

De hoeveelheid minerale bodemstikstof aan het eind van de winter en de optimale kunstmeststikstofgift voor suikerbieten

1. Inleiding

In de afgelopen jaren is in Nederland en in omliggende landen veel onderzoek gedaan naar de relatie tussen de hoeveelheid minerale bodemstikstof (N_{min}) en de optimale kunstmeststikstofgift (N_{op}) bij suikerbieten.

In dit onderzoek is N_{min} op elk proefveld in lagen van 20 of 30 cm tot een diepte van 90 of 100 cm bepaald. N_{op} wordt afgeleid uit de kromme die het verband tussen opbrengst en kunstmeststikstofgift weergeeft. Op de proefvelden met suikerbieten worden meestal zes kunstmeststikstoftrappen aangelegd: 0, 50, 100, 150, 200 en 250 kg N per ha.

Tussen N_{min} en N_{op} blijkt bij suikerbieten een goed verband te bestaan (tabel 1).

In Nederland, West-Duitsland en België zijn de stikstofbestedingsadviezen voor suikerbieten gebaseerd op meting van N_{min} aan het eind van de winter. De adviezen vertonen een grote mate van overeenkomst, maar er zijn verschillen in de wijze van benadering. Deze verschillen worden besproken.

Ook zal enige aandacht worden geschonken aan het effect van jaarverschillen op de relatie tussen N_{min} en N_{op} , reden waarom voor het verkrijgen van betrouwbare advieslijnen onderzoek gedurende een aantal jaren nodig is.

2. Het Nederlandse, Westduitse en Belgische stikstofbestedingsadvies voor suikerbieten

In Nederland is de advieslijn voor de stikstofbesteding van suikerbieten afgeleid van de lijn die het verband aangeeft tussen de hoeveelheid minerale bodemstikstof



Ir J. J. Neeteson,



Ing. G. Wijnen

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)



Tabel 1. De relatie tussen de hoeveelheid minerale bodemstikstof aan het eind van de winter (N_{min}) en de optimale kunstmeststikstofgift (N_{op}) bij suikerbieten.

land	grondsoort	aantal proefvelden	lineaire correlatie-coëfficiënt (r^2) $N_{min} \times N_{op}$ *	literatuur
Nederland	klei, löss, zand, dalgrond	27	0,46	(7)
West-Duitsland	löss	18	0,69	(8)
België	leem, zandige leem	37	0,76	(2)

* Een r^2 van 0,46 betekent dat 46% van de variantie van N_{op} door N_{min} verklaard kan worden.

(N_{min}) die aan het eind van de winter in het profiel aanwezig is en de optimale kunstmeststikstofgift (N_{op}): de regressielijn $N_{op} = a N_{min} + b$.

Hierbij is N_{op} gebaseerd op de geldelijke opbrengst zonder dat rekening gehouden wordt met de kosten van de kunstmeststikstof (1). Het advies luidt:

$$N_{adv} = 220 - 1,7 N_{min}$$

N_{adv} en N_{min} zijn steeds uitgedrukt in kg N per ha. N_{min} wordt bepaald in grondmonsters die rond 1 maart van de laag 0-60 cm worden genomen.

Na een niet-vlinderbloemige groenbemester kan de stikstofgift met 20 tot 30 kg stikstof per ha verlaagd worden; na een vlinderbloemige groenbemester kan 30-40 kg stikstof per ha worden bespaard.

Bij een slechte bodemstructuur wordt aangeraden 10 kg stikstof per ha meer te geven dan volgens de advieslijn nodig zou zijn (!)

In *West-Duitsland* gold tot 1983 het volgende advies (9):

$$N_{adv} = 200 - N_{min}$$

N_{min} wordt bepaald in grondmonsters die rond 1 maart tot 90 cm diepte worden genomen.

De advieslijn wijkt iets af van de regressielijn die het verband tussen N_{min} en N_{op} weergeeft, waarbij N_{op} gebaseerd is op de suikeropbrengst. N_{adv} is iets hoger gesteld dan N_{op} om de kans te verkleinen te weinig kunstmeststikstof te geven. Als er stalmest of drijfmest is toegediend, als er een groenbemester is geteeld of als de voorvrucht een groentegewas is, dan wordt er geadviseerd 40 kg stikstof per ha minder te geven (9).

In *België* vond BOON (2) dat het gebruik van een N_{index} in plaats van N_{min} de relatie met N_{op} duidelijk verbeterde (tabel 2).

Tabel 2. De relatie tussen $N_{min} \times N_{op}$ en tussen $N_{index} \times N_{op}$ bij suikerbieten op leem en zandige leem in België
Literatuur (2)

aantal proefvelden	lineaire correlatiecoëfficiënt (r^2)	
	$N_{min} \times N_{op}$	$N_{index} \times N_{op}$
37	0,76	0,86

Voor suikerbieten is de N_{index} opgebouwd uit de volgende elementen, alle in kg N per ha:

- N_{min} rond 1 maart, bemonstering tot 60 cm diepte.
- een term voor humus: (% C in de laag 0-30 cm) \times 30
- een term voor organische bemesting: + 10 tot + 40
- een term voor de zwaarte van de grond: - 10 of - 20 voor zware leem
- een term voor bodemstructuur: - 10 voor slechte structuur.

Het Belgische stikstofbemestingsadvies voor suikerbieten is afgeleid van de regressielijn die het verband tussen N_{index} en N_{op} weergeeft; hierbij is N_{op} gebaseerd op de

geldelijke opbrengst waarin de kosten van de kunstmeststikstof verwerkt zijn (2):

$$N_{adv} = 290 - 1,5 N_{index}$$

3. Bespreking van de verschillen tussen de stikstofbemestingsadviezen

In de vorige paragraaf zijn de Nederlandse, Westduitse en Belgische stikstofbemestingsadviezen voor suikerbieten tonele gevoerd. Ondanks de grote mate van overeenkomst blijken er toch vrij grote verschillen te bestaan in de interpretatie van de relatie tussen N_{min} en N_{op} : de diepte van bemonstering voor N_{min} -bepaling is 60 of 90 cm, N_{min} wordt vervangen door N_{index} en N_{op} is gebaseerd op suikeropbrengst of op geldelijke opbrengst, al dan niet inclusief de kosten van de kunstmeststikstof.

3.1. Diepte van bemonstering voor bepaling van N_{min}

In Nederland (5) en België (2) heeft N_{min} -bemonstering tot 60 cm in plaats van tot 90 of 100 cm diepte bij suikerbieten geen duidelijke invloed op de mate van correlatie tussen N_{min} en N_{op} . Waarnemingen uit de VS ondersteunen dit (zie voor details (6): 'moederverhaal' van dit artikel).

Dit zou betekenen dat het bij suikerbieten niet nodig is voor de N_{min} -bepaling dieper dan 60 cm te bemonsteren. In West-Duitsland wordt echter tot 90 cm bemonsterd om rekening te houden met de hoeveelheid minerale stikstof die in de loop van de winter ingespoeld is in de laag 60-90 cm.

Om meer inzicht te verkrijgen in de invloed van de verdeling van minerale stikstof over het profiel aan het eind van de winter op het verband tussen N_{min} en N_{op} , zullen 61 proefvelden op klei aan een nader onderzoek worden onderworpen. Het betreft proeven die in de periode 1974-1979 in Zuidwest-Nederland en in Noord-Holland in nauwe samenwerking met het Instituut voor Rationele Suikerproductie (IRS) werden uitgevoerd. De 61 proefvelden zijn onderverdeeld in drie groepen, gebaseerd op de verdeling van minerale stikstof aan het eind van de winter: A, B en C, waarbij zich in de laag 60-100 cm respectievelijk minder dan 30, 30-50 en meer dan 50% bevindt van de totale hoeveelheid minerale stikstof die in de laag 0-100 cm aanwezig is.

Bemonstering tot 100 cm in plaats van tot 60 cm heeft geen invloed op de correlatiecoëfficiënt die het verband tussen N_{min} en N_{op} weergeeft wanneer alle proefvelden te zamen beschouwd worden (tabel 3). Hetzelfde geldt voor de proefvelden met naar verhouding veel minerale stikstof bovenin het profiel, Groep A (tabel 3).

In tegenstelling tot met wat verwacht zou mogen worden bij een gelijkmatige verdeling van de hoeveelheid minerale stikstof over het profiel, Groep B, neemt de correlatiecoëfficiënt toe wanneer tot 100 cm in plaats van tot 60 cm wordt bemonsterd (tabel 3).

Het is eveneens niet geheel volgens de verwachting dat de correlatiecoëfficiënt afneemt bij diepere bemonstering

Tabel 3. Invloed van de diepte van de bemonstering voor de bepaling van N_{min} op de relatie tussen N_{min} en N_{op} ; proefvelden op klei (IRS, IB Serie 84)

	gemiddeld % N in 60-100 cm van 0-100 cm	aantal proefvelden	bemonsterings- diepte (cm)	lineaire correlatie- coëfficiënt (r^2) $N_{min} \times N_{op}$
Totaal	42	61	0-60 0-100	0,39 0,41
Groep A	22	12	0-60 0-100	0,33 0,31
Groep B	42	35	0-60 0-100	0,43 0,51
Groep C	58	14	0-60 0-100	0,43 0,34

in Groep C, de groep met naar verhouding veel minerale stikstof in de laag 60-100 cm (tabel 3).

De vraag doet zich nu voor of de in tabel 3 waargenomen verschillen in correlatiecoëfficiënten ook tot uitdrukking komen in de betrouwbaarheid van bemestingsadviezen. Om een antwoord op deze vraag te krijgen zijn voor elke groep (Totaal, A, B en C) de regressielijnen berekend die het verband tussen N_{min} , bepaald in de laag 0-60 cm of in de laag 0-100 cm, en N_{op} weergegeven.

De spreiding van de punten rond een regressielijn zal als maat voor de betrouwbaarheid worden genomen. Hiertoe is de afstand van elk punt tot de lijn bepaald.

Ligt een punt boven de lijn dan betekent dit dat de op het proefveld bepaalde optimale stikstofgift (N_{op}) hoger is dan de gift volgens de lijn (N_{lijn}), $N_{lijn} - N_{op}$ is negatief. Met andere woorden: wanneer de lijn de advieslijn is, dan zou te weinig stikstof worden gegeven.

Ligt een punt onder de lijn, dan zou er te veel stikstof worden gegeven als de lijn de advieslijn is ($N_{lijn} - N_{op}$ is positief).

In figuur 1 is per groep de spreiding van de punten rond de regressielijnen $N_{min}(0-60 \text{ cm}) \times N_{op}$ en $N_{min}(0-100 \text{ cm}) \times N_{op}$ weergegeven. Uit de figuur blijkt dat in verreweg de meeste gevallen de 'fout' in de stikstofbemesting kleiner dan 40 kg stikstof per ha zou zijn, maar ook dat er in een aantal gevallen grote 'fouten' gemaakt zouden worden. Waar het hier echter om gaat is dat er tussen het opstellen van een advieslijn gebaseerd op N_{min} in de laag 0-60 of 0-100 cm zeer weinig verschil is in de spreiding van de punten rond de lijn. Dit geldt ook voor de groepen B en C, hetgeen betekent dat de in tabel 3 gesignaleerde verschillen in correlatiecoëfficiënten niet tot uitdrukking zijn gekomen in de betrouwbaarheid van advieslijnen.

Bij zand en dalgrond is dezelfde procedure gevolgd. Het betreft 21 proefvelden die in de periode 1974-1979 is nauw samenwerking met het IRS zijn aangelegd. Door het betrekkelijk geringe aantal proefvelden is het

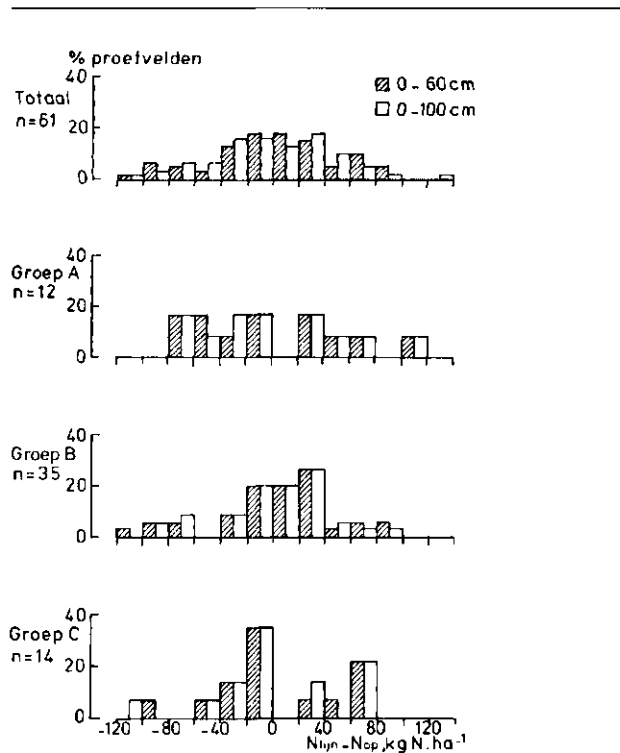


Fig. 1
Diepte van de bemonstering voor de bepaling van N_{min} . Spreiding van de punten rond de lijnen $N_{min}(0-60 \text{ cm}) \times N_{op}$ en $N_{min}(0-100 \text{ cm}) \times N_{op}$. $N_{lijn} - N_{op}$ = afstand van punt tot de lijn. Proefvelden op klei (IRS, IB Serie 84).

niet verantwoord om een indeling in drie groepen te maken zoals bij de proefvelden op klei is gedaan. Bij zand en dalgrond neemt de correlatiecoëfficiënt die het verband tussen N_{min} en N_{op} aangeeft duidelijk af wanneer N_{min} bepaald wordt in de laag 0-100 cm in plaats van 0-60 cm (tabel 4).

Tabel 4. Invloed van de diepte van de bemonstering voor de bepaling van N_{min} op de relatie tussen N_{min} en N_{op} ; proefvelden op zand en dalgrond (IRS, IB Serie 84)

aantal proefvelden	gemiddeld % N_{min} in 60-100 cm van 0-100 cm	bemonsteringsdiepte (cm)	lineaire correlatiecoëfficiënt (r^2) $N_{min} \times N_{op}$
21	42	0-60	0,42
		0-100	0,21

De geringere spreiding van de punten rond de lijn N_{min} (0-60 cm) $\times N_{op}$ (figuur 2) toont aan dat de betrouwbaarheid van een advies gebaseerd op N_{min} in de laag 0-60 cm groter is dan op N_{min} in de laag 0-100 cm.

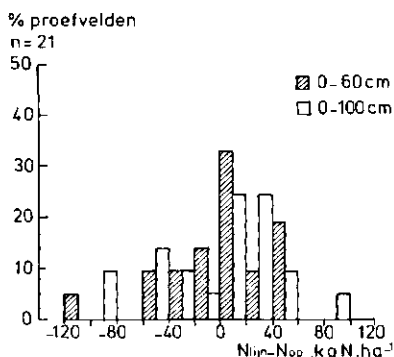


Fig. 2 Diepte van de bemonstering voor de bepaling van N_{min} . Spreiding van de punten rond de lijnen N_{min} (0-60 cm) $\times N_{op}$ en N_{min} (0-100 cm) $\times N_{op}$. $N_{lijn} - N_{op}$ = afstand van punt tot de lijn. Proefvelden op zand en dalgrond (IRS, IB Serie 84).

Uit het bovenstaande blijkt dat bij suikerbieten op klei, zand en dalgrond de bemonstering voor bepaling van N_{min} niet dieper hoeft te gaan dan 60 cm. Bemonstering tot 100 cm geeft geen verbetering van de betrouwbaarheid van een stikstofbestedingsadvies.

In dit verband is het vermeldenswaard dat sinds 1 januari 1983 het Westduitse stikstofbestedingsadvies voor suikerbieten is gewijzigd. Wanneer geen organische bemesting is toegediend en de voorvrucht een graan is, wordt N_{min} in de laag 0-60 cm bepaald en geldt het volgende advies:

$$N_{adv} = 200 - 1,5 N_{min}$$

Is er drijfmest uitgereden dan blijft men in West-Duitsland de voorkeur geven aan N_{min} in de laag 0-90 cm:

$$N_{adv} = 160 - N_{min}$$

(Von MÜLLER, pers. meded.)

3.2. Het gebruik van een N_{index}

Om na te gaan of het gebruik van de N_{index} van BOON (zie paragraaf 2) een positieve invloed heeft op de be-

trouwbaarheid van een bemestingsadvies zullen 40 Belgische proefvelden nader bekeken worden.

De proefvelden zijn aangelegd in de periode 1977-1980. Gegevens van de proefvelden zijn ontleend aan de verslagen van BOON en zijn medewerkers (3, 4).

Het gebruik van de N_{index} in plaats van N_{min} doet de lineaire correlatiecoëfficiënt (r^2) voor de relatie met N_{op} toenemen van 0,42 tot 0,58. Om na te gaan of deze verhoging van de correlatiecoëfficiënt ook tot uitdrukking komt in de betrouwbaarheid van een advieslijn, is in figuur 3 de spreiding van de punten rond de lijnen weergegeven die het verband aangeven tussen respectievelijk $N_{min} \times N_{op}$ en $N_{index} \times N_{op}$.

Figuur 3 toont aan dat het gebruik van N_{index} de betrouwbaarheid van een advies verhoogt: bij gebruik van N_{index} is de 'fout' in 68%, bij gebruik van N_{min} in 60% van de gevallen minder dan 40 kg N per ha.

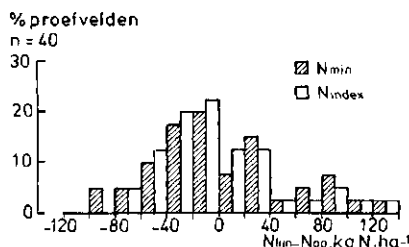


Fig. 3 Het gebruik van N_{index} . Spreiding van de punten rond de lijnen N_{min} (0-60 cm) $\times N_{op}$ en $N_{index} \times N_{op}$. $N_{lijn} - N_{op}$ = afstand van punt tot de lijn. Proefvelden op leem en zandige leem in België.

Opgemerkt dient te worden dat het Nederlandse en Westduitse stikstofbestedingsadvies voor suikerbieten ook rekening houdt met perceelsgebonden eigenschappen, zij het niet rechtstreeks in de advieslijn, maar achteraf in de toelichting (zie paragraaf 2).

Eveneens zij vermeld dat de term voor humus van BOON alleen gebruikt kan worden wanneer de organische stofgehalten van de grond niet al te veel verschillen. In Nederland, waar het organische stofgehalte van de grond uiteenloopt van ruwweg 2 tot 20%, kan het organische stofgehalte op zich geen maat zijn voor het stikstofleverend vermogen van de grond. In dat geval zou onderscheid gemaakt moeten worden tussen jonge en oude humus, en zou alleen met de jonge humus rekening gehouden moeten worden. Oude humus maakt een groot deel uit van de organische stof bij een organische stofgehalte van bijvoorbeeld 15%, maar levert nauwelijks enige stikstof.

3.3 De basis van de optimale kunstmeststikstofgift voor suikerbieten

In paragraaf 2 is gebleken dat N_{op} in de stikstofbestedingsadviezen voor suikerbieten gebaseerd is op de suikeropbrengst of op de geldelijke opbrengst, al dan niet inclusief de kosten van de kunstmeststikstof.

In deze paragraaf zal bij verschillende bases van N_{op} besproken worden wat de invloed is op de relatie met N_{min} en wat de invloed is op de betrouwbaarheid van een advieslijn.

Hier toe zullen 21 Belgische proeven nader bekeken worden. Het betreft de proeven uit het onderzoek 1977-1980 die een significante relatie te zien gaven tussen de hoeveelheid toegediende kunstmeststikstof en de geldelijke opbrengst. De gegevens voor de berekeningen zijn ontleend aan (3, 4).

N_{op} gebaseerd op geldelijke opbrengst, zonder dat met de kosten van de kunstmeststikstof rekening wordt gehouden zal buiten beschouwing worden gelaten. Het lijkt vanzelfsprekend dat de kosten van de kunstmeststikstof verwerkt worden in de geldelijke opbrengst, ook al gebeurt dat dan op dit ogenblik niet in het Nederlandse advies.

Het verband tussen N_{min} en N_{op} (suiker) is minder goed dan het verband tussen N_{min} en N_{op} (geld). De lineaire correlatiecoëfficiënten (r^2) zijn respectievelijk 0,28 en 0,40.

Om na te gaan of het verschil in correlatie ook tot uitdrukking komt in de betrouwbaarheid van een advies, is gedaan alsof de 21 proefvelden bemest zijn volgens respectievelijk het verband tussen N_{min} en N_{op} (suiker) en dat tussen N_{min} en N_{op} (geld).

Per proefveld is bij beide stikstofgiften berekend hoeveel de geldelijke opbrengst af zou wijken van de maximaal haalbare geldelijke opbrengst. In figuur 4 is de frequentieverdeling weergegeven van de aldus berekende geldelijke opbrengstderivingen. Uit deze figuur blijkt dat het weinig verschil maakt of men N_{op} (geld) als basis neemt.

Het gebruik van N_{op} (geld) lijkt iets minder opbrengstderiving te geven. Het is de vraag of dit verschil opweegt tegen het nadeel van het gebruik van N_{op} (geld) als basis, namelijk dat de stikstofbemestingsadviezen moeten worden aangepast aan veranderingen in de prijs van suiker en de kosten van kunstmeststikstof.

4. Jaarverschillen in de relatie tussen de hoeveelheid minerale bodemstikstof en de optimale kunstmeststikstofgift voor suikerbieten

Het is noodzakelijk dat voor het verkrijgen van een betrouwbare advieslijn, die gebaseerd is op het verband tussen N_{min} en N_{op} , gedurende een aantal jaren onderzoek wordt gedaan.

Er bestaan namelijk jaarverschillen die de relatie $N_{min} \times N_{op}$ beïnvloeden, en een advieslijn moet gelden voor een 'gemiddeld' jaar.

Een vrij extreem voorbeeld van jaarverschillen in de relatie tussen N_{min} en N_{op} is te zien in figuur 5.

In 1979 is N_{op} bij eenzelfde N_{min} in het algemeen hoger dan in 1977, mogelijk veroorzaakt door het zeer natte voorjaar van 1979 (tabel 5). Dat er in een nat voorjaar

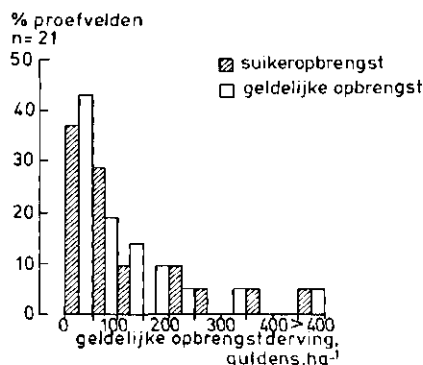


Fig. 4 De basis van N_{op} . Frequentieverdeling van de geldelijke opbrengstderiving bij bemesting volgens N_{min} (0-60 cm) \times N_{op} (suiker) en N_{min} (0-60 cm) \times N_{op} (geld). Proefvelden op leem en zandige leem in België.

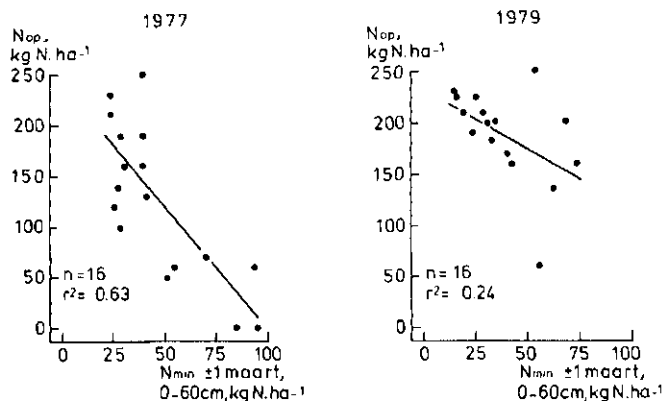


Fig. 5 Het verband tussen N_{min} en N_{op} op klei in 1977 en in 1979 (IRS, IB Serie 84)

stikstofverliezen kunnen optreden blijkt uit figuur 6. In deze figuur is het verband tussen de toename in minerale stikstof op onbemeste veldjes en de hoogte van het neerslagoverschot in natte voorjaren weergegeven. Uit figuur 6 blijkt dat hoe natter het voorjaar is, er des te minder minerale stikstof bijkomt. Het is niet waarschijnlijk dat de verliezen aan stikstof toe te schrijven zijn aan uitspoeling, omdat stikstofverlies in een bepaalde laag niet leidt tot stikstofwinst in een diepere laag. Ook is het niet waar-

Tabel 5. Neerslagoverschot 1 maart - 31 mei 1977 en 1979

	neerslagoverschot (mm) 1 maart - 31 mei, De Bilt
gemiddeld	- 80
1977	- 75
1979	+ 65

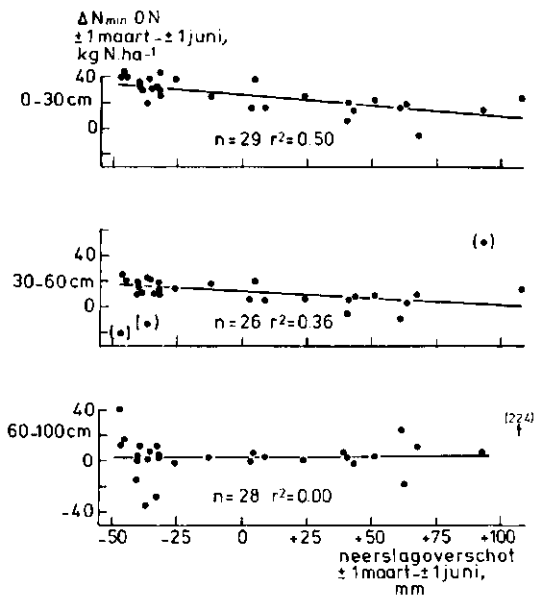


Fig. 6
Het verband tussen het neerslagoverschot ($R-E_0$) en de toename in N_{min} op onbemeste veldjes ($\Delta N_{min} ON$) in natte voorjaren ($R - E_0 > -50$ mm). Proefvelden op klei waarop geen organische bemesting is toegediend (IRS, IB Serie 84).
(*) = niet meegerekend.

schijnlijk dat de geringere toename in minerale stikstof in een nat voorjaar het gevolg is van verminderde stikstofmineralisatie, omdat er in het gebruikte materiaal geen relatie bestond tussen de temperatuur en de hoogte van het neerslagoverschot. Waarschijnlijk kunnen de in figuur 6 waargenomen stikstofverliezen worden toegeschreven aan denitrificatie.

Het zal duidelijk zijn dat resultaten verkregen in 'abnormale' jaren niet geschikt zijn voor het opstellen van een advieslijn. Deze resultaten kunnen echter wel een hulp zijn bij mogelijk correctie van het advies in het geval zich een 'abnormaal' jaar voordoet.

5. Conclusies

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken betreffende het opstellen van stikstofbemestingsadviezen voor suikerbieten, gebaseerd op het verband tussen de hoeveelheid minerale bodemstikstof die aan het eind van de winter in het profiel aanwezig is en de optimale kunstmeststikstofgift:

- 1 - Bemonstering voor de N_{min} -bepaling tot 60 cm diepte is voldoende. Diepere bemonstering geeft geen verhoging van de betrouwbaarheid van een advieslijn.
- 2 - De betrouwbaarheid van een advies neemt toe als er naast N_{min} ook rekening wordt gehouden met organische bemesting, zwaarte van de grond, structuur van de grond en, onder bepaalde omstandigheden, het organische stofgehalte van de grond.
- 3 - De hier gepresenteerde resultaten laten weinig verschil zien in de betrouwbaarheid van een advies dat gebaseerd is op de hoogste suikeropbrengst of op de hoogste geldelijke opbrengst. Het materiaal is echter te beperkt om hier een algemene conclusie aan te verbinden.
- 4 - Het verdient de voorkeur advieslijnen alleen te baseren op resultaten die in 'normale' jaren verkregen zijn.

LITERATUUR

1. BAKKER, Y., L. WITHAGEN en G. WIJNEN, 1981. De nieuwe richtlijn voor de stikstofbemesting van suikerbieten. Bedrijfsontwikkeling, 12, 383-385.
2. BOON, R., 1981. Stikstofadvies op basis van profielanalyse van wintergraan en suikerbieten op diepe leem- en zandleemgronden. Pedologie, 21, 347-363.
3. BOON, R., J. DEVENTER en M. GEYPENS, 1980. Stikstofproefvelden op suikerbieten op leem en zandleem ter studie van de mogelijkheid tot het bepalen van de optimale stikstofdosis via de ontleding van de minerale stikstof in de bodem in de lagen 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm diepte. Bodemkundige Dienst van België, 179 pp.
4. BOON, R., J. DEVENTER en M. GEYPENS, 1981. Verslag over de zoekingen in het jaar 1980. Deel II. Stikstofproefvelden op suikerbieten op leem en zandleem in 1980 ter verbetering van het stikstofadvies door bepaling van de minerale stikstof in de bodem tot 90 cm diepte. Bodemkundige Dienst van België, 190 pp.
5. KOLENBRANDER, G.J., J.J. NEETESON and G. WIJNEN, 1981. Investigation in the Netherlands of optimum nitrogen fertilization on the basis of amount of N_{min} in the soil profile. Pedologie, 31, 365-377.
6. NEETESON, J.J. and K.W. SMILDE, 1983. Correlative methods of estimating the optimum nitrogen fertilizer rate for sugar beet as based on soil mineral nitrogen at the end of the winter period. In: Proceedings Symposium 'Nitrogen and Sugar Beet'. Institut International de Recherches Betteravières, Bruxelles, 16-17 Février 1983, 409-421.
7. RIS, J., K.W. SMILDE and G. WIJNEN, 1981. Nitrogen fertilizer recommendations for arable crops as based on soil analysis. Fertilizer Research, 2, 21-32.
8. SCHARFF, H.C. und J. WEHRMANN, 1979. Stickstoffversorgung der Zuckerrüben. Entscheidungshilfe durch die N_{min} -Methode. Die Zuckerrübe, 28, 16-17.
9. WEHRMANN, J. und H.C. SCHARPF, 1980. Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Grundlage der Stickstoffdüngung bei Zuckerrüben. 43rd Wintercongress Institut International de Recherches Betteravières, Bruxelles, 327-341.