

## STIKSTOFADVIES OP BASIS VAN PROFIELANALYSE VOOR WINTERGRAAN EN SUIKERBIETEN OP DIEPE LEEM- EN ZANDLEEMGRONDEN

R. BOON

Onderzoek gesubsidieerd door I.W.O.N.L.  
(Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek  
in Nijverheid en Landbouw, Brussel).

### 1. INLEIDING

Sinds enkele jaren wordt in verschillende landen voor belangrijke teelten een stikstofbestedingsadvies geformuleerd, gebaseerd op een analyse van de bouwlaag en van de ondergrond tot op min of meer grote diepte (Ris, 1974; Soper, Raetz & Fehr, 1971; Wehrman & Scharpf, 1977). Dergelijke analyse wordt uitgevoerd in het voorjaar, bij de aanvang van de groeiperiode van de wintergranen of vóór de zaai van de suikerbieten.

Onderzoek naar de peilers voor zulk advies werd in 1977 in België aangevat op diepe zandleem- en leemgronden, d.w.z. op gronden waarin retentie van nitraatanionen mogelijk is over het winterseizoen.

Indien in vergelijkende plantengroei studies slechts één onder de vele vruchtbaarheidsbepalende factoren geanalyseerd wordt, is het een noodzaak alle overige factoren konstant te houden of te neutraliseren. Gezien het groot aantal factoren die bij de plantaardige produktie een rol spelen is deze opdracht niet onaanzienlijk.

Zeer belangrijke parameters bij de ondernomen studie bleken te zijn :

- voor de bodem : vochtregime, doorwortelbare zone, koolstofgehalte;
- voor de teelt : bewortelingsdiepte, stikstofbehoefte, variëteit, groeifase, ziektegevoeligheid;
- voor de teelt-technische maatregelen : ziektebestrijding, onkruidbestrijding, groeiregulatoren, zaaiomstandigheden;
- voor de (N)-bemesting : soort, hoeveelheid, tijdstip, toedieningswijze;
- voor het klimaat : neerslag, zonneuren, temperatuur, wind.

In deze publikatie zullen alleen de bodemkundig belangrijkste variabelen beschouwd worden, zoals het procent koolstof van de bouwlaag

---

R. Boon – Bodemkundige Dienst van België, de Croylaan 48, 3030 Heverlee – Leuven, België.

en het kleigehalte, alsook het al dan niet toedienen van organische bemesting- en of bietenschuim. Andere belangrijke invloedsfactoren zoals de variëteit, de stikstofbehoeften, de teelt-technische maatregelen worden gestandaardiseerd bij het opstellen van de bemestingsformule.

## 2. STIKSTOF-ADVIES VOOR WINTERGRAANGEWASSEN OP DIEPE LEEM- EN ZANDLEEMGRONDEN

### 2.1. METHODIEK

De studie naar de modaliteiten om via een bepaling van de minerale N in de bodem tot een verbeterd en meer aangepast stikstofadvies te komen werd in de periode 1977-1981 uitgevoerd op 96 proefpercelen.

Al deze percelen waren leem- of zandleemgronden van lössoorsprong; 76 waren bezaaid met wintertarwe en 20 met wintergerst van verschillende variëteiten. In februari werd de bodem in drie lagen bemonsterd : van 0-30 cm, van 30-60 cm en van 60-90 cm diepte. Op de bodemonsters werd de minerale N (hoofdzakelijk  $\text{NO}_3^-$ -N) bepaald, evenals de humustoestand (% C). Op elk van de 96 proefpercelen werd via een proef met stijgende hoeveelheden stikstof, nagegaan welke de optimale N-dosis was. Daarenboven werd op alle velden een reeks waarnemingen verricht omtrent variëteit en teeltzorgen alsmede omtrent de groei en de gezondheid van het gewas.

Aldus beschikt men enerzijds over een reeks mogelijke causale factoren i.v.m. de stikstofbehoefte en anderzijds over een reeks optimale N-dosissen.

Deze optimale N-dosissen werden alle omgerekend naar éénzelfde zgn. "standaardgewas" zijnde tarwe, variëteit Cama met toepassing van CCC (groeiregulator) en een efficiënte fungicidetoepassing tegen blad- en aarziekten. Deze berekende optima zijn zogenaamde "fysiologische optima", d.w.z. de N-dosissen waarmee de hoogste graanopbrengst wordt bekomen zonder rekening te houden met de uitgaven aan stikstof.

De herrekening van de optimale N-dosissen naar Cama + C.C.C. + fungiciden geschiedde als volgt :

<i>Wintertarwe</i> zonder C.C.C.	→	wintertarwe + C.C.C. : + 25 N/ha
Zemon + C.C.C.	}	→ Cama + C.C.C. : + 0 N/ha
Albatros + C.C.C.		
Hardi + C.C.C.		
Nautica + C.C.C.		
Wattines + C.C.C.	→	Cama + C.C.C. : - 20 N/ha
Talent + C.C.C.	}	→ Cama + C.C.C. : - 30 N/ha
Gamin + C.C.C.		
Fidel + C.C.C.		

*Wintergerst* zonder regulator → wintergerst met regulator : + 15 N/ha  
 met regulator → Cama + C.C.C. : + 15 N/ha  
 zonder fungiciden → met fungiciden : + 10, 20 of 30 N/ha  
 naargelang de ziektedruk.

## 2.2. RESULTATEN EN BESPREKING

### 2.2.1. Fysiologisch optimum

Er werden correlatieberekeningen uitgevoerd tussen enerzijds :

- de hoeveelheid  $\text{NO}_3\text{-N/ha}$  van 0-90 cm, gemeten in februari =  $X_1$
- de “N-index a” =  $X_2$
- de “N-index b” =  $X_3$

en anderzijds de optimale N-dosis in kg N per ha, herleid tot de variëteit Cama + C.C.C. + fungiciden = Y.

De “N-index a” ( $X_2$ ) omvat volgende elementen :

1. kg  $\text{NO}_3\text{-N/ha}$  in februari gemeten in de laag 0-90 cm;
2. kg N/ha reeds door het gewas opgenomen in februari bij de bemonstering van de bodem;
3. indien zware leem : - 10 kg N/ha;
4. indien bietenschuim werd toegediend :  
 aan de teelt zelf : + 10 kg N/ha per 10 ton;  
 aan de vorige teelt : + 6 kg N/ha per 10 ton;  
 aan de voorlaatste teelt : + 4 kg N/ha per 10 ton;
5. indien bietekoppen werden ondergeploegd :  
 vroegtijdig : + 20 kg N/ha;  
 laattijdig : + 30 kg N/ha;
6. indien bonenloof werd ingeplougd : + 30 kg N/ha;
7. indien in februari wildschade wordt waargenomen over de ganse oppervlakte : - 10 kg N/ha.

De “N-index b” ( $X_3$ ) omvat naast de elementen vermeld voor de “N-index a” ( $X_2$ ), ook een koolstoffactor, namelijk het % C van de laag 0-30 cm vermenigvuldigd met 60 = [% C x 60] kg/ha.

De resultaten van de correlatieberekeningen tussen de kg  $\text{NO}_3\text{-N/ha}$  (0-90 cm) in februari, de “N-index a” de “N-index b” enerzijds en de optimale N-dosissen voor wintertarwe Cama + C.C.C. + ziektebestrijding anderzijds worden gegeven in de tabellen 1, 2 en 3.

Tabel 1

Correlaties (r) tussen de kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/ha (0-90 cm) in februari in de bodem (X<sub>1</sub>) en de optimale N-dosis in kg N/ha voor wintertarwe Cama + C.C.C. + ziektebestrijding (Y)

Jaar	Aantal velden	Lineair verband	r <sup>2</sup> -waarden	r-waarden
1977	14	Y = 202,3 - 0,923 X <sub>1</sub>	0,556	-0,745**
1978	18	= 206,7 - 0,955 X <sub>1</sub>	0,635	-0,797**
1979	22	= 203,1 - 0,805 X <sub>1</sub>	0,850	-0,922**
1980	13	= 213,6 - 1,091 X <sub>1</sub>	0,799	-0,894**
1981	29	= 198,2 - 0,922 X <sub>1</sub>	0,844	-0,919**
Gemidd.	96	= 199,9 - 0,883 X <sub>1</sub>	0,751	-0,867**
n =	91 (1)	= 200,1 - 0,864 X <sub>1</sub>	0,769	-0,877**

(1) Koolstofrijke percelen (% C > 1,6) niet in aanmerking genomen : voor 1977 vallen vier en voor 1978 één perceel weg.

Tabel 2

Correlaties (r) tussen de "N-index a" (X<sub>2</sub>) en de optimale N-dosis in kg N/ha voor wintertarwe Cama + C.C.C. + ziektebestrijding (Y)

Jaar	Aantal velden n	Lineaire relatie	r <sup>2</sup> -waarden	r-waarden
1977	14	Y = 199,5 - 0,761 X <sub>2</sub>	0,552	-0,743**
1978	18	= 209,6 - 0,812 X <sub>2</sub>	0,796	-0,892**
1979	22	= 219,8 - 0,785 X <sub>2</sub>	0,901	-0,949**
1980	13	= 220,3 - 0,811 X <sub>2</sub>	0,906	-0,952**
1981	29	= 209,2 - 0,828 X <sub>2</sub>	0,879	-0,937**
Gemidd.	96	= 212,0 - 0,804 X <sub>2</sub>	0,809	-0,899**
n	91 (1)	= 213,3 - 0,794 X <sub>2</sub>	0,853	-0,924**

(1) zie opmerking tabel 1

Tabel 3

Correlaties (r) tussen de "N-index b" (X<sub>3</sub>) en de optimale N-dosis in kg N/ha voor wintertarwe Cama + C.C.C. + ziektebestrijding (Y)

Jaar	Aantal velden n	Lineaire relatie	r <sup>2</sup> -waarden	r-waarden
1977	14	Y = 262,8 - 0,754 X <sub>3</sub>	0,908	-0,953**
1978	18	= 251,2 - 0,697 X <sub>3</sub>	0,824	-0,908**
1979	22	= 273,2 - 0,810 X <sub>3</sub>	0,915	-0,956**
1980	13	= 268,5 - 0,782 X <sub>3</sub>	0,885	-0,941**
1981	29	= 267,0 - 0,822 X <sub>3</sub>	0,862	-0,928**
Gemidd.	96	= 264,7 - 0,777 X <sub>3</sub>	0,876	-0,936**
n	91 (1)	= 268,3 - 0,795 X <sub>3</sub>	0,872	-0,934**

(1) zie opmerking tabel 1.

Bij deze resultaten kunnen volgende besluiten geformuleerd worden.

1. De stikstofbehoefte van wintertarwe op leemgrond wordt in sterke mate beïnvloed door de hoeveelheid  $\text{NO}_3^-$ -N in februari in de bodem aanwezig van 0 tot 90 cm. Dit blijkt uit de individuele correlaties voor de vijf jaren van onderzoek alsook uit de globale correlatie over vijf jaar.
2. In 1977 was de correlatie tussen  $\text{kg NO}_3^-$ -N/ha (0-90 cm) en de optimale N-dosis het laagst, alhoewel nog hoog significant daar vier van de 14 percelen een hoog koolstofgehalte vertoonden. Op deze humusrijke percelen geschiedde naast de N-levering uit de  $\text{NO}_3^-$ -N voorraad, een extra N-levering uit de humus. Trouwens, voor 1977 was de correlatie tussen de  $\text{NO}_3^-$ -N-voorraad en de optimale N-dosis veel hoger indien alleen de percelen met een normaal C-gehalte in rekening worden gebracht :

$$\begin{aligned}n &= 10 \\Y &= 216,0 - 0,902 X \\r^2 &= 0,723 \\r &= -0,851^{**}\end{aligned}$$

3. Voor de 96 gevolgde proefvelden vindt men gemiddeld volgende vergelijking tussen de hoeveelheid  $\text{NO}_3^-$ -N van 0 tot 90 cm in februari ( $X_1$ ) en de optimale N-dosis  $Y = 199,9 - 0,883 X_1$ ;  $r^2 = 0,751$   $r = -0,867^{**}$ . Beschouwt men alleen de percelen met een normaal koolstofgehalte, d.w.z. % C < 1,7, dan bekomt men ongeveer dezelfde bemestingsformule, doch met een iets hogere correlatie :  $r^2 = 0,769$  en  $r = -0,877^{**}$ .
4. Er kan gesteld worden dat op leemgronden met een normaal koolstofgehalte de N-behoefte voor ca 77 % verklaard wordt door de hoeveelheid  $\text{NO}_3^-$ -N die na de winter nog in het profiel 0-90 cm aanwezig is.
5. Wordt de hoeveelheid  $\text{NO}_3^-$ -N in de laag 0-90 cm aanwezig in februari aangevuld met bijkomende waarden, zoals de reeds opgenomen N door het jonge graangewas, correctiefactoren voor zware gronden (- 10), voor bietenschuimbehandelingen (per 10 ton respectievelijk + 10, + 6 en + 4 voor toedieningen aan de teelt zelf, aan de voorteel of aan de voorlaatste teelt), voor toegediende bietekoppen (+ 20 à + 30), voor ingeplogd bonenloof (+ 30) en voor eventuele wildschade (- 10), dan komt men tot de zgn. "N-index a".

De correlatie tussen deze index en de optimale N-dosis bedraagt voor de onderzochte percelen :

$$\begin{aligned}Y &= 212,0 - 0,804 X_2 \quad , n = 96 \\r^2 &= 0,809 \text{ en } r = -0,899^{**}\end{aligned}$$

De correlatie met de optimale N-gift is derhalve nog duidelijk beter voor de "N-index a" dan voor de  $\text{NO}_3^-$ -N in de laag 0-90 cm alleen.

Worden enkel de percelen met een normaal humusgehalte in aanmerking genomen ( $n = 91$ ), vindt men volgende correlatievergelijking :  $Y = 213,3 - 0,794 X_2$ ,  $r^2 = 0,853$  en  $r = -0,924^{**}$ , wat een hogere graad van overeenstemming betekent.

6. De "N-index b" ( $X_3$ ) heeft dezelfde inhoud als de "N-index a", doch is aangevuld met een koolstoffactor :  $\% C (0-30 \text{ cm}) \times 60$ . Voor de "N-index b" vindt men voor elk van de 5 afzonderlijke jaren zeer hoog significante overeenkomsten met de N-behoefte, evenals voor de 96 proefvelden globaal, wat blijkt uit volgende vergelijking :

$$Y = 264,7 - 0,777 X_3 \quad n = 96$$

$$r^2 = 0,876 \text{ en } r = -0,936^{**}$$

De correlatie met de N-behoefte is voor de "N-index b" derhalve nog beter dan voor de "N-index a". Uitschakelen van de vijf percelen met hoog  $\% C$  brengt geen verdere verbetering mee voor de significantie, gezien nu de N-levering door de humus expliciet ingecalculerd werd.

De gemiddelde waarde van de "N-index b" voor de 96 percelen bedraagt 197,8, voor de "N-index a" 128,3 en voor de  $\text{kg NO}_3^- \text{-N}$  per ha in de laag 0-90 cm 103,8.

In figuur 1 zijn de experimenteel bekomen optimale N-dosissen weergegeven t.o.v. de advieslijn volgens de bemestingsformule voor de "N-index b" :  $Y = 264,7 - 0,777^{**}$ .

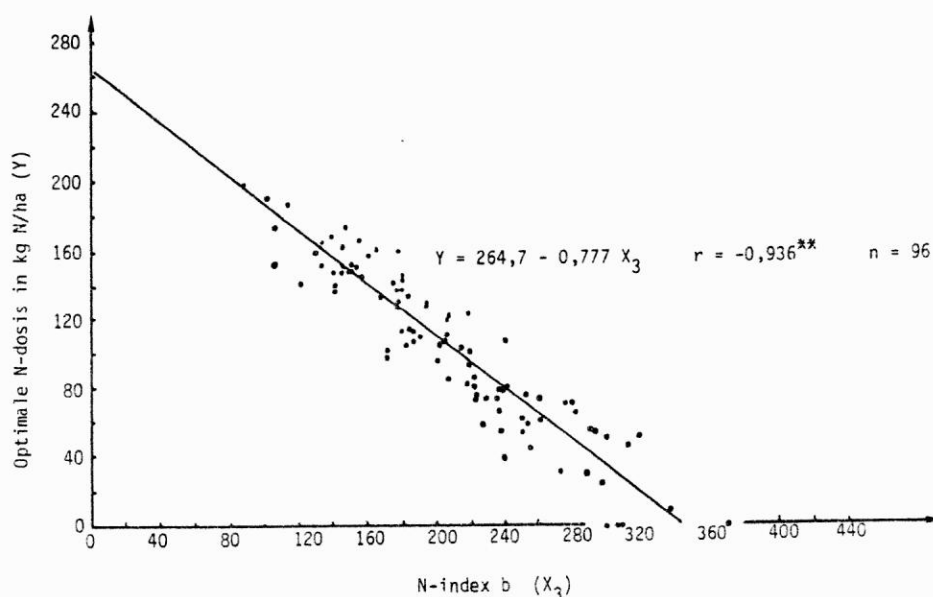


Fig. 1

Correlatie tussen de "N-index b" ( $X_3$ ) en de optimale N-dosis voor wintergraan voor de periode 1977-1981.

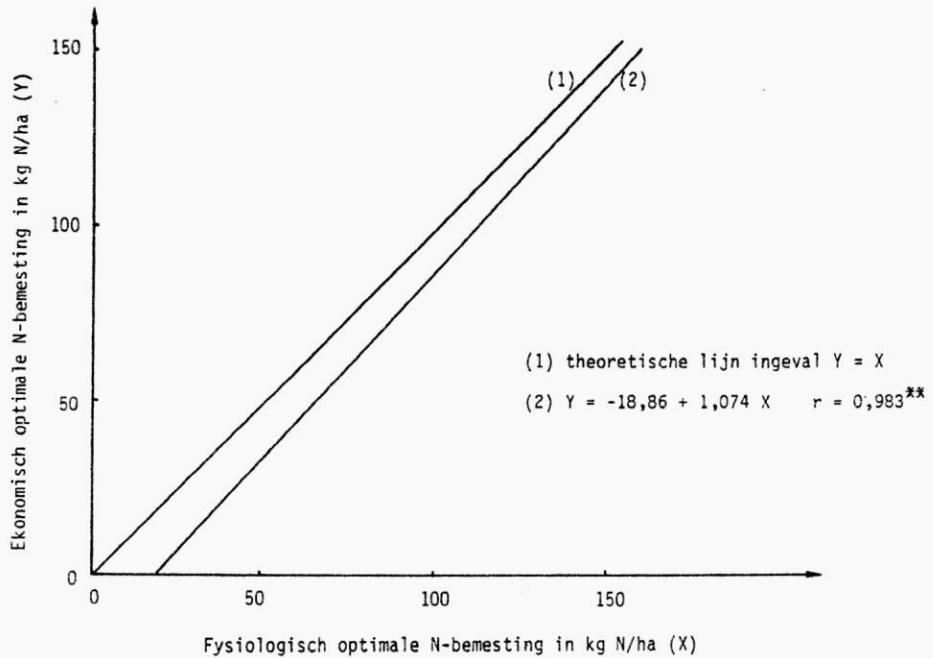


Fig. 2

Correlatie tussen de Economisch optimale N-bemesting voor wintergraan (Y) en de fysiologische optimale N-gift (X).

### 2.2.2. Economisch optimum

De hoger aangehaalde optimale stikstof-dosissen hadden alle betrekking op "fysiologische" optima. Worden echter de graanopbrengsten getransformeerd naar financiële opbrengsten, met aftrek van de uitgaven voor de N-bemesting, dan bekomt men zgn. "economische" optima.

Voor 1980 werd de economisch optimale N-dosis berekend voor de proefvelden met een duidelijk optimum, met name 18 percelen, negen met wintertarwe en negen met wintergerst. De graanproductie voor tarwe en gerst werd gekrediteerd met respectievelijk 7 en 6,5 fr per kg, terwijl de N-bemesting werd gedebiteerd a rato van 20 fr per kg N.

De vergelijking tussen de fysiologische en economische optima is weergegeven in figuur 2. Hieruit blijkt dat het economisch optimum zowat 8 à 18 kg N/ha lager ligt dan het fysiologische. Bij de hoge N-behoeften zijn de verschillen iets geringer, bij de lage N-behoeften iets groter.

## 3. N-ADVIES VOOR SUIKERBIETEN

### 3.1. METHODIEK

Ook voor de teelt van suikerbieten werd nagegaan of men via de bepaling van de minerale stikstof na de winter in het profiel aanwezig, tot

een verbeterd stikstofadvies kon komen. Hiervoor werden in de periode 1977-1980 37 stikstofbestedingsproefvelden aangelegd op diepe zandleem- en leemgronden, in samenwerking met het Nationaal Instituut tot Verbetering van de Biet te Tienen.

Op alle velden werd in februari, zoals voor wintergraan, de bodem in drie lagen bemonsterd nl. van 0 tot 30 cm, van 30 tot 60 cm en van 60 tot 90 cm diepte. Voor elke proef werden de bodemkundige en landbouwkundige karakteristieken vastgelegd. De invloed van stijgende dosissen stikstof op de wortel- en loofopbrengst, op het suikergehalte en de suikerproductie werd nagegaan. De industriële waarde van de bieten werd bepaald door het Bieteninstituut.

Aan de hand van de wortelopbrengsten en de suikergehalten werd op elk veld en voor elke stikstofgift het financieel rendement per ha berekend.

Voor deze berekeningen werden de suikerbietprijzen van 1979 aangehouden, terwijl alle stikstofbestedingen werden gedebiteerd met 14 fr per kg toegediende stikstof.

De totale kostprijs van stikstof ligt weliswaar hoger, maar aangezien een gedeelte van de toegediende stikstof via de bladeren wordt gevaloriseerd, werd een verminderde aftrek voor de stikstofmeststof ingecalculleerd.

### 3.2. RESULTATEN EN BESPREKING

De correlatieberekeningen uitgevoerd tussen enerzijds de voorjaarshoeveelheid  $\text{NO}_3^-$ -N/ha in de verschillende grondlagen aanwezig en anderzijds de optimale N-dosis in kg N/ha voor de wortelproductie, suikeropbrengst of financieel rendement zijn samengevat in tabel 4.

Tabel 4

Correlatiecoëfficiënten tussen de  $\text{NO}_3^-$ -N-voorraad per ha per grondlaag en de optimale N-dosis per ha i.v.m. de wortelproductie, de suikeropbrengst en het financieel rendement (n = 37)

Diepte grondlaag	Correlatiecoëfficiënten		
	Wortelproductie	Suikeropbrengst	Financieel rendement
0-30 cm	-0,575**	-0,574**	-0,668**
30-60 cm	-0,389*	-0,504**	-0,712**
60-90 cm	-0,306	-0,444**	-0,593**
0-60 cm	-0,605**	-0,676**	-0,865**
0-90 cm	-0,525**	-0,632**	-0,819**

r-waarde P 0,05 = 0,325

P 0,01 = 0,418



Uit deze berekeningen blijkt dat het relikwat aan nitraten in februari aanwezig in de grondlaag van 0 tot 60 cm, het best de stikstofbehoefte voor suikerbieten weerspiegelt. Stikstof aanwezig op grotere diepte (60-90 cm) heeft een ongunstige invloed op het rendement en wordt liefst niet in rekening gebracht. Voor de 37 proefvelden werd vastgesteld dat gemiddeld de hoogste wortelproductie per ha werd bereikt met 184 kg stikstof. De maximale suikeropbrengst daarentegen werd bekomen met gemiddeld 142 kg stikstof per ha. Het financieel rendement tenslotte was maximaal bij een stikstofgift van 111 kg.

Wel moet worden opgemerkt dat er een grote spreiding was van de stikstofbehoefte van de onderzochte proefvelden. Op vier van de 37 velden was de beste stikstofdosering i.v.m. het financieel rendement hoger dan 200 kg stikstof per ha terwijl op vijf velden geen stikstof mocht worden gegeven.

Verder onderzoek toonde aan dat opstellen van een zgn. "N-index" nog tot duidelijk betere correlatiewaarden aanleiding gaf.

Deze "N-index" voor suikerbieten omvat :

1. kg  $\text{NO}_3^-$ -N/ha in de laag 0-60 cm gemeten in februari;
2. % C x 30 (laag 0-30 cm);
3. een correctiefactor voor de toegediende organische bemestingen, gaande van + 10 tot + 40 kg/ha;

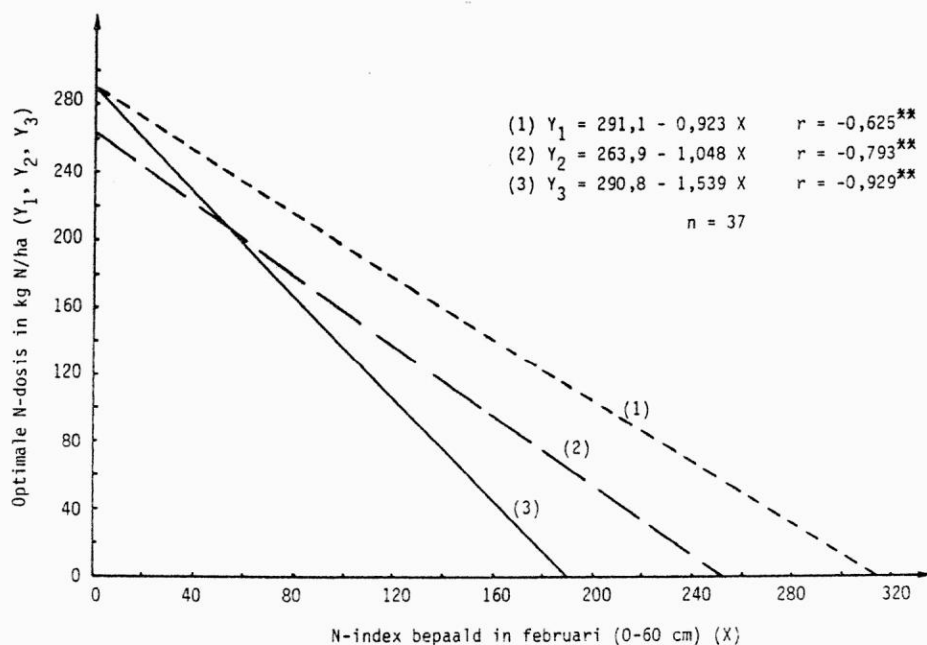


Fig. 3

Advieslijnen voor de optimale wortelproductie (1), suikerproductie (2) en financieel rendement (3) bij suikerbieten op basis van de N-index bepaald in februari.

Tabel 5

Correlatie tussen  $\text{kg NO}_3^- \text{-N}$  in de laag 0-60 cm ( $X_1$ ) of de N-index ( $X_2$ ) enerzijds – beide bepaald in februari en in mei –, en de financieel optimale stikstofdosering ( $Y$ ) voor suikerbieten anderzijds.

Bemonsteringsperiode	N-parameter	Correlatievergelijking en -coëfficiënt
februari	$\text{kg NO}_3^- \text{-N/ha 0-60 cm}$	$Y = 264,2 - 2,443 X_1$ $r = -0,862^{**}$
	N-index	$Y = 295,6 - 1,673 X_2$ $r = -0,951^{**}$
mei	$\text{kg NO}_3^- \text{-N/ha 0-60 cm}$	$Y = 226,5 - 1,023 X_1$ $r = -0,860^{**}$
	N-index	$Y = 273,3 - 1,031 X_2$ $r = -0,973^{**}$

4. een faktor voor het kleigehalte, van de bodem, gaande van - 10 tot - 20 kg/ha voor zware leemgronden.

Voor de 37 bestudeerde proefvelden varieerde deze "N-index" tussen 37 en 222 met een gemiddelde waarde van 116. In figuur 3 is de relatie weergegeven tussen de "N-index" ( $X$ ) en de optimale N-bemesting ( $Y$ ) respektievelijk voor (1) de wortelproduktie; (2) de suikerproduktie; (3) het financieel rendement.

Op de 17 proefvelden van 1980 werden niet alleen in februari bodembemonsteringen doorgevoerd doch ook in de maand mei bij de aanvang van de bietengroei. De correlatieberekeningen voor deze 17 proefvelden tussen enerzijds de ontledingen uitgevoerd in februari en mei en anderzijds de financieel optimale stikstofdosering voor suikerbieten, zijn samengevat in tabel 5.

Ook voor de monsternamen in mei stelt men vast dat de correlaties nog duidelijk verbeteren door het opstellen van de stikstofindex, waarbij naast de  $\text{NO}_3^- \text{-N}$ -voorraad in de laag 0-60 cm ook andere factoren zoals humusgehalte van de bouwlaag en organische bemestingen in rekening worden gebracht. Tussen de minerale stikstofrijke van de bodem in februari en deze in mei bestaat er een significante correlatie :  $Y = -1,009 + 1,805 X$ ,  $n = 17$ ,  $r = 0,898^{**}$ , waarbij  $X$  de  $\text{NO}_3^- \text{-N}$ -voorraad in februari en  $Y$  de  $\text{NO}_3^- \text{-N}$ -reserve in mei voorstelt, beide bepaald in laag 0-60 cm. In mei is op de onbemeste behandelingen het gehalte aan  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  duidelijk gestegen, echter proportioneel met de hoeveelheden reeds aanwezig in februari.

Een belangrijk aspect bij de suikerbietenteelt is het suikergehalte, dat duidelijk prijsbepalend is en dus rechtstreeks het financieel rendement per ha beïnvloedt.

De invloed van de stikstofbemesting op het suikergehalte is algemeen bekend als zijnde negatief.

Tabel 6

Invloed van stijgende dosissen stikstof (X) op het suikergehalte (Y) van bieten.  
Resultaten van de internationale stikstofproef te Bierbeek (I.S.D.V.).

Teelt- jaar	Suikergehalte (%) bij een N bemesting in kg N/ha van :						Lineaire correlatie- vergelijking	$r^2$	r
	0	60	120	180	240	300			
1972	18,8	18,3	18,0	17,1	16,4	16,0	$Y = 18,905 - 0,010 X$	0,982	- 0,991
1973	18,7	18,1	17,7	16,9	16,8	16,2	$Y = 18,629 - 0,008 X$	0,978	- 0,989
1974	16,1	15,4	15,2	14,8	14,4	13,8	$= 16,014 - 0,007 X$	0,980	- 0,990
1975	17,3	16,9	16,5	16,0	14,8	14,3	$= 17,524 - 0,010 X$	0,960	- 0,975
1976	17,5	17,4	17,1	15,6	15,55	14,55	$= 17,840 - 0,010 X$	0,917	- 0,958
1977	17,3	17,0	16,9	16,3	16,1	15,4	$= 17,414 - 0,006 X$	0,952	- 0,975
1978	18,56	18,01	17,64	17,36	16,79	16,55	$= 18,484 - 0,007 X$	0,989	- 0,994
1979	17,55	17,17	16,84	16,96	16,44	15,91	$= 17,545 - 0,005 X$	0,915	- 0,956
1980	16,57	16,30	16,14	15,91	15,81	15,13	$= 16,612 - 0,004 X$	0,918	- 0,958
Gemidd.	17,60	17,18	16,89	16,33	15,90	15,32	$\bar{Y} = 17,665 - 0,008 X$	$r^2 = 0,991$	$r = - 0,996$

$n = 6$     $P_{0,05} = 0,811$     $P_{0,01} = 0,917$

De gedane opzoekingen tonen aan dat er zowel wat betreft het niveau van het suikergehalte als wat betreft de invloed van de stikstofbemesting op dit gehalte, zeer grote verschillen bestaan al naargelang de omstandigheden van bodem en klimaat.

In tabel 6 worden van de meerderjarige internationale stikstofproef te Bierbeek (I.S.D.V.) voor negen opeenvolgende jaren en voor 6 N-trappen de overeenkomstige suikergehalten vermeld, alsook de lineaire correlatievergelijkingen tussen de N-dosis en het suikergehalte.

De resultaten tonen aan dat er voor deze proef elk jaar een hoge negatieve correlatie bestaat tussen de stikstofdosering en het suikergehalte, maar ook dat jaarverschillen onderling zeer groot zijn. Zo b.v. ziet men in de jaren 1974 en 1980 reeds bij 0 N/ha suikergehalten optreden welke in andere slechts bij 240 en 300 kg N/ha worden bekomen.

#### 4. BESLUIT

De uitgevoerde onderzoekingen tonen dat het opstellen van een N-bemestingsadvies voor wintergraan aan de hand van metingen van de  $\text{NO}_3^-$ -N-voorraad tot 90 cm diepte in februari, grote mogelijkheden biedt. Het uitwerken van een zgn. "N-index a" biedt nog duidelijke verbeteringen t.o.v. de bepaling van de minerale N alleen. Wordt bovendien naast de  $\text{NO}_3^-$ -N-voorraad van 0-90 cm in februari en een reeks bodemkundige en landbouwkundige factoren, ook de humustoestand van de bouwlaag (0-30 cm) in rekening gebracht (N-index b), dan bekomt men een methode die met een hoge graad van zekerheid de N-behoefte bij

wintergraan kan voorspellen.

Bij analoge proeven uitgevoerd op suikerbieten werd vastgesteld dat een bepaling van het  $\text{NO}_3^-$ -N-relikwaat in de bodem tot 60 cm diepte in februari een goede maatstaf bleek voor het vaststellen van de optimale stikstofdosering. De  $\text{NO}_3^-$ -N in februari aanwezig tussen 60 en 90 cm kan als schadelijke stikstof voor de afrijping en suikervorming bestempeld worden.

Ook hier kon het N-advies aanzienlijk verbeterd worden door het opstellen van een N-index.

Ontleding van de bodem voor suikerbieten is eveneens mogelijk in de maand mei. Correlaties tussen de N-index vastgesteld in mei met de optimale N-dosissen waren zeer hoog significant.

#### REFERENTIES

Ris J. (1974).

Stikstofbestedingsadviezen voor bouwland.

*Stikstof*, 7 : 169-173.

Soper R. J., Raez G. J. & Fehr P. J. (1971).

Nitrate nitrogen in the soil as a mean of predicting the fertilizer nitrogen requirements of barley.

*Can J. Soil. Sci.*, 51 : 45-49.

Wehrmann J. & Scharpf H. C. (1977).

Stickstoffdüngung :  $N_{\min}$  - Methode hat sich bewährt.

*DLG Mitteilungen, Frankfurt/M.*, 92 : 1058.

---

#### Samenvatting

Opzoeken door de Bodemkundige Dienst van België te Heverlee uitgevoerd op diepe leem- en zandleemgronden, hebben geleid tot het operationeel maken van een nieuw N-bestedingsadvies voor wintergranen en suikerbieten.

Aan de hand van 96 stikstofproefvelden op wintergraan, aangelegd in de periode 1977-1981, werd vastgesteld dat een zogenaamde "stikstofindex" de beste basis voor het opstellen van een stikstofadvies betekende. Op de onderzochte proefvelden werd de bodem in februari in drie lagen bemonsterd en ontleed, nl. van 0 tot 30, van 30 tot 60 en van 60 tot 90 cm diepte.

De "stikstofindex" omvat volgende elementen :

- de hoeveelheid nitraatstikstof van 0 tot 90 cm diepte, bepaald in februari (som van 3 lagen);
- een faktor gebaseerd op het koolstofgehalte van de 0-30 cm grondlaag, namelijk  $\frac{1}{2} C \times 60$ ;
- een faktor welke de eventuele organische bemesting evalueert, b.v. voor winter-tarwe de bietenbladeren op het perceel achtergelaten;
- de stikstof door het jonge gewas in februari reeds opgenomen.

Eventueel worden nog kleine correcties toegepast voor het kleigehalte van de bo-

dem, het toedienen van bietenschuim en het optreden van ernstige wildschade.

Tussen de stikstofindex aldus samengesteld en de optimale stikstofdosis bestaat volgende lineaire correlatievergelijking :

$$Y = 265 - 0,777 X \quad n = 96 \text{ proefvelden}$$
$$Y = \text{optimale totale N dosis/ha} \quad r = -0,936^{**}$$
$$X = \text{"stikstofindex"} \quad r^2 = 0,876$$

Deze formule is geldig voor bepaalde variëteiten (Cama, Zemon) met toepassing van de normale dosis groeiregulator (C.C.C.) en een efficiënte ziektebestrijding. In de praktijk wordt het stikstofadvies aangepast aan de verbouwde variëteit, de zaaidichtheid, het zaaitijdstip en aan de toegepaste cultuurmaatregelen wat betreft het aanwenden van groeiregulator en fungiciden tegen ziekten.

De stikstoffraktering bij deze nieuwe methode is in hoofdzaak gebaseerd op de verdeling van de nitraatstikstof doorheen het profiel. Bij hoge voorraad in de bovenste grondlaag (0-60 cm) mag de eerste N-gift begin maart laag blijven. Naast de N-verdeling doorheen het profiel spelen de reeds opgenomen stikstof door het jonge gewas in februari, evenals de dichtheid van het gewas en het uitstoelingsvermogen van de verbouwde variëteit nog een rol bij de stikstoffraktering.

Proeven in dezelfde periode doorgevoerd op suikerbieten, in samenwerking met het Nationaal Instituut tot Verbetering van de Biet te Tienen, geven eveneens aanleiding tot een nieuwe methode van grondonderzoek voor stikstof voor de teelt van suikerbieten. Bij deze opzoekingen werd vastgesteld dat een ontleding van de bodem tot 60 cm diepte in februari de beste maatstaf bleek voor het vaststellen van de optimale stikstofdosis. Er bestaat immers een vrij belangrijk verschil tussen suikerbieten en wintergranen inzake de werking van de minerale stikstof in februari aanwezig in de grondlaag 60-90 cm. Waar voor wintergranen die stikstof nog duidelijk gevaloriseerd wordt, lijkt ze voor suikerbieten eerder als schadelijke stikstof te functioneren omwille van de afremming van de suikervorming.

Ook voor de suikerbieten wordt een stikstofindex opgesteld als basis voor het stikstofadvies. De stikstofindex voor suikerbieten omvat :

- kg NO<sub>3</sub>-N in februari aanwezig in de bodemlaag 0-60 cm;
- een humusfaktor van de laag 0-30 cm : % C x 30;
- een faktor welke de organische bemesting evalueert (stalmest, groenbemesting);
- een faktor voor het bodemtype (-10, of -20 voor zware leem).

Tussen de aldus samengestelde stikstofindex en de optimale N-dosis (financieel optimum) bestaat volgende vergelijking :

$$Y = 291 - 1,539 X \quad r = -0,929^{**} \quad n = 37 \text{ proefvelden}$$
$$Y = \text{optimale N-dosis/ha}$$
$$X = \text{stikstofindex}$$

Ontleding van de bodem voor suikerbieten is eveneens mogelijk in de maand mei. Correlaties tussen de N-index vastgesteld in mei met de optimale N-dosissen voor suikerbieten waren zeer hoog significant.

De uitgevoerde proeven toonden verder aan dat het suikergehalte naast de invloed van de stikstofbemesting ook sterk de invloed van de klimatologische jaaromstandigheden ondergaat.

Nitrogen fertilization advice for winter cereals and sugarbeets on deep loam and sandy loam soils based on a profile analysis

*Summary*

Investigations by the "Bodemkundige Dienst van België, Heverlee", carried out on deep loam and sandy loam soils, resulted in a new method of nitrogen fertilization advice for winter cereals and sugarbeets.

Out of 96 experimental fields with winter cereals during the period of 1977-1981, it has been found that a so called "nitrogen-index" offers the best base for nitrogen fertilization advice. On the experimental fields, the soil samplings and analysis were carried out on three layers, resp. situated at 0-30, 30-60 and 60-90 cm depth. This "nitrogen-index" contains the following factors :

- the amount of nitrate-nitrogen till 90 cm depth (sum of the three layers), analysed in February;
- a factor based on the carbon content of the 0-30 cm soil layer : % C x 60;
- a factor for evaluation of eventual organic fertilization, e.g. sugarbeet leaves;
- the nitrogen already taken up by the young crop in February.

Eventually, small corrections can be introduced for the clay content of the soil, for the addition of sugarbeet foam, or for game.

The following linear equation between the "nitrogen-index" and the optimum nitrogen dose was found :

$$\begin{array}{ll} Y = 265 - 0.777 X & n = 96 \text{ experimental fields} \\ Y = \text{optimum total N dose/Ha} & r = -0.936^{**} \\ X = \text{"nitrogenindex"} & r^2 = 0.876 \end{array}$$

This equation is valid for some varieties (Cama, Zemon), considering also the application of a normal dose of a growing regulator, and an efficient plant disease control. In practice, the nitrogen fertilization advice is adjusted to the used variety, the sowing-density, the sowing-time and the used cultivation circumstances with regard to the application of growing regulators and fungicides against diseases.

The nitrogen fractionation with this new method is mostly based on the distribution of the nitrate-nitrogen throughout the profile. A high amount in the top layer (0-60 cm) reduces the first N-application at the beginning of March. Besides the N-distribution in the profile, the N-fractionation is also influenced by the nitrogen already taken up by the young crop in February, as well as by the density of the crop and the tillering possibility of the used variety.

Investigation with sugarbeets, in collaboration with the "Nationaal Instituut tot Verbetering van de Biet, Tienen" have also lead to a new method for soil analysis with regard to nitrogen for sugarbeets. It has been found that soil analysis to a depth of 60 cm in February gives the best results for establishing the optimum nitrogen dose. Indeed, the mineral nitrogen in the 60-90 cm soil layer present in February, differently influences winter-cereals and sugarbeets. For winter-cereals, this nitrogen has a positive effect, while for sugarbeets, it inhibits sugar formation.

Also for sugarbeet fertilization advice, a "nitrogen-index" has been established. It contains the following factors :

- the amount of nitrate nitrogen till 60 cm depth, analysed in February;
- a humus factor for the soil layer 0-30 cm : % C x 30;
- a factor for evaluation of organic fertilization (e.g. farmyardmanure, green manure);
- a factor related to the soil type (-10 or -20 for fine silt).

The following equation between the "nitrogen-index" and the optimum N-dose (financial optimum) was found :

$$Y = 291 - 1.539 X \quad r = -0.929^{**} \quad n = 37 \text{ experimental fields}$$

Y = optimum total N-dose/Ha  
X = "nitrogenindex"

Analysis of the soil for sugarbeets is also possible in May. Correlations between the "nitrogen-index" of May and the optimum N-dose were very highly significant.

The investigations also showed that the sugar content of the sugarbeets is, besides the influence of a N-fertilization, also influenced by climatological differences from year to year.

#### Avis de fumure azotée basé sur l'analyse de profil pour céréales d'hiver et betteraves sucrières sur sols limoneux et sablo-limoneux profonds

##### Résumé

Des recherches effectuées par le Service Pédologique de Belgique à Heverlee, sur sols limoneux et sablo-limoneux profonds, ont abouti à rendre opérationnel un nouvel avis de fumure azotée pour les cultures de céréales d'hiver et de betteraves sucrières.

Sur 96 champs d'essai de froment d'hiver établis entre 1977 et 1981, il est apparu qu'un "index-azote" constituait une excellente base pour la rédaction d'un avis de fumure azotée. Un échantillonnage de trois couches de sol, suivi d'analyses fut effectué en février et portait sur les couches de 0 à 30, 30 à 60 et 60 à 90 cm de profondeur.

L'index-azote contenait les éléments suivants :

- l'azote nitrique présent dans les couches successives de 0 à 90 cm au mois de février;
- un facteur basé sur la teneur en carbone de la couche de 0 à 30 cm, a savoir % C x 60;
- un facteur évaluant l'engrais organique éventuel (par exemple pour le froment d'hiver il s'agit des feuilles de betteraves abandonnées sur la parcelle);
- l'azote déjà absorbé par la jeune plante en février.

Eventuellement de légères corrections sont encore apportées sur base de la fraction argileuse du sol ou d'apports d'écumes de sucrerie ou de dégâts de gibier, etc.

La relation entre l'index-azote (X) et la dose optimale d'azote à appliquer (Y) est la suivante :

$$Y = 265 - 0,777 X \quad n = 96 \quad r^2 = 0,876$$

$$r = -0,936^{**}$$

Cette formule vaut pour certaines variétés (Cama, Zémon) traitées aux doses normales de régulateurs de croissance (C.C.C.) et de fongicides. En pratique, les avis de fumure azotée sont toujours adaptés à la variété, à la densité et à la date du semis, aux opérations culturales appliquées concernant les fongicides et les régulateurs de croissance. Le fractionnement de l'azote conseillé dans cette nouvelle méthode est essentiellement basé sur la répartition de l'azote nitrique dans l'entièreté du profil. Par exemple, en présence d'une quantité élevée d'azote dans les couches supérieures (0 à 60 cm), la première dose d'azote, appliquée en mars, peut être ramenée au minimum. Jouent également un rôle lors du fractionnement : l'azote déjà absorbé par la jeune plante en février, la densité de la végétation et le tallage propre à la variété.

Des essais durant la même période sur betteraves sucrières et effectués en collaboration avec l'Institut Belge pour l'Amélioration de la Betterave ont permis d'adapter la nouvelle méthode d'analyse des sols en ce qui concerne l'azote à la culture des



betteraves sucrières. De ces recherches il ressort que l'analyse du sol jusqu'à 60 cm de profondeur en février permet d'établir le meilleur indice de dose optimale d'azote. Il existe en effet une différence fondamentale entre les betteraves sucrières et les céréales d'hiver en ce qui concerne le fonctionnement de l'azote minéral présent en février dans la couche de 60-90 cm. Pour les céréales d'hiver cet azote est nettement valorisé alors que pour les betteraves sucrières il a un effet nocif du fait d'un ralentissement de la formation de sucre.

Pour les betteraves sucrières l'on a également établi un index-azote servant de base pour l'avis de fumure en azote, il est calculé à partir des paramètres suivants :

- la teneur en azote nitrique des couches 0 à 60 cm en février;
- un facteur basé sur la teneur en carbone de la couche 0 à 30 cm :  $\% C \times 30$ ;
- un facteur se rapportant à la fumure organique (fumier, engrais verts);
- un facteur qui tient compte du type de sol (sol lourd).

Entre l'index-azote et la fumure azotée optimale (optimum financier), il existe la relation suivante :

$$Y = 291 - 1,539 X \quad n = 37 \quad r^2 = 0,863$$

$$r = -0,929^{**}$$

La détermination de l'azote nitrique du sol peut encore être effectuée au mois de mai quand il s'agit d'une culture de betterave. Dans ce cas, la corrélation entre l'index-azote et la dose N-optimale est également très significative.

Les essais ont également démontré que la teneur en sucre subissait l'influence non seulement de la fumure azotée mais également des circonstances climatologiques annuelles.

---

## Die Profilanalyse als Basis für die Stickstoffberatung für Wintergetreide und Zuckerrüben auf tiefen Lehm- und Sandlehmböden

### Zusammenfassung

Untersuchungen von dem Bodenkundige Dienst van België-Heverlee auf tiefen Lehm- und Sandlehmböden ausgeführt, haben zu einer neuen Methode der Stickstoffberatung für Wintergetreide und Zuckerrüben geführt.

Anhand 96 Stickstoffversuchsfeldern für Wintergetreide die in der Periode zwischen 1977 und 1981 angelegt wurden, wurde festgestellt dass ein sogenannter Stickstoffindex die weitaus beste Basis für die Stickstoffberatung ist.

Auf den untersuchten Feldern wurde der Boden im Februar auf drei verschiedenen Schichten bemunstert und analysiert : von 0 bis 30 cm, von 30 bis 60 cm und von 60 bis 90 cm.

In diesem Stickstoffindex spielen die folgenden Elemente eine Rolle :

- der Gehalt an Nitratstickstoff bis auf eine Tiefe von 90 cm (dieser Gehalt wird im Februar aufgemessen);
- der Kohlenstofffaktor der den C-Gehalt der Bodenschicht bis auf eine Tiefe von 30 cm andeutet ( $\% C \times 60$ );
- ein Faktor der die eventuelle organische Düngung (Z.B. Rübenblätter) andeutet;
- der von den jungen Pflanzen schon aufgenommene Stickstoffmenge.

Es werden eventuell noch kleine Korrekturen für den Kleigehalt des Bodens, für die Düngung mit Rübenschlamm und ernsthaften Wildschaden angebracht.

Zwischen dem Stickstoffindex und der optimalen Stickstoffdosis besteht folgende lineare Gleichung :



$$Y = 265 - 0,777 X \quad n = 96 \quad r = -0,936^{**}$$

$$Y = \text{optimale gesamte Stickstoffdosis pro Hectar} \quad r^2 = 0,876$$

$$X = \text{N-index}$$

Diese Formel ist gültig für bestimmte Getreiden varietäten (Z.B. Cama und Zemon) wenn die normale Dosis Wachstumsregulatoren und eine zielmässige Krankheitsbekämpfung angewendet werden.

In der Praxis wird der Stickstoffberatung an der gebrauchten Varietät, der Säabstand, der Saezeit und den spezifischen Anbaumassnahmen wie dem Gebrauch von Wachstumsregulatoren und Krankheitsbekämpfungsmitteln angepasst.

Die Stickstoffaufteilung bei der neuen Methode basiert sich vor allem auf die Verteilung des Nitratstickstoffes über das Bodenprofil. Bei hohem Gehalt in der oberen Bodenschicht (0 bis 60 cm) darf die erste N-Düngung niedrig bleiben. Neben der N-Verteilung über das Profil spielen bei der Stickstoffaufteilung noch einige Elemente eine Rolle : der von der jungen Pflanze schon im Februar aufgenommene Stickstoffmenge, die Getreidedichte, der gebrauchten Varietät.

Versuchungen die in derselben Periode in Zusammenarbeit mit das "Nationaal Instituut tot Verbetering van de Biet te Tienen" auf Zuckerrüben durchgeführt wurden, haben gleichfalls zu einer neuen Methode der Bodenanalyse für Stickstoff auf Zuckerrübenfeldern geführt. Bei diesen untersuchungen wurde festgestellt dass eine Bodenanalyse bis auf 60 cm im Februar sich als die beste Basis für die Bestimmung der optimalen Stickstoffdosis erwiesen hat. Es gibt jedoch ein wichtiges Unterschied zwischen Zuckerrüben und Wintergetreide inbetreff der Wirkung von dem in Februar auf 60 bis 90 cm befindliche Stickstoff. Dieser Stickstoff darf als schädlich bestimmt werden, infolge eines negativen Einfluss auf die Zuckerbildung.

Auch für die Zuckerrüben wird ein Stickstoffindex zum Basis der Stickstoffberatung entwickelt. Der Stickstoffindex ist aus folgenden Elementen zusammengestellt :

- das im Februari bis auf 60 cm aufgemesse  $\text{NO}_3^-$ -N-Gewicht;
- ein Humusfaktor für die Bodenschicht bis auf 30 cm ( $\% \text{ C} \times 30$ );
- ein Faktor der die organische Düngung andeutet;
- ein Bodentypfaktor (-10 oder -20 für schwere Lehmboden).

Zwischen dem Berechneten Stickstoffindex (X) und der optimalen N-Dosis (Y) (finanziellen Optimum) besteht folgende Gleichung :

$$Y = 291 - 1,539 X \quad r = -0,929^{**} \quad n = 37$$

$$Y = \text{optimale N-Dosis}$$

$$X = \text{Stickstoffindex}$$

Bodenanalysen sind gleichfalls möglich im Mai. Der Zusammenhang zwischen dem N-Index im Mai und den optimalen N-Dosen für Zuckerrüben, waren auch sehr hoch signifikant.

Die ausgeführten Versuche erwiesen dass der Zuckergehalt nicht nur von der Stickstoffdüngung sondern auch von den Wetterverhältnissen über das Jahr beeinflusst wird.