat dinoterb totaal afgebroken kan worden tot CO_2 (23% na 50-60 dagen) (46).

Wijze van afbraak/omzetting

Het is onbekend of de afbraak microbiëel of fysisch-chemisch verloopt.

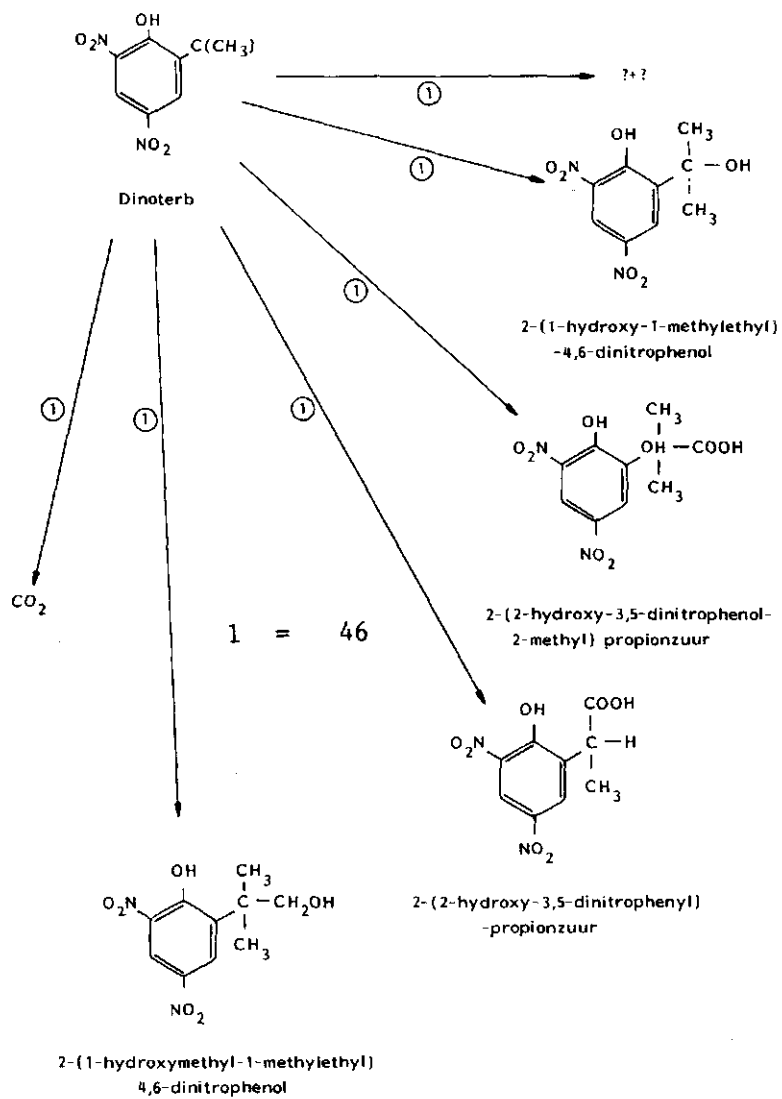
Wel kan er sprake zijn van adsorptie.

veld/ grondsoort

lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	sand			23 °C			2 mg/kg	+ 8 dg		90% weg na + 30 dg	CTB, verz. gegevens
	loam			23 °C			2 mg/kg	+ 7 dg		90% weg na + 20 dg	
	loam en sand			15 °C			2 mg/kg	+15 dg		90% weg na + 85 dg	

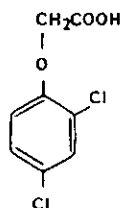
Fysisch/ Microbiëel

Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metaboliëten	% omz	Medium	Overige	Referentie
adsorptie		na 21-28 dg	max + 71%	sand	23 °C	CTB, verz. geg.
		na 63 dg	max + 68%			
		na 21-28 dg	max + 70%	loam	23 °C	
		na 50 dg	max + 68%			
		2-(2-hydroxy-3,5-dinitro-phenyl) propioniczuur	geringe hoeveelh.	sand & loam	23 °C	
		2-(1-hydroxy-1-methylethyl) -4,6-dinitrophenol	"	"		
		2-(1-hydroxy-1-methylethyl) -4,6-dinitrophenol	0,6%	sand	23 °C na 21 dg	
		2-(2-hydroxy-3,5-dinitro-phenol-2-methyl) propioniczuur	8,5%	loam	23 °C na 21 dg	
		onbekend metaboliëten	1,5%	sand	" "	
		A + B	3,4%	loam	" "	
		CO ₂	4,8%	sand	" "	
			1,2%	loam	" "	
			24,3%	sand	na 63 dg	
			22,5%	loam	na 50 dg	
uitspoeling		ondanks hoge oplosbaarheid gering				



2,4-D

Structuurformule:



Chemische naam: (2,4-dichloorphenoxy) acetic acid.

Afbraak

Totale mineralisatie. Totale mineralisatie van 2,4-D is aangetoond.

Omzettingsduur.

De afbraak van 2,4-D geeft weinig problemen. Bij concentraties van 7-700 kg/ha is de halfwaardetijd onder aerobe omstandigheden 2-42 dagen. Dit geldt zowel voor de veld- als de laboratoriumproeven.

Binnen 100 dagen is 90% van de beginconcentratie verdwenen. Onder anaerobe omstandigheden verdwijnt 2,4-D veel langzamer (CTB). De belangrijkste metaboliet is CO₂. 80-95% van de 2,4-D kan volledig worden gemineraliseerd (46).

Wijze van afbraak/omzetting

* Microbiologisch

Er zijn enkele micro-organismen gevonden die 2,4-D kunnen afbreken. De afbraak is voornamelijk microbiologisch.

* Fysisch-chemisch

De fysisch-chemische afbraakprocessen zijn van weinig belang in de praktijk. Er kan fotochemische afbraak plaatsvinden, echter het UV-gehalte in het zonlicht is niet voldoende voor de afbraak.

veld/ grondsoort													
lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie		
lab	leem- en vloedzand	6,9	20	°C	30-		20 ppm			alles weg na 11 dg	Hurle, 1981		
	1 : 1	"	"		35%		60 ppm			" " " 18 dg			
		"	"		"		120 ppm			" " " 37 dg			
lab	Honeoye silt loam		30	°C			10-100 ppm			alles weg na 94 dg	Alexander & Aleem, 1961		
	Mardin silt loam		30	°C			"			" " " 23 dg			
	Dunkirk silt loam		30	°C			"			" " " 26 dg			
lab	Lemberg grond	7,3	25	°C			10; 50 en			na 56 dg nog 8; 30 en 90% over	CTB, verz. gegevens		
	Heverlee grond	5,5	"				500 ppm						
lab	Webster silty		25	°C			50 en 500 ppm			bijna 100% tot CO ₂ na 40 dg			
	clay loam						5000 ppm			lag-fase 1 d 2 wk			
	clay loam		"				20.000 ppm			na 80 dg 12% weg			
	Cecil sandy loam		"				500 ppm			na 80 dg 10% als CO ₂			
	- voorbehandelde grond							9 dg					
	met MCPA												
	- controle							14 dg					
	Belgische landbouw	6,1-		22	°C		10 ppm			na 1 md 80-95% volledig			
	grond (zand/leem)	6,9								omgezet (lag-fase 10-15 dg)			
		3,8-		22	°C		10 ppm			na 1 md 10% omgezet			
		5,6											
	Finse zure grond	8,4 4,7	23-27	°C	A		10 en 1000			na 6 wk meer dan 50% weg			
	sand silt clay						ppm						
	48,7% 28,2% 8,4%				An		10 en 1000			na 24-48 wk meer dan 50% weg			
							ppm						
					A		10 ppm			alles weg na 24 wk			
					An		10 ppm			" " " 72 wk			
					A		1000 ppm			" " " 72 wk			
					An		1000 ppm			na 72 wk nog 5,3%			
lab	Naff silt loam soil						14 (°C) 2,4 D- amine				CTB, verz. gegevens		
							1,6 ppm			tot 80% CO ₂ vormen			
							16 ppm			tot 60% CO ₂ , slechts 1% 2,4-D teruggevonden			
							3 jr 2,2 kg/ha			na 5 md geen 2,4-D meer in 0-5 cm, <2% in 5-10 cm			
veld	silt loam soil	2,6 5,8					5,6 kg/ha			na 70 dg:			
										0-10 cm : 0,04 ppm			
										10-20 cm : 0,02 ppm			
							11,2 kg/ha			na 265 dg:			
										0-10 cm : 0,04 ppm			
										10-20 cm : spoortje			
veld	silt loam soil	2,6 5,8					22,4 kg/ha			na 385 dg:			
										0-10 cm : 0,05 ppm			
										10-20 cm : spoortje			
veld	sand silt clay												
	59% 18% 17%	6,3 4,8					2,25 kg/ha			alles weg na 7 wk			
lab	zandige grond met 60 kg 1,2 6,2-						0,6 ppm			na 55 dg 41% omgezet in CO ₂	Beurmanjer, 1984		
	kalk + 2 kg superfosfaat						1,5 ppm			na 55 dg 46% omgezet in CO ₂			
	+ 1,25 kg k SO ₂ 4						10,6 ppm			na 55 dg 53% omgezet in CO ₂			
							51 ppm			na 56 dg 64% omgezet in CO ₂			

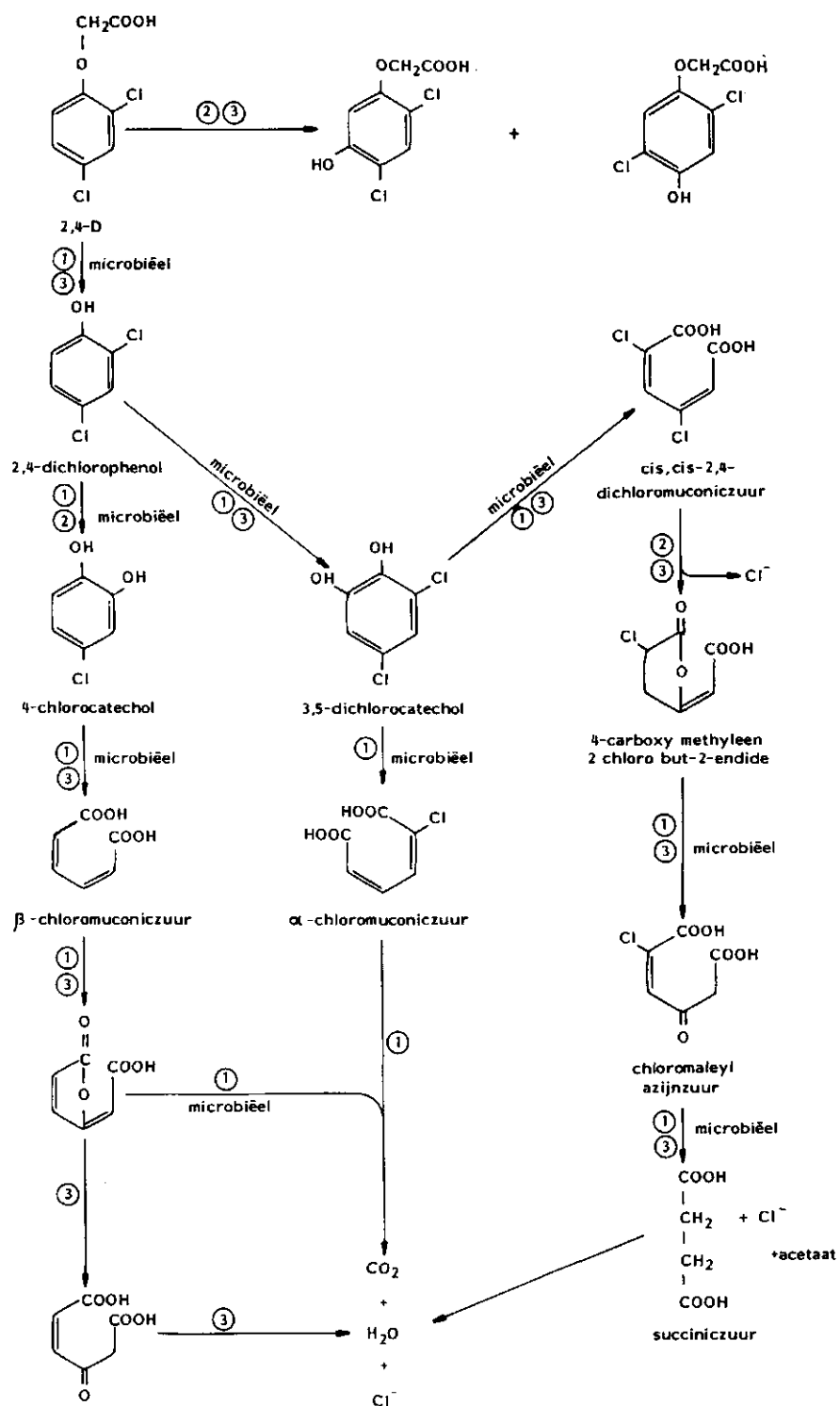
veld/ grondsoort

lab	textuur	OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
										66% omgezet in CO ₂ , 33% opgenomen in celmateriaal	Loos et al, 1980
lab	Regina heavy clay			25 °C	34%					na 14 dg nog 2%	Smith & Haydn, 1981
				20 °C						na 14 dg nog 5%	
				15 °C						na 14 dg nog 9%	
				10 °C						na 28 dg nog 8%	
				5 °C						na 42 dg nog 28%	
				20 °C	40%		2 ppm			na 14 dg nog 4%	
					34%					na 14 dg nog 5%	
					26%					na 21 dg nog 31%	
					20%					na 21 dg nog 77%	
					16%					na 21 dg nog 89%	
veld	Regina heavy clay						vanaf '47 jaarlijks 0,56-1,69 kg/ha vanaf '69 0,42- 1,12 kg/ha.			geen 2,4-D aantoonbaar in bovenste 10 cm (<0,05 ppm)	

Fysisch/ Microbiëel

Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metaboliëten	% omz	Medium	Overige	Referentie
Aspergillus niger		hydroxylatie van 5 positie maar ook van 4				Kearney & Plimmer,
Achromobacter						Alexander & Aleem,
Flavobacterium		klieving ring				1961
Mycoplana						
actief slib		na 65 dg volledige omzetting na acide remt dit				CTB, verz. geg.
Arthrobacter globiformis		totale afbraak				Higgins & Burns, 1975
?		ringopening				Matsumara & Ben-zet, 1981

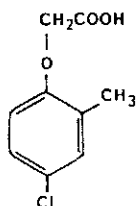
adsorptie		enkele %		afhankelijk vnl. van org. stof gehalte en enigzins van pH	CTB, verz. geg.
adsorptie		weinig		omdat het anion is	Beurmanjer, 1984
fotochemie				pH afhanke-lijk bij pH 9 sneller dan bij pH 7 en 4	CTB, verz. geg.



1 = 120
2 = 79
3 = 20

MCPA

Structuurformule:



Chemische naam: 4-chloro-2-methylphenoxy acetic acid.

Afbraak

Totale mineralisatie. De literatuur vermeldt dat CO_2 kan ontstaan. Uit metingen is dit nog niet gebleken.

Omzettingsduur.

De halfwaardetijd van MCPA onder laboratoriumomstandigheden bij concentraties van 2-1400 kg/ha varieert van 1-50 dagen. De stof is geheel verdwenen in 150-170 dagen. Onder anaerobe omstandigheden verloopt de afbraak trager (46).

De belangrijkste metaboliet is 2-methyl-4-chlorophenol en CO_2 kan ontstaan. In een experiment met een voorbehandeling met 2,4-D blijkt de afbraak van MCPA versneld te worden.

Wijze van afbraak/omzetting

De afbraak verloopt waarschijnlijk grotendeels microbiologisch. Er zijn verschillende micro-organismen bekend die betrokken kunnen zijn bij de afbraak van MCPA. MCPA kan ook omgezet worden met behulp van licht. De praktische waarde hiervan is onbekend.

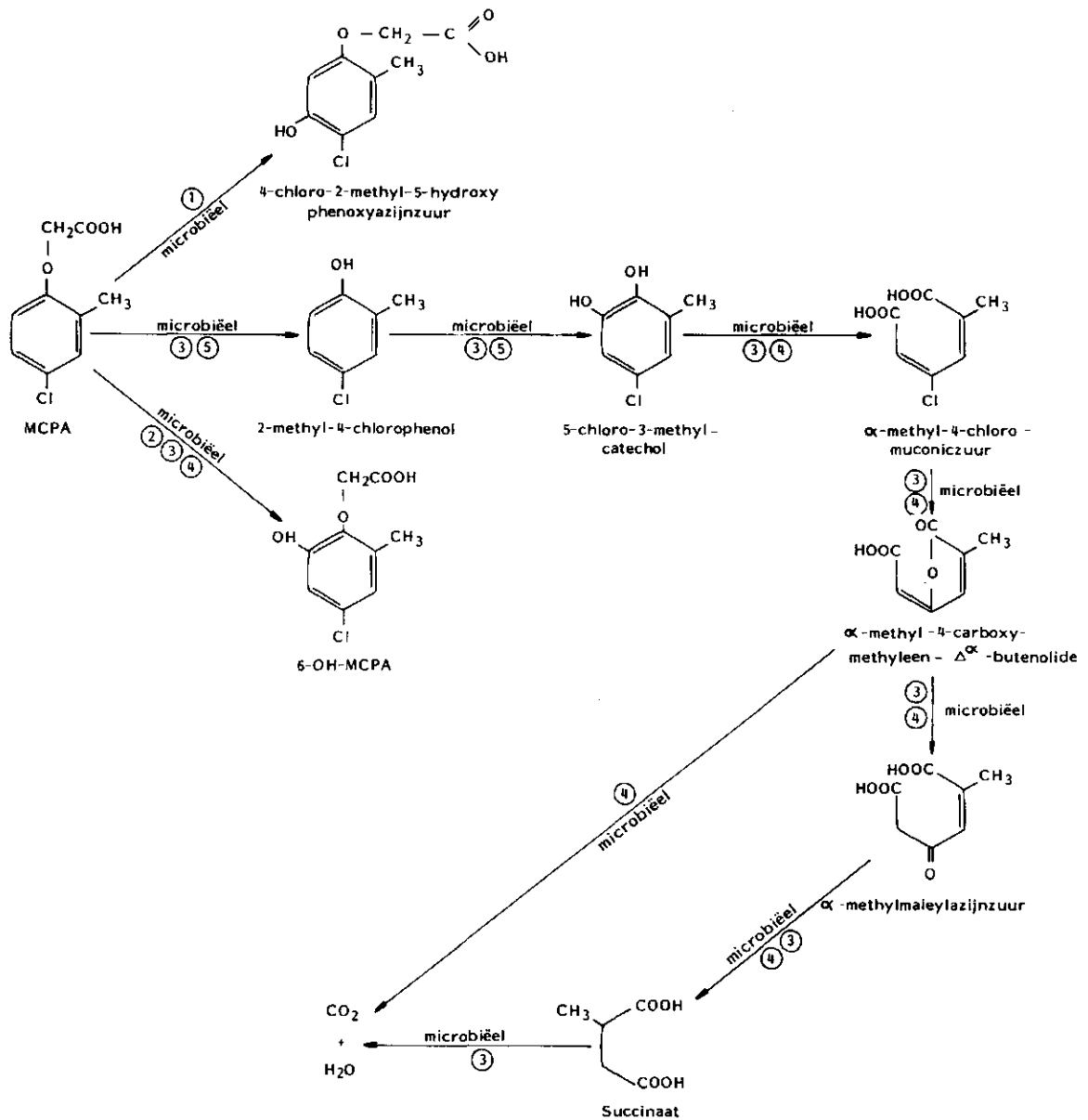
veld/ grondsoort		OM%	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	Asquith										CTB, verz. gegevens
	zand silt lutum	%C									
	75,7% 11,7% 12,6%	1,9	7,2	26 °C			2,5 ppm	32 dg			
	Meota										
	zand silt lutum	%C									
	69,8% 15,3% 15,0%	3,4	7,6	26 °C			2,5 ppm	41 dg			
	Melfort										
	zand silt lutum	%C									
	6,1% 40,9% 53,0%	6,8	6,2	26 °C			2,5 ppm	15 dg			
	Oxbour										
	zand silt lutum	%C									
	48,7% 26,8% 24,5%	2,4	7,6	26 °C			2,5 ppm	22 dg			
	Bradwell										
	zand silt lutum	%C									
	43,8% 31,3% 25,0%	2,8	7,5	26 °C			2,5 ppm	14 dg			
	Bedbrooke hill farm						3,3 kg/ha	1-4 dg			
	coarse sandy loam						(k-zout)				
	sandy clay Finland										
	zand silt lutum										
	41,8% 30,1% 18,7%	17,8	4,6	23-25 °C			5 ppm	50 dg			
	"	"	"	"			(na zout)				
	"	"	"	"			2000 ppm	50 dg			
	"	"	"	"			5 ppm	41 dg			
	"	"	"	"			2000 ppm	41 dg			
	sandy loam Bangladesh										
	zand silt lutum										
	25,8% 58,5% 15,3%	1,1	6,6	23-25 °C			5 ppm	23 dg			
	"	"	"	"			(na zout)				
	"	"	"	"			2000 ppm	23 dg			
	"	"	"	35 °C			5 ppm	20 dg			
	"	"	"	"			2000 ppm	20 dg			
	19 jr behandeld met 2 kg MCPA										
	zand silt lutum									na 7 wk geen aantoonbaar fytotoxisch residue	
	59% 1d8% 17%	6,3	4,8							na 20 wk residue	
	onbehandeld									na 10 wk residue	
	éénmalig behandeld									versnelt de afbraak	
	voorbehandeld 2,4-D										
	silt loam						25 ppm			na 103 dg nog fytotoxisch residue	
	zure sandy clay Finland										CTB, verz. gegevens
	sand silt lutum	%C									
	48,7% 28,2% 22,9%	8,4	4,7			A 10 en 1000 ppm				na 6 wk > 50% weg	
						An "				na 24-48 wk > 50% weg	
						A 10 ppm				weg na 24 wk	
						A 1000 ppm				na 24 wk nog 6%	
lab	agar met:										
	Honeoye silt loam			30 °C			50 en 80 ppm			alles weg na 124 dg	Alexander, 1961
	Mardin silt loam			"						" " " 47 dg	
	Dunkirk silt loam			"						" " " 70 dg	

veld/ grondsoort

lab	textuur	OMZ	pH	T	V	O ₂	Dosis	t ₅₀	t ₉₅	Omzettingsduur	Referentie
lab	zandige leem						2,5 ppm	41 dg			Hurle, 1981
	klei aarde						"	14,6 dg			
lab	Limon										Moreale & v. Bladel, 1981
	zand slib klei										
	26,6% 57,6% 15,9%	1,1	7,0	23 °C			10 ppm	+10 dg		alles weg na + 50 dg	
	Sable limon										
	zand slib klei										
	62,5% 23,1% 14,4%	2,0	6,7	23 °C			10 ppm			alles weg na + 150 dg	

Fysisch/ Microbiël

Chemisch organisme	Herkomst Org.	Metaboliëten	% omz	Medium	Overige	Referentie
Aspergillus niger		4-chloro-2-methyl-5-hydroxy phenoxy aceticzuur				Faulkner et al. 1965
Bodembacterie		o.a. 6-hydroxy-MCPA				Gaunt et al. 1961
Achromobacter						Alexander, 1961
Flavobacterium		klieving ring				
Mycoplasma						
Arthrobacter sp		4-chloro-2-methylphenol catechol				Kearney et al. 1969
afbraak		vergelijkbaar met 2,4 D				Kearney et al. 1969
o.i.v.						
licht						



- 1 = 66
 2 = 74
 3 = 120
 4 = 120
 5 = 120

