

Gestencilde Mededelingen

jaargang 1953

nr. 2

DE BEOORDELING VAN DE RELATIEVE
TOXICITEIT VAN HERBICIDEN

(with summary)

Ir P. Riepma Kzn

Conclusies

1. Bij de beoordeling van de onkruidodende werking van middelen moet onderscheid worden gemaakt naar onkruidsoort en ontwikkelingsstadia binnen de soort.
2. Bij vergelijking van diverse middelen en hun relatieve toxiciteit is aanleg der proefvelden overeenkomstig statistische methoden noodzakelijk.
3. Bij beoordeling van de toxiciteit der middelen in het veld moet rekening worden gehouden met bodemkundige en klimatologische omstandigheden, daar zij invloed uitoefenen op de bevochtiging van het blad en de tijd van inwerking.

SUMMARY

Judging the relative toxicity of herbicides

The influence of some factors on weedkilling is described. The weedkilling depends on: the weed species, the growth stages of the weeds, climatological and soil factors and the composition of the herbicides.

For determining the result of application in het field correction-factors have to be used, depending on increasing or decreasing of the weeds by natural factors (emergence of weeds, frost-killing etc.).

The weedkilling decreases with a greater saturation deficit of the aqueous vapour of the air, decreasing concentrations and with decreasing application of water. The resistance of weeds depends on the wetting of leaves and by mixing selective herbicides with wetting agents the killing is increased, but also the damage to the crops is greater.

In pre-emergence application of growth hormones the rate of weedkilling depends on soil moisture and temperature of the soil, and the rate of breakdown of the herbicides by micro-organisms, and leaching.

INHOUD

	blz.
I. Inleiding	1
II. De statistische methode	1
Probit-analyse	1
Correcties bij veldproeven	2
III. Vulstoffen en het middel en zijn samenstelling	3
De middelen, D.N.C., M.C.P.A. en 2,4-D	3
Vormen van een middel	3
Uitvloeiers	4
Vulstoffen en pH	4-5
IV. De milieu-omstandigheden	6
Bodemkundige factoren	6
Klimatologische factoren	7
V. Literatuur	9-10
VI. Figuren	11-12

I. Inleiding

Na de ontdekking van de herbicide werking van D.N.C. in Frankrijk en van groeistoffen in Engeland, heeft de studie van onkruiddodende middelen grote opgang gemaakt. Zij heeft zich echter enigszins eenzijdig ontwikkeld. Hiervoor zijn enkele redenen aan te wijzen, nl.:

- 1e. In de diverse landen stonden de veldproeven op de voorgrond. Deze moesten immers aanwijzingen verschaffen omtrent de meest effectieve en economische toepassing der middelen in de praktijk.
- 2e. Vooral in de U.S.A. is het onderzoek gericht op het beproeven van allerlei chemische verbindingen op hun eventuele herbicide waarde.

Uiteraard zijn daardoor vele praktische gegevens verkregen over de werking van herbicide middelen. Er zijn echter weinig gegevens beschikbaar over de principes, waarop de selectieve werking der middelen berust en de milieufactoren, die invloed uitoefenen op de toxiciteit van deze middelen, daar bij de veld- en laboratoriumproeven vaak te weinig rekening is gehouden met de vereiste statistische methoden, ondanks het feit, dat deze methoden sinds lang bekend zijn uit de literatuur over insecticiden en fungiciden. Uiteraard zijn statistische methoden slechts hulpmiddelen bij de bepaling van de relatieve toxiciteit, de inwerkingstijd etc. om verschillen in toxiciteit vast te stellen. Enkele van deze methoden zullen in het volgende worden beschreven, omdat het noodzakelijk is iets meer omtrent de gedragingen van diverse onkruidsoorten in verschillende ontwikkelingsstadia onder diverse milieu-omstandigheden te weten te komen.

II. De statistische methode

Bij de bepaling van de gemiddelde grootte van bonen is het niet voldoende om slechts een boon te meten. Om iets te weten te komen over de gemiddelde grootte van bonen zijn vele metingen nodig: Uit deze metingen blijkt, dat niet alle bonen even groot zijn. Wanneer het aantal bonen bij elke gemeten grootte wordt aangegeven, dan is het resultaat een frequentiekromme. Uit een dergelijke frequentiekromme is af te lezen, wat de gemiddelde grootte der bonen is en hoe groot de spreiding is. Veelal wordt echter geen gebruik gemaakt van een frequentie-naar van een \int -curve.

Hetzelfde principe geldt bij de toepassing van herbicide middelen, waarbij de maatstaf niet de cm is, maar de concentratie van het middel, terwijl de aantallen overeenkomen met de percentages onkruiddoding.

Een enkele dosis D.N.C. geeft geen uitsluitel omtrent de toxiciteit van dit middel voor b.v. *Sinapis arvensis* L. Wil men de toxiciteit van D.N.C. ten opzichte van bijvoorbeeld dit onkruid nagaan, dan moeten meerdere concentraties worden toegepast. Eerst uit het verloop van de onkruiddoding bij diverse concentraties is op te maken, hoe een onkruid op een bepaald middel reageert, met deze beperking, dat de concentraties niet te laag of te hoog zijn. Het is immers mogelijk, dat het onkruid reeds bij een concentratie van b.v. 0.3 % D.N.C. voor 100 % gedood wordt, in plaats van bij 0.4 % D.N.C. Worden voldoende concentraties van een middel gebruikt, dan is de relatie tussen onkruiddoding en concentratie een \int -curve.

Dergelijke \int -curven bieden een zeker nadeel bij gebruik van lage en hoge concentraties. Dit is dan ook de reden, waarom in Engeland gebruik wordt gemaakt van de probit-analyse (Finney, Blackman, 9.3). Bij deze analyse worden de concentraties en de percentages onkruiddoding getransformeerd tot de waarden: logaritme van de concentratie, resp. tot probits. Het gevolg van deze transformatie is een rechte lijn. Het is dan gemakkelijk af te lezen bij welke concentratie 100 % doding wordt verkregen en bij welke concentratie nog geen doding of beschadiging van het gewas optreedt. Bij de toepassing van deze methode

de moet echter aan bepaalde eisen worden voldaan, zoals aan een gelijk onkruidstadium.

Deze methode kan echter niet steeds worden toegepast. Dit is o.a. het geval, wanneer de herbicide werking van 2,4-D met verloop van tijd wordt onderzocht. In elk geval is deze methode van belang om de relatieve toxiciteit van diverse middelen na te gaan.

Wordt in het veld de werking van diverse concentraties op de onkruiden bepaald, dan moet rekening worden gehouden met de veranderingen in uitwendige omstandigheden, de ontwikkelingsstadia van de verschillende onkruidsoorten en spuittechnische problemen. Beproeving in het veld is uiteraard noodzakelijk. De verkregen resultaten winnen aan waarde, wanneer met de genoemde factoren rekening wordt gehouden.

Doordat in het veld ook schommelingen in het aantal onkruiden kunnen optreden door natuurlijke oorzaken, als afsterven en kieming, moeten in veldproeven steeds onbehandelde veldjes worden opgenomen, waarbij de natuurlijke oorzaken van schommelingen in het onkruidbestand kunnen worden nagegaan. Deze schommelingen zullen zich ook voordoen op de behandelde veldjes en om de werking van diverse concentraties op diverse ontwikkelingsstadia van onkruiden te bepalen, kunnen dus correcties noodzakelijk zijn. Deze correcties moeten zodanig worden toegepast, dat de natuurlijke toe- of afname der onkruiden wordt geëlimineerd. Deze toe- of afname kan worden uitgedrukt in een waarde C.

$$C = \frac{\text{toe- of afname van het aantal onkruiden op de behandelde veldjes}}{\text{totaal aantal onkruiden bij tellingen voor de bespuitingen}}$$

Deze waarde C is dus een correctiefactor, nodig om het werkelijke onkruiddodingspercentage vast te stellen. Is b.v. P' de waargenomen vermindering van het aantal onkruiden op een behandeld veldje, dan is bij natuurlijke afname van het aantal onkruiden de werkelijke onkruiddoding (P):

$$P = \frac{P' - C}{1 - C}$$

Heeft daarentegen op de onbehandelde veldjes een toename van het aantal onkruiden plaats gehad, dan is:

$$P = \frac{P' + C}{1 + C} \quad (\text{Sampford, 21})$$

Bij waarnemingen moet niet alleen onderscheid gemaakt worden tussen verschillende onkruidsoorten, maar ook tussen de diverse ontwikkelingsstadia binnen de soort. Dat dit onderscheid inderdaad gemaakt moet worden blijkt uit fig. I (20), waarin de onkruiddoding als probits en de log. conq. tegen elkaar zijn uitgezet voor ± 3 a 4 cm grote *Stellaria media* en ± 5 cm grote *Stellaria media*. Uit het verloop der lijnen blijkt, dat bij overigens gelijke concentraties veel meer van het 3 a 4 cm dan van de 5 cm grote *Stellaria media* wordt gedood, en bovendien, dat bij een kleine verhoging van de concentratie de doding van het 3 a 4 cm grote *Stellaria media* sneller toeneemt. Hoe groter de hoek is, die de curve (lijn) maakt met de χ -as (as, waarop logaritme van de concentratie is uitgezet), hoe meer de doding toeneemt bij kleine verhogingen van de concentratie.

De relatieve toxiciteit van verwante verbindingen voor diverse ontwikkelingsstadia der onkruiden of van gewassen wordt vaak uitgedrukt als de verhouding $\frac{\text{L.S.D.}_{50} \text{ D.N.C.}}{\text{L.S.D.}_{50} \text{ D.N.B.P.}} = \chi$. Deze waarde varieert

van onkruidsoort tot onkruidsoort en van ontwikkelingsstadia tot ontwikkelingsstadia. Daarbij moet echter voldaan worden aan de eis, dat de milieu-omstandigheden constant zijn geweest en dat gewerkt is met

gelijkvormige oplossingen, uitgezonderd de verbinding en haar concentratie (Blackman, 3). Uiteraard geldt dezelfde regel voor de uitdrukking van de relatieve toxiciteit van diverse verbindingen voor kiemen- en zaden. Wordt aan een waterige oplossing van D.N.C. vulstof toegevoegd, dan verandert de curve in vergelijking met de curve, verkregen met een zuivere waterige oplossing van D.N.C. De invloed van diverse vulstoffen wordt in het volgende besproken.

III. Vulstoffen en het middel en zijn samenstelling

Wanneer een bepaald testobject is gekozen, kan onder constante condities de invloed worden nagegaan van diverse herbicide middelen. In het algemeen is het gewenst om meerdere test-organismen te gebruiken. Granen immers zijn b.v. weinig gevoelig voor 2,4-D en M.C.P.A. en zeer gevoelig voor I.P.C.; erwten daarentegen zijn zeer gevoelig voor groeistoffen en betrekkelijk resistent tegen I.P.C. Kiemende zaden kunnen bovendien anders reageren dan de desbetreffende gewassen bij een post-emergence behandeling.

Zoals reeds is opgemerkt, kan bij de bepaling van de toxiciteit der middelen gebruik worden gemaakt van de probit-analyse. In fig. II zijn omgerekende gegevens van Blackman en Roberts (5) voorgesteld. In deze figuur is de reactie van *Polygonum convolvulus* (zwaluw tong) en van *Polygonum persicaria* (perzikkruid) t.o.v. 2,4-D, M.C.P.A. en D.N.C. weergegeven. Hierbij valt op, dat M.C.P.A. iets toxischer is dan 2,4-D voor *Polygonum convolvulus*, terwijl het omgekeerde het geval is t.o.v. *Polygonum persicaria*.

Voorts valt op de verschillende helling der lijnen van M.C.P.A., 2,4-D en D.N.C. bij behandeling van twee verschillende onkruiden, en de parallelliteit van de lijnen der groeistofverbindingen, wanneer slechts een onkruidsoort is behandeld. De D.N.C.-curven hebben een geheel ander verloop. De parallelliteit van de M.C.P.A. en 2,4-D-curven bij b.v. *Polygonum convolvulus* wijst er waarschijnlijk op, dat beide verbindingen een gemeenschappelijk aangrijpingspunt in de plant hebben, doch dat er b.v. een verschil kan bestaan in absorptiesnelheid, transportsnelheid of in een ander proces.

D.N.C. heeft echter een geheel ander aangrijpingspunt in de plant dan de groeistoffen. D.N.C. wordt niet in de plant getransporteerd en werkt corrosief, terwijl 2,4-D en M.C.P.A. eerst in de plant getransporteerd moeten worden wil van onkruiddoding sprake zijn. Bij vergelijking van de helling der lijnen valt bovendien op, dat er veel meer M.C.P.A. en 2,4-D nodig is om 50 % of 100 % doding te bereiken van *Polygonum persicaria* dan van *Polygonum convolvulus*, hetgeen ook met de Nederlandse ervaring overeenstemt.

Naast het reeds gemaakte onderscheid tussen M.C.P.A. en 2,4-D en andere verbindingen kan ook nog onderscheid gemaakt worden tussen diverse verbindingen van b.v. 2,4-D alleen. Van deze verbinding zijn immers bekend in de praktijk het Na-zout, de aminezouten en de esters. Ook tussen deze verbindingen blijken verschillen in toxiciteit voor te komen, afhankelijk van de verbinding en de wijze van toepassing. Volgens Crafts (6) zijn de 2,4-D butylesters en andere esters veel beter bij het a-polaire bladoppervlak aangepast dan het Na-zout van 2,4-D. Over de plant gespoten zou de laatstgenoemde verbinding dan ook niet zo toxisch werken als de 2,4-D esters, hetgeen ook uit diverse opbrengstproeven in granen, mais en vlas kan blijken (Shaw, 22).

Daar staat tegenover, dat bij pre-emergence toepassing het Na-zout van 2,4-D veel sneller in water oplost dan b.v. de butylester. Bij een pre-emergence toepassing kan het Na-zout dan ook toxischer werken, daar in het algemeen de verbinding veel sneller voor opname door de wortel beschikbaar is. Dit verschil in gedrag schijnt echter niet te verklaren te zijn met een aanneming van een betere aanpassing van het Na-zout van 2,4-D aan het polaire worteloppervlak. Bij een

menging door de grond van 2,4-D Na-zout en 2,4-D butylester bleken beide immers even toxisch te werken (Harvey, 12). In dit laatste geval waren beide verbindingen gemakkelijk voor de wortel beschikbaar.

Het verschil moet dan ook worden toegeschreven aan de slechte oplosbaarheid van de 2,4-D esters in het bodemvocht, waarop nader wordt teruggekomen. Om deze reden zijn aan handelspreparaten van moeilijk oplosbare verbindingen dan ook dikwijls vulstoffen toegevoegd. De werking van deze vulstoffen kan van allerlei aard zijn, b.v. emulgerende stoffen, uitvloeiers etc. Lost een 2,4-D ester slecht in water op, dan wordt een vulstof met b.v. een emulgerende werking aan het preparaat toegevoegd. Een vulstof kan uiteraard ook invloed uitoefenen op de bevochtiging van het blad of op de concentratie van de ongedissocieerde moleculen.

Dat de betekenis van dergelijke vulstoffen niet onderschat mag worden, blijkt uit een onderzoek van Staniforth en Loomis (24) met 2,4-D. Het Na-zout van 2,4-D werd opgelost in water en nadat al of geen uitvloeier (Na-laurylsulfaat) was toegevoegd, werd vlas behandeld. Het resultaat is weergegeven in tabel I.

Tabel I, ontleend aan Staniforth en Loomis (24).

De opbrengst van lijnzaad na behandeling met 2,4-D, waaraan al of geen uitvloeier is toegevoegd.

Hoeveelheid Na-2,4-D in kg/ha	Oppervlaktetenspanning v.d. sproei-vloeistof		opbrengst in kg/ha	
	alleen 2,4-D	2,4-D + $\frac{1}{2}$ % uitvloeier	alleen 2,4-D	2,4-D + $\frac{1}{2}$ % uitvloeier
1/2	58	28	650	250
1/4	57	28	870	580
1/8	57	28	780	700

Dat het hier inderdaad om diffusie in het bladoppervlak gaat, blijkt uit het onderzoek van Mitchell en Linder (18), die daarbij gebruik maakten van radio-actief 2,4-dichloro-5-jodophenoxyazijnzuur (2,4-D.I.¹³¹). Op een bonenblad werd 4 μ C 2,4-D toegediend en de geabsorbeerde hoeveelheid in de stengel werd na 72 uur gemeten.

Tabel II, ontleend aan Mitchell en Linder (18).

Behandeling met 2,4-D	Concentratie vulstof	2,4-D.I. ¹³¹ in stengels van bonen in milli- μ gram	toename door vulstof in %
in water	0	177	-
in water + Tween 20	0.5	796	350
" " + Carbowax 1500	0.5	687	288
" " + Igepol 300	0.1	464	162

Naarmate meer van het herbicide middel in de plant diffundeert en wordt getransporteerd, wordt de reactie van de plant groter, zoals uit concentratieproeven van Day (7) bleek, waarbij de reactie werd uitgedrukt in de kromming van de stengel.

Er zijn ook middelen, die invloed uitoefenen op de concentratie der ongedissocieerde moleculen van de toxische verbinding, doordat ze de pH van de sproei-vloeistof verhogen of verlagen. In immersieproeven met D.N.C., waarbij *Sinapis arvensis* als testplant werd gebruikt, vond Fogg (11), dat de doding der bladen toenam, naarmate de pH daalde.

Volgens deze waarnemingen en eveneens van anderen omtrent de activiteit van groeistoffen in verband met de pH schijnt bij een stijging van $pH=4$ tot $pH=8$ + 200 x zoveel actieve stof bij de hoogste pH nodig te zijn als bij de laagste om eenzelfde reactie te verkrijgen. Blackman (4) vond daarentegen, dat bij bespuitingen van kiemplanten van *Sinapis alba* resp. nodig waren bij de genoemde pH's om eenzelfde doding te verkrijgen: 1.2×10^{-3} M (+ 0.24 kg/ha op + 1000 l/ha water) en 1.7×10^{-3} M (+ 0.34 kg/ha op + 1000 l/ha water).

Deze verschillen zijn te wijten aan de verhouding van het gewicht van het behandeltestobject tot de toegepaste hoeveelheid toxische oplossing. In de erwtentest en bij de immersiemethode is het gewicht van het weefsel in vergelijking met dat van de toxische oplossing veel geringer dan bij de proeven van Blackman met kiemplanten van *Sinapis alba*. In het laatste geval wordt de invloed van de pH dus gemaskeerd door de grootte van het testobject (Simon en Beevers, 23). Dit betekent echter niet, dat de pH van de groeivloeistof in de praktijk niet van belang is. Vooral in gevoelige gewassen als vlas kan haar belang blijken met het oog op de beschadiging.

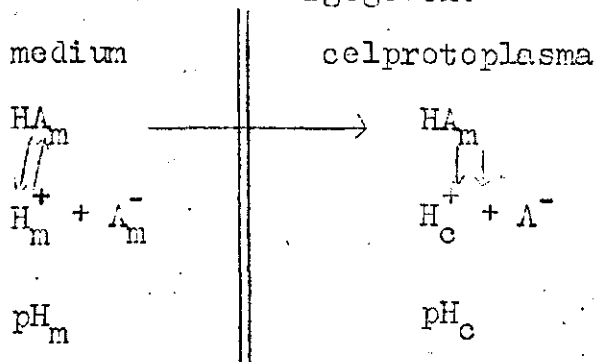
Dat het pH-effect zo duidelijk tot uiting komt, berust op de dissociatiegraad der moleculen (1, 11, 16, 23). Zo schijnt de toxische werking van D.W.C. vooral samen te hangen met de concentratie van de niet gedissocieerde moleculen.

Bij toepassing van de formule:

$$pH = pK + \log \frac{\infty}{1-x}, \text{ waarbij de } pK \text{ voor diverse verbin-}$$

dingen uiteenloopt, valt op, dat in geval van zwakke zuren de concentratie van de ongedissocieerde moleculen toeneemt, naarmate de pH daalt. Bij zwak basische verbindingen is te verwachten, dat de toxiciteit toeneemt, naarmate de pH stijgt.

Bij toepassing van herbicide middelen zal ook de invloed van het protoplasma tot uiting komen. Dit blijkt uiteraard het duidelijkst bij immersieproeven, daar in dit geval de concentratie niet beïnvloed wordt door verdampingssnelheid van druppels en de daarbij optredende concentratieveranderingen. Simon en Beevers (23) brengen de betekenis van de pH dan ook terug tot een soort Donnan-evenwicht, zoals in bijgaande schets is weergegeven.



In de praktijk zijn deze verschijnselen niet zo duidelijk, daar er allerlei nevenfactoren optreden, zoals verdampingssnelheid der druppels, de diffusiesnelheid van de verbinding in het bladoppervlak etc., waardoor de concentratie in het medium voortdurend verandering ondergaat, zodat van een eenvoudig evenwicht geen sprake is. Hoe de veranderingen zullen plaats vinden, hangt dus af van de tijd van inwerking en de tijd, dat een evenwicht tussen de conc. in het medium en in het celprotoplasma zou zijn bereikt. Op enkele van deze factoren wordt nader ingegaan in het onderdeel over milieu-omstandigheden.

IV. De milieu-omstandigheden

In de praktijk lopen de factoren, die invloed uitoefenen op de onkruiddoding, sterk uiteen. De invloed van de variaties van deze factoren kan worden bepaald in het laboratorium door de condities te variëren, of ook in het veld door analyse der factoren, wanneer genoeg gegevens ter beschikking staan. De milieufactoren kunnen in enkele groepen worden verdeeld, nl.:

- a) bodemkundige factoren, welke invloed uitoefenen op de plantengroei en de samenstelling van de plant, de activiteit der micro-organismen en de ontleding van de diverse herbicide middelen.
- b) klimatologische factoren, die eveneens invloed uitoefenen op de plantengroei, de inwerkingstijd der middelen op de planten en de onkruiddoding met verloop van tijd, nadat een bespuiting heeft plaats gehad.

1. Bodemkundige factoren

Bij een pre-emergence toepassing der middelen is het de bedoeling, dat kiemend onkruidzaad zal worden gedood, zodanig, dat het gewas geen hinder van de herbiciden ondervindt. Niet kiemend zaad ondervindt geen remming door 2,4-D. Remming door 2,4-D wordt alleen veroorzaakt, wanneer het zaad begint te zwellen of wanneer de zaadhuid wordt gebroken. Daarbij blijkt verschil in opname te bestaan tussen de verschillende zaden bij overigens gelijke concentraties 2,4-D. Zo zouden zaden van erwten meer 2,4-D absorberen dan die van granen. Wellicht vloeit hier een verschil in gevoeligheid van diverse zaden uit voort, hoewel het mogelijk is, dat ook bij gelijkelijk geabsorbeerde hoeveelheden verschillen in gevoeligheid zich voordoen. Kvamme e.a. (15) hebben immers aangetoond, dat de lipase-activiteit ± 400 x zo sterk geremd wordt in *Ricinus communis* dan in *Triticum vulgare*. Dat er een groot verschil in gevoeligheid bestaat tussen diverse zaden voor 2,4-D blijkt uit fig. III, waarin de kieming van zaden van *Sinapis arvensis*, *Triticum vulgare* en *Zea mais* bij diverse concentraties 2,4-D is weergegeven (8). Uiteraard is bij dergelijke proeven ook de inwerkingstijd van belang, zoals blijkt uit fig. IV.

Wordt 2,4-D pre-emergence toegepast, dan blijft de verbinding grotendeels hangen in de bovenste centimeters van de bouwvoor. Wanneer men rekent op een watergehalte van $\pm 20\%$ in de bouwvoor, dan bedraagt de verdunning in de bouwvoor van ± 1 kg/ha 2,4-D $\pm 1-10$ ppm en in de bovenste centimeters 10-100 ppm. Onkruidzaden als van *Sinapis arvensis* worden gemakkelijker gedood dan zaden van *Zea mais*. De tijd van inwerking is daarbij uiteraard van belang. Een zekere remming van de cultuurgewassen moet dus niet uitgesloten worden geacht. De mate van de remming hangt mede af van de diepte van de zaai. In het algemeen zullen slechts oppervlakkig kiemende onkruidzaden worden gedood, daar de 2,4-D vooral de 2,4-D butylester, in de bovengrond blijft hangen, terwijl de maiszaden op ± 2 a 3 cm diepte worden geplant, zodat dit gewas in het algemeen dus weinig hinder zal ondervinden bij een pre-emergence toepassing van de 2,4-D, tenzij dan bij zware regenval of bij teelt op zandgrond (2).

Uiteraard neemt de concentratie van 2,4-D in de grond met verloop van tijd af. Deze afname is vooral een gevolg van de microbiologische activiteit, zoals Audus (2) aantoonde. Uitspoeling schijnt weinig plaats te hebben, tenzij bij zeer grote waterhoeveelheden (Harvey, 12). De afbraak van diverse verbindingen hangt samen met het watergehalte en de temperatuur van de grond. Een langzame afbraak van herbicide middelen heeft plaats op koude, natte gronden en op warme, droge gronden. I.P.C. en 2,4-D worden het snelst afgebroken op vochtige, warme gronden. De in de praktijk gebruikelijke hoeveelheden 2,4-D, I.P.C., D.N.C. en D.N.B.P. hebben geen remmende invloed op het microleven in de grond (Kratochvil, 14).

Ook bij post-emergence-toepassing van de herbicide middelen is de invloed van de bodem van belang, mede in samenhang met klimatologische factoren. De beschikbare waterhoeveelheid in de grond is immers van belang voor de turgescentie van het blad (Kramer, 13) en dus voor de bevochtiging van het blad door de sproeivloeistof (Fogg, 10).

2. Klimatologische factoren

In ons land vindt vooral post-emergence toepassing plaats van chemische middelen in de landbouwgewassen, zoals b.v. D.N.C. en M.C.P.A. in granen en D.N.B.P. in vlas en erwten. Daarbij hangt het succes van de bespuitingen af van de klimatologische factoren voor, tijdens en na de bespuiting. Het watergehalte in het blad op het moment van spuiten wordt bepaald door de absorptie en transpiratie van water in het blad in de aan de bespuiting voorafgaande periode. Volgens Fogg (10) oefenen deze factoren invloed uit op de mate van bevochtiging van het blad. Zo zou b.v. de contacthoek op bladen van *Sinapis arvensis* van dezelfde ouderdom kunnen schommelen tussen $\pm 40^\circ$ en 100° . Hoewel elke plant verschillend zal reageren op de genoemde uitwendige condities, zo mag toch worden aangenomen, dat deze verschillen meer een gradueel dan een principieel karakter dragen. Uit gegevens betreffende de waterrelaties van de katoenplant blijkt, dat het aantal mg water per cm^2 blad vanaf de morgen tot 's middags ± 4 uur afneemt en daarna weer toeneemt. Een dergelijk verloop vindt men terug bij de relatieve turgescentie, waarbij een schommeling van 10 % in het watergehalte van het blad voorkwam. Bovendien werd door Weatherley (25) afgeleid, dat er een verband bestond tussen de relatieve turgescentie op een bepaald ogenblik en de evaporatie in de atmometer in cm^3 in de voorgaande uren. Een grotere evaporatie bleek bovendien samen te hangen met het verzadigingsdeficit van de lucht. Een hogere waarde voor de evaporatie ging gepaard met een afnemende relatieve turgescentie van het blad.

Dit verloop van de turgescentie is van betekenis in verband met de penetratie der herbicide middelen in het blad. Dit blijkt ook uit de regressieformule, die Fogg (10) afleidde voor de relatie van de contacthoek θ van bladen van *Sinapis arvensis* en het watergehalte, welke luidde:

$$\theta = 68,5 - 9,18 (\chi - 89,38)$$

hierin is: θ = contacthoek

χ = watergehalte in %.

Bij stijgend watergehalte van het blad bleek de turgescentie van het bladweefsel toe te nemen en de waarde voor de contacthoek θ te dalen, waardoor het verband met de bevochtiging is gegeven.

Het blijkt, dat de bevochtiging van het blad afneemt met een stijgend verzadigingsdeficit van de lucht. Het blad laat zich daardoor moeilijker bevochtigen. De schommelingen die daarbij optreden, variëren daarbij van plant tot plant, mede in samenhang met de plooiing der cuticula.

Bij de post-emergence toepassing van herbicide middelen heeft behalve de bevochtiging van het blad ook nog invloed de evaporatie van de druppel. Hoe sneller de druppel verdampt, hoe korter de tijd van inwerking. De druppels verdampen sneller bij toenemend verzadigingsdeficit van de atmosfeer. Bij een constant verzadigingsdeficit hangt de evaporatie samen met de oppervlakte der druppels. Een kleine druppel zal sneller verdampen dan een grote druppel.

Hoe belangrijk de inwerkingstijd is, blijkt wel uit de immersieproeven van Fogg (11) met bladen van *Sinapis arvensis* (tabel III).

Tabel III, ontleend aan Fogg (11):
Doding van bladen van Sinapis met verloop van tijd en concentratie.

Concentratie D.N.C. in %	Immersietijd in minuten				
	2.5	5.0	10.0	20.0	40.0
0.020	74.4	77.5	96.2	94.5	98.3
0.010	45.9	46.1	82.5	96.6	94.4
0.005	6.25	25.0	62.5	86.5	85.2
0.0025	36.3	22.5	40.0	59.4	57.6
0.00125	11.0	9.08	36.1	22.0	30.0

Uit deze tabel wordt duidelijk, dat, naarmate de concentratie afneemt, de inwerkingstijd moet toenemen. Wanneer de penetratie van D.N.C. berust op de diffusiewet, dan moet bij overigens constante factoren het product c.t. \pm constant zijn. Dit blijkt ook bij benadering het geval te zijn. Bij afnemende concentraties neemt echter de betekenis van de initiale concentratie, nodig om doding van plantencellen te bereiken, toe, waardoor dus afwijkingen kunnen optreden. In de praktijk hangt de hoeveelheid herbicide middel, die in het bladoppervlak penetreert, samen met de concentratie en de tijd van inwerking, waarbij de laatste bepaald wordt door de weersomstandigheden op en kort na het moment van spuiten (19).

In het veld wordt de inwerkingstijd o.a. bepaald door het verzadigingsdeficit, regenval, dauw (19). Het onkruidodend effect is echter niet enkele uren na een bespuiting te bepalen. Daarover moet een zekere tijd verlopen. Dit tijdsverloop hangt o.a. samen met de temperatuursom.

Uiteraard gelden bovengenoemde factoren ook bij bespuitingen met groeistoffen. Hierbij zijn echter nog andere factoren van belang, zoals de fotosynthese, de transportsnelheid van suiker in de plant (Mitchell e.a.(17)). Day (7) toonde aan, dat bij bespuitingen 's morgens vroeg eerst \pm 3 uur later van genoegzaam transport van suikers in de boon sprake was. Bij bespuitingen laat op de avond kon ook eerst de volgende dag reactie van de plant op 2,4-D worden waargenomen.

Literatuur

1. Albaun H.G., S. Kaiser and H.A. Nestler:
The relation of hydrogen-ion concentration to the penetration of 3-indole-acetic acid into *Mitella*-cells.
Am. J. Bot. 24 (1937) p. 513-518.
2. Audus, L.J. : The biological detoxication of 2,4-D in soils.
Plant and soil 2(1949) p. 31-36.
3. Blackman, G.E.: Studies in the principles of phytotoxicity.
I. The assessment of relative toxicity.
Journ. Exp. Bot. 3 (1952) p. 1-27.
4. Blackman, G.E.: Studies in the principles of phytotoxicity.
III. The pH factor and the toxicity of 3-5-dinitro-o-cresol, a weak acid.
Journ. Exp. Bot. 3 (1952) p. 99-109.
5. Blackman, G.E. and H.A. Roberts:
Studies in selective weed control.
II. The control of annual weeds in spring cereals.
Journ. Agr. Sci. 40 (1950) p. 70-81.
6. Crafts, A.S. : A theory of herbicidal action.
Science 108 (1948) p. 85-86.
7. Day, B.E. : The absorption and translocation of 2,4-D by bean plants.
Plant Physiology 27 (1952) p. 143-152.
8. Everson, L.E. and R.S. Dunham: The effect of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid on certain weed and seed crops.
Minn. Agr. Exp. St. Techn. Bull. 197 (1951).
9. Finney, D.J. : Probit analysis 2nd ed. (1952):.
10. Fogg, G.E. : Quantitative studies on the wetting of leaves by water.
Proc. Roy. Soc. B. 134 (1947) p. 503-522.
11. Fogg, G.E. : The penetration of 3,5-dinitro-o-cresol into leaves.
Ann. Appl. Biol. 35 (1948) p. 315-330.
12. Harvey, W.A. : Toxicity of three 2,4-D formulations in California soils.
Hilgardia 21 (1952) p. 499-513.
13. Kramer, P.J. : Plant and soilwaterrelationships (1949).
14. Kratochvil, D.E.: Determinations of the effect of several herbicides on soil micro-organisms.
Weeds 1 (1951) p. 25-31.
15. Kvamme, O.J. , C.O. Claggett and W.B. Treumann:
Kinetics of the action of Na-2,4-D on the germ lipase of wheat.
Arch. of Biochem. 24 (1949) p. 321-328.
16. Marmer, D.R. : Growth of wheat seedlings in solutions containing chemical growth substances.
Am. J. Bot. 24 (1937) p. 139-145.
17. Mitchell, J.W. and J.W. Brown: Movement of 2,4-D stimulus and its relation to the translocation of organic foods.
Bot. Gaz. 107 (1946) p. 393-407.

18. Mitchell, J.W. and P.J. Linder: Absorption and translocation of radio-active 2,4-D.I.¹⁵¹ by bean plants as affected by cosolvents and surface agents. Science 112 (1950) p. 54-55.
19. Riepma, P. Kzn: Opmerkingen over chemische onkruidbestrijding in het akkerbouwbedrijf naar aanleiding van waarnemingen in de praktijk. Gestencilde Mededelingen C.I.L.O. nr. 12 (1952).
20. Roberts, H.A. and G.E. Blackman: Studies in selective weed control. III. The control of annual weeds in leguminous crops with 2,4-dinitro-6 secondary butylphenol. Journ. Agr. Sci. 40 (1950) p. 263-274.
21. Sampford, M.R.: Studies in the principles of phytotoxicity. II. Experimental designs and techniques of statistical analysis for the assessment of toxicity. Journ. Exp. Bot. 3 (1952) p. 28-46.
22. Shaw, W.C. : The use of chemicals for weed control in field crops. Abstr. of Doctoral Dissertations 61 (1951) p. 419-427.
23. Simon, E.W. and H. Beevers: The effect of pH on the biological activities of weak acids and bases. I. The most usual relationship between pH and activity. New Phytologist 51 (1952) p. 163-190.
24. Staniforth, D. and W.E. Loomis: Surface action in 2,4-D sprays. Science 109 (1949) p. 628-629.
25. Weatherley, P.E.: Studies in the waterrelations of the cotton plant. II. Diurnal and seasonal variations in relative turgidity and environmental factors. New Phytologist 50 (1951) p. 36-51.

S. 1472

150 ex.

Fig. I (ontleend aan H.A. Roberts en G.E. Blackman(20)

Probitdoding

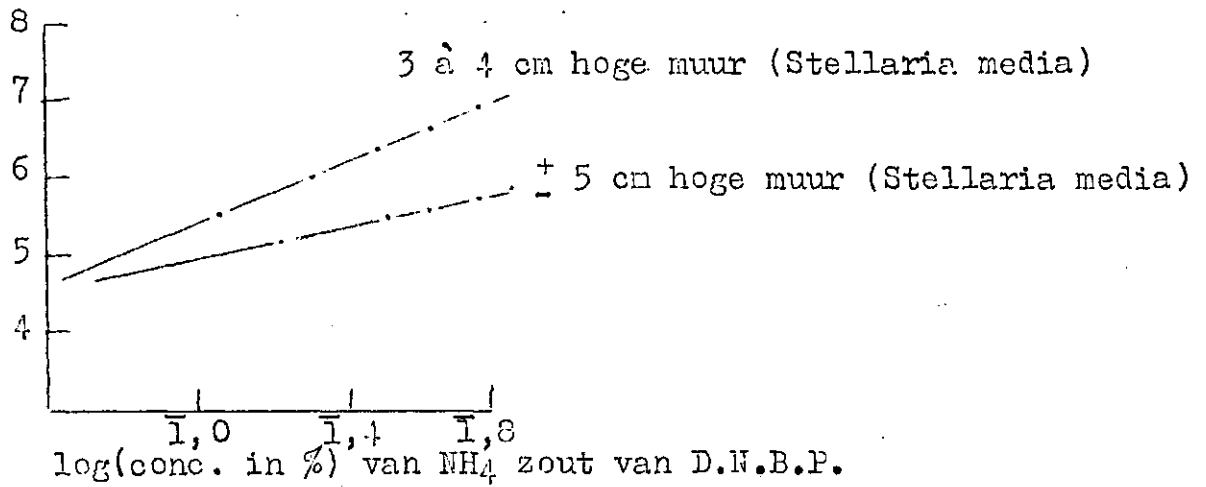


Fig. II Bewerkt naar gegevens van G.E. Blackman en H.A. Roberts(5)

- △ ——— △ M.C.P.A. doding van P.convolvulus
- ——— ○ 2,4-D
- + ——— + D.N.C.
- + - - - + D.N.C. Polygonum persicaria
- - - - ○ 2,4-D
- △ - - - △ M.C.P.A.

Probitdoding

