

SEPARAAT

No. 22215

L366 II

REPRINTED FROM:

VAKBL. BIOL. 2 (1962) 1-11

SYNTHETISCHE GROEISTOFFEN BIJ DE ONKRUIDBESTRIJDING

W. VAN DER ZWEEP

632.5
632.954
577.17

BIBLIOTHEEK
INSTITUUT VOOR
BODEMVRUCHTBAARHEID
GRONINGEN



Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen, Wageningen
Mededeling 169

E-490876

SYNTHETISCHE GROEISTOFFEN BIJ DE ONKRUIDBESTRIJDING

door W. VAN DER ZWEEP

*(Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van
Landbouwgewassen, Wageningen).*

Hoewel de moderne chemische onkruidbestrijding reeds vóór 1940 een aanvang neemt (de toepassing als onkruidbestrijdingsmiddel in granen van 4,6-dinitro-ortho-cresol, het bekende DNOC, kwam voort uit het werk van TRUFFAUT en PASTAC in 1937) heeft pas de introductie van de fenoxiazijnzuren tijdens de tweede wereldoorlog de grote ontplooiing ingeluid. 2,4-Dichloorfenoxiazijnzuur en 2-methyl-4-chloorfenoxiazijnzuur, verbindingen thans beter bekend onder de gestandaardiseerde namen 2,4-D en MCPA, hebben bij de plantenteelt het principe van de selectieve onkruidbestrijding algemeen ingang doen vinden. Met deze produkten werd het op grote schaal

mogelijk chemische middelen te gebruiken om onkruiden te doden zonder het gewas sterk in zijn ontwikkeling te beïnvloeden. Deze ontwikkeling stimuleerde het zoeken naar andere voor onkruidbestrijding bruikbare produkten. De daarbij ontdekte stoffen zijn wat betreft hun fysiologische werking vaak in geen enkel opzicht meer met de bovengenoemde zogenaamde synthetische groeistoffen te vergelijken.

Hoewel het voor botanici interessant kan zijn kennis te nemen van de fysiologische en biochemische basis van de moderne onkruidbestrijding, zullen wij ons in dit als overzicht bedoelde artikel tot de groep der groeistoffen beperken. Enerzijds omdat het onmogelijk is in kort bestek de grote fysiologische variatie van de moderne herbiciden tot zijn recht te doen komen, anderzijds omdat het biologisch interessanter is in verband met de ontwikkeling van de leer der natuurlijke groeistoffen een schets te geven van de wijze waarop zich bij de chemische onkruidbestrijding het gebruik van de synthetische groeistoffen heeft ontwikkeld. Hierbij kunnen tevens enkele van de factoren tot uiting komen welke bepalend zijn om een fysiologisch actieve stof in de praktijk van de plantenteelt als herbicide geaccepteerd te krijgen.

De te behandelen verbindingen worden in het algemeen aangeduid als „synthetische plantengroeistoffen”, „synthetische groeistoffen” of „synthetische auxinen”. In de Engelse vakliteratuur worden ze ook wel aangeduid als „auxin type growth regulators” (zie *Weed Control Handbook*, 1960).

Fenoxyazijnzuren

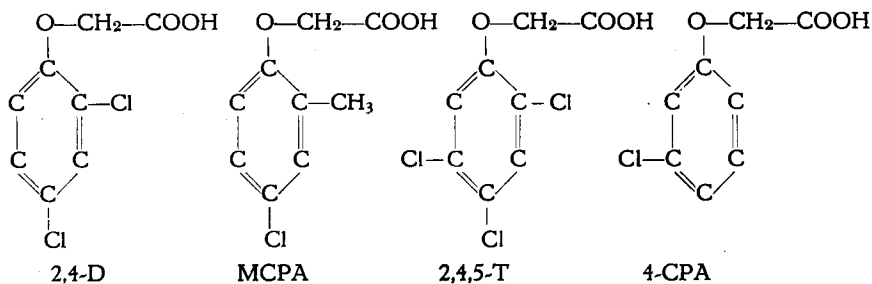
Ook bij de synthetische groeistoffen is de bruikbaarheid als herbicide enerzijds bepaald door een slechte invloed op de groei van de onkruiden, anderzijds door een te verwaarlozen invloed op het gewas. De snelle verbreiding van het gebruik van de fenoxyazijnzuren 2,4-D en MCPA is dan ook niet alleen te verklaren uit het feit dat deze stoffen dicotyle onkruiden doden. Van even groot belang is de factor dat de stoffen toegepast kunnen worden bij een belangrijke groep cultuurgewassen: de granen.

De mogelijkheid 2,4-D en MCPA bij granen toe te passen wordt bepaald door enkele factoren. Hiervan kunnen genoemd worden de voor een goede onkruidbestrijding noodzakelijke dosering van het bestrijdingsmiddel, de gevoeligheid van het gewas in het voor het moment van toepassing typerende groeistadium en verder de vorm waarin de produkten worden toegediend.

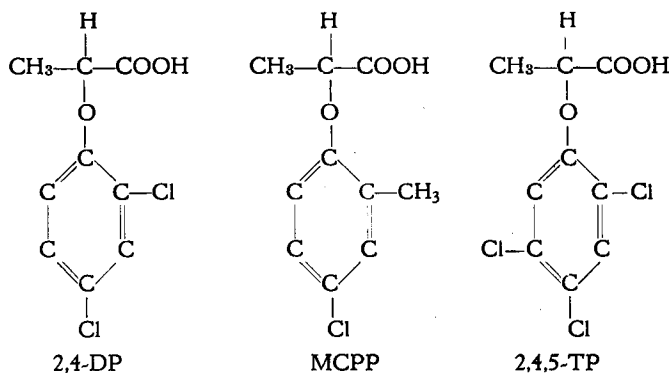
Wat betreft de dosering valt op te merken dat er een verschil bestaat tussen de moderne herbiciden en de enkele reeds vóór 1940 in de landbouw gebruikte produkten. De nieuwere herbiciden worden namelijk veelal gebruikt in de geringe hoeveelheden van 0,5 tot 1 kg per hectare en zijn dus zeer actief. De toepassing van herbiciden onderscheidt zich verder van o.a. die van insecticiden en fungiciden door het feit dat er altijd een bepaalde dosering per opgegeven oppervlakte vermeld wordt. Aan de concentratie van het middel in de toepassingsvloeistof, hoe belangrijk deze ook bij veel toepassingen mag zijn, wordt veel minder betekenis gehecht dan bij andere pesticiden. Bij herbiciden is het zelfs gevaarlijk met concentraties te werken, omdat dit ge-

ENKELE VOOR ONKRUIDBESTRIJDING GEBRUIKTE SYNTHETISCHE GROEISTOFFEN

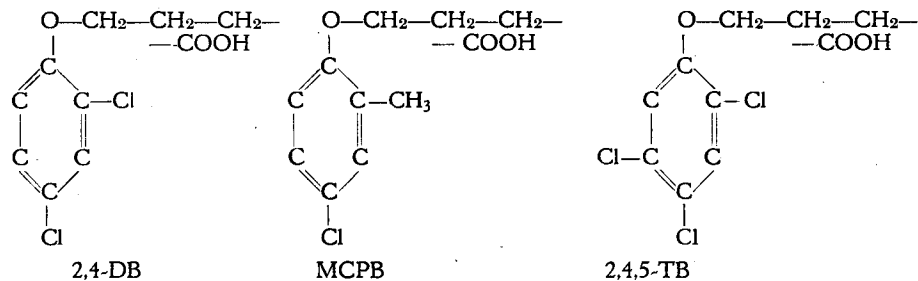
FENOXYAZIJNZUREN



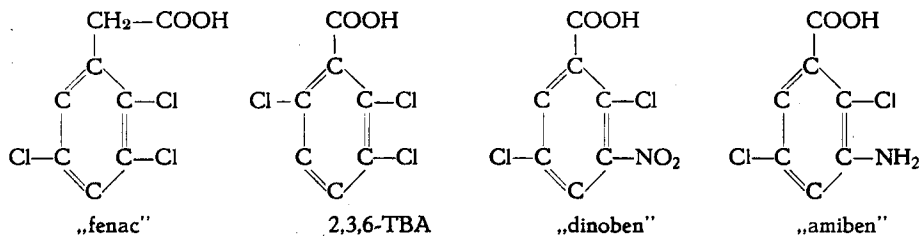
FENOXYPROPIONZUREN



FENOXYBOTERZUREN



FENYLAZIJNZUREN EN BENZOËZUREN



makkelijk tot overdoseringen en beschadigingen aan het gewas leidt.

Het ontwikkelingsstadium van de planten op het moment van toepassing van het bestrijdingsmiddel kan bepalend zijn voor de mate van de reactie. Dit geldt vooral voor overblijvende onkruiden, waarbij zeer vaak geconstateerd is dat ze kort voor de bloei het sterkst op synthetische groeistoffen reageren. Voorbeelden van „tijdstoppen”-proeven, waarin het stadium van grootse reactie van onkruiden op bestrijdingsmiddelen wordt vastgesteld zijn vermeld door STRYCKERS (1958).

Ook de reactie van de gewassen op synthetische groeistoffen wordt onder meer beïnvloed door het ontwikkelingsstadium. Aangezien in het algemeen opbrengstdervingen als gevolg van de invloed van een herbicide niet geaccepteerd worden, kunnen betrekkelijk geringe beïnvloedingen van bijv. de structuur van de bloeiwijze al ongewenst zijn. Zowel bij granen (AUDUS, 1959) als bij andere voor zaadteelt verbouwde Gramineae (SEN, 1960) is dan ook veel onderzoek verricht over het verband tussen de ontwikkeling van het groeiprimordium op het moment van behandeling met synthetische groeistoffen en de later bij het gewas geconstateerde groeifwijkingen.

Er bestaat nog weinig inzicht in de oorzaken van de tijdens verschillende groeistadia waargenomen verschillen in reactie van onkruid en gewas. De oorzaken kunnen van verschillende aard zijn. In verschillende groeistadia kan bijv. de aard van het bladoppervlak van de planten verschillen, waardoor uiteenlopende hoeveelheden bestrijdingsmiddel opgenomen worden. Of in de plant kan in verschillende groeistadia de synthetische groeistof in verschillende mate geadsorbeerd worden, waardoor verschillen kunnen optreden in de hoeveelheid produkt welke de gevoelige weefsels bereikt. Bij granen wordt de grotere resistentie tegen 2,4-D ná het moment van aaraanleg wel toegeschreven aan een vermindering van het in de plant verplaatste 2,4-D (VAN DER ZWEEP, 1961).

Hoewel men het er over eens is, dat het in de plant het 2,4-dichloor-fenoxyazijnzuur is waaraan de groeistofwerking moet worden toegeschreven (CRAFTS, 1961), betekent dit niet dat de synthetische groeistof ook het beste in de zuur-vorm aan de plant toegediend kan worden. Al naardat men uitgaat van verschillende zouten of esters is het zelfs mogelijk de resultaten van de behandeling te beïnvloeden. Deze „vormgeving” van het middel (waartoe ook nog gerekend dienen te worden hier niet besproken handelingen als o.a. het oplossen van de stof in een oplosmiddel, de toevoeging van emulgatoren en van stoffen die het uiteindelijke produkt onder de zeer uiteenlopende omstandigheden van de praktijk bruikbaar maken) wordt in het Nederlands meestal als „het formuleren” aangeduid.

Oorspronkelijk werd 2,4-D onderzocht als zuur, opgelost in Carbowax-1500, een polyethyleenglycol met een molekulgewicht van circa 1500. De toepassing van deze oplossing heeft in de praktijk geen ingang gevonden. Wel is er een enkel handelsprodukt, waarin 2,4-D-zuur opgelost is in een in water emulgeerbare olie.

Bij de bestrijding van eenjarige onkruiden worden met de zouten van 2,4-D meestal goede resultaten bereikt, zowel met het Na- als met het NH_4 -zout.

In de praktijk zijn aan deze zouten echter moeilijkheden verbonden in verband met het gemakkelijk uitkristalliseren, vooral bij verdunning met „hard” water. Dit is minder het geval bij amine-zouten, waarvan vooral de ethanolamine-zouten veel gebruikt worden. Door het hygroscopisch karakter van tri-ethanolamine wordt tevens de inwerkingsduur van de spuitvloeistof op de planten verlengd.

Voor de bestrijding van veel overblijvende onkruiden zijn de zouten echter weinig effectief. Vermoedelijk dringt het 2,4-D, als zout toegepast, in te geringe hoeveelheden in deze planten door. Men heeft daarom getracht het lipofiele karakter van de groeistofmoleculen te verhogen door alkylesters te gebruiken om aldus de penetratie in de wasachtige cuticula te vergroten. In de praktijk worden met deze esters wel goede resultaten bereikt, maar een bezwaar van de methyl-, ethyl-, isopropyl- en butylesters is de hoge dampspanning, waardoor door vervluchtiging schade kan ontstaan aan in de buurt van behandelde onkruiden groeiende gevoelige gewassen. Om dit nadeel te voorkomen werden esters met een hoger molekulgewicht onderzocht, ook bij andere gesubstitueerde fenoxiazijnzuren. Zo is van de aan 2,4-D verwante synthetische groeistof 2,4,5-T in Nederland o.a. de octylester als laagvluchtige formulering verkrijgbaar.

Men kan echter niet onbepaald doorgaan de alkylketen van 2,4-D-esters te verlengen. Elke toegevoegde methyleengroep bevordert namelijk de neiging van het molecuul in de wasachtige lagen van het bladoppervlak te blijven en minder in de plant te dringen. Bij langere zijketens wordt dit tegengegaan door er ether-zuurstofatomen in op te nemen. Een voorbeeld daarvan is de butoxyethanol-ester van 2,4-D, waarmee tegen bepaalde onkruiden opvallende resultaten te bereiken zijn. Nog langere zijketens zonder sterk lipofiel karakter worden verkregen door 2,4-D te veresteren met glycolen, speciaal propyleenglycolen. Een in de Verenigde Staten vrij veelvuldig benutte vorm van 2,4-D is de propyleenglycolbutylether-ester, de zgn. PGBE-ester.

Het hierboven geschetste vormgeven aan het 2,4-D-molecuul is vooral beïnvloed geworden door de aanvankelijk in de Verenigde Staten heersende mening, dat 2,4-D het middel was waarmee alle onkruidproblemen op te lossen zouden zijn, mits men er maar in kon slagen het middel in voldoende hoeveelheid in de plant te brengen bij de in hun groei te beïnvloeden weefsels. In Europa, waar het gedurende de oorlog ontwikkelde MCPA sterk naar voren kwam (SLADE, TEMPLEMAN and SEXTON, 1945), kon duidelijker tot uiting komen dat planten in het algemeen op 2,4-D en MCPA gelijk reageren, maar dat er ook gevallen zijn waarin of de gevoeligheid voor 2,4-D of die voor MCPA groter is. Hoewel Gramineae iets sterker op 2,4-D dan op MCPA reageren, is maïs juist voor MCPA gevoeliger dan voor 2,4-D. Hier werd dus duidelijk dat 2,4-D niet het eindpunt van de chemische onkruidbestrijding zou zijn en dat het loonde ook andere verbindingen te gaan bestuderen.

Bij een aantal gewassen, waarbij geen 2,4-D gebruikt kan worden wegens een te sterke invloed op het gewas, kan MCPA nog wel voor selectieve onkruidbestrijding ingezet worden. Dit is bijv. het geval bij vlas, een dicotyle

plant dus, maar voldoende resistent tegen lage doseringen MCPA, waardoor bestrijding van enkele typische vlasonkruiden, bijv. *Chenopodium album*, mogelijk wordt.

Bij MCPA is veel minder dan bij 2,4-D getracht door het ontwikkelen van speciale vormen de werking tegen bepaalde onkruiden te verbeteren. In het algemeen wordt alleen van enkel MCPA-zouten gebruik gemaakt. Deze geven voor het beoogde doel — onkruidbestrijding in grasland en granen — meestal bevredigende resultaten. Voor de onderdrukking van een aantal niet goed met MCPA bestreden onkruiden zijn inmiddels ook andere synthetische groeistoffen naar voren gekomen, waardoor het zoeken naar doeltreffender MCPA-formuleringen minder urgent geworden is.

Ook bij MCPA bestaat er weinig inzicht in de oorzaken van de gevoeligheid van plantesoorten voor dit middel. Baanbrekend werk is hier wel verricht door BRIAN, die na een eerste mededeling in 1954 ook nog in aansluitend onderzoek heeft kunnen aantonen dat de resistentie van planten tegen MCPA gecorreleerd is met het vermogen van deze planten het bestrijdingsmiddel aan celbestanddelen te adsorberen en daardoor in zijn verplaatsing in de plant te beïnvloeden.

Van de andere bij de onkruidbestrijding gebruikte fenoxyzijnzuren moeten nog genoemd worden 2,4,5-T (2,4,5-trichloorfenoxyzijnzuur) en 4-CPA (4-chloorfenoxyzijnzuur). 2,4,5-T is vooral voor de bestrijding van een aantal houtige onkruiden zeer doeltreffend gebleken, hoewel het in fysiologische toetsen in het geheel niet zulk een sterk actieve groeistof is (AUDUS, 1959). *Rubus* spp. en *Urtica dioica* zijn erg gevoelig voor het middel, verder loofhoutopslag, bijv. van *Prunus serotina* en van *Quercus borealis*. Ook worden laagvluchtige esters van 2,4,5-T wel gemengd met esters van 2,4-D en dan als „brush killer” in de handel gebracht.

4-CPA is pas gedurende de laatste jaren naar voren gekomen, speciaal voor de bestrijding van *Pteridium aquilinum*. Deze plant is in uitgestrekte weidegebieden in Groot-Brittannië en in de bosbouw op het Europese continent een groot probleem. Esters van 4-CPA, toegepast omstreeks het moment van volle bladontwikkeling, hebben in een aantal gevallen een redelijke bestrijding van de plant te zien gegeven. Er zijn met dit middel echter ook teleurstellende ervaringen opgedaan. Deze moeten vermoedelijk teruggebracht worden tot de grote verschillen welke er bestaan tussen de ontwikkeling van de adelaarsvaren op verschillende groeiplaatsen en de daarmee gepaard gaande uiteenlopende gevoeligheid van het wortelstelsel.

Ter volledigheid dienen hier nog enkele herbiciden genoemd te worden die niet in Nederland gebruikt worden maar nauw aan de fenoxyzijnzuren verwant zijn, nl. het Na-zout van 2,4-dichloorfenoxy- en van 2-methyl-4-chloorfenoxyethylsulfaat, alsmede tri-(2,4-dichloorfenoxyethyl)fosfiet. Dit zijn stoffen welke op zichzelf geen herbicide werking bezitten, maar in de grond omgezet worden tot de fenoxxyethanolvormen van resp. 2,4-D, MCPA en 2,4-D en dan als zodanig sterk actief zijn. De produkten kunnen over sommige overblijvende gewassen verspoten worden zonder deze in hun groei te

belemmeren, terwijl oppervlakkig kiemende onkruiden door de omzettingsprodukten worden gedood.

Fenoxypropionzuren

Het naar voren komen van de fenoxypropionzuren voor onkruidbestrijdingsdoeleinden heeft pas na 1955 plaatsgevonden. Bij deze verbindingen gaat het veel meer dan bij de fenoxyazijnzuren om speciale produkten, welke gekozen worden voor de bestrijding van bepaalde onkruiden.

Van de fenoxypropionzuren zijn alleen de niet-eindstandig gesubstitueerde homologen actief gebleken. Deze komen echter voor in twee isomere vormen, waarvan er slechts één actief is. Aangezien het niet mogelijk is de twee isomeren in grote hoeveelheden te scheiden hebben de fenoxypropionzuren dus het nadeel, dat de in de praktijk te gebruiken hoeveelheid zuur tweemaal zo hoog dient te zijn als voor een goed effect op de onkruiden nodig is.

Het gebruik van 2-(2-methyl-4-chloorfenoxy)propionzuur, dat ook MCPP of mecoprop genoemd wordt, is gebaseerd op onderzoeken van LUSH (1956) en LEAFE (1956), die onkruidbestrijdingsmiddelen zochten voor de bestrijding van het moeilijk met 2,4-D en MCPA te beïnvloeden kleeftkruid (*Galium aparine*). Als doeltreffend kwamen naar voren: 2-(2,4-dichloor-3-methylfenoxy)- en 2-(2-methyl-4-chloorfenoxy)propionzuur. Met het laatste middel is verder gewerkt, ook omdat het een ander lastig eenjarig onkruid, *Stellaria media*, zeer goed bestrijdt. Het wordt meestal toegepast als kalium- of aminezout.

De aan het fenoxyazijnzuur 2,4,5-T verwante 2-(2,4,5-trichloorfenoxy)propionzuur was reeds voor de introductie van MCPP bekend als bestrijdingsmiddel voor houtige gewassen. Vandaar de wel voor dit produkt gebruikte naam silvex, welke echter niet als gestandaardiseerde naam erkend is, evenmin als de in Nederland gebruikte aanduiding 2,4,5-TP. Het produkt is meestal geformuleerd als een laagvluchtige ester, bijv. een PGBE-ester. In de laatste tijd wordt echter ook meer aandacht besteed aan zouten, speciaal voor gebruik van 2,4,5-TP als middel tegen waterplanten, aangezien gebleken is dat in deze vorm het produkt ook doeltreffend kan zijn en bovendien de giftigheid voor vissen veel geringer is dan in de te emulgeren estervorm. In Nederland is 2,4,5-TP het eerste naar voren gekomen als bestrijdingsmiddel van klein hoefblad (*Tussilago farfara*). Aangezien de werking op granen van de voor bestrijding van dit onkruid benodigde hoeveelheden produkt in het algemeen te sterk is, wordt de bestrijding uitgevoerd in de stoppel van het graangewas, dus na de oogst. De ervaringen met deze toepassingen zijn weliswaar niet geheel bevredigend, maar het onkruid wordt toch (evenals door 2,4-D-aminezout) sterk in zijn groei geremd.

Aangezien spoedig bleek dat 2,4,5-TP ook een sterk effect heeft op *Stellaria media*, is bij verschillende teelten het middel op zijn bruikbaarheid in deze richting bestudeerd. Vooral in de graszaadteelt wordt het thans veel voor dit doel gebruikt (SEN, 1960).

Opvallend is, dat bij deze fenoxypropionzuren anders dan bij de fenoxyazijn-

zuren een goede bevochtiging van de te bestrijden planten met de spuitvloei-
stof gewenst is. Men krijgt de indruk, dat deze middelen in de plant slechter
vervoerd worden dan de fenoxyzijnzuren. Ook de reactiesymptomen ver-
schillen van die van 2,4-D en MCPA. Zo worden bij granen en grassen
typische abnormale groeisymptomen als „uienbladeren” wel na behande-
lingen met 2,4-D en MCPA, maar zelfs niet bij overdosering van fenoxyp-
ropionzuren waargenomen.

Over de oorzaken van de grote gevoeligheid van de genoemde plantesoorten
voor de fenoxypionzuren valt niets te zeggen. Evenmin over de fysiolo-
gische achtergrond van de bestrijding van *Polygonum* spp. met 2-(2,4-di-
chloorfenoxyl)propionzuur, ook wel 2,4-DP genoemd.

Fenoxyloterzuren

De fenoxyloterzuren zijn als onkruidbestrijdingsmiddelen door WAIN in-
gevoerd. Zijn mededelingen op het tweede Britse Onkruidbestrijdingscongres
te Blackpool in 1954 (WAIN, 1954) hebben aanleiding gegeven tot veel
onderzoek dat de waarde van de genoemde verbindingen voor de praktijk
duidelijk aantoonde.

In tegenstelling tot de fenoxypionzuren gaat het bij de fenoxyloterzuren
om de eindstandig gesubstitueerde homologen, welke met andere eindstandige
fenoxylalkylcarbonzuren met een oneven aantal methylgroepen in de alkyl-
keten, de eigenschap gemeen hebben volgens de door SYNERHOLM en ZIM-
MERMAN (1947) beschreven beta-oxydatie afgebroken te kunnen worden tot
het corresponderende fenoxylzijnzuur. De vondst van WAIN, dat sommige
plantesoorten deze beta-oxydatie veel gemakkelijker bewerkstelligen dan
andere, bleek in de praktische onkruidbestrijding van toepassing. Enkele
fenoxyloterzuren kunnen toegepast worden bij de teelt van gewassen, die
niet in staat zijn deze verbindingen tot de actieve fenoxylzijnzuurhomoloog
(bijv. 2,4-D of MCPA) af te breken en dientengevolge resistent zijn. Een
aantal dicotyle onkruiden, waarin deze omzetting wel plaats vindt, gaan wel
onder de toepassing lijden.

Onder de resistente gewassen treft men erwten en vooral klaversoorten aan.
Vooral voor de klavers hebben de gesubstitueerde boterzuren een grote
betekenis, aangezien deze gewassen vaak als ondervrucht gezaaid worden
onder granen en de jonge plantjes sterk te lijden kunnen hebben van een in
het graan uitgevoerde onkruidbestrijding met fenoxylzijnzuren. Is het on-
kruidsortiment zodanig dat een fenoxyloterzuur voldoende effectief is voor
de bestrijding daarvan, dan kan fenoxyloterzuur zonder schade toegepast
worden.

In Nederland wordt alleen gebruik gemaakt van 4-(2-methyl-4-chloorfe-
noxy)boterzuur, ook wel MCPB genoemd. Opvallende verschillen in reactie
van de plantesoorten komen voor. Zo is *Raphanus raphanistrum* voor
MCPB erg ongevoelig, terwijl *Sinapis arvensis* sterk op het middel reageert.
Ook enkele overblijvende onkruiden, zoals *Cirsium arvense* en *Sonchus ar-
vensis*, zijn voor MCPB gevoelig.

Uit het bovenstaande blijkt reeds dat het vermogen tot afbraak van een fenoxycarboxylzuur tot een fenoxycarboxylzuur willekeurig over de plantesoorten is verdeeld. Lucerne, nauw verwant aan de rode en witte klaver, blijkt weer sterk op MCPB te reageren, terwijl het praktisch ongevoelig is voor het 4-(2,4-dichloorfenoxycarboxyl)zuur, ook wel 2,4-DB genoemd.

Ook het fenoxycarboxylzuur 2,4,5-T heeft in de carboxylzuurreeks een homologe verbinding, namelijk 2,4,5-TB. Deze verbinding heeft nog even de aandacht gehad als bestrijdingsmiddel van *Convolvulus arvensis* in aanplantingen van bessestruiken.

Alvorens over te gaan op de gesubstitueerde benzoëzuren moet nog kort melding gemaakt worden van een fenylazijnzuur, nl. 2,3,5-trichloorfenylazijnzuur, waarvan onlangs gegevens zijn samengevat (STERRY, 1961). Ook bij dit middel, dat wel met de naam fenac wordt aangeduid, hebben we te maken met een produkt met beperkte toepasbaarheid. Vooral enkele overblijvende onkruiden blijken er sterk op te reageren, zoals *Convolvulus arvensis*, *Centaurea repens* en *Agropyron repens*, maar de gevoeligheid van de meeste gewassen is zo groot dat het middel bij toepassing in de benodigde doseringen alleen voor onkruidbestrijding op onbetaalde terreinen een toekomst heeft. Echter is ook opgemerkt, dat toevoeging van kleine hoeveelheden trichloorfenylazijnzuur aan andere herbiciden het effect van de bespuiting sterk bevordert. Deze zich nog in ontwikkeling bevindende mogelijkheden bieden even de gelegenheid te wijzen op de interessante synergistische effecten, welke men bij gelijktijdige toepassing van twee of meer onkruidbestrijdingsmiddelen vaak bij behandelde planten kan waarnemen.

Benzoëzuren

Voor de gechlloreerde benzoëzuren hebben deze groep verbindingen bij de onkruidbestrijding betrokken. Uit de door CRAFTS (1961) voor de tri- en tetrachloorbenzoëzuren samengevatte gegevens blijkt, dat vooral bij 2,3,6-trichloorbenzoëzuur (2,3,6-TBA) de gevoeligheid van de planten voor dit middel verband houdt met de intensiteit van transport naar meristematische weefsels. Evenals andere gechlloreerde benzoëzuren blijft 2,3,6-TBA in de grond zeer lang werkzaam en kan daardoor moeilijkheden geven bij na een toepassing verbouwde gevoelige gewassen.

Een grote belangstelling voor 2,3,6-TBA kwam in Europa tot stand na de onderzoeken van PFEIFFER (1958), die aantoonde dat toevoeging van een zeer geringe hoeveelheid 2,3,6-TBA aan MCPA een goede bestrijding mogelijk maakt van kamille (*Matricaria* spp.), één van de lastigste onkruiden in wintergranen. De te gebruiken hoeveelheid 2,3,6-TBA wordt bepaald door de resistentie hiertegen van het gewas. Niet meer dan 250 tot 300 gram 2,3,6-TBA per hectare garandeert reeds een goede bestrijding van de kamille, terwijl de tegelijkertijd toegepaste MCPA de werking van de TBA synergistisch blijkt te versterken, zodat ook een groot sortiment andere onkruiden goed bestreden wordt. Ook bij deze menging hebben we echter

te doen met een produkt, dat alleen bij aanwezigheid van moeilijk met andere middelen te bestrijden onkruiden ingezet mag worden. De onder deze omstandigheden door het wegnemen van de onkruidconcurrentie te verkrijgen verbetering in de ontwikkeling van het gewas compenseert de bij aanwezigheid van slechts weinig onkruiden waargenomen lichte nadelige invloed van de bespuiting op het gewas.

Door naast chlooratomen ook nog een nitro- of een amino-groep in het benzoëzuurmolekuul te brengen, hebben onderzoekers van Amchem Products Inc. enige nieuwe zeer interessante herbiciden kunnen ontwikkelen (STERRY, 1961). Deze zijn, in afwijking van de bovengenoemde gechloreerde benzoëzuren, veel beter als selectief onkruidbestrijdingsmiddel te gebruiken. De belangrijkste thans bij het onderzoek betrokken verbindingen van dit type zijn 3-nitro-2,5-dichloorbenzoëzuur en 3-amino-2,5-dichloorbenzoëzuur, beter bekend onder de (overigens niet gestandaardiseerde) namen dinoben en amiben. Gebleken is dat amiben iets sterker op de onkruiden werkt dan dinoben en bovendien een voor enkele belangrijke cultuurgewassen wat gunstiger selectieve werking bezit. Uit onderzoekingen uitgevoerd in Davis werd de aanwijzing verkregen, dat de opvallende resistentie van sojabonen tegen amiben te verklaren zou zijn door de aanname van een zeer gering transport van het wortelstelsel naar de spruit. Het middel wordt toegepast kort na het zaaien van het gewas en blijkt zulk een lange werkingsduur te hebben, dat de na de opkomst van het gewas nog kiemende en zich ontwikkelende onkruiden nog voldoende produkt kunnen opnemen en dat zij daardoor gedood kunnen worden. Aan de andere kant is de werkingsduur van het middel niet zo lang, dat op het moment van de oogst nog van een invloed op kiemende onkruiden gesproken kan worden.

Het overzicht over de benzoëzuren wordt besloten met 2,6-dichloorbenzoni-tril, een door de onderzoekers van Philips-Duphar en Shell voor onkruidbestrijdingsdoeleinden ontwikkelde verbinding. De stof kan volgens de gegevens van DAAMS en BARNLEY (1961) niet tot de groeistoffen gerekend worden en wordt daarom hier alleen genoemd ter verduidelijking van de mogelijkheden welke er binnen de benzoëzuren voor de onkruidbestrijding bestaan. Een zeer interessant effect van 2,6-dichloorbenzoni-tril is de werking op boven de grond komende spruiten van *Pteridium aquilinum*. Deze worden volkomen in hun groei gestopt; zelfs de na het moment van behandeling door de behandelde bovengrond dringende spruiten blijken nog voldoende middel op te nemen om niet meer verder te kunnen groeien.

Besluit

Aan het bovenstaande overzicht over de bij de onkruidbestrijding gebruikte synthetische groeistoffen hadden nog enkele andere verbindingen toegevoegd kunnen worden. Zij nemen echter in de praktijk een te ondergeschikte plaats in om belangrijk geacht te kunnen worden voor een bespreking. Getracht is in de literatuurlijst de meest recente literatuur over de besproken herbiciden samen te brengen en tevens voor de daarin geïnteresseerde lezer

de belangrijkste naslagwerken voor de chemische onkruidbestrijding te noemen. De opgegeven publikaties en het hierboven gegeven overzicht mogen aantonen, dat bij de plantenteelt de toepassing van chemische produkten voor onkruidbestrijdingsdoeleinden niet meer weg te denken is. Het valt toe te juichen, dat er aan inzicht-verbredend onderzoek over de werkingswijze van de middelen meer en meer aandacht wordt besteed. Generaties van onderzoekers zullen zich echter vermoedelijk nog bezig kunnen houden met het ontwarren van de subtiële verschillen tussen gewassen en onkruiden, waarvan de chemische onkruidbestrijding meest langs empirische weg het bestaan heeft aangetoond.

Literatuur

- AUDUS, L. J., Plant growth substances. London (1959); 553 pp.
- BRIAN, R. C., Adsorption and growth regulation. Proc. 2nd. Brit. Weed Contr. Conf., Harrogate (1954); 321—324.
- CRAFTS, A. S., Weed control: applied botany, Amer. J. Bot. 43 (1956); 548—556.
- CRAFTS, A. S., The chemistry and mode of action of herbicides. New York, London (1961); 269 pp.
- DAAMS, J. and G. E. BARNSELY, General herbicidal properties of 2,6-dichlorobenzonitrile. Proc. Symp. on Herbicides. Paris (dec. 1961). In druk.
- KURTH, H., Chemische Unkrautbekämpfung. Jena (1960); 228 pp.
- LEAFE, E. L., A new development in selective weed control. Part 2, Effect on cereal development. Proc. 3rd Brit. Weed Contr. Conf., Blackpool (1956); 633—640.
- LUSH, G. B., A new development in selective weed control. Part 1, Introduction and weed control data. Proc. 3rd Brit. Weed Contr. Conf., Blackpool (1956); 625—632.
- PFEIFFER, R. K., Some aspects of the use of 2,3,6-TBA/MCPA mixtures for selective weed control in cereals. Proc. 4th Brit. Weed Contr. Conf., Brighton (1958).
- SEN, K. M., Studies on the influence of some auxin herbicides on grass-seed crops. Proefschr. Landbouwhogeschool Wageningen (1960); 70 pp.
- SLADE, R. E., W. G. TEMPLEMAN and W. A. SEXTON, Plant growth substances as selective weedkillers. Differential effects of plant-growth substances on plant species. Nature 155 (1945); 497.
- STERRY, J. R., Fenac, development and present status. Proc. Symp. on Herbicides. Paris (dec. 1961). In druk.
- STERRY, J. R., Amiben, development and present status. Proc. Symp. on Herbicides. Paris (dec. 1961). In druk.
- STRYCKERS, J., Onderzoekingen naar de toepassingsmogelijkheden van synthetische groeistoffen als selectieve herbiciden in grasland en akkerbouwgewassen. Proefschr. Rijkslandbouwhogeschool Gent (1958); 197 pp.
- STRYCKERS, J., Onkruidbestrijding. 4e herz. uitg., Gent (1962); 263 pp.
- WAIN, R. L., Selective Weed Control — Some new developments at Wye. Proc. 2nd Brit. Weed Contr. Conf., Harrogate (1954); 311—317.
- Weed Control Handbook. Issued by the British Weed Control Council, 2nd ed., Oxford (1960); 264 pp.
- ZONDERWIJK, P., Onkruidbestrijding met chemische middelen. Med. no. 111 P.D. Wageningen (1959); 223 pp.
- ZWEEP, W. VAN DER, The movement of labelled 2,4-D in young barley plants. Weed Research 1 (1961). In druk.

