

3. Stikstofbemesting

3.7. De stikstofbemesting van akkerbouwteelten in relatie tot het milieu

Vandendriessche H. Bodemkundige Dienst van België
Geypens M. W. de Croylaan 48
Bries J. B - 3001 Heverlee

Hendrickx G. Katholieke Universiteit Leuven
Fakulteit Landbouwwetenschappen
Afdeling Bodem- en Plantenbeheersing
W. de Croylaan 48
B - 3001 Heverlee

UDC-nr 633.1/.4:631.84/631.92

Trefwoorden Stikstof, bodemanalyse, milieu, stikstofindex

Vanaf 1977 werd door de Bodemkundige Dienst van België onderzoek verricht naar de kennis en de evolutie in tijd en diepte van de stikstofreserves op leem- en zandleemgronden. In 1980 werden de onderzoeksresultaten geïntegreerd in het expertsysteem N-index. De N-index bevat de diverse factoren die bepalen over welke stikstof de komende teelt beschikt en zal kunnen beschikken. De laatste jaren worden jaarlijks 15000 tot meer dan 20000 bodemstalen geanalyseerd op minerale stikstof. Dergelijke uitgebreide dataset laat toe overzichten te berekenen van de minerale stikstofreserves in functie van de factoren die deel uitmaken van de N-index, zoals de voor- teelt, de grondsoort, de organische bemesting.

1. Inleiding

In de loop van de jaren zeventig startte men in verschillende landen met het formuleren van een stikstofbemestingsadvies voor de belangrijkste teelten. Het stikstofadvies is gebaseerd op een analyse van de bouwlaag en van de ondergrond tot op een min of meer grote diepte. De verschillende bodemlagen worden samen of afzonderlijk geanalyseerd (Ris, 1974; Soper et al., 1971; Wehrmann et al., 1977).

In 1977 werd door de Bodemkundige Dienst van België met de steun van het Instituut tot Aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw, het onderzoek aangevat naar de peilers voor een stikstofbemestingsadvies voor diepe leem- en zandleemgronden. De kennis en de evolutie in de tijd van de stikstofreserves in de bodem, vormen de basisgedachte.

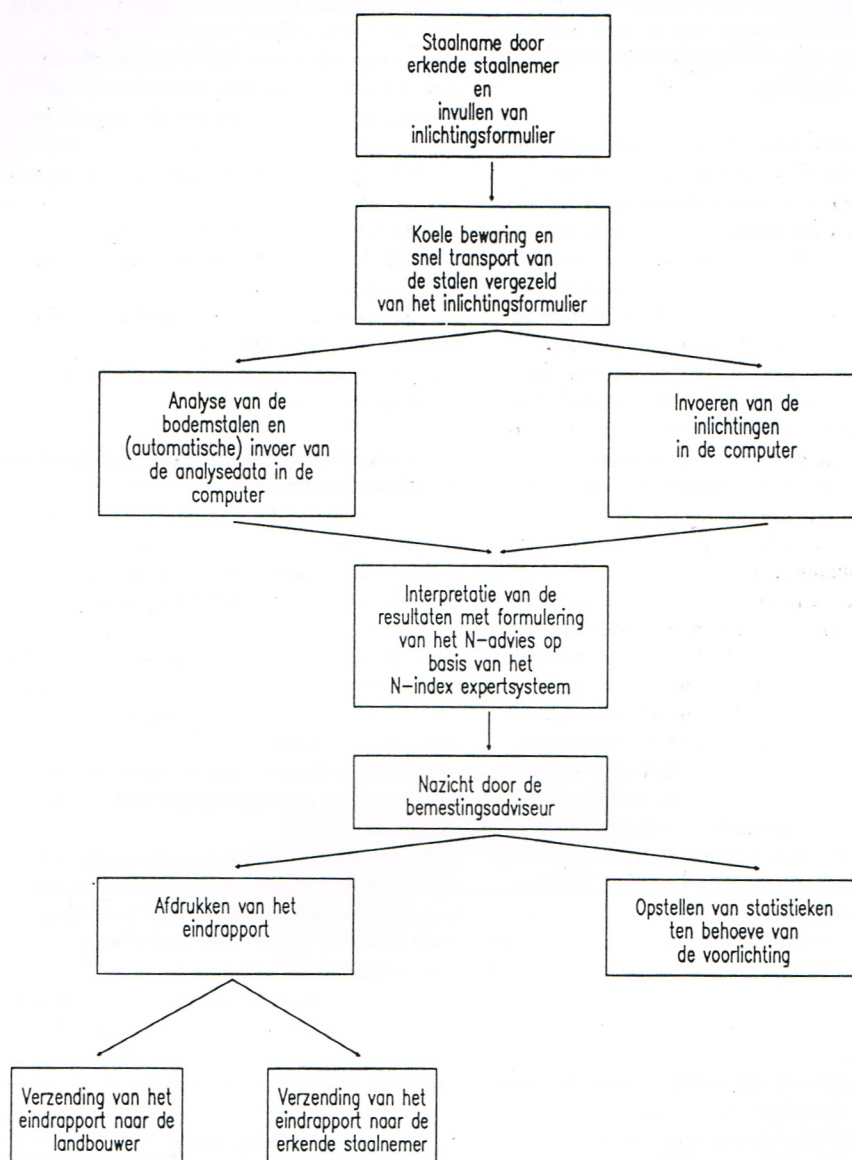
Regelmatig worden dan ook grondstalen genomen tot 90 cm diepte in lagen van 30 cm en afzonderlijk ontleed op minerale stikstof ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$). Terzelfdertijd werd een onderzoek verricht naar de spreiding van de waarden van de minerale stikstof in bouwlandpercelen om de reproduceerbaarheid en de betrouwbaarheid van de analysegegevens te testen. Op basis hiervan werd een bemonsteringsprocedure uitgewerkt. Op het grondstaal afkomstig van de bovenste laag wordt eveneens de pH en het koolstofgehalte bepaald. Deze analyses laten toe de stikstofvoorraad in de bodem onder verschillende omstandigheden (grondsoort, % koolstof, pH,

toediening organische stof, ...) te bestuderen. Op hetzelfde tijdstip worden gewasstalen genomen en geanalyseerd om de stikstofopname te begroten, de gewasontwikkeling te volgen en de kwaliteit van het gewas te beoordelen. In 1980 werden de onderzoeksresultaten geïntegreerd in het expertsysteem 'N-index'. In het begin adviseerde de N-index alleen voor wintertarwe, wintergerst (Boon, 1981, 1983) en suikerbieten (Vanstallen en Boon, 1983). Op dit ogenblik is de N-index uitgebreid tot aardappelen, maïs, groenten en vele andere land- en tuinbouwgewassen. De N-index is geprogrammeerd in FORTRAN-77, draait sinds januari 1990 op een mini-computer en maakt gebruik van een relationele SQL-database (Boon en De Wijngaert, 1990). De N-index en het bijhorend N-advies zijn specifiek voor een perceel en een gewas. De noodzakelijke invoergegevens voor het N-index expertsysteem zijn: de resultaten van de bodemanalysen (minerale stikstof, pH, C, grondsoort), de staalnamedatum, de teelttechnische informatie en de eventueel toegevoegde (an)organische stikstofhoudende bemesting (datum, soort en dosis). Het concretiseren van de N-index voor de praktijk impliceert degelijke bodemstaalname, koele bewaring en snel transport van de stalen, nauwkeurige analyse, invoer van perceels- en teeltgegevens, interpretatie van de resultaten met formulering van het stikstofbemestingsadvies en snelle verzending van het eindrapport.

Verzend
eindrapp
land

2. De N-
De N-i
en bev
over w
schikt
index i

Figuur 1 Van staalname tot stikstofbestedingsadvies



Bodemkundige Dienst van België

2. De N-index

De N-index werd experimenteel opgebouwd en bevat de diverse factoren die bepalen over welke stikstof de komende teelt beschikt en zal kunnen beschikken. De N-index is de som van maximaal 18 factoren

(x-waarden) :

$$N\text{-index} = x_1 + x_2 + \dots + x_{18}$$

Deze factoren kunnen verdeeld worden in drie groepen : (2.1.) de factoren voor de reeds aanwezige minerale stikstof in de bodem en de reeds opgenomen stikstof door

het gewas op het ogenblik van de staalname, (2.2.) de factoren die de stikstof begroten welke nog geleverd zal worden vanaf de staalname tot de oogst van de teelt en (2.3.) de factoren met een negatieve invloed op de stikstofvoorziening.

2.1. Factoren voor de reeds aanwezige minerale stikstof in de bodem en de reeds opgenomen minerale stikstof door het gewas op het ogenblik van de staalname

De reeds aanwezige minerale (beschikbare) stikstof in de bodem wordt gehaald uit de resultaten van de bodemanalyse tot min of meer grote diepte. De staalnamediepte is vooral afhankelijk van de bewortelingsdiepte van de gewassen. Voor de diep wortelende graangewassen wordt de bodem bemonsterd tot 90 cm diepte. Voor aardappelen, maïs en de meeste groenten volstaat een staalname tot 60 cm. De kwaliteit van witloof en suikerbieten wordt nadelig beïnvloed door stikstofopname laat in het groeiseizoen. Deze stikstof kan afkomstig zijn van herfstmineralisatie of van stikstofreserves onderaan in het profiel. Voor witloof is bodembemonstering tot 90 cm dan ook essentieel; voor suikerbieten is ze zeer nuttig omdat een uitspraak kan worden gedaan over de te verwachten kwaliteit. Deze informatie kan voor de landbouwer zinvol zijn om in de toekomst de teelttechniek eventueel te verbeteren. De reeds opgenomen stikstof door het gewas op het ogenblik van staalname wordt hoofdzakelijk bepaald door de teelttechniek en door de bodemrijkdom. Voor wintergraangewassen zijn de zaaidatum, de zaai- of standdichtheid en de gewasontwikkeling determinerend.

2.2. Factoren die de stikstof begroten welke nog geleverd zal worden vanaf de staalname tot de oogst van de teelt

Dankzij het proces van mineralisatie wordt minerale stikstof ter beschikking gesteld in de bodem. Om een zo nauwkeurig mogelijk stikstofbemestingsadvies te formuleren is het essentieel de stikstoflevering zo volledig mogelijk te begroten. In de N-index wordt de N-levering bepaald door acht termen :

- de koolstoffactor : is gebaseerd op het koolstofgehalte van de bovenste bodemlaag, het bodemtype en het bewortelingspatroon van het gewas;
- de bekalkingsfactor : is gebaseerd op de dosis, het tijdstip en de soort bekalking. De bekalking stimuleert immers de mineralisatie

en sommige kalksoorten bevatten stikstof;

- de voorteeltfactoren : sommige voorteelten hebben stikstof gefixeerd (vlinderbloemigen) en zullen nog stikstof vrijzetten, andere voorteelten laten een hoeveelheid stikstof achter in de oogstresten (bietenbladeren);
- de factor voor de toegediende organische bemesting : is gebaseerd op de dosis, het toedieningstijdstip en de aard van de organische mest;
- de factor voor de groenbemesting : wordt bepaald door de soort en de ontwikkeling van de groenbemester;
- de factor voor de reeds toegediende scheikundige stikstofbemesting;
- factor voor de staalnamedatum : bepaalt de mineralisatieduur.

2.3. Factoren met een negatieve invloed op de stikstofvoorziening

Het mineralisatieproces kan echter ook gehinderd worden wanneer niet alle factoren die de mineralisatie mede bepalen optimaal zijn. Er kan tevens stikstofuitspoeling optreden.

Deze negatieve invloed op de stikstofvoorziening dient eveneens te worden begroot door termen met een negatieve waarde toe te voegen aan de N-index.

- de structuurfactor : een te vaste structuur wordt minder gunstig begroot dan een kruimelige structuur;
- de pH-factor : op een te zure grond is de mineralisatie geremd als gevolg van de ongunstige invloed van de pH op het microbieel leven en op de bodemstructuur;
- de textuurfactor;
- factor voor de staalnamedatum : bepaalt de duur dat de aanwezige nitrische stikstof kan uitspoelen. De uitspoelingsnelheid wordt afhankelijk gesteld van de textuur.

3. Resultaten en bespreking

Bij het onderzoek naar nauwkeurige stikstofbemestingsadviezen, stelt men een significante correlatie vast tussen de optimale stikstofdosis en de hoeveelheid nitraatstikstof in de bodem in het voorjaar. Bij de N-min-methode wordt deze minerale stikstofhoeveelheid in rekening gebracht bij de berekening van het stikstofbemestingsadvies (Wehrmann et al., 1979; Bosch et al., 1989).

De bovenvermelde correlatie neemt toe wanneer naast de hoeveelheid nitrische stikstof nog andere factoren worden in rekening gebracht. De inbreng van deze factoren gebeurt

Tabel 1

Diepte (cm)

1/1/199
0-30
30-60
60-90

1/1/199
0-30
30-60
60-90

Bron : Bo

Tabel 2

Diepte (cm)

1/1/199
0-30
30-60
60-90

1/1/199
0-30
30-60
60-90

B : België
- : onvolledig
Bron : Bo

bij de s
volgens
(Boon,
balansm
demkur
Een an
adviseri
een refe
winterg
aantal f
voorvr
baseerd
ferentie
genlijke
al., 199

Tabel 1 Gemiddelde reserve aan nitraatstikstof tot 90 cm diepte voor grondstalen genomen in België en in het noordelijk deel van Frankrijk van 1 januari tot 12 maart in 1990 en in 1991

Diepte (cm)	België		Noorden van Frankrijk	
	Aantal stalen	Nitraat-N reserve (kg N/ha)	Aantal stalen	Nitraat-N reserve (kg N/ha)
1/1/1990 - 12/3/1990				
0-30	2222	28,0	4081	27,2
30-60	2202	49,5	3941	36,0
60-90	2060	48,3	2541	31,6
1/1/1991 - 12/3/1991				
0-30	2392	32,3	4238	27,2
30-60	2387	39,9	4123	28,4
60-90	2180	47,7	2602	30,0

Bron : Bodemkundige Dienst van België

Tabel 2 Nitraat stikstofreserve in functie van het hoofdgewas voor België en het noordelijk deel van Frankrijk

Diepte (cm)	Nitraat stikstofreserve (kg N/ha) voor de teelt van					
	wintertarwe		suikerbieten		witloof	
	B	NF	B	NF	B	NF
1/1/1990 - 12/3/1990						
0-30	24,6	27,4	32,4	27,6	20,2	—
30-60	48,5	37,8	56,7	36,1	32,9	—
60-90	52,1	33,0	51,9	29,7	36,2	—
1/1/1991 - 12/3/1991						
0-30	28,6	26,7	37,2	28,6	20,9	22,2
30-60	39,7	29,5	44,7	27,2	25,3	16,6
60-90	55,8	32,3	48,7	26,0	33,5	15,4

B : België - NF : noordelijk deel van Frankrijk

— : onvoldoende aantal stalen om representatief te zijn.

Bron : Bodemkundige Dienst van België

bij de stikstofbestedingsadviezen berekend volgens zowel het N-index expertsysteem (Boon, 1982) als volgens de N-balansmethode (Comité voor Toegepaste Bodemkunde, 1989; Taureau et al., 1991). Een andere benadering is dat men voor de advisering van de N-bemesting uitgaat van een referentiebemesting voor wintertarwe en wintergerst die gecorrigeerd wordt voor een aantal factoren zoals grondsoort, klimaat, voorvrucht, De referentiebemesting is gebaseerd op een bodemanalyse van enkele referentievelden. De stikstofreserve van het eigenlijke perceel is dus niet gekend (Seutin et al., 1991).

3.1. Nitraatstikstofreserve in 1990 en 1991

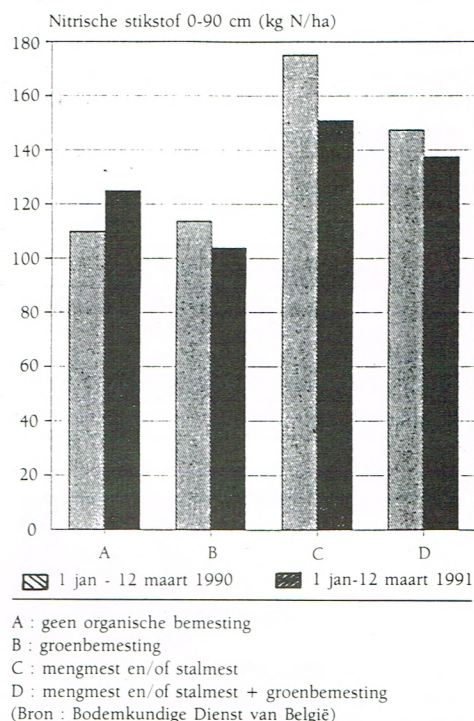
De laatste jaren worden jaarlijks 15 000 tot meer dan 20 000 bodemstalen geanalyseerd op minerale stikstof en geadviseerd op basis van het N-index expertsysteem. Een dergelijke uitgebreide dataset laat toe overzichten te geven van de minerale stikstofreserves in de bodem in functie van de factoren die deel uitmaken van de N-index, zoals de voorsteelt, de grondsoort, de organische bemesting (Vandendriessche et al., 1991).

Tabel 1 geeft de gemiddelde reserve aan nitraatstikstof weer per bodemlaag in België en het noordelijk deel van Frankrijk voor het voorjaar van 1990 en 1991. Het aantal

grondstalen voor iedere bodemlaag is niet gelijk wegens de ondoordringbaarheid van sommige gronden en de ongelijke staalname-diepte voor de verschillende gewassen. De gemiddelde reserve aan nitraatstikstof is in eenzelfde jaar, meestal hoger in België dan in Noord-Frankrijk. In de diepere bodemlagen is dit verschil des te meer uitgesproken. Het verschil is gedeeltelijk te wijten aan het verschillend bodemgebruik. In 1990 zijn voor België 45 % van de onderzochte percelen immers bestemd voor suikerbieten en 28 % voor graangewassen. Voor Noord-Frankrijk daarentegen zijn 62 % van de onderzochte percelen bestemd voor graangewassen en 16 % voor suikerbieten. In de beschouwde periode van 1 januari tot 12 maart hebben de wintergraangewassen reeds een deel van de aanwezige minerale stikstof opgenomen. Anderzijds wordt in het algemeen voor suikerbieten in Noord-Frankrijk minder organische bemesting toegepast. Zo kregen 48,6 % van de onderzochte percelen in België in 1990 een organische bemesting voor suikerbieten terwijl dit maar in 32,6 % van de onderzochte percelen in het noordelijk deel van Frankrijk het geval was. In 1991 werd voor België op 67,6 % en voor Noord-Frankrijk op 48,7 % van de suikerbietpercelen een organische bemesting toegepast.

Tabel 2 geeft een overzicht van de reserve

Figuur 2 Reserve aan nitrische stikstof bij verschillende soorten toegediende organische bemesting voor de teelt van suikerbieten. Situatie voor België.



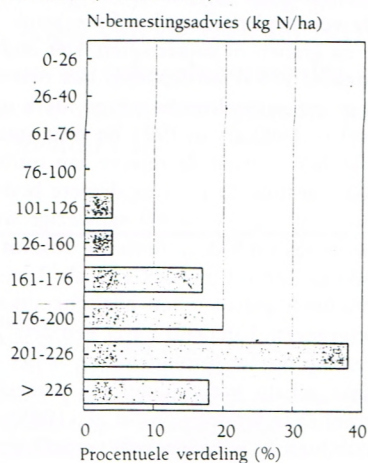
Tabel 3 Gemiddeld nitraat stikstofgehalte (kg N/ha) in de grond voor wintertarwe in functie van de voorteelt (situatie voor België van 1/1 tot 12/3/1990 en van 1/1 tot 12/3/1991)

Diepte (cm)	Nitraat stikstof (kg N/ha) in functie van de voorteelt				
	Voorteelten				
	Winter-tarwe	Suiker-bieten	Erwten	Bonen	Aardap-pelen
1/1/1990 - 12/3/1990					
0-30	21,3	26,1	27,6	23,3	22,3
30-60	45,6	45,2	68,1	76,5	61,6
60-90	50,9	42,1	74,5	86,3	73,2
Totaal	117,8	113,3	170,1	186,2	157,1
1/1/1991 - 12/3/1991					
0-30	31,9	29,7	28,0	30,6	25,8
30-60	31,3	35,6	45,3	60,4	50,8
60-90	46,7	39,7	71,6	114,5	85,6
Totaal	109,9	105,1	144,9	205,4	162,2

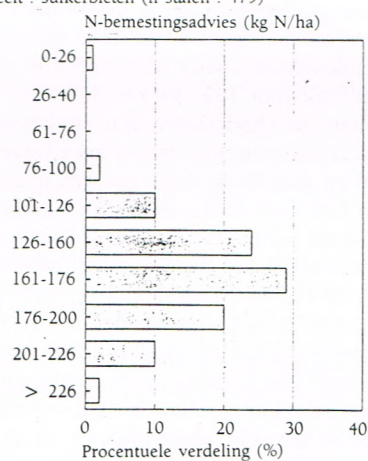
Bron : Bodemkundige Dienst van België

Figuur 3 Procentuele verdeling van de stikstofbestedingsadviezen voor wintertarwe op basis van de N-index na verschillende voorteelten. Situatie voor Noord-Frankrijk, staalname van 1 januari tot 12 maart 1991.

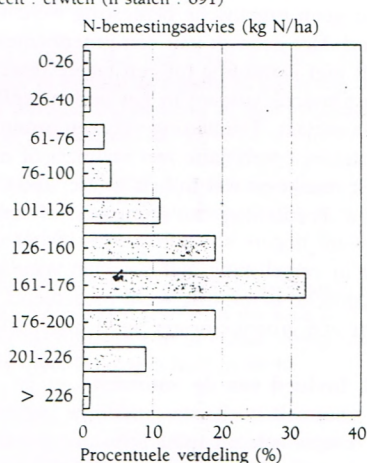
a. Voortelt : tarwe (n stalen : 133)



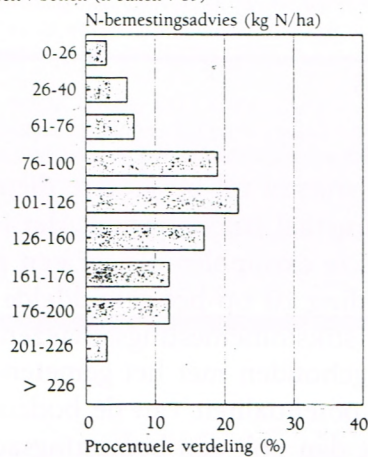
b. Voortelt : suikerbieten (n stalen : 479)



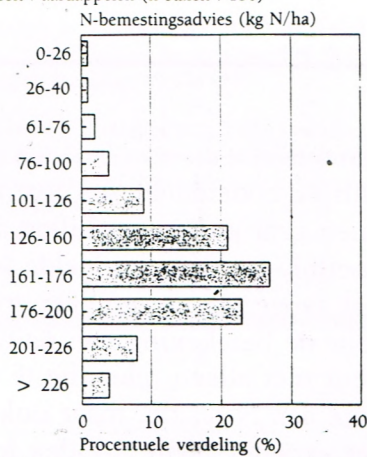
c. Voortelt : erwten (n stalen : 691)



d. Voortelt : bonen (n stalen : 89)



e. Voortelt : aardappelen (n stalen : 136)



Bron : Bodemkundige Dienst van België

aan nitrische stikstof in functie van het bodemgebruik en dus het hoofdgewas dat zal verbouwd worden. Het hierboven vermelde verschil in nitraatstikstofreserve tussen de voor wintertarwe en voor suikerbieten bestemde percelen komt duidelijk tot uiting. Bovendien is het opvallend hoe de witloofte- lers hun gronden kiezen en voorbereiden voor het telen van witloof. Een lage stikstof- reserve in het bodemprofiel is immers essen- tieel om een slechte kwaliteit van het witloof in de forcerie te vermijden.

3.2. Invloed van de organische bemesting

Figuur 2 geeft de gemiddelde nitraatstikstof- reserve in de bodem in functie van de orga- nische bemesting die werd toegediend voor suikerbieten. De bodemstalen werden geno- men tot 90 cm diepte van 1 januari tot 12 maart in 1990 en 1991 in België. De reserve aan nitrische stikstof is vijf tot tien kg lager in 1991 dan in 1990 behalve op de percelen waar geen organische bemesting werd toege- diend. Het gebruik van een groenbemester leidt niet éénduidig tot een lagere reserve aan nitrische stikstof in het bodemprofiel in het voorjaar. Toediening van een groenbe- mester in combinatie met stalmest of meng- mest resulteert wel in een lagere stikstofre- serve. Toediening van mengmest of stalmest leidt tot hogere stikstofreserves in het voor- jaar in vergelijking met percelen waar geen organische bemesting werd toegediend of waar een groenbemester werd uitgezaaid.

3.3. Invloed van de voorteelt

De voorteelt heeft een duidelijke invloed op de reserve aan nitrische stikstof voor de vol- gende teelt. Tabel 3 illustreert het gemiddel-

de nitraatstikstofgehalte in de bodem voor wintertarwe na verschillende voorvruchten. De grondstalen zijn genomen in België van 1 januari tot 12 maart in 1990 en 1991. Na de vlinderbloemige gewassen erwten en bonen is de voorraad nitraatstikstof merkkelijk hoger dan na granen of suikerbieten. Het ondiep wortelend gewas aardappelen laat eveneens een groter stikstofresidu achter. Merk op dat zowel in 1990 als in 1991 bij deze staalna- me in het voorjaar de reserve aan nitrische stikstof gesitueerd is in de diepere bodemla- gen (30-60 cm). Voor het aanwezige winter- tarwegewas blijft deze nitrische stikstof be- schikbaar. Zowel in tabel 1, 2 als 3 worden gemiddelde gehalten aan nitrische stikstof weergegeven. Uiteraard zit er een zeer grote spreiding op het gemiddelde en is het wer- kelijke gehalte verschillend van perceel tot perceel (Vandendriessche et al., 1991). Een variabiliteit in stikstofresidu vertaalt zich uit- eraard in een spreiding van de stikstofbe- mestingsadviezen volgens het N-index ex- pertsysteem. Figuur 3 illustreert de spreiding in stikstofadvies voor wintertarwe in Noord- Frankrijk voor 1991 na verschillende voor- teelten. Na vlinderbloemigen ligt het grootste aantal adviezen voor wintertarwe tussen de 100 en de 175 kg N/ha, met een gemiddelde van 153 kg N/ha na erwten en van 118 kg N/ha na bonen. Op de percelen wintertarwe na tarwe ligt het grootste aantal adviezen bo- ven de 175 kg N/ha, met een gemiddelde van 195 kg N/ha. Na aardappelen en na sui- kerbieten is het gemiddelde advies voor win- tertarwe 159 kg N/ha. Merk hierbij op dat zowel het aardappelloof als het suikerbieten- loof op het veld achter blijft.

Conclusies

Talrijke bodemanalysen van minerale stikstof tot op grotere diepte tonen zeer grote verschillen aan in mineraal stikstofresidu. Het is moeilijk om de gemiddelde N-residu's te extrapoleren naar een per- ceel aangezien er een zeer grote spreiding zit op het gemiddelde. Voor de berekening van nauwkeurige stikstofbemestingsadviezen dient niet alleen rekening te worden gehouden met het gemeten ge- halte aan N-residu, maar ook met de potentialiteit van de bodem. Het expertsysteem N-index formuleert dan ook een bemestingsadvies

rekening houdend met (i) de factoren voor de reeds aanwezige minerale stikstof in de bodem en de reeds opgenomen stikstof door het gewas op het ogenblik van de staalname, (ii) de factoren die de stikstof begroten welke nog geleverd zal worden vanaf de staalname tot de oogst van de teelt en (iii) de factoren met een negatieve invloed op de stikstofvoorziening. Een beredeneerde stikstofbemesting leidt tot economisch optimale produkties en zorgt voor minimale stikstofresidu's na de oogst.

Dankbetuiging

Het expertsysteem N-index is tot stand gekomen dank zij onderzoeken die grotendeels gefinancierd werden door het Instituut tot Aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw (I.W.O.N.L.).

Literatuuropgave

BOON, R. 1981. Stikstofadvies op basis van profielanalyse voor wintergraan en suikerbieten op diepe leem- en zandleemgronden. *Pedologie*, **31**, 347-363.

BOON, R. 1982. Het bodemonderzoek met betrekking tot de fytotechnie. *Het Ingenieursblad*, **51** (11), 255-262.

BOON, R. 1983. Graangewassen, Stikstofbemesting: vooruitgang en perspectieven. *Landbouwtijdschrift*, **36**, 567-577.

BOON, W., DE WIJNGAERT, K. 1990. N-index programma en handleiding. Interne publicatie.

BOSCH, H., DE JONGE, P. 1989. Handboek voor de akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond 1989. Proefstation en Consulentenschap in Algemene Dienst voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, publicatie nr. 47, 1989.

COMITE VOOR TOEGEPASTE BODEMKUNDE 1989. Simulatie als hulpmiddel bij het stikstofbemestingsadvies voor de teelten wintertarwe en suikerbieten. 254 p., Brussel, I.W.O.N.L.

SEUTIN, E., FALISSE, A. 1991. Bemesting en plan-

tenbescherming van de graangewassen. Besluiten van de onderzoeken uitgevoerd in 1990. Faculté des sciences agronomiques Gembloux et Centre de recherches agronomiques de l'Etat, Gembloux, 1991.

RIS, J. 1974. Stikstofbemestingsadviezen voor bouwland. *Stikstof*, **7**, 169-173.

SOPER, R.J., RAEZ, G.J. and FEHR, P.J. 1971. Nitrate nitrogen in the soil as a mean of predicting the fertilizer nitrogen requirements of barley. *Canadian Journal of Soil Science*, **51**, 45-49.

TAUREAU, J.C., AILLIOT, B. 1991. Opération 'Nitrates moins' en Eure-et-Loir. *Perspectives Agricoles*, **154**, 75-86.

VANDENDRIESSCHE, H., GEYPENS, M., BRIES, J. 1991. Mineral nitrogen reserve in the soils of Belgium and the northern part of France during the winter of 1990. *Pédologie*, XL-1, p.39-46.

VANSTALLEN, R., BOON, R. 1983. Suikerbieten. De bemesting van suikerbieten. *Landbouwtijdschrift*, **36**, 725-730.

WEHRMANN, J., SCHARPF, H.C. 1977. Stickstoffdüngung: Nmin-Methode hat sich bewährt. *DLG Mitteilungen*, Frankfurt/M, **92**, 1058.

WEHRMANN, J., SCHARPF, H.C. 1979. Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf (Nmin-Methode). *Plant and Soil*, **52**, 109-126.