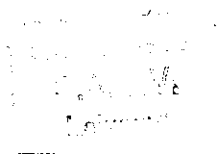


Stikstof bemesting van wintertarwe

Een evaluatie van westeuropese adviessystemen

ir. K. Reinink
Verslag nr. 60
december 1986



Inhoudsopgave

	blz.
1. Inleiding	1
2. Overzicht van de stikstofadviesregels in enkele west-europese landen	2
2.1 N-min methode	2
2.2 Streefwaardemethode	3
2.3 Variabele N (3)	4
2.4 Combinatiemethode	4
2.5 Index-systeem	5
2.6 Balansmethode	6
2.7 ADAS-adviesysteem	8
2.8 Regressiemethode	10
2.9 Advisering op grond van het nitraatgehalte van de plant	10
3. Resultaten van de diverse adviessystemen	12
4. Discussie	19
4.1 De adviessystemen	19
4.2 Perspectieven van een teeltbegeleidingssysteem voor een stikstofbemesting	19
Literatuur	21

INLEIDING

In Nederland begon de geautomatiseerde teeltbegeleiding in de akkerbouw in 1978 met EPIPARE. Via een computerprogramma werden deelnemende wintertarwetelers begeleid in het bestrijden van ziekten en plagen. In 1981 werd dit systeem door het PAGV overgenomen van de Landbouwhogeschool. Overweging hierbij was dat modelmatige, geautomatiseerde advisering een nieuwe ontwikkeling is, die sterk door zal zetten en zal leiden tot teeltbegeleidingssystemen die de teler van een bepaald gewas over allerlei teeltmaatregelen adviezen en voorlichting zullen kunnen geven. Bij de uitbreiding van EPIPARE in de richting van een compleet adviesmodel voor wintertarwe kwamen in eerste instantie de volgende aspecten van de teelt naar voren:

- onkruidbestrijding;
- stikstofbemesting;
- toepassing van groeiregulatoren.

Voor de onkruidbestrijding in tarwe werd op het PAGV door ir H.F.M. Aarts een adviesmodel ontwikkeld dat "bedrijfsklaar" is. De werkzaamheden op het gebied van de stikstofbemesting namen in 1982 een aanvang met het bijeen roepen van een adviescommissie voor de ontwikkeling van een stikstof-advies-model voor wintertarwe. Daarin hadden vertegenwoordigers van CABO, IB, ITAL, PAGV, CAD en LH zitting. De bijeenkomsten van deze commissie waren aanvankelijk vrij sterk gericht op de mogelijkheid om het zomertarwe-simulatiemodel van dr H. van Keulen te gebruiken voor perceelsgerichte adviezen. Dit simulatiemodel zou zo mogelijk worden aangevuld met een gedeelte voor de beschrijving van de lotgevallen van stikstof in de bodem (IB). Voor het krijgen van parameters voor dit simulatiemodel en om antwoord te vinden op de vraag in hoeverre met zo'n model de stikstofbalans in grond en gewas nagebootst kan worden, werd in 1983 en 1984 met financiële steun van het Nederlands Graan-Centrum een zestal gedetailleerde proeven uitgevoerd. Op dit onderzoek en de perspectieven daarvan wordt later ingegaan.

In de adviescommissie werd de behoefte gevoeld om naast het uitgebreide simulatiemodel ook te kijken naar de mogelijkheden van simpeler adviesregels. In dit verslag zal worden gesproken welke adviesystemen in de ons omringende landen functioneren en welke elementen daarvan voor de Nederlandse situatie van belang zouden kunnen zijn.

HOOFDSTUK 2

OVERZICHT VAN DE STIKSTOFADVIESREGELS IN ENKELE WEST-EUROPEESE LANDEN

In dit hoofdstuk worden enkele symbolen veelvuldig gebruikt. Die zullen eerst verklaard worden.

N(n) : de n-de stikstofgift (kg/ha).

T(n) : tijdstip van de n-de stikstofgift (datum of gewasstadium).

Nmin : minerale stikstofhoeveelheid in de bodem (kg/ha).

Ngift : de totale geadviseerde stikstofgift (kg/ha).

C : constante streefwaarde voor de N-gift (kg/ha).

V : variabele streefwaarde voor de N-gift (kg/ha).

Y : opbrengst kg/ha.

Yexp : verwachte opbrengst kg/ha.

Ypot : potentiële opbrengst kg/ha.

DC : gewasstadium volgens de decimale code (Zadoks et.al, 1974).

2.1 Nmin METHODE, ADVISERING OP GROND VAN DE MINERALE STIKSTOFHOEVEELHEID IN DE BODEM TIJDENS HET EIND VAN DE WINTER

In vrijwel alle stikstofadviesystemen speelt de Nmin-bepaling in het voorjaar een centrale rol. De meest simpele vorm van advisering wordt gehanteerd in Nederland en West-Duitsland, waar de adviesformule luidt:

$$Ngift = C - m * Nmin,$$

waarin m een efficiëntiefactor voor de benutting van de bodemstikstof is.

De totale hoeveelheid te verstrekken stikstof wordt direkt uit de Nmin berekend. Er worden geen correcties toegepast voor de verdeling van de stikstof in de bodem of voor processen tijdens het verdere groeiseizoen, waardoor stikstof kan verdwijnen of toenemen (denitrificatie, vervluchting, uitspoeling, mineralisatie). Voorzover deze factoren duidelijk niet verwaarloosd kunnen worden (bijvoorbeeld toepassing organische mest, drijfmest of onderploegen van bietenblad) moet de teler zelf deze correcties toepassen.

Voor Nederland luidt de adviesformule:

$$N_{\text{gift}} = 240 - N_{\text{min}} \quad (C = 240 \text{ kg/ha, } m = 1)$$

N(1) = 140 - N _{min} kg/ha	T(1) = ongeveer 1 maart
N(2) = 60 kg/ha	T(2) = DC 31-32
N(3) = 40 kg/ha	T(3) = DC 39-47

Voor West-Duitsland: (Wehrman en Scharf, 1979) voor löss-gronden rond Hannover:

$$N_{\text{gift}} = 200 - N_{\text{min}} \quad (C = 200 \text{ kg/ha, } m = 1)$$

N(1) = 120 - N _{min} kg/ha	T(1) = februari/maart
N(2) = 20 kg/ha	T(2) = DC 30-37
N(3) = 60 kg/ha	T(3) = DC 39

De streefwaarde voor N(1) ligt hier 20 kg/ha lager. Er ligt een zwaardere nadruk op de derde gift. In beide N_{min} adviezen wordt de efficiëntiefactor m op 1 gesteld. Er wordt vanuit gegaan dat de gemeten stikstof volledig voor de plant beschikbaar is en net zo efficiënt werkt als stikstof die als kunstmest toegediend zal worden.

2.2 STREEFWAARDEMETHODODE

Een mogelijke verbetering van de N_{min} methode werd door Becker en Aufhammer (1983) gezocht in het variabel maken van de streefwaarde V(1) bij N(1). De streefwaarde luidt:

N(1) = V(1) - N _{min}	T(1) = februari/maart
N(2) = 30 kg/ha	T(2) = DC 30
N(3) = 60 kg/ha	T(3) = DC 51-55

V(1) is een functie van de voorvrucht en een Duitse vruchtbaarheidsindex van de grond.

Tabel 1. De waarde van V(1) (kg/ha) in afhankelijkheid van de voorvrucht en de vruchtbaarheidsindex van de grond.

voorvrucht:	graan	hakvrucht
index < 60	140	120
index > 60	120	100

2.3 VARIABELE N(3)

Een andere aanpassing op het Duitse N_{min}-advies bestaat uit het variabel maken van de derde gift:

$$N(3) = 0.01 * Y_{exp} \text{ (kg/ha)}.$$

Als derde stikstofbemesting wordt dus een hoeveelheid gegeven die gelijk is aan 1% van de verwachte korrelopbrengst.

2.4 COMBINATIEMETHODE

Nog meer variatie in stikstofgiften wordt verkregen met de combinatiemethode van Heyland. Deze methode werd in het Rijnland ontwikkeld. Door combinatie van N_{min} en gewasstandcriteria worden zowel N(1), N(2), N(3) als T(2) variabel. Het systeem ziet er als volgt uit:

N(1) = 0, 20, 40 of 60 kg/ha, afhankelijk van de plantdichtheid.

T(1) = februari/maart.

N(1) wordt voor elke week na 1 maart met 5 kg/ha verhoogd.

N(2) = 140 - N_{min} - N₁ - N(organische mest) en N(2) < 60 kg/ha.

T(2) = 29, 30 of 31, afhankelijk van kwaliteit en aantal spruiten.

Bij veel, onregelmatige spruiten wordt de N(2) uitgesteld tot DC 31 om door reductie van het aantal spruiten een uniformer gewas te krijgen. Als N(2) groter zou worden dan 60 kg/ha, wordt de gift gesplitst in 60 kg/ha + rest. De resterende hoeveelheid wordt dan in DC 37 toegediend.

N(3) = 30, 40, 60 of 90 kg/ha, afhankelijk van het aantal aren/m². Bij minder aren wordt meer stikstof gegeven.

T(3) = DC 39-49

Als N(3) groter zou worden dan 60 kg/ha, wordt de gift gesplitst in 60 + 30 kg/ha. Deze 30 kg/ha wordt dan toegediend als N(4) in DC 65.

Deze methode gaat uit van opbrengsten van 6-7 ton/ha en een mineralisatie van begin groei tot het voorlaatste blad van 50-60 kg/ha stikstof. Voor de voor Nederland optimale gewasstructuur (225 planten/m², 525 aren/m²) zou dit systeem als volgt uitvallen:

N(1) = 60 kg/ha, N(2) = (80 - N_{min}) kg/ha en N(3) = 60 kg/ha;
N_{gift} = (200 - N_{min}) kg/ha.

2.5 INDEX-SYSTEEM

Een Belgische modificatie op het N_{min}-advies is het Index-systeem, ontwikkeld door Boon (1982) voor diepe zandleem- en leemgronden van löss-oorsprong. De in februari gemeten N_{min}-hoeveelheid wordt gecorrigeerd voor een aantal factoren. Zo ontstaat een N-index die via een uit proeven gevonden regressie-vergelijking wordt gerelateerd aan de optimale N-gift.

De adviesformule luidt:

$N_{gift} = C - m * N\text{-index}$ C = 265 kg/ha; m = 0.78

De formule voor de N-index luidt:

N-index = NO ₃ -N	(0-90 cm in februari)
+ (NH ₄ -N - 15)	(0-90 cm in februari)
+ N(in gewas in februari)	(5-25 kg/ha)
- factor voor kleigehalte	(0-20 kg/ha)
+ factor voor schuimaarde	(4-10 kg/ha)
+ factor voor bietenkoppen	(20-30 kg/ha)
+ factor voor bonenloof	(30 kg/ha)
- factor voor wildschade	(10 kg/ha)
+ 60 * (% koolstof in laag 0-30 cm)	

De fractionering van de berekende N-gift geschiedt in 3 variabele giften:

$$N(1) = V(1) - NO_3-N (0-30 \text{ cm}) - N(\text{in gewas in februari})$$

$$80 < V(1) < 130 \text{ kg/ha.}$$

T(1) = begin maart.

$$N(2) = V(2) - NO_3-N(0-90 \text{ cm}) - N(\text{in gewas in februari}) - N(1).$$

T(2) = midden april.

V(1) en V(2) zijn een functie van de volgende variabelen:

- structuur van de grond;
- humus gehalte;
- uitstoelingsvermogen van het ras;
- onkruid- en ziektebestrijding.

$$N(3) = N_{\text{gift}} - N(1) - N(2).$$

T(3) = mei.

De indexmethode wordt door de Bodemkundige Dienst van België behalve voor wintertarwe ook gehanteerd voor wintergerst en suikerbieten. De advisering wordt voorlopig beperkt tot de bovengenoemde bodemtypen. Een adviesmethode voor de kleigronden is in voorbereiding.

2.6 BALANS-METHODE

Het meest complete systeem van aanpassingen op de N_{min} methode is de Franse Balans-methode (Remy en Hebert, 1977). Dit systeem werd ontwikkeld in noord-oost Frankrijk. Het werd in Frankrijk en Zwitserland zeer uitgebreid getest en ook in Engeland werd het gebruikt. In Frankrijk is het de belangrijkste adviesmethode; het werd ondermeer via Viditel gebruikt.

De adviesformule bestaat uit een zestal factoren. Voor elke factor zijn tabellen beschikbaar waaruit de teler de voor zijn perceel correcte hoeveelheden kan lezen. Het systeem berust op het opstellen van een balans van stikstofaanbod en-opname.

Adviesformule:

$N_{gift} = b * Y_{exp}$ (b: kg N/kg korrel (ds) = 0.03)
+ N_{rest} (na oogst achterblijvende N-voorraad, niet opneembare N)
- N_{min}
- N_{residu} (mineralisatie oogstresten voorvrucht)
- N_{humus} (mineralisatie humus)
- $N_{org-mest}$ (mineralisatie organische mest).

Fractionering:

$N(1) = (45 - N(\text{in gewas}) * K - (N_{min} (0-40 \text{ cm}) - 10))$.

$T(1) = \text{begin maart}$.

$K = \text{efficiëntiefactor } 1 < K < 3$.

$N(2) = N_{gift} - N(1)$

eventueel op ondiepe gronden nog gecorrigeerd voor regenval tussen $N(1)$ en $N(2)$.

$T(2) = \text{DC } 30$.

$N(3)$ wordt alleen geadviseerd:

- om een $N(2)$ groter dan 100 kg/ha te voorkomen: $T(3) = \text{DC } 37$

- voor een hoger eiwitgehalte: $N(3) = 40-60 \text{ kg/ha}$

$T(3) = \text{DC } 39$.

Men tracht deze methode nog te verbeteren door een nauwkeuriger schatting van de opbrengst:

$Y_{exp} = Y_{pot} * f_1 * f_2 * f_3 * f_4$ (alle factoren: $0 < f < 1$)

f_1 : bruikbare watervoorraad

f_2 : bodemstructuur

f_3 : gewasdichtheid eind winter

f_4 : zaaidatum

Voor gebieden waar geen grondmonsters genomen kunnen worden biedt de balansmethode de volgende alternatieven:

- gebruik maken van resultaten van stikstofstandaardpercelen;
- schatting van de N_{min} voorraad.

Deze schatting gebeurt met behulp van:

- oogstdatum voorvrucht;
- bemesting voorvrucht;
- opbrengst voorvrucht;
- bewortelbare diepte en textuur van de grond;
- hoeveelheid neerslag in de winter.

2.7 ADAS-ADVIESSYSTEEM

In Groot-Brittannië hanteren de ADAS en de ESCA een adviessysteem waarbij zowel grond- als gewasbemonstering overbodig is.

Op grond van de aard en de bemesting van de voorvrucht wordt een bodem N-index bepaald. De waarde van deze index is 0, 1 of 2. Combinatie van bodem-N-index en grondtype levert een richtwaarde (V) voor de Ngift op. Zie tabel 2.

Tabel 2. De waarde van de richtwaarde (V) voor Ngift (kg/ha) volgens het ADAS-systeem in de afhankelijkheid van de bodem, index en de grondsoort.

index	0	1	2
lichte grond	175	125	75
midden	150	100	40
zware grond	150	75	0

Adviesformule:

$N_{gift} = V + \text{factor winterneerslag}$

(bij index 1 of 2: - 25, 0 of + 25 kg/ha)

- + factor ('direct drilling') (+ 25 kg/ha)
- + factor organische bemesting (- 30 kg/ha)
- + factor voorjaarsneerslag (index 1 of 2: + 25 tot + 40 kg/ha)
- + factor structuur (0-25 kg/ha)
- + factor opbrengstpotentie (index < 2 en $Y_{pot} > 8$ ton: + 50 kg/ha).

Fractionering:

$N(1) < 40$ kg/ha slechts aanbevolen indien:

- bodemindex = 0
- arme grond
- veel winterregen
- slechte ontwikkeling of stand
- tarwehalmdoder verwacht wordt.

$T(1) =$ begin maart.

Hoofdgift:

$N(2) = N_{gift} - N(1)$.

$T(2) =$ DC 30.

$N(3) = 30$ kg/ha slechts aanbevolen bij:

- verhoging eiwitgehalte;
- hoge opbrengstpotentie;
- genoeg watervoorraad bij toepassing N.

$T(3) =$ DC 39.

Het ADAS-adviesstelsel neigt dus in de richting van een eenmalige stikstofgift in april.

2.8 REGRESSIEMETHODE

Een Duits adviessysteem waarbij evenmin grond- of gewasanalyse nodig is, is de Regressiemethode van Braun. Dit computerprogramma werd ontwikkeld op grond van proefresultaten in het Rijnland. Via multiële regressie werd de opbrengst gerelateerd aan N-bemesting, produktiesysteem, weersomstandigheden en locatie. Deze relaties werden omgewerkt waarbij de N-behoefte van een gewas wordt voorspeld uit:

- opbrengstdata, resultaten van N-bemestingsproeven;
- veldspecifieke data: grondindex;
P₂O₅ en K₂O gehalte;
humus-gehalte;
totale N-gehalte grond;
organische N-bemesting;
N-bemesting voorvrucht;
- weersgegevens: regenval oktober - januari voor N(1);
luchttemperatuur oktober - maart voor N(2);
waterbalans van vorige jaar.

Alleen de N(1) en N(2) worden berekend. De N(3) wordt volgens praktijkgebruik toegepast. Voor de berekening van N(1) zijn 17 gegevens nodig, voor N(2) 13.

2.9 ADVISERING OP GROND VAN HET NITRAATGEHALTE VAN DE PLANT

Dit is een vrij nieuwe ontwikkeling. Het doel is vooral N(2) en N(3) nauwkeuriger op de behoefte van het gewas af te stellen. Wollring en Wehrman (1981) ontwikkelden de NITRAAT-SNELTEST. Het Nitraatgehalte in het xyleemsap van de stengel wordt via een kleurreactie (difenylamine-zwavelzuur) bepaald. De kleurscore loopt van 0 tot 3.

Op basis van deze test werden twee adviessystemen ontwikkeld. Systeem 1 richt zich op het bepalen van de hoogte van de gift bij vaste tijdstippen. Systeem 2 bepaald de tijdstippen van N-toediening bij constante hoogte van de gift. De test moet om de 7 tot 10 dagen uitgevoerd worden en als de score beneden 1 komt moet de in de tabel aangegeven hoeveelheid stikstof (kg/ha) gegeven worden.

Tabel 3. Systeem 1: Hoogte van de stikstofgift (kg/ha) bij schieten en bij het in aar komen in afhankelijkheid van de kleurreactie.

kleurscore	0 - 1	1 - 2	2 - 3
schieten	50-60	40-20	20- 0
in aar komen	90-60	60-30	30- 0

Tabel 4. Systeem 2: Bepaling tijdstippen voor bemesting bij vaste gift.

kleurscore	< 1	> 1
DC 24 - 49	30-40	0
DC 51 - 61	40-60	0

RESULTATEN VAN DE DIVERSE ADVIESSYSTEMEN

Het resultaat van een adviessysteem wordt op diverse manieren gecontroleerd. Een voor de hand liggende methode is het vaststellen met behulp van stikstoftrappenproeven van het verschil tussen de adviesgift (Nadv) en de stikstofgift waarbij de optimale opbrengst (Nopt) wordt gerealiseerd. Nopt kan de fysieke of economische opbrengst zijn.

Bij deze methode is een groot aantal trappen nodig om de Nopt goed te kunnen schatten. In verband met de proefomvang is het vrijwel onmogelijk om zowel de Ngift als de fractionering te variëren. Deze methode wordt vooral gebruikt bij de Nmin-methode, waarbij alleen N(1) variabel is.

Bij de Nmin-methode of het Belgische Index-systeem gaat het vooral om de vraag hoe goed het verband tussen Nmin of Nindex en Nopt is. De resultaten staan vermeld in tabel 5.

Tabel 5. Resultaten van Nmin en Nindex methode.

auteur	adviesformule Ngift = C - m * N	r ² (correlatie tussen Nopt en Nmin of Nindex)	proef- jaren	aantal proeven	gewas- bescherming
RIS (81)	Ngift = 159-0.56*Nmin	0.28	1967-72	33	nee
DILZ (83)	Ngift = 152-0.64*Nmin	0.20	1973-78	25	nee
DILZ (83)	Ngift = 153-0.51*Nmin	0.18	1973-78	25	ja
BOON (82)	Ngift = 200-0.88*Nmin	0.75	1977-81	96	ja
BOON (82)	Ngift = 263-0.77*Nindex	0.88	1977-81	74	ja

In België werd een goede correlatie van Nopt met Nmin gevonden en een nog betere correlatie tussen Nopt en Nindex. Het verband tussen Nopt en Nmin was in de Nederlandse proeven laag. De regressielijn wijkt bovendien af van de advieslijn (Nadv = (200 tot 240)-Nmin). De efficiëntiefactor m blijkt in Nederlandse proeven kleiner dan 1 te zijn: de N in de bodem wordt minder efficiënt benut.

Oorzaken van de lage correlatie in Nederlandse proeven kunnen zijn:

- bemonstering- of analysefouten;
- veronachtzamen van de ontwikkelingen na de monsternamen in februari:
mineralisatie,
uitspoeling/denitrificatie,
droogte,
ziekte;
- de variabiliteit van de gronden;
- onvoldoende afstemming van het bemestingssysteem op de gewasontwikkeling.

De uniformiteit van de gronden in België kan een oorzaak zijn voor de hoge correlatie in de proeven van Boon. De correcties via de index-methode bestaan vooral uit het inschatten van de hoeveelheid N die tijdens het groeiseizoen nageleverd wordt. De correlatie wordt met de indexmethode nog aanzienlijk verbeterd. Neeteson en Smilde (1983) berekenden voor suikerbieten in hoeverre de r^2 -waarde via een indexmethode kon worden verbeterd ten opzichte van de Nmin-methode. Zie tabel 6.

Tabel 6. Vergelijking van Nmin-methode en Nindex-methode volgens Neeteson en Smilde (1983)

land	methode	r^2	jaren	aantal proeven
NL	Nmin	0.63	1974-79	61
NL	Nindex	0.71	1974-79	61
B	Nmin	0.65	1977-81	40
B	Nindex	0.76	1977-81	40

De voorspelling van Nopt kan dus verbeterd worden door specifieke veldgegevens mee te nemen.

Behalve de mate waarin er een verband bestaat tussen Nmin en Nopt, is ook de opbrengstderving die men krijgt als men na het volgen van de adviesnorm (Nadv) boven of onder de optimale N-gift komt van belang. Ondanks de lage correlatie en het feit dat de advieslijn niet de "best-fitting" lijn is, berekende Dilz dat de gemiddelde opbrengstderving slechts 200 kilogram tarwe per hectare was ten opzichte van de optimale opbrengst bij gebruik van de Nederlandse adviesnorm (Nadv = 200 - Nmin).

Tabel 7. Gemiddelde opbrengstderving bij een aantal richtwaarden.

richtwaarde (kg/ha) C:	160	180	200	220	240
gem. opbrengstderving (kg/ha)	298	210	196	216	338

Bij vaste jaarlijkse giften vond hij de volgende gemiddelde opbrengstdervingen:

Tabel 8. Gemiddelde opbrengstderving (kg/ha) bij vaste stikstofgiften (kg/ha).

vaste stikstofgift (kg/ha)	40	60	80	100	120	140
gem. opbrengstderving (kg/ha)	677	497	342	261	201	251

Het feit dat de advieslijnen $N_{adv} = 220 - N_{min}$, $N_{adv} = 200 - N_{min}$, $N_{adv} = 180 - N_{min}$ en $N_{adv} = 120$ vrijwel dezelfde gemiddelde opbrengstdervingen hebben, suggereert dat bij de gevonden lage correlatie de manier waarop de advieslijn aangegeven wordt niet al te nauw komt.

Dat de gemiddelde opbrengstderving ondanks de lage correlatie slechts 200 kg/ha bedraagt, kan alleen verklaard worden als het verband tussen opbrengst en N-gift een zeer vlak optimum heeft. Het belang van een nauwkeurige N-behoefte voorspelling zou hiermee kleiner worden!

Als bezwaar tegen deze methode van berekening van gemiddelde opbrengstderving kan aangevoerd worden dat de maximale gemeten opbrengst niet de potentieel realiseerbare opbrengst in dat jaar op dat veld hoeft te zijn, maar de maximale opbrengst bij een bepaalde teeltwijze en bepaalde manier van N-fractionering is (meestal alleen $N(1)$ variabel).

De gemiddelde maximum-opbrengst in de betreffende proeven was 7.3 ton/ha (15% vocht). De maximale opbrengst was 8.5 ton/ha in 1978. Deze opbrengsten lijken bij de hedendaagse teeltwijze als optimum niet meer erg bevredigend.

In Duitsland liep men tegen hetzelfde probleem aan: vlak lopende optimumcurves met kleine opbrengstverschillen tussen de adviesmodellen. Daarom is men daar afgestapt van opbrengstvergelijkingen en werkt men met het succesquotum: het

percentage van de proeven waarbij de opbrengst van een bepaalde behandeling significant (5%) lager uitvalt dan het optimum van de proef. Dit is een maat voor de oogstzekerheid van de methode.

Enkele vergelijkingsseries worden hier genoemd:

Tabel 9. Vergelijkingsserie 1; 47 proeven, 1978-80, plaats: geheel Duitsland. (Becker, 1982).

Methode:	vaste hoeveelheid stikstof (kg/ha)	Nmin-methode (kg/ha)	streefwaarde-methode (kg/ha)
tijdstop			
DC 12 - 25	80	C(1) = 120	V(1) = 100 tot 140
DC 29 - 30	0	30	30
DC 51 - 55	60	60	60
Succesquotum:	55%	79%	91%

De gemiddelde opbrengsten en Ngift verschilden in deze proeven slechts weinig.

Tabel 10. Vergelijkingsserie 2; 36 proeven, 1978-80, plaats: Rijnland (Kochs, 1980).

Methode:	vaste hoeveelheden stikstof (kg/ha)				Nmin-methode (kg/ha)	combinatie-methode	regressie-methode
tijdstop							
DC 12 - 25	0	30	30	60	C(1) = 120		
DC 29 - 30	30	30	60	30	30		
DC 51 - 55	60	60	60	60	60		
Succesquotum:	14%	44%	72%	55%	64%	69%	78%

Tabel 11. Vergelijkingsserie 3; 25 proeven, 1979-81, diverse plaatsen in Duitsland.

methode:	vaste hoeveelheid stikstof (kg/ha)	Nmin-methode (kg/ha)	combinatie methode
tijdstip			
DC 12 - 25	80	C(1) = 120	
DC 29 - 30	0		
DC 51 - 55	60		
Succesquotum:	60%	88%	72%

Conclusies voor de Duitse systemen kunnen zijn:

- alle voorspellingsmethoden verhogen de kans om het optimum te halen;
- de verschillen tussen de adviessystemen in gemiddelde opbrengst en gemiddelde N-giften zijn klein;
- in de proeven in het Rijnland was de regressiemethode van Braun het meest succesvol. Deze methode kan echter nog niet in andere gebieden worden toegepast omdat de input-data betrekking hebben op proeven die in het Rijnland gedaan zijn;
- als het succesquotum als graadmeter wordt genomen, werd de Nmin methode door de meeste methodes nog iets verbeterd.

In Frankrijk (Viaux, 1981) werden in 1975-79 ongeveer 600 experimenten uitgevoerd. De proefopzet was:

4 stikstoftrappen: Nadv - 40, Nadv, Nadv + 40 en Nadv + 80.

Resultaten: gemiddelde opbrengstderving met de geadviseerde gift: 300 kg/ha;
gemiddelde afwijking van Nadv van het optimum (Nopt): -8 kg/ha.

Percentage van de proeven waarin Nadv kleiner, gelijk of groter dan de optimale gift was:

Nadv < Nopt : 43 %

Nadv = Nopt : 35 %

Nadv > Nopt : 22 %.

De resultaten van het balans-systeem waren goed in noord en midden-Frankrijk, slecht in zuid-Frankrijk.

De resultaten in Zwitserland (Neyroud, 1981):

(20 proeven, 100 experimenten bij boeren)

proefopzet 4 stikstoftrappen: 0 N, Nadv - 30, Nadv, Nadv + 30.

Proeven: Nadv = Nopt : 90 % van de proeven.

Experimenten Nadv < Nopt : 15 % van de experimenten

bij boeren: Nadv = Nopt : 55 % van de experimenten

Nadv > Nopt : 30 % van de experimenten.

Widdowson (1982) meldt bij experimenten in Engeland bij zeer hoge opbrengsten goede resultaten met het balans-systeem als aangenomen wordt dat de stikstof-behoefte per kg korrel 0.025 (en niet 0.03) is.

De ADAS (Needham, 1983) meldt dat tot nu toe hun adviessysteem een betere correlatie met de optimale N-gift gaf dan welke andere geteste grond- of plant-parameter. De Nmin-methode gaf in Engeland slechte resultaten, wat wordt geweten aan de grote variabiliteit in gronden en in het weer, vooral in het voorjaar. Bij kleinere groepen experimenten (minder variatie) was het verschil tussen de Nmin-methode en de optimale gift iets kleiner. De tijdstippen waarop de stikstof wordt toegediend was in Groot-Brittannië veel minder belangrijk dan de totale hoeveelheid stikstof die toegediend werd.

De nitraat-sneltest is in Nederland door Schepers (1982) aan een onderzoek onderworpen. Hij komt tot de conclusie dat de kleurreactie bij lage en hoge N-niveaus wel zeer duidelijk zijn, maar dat in het interessante tussenliggende traject, waar de beslissing over het al of niet toedienen van extra stikstof moeilijker wordt, de kleurreactie een grote spreiding vertoont en niet beter is dan een visuele beoordeling van de gewaskleur. Een bijkomend probleem is dat bij een toestand van watertekort de nitraathoeveelheid in de stengel niet meer een maat is voor de hoeveelheid N in de bodem. Een ander probleem met deze methode is dat het kleuringsreagens (zwavelzuur) gevaarlijk is en niet voor algemeen gebruik geschikt lijkt.

Een andere, wellicht betere, nitraat-test is de MERCKOQUANT-NITRAATTEST. De test bestaat ook uit een kleurreactie: een teststrip wordt een seconde in een oplossing gehouden; na twee minuten kan de concentratie NO_3 op een semi-kwantitatieve schaal afgelezen worden. Door met twee verschillende verdunningen te werken of door de kleurreactie met een speciaal ontworpen afleesapparaatje te

meten, kan een grotere nauwkeurigheid verkregen worden. De Merckoquanttest kan zowel voor bepaling van nitraat in de grond als in de plant gebruikt worden. Uit meerdere onderzoeken is gebleken dat er een redelijk betrouwbaar verband bestaat tussen de bepaling van bodem-nitraat met deze test en de standaard stikstofbepaling zoals die in Oosterbeek wordt uitgevoerd. Een probleem bij grondonderzoek met deze test is dat het vochtgehalte van de grond bepaald moet worden.

DISCUSSIE

4.1 DE ADVIESSYSTEMEN

Alle adviessystemen zijn erop gericht de stikstofgift af te stemmen op Nopt. Zeker van de in de praktijk functionerende systemen kan verwacht worden dat ze daar min of meer in slagen. De systemen verschillen in de mate en wijze waarop de variantie in N-aanbod en N-behoefte benaderd wordt. Zeer eenvoudig is het N_{min} systeem waar alleen de variatie in minerale stikstof in de bodem aan het eind van de winter wordt meegenomen. Zeer uitgebreid zijn het balans-systeem en het regressie-systeem waarin aanbod en behoefte op grond van veel klimaat-, bodem- en gewasgegevens ingeschat worden.

Vergelijking van de resultaten van de methodes is alleen goed mogelijk als ze in dezelfde proeven zijn uitgevoerd. In Duitsland is een aantal van deze proeven uitgevoerd. Daar bleek de gemiddelde N-gift en opbrengst van de systemen slechts weinig te verschillen. Alleen de mate waarin de systemen significant van het proefoptimum afweken (succesquotum) liet enige verschillen zien, waarbij systemen met het hoogste succesquotum de voorkeur krijgen: ze zijn oogstzeker en hebben de hoogste gemiddelde opbrengst, hoewel die dus vaak niet significant afwijkt van de andere methoden.

Uit de Duitse proeven kwam naar voren dat systemen waarin de bepaling van N_{min} geen rol speelt, beter kunnen zijn dan die methodes waarin deze centraal staat. Wie de variatie in de relatie tussen N_{min} en Nopt heeft gezien zal dit niet vreemd vinden.

4.2 PERSPECTIEVEN VAN EEN TEELTBEGELEIDINGSSYSTEEM VOOR STIKSTOFBEMESTING

Wat kan men verwachten van een computermatig adviessysteem, met eventueel elementen van de hierboven besproken systemen?

Tinker en Widdowson (1983) beschouwen de oorzaken van tussen-veld variatie in opbrengst en stellen dat de hoogste opbrengsten opgebouwd worden doordat een hele serie beslissingen t.a.v. tijdstippen en hoeveelheden correct genomen worden. Vergelijking van de gemiddelde Engelse opbrengsten en die van leden van de ICI 10-ton's club toonden aan dat de gemiddelde opbrengst met 2 ton/ha was toegenomen, maar dat de variantie nauwelijks was afgenomen. Ook bij de hogere opbrengsten nemen sommige boeren duidelijk vaker de juiste beslissing dan

andere, of worden voor een foute beslissing minder zwaar gestraft. Zij stellen dat in principe elke normale grond een top-opbrengst van tarwe (> 10 ton/ha) kan leveren, maar dat de straf op het afwijken van het optimum van een bepaalde teeltmaatregel voor sommige gronden veel groter is dan voor andere. Omdat meerdere beslissingen genomen moeten worden, wordt de kans om alle goed te nemen erg klein.

Een teeltbegeleidingssysteem moet erop gericht zijn de diverse beslissingen zo goed mogelijk op het optimum te richten. Dit zal het hoogste rendement geven bij telers met weinig ervaring of op gronden waar de straf voor een minder goede beslissing hoog is. De Nmin-methode heeft in Nederland gefungeerd als een algemene richtlijn, die de teler na een aantal jaren gebruik zou moeten modificeren en aanpassen aan de specifieke omstandigheden van zijn perceel (Dilz, 1983). Gezien de toename van de technische mogelijkheden (computer) en het feit dat ondanks de Nmin-methode altijd nog veel vragen bij de teler overblijven, lijkt hier plaats voor een teeltbegeleidingssysteem. Hierin moeten meer facetten van N-aanbod en behoefte naar voren komen om de teler te helpen bij het nemen van de juiste beslissingen. Bovendien moet het teeltbegeleidingssysteem duidelijk maken welke facetten voor zijn perceel van veel en welke van minder belang zijn.

De vorm van een balans lijkt educatief gezien aantrekkelijk. Voor het onderzoek heeft zo'n balans-systeem het voordeel dat onderdelen ervan door verschillende instituten uitgewerkt kunnen worden (bijvoorbeeld IB: N-gedrag in bodem in de winter; CABO: N-behoefte van het gewas in diverse groeistadia). Naar de onderzoeksinstituten zal een duidelijke vraag gecreëerd worden om praktijkgerichte modellen te produceren. Zolang deze modellen nog niet praktijkrijp zijn, kan met schattingen gewerkt worden.

De grote behoefte aan meer gedetailleerde informatie kan ook afgelezen worden uit de grote vlucht die het verschijnsel 'gewasstudieclub' genomen heeft. Een meer verklarend model voor de stikstofhuishouding biedt ook mogelijkheden om met de gegevens van dergelijke clubs, niet alleen achteraf, maar ook tijdens het seizoen wat meer te doen.

LITERATUUR:

Becker, F.A. en Aufhammer, W. (1983). Nitrogen fertilisation and methods of predicting the N requirements of winter wheat in the Federal Republic of Germany. Symposium on fertilizers and intensive Wheat Production in the EEC (Dec. 1982). Proceedings No. 211, pp 33-66, The Fertilizer Society.

Boon, R. (1982). Avis de fumure en azote base l'analyse du profil pour cereales d'hiver sur sols limoneux et sablo-limoneux profonds. Service Pedologique, De Croylaan 38, 3030 Heverlee-Louvain.

Dilz, K. en Schepers, J.H. (1983). Gewasbescherming en stikstofbehoefte van wintertarwe. Stikstof 102, maart 1983, 43-48.

Kochs, H.J. (1980). Stickstoff düngungssystemen zu Weizen im Vergleich. Top Agrar 12 (1980), 42-44.

Needham, P. (1983). The role of Nitrogen in wheat production: response, interaction and prediction of Nitrogen requirements in the UK. In: Symposium on fertilizers and intensive Wheat Production in the EEC (Dec. 1982). Proceedings No. 211, pp 125-148. The Fertilizer Society.

Neeteson, J.J. en Smilde K.W. (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 Sugarbeet'. Institut international de recherches betteravieres, Bruxelles, 16-17 fevrier 1983 (1983) pp. 409-421.

Neyroud, J.A. (1981). La prevision de la fumure azotee: Experiences realisees et travaux en course en Suisse. In: Proc. Symp. Humus et Azote, jun. 1981, Reins, pp 306-312.

Remy, J.C. en Hebert J. (1977). Le devenir des engrais azotes dans le sol. C.R. Ac. Agr. France. 63, 700-714.

Ris, J., Smilde, K.W. en Wijnen G. (1981). Nitrogen fertilizer recommendations for arable crops as based on soil analysis. Fertilizer Research 2, 1981, 21-32.

Schepers, J.H. (1982). Nitraat sneltest bij wintertarwe. Verslag Regionale Bijeenkomsten Granen, 21/23 sept. 1982, p. 23. PAGV Lelystad.

Tinker, P.B. en Widdowson, F.V. (1983) Maximising wheat yields, and some causes of yield variation. Symposium on fertilizers and intensive Wheat Production in the EEC (Dec. 1982). Proceedings No. 211, pp 149-184. The Fertilizer Society.

Viaux, Ph. (1981). Interêt de la methode des bilans pour prevoir la fumure azotee du ble tendre d'hiver. In: Proc. Symp. Humus et Azote, jun. 1981. Reins, pp 297-305.

Wehrmann, J. en Scharpf, H.C. (1979). Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Mass-stab fur den Stickstoffdungerbedarf (Nmin-methode). Plant and Soil 52, 109-126.

Widdowson, F.V. (1982) Rothamsted Exp. Sta. Report for 1981, p 251.

Wohlring, J. en Wehrmann, J. (1981). Ser Nitrat-Schnelltest -Entscheidungshilfe fur die N-Spatdungung. Mitt. DLG 96, 449-450.

Zadoks, J.C., Chang T.T. en Konzak C.F., 1974. A decimal code for the growth of cereals. Weed Research 14: 415-421.

Tot nu toe verschenen PAGV-uitgaven

Verslagen

1. Epipré-achtergrondinformatie; ir. I. van Leeuwen-Pannekoek, ir. K. Reinink en ir. F.H. Rijsdijk (LH), maart 1982	f 5,-
2. Epipré-instructiemap 1982; ir. I. van Leeuwen-Pannekoek en ir. K. Reinink, maart 1982	f 5,-
3. Bedrijfseconomische evaluatie over 1975 t/m 1980 van de intensiteit van het grondgebruik op "De Schreef"; ing. H. Preuter, april 1982	f 5,-
4. Stikstofhoeveelheden op grasgroenbemesting en de invloed daarvan op het gewas suikerbieten; C. Mulder, augustus 1982	f 10,-
5. De invloed van het rooitijdstip op de stikstofbehoefte van drie suikerbietenrassen; ing. Th. Huiskamp, september 1982	f 10,-
6. De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij maïs, ir. C.A.A.A. Maenhout et al, januari 1983	f 10,-
7. Epipré-evaluatieverslag 1982; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, december 1982	f 10,-
8. Onderzoek naar verschillen in opbrengst en kwaliteit van consumptie-aardappelen in het zuidwesten van Nederland; ir. C.B. Bus, ing. K.W. Bosma (CA-Barendrecht) en ir. D.W. de Hoop (LEI), februari 1983	f 10,-
9. Acht jaar grondbewerkingssystemenonderzoek te Westmaas; ing. L.M. Lumkes, ing. I. Ovaa (Stiboka) en ing. H. Preuter, april 1983	f 10,-
10. Epipré-instructieboekje 1983; ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, april 1983	f 10,-
11. Stomen van sorteergroen van aardappelen. Verslag van een praktijkproef; ir. C.D. van Loon en W.Th. Runia (Proefstation voor Tuinbouw onder Glas), augustus 1983	f 10,-
12. Een geautomatiseerd begeleidingssysteem voor de onkruidbestrijding in wintertarwe; achtergronden en instructie. Ir. H.F.M. Aarts en ing. H. Drenth, augustus 1983	f 10,-
13. Het effect van de intensiteit van de zaaibedbereiding op het kiembed en de opkomst, opbrengst en kwaliteit van suikerbieten; ing. Th. Huiskamp, september 1983	f 10,-
14. Verslag van een driejarig onderzoek naar de optimale stikstofgift voor bruine bonen; G.J. Bom, september 1983	f 10,-
15. Epipré-evaluatieverslag 1983; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, januari 1984	f 10,-
16. Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984	f 10,-
17. Contactdag conservenpeulvruchten 1984. Ir. P.H.M. Dekker, januari 1984	**
18. Rendabiliteit van continue teelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV1 (1978 t/m 1982) Ing. H. Preuter, maart 1984	f 10,-
19. Biologie en ecologie van kleefkruid (Galium aparine). Ir. W.G.M. van den Brand, april 1984	f 10,-
20. Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alpha-pootgoed. Ing. J. Alblas en B. v.d. Spek, januari 1984	f 10,-
21. Epipré 1984 - instructieboekje. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, maart 1984	f 10,-
22. Resultaten van diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland; 1978-1982. Ing. J. Alblas, april 1984	f 10,-
23. Resultaten kalibouwplanproeven op zeelei. Ir. J. Prummel (IB) en dr. ir. J. Temme (Nederlands Kali Instituut), mei 1984	f 10,-
24. Oogstplanning van bloemkool in "de Streek". Ir. R. Booij, oktober 1984	f 10,-
25. Beregeningsonderzoek bij asperges op de proeftuin "Noord-Limburg". Ing. D. van der Schans en ir. A.J. Hellings, oktober 1984	f 10,-
26. Kalibemesting voor aardappelen in de Brabantse Biesbosch en het Land van Altena, Ing. J. Alblas, november 1984	f 10,-
27. Spruitkool bewaren aan de stam. Ing. J.A. Schoneveld, november 1984	f 10,-
28. Verslag Inventarisatie Graanziekten 1984. Ing. W. Stol, januari 1985	f 10,-
29. Epipré - evaluatieverslag 1984. Ir. K. Reinink, februari 1985	f 10,-
30. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond) 1972 - 1982. Ir. J.J. Schröder, maart 1985	f 10,-
31. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze 1974 - 1984. Ir. J.J. Schröder, maart 1985	f 10,-
32. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Lelystad 1976 - 1980. Ir. J.J. Schröder, maart 1985	f 10,-
33. Intensieve teeltsystemen bij wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel, maart 1985	f 10,-
34. Bedrijfseconomische gevolgen van beperking van de stikstof-bemesting op het akkerbouwbedrijf. Ir. B.A. ten Hag, ing. S.R.M. Janssens, ir. H.H.H. Titulaer, april 1985	f 10,-

35. Biologie en ecologie van zwarte nachtschade (<i>Solanum nigrum</i>). Ir. W.G.M. van den Brand, maart 1985	f 10,-
36. Epipre 1985 instructieboekje. Ir. K. Reinink, april 1985	f 10,-
37. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van snijmais. Ir. C.L.M. de Visser, ir. H.F.M. Aarts, april 1985	f 10,-
38. Zuiveringsslib in de akkerbouw; Ir. S. de Haan en ing. J. Lubbers (IB), ing. A. de Jong (PAGV), maart 1985	f 10,-
39. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van Engels en Italiaans raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985	f 20,-
40. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van uien en sjalotten. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985	f 10,-
41. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van spruitkool, sluitkool, bloemkool, boerenkool, Chinese kool, koolraap, koolrabi en broccoli. Ir. C.L.M. de Visser en J. Jonkers, juli 1985	f 10,-
42. Themadag effecten van diepe grondbewerking in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt, juli 1985	f 10,-
43. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van aardappelen. Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985	f 10,-
44. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van erwten, stambonen en veldbonen. Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985	f 20,-
45. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van wortelen. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985	f 10,-
46. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van winterkoolzaad. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985	f 10,-
47. Biologie en ecologie van melganzevoet (<i>Chenopodium album</i>), Ir. W.G.M. van den Brand, december 1985	f 10,-
48. Verslag inventarisatie graanziekten 1985. Ing. H.P. Versluis, december 1985	f 10,-
49. Natriumbemesting en natriumbehoefte van suikerbieten. Dr. ir. J. Temme en dr. J.G.H. Stassen, december 1985	f 10,-
50. Epipré instructieboekje 1986. Ing. W. Stol, april 1986	f 10,-
51. Onderzoek met kluitplanten in vollegrondsgroenteteelt in 1983, 1984 en 1985. Ir. R. Booij en N.J. Snoek, juli 1986	f 10,-
52. Biologie en ecologie van hanepoot (<i>Echinochloa crus-galli</i>). Ir. W.G.M. van den Brand, juli 1986	f 10,-
53. Opkomstperiodiciteit bij 40 eenjarige akkeronkruidsoorten en enkele hiermee samenhangende onkruidbestrijdingsmaatregelen. Ir. W.G.M. van den Brand, oktober 1986	f 10,-
54. De teelt van wintertarwe als dekvrucht voor veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986	f 10,-
55. De stikstofbemesting van zaadteeltgewassen Engels raaï, veldbeemd en roodzwenk. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986	f 10,-
56. De invloed van het maaien van de tarwestoppel op ondergezaaide veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986	f 10,-
57. Benutting afvalwarmte bij vollegrondsteelten. Ing. J.A. Schoneveld, november 1986	f 10,-
58. Verslag inventarisatie graanziekten 1986. Ing. J.M. van den Hoek, november 1986	f 10,-
59. Het bestrijden van verstuiven op landbouwgronden. Dr.ir. A. Darwinkel (samenstelling), november 1986	f 10,-
60. Stikstof bemesting van wintertarwe. Ir. K. Reinink, december 1986	f 10,-

Abonnement PAGV-verslagen

Door f 100,- over te maken (bij voorkeur voor 1 februari) op postgiro 22 49 700 t.n.v. PAGV Lelystad, onder vermelding "Abonnement PAGV-verslagen", ontvangt u alle verslagen die in het lopende jaar verschijnen. U hoeft dan geen enkele informatie te missen.

Losse exemplaren zijn te verkrijgen door het erachter vermelde bedrag op bovengenoemde postgiro over te maken onder vermelding van verslag nr...
