

8. LITERATUUR

1. BOVEY, P., La lutte contre l'Anthonome d'hiver du poirier (*Anthonomus pyri* KOLL = *A. cinctus* REDT). Revue horticole Suisse, 9 Sept. 1943.
2. GRISON, P. & CHEVALIER, M., Le déterminisme de la ponte chez l'Anthonome du poirier. Bull. Soc. Zool. France, 72: 145-151, 1947.
3. JANCKE, O., Versuche zur Bekämpfung des Birnenknospenstechers (*Anthonomus cinctus* KOLLAR). Zugleich eine vorläufige Beitrag zu seiner Lebensweise. Z. Pfl. krankh. u. Pfl.schutz, 48: 411-424, 1938.
4. NIKLAS, O. F., Beitrag zur Biologie des Birnenknospenstechers (*Anthonomus pyri* KOLL.). Arb. physiol. angew. Ent. Berl., 6: 97-119, 1939.

ONDERZOEKINGEN OVER SCHIMMELBESTRIJDINGSMIDDELEN

I. SPOREKIEMINGSPROEVEN MET DITHIOCARBAMATEN ¹⁾

With a summary:

Experiments on Fungicides

I. Spore-germination Experiments on Dithiocarbamates

DOOR

Dr F. H. FEEKES

(Phytopathologisch Laboratorium „Willie Commelin Scholten”, Baarn ²⁾)

INLEIDING

Het onderzoek van schimmelbestrijdingsmiddelen (veelal fungiciden genoemd, hoewel de werking hiervan vaak niet fungicied doch slechts fungistatisch is) staat tegenwoordig in het middelpunt van veler belangstelling. Hiertoe is alle aandacht. De „eenvoudige” koper- en zwavelpreparaten zoals Bordeauxse pap en Californische pap voerden lange tijd een soort alleenheerschappij op dit gebied en behoren nog steeds tot de meest gebruikte schimmelbestrijdingsmiddelen. Naast de vele goede eigenschappen bleken deze middelen echter belangrijke nadelen te bezitten; genoemd zij slechts de gevoeligheid van vele planten zoals bijv. vele appelvariëteiten voor deze preparaten en het feit dat zij niet gelijktijdig of op korte tijdsafstand gebruikt kunnen worden met andere bestrijdingsmiddelen zoals minerale oliën, vruchtboomcarbolineum en loodarsenaat, waardoor het bestrijden van andere plagen weer wordt bemoeilijkt. Zo schrijft bijv. KUENEN (5) in de summary van zijn studie over „Het Fruitspint en zijn Bestrijding”: „Summer oil is far the best spray for the control and kills all mites and nearly all eggs when carefully applied. It cannot be used in combinations with Lime-sulfur and the solution of the problem of summer control of Red Spider is to find a good fungicide which will combine with summer oil”. Toen men begon uit te zien naar vervangingsmiddelen sprak het welhaast vanzelf dat zwavel de belangstelling bleef behouden en men door verandering van de fysische en chemische structuur probeerde de nadelen te ondervangen: „wetable sulfur”, „flotation sulfur” en organi-

¹⁾ Ontvangen voor publicatie Jan. 1949.

²⁾ Onderzoek verricht voor N.V. Fabriek van Chemische Producten, Vondelingenplaat.

sche zwavelverbindingen zagen het licht. Onder deze laatste nemen tegenwoordig de dithiocarbamaten een belangrijke plaats in. McCALLAN (7) schrijft bijv.: „Unquestionably the outstanding group of organic fungicides are those derived from dithiocarbamic acid and commonly called the dithiocarbamates. This is a most versatile group of fungicides and one or more of the various preparations have given good results in practically all fields of agricultural application; as sprays or dusts for fruit and vegetable crops, for ornamentals and trees, as seed treatments and as turf fungicides”. Bovendien hebben zij het voordeel met practisch alle andere bestrijdingsmiddelen gecombineerd te kunnen worden. De meeste bekendheid hebben verworven:

tetramethyl-thiuram-disulfide (Pomarsol, Pomasol, Tripomol, Arasan, Tulisan, OB. 72, Tersan, Aapirol, Aavurol, FD Spray, FD Wettable Powder, Organol, T. M. T. Murphy, Tuads) hier te lande voornamelijk gebruikt voor nazomerbespuiting tegen appel- en pereschurft (*Venturia inaequalis* (CKE) ADERH. en *V. pirina* ADERH.), tegen „vuur” bij tulpen (*Botrytis tulipae* (LIB.) LIND.) en tegen „omvalziekten” bij kiemplanten (*Rhizoctonia* en *Pythium spp.*);

ferri-dimethyl-dithiocarbamaat (Fermate, Trifungol, Karbam Black, F.D.D.C.) eveneens tegen schurft bij fruit en vuur bij tulpen. Het gebruik van deze stof tegen verschillende schimmelziekten neemt meer en meer toe; zij wordt ook met succes toegepast tegen roesten, hier te lande bijv. tegen roest bij Amerikaanse Anjers (*Uromyces caryophyllinus* SCHRANK);

zink-dimethyl-dithiocarbamaat (Zerlate, Zincate, Triscabol, Fuklasin, Methasan, Karbam White, Z.D.D.C.) gebruikt tegen appelschurft en ziekten bij groenten;

dinatrium-aethyleen-bis-dithiocarbamaat (Dithane He 175, Dithane D 14) in deze publicatie afgekort als N.AE.B.D.C. en

zink-aethyleen-bis-dithiocarbamaat (Dithane Z. 78, Parzate) afgekort als Z.AE.B.D.C. worden beide gebruikt tegen de aardappelziekte (*Phytophthora infestans* (MONT.) DE BARY) en *Alternaria solani* (ELL. et MART.) J. ET GR.; de laatste stof ook tegen verschillende ziekten bij groenten.

Behalve de bovengenoemde stoffen werd nog in het onderzoek betrokken: aethyleen-thiuram-disulfide (AE.T.D.).

METHODIEK

Toegepast werd de sporekiemingsmethode, zoals die het eerst werd ingevoerd door REDDICK en WALLACE (8) en o.a. uitvoerig werd beschreven door HARTSUIJKER (3). Door het COMMITTEE ON STANDARDIZATION OF FUNGICIDAL TESTS van de AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY werd in 1943 (1) een standaardmethode beschreven. Voor uitvoerige beschouwingen over de waarde van deze methode en de verwerking der verkregen gegevens zij verwezen naar HORSFALL (4); een kort maar zeer helder overzicht der biologische toetsmethoden voor fungiciden geeft McCALLAN (6). Voor literatuur zij verwezen naar de twee laatstgenoemde publicaties.

Het principe van deze methode is het volgende: de schimmelsporen worden in een reeks opvolgende verdunningen van het fungicide gebracht; in elke verdunning wordt het percentage gekiemde en ongekiemde sporen bepaald. Deze gegevens worden graphisch uitgezet op logaritmisch papier. Door interpolatie bepaalt men de zgn. LD 50 en LD 95 (lethale dosis voor 50 % resp. 95 % der sporen). Deze methode is dus bij uitstek geschikt om de waarde van een stof te bepalen als „beschermend fungicide”.

Gebruikt werden de door HARTSUIJKER (3) beschreven glasplaten, in dit geval bevattende zes uithollingen; dit formaat bleek zeer handig onder het microscoop ¹⁾. De benodigde sporensuspensie werd verkregen door enkele cc steriel water in een buis met een cultuur te gieten, deze te schudden en af te gieten. Zo nodig, afhankelijk van de aard van de schimmel, werden de sporen met een entnaald losgekrabd; in dit geval werd de sporensuspensie door glaswol gefiltreerd om myceliumstukjes tegen te houden. In tegenstelling tot de meestal gebruikelijke methode om een bepaalde hoeveelheid sporensuspensie per pipet aan de verschillende fungicide-verdunningen toe te voegen, werd gebruik gemaakt van een entnaald met oog. Dit gaf een aanzienlijke werkbesparing, terwijl de nauwkeurigheid alleszins voldoende was. Bovendien was het mogelijk de sporen door omroeren gelijkmatig over de uitholling te verdelen. Van elke uitholling werden 50 sporen geteld, dus 300 sporen per verdunning.

EIGEN ONDERZOEK

Ter oriëntering werd een toetsproef genomen met:

ferri-dimethyl-dithiocarbamaat (F.D.D.C.)

zink-dimethyl-dithiocarbamaat (Z.D.D.C.) en

tetramethyl-thiuram-disulfide (T.M.T.) alle opgelost in aq. dest.

Als controle werd steriel aq. dest. gebruikt; als vergelijkingsmaterialen koper-sulfaat en sublimaat.

Hierbij werden de volgende schimmels gebruikt:

	Veroorzaker van:	Cultuur op:	Kiemingsduur der sporen:
<i>Sclerotinia (Monilia) fructigena</i> Aderh. et Ruhl.	droogrot (leerrot, Moniliarot) bij ap- pels en peren	moutagar, 14 dg. oud	24 uur
<i>Venturia inaequalis</i> (Cke) Aderh.	schurft bij appels	kersagar, 9 dg. oud	24 uur
<i>Venturia pirina</i> Aderh.	schurft bij peren	kersagar, 6 dg. oud	24 uur
<i>Septoria apii graveolentis</i> Dorogin	bladvlekkenziekte bij selderij	kersagar, 26 dg. oud	72 uur
<i>Botrytis cinerea</i> Pers.	grauwe schimmel bij velerlei planten	aardapp.knol 41 dg. oud	48 uur
<i>Ascochyta pisi</i> Lib.	vlekkenziekte bij erwten	kersagar, 34 dg. oud	48 uur
<i>Gibberella saubinetii</i> (Mont.) Sacc. (syn. <i>Fusarium graminearum</i> Schwabe)	kiemschimmel bij granen en grassen	haverhout (zuur), 69 dg. oud	48 uur
<i>Fusarium culmorum</i> (W. Sm.) Sacc.	kiemschimmel bij granen, grassen en andere planten	haverhout (zuur) 62 dg. oud	24 uur
<i>Alternaria circinans</i> (Berk. et Curt.) Bolle	bladziekte bij Cruciferen	kersagar, 72 dg. oud	24 uur
<i>Cladosporium fulvum</i> Cke	bladvlekkenziekte („meeldauw”) bij tomaten	kersagar, 22 dg. oud	96 uur

¹⁾ Van 6 objectglazen met uitholling worden de vlakke eindstukken afgesneden. De 6 aldus verkregen ongeveer vierkante glaasjes met uitholling worden met canadabalsem geplakt op een glasplaat, die dan ongeveer de grootte van 5 × 8 cm heeft.

De resultaten van deze proef volgen in onderstaande tabel.

Percentage ontkiemde sporen

	Aq. dest.	CuSO ₄		HgCl ₂		F.D.D.C.		Z.D.D.C.		T.M.T.	
		0,0001 %	0,001 %	0,0001 %	0,001 %	0,0001 %	0,001 %	0,0001 %	0,001 %	0,0001 %	0,001 %
<i>Scl. fruct.</i>	87	85	0	31	0	23	2	61	4	12	7
<i>Vent. inaeq.</i>	30	44	15	44	0	38	26	47	1	5	0
<i>Vent. pirina</i>	61	69	0	74	0	22	0	82	64	40	0
<i>Sept. apii</i>	86	77	8	84	0	12	0	0	0	0	0
<i>Botr. cin.</i> ¹⁾	92	91	92	21	0	80	0	79	0	74	0
<i>Asc. pisi</i>	91	94	50	98	41	52	15	89	67	78	0
<i>Gibb. saub.</i>	62	88	78	33	0	48	77	46	57	73	68
<i>Fus. culm.</i>	95	74	31	65	0	98	9	87	10	93	0
<i>Alt. circ.</i>	90	73	0	67	0	82	0	79	0	88	0
<i>Clad. fulv.</i>	85	geen ²⁾	geen	52	geen	75	geen	86	geen	87	geen

¹⁾ Aan de sporensuspensie werd een spoor saponine toegevoegd om het samenklonteren der conidiën tegen te gaan. Dit had geen merkbare invloed op de kieming.

²⁾ De conidiën van deze schimmel ontkiemen zo spoedig in de cultuurbuis, dat het niet mogelijk is sporensuspensies te verkrijgen zonder ontkiemde sporen. Steeds was tot circa 8 % gekiemd. Wanneer de proeven dan ook een kiemingspercentage beneden 8 % opleverden werd dit aangeduid als „geen” kieming.

Voor zover uit een enkele oriënterende proef conclusies getrokken mogen worden blijkt hieruit het volgende:

a. Sporekieming in aq. dest., zoals dit in de handel verkrijgbaar is, is meestal voldoende; soms onbevredigend (*V. pirina* en *G. saubinetii*) en soms onvoldoende (*V. inaequalis*). Wellicht zou het kiemingspercentage in sommige gevallen nog te verbeteren zijn door een langere kiemingsduur.

b. De grootste werkzaamheid heeft in het algemeen sublumaat, uitgezonderd bij *S. apii graveolentis*, *A. pisi* en *V. inaequalis*.

c. De dithiocarbamaten evenaren of overtreffen kopersulfaat. Hierbij houde men in het oog, dat alle concentraties werden opgegeven in gewichtsprocenten aanwezig stof; de werking per molecuul is dus bij de dithiocarbamaten veel groter dan bij kopersulfaat.

d. De werking is bij alle stoffen sterk afhankelijk van de gebruikte schimmel.

Meer uitgebreide proeven werden genomen met conidiën van *Venturia inaequalis* (CKE) ADERH. wegens de belangrijkheid van deze schimmel als veroorzaker van de appelschurft. Verscheidene nieuwe stammen werden geïsoleerd; voor de proeven werd een goed sporulerende stam uit Zeeland uitgekozen. Wegens de slechte kieming in aq. dest. werd voor de contrôles en verdunningen gebruik gemaakt van gesteriliseerd leidingwater dat een betere kieming gaf. Ook werd bij wijze van proef kersextract toegevoegd om na te gaan of hiervan een kiembevorderende werking uitging. Het kiemingspercentage werd echter niet merkbaar beïnvloed. De verdunningen zijn aangegeven met de negatieve logarithme van de concentratie (pC) op dezelfde wijze als dit bij zuurgraadbepalingen (pH) gebruikelijk is. Door de pC met een vast bedrag (in dit geval 0,2) te laten opklimmen verkrijgt men een meetkundige reeks van verdunningen. Indien de schimmelsporen, zoals

bij levende wezens gebruikelijk is, op een verandering van het milieu volgens meetkundige reden reageren met een reactie volgens rekenkundige reden, zou men als graphische voorstelling een rechte lijn verwachten. In werkelijkheid verkrijgt men gewoonlijk J-vormige krommen; door het gebruik van logaritmisch waarschijnlijkheidspapier kan men hierin nog enige verbetering brengen, althans wat betreft het middengedeelte van de kromme en dus ook wat betreft de bepaling der LD 50. Dit papier was echter niet verkrijgbaar; ook met het gebruikte logaritmisch papier werden krommen verkregen welke het mogelijk maakten te interpoleren en de LD 50 en LD 95 voldoende nauwkeurig te bepalen, de LD 95 m.i. zelfs beter.

De cultures van *Venturia inaequalis* waren steeds vier dagen oud (op kersagar), de sporekieming duurde 72 uur bij 24 °C.

Het ferri-dimethyl-dithiocarbamaat, dat zeer moeilijk oplost in water en andere oplosmiddelen, werd geëmulgeerd met ammonium oleaat. Deze stof had geen merkbare invloed op de kieming.

De kieming der contrôles bedroeg 90–94 %, slechts eenmaal 85 % (bij T.M.T.) en eenmaal 88 % (bij AE.T.D.). Teneinde vergelijkbare resultaten te verkrijgen werden alle verkregen uitkomsten omgerekend op 100 % kieming bij de contrôles.

Hieronder volgen een achttal graphische voorstellingen waarin de verkregen resultaten zijn vastgelegd benevens een verzamelfiguur waarin voor de overzichtelijkheid de stippen zijn weggelaten (Fig. 1 en 2 pag. 28 en 29).

De hieruit bepaalde LD 50 en LD 95 zijn voor:

	LD 50	LD 95
CuSO ₄ met kersextract	0,0007 %	0,0015 %
CuSO ₄	0,0003 %	0,0007 %
T.M.T. (tetramethyl-thiuram-disulfide)	0,00003 %	0,00007 %
F.D.D.C. (ferri-dimethyl-dithiocarbamaat)	0,00008 %	0,0001 %
Z.D.D.C. (zink-dimethyl-dithiocarbamaat)	0,00006 %	0,0006 %
N.AE.B.D.C. (dinatrium-aethyleen-bis-dithiocarbamaat)	0,0012 %	0,0015 %
Z.AE.B.D.C. (zink-aethyleen-bis-dithiocarbamaat)	0,001 %	0,0015 %
AE.T.D. (aethyleen-thiuram-disulfide).	0,003 %	0,004 %

Hieruit blijkt het volgende:

- Bij gebruik van kersextract moest een ruim tweemaal zo sterke concentratie kopersulfaat gebruikt worden als bij leidingwater.
- Het meest werkzaam was T.M.T.; het was juist tienmaal zo werkzaam als CuSO₄.
- Hierop volgen F.D.D.C. en Z.D.D.C., beide zijn belangrijk werkzamer dan CuSO₄.
- N.AE.B.D.C. en Z.AE.B.D.C. komen in werkzaamheid ongeveer overeen, ze zijn minder werkzaam dan CuSO₄.
- AE.T.D.; de werkzaamheid van deze stof is het geringst en bedraagt ongeveer een tiende van die van CuSO₄.

Hier geldt natuurlijk weer dezelfde opmerking dat al deze getallen betrekking hebben op gewichtsprocenten en niet op het aantal aanwezige moleculen, terwijl

ten overvloede erop zij gewezen dat alle getallen uitsluitend gelden voor *Venturia inaequalis* en niets zeggen over het gedrag van deze stoffen ten opzichte van andere schimmels. Ook staat allerm minst vast dat bij praktische toepassing dezelfde verhoudingen gevonden zullen worden; zo schijnt T.M.T., dat hier het werkzaamste was, in de praktijk in werkzaamheid ten achter te staan bij F.D.D.C. en Z.D.D.C.; het heeft echter weer andere voordelen.

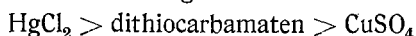
Tenslotte nog een opmerking over het eigenaardig verloop van de krommen bij F.D.D.C., Z.D.D.C. en misschien ook bij T.M.T. (zie stippellijn). Hier treedt het door DIMOND c.s. (2) bij T.M.T. gevonden zgn. „reversal effect” op. DIMOND c.s. verklaren dit door aan te nemen dat de werkzaamheid, die bij verminderde concentratie eerst normaal afneemt, van een bepaald punt af weer toeneemt door dissociatie der moleculen; daarna neemt de werkzaamheid weer normaal af.

Om een indruk te krijgen over eventuele phytocide werkzaamheid van de onderzochte stoffen, werd een proef genomen met *Nicotiana Tabacum* L., *Nicotiana rustica* L., *Solanum Lycopersicum* L., *Lathyrus odoratus* L. en *Bryophyllum pinnatum* KURZ. Op deze planten werd van alle stoffen een 0,2 % oplossing (suspensie) gespoten, dat is dus een concentratie die in de praktijk (waar verschillende vulstoffen in het preparaat aanwezig zijn) zelden wordt overschreden. Nergens werden blijvende beschadigingen veroorzaakt. In zeer weinige gevallen, namelijk bij *N. Tabacum* en *N. rustica* kwam bij gebruik van F.D.D.C. een tijdelijk slap worden voor van de bladranden der onderste bladeren. Dit herstelde zich na twee tot drie dagen weer. Bij proeven met voor de handel gereedgemaakte preparaten trad nergens beschadiging op.

SAMENVATTING

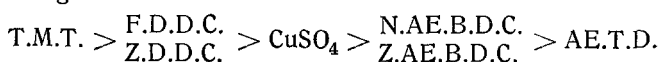
1. Met behulp van de sporekiemingsmethode van REDDICK en WALLACE werd een onderzoek ingesteld naar de waarde als „beschermend fungicide” van een aantal derivaten van dithiocarbaminezuur. Onderzocht werden de reeds als zodanig bekende stoffen tetramethyl-thiuram-disulfide (T.M.T.), ferri-dimethyldithiocarbamaat (F.D.D.C.), zink-dimethyldithiocarbamaat (Z.D.D.C.), dinatrium-aethyleen-bis-dithiocarbamaat (N.A.E.B.D.C.) en zink-aethyleen-bis-dithiocarbamaat (Z.A.E.B.D.C.), benevens de nog niet als zodanig gebruikte stof aethyleen-thiuram-disulfide (A.E.T.D.).

2. Een oriënterende toetsproef met de drie eerstgenoemde stoffen (T.M.T., F.D.D.C. en Z.D.D.C.) met CuSO_4 en HgCl_2 als vergelijkingsstoffen genomen op een tiental verschillende schimmels gaf als resultaat:



De werking ten opzichte van de verschillende proefobjecten liep zeer uiteen. Vergeleken werden gelijke gewichtsprocenten (0,001 % en 0,0001 %) in aq. dest. als oplosmiddel.

3. Een proevenreeks met alle onder 1 genoemde stoffen en CuSO_4 als vergelijkingsstof werd uitgevoerd met conidiën van *Venturia inaequalis* (CKE) ADERH. in leidingwater. In fig. 1 en 2 worden de verdunningen aangegeven met de negatieve logarithme van de concentratie (pC), de concentratie-interval was 0,2. Het resultaat was als volgt:



% niet
gekiemd

Sporekieming bij
Venturia inaequalis (Cke) Aderh.

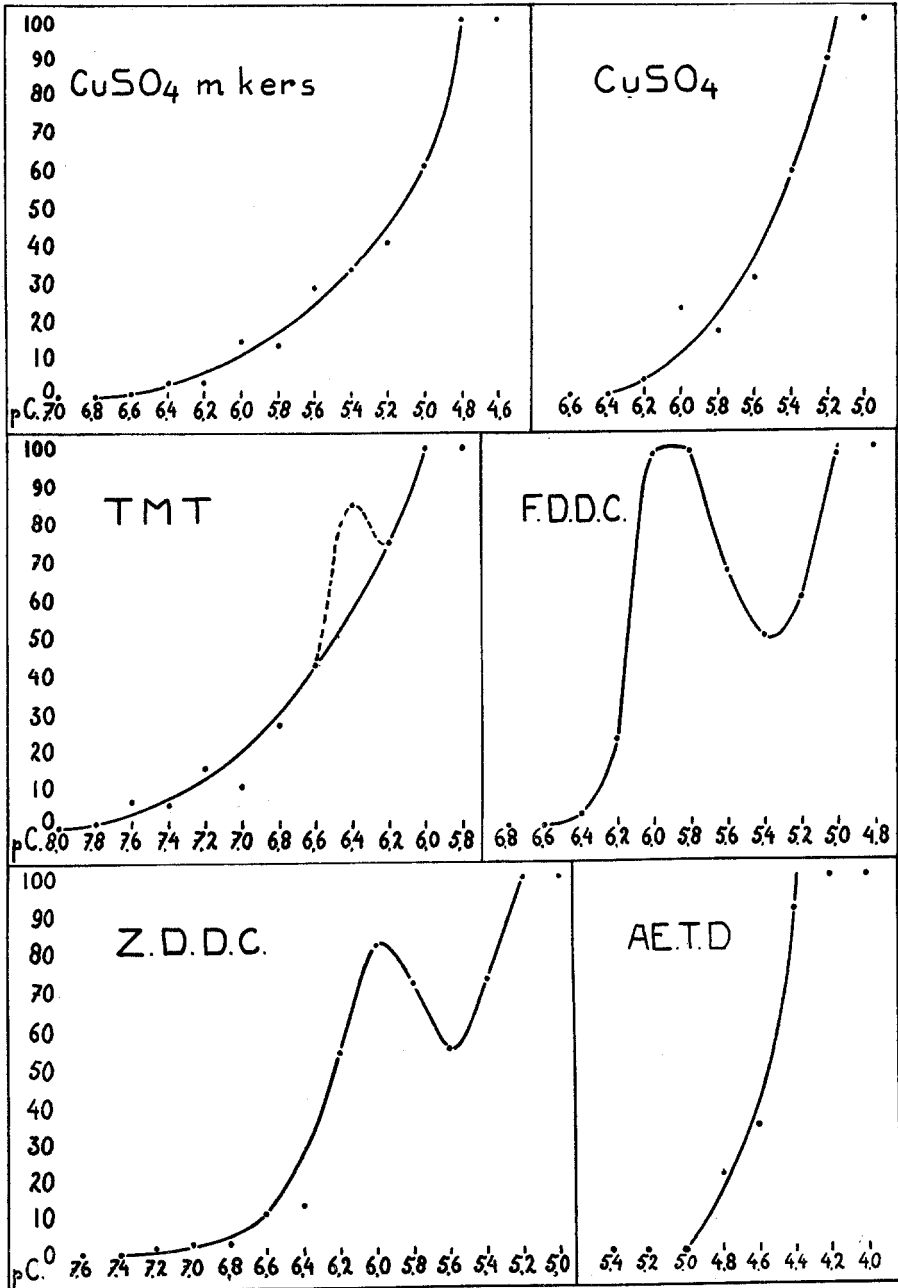


Fig. 1

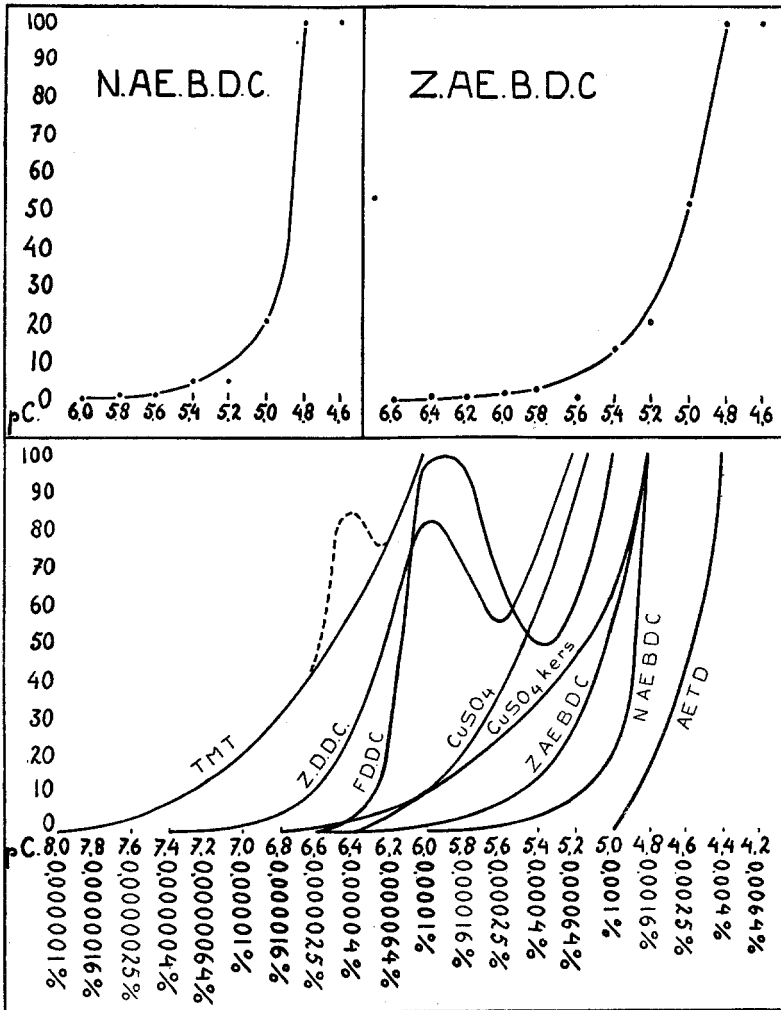


Fig. 2

Uiteraard geeft dit resultaat geen aanwijzing over de werkzaamheid tegen andere schimmels dan *V. inaequalis* (zie sub 2) noch een absolute aanwijzing over de werking der stoffen in de praktijk.

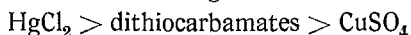
4. Geen van de onder 1 genoemde stoffen had noemenswaardige phytocide werking op *Nicotiana Tabacum*, *Nicotiana rustica*, *Solanum Lycopersicum*, *Lathyrus odoratus* en *Bryophyllum pinnatum* in een in de praktijk gebruikelijke concentratie.

SUMMARY

1. Several derivatives of dithiocarbamic acid were evaluated as protectant fungicides by means of the spore-germination method of REDDICK and WALLACE. Experiments have been carried out on the well-known fungicides tetramethyl thiuram disulfide (T.M.T.), ferric dimethyl dithiocarbamate (F.D.D.C.), zinc-

dimethyl dithiocarbamate (Z.D.D.C.), disodium ethylene bis dithiocarbamate (N.AE.B.D.C.) and zinc ethylene bis dithiocarbamate (Z.AE.B.D.C.) and also on ethylene thiuram disulfide (AE.T.D.).

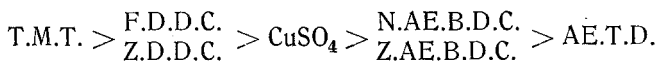
2. A trial was carried out on 10 different fungi, using T.M.T., F.D.D.C. and Z.D.D.C., with CuSO_4 and HgCl_2 for purposes of comparison. The fungicidal properties of these substances were compared using solutions of strengths 0,001 and 0,0001 % in distilled water. The following result was obtained:



Respective fungi differed in their responses.

3. A series of trials with the substances mentioned in 1., and with CuSO_4 for the purpose of comparison have been carried out on a suspension of conidiospores of *Venturia inaequalis* (CKE) ADERH. in tap water. The % strengths of the fungicidal solutions were recorded as the negative logarithms of their concentrations (pC) at intervals of 0,2 (Fig. 1 and 2).

The result was as follows:



It is necessary to point out that this result may or may not apply to fungi other than *V. inaequalis*, and that it does not quite indicate what the effect of the fungicides may be under conditions of practical spraying.

4. None of the fungicides mentioned in 1. had a phytocidal effect worth mentioning in the usual concentrations. The plants used in the tests were *Nicotiana tabacum*, *Nicotiana rustica*, *Solanum Lycopersicum*, *Lathyrus odoratus* and *Bryophyllum pinnatum*.

LITERATUUR

1. AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY. COMMITTEE ON STANDARDIZATION OF FUNGICIDAL TESTS. The slide-germination method of evaluating protectant fungicides. *Phytopath.*, 33: 627-632, 1943.
2. DIMOND, A. E., HORSFALL, J. G., HEUBERGER, J. W. & STODDARD, E. M., Role of the dosage-response curve in the evaluation of fungicides. *Connect. Agr. Exp. St. Bull.*, 451: 635-667, 1941.
3. HARTSUIJKER, K., Het wetenschappelijk onderzoek van fungiciden. Diss. A'dam, 1940.
4. HORSFALL, JAMES G., Fungicides and their action. *Chron. Bot. Comp.* Waltham, Mass. 1945.
5. KUENEN, Dr D. J., Het Fruitspint en zijn Bestrijding. *Tuinb. Voorl. Dienst, Med.* 44, 1946.
6. MCCALLAN, S. E. A., Bioassay of Agricultural Fungicides. *Agr. Chem.* 2 (9): 31-34, 67; 2 (10): 45, 1947. Reprinted in Prof. Paper 2/4, Boyce Thompson Inst. Yonkers, 1947.
7. MCCALLAN, S. E. A. What every dealer should know about Fungicides. *Agr. Chem.* 3 (7): 23-25, 77, 79, 1948. Reprinted in Prof. Paper 2/5 Boyce Thompson Inst. Yonkers, 1948.
8. REDDICK, D. and WALLACE, E., On a laboratory method of determining the fungicidal value of a spray mixture or solution. *Science* n.s. 31: 798, 1910.