

OVER DE OPBRENGSTVERHOGENDE WERKING VAN EEN BESPUITING MET 4,6-DINITRO-O-CRESOL (DNOC) IN WINTERROGGE

door

J. Bruinsma

Centrum voor Plantenfysiologisch Onderzoek te Wageningen

Inleiding

De giftige werking van de stof 4,6-dinitro-o-cresol (DNOC) berust op het verbreken van de koppeling tussen ademhaling en energievoorziening in de levende cel. Hierdoor wordt bij plant, dier en mens de ademhaling, en daarmee de stofafbraak, sterk versneld zonder dat de daarbij vrijkomende energie nuttig kan worden besteed (1,2,3). Des te merkwaardiger is het, dat deze assimilatenverspillende stof tot verhoging van de opbrengst kan leiden, wanneer zij als herbicide in jonge wintergranen wordt verspoten. Deze opbrengstverhoging treedt zelfs op onkruidvrije proefvelden op, dus buiten de onkruidbestrijdende werking van het middel om (4,5,6). Onderzoek naar de aard van dit opbrengstverhogend effect van een DNOC-bespuiting in wintergranen is vooral door Riepma en Van Dobben te Wageningen verricht. Er is onder andere uit gebleken, dat het bespoten gewas naderhand reageert alsof het meer stikstof had gekregen, bij voorbeeld werden aan de halm grotere, soms ook meer, bladeren gevormd en leek de bloei enkele dagen vertraagd (7). Het effect liet zich echter door een grotere stikstofgift niet nabootsen of ongedaan maken (8).

De laatste jaren is het verschijnsel nader onderzocht in een aantal veldproeven, waarbij de groei en ontwikkeling van winterroggeplanten op wel en niet met DNOC bespoten veldjes nauwkeurig onderling werden vergeleken, teneinde verschillen op te sporen, waaruit een verband tussen de bespuiting in de winter en de opbrengstverhoging in de zomer zou kunnen worden afgeleid. Daarbij werden de zaaidichtheid of de stikstofbemesting gevarieerd. De beide soorten veldproeven zijn elk elders uitvoerig beschreven (9, 10), hier worden de twee in 1961 uitgevoerde proeven samengevat om de grote lijnen van het onderzoek en de daaruit voortgekomen gezichtspunten weer te geven.

Bespreking van de resultaten

Als eerste gevolg van een DNOC-bespuiting in februari kon zeer spoedig een groeivertraging worden waargenomen. Er werd wat blad beschadigd, de jonge blaadjes groeiden minder snel uit en ook de uitstoeling verliep vertraagd. Naderhand haalden de plantjes op de bespotten veldjes echter hun schade niet alleen in, doch groeiden de controleplanten zelfs voorbij. Figuur 1 geeft enkele gegevens over de bovengrondse delen van met DNOC be-

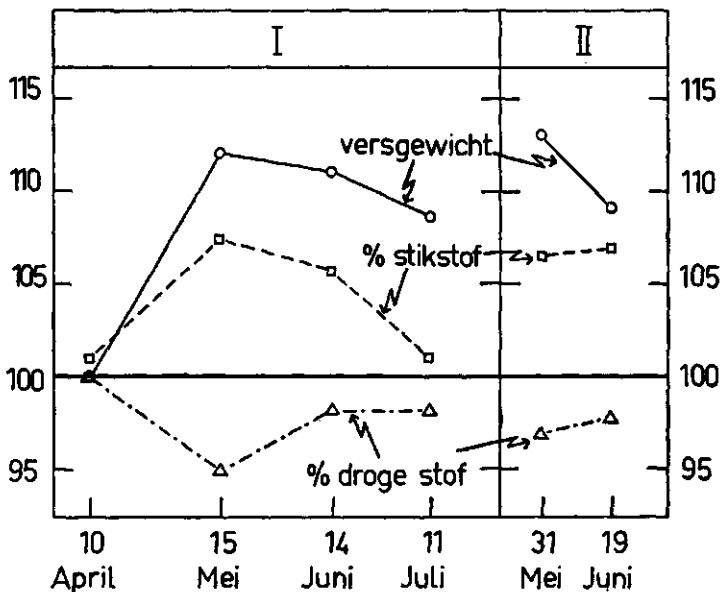


Fig. 1. Bovengrondse ontwikkeling op bespotten veldjes, per m², in procenten van de ontwikkeling op controleveldjes. — Development of aerial parts on DNOC-treated plots, in % of development on control plots. Circles : fresh weight; squares : nitrogen content, in % of dry weight; triangles : dry matter, in % of fresh weight. Abscissa : date of sampling.
I. Zaaidichtheidsproef (seed rate experiment).
II. Stikstofbemestingsproef (nitrogen fertilizing experiment).

spotten planten in procenten van de overeenkomstige gegevens van controleplanten, op verschillende tijdstippen gemonsterd, in de beide proeven. In de zaaidichtheidsproef (I) hadden de bespotten planten de onbespottenen op 10 april ingehaald en vormden daarna ongeveer 10 % meer vers gewicht. Ook de drooggewichten waren hoger, doch in iets mindere mate, waardoor de drogestofgehalten enkele procenten beneden die van de controleplanten lagen. Daar

planten uitdrogen naarmate zij ouder worden, dus een hoger drogestofgehalte bereiken, duidt het iets lagere drogestofpercentage van de bespoten planten op een iets jeugdiger zijn van de overigens grotere planten. Deze achterstand in ontwikkeling is te berekenen op omstreeks een halve week. In overeenstemming hiermee bleek het stikstofgehalte, dat bij verouderende planten daalt, in de met DNOC bespoten planten iets verhoogd. De uitkomsten van de stikstofbestedingsproef (II) zijn met die van de zaaidichtheidsproef in overeenstemming. De statistische betrouwbaarheid van de gevonden verschillen is groot.

Het hogere stikstofgehalte van de grotere planten toont aan, dat de stikstofopname op de bespoten veldjes hoger geweest moet zijn dan op de overeenkomstige onbespoten veldjes. Tabel 1 laat dit zien. De stikstofopname nam toe met de stikstofbesteding, doch

TABEL I

De invloed van de DNOC-besputting op de stikstofopname bij verschillende stikstofbestedingen. — Effect of the DNOC spray on nitrogen uptake at different nitrogen levels

Gemiddelden van 2 bepalingen aan monsters bovengronds gewas van 1,5 m² grondoppervlakte, op 31 mei. — Average values from 2 determinations on samples of aerial parts from 1,5 m² soil area, collected on 31 May.

N-besteding <i>N-level</i> (g/m ²)	N in bovengrondse delen (g/m ²) <i>N in aerial parts</i>		
	controle	DNOC	verschil - <i>difference</i>
0.0	1.25	1.65	+ 0.4
4.0	3.20	3.80	+ 0.6
8.0	5.60	6.30	+ 0.7
12.0	7.05	7.95	+ 0.9

op de met DNOC behandelde veldjes was deze toename sterker dan op de controleveldjes. DNOC vervangt dus niet zozeer de stikstofbesteding, maar werkt er eerder synergistisch mee. De extra opgenomen stikstof was niet van het spuitmiddel zelf afkomstig. Uit controlebesputtingen met een even veel stikstof bevattende hoeveelheid ureum bleek, dat van de 4 kg 100 % ammonium-DNOC, welke per ha werd verspoten, hoogstens enkele tientallen mg. stikstof per m² bovengronds gewas werden teruggevonden.

De weliger ontwikkeling der vegetatie na een DNOC-besparing kwam ook in een toegenomen bladgrootte tot uitdrukking. Daar de hoeveelheid chlorophyll per eenheid van bladoppervlakte vrij constant was, nam het assimilatievermogen van het blad evenredig met de oppervlaktevergroting toe. Bovendien werd vaak een blad meer aan de halm gevormd. Het assimilatorisch apparaat was niet alleen groter, het bleef ook langer functioneren: bij het afrijpen bleven de halmen op de met DNOC bespoten veldjes langer groen. Over deze invloed van de DNOC-besparing op het fotosynthese-apparaat is reeds eerder gerapporteerd (11).

Hoewel na een aanvankelijke vertraging de groei dus werd versneld en een grotere en stikstofrijkere vegetatie ontstond, bleef in de ontwikkelingssnelheid de vertraging voortbestaan. Dit blijkt niet alleen uit het iets jeugdiger zijn van het gewas wat diens chemische samenstelling betreft, en uit de vertraging in de chlorophyllafbraak tijdens het afrijpen, maar ook uit de generatieve ontwikkeling der planten.

Soms was reeds bij de differentiatie van de bloemen in de aar-aanleg een achterstand van omstreeks een halve dag waar te nemen bij de met DNOC bespoten planten; ook het veelvuldig optreden van een extra halmblad wijst op een vertraging bij de overgang van het vegetatieve naar het generatieve stadium. Gedurende de verdere ontwikkeling groeide de achterstand uit tot omstreeks twee dagen bij het te voorschijn komen van de aren. In Figuur 2 is dit uitge-

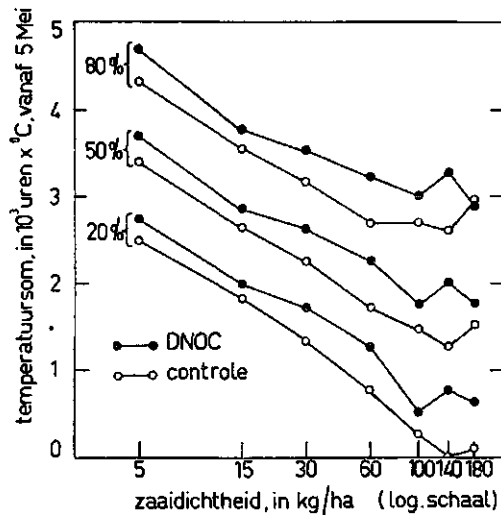


Fig. 2. Het tevoorschijn komen der aren in de zaaidichtheidsproef. — Heading in the seed rate experiment. Abscissa: seed rate, in kg/ha (logarithmic scale). Ordinate: hourly temperature summation over 0° C, $\times 10^3$, from 5 May 1961, 1 p.m. The interpolated values for visibility of 20, 50 and 80 % of total ears are shown.

beeld voor de zaaidichtheidsproef. Ter eliminatie van de invloed van de temperatuur op de groeisnelheid, werd als tijd-as de som genomen van de elk uur bepaalde temperaturen, in °C, van 5 mei, 1 hr. af. De aantallen te voorschijn gekomen aren, in procenten van het totaal aantal aren, uitgezet op waarschijnlijkheidspapier tegen deze tijd-as, liggen op een rechte lijn, waarmee door interpolatie de tijdstippen kunnen worden bepaald, waarop 20, 50 en 80 % van alle aren te voorschijn waren gekomen. Uit Figuur 2 blijkt, behalve dat bij afnemende zaaidichtheid het te voorschijn komen der aren sterk vertraagd was, dat tevens op de met DNOC bespoten veldjes steeds een achterstand optrad, welke gemiddeld $425 \text{ uur} \times ^\circ\text{C}$ bedroeg, dat is bij een gemiddelde temperatuur in mei van $11,7 \text{ }^\circ\text{C}$, een vertraging van 36 uur.

Bij de bloei kon, door de te sterke beïnvloeding door de weersomstandigheden, de vertraging niet worden waargenomen, maar tijdens het afrijpen trad zij opnieuw duidelijk op. De korrelvulling op de met DNOC bespoten veldjes lag aanvankelijk achter bij die op de controleveldjes, maar deze achterstand werd uiteindelijk, omdat de halmen langer groen bleven, ingehaald. De korrels droogden ook wat langzamer uit, zodat nog op 2 augustus, toen de korrelvulling beëindigd was, een duidelijk hoger vochtgehalte gevonden werd bij korrels van planten, die in februari een DNOC-bespotting hadden ondergaan.

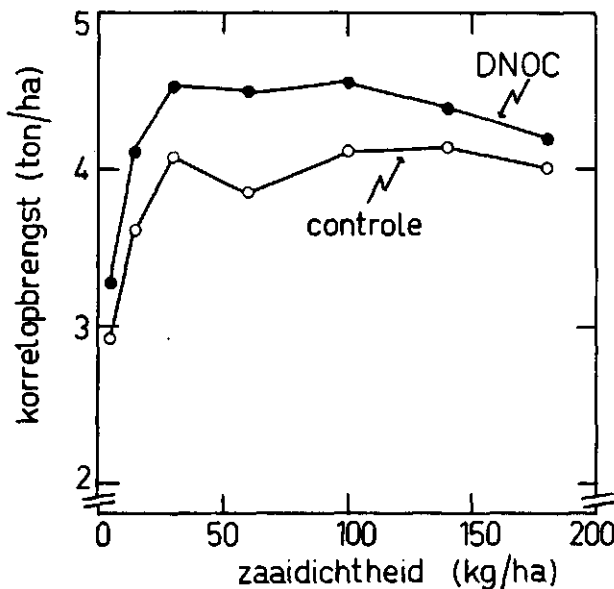


Fig. 3. De korrelopbrengst in de zaaidichtheidsproef. — Grain yield in the seed rate experiment. Abscissa: seed rate (kg/ha), ordinate: grain yield (metric tons/ha).

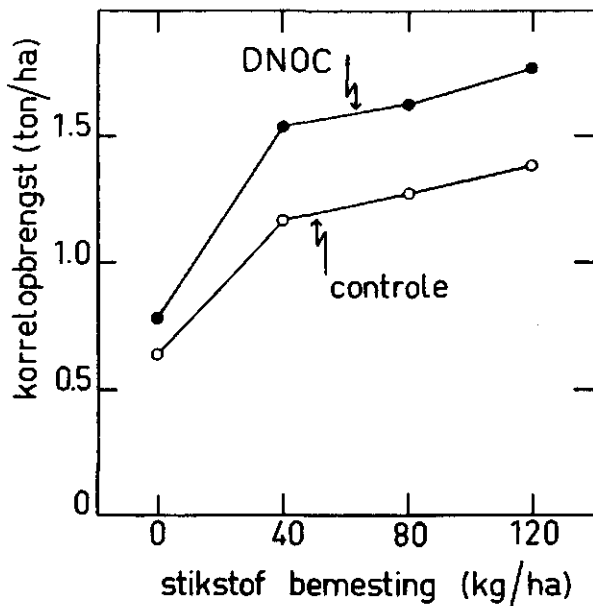


Fig. 4. De korrelopbrengst in de stikstofbemestingsproef. — Grain yield in the nitrogen fertilizing experiment. Abscissa : nitrogen fertilizing (kg/ha), ordinate : grain yield (metric tons/ha).

De invloed van de DNOC-besputting op de korrelopbrengst in de beide proeven blijkt uit de Figuren 3 en 4. In de zaaidichtheidsproef werd, behalve bij de twee laagste zaaidichtheden, op de controleveldjes een opbrengst van ongeveer 4 ton/ha verkregen, terwijl de opbrengsten op de bespoten veldjes gemiddeld ruim 10 % hoger lagen. Op de veel schralere grond, waarop de stikstofbemestingsproef werd uitgevoerd, werden veel lagere opbrengsten verkregen. Wanneer het effect van de DNOC-besputting op zijn stikstofbemestende werking zou berusten, zou het verschil in opbrengst tussen wel en niet bespoten veldjes het sterkst moeten zijn waar het stikstofgebrek het grootst was en zouden bij steeds hogere stikstofgiften de beide curven moeten gaan samenlopen. Duidelijk blijkt echter het opbrengstverhogend effect van de besputting het geringst te zijn op de onbemeste veldjes, terwijl het verschil tussen de curven zelfs bij hoge stikstofgiften niet afneemt. Ook hier blijkt de besputting dus eerder synergistisch met de bemesting te werken dan haar te vervangen.

De besputting bracht in deze laatste proef een ongekend sterke opbrengstverhoging van gemiddeld 28 % met zich mede. De grootte van het opbrengstverhogend effect is dus variabel. Dit is het gevolg van de wisselende mate waarin de besputting de factoren bein-

vloedt, die de opbrengst samenstellen. De totale opbrengst per oppervlakteenheid is het product van de drie factoren: halmdichtheid, aantal korrels per halm en korrelgewicht. De mate, waarin deze factoren door de DNOC-bespuiting worden beïnvloed, hangt van allerlei omstandigheden af, zoals het ontwikkelingsstadium ten tijde van de bespuiting en de weers- en bemestingscondities na de bespuiting en tijdens schieten, bloei en afrijping.

Zo bleek in een aantal proeven de halmdichtheid op de met DNOC behandelde veldjes verhoogd, terwijl deze verhoging in andere proeven niet optrad. Omdat het schieten gebeurt in een stadium, waarin de bespoten planten nog geen voorsprong op de onbespotenen hebben verkregen, is de toegenomen halmdichtheid vermoedelijk geen gevolg van een weelderiger vegetatie, doch van de vertraging in generatieve ontwikkeling, die het mogelijk maakt, dat wat meer uitstelingen nog juist de vereiste omvang bereiken, alvorens de periode van het schieten beëindigd is. Doch of dit zich uiten kan in een gestegen halmdichtheid hangt mede af van bemestings- en weersfactoren, die snelheid en duur van het schieten beïnvloeden.

Dezelfde factoren doen zich ook gelden bij de aarvulling, dus bij korrelaantal en -gewicht, maar vooral het aantal korrels per halm bleek toch wel steeds door de DNOC-bespuiting verhoogd. De langer durende generatieve ontwikkeling veroorloofde wat meer bloemaanleggingen in de aar zich tot bevruchtbare bloemen te ontwikkelen, zodat meer korrels gevormd werden. Deze korrels konden elk minstens evenveel droge stof toegevoerd krijgen als de korrels in de kleinere aren op de onbespoten veldjes, omdat het fotosynthese-apparaat groter was en langer in stand bleef. Zo kon ook het 1000-korrelgewicht van de bespoten veldjes dat van overeenkomstige onbespoten veldjes overtreffen. Vooral in de opbrengst per halm uit zich dus de door de DNOC-bespuiting geïnduceerde verschuiving in de verhouding tussen de versterkte vegetatieve groei en de verlengde generatieve ontwikkeling.

Behalve door deze wijzigingen in het ontwikkelingsrythme heeft de DNOC-bespuiting ook een invloed via de stikstofopname, welke vermoedelijk daarmee samenhangt. Soms werd immers vastgesteld, dat de op de bespoten veldjes gevonden verhoogde opbrengst per aar evenredig was met het hogere stikstofgehalte per halm, zodat de aargewichtbepalingen van bespoten en onbespoten veldjes, indien uitgezet tegen het stikstofgehalte van de halm, op een gemeenschappelijke curve kwamen te liggen. In andere proeven echter was dit beslist niet het geval. Blijkbaar was dus soms de extra stikstofopname zo groot, dat zij de extra groei kon bijhouden terwijl elders de stikstofopname door uitputting van de grond onvoldoende toenam en de opbrengst meer verhoogd was dan met de hoeveelheid aanwezige stikstof overeenkwam. In deze laatste ge-

vallen is de opbrengstverhoging verklaarbaar uit de langere vegetatieperiode, die een langduriger herdistributie van eenmaal opgenomen stikstof binnen de plant mogelijk maakt. Hierdoor kon een groter deel van de totale hoeveelheid stikstof worden vervoerd naar plaatsen waar zij voor de korrelvulling nodig was.

De grotere stikstofopname, welke steeds op de met DNOC bespoten veldjes optrad, is niet slechts te danken aan factoren buiten de plant, zoals: de stikstof, die zich in het spuitmiddel bevond, door doding van bodemmicroben vrijgekomen stikstof en een daardoor verminderde concurrentiekracht van de microflora en -fauna om de beschikbare hoeveelheid stikstof. Wanneer dat het geval was, zou het DNOC-effect door een extra stikstofgift moeten kunnen worden nagebootst. Weliswaar geeft een DNOC-besputting aanleiding tot het optreden van allerlei verschijnselen, die zich ook na een stikstofgift voordoen, doch er is reeds op gewezen, dat de besputting eerder synergistisch met een stikstofbemesting werkt in plaats van deze te vervangen, en bovendien leiden besputting en bemesting in één opzicht tot een tegengesteld resultaat. Waar immers het gewicht per korrel op met DNOC bespoten veldjes verhoogd is, werkt een tegelijkertijd toegediende stikstofbemesting verlagend op het 1000-korrelgewicht.

Dit leidt tot de conclusie, dat de stikstofopnamecapaciteit van het gewas zelf verhoogd moet zijn, dwz. dat de DNOC-besputting tot een versterkte groei van het wortelstelsel aanleiding moet geven. Dit kan enerzijds door doding van schadelijke bodemorganismen, zoals parasitaire nematoden. Anderzijds kan de wortelgroei wellicht gestimuleerd worden door de bladbeschadigende werking van de besputting, bij voorbeeld door verlaging van het auxineniveau in de plant of door verandering van de spruit/wortel-verhouding. Deze laatste mogelijkheid heeft enige waarschijnlijkheid omdat, waar de spruit zorgt voor de C-opname en de wortel voor de N-opname, een verlaging van de spruit/wortel-verhouding een daling van de C/N-verhouding met zich mee kan brengen, die vaak blijkt samen te gaan met de ook hier optredende ontwikkelingsvertragingen. In Figuur 1 kan men een aanwijzing voor een gedaalde C/N-verhouding zien.

De conclusie lijkt gerechtvaardigd, dat de opbrengstverhogende werking van een DNOC-besputting in winterrogge berust op een versterking en verlenging van de vegetatieve groei, waarschijnlijk zowel onder- als bovengronds, die leidt tot zowel een grotere stikstofopname als een langduriger stikstofdistibutie, waardoor zich meer en vollediger aren kunnen ontwikkelen, welke bij de rijping langer van meer assimilaten worden voorzien.

SAMENVATTING

Een bespuiting van jonge winterrogge met het herbicide DNOC leidt tot een opbrengstverhoging buiten de onkruidbestrijdende werking om. Teneinde dit nader te onderzoeken, is de invloed van de bespuiting op groei, ontwikkeling en opbrengst zo uitvoerig mogelijk nagegaan in onkruidvrije veldproeven, waarin de zaaidichtheid of de stikstofbemesting gevarieerd werden. De resultaten van de twee in 1961 uitgevoerde proeven worden behandeld.

De groei op de bespoten veldjes bleek, na een aanvankelijke vertraging, versneld te verlopen, zodat een zwaardere en stikstofrijkere vegetatie ontstond, waarvan de ontwikkelingsduur verlengd was. Dit kon leiden tot de vorming van meer halmen, welke grotere aren droegen. Het grotere en langer actief blijvende fotosynthese-apparaat voorzag deze aren langduriger van meer assimilaten, waardoor de opbrengst, zowel per halm als per eenheid van oppervlakte, groter was dan die van de onbespoten veldjes.

De opbrengstverhogende werking van de DNOC-bespuiting kan worden toegeschreven aan een wijziging in het ontwikkelingsritme, welke samengaat met een grotere opname van stikstof en een langduriger herverdeling daarvan in de plant.

SUMMARY

On the increasing effect of a spray with 4,6-dinitro-o-cresol (DNOC) on the yield of winter rye

Spraying a young crop of winter rye with a solution of DNOC results in an increase in yield apart from that due to the herbicidal action of the spray. In order to analyse this effect, growth, development and yield on sprayed and control plots of winter rye were extensively investigated in weed-free field experiments at different seed rates or at different levels of nitrogen fertilizing. The results of the two experiments performed in 1961 are discussed.

An initial growth retardation on the sprayed plots was followed by an acceleration, resulting in a more vigorous crop which contained more nitrogen and whose duration of development was prolonged. This situation could lead to the production of more culms, which in turn developed larger ears. The increased and longer active photosynthetic apparatus supplied these ears with more assimilates, so that yield was augmented, both per culm and per unit of soil area, as compared with yield on the control plots.

The yield increasing effect of the DNOC spray can be ascribed to a shift in the developmental rhythm of the plant, which shift is accompanied by a larger and prolonged uptake and distribution of nitrogen.

LITERATUUR

1. GAUR, B. K. and H. BEEVERS — Respiratory and associated responses of carrot discs to substituted phenols. *Plant Physiol.* **34**, 427 (1959).
2. ALDRIDGE, W. N. and H. B. STONER — The behaviour of liver mitochondria isolated from rats with different body temperatures after limb ischaemia or after injection of 3:5-dinitro-o-cresol. *Biochem. J.* **74**, 148 (1960).

3. HERMAN, W. en A. HEIJNDRIKX — Toxicologisch onderzoek van vergiftigingen met dinitro-o-cresol (DNOC) met dodelijke afloop. *Mededel. Landbouwhogeschool Gent* 22, 647 (1957).
4. EGGINK, H. J. en P. RIEPMA Kzn. — De voor onkruidbestrijdingsmid-delen gevoelige stadia van graangewassen. *Verslag C.I.L.O. Wageningen over 1950*, 121 (1951).
5. STRIJCKERS, J. — Hogere meer-productie en betere onkruidverdelging in wintergranen door bespuiting met ammonium dinitro-o-cresol tijdens de winter. *Land- en Tuinbouw Jaarboek 1953-54*, 135 (1953).
6. WOODFORD, E. K. and L. KASASIAN — The control of weeds in cereal crops in Europe by chemical methods. *Field Crop Abstr.* 9, 1 (1956).
7. DOBBEN, W. H. van — De invloed van DNOC-bespuitingen op de groei-wijze van winterrogge (The influence of spraying with DNOC on the growth of winter rye) *Verslag C.I.L.O. Wageningen over 1955*, 133 (1956).
8. RIEPMA, P. Kzn. — De reactie van granen en peulvruchten op kleurstof-fen (The reaction of cereals and pulse crops on dinitro's). *Mededel. Landbouwhogeschool Gent* 19, 451 (1954).
9. BRUINSMA, J. — The effect of a spray with 4,6-dinitro-o-cresol (DNOC) on growth, development and yield of winter rye (*Secale cereale* L). *Weed Res.* 2, 73 (1962)
10. BRUINSMA, J. — The effect of a spray with 4,6-dinitro-o-cresol (DNOC) on nitrogen nutrition and yield of winter rye (*Secale cereale*). *Plant and Soil*, in the press.
11. BRUINSMA, J. — De invloed van bestrijdingsmiddelen op het chlorophyll-gehalte van bladen en stengels (The effect of pesticides on the chloro-phyll content of leaves and stalks). *Mededel. Landbouwhogeschool Gent* 26, 1513 (1961).

J. Wieërs, St. Truiden

- V : 1. Welk soort DNOC hebt U in Uw proeven gebruikt : ammoniumzout of DNOC?
 2. Was het resultaat hetzelfde met de 2 soorten middelen?
 3. Geven de DNOC-zuren ook een meeropbrengst?
 4. Welke is de optimale N-gift bij een DNOC-behandeling?
- A : 1, 2 en 3. In overeenstemming met de toepassing in de praktijk werd het ammoniumzout gebruikt; slechts werd, in plaats van 5 kg van een 80 % handelspreparaat, 4 kg zuiver NH_4 -DNOC per ha verspoten. Proeven met zuiver DNOC-zuur in wintergranen zijn mij niet bekend, doch wanneer het niet te zeer beschadigend werkt mag ook van het zuur een overeenkomstig effect worden verwacht.
 4. In het algemeen neemt het opbrengstverhogend effect van de DNOC-bespuiting toe met stijgende stikstofgiften. De ligging van de optimale stikstofgift wordt bepaald door begeleidende factoren, zoals het optreden van legeren, zodat hieromtrent geen algemene uitspraak mogelijk lijkt.

V. G a g o, Braine l'Alleud

- V : Il y a-t-il une relation entre la dose de DNOC/ha et l'effet optimum obtenu sur le rendement de la céréale.
- A : Les résultats des expériences de Riepma montrent que l'effet sur le rende-ment augmente proportionnel à la dose, jusqu'à 5 kg 80 % NH_4 -DNOC/ha. A des doses supérieures les cultures sont détériorées trop fortes.

