

RESULTATEN VAN STIKSTOFOPZOEKINGEN

Results of investigations on nitrogen

R. Boon

BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIE
Afdeling Opzoeken
de Choylaan 48
3030 HEVERLEE - Leuven

Inhoudstafel

Inleiding

Proefresultaten:

1. Aandeel van de stikstofbemesting in de huidige produktiviteit van de Belgische gronden
2. Invloed van stikstofbemestingen op de gewassen
 - 2.1. Invloed bij suikerbieten
 - 2.2. Invloed bij graangewassen
 - 2.3. Invloed bij aardappelen
 - 2.4. Invloed op het stikstofgehalte van de plant

3. Analyse van de factoren welke aan de basis liggen van de variabiliteit in stikstofbehoefte en in stikstofeffect

3.1. Invloed van de factor bodem op de stikstoflevering en de stikstofbehoefte

3.1.1. De voorraad aan totale stikstof in het profiel aanwezig

3.1.2. De door de bodem geproduceerde minerale stikstof en effectief voor de planten beschikbare hoeveelheden stikstof

3.1.3. De aard en de diepte van het bodemprofiel

3.2. De stikstofnawerking

3.2.1. De stikstofbalans van het vorig jaar

3.2.2. Aard van de toegediende N-bemestingen

3.2.3. Doordringbaarheid profiel

3.2.4. Neerslag in de winterperiode

3.2.5. Eventuele tussenteelt

3.3. De klimaatsfactor

3.4. Teeltverschillen in de stikstofreactie

3.5. Stikstofbemesting: aard - dosis - fractionering

4. Opstellen van een stikstofbemestingsadvies

4.1. Normale klassieke methode

4.1.1. De hoeveelheid stikstof geleverd door de bodem zonder N-bemesting

4.1.2. De hoeveelheid te investeren stikstof om een hoge produktie te bereiken

4.1.3. De benuttigingscoëfficiënt van de toegediende stikstofbemesting

4.2. Methode via de bepaling van de minerale stikstof tot 100 cm diepte bij het begin van de vegetatie

5. Algemene samenvatting

Inleiding

Met het doel het stikstofadvies voor de praktijk te verbeteren werden in gans Europa de laatste jaren uitgebreide opzoekingen uitgevoerd.

De Bodemkundige Dienst van België heeft met de steun van het I.W.O.N.L., de laatste twintig jaren, stikstofonderzoek verricht vooral op leem en zandleem en op Kempische zandgronden.

In 1957 kwam in Europa een "Internationale Arbeitsgemeinschaft Bodenfruchtbarkeit" tot stand welke resulteerde in een gemeenschappelijk stikstofonderzoek op een groot aantal plaatsen in Europa. Aldus werd, op twintig plaatsen in Europa, een eerste meerjarige stikstofproef aangelegd, welke over vijftien jaren, nl. van 1957 tot 1971 werd bestudeerd. Het betrof de I.D.V.-proef ("Internationale Dauerversuche") waar drie teelten: aardappelen (Voran), wintertarwe (Carsten VI) en haver (Firibecq Regent) naast elkaar en elkaar opvolgend met vier stikstofniveaus werden bestudeerd.

In 1958 werden op 250 proefvelden in Europa, waarvan 31 in België, éénjarige stikstofproefvelden op haver met stijgende dosissen stikstof aangelegd, waarbij op alle velden éénzelfde havervariëteit met dezelfde zaaidichtheid en rijenafstand werd verbouwd.

Vanaf 1972 tot heden wordt op 28 proefstations in Europa een nieuwe internationale meerjarige stikstofproef onderzocht onder de benaming "Internationale Stickstoff Dauerversuche (I.S.D.V.)". Op deze proef worden drie teelten: suikerbieten, wintertarwe en zomergerst naast elkaar en elkaar opvolgend bestudeerd. Deze I.S.D.V.-proef is voorzien door te lopen tot 1983. De gegevens van deze proef worden elk jaar internationaal uitgewisseld en besproken.

In de periode 1958 en 1979 werden door de Bodemkundige Dienst van België, in samenwerking met het I.W.O.N.L. te Brussel, 676 proefvelden met stijgende dosissen stikstof aangelegd waarvan 454 op leem- en zandleemgronden en 222 op zandgronden. In deze mededeling zullen enkele resultaten van deze stikstofopzoekingen nader worden toegelicht.

I. Aandeel van de stikstofbemesting in de huidige produktiviteit van de Belgische gronden

Teneinde een inzicht te hebben, over de produktie van onze gewassen zonder stikstofbemesting, hebben wij de opbrengsten op onze proefvelden bekomen zonder stikstofbemesting uitgedrukt in procent van de op elk proefveld bekomen maximum opbrengst.

De opbrengst 100 betekent derhalve de opbrengst bij de optimale stikstofgift.

Deze gegevens voor éénjarige proefvelden zijn vermeld in tabel 1. In deze tabel zijn de gegevens van 312 proefvelden aangegeven. Deze proefvelden werden bestudeerd in de periode 1958 tot 1979.

De opbrengsten voor de graangewassen betreffen de graanproduktie, voor suikerbieten de suikeropbrengst en voor de aardappelen de knolopbrengst.

Tabel 1. Aandeel van de stikstofbemesting in de produktiviteit Eénjarige proefvelden

Teelt	Aantal proefvelden	Grond	Relatieve produktie zonder stikstofbemesting (opbrengst bij optimale N = 100)
Wintertarwe	101	leem	77
Suikerbieten	97	leem	78
Aardappelen	57	zand	72
Haver	44	zand	78
Rogge	13	zand	55

Voor meerjarige proefvelden zijn de gegevens medegedeeld in tabel 2. Het betreft hier de gemiddelde produktie over de ganse proefperiode op N_0 , uitgedrukt in procent van de produktie bij de optimale stikstofgift (= 100).

Voor de produktie op graasweide werd de droge stofopbrengst in aanmerking genomen.

Tabel 2. Aandeel van de stikstofbemesting in de produktiviteit
Produktie bij 0 N - gemiddeld over meerdere jaren

Proefvelden	Teelt	Aantal jaren	Grond	Relatieve produktie zonder N-bemesting t. o.v. maximale produktie (= 100)
I.D.V.	W-tarwe	11	zandleem	50
Lubbeek	aardappelen	12		57
	haver	12		55
I.S.D.V.	S-bieten	6	zandleem	77
Bierbeek	W-tarwe	6		49
	Z-gerst	6		71
1002 Reppel	Graasweide	7	zand	57
7 NPK-proefvelden Kempen	verschillende	5	zand	59

Deze beide tabellen tonen aan dat de stikstofbemesting een belangrijk aandeel heeft in de produktiviteit van onze gronden. Het is duidelijk dat dit aandeel sterk kan verschillen naargelang het perceel, de teelt en het jaar, zoals verder zal worden aangetoond.

II. Invloed van stikstofbemestingen op de gewassen

Het is bekend dat de stikstofbemesting vooral de vegetatieve groei van het gewas bevordert met tevens, tot op een zeker niveau, een toename van de nuttige produktie aan graan, suiker of zetmeel. Wij vermelden hier enkel een aantal opvallende verschijnselen welke met stijgende N-giften worden waargenomen. De invloed van de stikstof op de plantengroei en de plantsamenstelling is een zo uitgebreid thema dat hierop in dit artikel niet in detail kan worden ingegaan.

2.1. Bij de suikerbieten stijgt zowel de wortelopbrengst als de loofopbrengst

De loofopbrengst wordt echter sterker bevordert, zodanig dat de verhouding wortel-/loofopbrengst bij stijgende dosis stikstof gevoelig daalt. De suikergehalten dalen bij stijgende N-gift, terwijl de suikerprodukties per ha meestal toenemen bij de laagste N-dosissen tot een maximum en daarboven langzaam dalen. Deze trend wordt uiteraard door een reeks factoren van bodem en klimaat beïnvloed.

In tabel 3 vermelden wij voor de I.S.D.V.-proef te Bierbeek, op goede zandleemgrond, gemiddeld voor de jaren 1972 tot 1979, de produkties aan wortelen, loof en suiker in kg/ha en het gehalte aan suiker in %. In deze tabel vermelden wij eveneens de verhouding wortel/loof, berekend op de gemiddelde produkties. De gegevens van 6 N-trappen zijn vermeld nl. bij 0 N, 60, 120, 180, 240 en 300 N/ha met voor alle behandelingen een strobemesting van zomergerststro, waarin in september voorafgaand 60 N extra werd toegediend.

Tabel 3. Gemiddelde produkties in kg/ha over 7 jaar (1972-1979) aan wortelen, loof en suiker evenals de gemiddelde suikergehalten en de verhoudingen wortel-/loofproduktie voor 6 N-dosissen.

Dosis N/ha	kg wort. per ha	kg loof per ha	verhouding wort./loof	% suiker	kg suiker/ha
0	44.616	25.561	1,75	17,75	7.841
60	52.355	34.147	1,53	17,30	9.085
120	54.137	41.208	1,31	17,01	9.240
180	55.212	49.550	1,11	16,29	9.019
240	56.422	54.845	1,03	15,83	8.991
300	57.183	59.780	0,96	15,26	8.790

2.2. Invloed bij graangewassen

Bij graangewassen verhoogt het aantal aren per m² bij stijgende N-bemesting, terwijl het aantal korrels per aar evenals het hectolitergewicht eveneens wordt verhoogd of verlaagd naargelang het N-niveau van de bodem en het bekomen stikstofeffect. De graanproduktie neemt meestal toe tot een bepaalde N-gift, terwijl de stroproduktie tot een hoger N-niveau blijft toenemen.

Zoals bekend nemen ook meeldauwaantasting, afrijpingsziekten en legering toe bij stijgende stikstofbemesting.

In tabel 4 vermelden wij, enerzijds voor proefvelden met sterk positief stikstofeffect en anderzijds met sterk negatief effect welke de invloed was van een bepaalde N-dosis op de graanopbrengst, het aantal aren per m², het aantal korrels per aar, het duizend korrel- en het hectolitergewicht.

Tabel 4. Analyse van de invloed van de stikstofbemesting op de wintertarwe bij sterke opbrengststijging enerzijds en bij gevoelige opbrengstdaling anderzijds - relatieve waarden

		Graanop- brengst	Aantal aren per m ²	Aantal korrels/ aar	1000-kor- relge- wicht	hectol. gewicht
- Bij sterke opbrengststijging aan graan						
I.D.V.- proef 11 jaar	0 N	100	100	100	100	100
	100 N	199	142	138	102	100
I.S.D.V.- proef 5 jaar	0 N	100	100	100	100	100
	optimale N-dosis	210	155	134	100	102
- Bij negatief stikstofeffect						
Proef 1104-'77	0 N	100	100	100	100	100
	120 N	72	111	76	85	93
Proef 1116-'77	0 N	100	100	100	100	100
	120 N	92	152	69	87	97

Uit tabel 4 blijkt dat de stikstofbemesting, in geval van sterk positief effect op de graanproductie, vooral het aantal aren/m² evenals het aantal korrels per aar doet toenemen, terwijl het duizend korrel- en hectolitergewicht weinig worden beïnvloed.

Bij negatieve invloed op de korrelopbrengst doet de stikstofbemesting het aantal aren per m² nog toenemen, doch de invloed op het aantal korrels per aar, het duizend korrelgewicht en het hectolitergewicht is negatief.

In tabel 5 vermelden wij voor een meerjarige proef, de gemiddelde graan- en stro-opbrengsten van wintertarwe, variëteit "Cama", over 7 jaren bij 6 N-niveaus. Wij vermelden tevens de verhouding graan-/stro-opbrengst, berekend op de gemiddelde produkties graan en stro.

Tabel 5. I.S.D.V.-proef - Bierbeek - gemiddelde graan- en stro-opbrengsten over 7 jaren (1972-1979) bij 6 N-trappen - verhouding graan-/stroproductie per N-trap

Behandeling	Kg per ha		Verhouding graan / stro
	graan	stro	
0 N/ha	3.253	4.264	0,76
30	4.408	6.319	0,70
60	5.208	7.608	0,68
90	5.816	8.260	0,70
120	5.841	8.399	0,70
150	5.691	9.081	0,63

Uit tabel 5 blijkt dat de stroproductie blijft toenemen tot 150 N, doch dat de graanopbrengst bij 150 N reeds duidelijk is gedaald. De graan/stro verhouding is het hoogst bij 0 N en het laagst bij de hoogste N-trap. Over een vrij breed gebied ligt de graan/stro verhouding op eenzelfde niveau.

De opbrengstverlaging, door te zware stikstofbemesting, wordt veelal en terecht toegeschreven aan legering van het gewas. Te veel stikstof kan nochtans ook, via verhoogde aantasting door afrijpingsziekten en fysiologisch, opbrengstvermindering veroorzaken, zoals blijkt uit tabel 6 voor wintertarwe.

In deze tabel vermelden wij, met een kleurenindex, de graad van aantasting van de tarwe (vooral *Leptosphaeria Nodorum*). In deze kleurenschaal betekent 1: wit, 2: wit-geel, 3: ros-geel, 4: ros-bruin, 5: ros-zwart. Naarmate een hoger cijfer, is de tarwe derhalve sterker aangetast. De aantasting trad op ondanks toegepaste ziektebestrijding. Bespuiting met C.C.C. werd uitgevoerd en er trad geen legering op.

Tabel 6. Invloed stijgende dosis stikstof op het optreden van afrijpingsziekten en op de tarweproductie in kg/ha - variëteit "Gamin" - 1977 - proef 1105 - Gouy-lez-Piëton

N-dosis	Kleurenindex Gewas bij de oogst(1-5)	Kg graan/ha
0	1,9	4.553
40	1,8	5.192
80	2,5	4.867
120	3,3	4.431
160	4,3	3.507

2.3. Invloed bij aardappelen

Bij aardappelen stijgt, op zandleem- en leemgronden, het aantal knollen per struik bij stijgende N-dosis. Op humushoudende zandgrond is dit eveneens het geval, doch in mindere mate. Bij aardappelen daalt meestal het zetmeelgehalte in functie van de stikstofdosis. Dit is nochtans niet algemeen en lijkt ook variëteitsgebonden.

In tabel 7 vermelden wij voor enkele reeksen proefvelden op Kempische zandgronden en voor proefvelden op zandleem en leem, het gemiddeld aantal knollen per struik in functie van de N-dosis.

Uit tabel 7 blijkt dat het aantal knollen per struik toeneemt bij stijgende stikstofgift. Meestal wordt een maximum bereikt waarboven geen toename meer optreedt.

In tabel 8 zien wij de invloed van stijgende dosissen N op het zetmeelgehalte bij aardappelen. Voor 1966 is de invloed per variëteit vermeld.

Uit tabel 8 blijkt een daling van het zetmeelgehalte op te treden. Uit de proefvelden 1966 bleek nochtans dat bv. bij "Ijsselster" dit niet het geval was.

Soms verhoogt een lichte stikstofdosis het zetmeelgehalte bij de aardappelen. Ook bij het suikergehalte van suikerbieten komt dit verschijnsel nog al eens voor.

Tabel 7. Invloed stijgende N-dosissen op het aantal knollen per struik bij aardappelen

Jaar	Aantal velden	Grond	Dosis				
			0	50	100	150 N/ha	
1966	14	Kemp. zand-	17,5	16,9	18,4	19,1	
1967	13	Kemp. zand	17,9	19,8	21,8	23,7	
1968	15	Kemp. zand	15,6	17,3	17,3	17,3	
1969	15	Kemp. zand	18,8	20,5	20,3	20,2	
1970	15	Kemp. zand	15,3	17,5	17,1	17,5	
∅ 1962-68 I.D.V.	∅ 7 jaren	Z-L	12,3	15,6	15,9	18,6	
			Dosis				
			0	80	160	240	320 N/ha
1975	1-Ath	leem	9,2	11,8	13,8	13,4	13,7
1978	1-Ath	leem	8,6	11,3	11,1	11,1	10,3

Tabel 8. Invloed stijgende N-dosissen op het zetmeelgehalte bij aardappelen (zetmeelgehalte berekend op het onderwatergewicht)

Jaren	Aantal proeven	Grond	Variëteit	Dosis				
				0	50	100	150 N/ha	
1966	4	zand	Bintje	13,10	12,87	12,40	12,12	
	5	zand	IJsselster	14,87	14,91	15,38	15,67	
	2	zand	Patrones	14,72	12,85	12,40	11,92	
	2	zand	Gineke	14,47	15,32	14,02	15,08	
1967	13	zand	verschil.	12,89	12,88	12,81	12,85	
1968	15	zand	Patrones	12,7	12,2	11,7	11,4	
1969	15	zand	Patrones	13,46	13,53	13,37	13,35	
1970	15	zand	Patrones	14,72	14,09	13,76	13,63	
1957-1968	Ø 12 jaren	Z - L	Voran	15,86	16,53	16,14	15,48	
				Dosis				
				0	80	160	240	320 N/ha
1975	Ath	leem	Bintje	11,95	12,60	11,25	11,48	11,48
1978	Ath	leem	Bintje	15,9	13,2	12,2	12,8	12,8

2.4. Invloed op het stikstofgehalte van de plant

Bij stijgende N-dosis verhoogt meestal het stikstofgehalte in de plant (uitgedrukt op de droge stof), duidelijk in functie van de hoeveelheid toegediende stikstof. In sommige gevallen treedt het zogenaamd "verdunningseffect" op, waardoor met een hogere stikstofbemesting een daling van het stikstofgehalte gepaard gaat (zie tabel 9).

Wanneer suikerbieten in de afrijpingsfase (einde september-oktober) nog over te veel stikstof beschikken, dan treden naast lage suikergehalten, hoge gehalten aan schadelijke stikstof op (α Amino N) (zie tabel 10).

Hoge nitraataccumulaties in de plant worden veroorzaakt bij een te hoge stikstoftoevoer t.o.v. de assimilatiecapaciteit van de plant. De plant gaat dan stikstof in reserve opslaan onder NO_3 -vorm. Hoge nitraatgehalten in de plant treden vooral op bij gewassen welke ruim over stikstof beschikken en worden sterk bevorderd door groeiremmingen vanuit de bodem (bv. mangaangebrek, alsook door klimatologische omstandigheden, zoals geringe lichtintensiteit (schaduw bv.) en nachtvorst. De gewassen waarin in de praktijk meestal hoge nitraatgehalten optreden, zijn: rapen, bladkool, raaigras, spinazie en voederbieten.

De invloed van stijgende N-dosissen op het N-gehalte van de plant worden vermeld in tabel 9. Hierin zien wij op beide proefvelden, zowel bij het graan als bij het stro, het "verdunningseffect" optreden.

De invloed van stijgende dosissen stikstof op het gehalte aan schadelijke stikstof in de suikerbietenwortel is vermeld in tabel 10. De bepalingen van de schadelijke α Amino N werden uitgevoerd door het Belgisch Instituut tot Verbetering van de Biet te Tienen.

Wat de nitraataccumulatie in de plant betreft, vermelden wij in tabel 11 de gehalten aan NO_3 in de droge stof voor een proefveld op rapen als nateelt.

Tabel 9. Invloed van stijgende N-dosissen op het stikstofgehalte van de plant met verdunningseffecten bij wintertarwe: graan en stro. Proefvelden op leemgrond - 1977

Kg N/ha	Proef 1110		Proef 1114	
	mg N per 100 g D.S. Graan	Stro	mg N per 100 g D.S. Graan	Stro
0	2002	392	2310	518
40	1904	336	2198	434
80	2079	441	2352	462
120	2303	581	2408	721
160	2464	692	2478	868

Tabel 10. Invloed van stijgende N-dosissen op het gehalte aan schadelijke stikstof in de suikerbietwortel - I.S.D.V.-proef Bierbeek - schadelijke stikstof in meq./100 g biet

N-dosis/ha	1977	1978
0	1,76	1,89
60	2,22	2,44
120	3,10	3,09
180	4,09	3,31
240	4,32	3,99
300	5,32	4,80

Tabel 11. Invloed stijgende N-dosissen op het nitraatgehalte bij rapen

Dosis N/ha	mg NO ₃ /100 g D.S.
0	380
50	580
100	2120
150	2240

In tabel 12 vermelden wij de gehalten aan droge stof en de gehalten aan nitraat in de droge stof van enkele voeders, welke sterfgevallen bij koeien hadden veroorzaakt door nitraatvergiftiging. Zoals bekend is, kan een te hoge hoeveelheid nitraten in de voeding bij mens en dier verstikking veroorzaken. De opgenomen nitraten kunnen bij vertering in nitrietvorm omgebouwd worden en het gezonde hemoglobine ombouwen tot methemoglobine. Dit methemoglobine is onbekwaam de zuurstoftransport doorheen het lichaam te verzekeren, waardoor verstikking optreedt.

Volgens de Nederlandse opzoeker Kemp ligt de lethale dosis voor nitraten bij rundvee bij 15 gram NO_3 per 100 kg levend gewicht per eetmaal.

Tabel 12. Voorbeelden van nitraatgehalten in voedergewassen met sterfgevallen bij rundvee

Gewas	% D.S.	mg NO_3 per 100 g D.S.	Lethale dosis voor koe van 600 kg per eetmaal	
			kg D.S. van dit voeder	kg voeder
Rapen	8,8	3360	2,68	30
Raaigras	12,5	3040	2,96	24
Voederbieten	8,3	4800	1,88	23
Voederbieten	10,5	2800	3,21	31
Voederbieten	9,0	3800	2,37	26

III. Analyse van de factoren welke aan de basis liggen van de variabiliteit in stikstofbehoefte en in stikstofeffekt

Uit het uitgevoerd onderzoek de voorbije jaren op gebied van stikstof blijkt dat volgende vijf factoren een belangrijke rol in de stikstofvoorziening spelen:

- 3.1. de bodem
- 3.2. de stikstofnawerking
- 3.3. het klimaat
- 3.4. de teelt
- 3.5. de stikstofbemesting zelf: dosis, aard van de stikstofmeststof, tijdstip van toedienen

Deze vijf factoren staan niet los van elkaar. Het is duidelijk dat er, zoals verder trouwens zal blijken, interacties optreden tussen deze factoren. Hierna zullen de invloeden van deze vijf factoren besproken worden.

3.1. Invloed factor bodem op de stikstoflevering en de stikstofbehoefte

- 3.1.1. De voorraad aan totale stikstof in het profiel aanwezig, vooral bepaald door de humusvoorraad.
- 3.1.2. De door de bodem geproduceerde minerale stikstof en effectief voor de planten beschikbaar, vooral bepaald door het humus- en het vochtgehalte, evenals door de pH en de algemene voedingstoestand van de bodem. Het klimaat speelt hier uiteraard eveneens een belangrijke rol (zie 3.3).
- 3.1.3. De aard (grondsoort, vochtcapaciteit) en de diepte van het bodemprofiel bepaalt de doorwortelbare ruimte voor de plant en tevens de retentiecapaciteit van de bodem voor minerale stikstof en voor vocht.
Dit punt is zeer belangrijk i.v.m. de stikstofnawerking. De bodem kan een belangrijke functie spelen als recipiënt van overschotten aan minerale stikstof van de vorige jaren (zie 3.2).

3.1.1. De voorraad aan totale stikstof in het bodemprofiel aanwezig

Een van de voornaamste oorzaken van verschil in stikstofreactie tussen verschillende percelen vindt zijn oorsprong in een verschillende voorraad aan totale stikstof, hoofdzakelijk organische stikstof. Wij vermelden hierna in tabel 13 de stikstofvoorraden voor enkele leemgronden met een hoog en enkele leemgronden met een normaal koolstofgehalte. Voor de echte loessleemgronden vinden deze verschillen in koolstof (humus) hun oorsprong bijna steeds in de voorgeschiedenis van het perceel nl. de koolstofrijkere leemgronden waren praktisch steeds oude weilanden.

Tabel 13. Koolstofgehalte en hoeveelheid aan totale stikstof in kg per ha in leemgrond (proefvelden 1977)

Diepte in cm	10 percelen met normaal koolstofgehalte		4 percelen rijker aan koolstof (oude weiden)	
	% C	kg N/ha	% C	kg N/ha
0 - 25	1,14	3.155	2,33	5.260
25 - 50	0,61	2.274	1,22	3.649
50 - 75	0,35	1.628	0,39	1.800
75 - 100	0,28	1.347	0,24	1.473
0 - 100		8.404		12.182

Op zandgrond treden eveneens grote verschillen in voorraad aan totale stikstof op in functie van het bodemtype en de vochtklasse.

Diep humeuze zandgronden (oude plaggengronden) zijn rijker aan totale stikstof dan de later ontgonnen podzolgronden.

De vochtige zandgronden hebben veelal een humusrijkere bovenlaag doch deze humusrijke bovenlaag is meestal ondieper dan op de drogere gronden, zodat de totale stikstofvoorraad tot 100 cm op de drogere zandgronden, vaak groter is dan op de vochtigere.

3.1.2. De door de bodem geproduceerde minerale stikstof en effectief voor de planten beschikbare hoeveelheden stikstof

De door de bodem geproduceerde en effectief voor de planten beschikbare hoeveelheden minerale stikstof wordt op zandleem en leemgrond vooral bepaald door het koolstofgehalte en op zandgronden door het gehele bodemprofiel, waarbij naast de voorraad aan totale stikstof de vochtklasse van zeer grote invloed is.

Het is duidelijk dat de neerslag tijdens het groeiseizoen (zie klimaatsfactor 3.3) tot op een zeker niveau - en de temperatuur, de mineralisatie mede beïnvloeden. Verder zal een gunstige pH niet alleen de mineralisatie bevorderen doch ook de plant in staat stellen normaal te groeien en de geproduceerde stikstof op te nemen. De praktijk van het grondonderzoek leert ons overduidelijk, dat in België op heel wat gronden, door te lage pH een normale stikstofproductie en een normale stikstofopname uitgesloten is. Ook bij te hoge pH en bij het optreden van mangaangebrek, zal geen normale stikstofreactie optreden (zie 3.5).

In tabel 14 vermelden wij, voor vier bodemtypen van de Kempische zandgronden, de hoeveelheid totale stikstof in de bodem aanwezig, evenals de stikstoflevering door de bodem zonder stikstofbemesting, evenals de optimale N-dosis (N-behoefte) voor aardappelen en haver.

Uit tabel 14 blijkt dat op Kempische zandgronden de podzolgronden een geringere hoeveelheid totale stikstof bevatten, een geringere stikstoflevering zonder stikstofbemesting vertonen en hiermede gepaard een hogere N-behoefte hebben. Anderzijds heeft de vochtklasse op deze Kempische zandgronden een zeer uitgesproken invloed op de stikstoflevering en op de stikstofbehoefte. Vochthoudende zandgronden leveren duidelijk meer stikstof dan de droge zandgronden.

In figuur 1, 2, 3 en 4 zijn de produkties van aardappelen en haver op vier Kempische bodemtypen grafisch voorgesteld bij vier N-niveaus.

Tabel 14. Totale hoeveelheid stikstof in de bodem aanwezig in kg N/ha, per bodemtype, evenals de N-levering op N_0 en de optimale N-dosis voor de teelt van aardappelen en haver - Kempische gronden

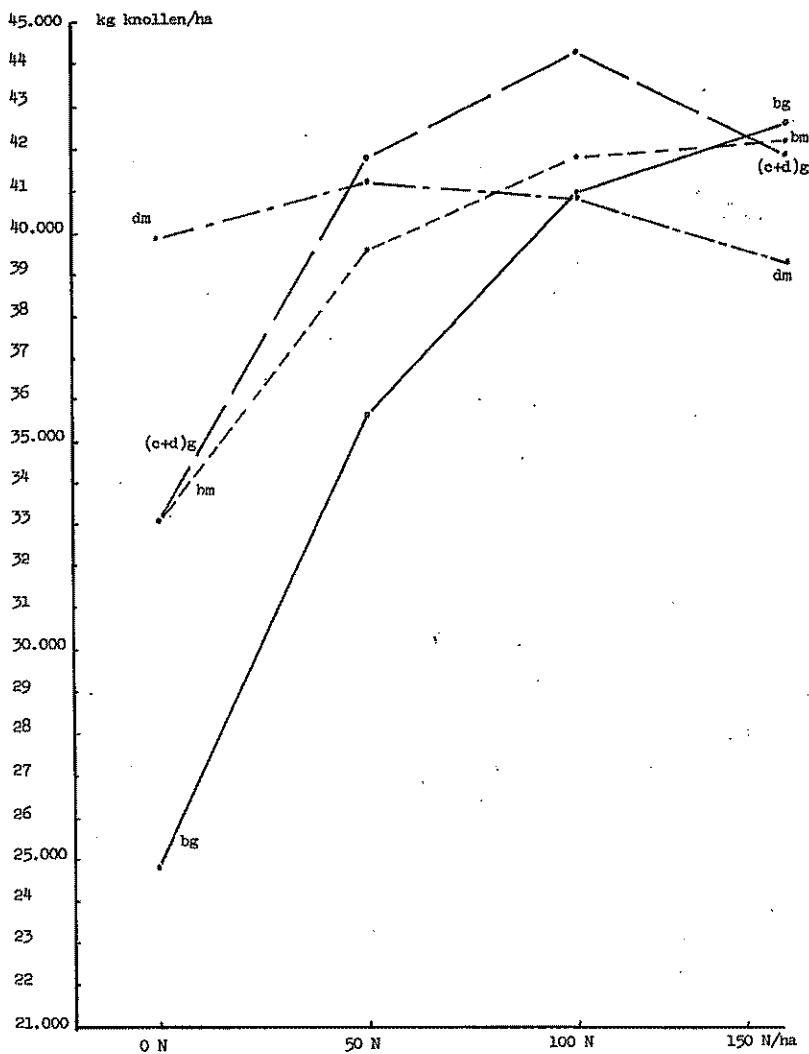
Bodemtype	bg	dg	bm	dm
kg N/ha in de bodem:				
0 - 25 cm	3.162	2.921	4.819	5.103
0 - 100 cm	5.946	4.783	13.605	9.171
N-levering in kg N/ha zonder N-bemesting:				
aardappelen	49	68	68	95
haver	29	48	49	74
Optimale N-dosis in kg/ha:				
aardappelen	133	100	125	67
haver	76	44	67	18

b = droog

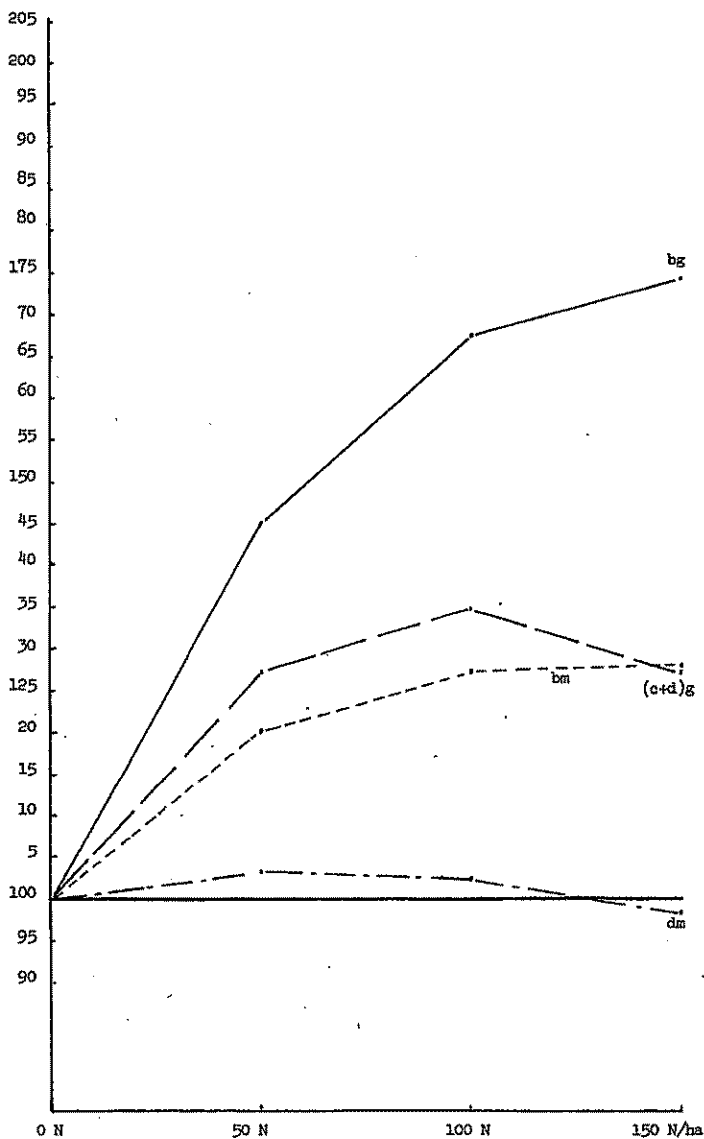
d = vochthoudend

g = podsolgrond

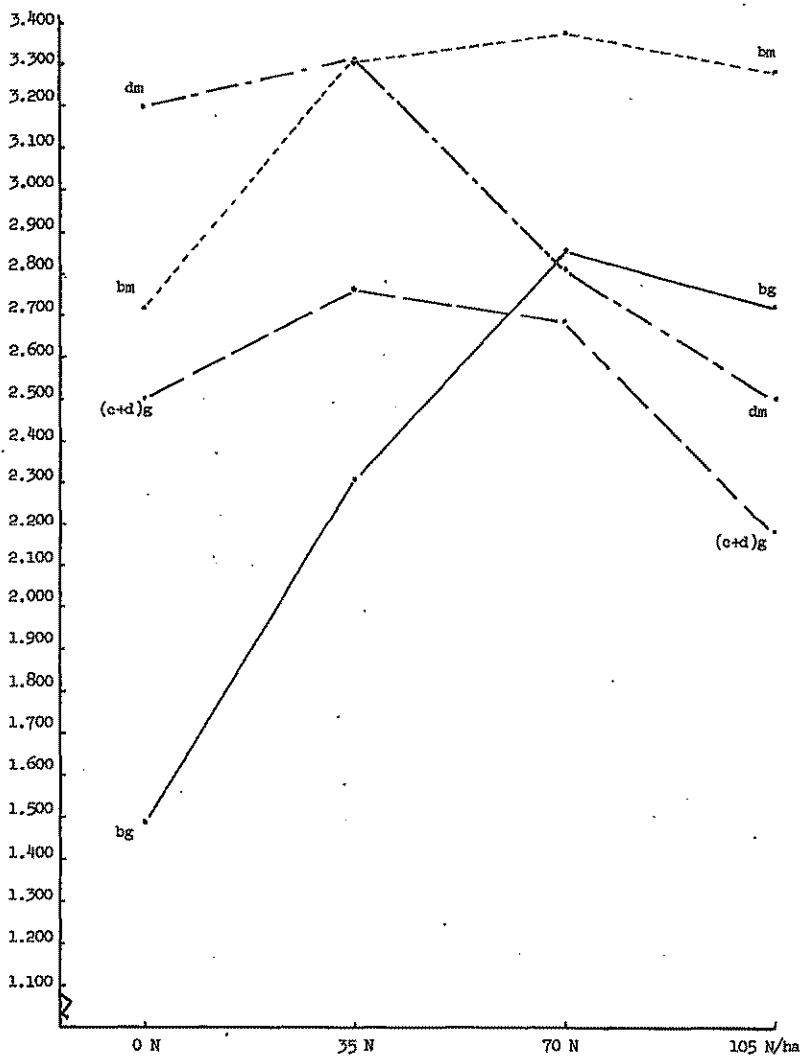
m = diep humeuze grond



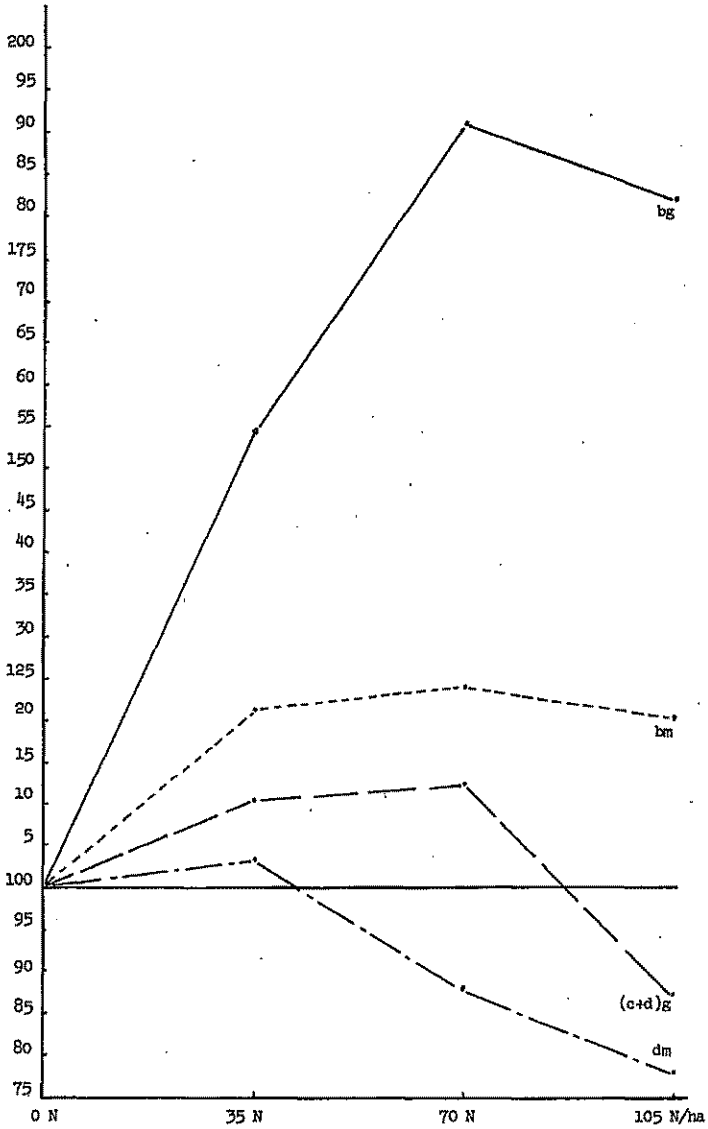
Figuur 1. Gemiddelde knolopbrengst aardappelen, variëteit Patrones, 1968 + 1969 per bodemtype - Kempische zandgronden



Figuur 2. Relatieve aardappelknolopbrengst, variëteit Patrones, 1968 + 1969 per bodemtype - Kempische zandgronden



Figuur 3. Gemiddelde havergraanopbrengst, variëteit Zeegold, 1968 + 1969 per bodemtype - Kempische zandgronden



Figuur 4. Relatieve havergraanopbrengst, variëteit Zeegold, 1968 + 1969 per bodemtype - Kempische zandgronden

3.1.3. De aard en de diepte van het bodemprofiel

De toestand van het bodemprofiel in zijn geheel beïnvloedt o.a. drie zeer essentiële elementen voor de plantengroei: de doorwortelbare ruimte, de retentiecapaciteit voor nitraatstikstof evenals de vochtvoorziening.

Diepe goed doordringbare zandleem-, leem- en kleigronden hebben een diepe doorwortelbare ruimte met tevens een hoge capaciteit om vocht en ingezijpelde nitraatstikstof ter beschikking te houden, vooral voor de gewassen welke een diepe wortelontwikkeling hebben als bv. de granen en suikerbieten.

Ondiepe leem- en kleigronden op zand hebben in dit opzicht een veel geringer vermogen om stikstofoverschotten voor de gewassen op te vangen en ter beschikking te stellen.

Leem- en kleigronden met sterk roestige ondergrond omwille van periodiek te hoge waterstand, zullen eveneens minder stikstof ter beschikking stellen omwille van de geringe doorworteling van deze ondergrond, omdat de eventueel ingezijpelde nitraatstikstof in deze laag voor de planten niet of in geringe mate wordt benut.

Zandgronden gedragen zich eveneens anders dan zandleem-, leem- en kleigronden, daar zij een geringere capaciteit hebben om nitraatstikstof te absorberen.

Het bodemprofiel speelt derhalve ook voor de stikstofvoorziening, een zeer belangrijke rol. Proefresultaten van stikstofproefvelden kunnen niet zo maar van het ene bodemprofiel op het andere worden overgedragen.

3.2. De stikstofbalans van het vorige jaar

Het is duidelijk dat een stikstofnawerking alleen kan optreden bij positieve stikstofbalansen. De stikstofbalans kan als volgt worden geformuleerd:

$$[\text{Min.N}_1 + \text{Min.N}_2 + \text{N-bemesting}] - [\text{N-export} + \text{N-uitspoeling} + \text{N-denitrificatie} + \text{N-vervluchtiging}]$$

Hierbij betekent Min.N_1 : de reeds aanwezige minerale N bij het begin van de vegetatie en Min.N_2 : de in de loop van het jaar gemineraliseerde N.

Op proefvelden van de Bodemkundige Dienst werd de nawerking van stikstofbemestingen experimenteel bepaald.

In de tabellen 15, 16 en 17 vermelden wij gegevens omtrent de nawerking zoals zij op proefvelden werden vastgesteld.

Tabèl 15. Werking en nawerking van scheikundige N-bemestingen op labeurgrond

Leemgrond

Jaar van bemesten	Dosis N/ha	% benut door het gewas	
		1ste jaar	2de jaar
1958	125	31 %	1959: 4,6 %
1959	250	28 %	1960: 14,1 %
1960	250	41 %	1961: 2,6 %
1961	250	57 %	1962: 2,6 %
1962	250	56 %	1963: 3,2 %

Zandgrond

Jaar van bemesten	Teelt	Dosis N/ha	% benut door het gewas	
			1ste jaar	2de jaar
1966	Aardappelen	50	26 %	1967-rogge: 2,2 %
	Aardappelen	100	37 %	1967-rogge: 2,0 %
	Aardappelen	150	37 %	1967-rogge: 3,7 %
1966	Haver	50	26 %	1967-rogge: 3,4 %
	Haver	75	35 %	1967-rogge: -1,1 %
	Haver	100	31 %	1967-rogge: 0,5 %

Tabel 16. Werking en nawerking van organische bemestingen op la-beurgrond

Jaar van be- mest	Aard mest- stof	Dosis N/ha	% benut door het gewas	
			1ste jaar	2de jaar
Leemgrond				
1958	Stalmest	80	12 %	18 %
1959	Stalmest	120	3 %	23 %
Zandgrond				
1973	Stalmest	221	34 %	6 %
	Drijfmest	229	36 %	4 %
1975	Drijfmest	581	19 %	4 %

Tabel 17. Nawerking van 100.000 l runderdrijfmest per ha en van een equivalente scheikundige bemesting op Kempische zandgrond - proef 1009 - bemesting toegediend aan maïs 1973 - nawerking bij rogge 1974

Behandeling	Groei van de rogge		kg D.S./ha		
	Standcijfers (1...10)		Hoogte in cm	graan + stro	Relatief
29/4	31/7/74				
1 - onbemest	4,0	3,8	98	2.821	100
3 - 100.000 l D.R. (392 N)	5,3	5,1	111	4.243	150
10 - D.R. Schei- kundig (392 N)	3,9	3,8	102	3.301	117
23 - NPK verse bemesting in 1974 (60 N)	7,3	7,3	141	7.917	281

Uit deze tabellen blijkt dat de nawerking van scheikundige stikstofmeststoffen meestal gelegen is tussen 2 à 4 % (opname 2de jaar in % van de toegediende N-dosis). Na een zeer droog jaar (1959) was de nalevering gevoelig hoger (14 %).

Voor drijfmest lag de nawerking bij ongeveer 4 % en voor stal mest tussen 6 en 18 %. Ook voor stal mest was de nawerking na het zeer droge jaar 1959 veel hoger (23 %).

3.2.2. Aard van de toegediende N-bemestingen

Zoals in de vorige tabellen 15, 16 en 17 reeds aangetoond, is de nawerking van organische bemestingen groter dan van scheikundige meststoffen.

Uit tabel 17 blijkt dat rogge volgend op deegmats, op Kempische zandgrond, met de nawerking van 100.000 l runderdrijfmest, duidelijk beter groeide en een hogere produktie opleverde dan met de nawerking van dezelfde bemesting onder vorm van scheikundige meststoffen. Toch zien wij dat deze nawerking alleen niet in staat is om op deze droge, relatief humusarme zandgrond, een normale produktie te bewerkstelligen.

3.2.3. Doordringbaarheid profiel

De mogelijke N-overschotten van voorafgaand jaar, zullen op lichtere gronden door de winterneerslag in veel grotere mate uitspoelen en buiten het wortelbereik infiltreren.

3.2.4. Neerslag in de winterperiode

In het hoofdstuk over de invloed van de klimaatsfactor (zie 3.3), zal erop gewezen worden dat hoge winterneerslag een grotere N-uitspoeling met zich brengt en dat na natte winters hogere N-giften nodig zijn.

De Nederlandse opzoeker Dr. Vander Paauw heeft omtrent deze factor uitgebreid studiewerk geleverd en algemene bemestingsformules opgesteld in functie van de intensiteit van de winterneerslag.

3.2.5. Eventuele tussenteelt

Door het verbouwen van een tussenteelt als groenbemester, welke de stikstof in de herfst uit de bodem opneemt, kan een grotere hoeveelheid stikstof overwinterd worden onder vorm van plantenmateriaal. Hierdoor kan een duidelijker positieve stikstofbalans ontstaan, door een verminderde uitspoeling van de in de herfst gemineraliseerde stikstof.

3.3. De klimaatsfactor

Dit is een zeer belangrijke factor i.v.m. de stikstofhuishouding in de bodem en de stikstofvoorziening van het gewas. In elk geval is de studie en de kennis van deze complexe factor onontbeerlijk om tot een inzicht en een juiste interpretatie te komen van proefresultaten.

De klimaatsinvloed doet zich sterk gelden, zowel op de bodem, de nawerking van een stikstofbemesting als rechtstreeks op de teelt en op het effect van een bepaalde bemesting.

De invloed van de elementen neerslag, zonneschijn en temperatuur is verschillend naargelang de intensiteit van elk van hen in een korte periode, de som van de waarnemingen over langere perioden (neerslagsom, zonneschijnduur en temperatuursom), de periode van het jaar, de teelt, de aard van de bodem (bodemprofiel) en het stikstofniveau van de bodem.

Beperken wij ons tot het element neerslag. In grote lijnen kunnen wij aangeven dat regen in de winterperiode N-verarmend werkt door uitspoeling van de aanwezige minerale N in het profiel.

Regen, tot op een zeker niveau, (dit niveau is o.a. in functie van de bodem), tijdens het volle groeiseizoen, zal stikstofaanrijkend werken. Deze stikstofaanrijking kan via verschillende wegen verlopen nl. door een verhoogde mineralisatie, door een grotere beweging in de bodem van de nitraatstikstof, waardoor deze beter de wortels bereikt en verder door het stimulerend effect van het vocht op de plantengroei (vochteffect), waardoor een hogere N-opname mogelijk wordt. Zoals onder 3.1.2 vermeld, speelt op zand-

grond de vochtklasse van de bodem een belangrijke positieve rol (tot op een zeker niveau - de grond kan uiteraard ook te nat zijn) i.v.m. de stikstoflevering. In dezelfde zin zal in de groeiperiode, wanneer water veelal in het minimum aanwezig is, neerslag - tot op een zeker niveau - de N-levering vanuit de bodem gunstig beïnvloeden.

Dit feit is voor de plantproduktie niet altijd positief. Zo zien wij op N-rijke gronden voor granen, door relatief veel neerslag in de eindfase, legering, afrijpingsziekten en onvoldoende korrelvorming optreden. Bij suikerbieten kan neerslag eind september-oktober een laag suikergehalte veroorzaken, daar de bieten door een nieuwe toevoer van water en stikstof tot een verlengde vegetatieve groei worden gestuwd.

In tabel 18 geven wij voor de I.S.D.V.-proef te Bierbeek, voor de teelt van suikerbieten en wintertarwe - voor de periode 1972-1979 - aan welke de maximale invloed was van het jaar (klimaat) en welke de maximale bemestingsinvloed was in een bepaald jaar.

Tabel 18. Vergelijking van de maximale invloed van het jaar en de maximale invloed van de stikstofbemesting op de productie aan suiker en aan tarwegraan - proef I.S.D.V. - Bierbeek - 1972-1979

Jaar	kg suiker/ha	Relatief	Jaar	kg tarwe/ha	Relatief
Maximale jaarinvloed					
1974	6.671	100	1976	4.508	100
1977	<u>11.388</u>	171	1974	<u>6.940</u>	154
Verschiil	4.717 kg			2.432 kg	
Maximale invloed N-bemesting					
1972 - 0 N	5.880	100	1972 - 0 N	2.569	100
240 N	<u>8.695</u>	148	90 N	<u>6.240</u>	243
Verschiil	2.815 kg			3.671 kg	

Deze tabel toont aan dat over een periode van 7 jaar op deze proef in 1977, bij de optimale N-dosis, de suikerproduktie 71 % hoger was dan in 1974 eveneens bij de optimale N-gift. De maximale invloed van de N-bemesting lag in 1972 bij 48 %.

Bij wintertarwe was de maximale bemestingsinvloed groter dan de jaarinvloed, alhoewel deze laatste toch een produktieverschil van 2.432 kg graan opleverde of 54 %.

In deze tabel valt eveneens op dat in 1974, waarin een zeer hoge tarwegraanopbrengst werd vastgesteld, de suikerproduktie zeer laag was. Deze lage suikerproduktie in 1974 was een gevolg van lage wortelproducties en van lage suikergehalten, veroorzaakt vooral door de ongunstige weersomstandigheden (september-oktober 1974).

Tabel 19 vermeldt de invloed van de winterneerslag op de beweging van de minerale stikstof (som $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) in het bodemprofiel, op de I.S.D.V.-proef te Bierbeek - tussen 29/9/76 en 22/2/77 - met een neerslag van 333 mm in deze periode.

Tabel 19. Evolutie van de voorraad aan minerale stikstof in het bodemprofiel I.S.D.V. - behandeling 5

Diepte	kg minerale N per ha		
	29/9/76	22/2/77	Vershil
0 - 25	128	34	- 94
25 - 50	71	33	- 38
50 - 75	26	65	+ 39
75 - 100 cm	23	64	+ 41
0 - 100 cm	248	196	- 52

Door de winterneerslag verarmt de bovenste 50 cm gevoelig aan minerale stikstof terwijl de onderste 50 cm rijker wordt. Een gedeelte van de minerale stikstof komt dieper dan 100 cm terecht.

In tabel 20 hebben wij voor de I.D.V.-proef te Lubbeek, voor een periode van 11 jaar, de correlatiecoëfficiënten berekend tussen

enerzijds de winterneerslag (oktober-februari) en de opbrengsten aan wintertarwe, haver en aardappelen bij vier N-niveaus, evenals de correlaties met de bekomen stikstofeffecten (opbrengstverhogingen).

Tabel 20. Correlatiecoëfficiënten tussen winterneerslag (oktober-februari) en de opbrengsten van wintertarwe, haver en aardappelen - 1958-1968 - I.D.V.-Lubbeek

Bemesting	Wintertarwe	Haver	Aardappelen	
N ₀	- 0,746	- 0,580	- 0,370	
N ₁	- 0,472	- 0,222	- 0,319	
N ₂	+ 0,022	+ 0,680	- 0,231	P 0,05 = 0,576
N ₃	+ 0,130	+ 0,785	- 0,030	P 0,01 = 0,708
N-effect	+ 0,734	+ 0,763	+ 0,283	

Uit deze berekeningen blijkt dat de winterneerslag negatief gecorreleerd is met de opbrengst aan wintertarwe zonder stikstofbemesting (N₀) en positief gecorreleerd met het stikstofeffect. Ook voor haver is dit het geval.

Voor aardappelen is er geen significante correlatie tussen de winterneerslag en de aardappelproductie.

3.4. Teeltverschillen in de stikstofreactie

Proefresultaten kunnen op éénzelfde perceel, voor verschillende teelten, opvallend verschillen. Dit is zeker ook voor resultaten op stikstofproefvelden het geval.

Zo verwonderlijk zijn deze verschillen in stikstofreactie tussen de teelten ook weer niet, wanneer wij toch vaststellen in hoeveel opzichten de teelten onderling verschillen. De voornaamste van deze verschillen zijn:

- doorwortelingsdiepte van het profiel;
- totale hoeveelheid te investeren stikstof;
- verschil in groeiperiode over het jaar;

- fysiologische verschillen tussen vegetatieve, generatieve en gewassen welke reservestoffen opslaan;
- vlinderbloemige en niet-vlinderbloemige gewassen.

Wanneer wij daarbij bedenken dat de huidige cultuurmaatregelen tegen onkruid en ziekten met diverse middelen groei-effecten of beschadigingen opleveren, dan is het duidelijk dat ook deze behandelingen de stikstofreactie mede gaan beïnvloeden. Wanneer dan voor bepaalde gewassen, als tarwe en wintergerst, groeiregulatoren worden toegepast, dan zullen deze eveneens - in vele gevallen - verhoogde stikstofgiften noodzakelijk maken of alleszins toelaten.

Bovendien tonen variëteitsproeven aan dat voor éénzelfde gewas ook deze variëteitsverschillen een rol kunnen spelen.

Uit onze proefvelden blijkt dat mechanische beschadigingen van het gewas, aantastingen door insecten en aaltjes evenals onkruidontwikkeling de stikstofbehoefte doen toenemen.

De verschillen in benutting van de bodemstikstof tussen de verschillende gewassen worden aangegeven in tabel 21 en 22. Deze benutting wordt berekend door de stikstofopname bij N_0 (zonder stikstofbemesting) uit te drukken in % van de hoeveelheid totale N in de bouwlaag aanwezig.

Tabel 21. Benutting van de bouwlaagstikstof door verschillende gewassen op leem- en zandleemgronden

Teelt	Aantal proefvelden	Gemiddelde N-opname bij N_0	N-opname op 0 N in % van totale bouwlaagstikstof (1)
<u>Eénjarige proefvelden</u>			
Suikerbieten	63	112,2	3,45 %
Wintertarwe	93	77,8	2,40

(1) Berekend voor de éénjarige proefvelden met normaal koolstofgehalte - 3.248 kg N/ha - 3.425 ton - bodem 0-25 cm - gemiddeld C % = 1,21 %. Berekend voor de meerjarige proefvelden op 3.014 kg N/ha (88 mg N x 3.425 ton).

Tabel 21. Vervolg

Teelt	Aantal proefvelden	Gemiddelde N-opname bij 0 N	N-opname op 0 N in % van totale bouwlaagstikstof
<u>Meerjarige proefvelden</u> (gemiddeld voor de verschillende jaren)			
- I.S.D.V.			
Suikerbieten	7 jaren	95	3,15 %
Wintertarwe	7 jaren	45	1,49
Zomergerst	7 jaren	47	1,56
- I.D.V.			
Aardappelen	11 jaren	50	1,66
Wintertarwe	11 jaren	34	1,13
Haver	12 jaren	38	1,26

Tabel 22. Benutting van de bouwlaagstikstof door verschillende gewassen op Kempische zandgronden - bij éénjarige proeven

Teelt	Aantal proefvelden	Gemiddelde N-opname bij 0 N	N-opname op 0 N in % van totale bouwlaagstikstof (1)
Aardappelen	72	77	1,93 %
Haver	44	53	1,31
Rogge	20	49	1,34
Raaigras			
- 1 snede	12	20	0,52
- 2 sneden	6	30	0,72
Voederbieten	2	172	3,69
Deegmaïs	13	119	3,31

(1) Berekend op 3.000 ton bodem per ha

3.5. Stikstofbemesting

Naast de dosis stikstof kan de aard van de toegediende stikstofmeststof evenals het tijdstip van toedienen een belangrijke invloed hebben op het bekomen resultaat.

De aard van de stikstofmeststof, het tijdstip van toedienen, de bodem en de teelt kunnen onderling in niet geringe mate interfereren.

De pH van de bodem kan bv. het bemestingseffect met een bepaalde stikstofmeststof sterk verhogen of verlagen (zie verder tabel 24).

Elke meststof heeft naast zijn gehalte aan bepaalde voedingselementen zijn specifieke kenmerken waardoor nevenwerkingen kunnen ontstaan, welke zoms belangrijker zijn dan het eigenlijke voedings-effect van het toegediende hoofdelement.

Voor de scheikundige meststoffen hebben deze specifieke kenmerken vooral betrekking op de invloed van de stikstofmeststoffen, op de pH van de bodem en op de zoutconcentratie. Verder zal de vorm waarin de stikstof aanwezig is: nitraat, ammonium, ureum, specifieke invloeden met zich brengen.

Zo zullen voor gronden welke zich op de grens van magnesiumgebrek bevinden, alle ammoniummeststoffen door hun antagonistische werking magnesiumgebrek sterker te voorschijn roepen.

De organische meststoffen: stalmest, drijfmest, compost hebben eveneens allen hun eigen karakteristieken.

Enkele specifieke kenmerken van stikstofmeststoffen:

- nitraat-N: beweeglijk, uitspoelbaar, verhoogt zoutconcentratie
- ammonium-N: minder beweeglijk, kan vervluchtigen, kan verbranding veroorzaken, antagonistisch met magnesium
- ureum-N: kan verbranding geven, antagonistisch met magnesium
- zuurwerkende N-meststoffen: bestrijden mangaangebrek, verhogen kans op magnesiumgebrek
- alkalischwerkende N-meststoffen: verergeren mangaangebrek
- drijfmest: neutraalwerkend, bevat ammonium- en ureumstikstof, kan verbranding geven.

In tabel 23 vermelden wij de gemiddelde uitslagen van een vijfjarige proef op mangaanarme zandgrond bij gelijke N-dosis, waarbij drie stikstofmeststoffen werden vergeleken, nl. ammoniaknitraat, ammoniaksulfaat en sodanitraat.

Tabel 23. Vergelijking werking van drie stikstofmeststoffen op een mangaanarme zandgrond - gemiddelde van vijf proefjaren - relatieve opbrengsten

Meststof	Graan	Stro
Ammoniaknitraat	100	100
Ammoniaksulfaat	148	123
Sodanitraat	78	66

Met ammoniaksulfaat waren de opbrengsten op deze mangaanarme zandgrond duidelijk beter dan met sodanitraat.

In tabel 24 vermelden wij de basenequivalenten (de zuurbindende waarde) van enkele N-meststoffen waaruit hun invloed op de pH van de bodem kan blijken.

Tabel 24. Invloed van enkele N-meststoffen op de pH van de bodem basenequivalent van enkele N-meststoffen

Meststoffen	% N	basenequivalent (per 100 kg meststof)
Ammoniaknitraat	22	- 2
	26	- 12
	35	- 35
Ammoniaksulfaat	21	- 62
Vloeibare ammoniak	82	- 82
Ureum	46	- 46
Gold N	30	- 83
Vloeibare N-meststof	30	- 30
Calciumnitraat	15,5	+ 12
Chilinitraat	16	+ 17
Kalkcyanamide	18	+ 40

De stikstoffractionering is voor vele gewassen, zoals bv. de meeste granen, een noodzakelijkheid. De juiste wijze van fractioneren dient nog op een aantal punten bestudeerd te worden. Voor winter-tarwe blijkt uit onze proefvelden, dat een vaste wijze van fracti-oneren in alle gevallen, niet de maximale produktie oplevert.

Op een proef bij suikerbieten in 1978 bleek, dat het tijdstip van toedienen van drijfmest, van zeer grote invloed kan zijn op het proefresultaat. Dit blijkt uit tabel 25.

Tabel 25. Invloed van het tijdstip van toedienen van varkensdrijf-mest op de produktie van suikerbieten - proef 1127 - 1978

	Bemesting: 0 D.V.	D.V. 1 - 60 ton 21/10/77	D.V. 2 - 60 ton 3/3/78
kg wortelen/ha	46.824	53.711	62.272
% suiker	17,63	16,39	17,62
kg suiker/ha	8.258	8.818	10.979
financiële waar- de wortelen/ha	69.801	72.274	92.754
% van de N benut	-	37 %	28 %
kg suiker per kg opgenomen N	-	4,5	28,6

Uit deze tabel blijkt dat éénzelfde bemesting met drijfmest, een totaal verschillend effect heeft op de suikerbietproduktie, naar-gelang het tijdstip van toedienen. Nadere gegevens omtrent dit proefveld worden in een afzonderlijke publicatie toegelicht.

IV. Opstellen van een stikstofbemestingsadvies

4.1. Normale klassieke methode

4.2. Methode via bepaling van de minerale stikstof tot 100 cm bij het begin van de vegetatie

4.1. Normale klassieke methode

Hierbij wordt gebruik gemaakt van gegevens bekomen op bemestingsproefvelden. Volgende drie elementen vormen de basis tot het opstellen van een bemestingsadvies:

- de hoeveelheid stikstof door de bodem geleverd zonder N-bemesting
- de hoeveelheid te investeren stikstof om een hoge produktie te bereiken
- de benuttigingscoëfficiënt van de toegediende stikstofbemesting.

4.1.1. De hoeveelheid stikstof door de bodem geleverd zonder N-bemesting

Gegevens hieromtrent zijn reeds vermeld in de tabellen 21 en 22. Met de kennis van het koolstofgehalte van de bouwlaag kan ook de hoeveelheid totale stikstof in de bouwlaag bij benadering worden berekend. Door jarenlange bepalingen van het koolstofgehalte, het gehalte aan totale stikstof en de berekening van de verhouding C/N, stelden wij vast dat, voor een bepaald bodemtype, deze C/N-verhouding vrij constant is - bv. leemgrond met een normaal koolstofgehalte: $\pm 12,0$; en voor humusrijke leemgronden: $\pm 13,0$.

Het gewicht van 25 cm bouwlaag per ha bij normaal koolstofgehalte werd proefondervindelijk op een reeks leemgronden vastgesteld op ± 3.425 ton en bij een hoog koolstofgehalte (2,0 %) op ± 3.000 ton. Aldus vertrekkend van het koolstofgehalte van de bouwlaag voor leem en met de gemiddelde benuttigingscoëfficiënten van de bodemstikstof (bouwlaag), komen wij tot de in tabel 26 berekende stikstoflevering, zonder stikstofbemesting.

Tabel 26. Berekende stikstoflevering door de bodem op basis van de bepaling van het koolstofgehalte en met behulp van proefondervindelijk vastgestelde gemiddelde coëfficiënten - leemgrond

Koolstof- gehalte bouwlaag	C/N	kg bodem per ha 0 - 25 cm	kg totale N per ha 0 - 25 cm	N-levering zonder N-bemes- ting door de bodem	
				suikerbieten	wintertarwe
1,2 %	12	3.425 ton	3.425 kg	% benut kg/ha 3,45 % 118	% benut kg/ha 2,40 % 82
2,0 %	13	3.000 ton	4.615 kg	3,45 % 159	2,40 % 111

Op basis van het koolstofgehalte en met behulp van coëfficiënten proefondervindelijk vastgesteld, komen wij tot een bepaalde stikstoflevering door de bodem, zonder stikstofbemesting.

4.1.2. De hoeveelheid te investeren stikstof om een hoge productie te bereiken

Baserend op proefveldresultaten en gewasontledingen, kan de te investeren stikstof per ha voor een bepaalde bodem en een bepaalde teelt vooropgezet worden. Deze investering werd op onze proefvelden voor graan berekend op de bovengrondse plantendelen: stro + kaf en graan en voor suikerbieten op de wortel- en de loofproductie.

Aldus komen wij voor suikerbieten tot \pm 220 kg N/ha te investeren en voor wintertarwe tot \pm 160 kg. Het is bekend dat per ha door suikerbieten meestal hogere hoeveelheden stikstof worden geëxporteerd doch in vele gevallen bestaat de opgenomen stikstof voor een deel uit "nutteloze" of "schadelijke" stikstof.

4.1.3. De benuttigingscoëfficiënt van de toegediende stikstofbemesting

Dit is een waarde welke aangeeft hoeveel procent van de bemestingsstikstof door het gewas wordt opgenomen.

Deze maatstaf wordt in bemestingsbalansen veelvuldig toegepast. Uit onze stikstofopzoekingen blijkt dat de zogenaamde "benutting" van de meststofstikstof niet steeds voor de nuttige plantproductie een volledig betrouwbare maatstaf is. Wij verwijzen hier naar de gegevens uit tabel 25, waarin wij zien dat drijfmest vóór de winter toegepast, wel een hogere N-benutting heeft dan drijfmest na de winter (37 % t.o.v. 28 %), doch daarentegen een duidelijk lager effect heeft op de suikeropbrengst.

Wij kunnen hier op dit aspect van "benutting" niet nader ingaan.

Uit onze proefvelden komt tevens naar voren dat de benuttigingscoëfficiënten vooral in functie staan van de graad van "stikstofhonger" van het gewas (bepaald door de N-rijkdom van de bodem), van de dosis stikstof, van de aard van de stikstofmeststof en van de wijze van fractioneren of het tijdstip van toedienen. Op "normale" gronden kan, bij een goede fractionering - leemgrond voor akkerbouwgewassen - als benuttigingscoëfficiënt voor een "normale" stikstofdosis met scheikundige meststoffen ± 60 % genomen worden.

De werkelijke gevonden benuttigingscoëfficiënten variëren meestal tussen 30 en 70 %.

Voor drijfmeststikstof worden lagere benuttigingscoëfficiënten toegepast, vooral bepaald door het tijdstip van toedienen en de permeabiliteit van de bodem. Deze coëfficiënten liggen tussen 0 % voor lenteteelten op zandgrond, bemest vóór de winter en 35 % bij normale dosis in maart.

Met de gegevens uit 4.1.1, 4.1.2 en 4.1.3 komen wij tot het berekend bemestingsadvies voor suikerbieten en wintertarwe vermeld in tabel 27.

De aldus uit de humustoestand berekende N-behoefte kunnen nog gecorrigeerd worden in geval juiste gegevens omtrent de voorteelt en de stikstofbemesting aan deze voorteelt toegepast bekend zijn. Zo zal men voor wintertarwe na bonen en na aardappelen, de berekende N-dosis met 30 à 40 N/ha mogen verminderen. In geval na suikerbieten het bietenloof op het perceel blijft, betekent dit eveneens een N-bemesting van ± 30 N/ha, welke in vermindering kan worden gebracht.

Tabel 27. Berekend stikstofbemestingsadvies voor suikerbieten en wintertarwe op leemgrond, vertrekkend van de bepaling van het koolstofgehalte in de bouwlaag

% C bouwlaag	N-levering door de bodem (1)	Te investeren N per ha	Tekort	Bemesting bij 60 % benutting
- Voor suikerbieten				
1,2	118	220	102	170 N/ha
2,0	159	220	61	102 N/ha
- Voor wintertarwe				
1,2	82	160	78	130 N/ha
2,0	111	160	49	82 N/ha

In geval aan de voorafgaande teelt zware organische bemestingen en derhalve ook veel organische stikstof werden toegediend, zal de nawerking hiervan zich doen gevoelen (zie tabel 116).

Na een extreem droog jaar, zoals bv. in 1960 (na 1959) en in 1977 (na 1976), liggen de N-behoeften eveneens op een lager peil ingevolge de veel sterkere nawerking van het vorige jaar (zie invloed klimaatfactor - 3.3). Wanneer dan ook de winterperiode, na dergelijk droog jaar, nog relatief droog is, zal de N-behoefte hierdoor nog dalen. Zo bedroeg bv. de optimale N-dosis gemiddeld voor 14 proefvelden wintertarwe in 1977 slechts 56 kg N/ha en voor 16 proeven in 1978 daarentegen 99 N/ha (+C.C.C.).

Met de gegevens omtrent voorteelt, bemesting aan de voorteelt en eventueel rekening houdend met het voorafgaand klimaat, kunnen de in tabel 27 vermelde N-adviezen nog worden aangepast.

4.2. Methode via bepaling van de minerale stikstof tot 100 cm diepte bij het begin van de vegetatie

Sedert een drietal jaren worden in Duitsland en in Nederland, via de gegevens van de bepalingen van de minerale stikstof in de bodem tot op grotere diepte bij het begin van de vegetatie, stikstofbemes-

(1) Zie tabel 26

tingsadviezen voor de praktijk afgeleverd.

Het onderzoek van de minerale stikstof tot op grotere diepte einde februari bv. voor wintertarwe, geeft a.h.w. de resultante van een reeks factoren welke wij vroeger hebben besproken, nl. de bodem, de stikstofnawerking en de invloed van de winterneerslag.

De Bodemkundige Dienst doet onderzoek met deze methode sedert 1976. In 1977 en 1978 werden 34 bemestingsproefvelden met stijgende dosissen stikstof op wintertarwe, op diepe zandleem- en leemgronden aangelegd. Het betrof op één na, alle percelen wintertarwe na suikerbieten.

Op alle proefvelden werd einde februari in vier lagen van 25 cm, de bodem onderzocht naar $\text{NO}_3\text{-N}$ - en $\text{NH}_4\text{-N}$ -gehalte, volgens de methode Bremner. De ontledingen werden uitgevoerd op grondstalen gedroogd op 60°C .

Voor elk veld werd de optimale N-dosis biometrisch berekend.

Aan de hand van dit onderzoek werden correlatieberekeningen uitgevoerd waaruit volgende regressievergelijking tot stand kwam:

$$Y = 226,5 - 0,623 X \qquad r = 0,841$$
$$\qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad n = 31$$

Y = N-behoefte in kg N/ha voor wintertarwe (+C.C.C. gebruik)

X = stikstofindex bestaande uit de som van kg $\text{NO}_3\text{-N}$ per ha (0-100 cm) + C % in de bouwlaag x 60

In sommige gevallen wordt de stikstofindex voor zeer zware gronden, alsook voor te dunne stand van de tarwe, licht verminderd en voor percelen met recente bietenschuimbemestingen verhoogd. Nadere gegevens omtrent deze methode worden afzonderlijk gepubliceerd.

Deze methode werd door de Bodemkundige Dienst vanaf 1979 voor praktijkontledingen toegepast voor wintergranen op leemgronden. In 1979 en 1980 zal met de steun van het I.W.O.N.L. en in samenwerking met het Instituut tot Verbetering van de Biet te Tienen, via stikstofproefvelden op leemgronden, deze methode van stikstofonderzoek voor de teelt van suikerbieten getest worden.

Sedert 1979 werd voor het onderzoek en voor de praktijk overgeschakeld naar de ontledingmethode welke in Duitsland wordt toegepast (Methode Scharpf-Wehrmann).

Ook de monsternamen werden iets gewijzigd. Er worden thans drie monsters per perceel genomen, nl. één van 0 tot 30 cm, één van 30 tot 60 cm en één van 60 tot 90 cm diepte.

In tabel 28 vermelden wij een viertal bemestingsadviezen in 1979 voor wintertarwe afgeleverd. De basisvergelijking vastgesteld voor een monsternamen tot 100 cm diepte, werd herrekend voor een bemesting tot 90 cm diepte. Deze vergelijking bedraagt:

$$Y = 226 - 0,67 X$$

Tabel 28.

Nr.	kg NO ₃ -N/ha				% C in bouw- laag	N- index	To- taal	N-bemesting/ha		
	0-30	30-60	60-90	0-90cm				mrt.	apr.	mei
1	42	54	59	155	1,7	257	54	0	34	20
2	19	21	33	73	0,8	121	154	50	55	40
3	30	35	40	105	1,2	177	107	25	52	30
4	30	58	73	161	2,2	293	30	0	30	0

De vermelde fractionering in maart, april en mei is gesteund op de verdeling van de nitraatstikstof in het profiel.

In tabel 29 wordt de nitraatstikstofvoorraad in functie van de voor- teelt vermeld, gesteund op de ontledingen einde februari 1979. Hieruit blijkt dat na bonen en aardappelen, gemiddeld een grotere hoeveelheid nitraatstikstof wordt gevonden dan na bieten.

Tabel 29. Voorraad nitraatstikstof in kg/ha volgens voorteeft -
percelen bestemd voor wintertarwe 1979

Diepte	Voorteeft	Suikerbieten	Bonen	Aardappelen
	Aantal percelen	88	3	9
0 - 30 cm		24	28	26
30 - 60		35	47	61
60 - 90		34	66	52
0 - 90 cm		93	141	139

In tabel 30 zijn de uitslagen 1979 vermeld per streek. Het betreft allen percelen bestemd voor wintertarwe.

Tabel 30. Voorraad nitraatstikstof in kg/ha - februari 1979
Percelen bestemd voor wintertarwe

Diepte	Streken	Waremmе	Soignies	Limburg	Doornik	Zandleem
0-30 cm		27	25	26	23	20
30-60 cm		41	35	34	36	28
60-90 cm		43	42	36	32	32
0-90 cm		111	102	96	91	80

Tabel 31 tenslotte geeft aan in %, hoeveel adviezen voor wintertarwe en wintergerst in 1979 lagen: < 40 kg N/ha, 40 à 80 kg, 80 à 120 kg en > 120 kg N/ha. Voor wintergerst t.o.v. wintertarwe werd een licht gewijzigde N-adviesbasis opgesteld.

Met de bepaling van de nitraatstikstof tot 90 cm diepte en de berekening van de stikstofindex, komen wij derhalve tot een vrij grote spreiding van stikstofadviezen.

Tabel 31. Spreiding van de stikstofbemestingsadviezen voor winter-
tarwe en wintergerst gesteund op de ontledingen van de
nitraatstikstof tot 90 cm diepte - einde februari 1979 -
en op de bepaling van de stikstofindex per perceel

Aanbevolen dosis	voor wintertarwe	voor wintergerst
0 - 40 kg N/ha	6 % van de percelen	10 % van de percelen
40 - 80	12	29
80 - 120	49	58
> 120	33	3

Enkele besluiten omtrent de methode van het opstellen van stikstof-
bemestingsadviezen via de bepaling van de nitraatstikstof tot op
grotere diepte:

- deze methode biedt voor de diepe zandleem-, leem- en kleigronden zeer grote perspectieven;
- gedetailleerde adviezen kunnen pas opgesteld worden na voldoende onderzoek op proefvelden;
- alleen van homogene percelen of delen van een perceel mogen mengmonsters genomen worden. Elk mengmonster dient op een minimum aantal plaatsen (liefst 16) te worden genomen;
- voor wintertarwe is de bemonsteringsdatum best gelegen tussen $\pm 10/2$ en $10/3$, vóór de 1ste stikstofgift.

V. Algemene samenvatting

- 5.1. De stikstofbemesting heeft een groot aandeel in de produktiviteit van de Belgische gronden.
Zowel te veel als te weinig stikstof kan de produktie en de plantsamenstelling nadelig beïnvloeden.
- 5.2. Bij granen worden de opbrengstcomponenten: aantal aren per m², aantal korrels per aar en 1000-korrelgewicht door de stikstofbemesting gevoelig beïnvloed.
- 5.3. Bij aardappelen neemt het aantal knollen per struik toe bij stijgende N-dosis.
- 5.4. Het suikergehalte bij suikerbieten en het zetmeelgehalte bij aardappelen dalen meestal bij stijgende N-bemesting. Bij een lichte N-dosis wordt soms een lichte verhoging vastgesteld.
- 5.5. Met stijgende stikstofdosis stijgt het stikstofgehalte in de plant. Soms treden "verdunningseffecten" op waarbij hogere N-dosissen lagere N-gehalten in de plant opleveren. Nitraat-accumulaties treden vaak op bij rapen, bladkool, voederbieten en raaigras bij te hoge N-dosis, te laattijdige N-toediening of wanneer groeiremmingen optreden.
- 5.6. De variabiliteit in N-behoefte en N-effect vindt zijn oorsprong in vijf elementen welke van perceel tot perceel, of van jaar tot jaar kunnen verschillen: de bodem, de N-nawerking, het klimaat, de teelt en de stikstofbemesting. Tussen meerdere van deze factoren bestaan duidelijk interacties.
- 5.7. Voor zandleem- en leemgronden zijn de diepte van het profiel en de humustoestand belangrijk. Voor zandgronden speelt naast de humusvoorraad ook de vochtklasse een grote rol.
- 5.8. De stikstofnawerking wordt vooral beïnvloed door de N-balans van de vorige jaren, de aard van de toegediende N-bemestingen, de aard en de diepte van het bodemprofiel, de winterneerslag en het eventueel verbouwen van een tussenteelt.
- 5.9. De klimaatsfactor is een complex gegeven waarvan de elementen zonnenschijnduur, temperatuur en neerslag, elk in hun intensiteit op een kortere periode of hun totale werking over een langere termijn, belangrijk zijn.
De invloed van de klimaatsfactor staat in functie van de bodem, de teelt en de periode van het jaar.

- 5.10. Er treden tussen verschillende gewassen uitgesproken verschillen op i.v.m. hun stikstofreactie. Bieten en deegrijpe maïs hebben een veel hoger benuttigingscoëfficiënt van de bodemstikstof dan granen. Italiaans raaigras heeft een zeer lage benutting.
- 5.11. De gebruikte stikstofbemesting kan het resultaat van een proef gevoelig beïnvloeden. De aard van de N-bemesting, het tijdstip van toedienen, de pH van de bodem en het klimaat bij het toedienen spelen hierbij een grote rol. De ontstane nevenwerkingen zijn vaak belangrijk.
- 5.12. Het opstellen van een stikstofbemestingsadvies kan geschieden volgens de tot heden meest gebruikte methode, nl. de klassieke methode. Hierbij steunt men zich vooral op de humustoestand van de bouwlaag en op de voor- en de daaraan toegediende bemestingen. Deze methode maakt gebruik van een reeks proefondervindelijke vastgestelde coëfficiënten.
- 5.13. De nieuwe methode voor het opstellen van een stikstofbemestingsadvies geschiedt via de bepaling van de minerale stikstof tot op grote diepte (min. 90 cm), in verschillende lagen bij het begin van de vegetatie en via de bepaling van het koolstofgehalte van de bouwlaag. Aan de hand van een berekende N-index wordt het advies opgesteld. De gegevens hiervoor dienen per bodemtype en per teelt op de proefvelden worden vastgesteld. In België werd dit onderzoek verricht voor wintertarwe op leemgrond in de jaren 1977, 1978 en 1979. Voor suikerbieten is het onderzoek aan de gang vanaf 1979.

Summary

A survey is given of the most important experimental results from investigations on nitrogen carried out for 20 years by the Bodemkundige Dienst van België (Pedological Service of Belgium) with the support of I.W.O.N.L. (Instituut tot aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw).

Four topics are treated.

By means of tables, the share of nitrogenous fertilizers, in the productivity of the Belgian soils is pointed out.

More in detail, the influence of nitrogenous fertilizers on the main crops is discussed. In cereals, the production components: number of ears per m², number of grains per ear and 1000-grain weight, are heavily influenced by nitrogenous fertilizers. In potatoes the number of tubers is increasing along with the N-dose. The sugar content in sugarbeets and the starch content in potatoes are falling with increase of the N-dose. An increase of N-fertilizers causes an increase of N-content in the plant. A high N-dose, a late N-application or growth restraining conditions often will lead to nitrate accumulations in turnips, cabbages, mangolds and rye-grass.

In the main part of this communication the factors, which basically bring about the variability between parcels, for nitrogen requirement, are analysed. These factors are: soil, N-aftereffect, climate, crop and the use of nitrogenous fertilizers. For sandy-loam and loamy soils, the depth of the profile and the organic matter content are important. For sandy soils, the organic matter content together with the humidity level plays a striking role.

The after effect is mainly influenced by the N-balance of the previous years, the type of N-fertilizers, the type and depth of the soil profile, the winter rainfall and a possible intercropping.

The factor climate is more complex and its influence is function of the soil, the crop and the period of the year.

The efficiency of utilization of soil nitrogen is very different from crop to crop. Beets and forage maize are more efficient than cereals in their utilization of soil nitrogen. A very low nitrogen efficiency has been revealed with Italian rye-grass.

The N-fertilizer type, the moment of application, the pH of the soil and the climate on the time of the application may sensitively influence the experimental results. The arisen side-effects are often important.

In the last topic, attention has been invited for the draft of an advice for N-dressing in the practices. In this connection, a new kind of N-determination is introduced by which the soil is sampled till a depth of 100 cm in the beginning of the growth period.

From field experiments on winterwheat in loamy soils a method has been developed to obtain a more adapted advice for N-application with the help of the determination of the organic matter content of the arable layer and the determination of the mineral nitrogen content till a depth of 100 cm.

Résumé

L'article donne un aperçu général des résultats obtenus au courant de 20 années de recherches effectuées sur azote par le Service Pédologique de Belgique. Ces recherches étaient subsidiées par l'I.R.S.I.A.

Quatre sujets ont été traités. Deux tableaux montrent la part de la fumure azotée dans la production des cultures agricoles en Belgique.

Des essais d'un an ont montré que la production en froment, sans fumure azotée, atteint en moyenne 77 % de la production maximale.

Dans un essai suivi pendant 11 années, la production en froment, sans azote, n'était que de 50 %.

Une deuxième partie donne quelques aspects de l'influence de la fumure azotée sur la culture de froment, pommes de terre, betteraves sucrières et cultures fourragères.

La fumure azotée influence sensiblement les composantes de production du froment: nombre d'épis au m², le nombre de grains par épi et poids de 1000-grains. L'influence de la fumure azotée est différente selon la richesse du sol en azote.

Chez les pommes de terre, le nombre de tubercules est augmenté par l'azote. La teneur en Amidon des pommes de terre et la teneur en sucre des betteraves sucrières diminuent, suite aux doses croissantes en azote. Cependant une légère dose en azote augmente parfois aussi bien la teneur en Amidon des pommes de terre que la teneur en sucre des betteraves sucrières.

La teneur en azote des plantes augmente normalement avec des doses croissantes d'azote. Néanmoins, on constate parfois des effets de dilution. Des accumulations en nitrates se manifestent assez souvent chez les navets, les choux fourragers, les betteraves fourragères et le ray-grass, suite à une fumure azotée trop importante, trop tardive et surtout lors des arrêts de croissance.

La plus grande partie de l'aperçu traite l'analyse des facteurs qui sont à la base des différences des besoins en azote d'une parcelle à l'autre. Il s'agit des facteurs: sol, arrière-action de l'azote, climat, culture et fumure azotée.

Pour les sols limoneux, la profondeur du profil ainsi que la teneur en humus sont des facteurs importants. Pour les sols sablonneux, en plus de la richesse en humus, l'humidité joue également un grand rôle.

L'arrière-action en azote d'un sol est influencée surtout par le bilan azoté des années précédentes, l'espèce des engrais azotés appliqués, le profil, la pluviosité hivernale et la présence éventuelle d'une entre-culture.

Le facteur climat est complexe et très important. Son influence varie en fonction du sol, de la culture et de la période de l'année.

Il existe des différences importantes entre les diverses cultures quant à leur réaction à une fumure azotée. Les betteraves sucrières ainsi que le maïs pâteux utilisent plus intensément l'azote du sol que les céréales. Le ray-grass italien n'a qu'un faible coefficient d'utilisation de l'azote du sol.

L'espèce de fumure azotée peut influencer sensiblement le résultat obtenu (actions secondaires).

Une dernière partie de l'article traite de la rédaction d'un avis de fumure azotée.

La méthode classique est surtout basée sur la teneur en humus du sol et sur les fumures appliquées aux cultures précédentes.

Une nouvelle méthode a été élaborée pour les sols limoneux pour la culture de froment d'hiver; elle est basée sur la détermination de l'azote minéral jusqu'à 100 cm de profondeur, fin février, ainsi que sur la richesse en humus de la couche arable. Ces données sont basés sur des résultats de champs d'expérience.

Zusammenfassung

Eine Übersicht der wichtigsten Versuchsergebnissen von der zwanzig-jähriger Stickstoffuntersuchung ausgeführt vom Bodenkundige Dienst van België mit der Unterstützung des I.W.O.N.L. wird gegeben.

Vier Themen werden behandelt. Zunächst wird auf den Anteil der Stickstoffdüngung an der Produktivität der belgischen Böden aufmerksam gemacht. Man hat festgestellt das Winterweizen z.B. ohne Stickstoffdüngung bei Einjährigen Feldversuchen durchschnittlich 77 % des Maximalen Ertrages liefert und bei elfjährigen versuchen durchschnittlich 50 %.

Ausführlicher wird auf den Einfluss der Stickstoffdüngung bei Weizen, Kartoffeln, Zucherrüben und Futterpflanzen eingegangen.

Bei Weizen ändern sich die folgenden Ertragskomponente: die Anzahl von Ähren pro m², die Anzahl von Körnern pro Ähre und das

1000 Körner-Gewicht unter dem Einfluss erhöhter Stickstoffmenge. Der Einfluss ist aber verschieden auf Stickstoffarmen und Stickstoffreichen Böden. Bei Kartoffeln wächst die Anzahl von Knollen pro Pflanze ganz deutlich wenn die Stickstoffdosis erhöht wird. Der Stärkegehalt bei Kartoffeln und der Zuckergehalt bei Zuckerrüben sinken wenn die Stickstoffdüngung gesteigert wird. Bei einer niedrigen Stickstoffdosis erhöhen sich der Stärke- und der Zuckergehalt manchmal ein wenig. Der Stickstoffgehalt der Pflanze wächst an bei höhere N-Düngung, aber öfters treten sogenannte Dünnungseffekte auf. Nitratakkumulation tritt öfters auf bei Stoppelrüben, Futterkohl, Futterrüben und weidelgrass wenn der Stickstoffdüngung zu hoch ist, oder zu spät ausgeführt wird und auch speziell bei Wachstumshemmungen.

Das grösste Teil der Uebersicht ist der Analyse der Faktoren, die die Verschiedenheit des Stickstoffbedarfs der verschiedenen Parzellen verursachen, gewidmet. Hier werden die Faktoren: Boden, Stickstoffnachwirkung, Klima, Pflanzenart und Stickstoffdüngung berücksichtigt.

Für Lehmböden, sind die Tiefgrundigkeit und der Humusgehalt wichtig und für Sandböden ist nächst dem Humusvorrat auch der Feuchtigkeit-zustand des Profils zu berücksichtigen.

Die Stickstoffnachwirkung wird am meisten von der Stickstoffbilanz der früheren Jahre, von der Art der gegebenen Stickstoffdüngungen, von der Art und der Tiefe des Bodenprofils, vom Niederschlag im Winter und vom eventuellen Anbau einer Zwischenfrucht beeinflusst.

Das Klima ist ein komplexer und sehr wichtiger Faktor.

Der Einfluss des Klimas ist abhängig vom Boden, von der Pflanzenart und vom vegetationszeitpunkt.

Es gibt ganz grosse Unterschiede zwischen den Gewächsen betrefflich ihrer Stickstoffreaktion. Zuckerrüben und Silomais benützen viel mehr Bodenstickstoff als Getreide. Italienisches Weidelgras benützt dessen nur wenig.

Das gebrauchte Stickstoffdüngemittel kann das Resultat eines versuchs erheblich beeinflussen. Die Art der Stickstoffdüngung, der

Zeitpunkt, das pH des Bodens und das Klima bei der Düngung spielen dabei eine wichtige Rolle. Die entstandenen Nebenwirkungen sind oft sehr wichtig.

Das Aufsetzen eines Stickstoffdüngungsrates kann geschehen nach der klassischen Methode. Dies berührt hauptsächlich auf dem Humusgehalt der Ackerkrume und auf der Art und Dügung der Vorfrucht.

Eine neue Methode für das Aufsetzen eines Stickstoffdüngungsrates wurde entworfen für Lehmböden mittels der Bestimmung des mineralen Stickstoffs bis auf grosse Tiefe und in verschiedenen Schichten am Anfang der Vegetation und mittels der Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes der Krume.