

TECHNOLOGISCH INSTITUUT  
Genootschap Plantenproductie & Ecosfeer  
Plantenvoeding

Studiedag

*State-of-the-Art  
en Toekomstvisie  
voor de Plantenvoeding*



Ingenieurshuis - KVIV, Antwerpen  
27 november 2008

# OPTIMALE PLANTENVOEDING VAN VOLLEGRONDSGROENTEN BINNEN DE "MILIEU"-RANDVOORWAARDEN

Jan BRIES en Stan DECKERS  
Bodemkundige Dienst van België

## INLEIDING

De tuinbouwsector heeft slechts 8% van de totale landbouwoppervlakte in gebruik, maar resulteert in bijna één derde van de productiewaarde van de Vlaamse land- en tuinbouw. Binnen de tuinbouwsector kunnen duidelijk drie deelsectoren worden onderscheiden, namelijk de groenteteelt, de fruitteelt en de sierteelt (Landbouwrapport 2005). Tabel 1 geeft een overzicht van de Belgische tuinbouw.

Tabel 1: Overzicht van de tuinbouwsectoren in België

<u>Groenteteelt</u>	<u>Fruitteelt</u>	<u>Sierteelt</u>
<b>1. Groenteteelt in open lucht:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Hardfruitteelt</b> (appel, peer)</li> <li>2. <b>Steenfruitteelt</b> (kers, kriek, pruim,..)</li> <li>3. <b>Kleinfruitteelt</b> (aardbei, rode bes, frambozen, bramen,..)</li> <li>4. <b>Druiventeelt</b></li> <li>5. <b>Glassteelten</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>5.a. Grondgebonden teelt (druiven, aardbeien,..)</li> <li>5.b. Substraatteelt (aardbei, frambozen,..)</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Bloemisterijteelten</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Knolbegonia</li> <li>1.2 Azalea</li> <li>1.3 Kasplanten</li> <li>1.4 Snijbloemen</li> <li>1.5 Perk en balkonplanten</li> <li>1.6 Potchrysanthen</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. <b>Boomkwekerij</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Bosboomkwekerij</li> <li>2.2 Sierboomkwekerij</li> <li>2.3 Fruitboomkwekerij</li> </ol> </li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>2.a. Grondgebonden teelt</li> <li>2.b. Substraatteelt</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Boshortkwekerij</li> <li>2.2 Sierhortkwekerij</li> <li>2.3 Fruitkwekerij</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2.a. Warme teelt (tomaten, komkommer,..)</li> <li>2.b. Koude teelt (slaveldsla,..)</li> </ol>

In deze bijdrage wordt vooral gefocust op de groeifactor stikstof in open lucht met hier en daar een verwijzing naar de andere sectoren uit tabel 1 en 2. De tabel 1 is een sector waarbij het algemeen en de groeifactor in open lucht in het bijzonder is een sector waar bij naast de gerealiseerde opbrengst het economische rendement in sterke mate bepaald wordt door de kwaliteit van het geoogste product en het nagestreefde oogsttijdstip. Het is vanzelfsprekend dat de evolutie in de bemestingspraktijk sterk gericht is op deze aspecten. De laatste jaren komt onder impuls van de mestwetgeving de noodzaak tot het minimaliseren van de nutriëntenverliezen naar het milieu nadrukkelijker op de voorgrond.

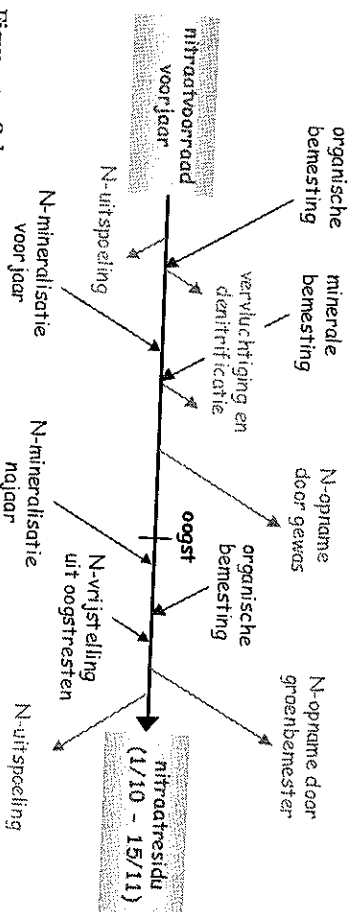
De uitdaging van de ganse sector en van iedere teler afzonderlijk bestaat er dan ook in maximaal gebruik te maken van de best beschikbare bemestingstechnieken om zo te komen tot een optimale plantenvoeding en het maximaal voldoen aan de geldende milieuvoorwaarden. Via kennis van :

1. De totale behoefte en het opnamepatroon van de plant aan voedingselementen
2. De hoeveelheid voedingselementen, welke de bodem ter beschikking kan stellen
3. Werking van de verschillende type van meststoffen
4. Effecten van lokalisatie van de meststoffen (band, rij, fertigatie via druppelbevoeiing,...)

kan op perceelsniveau deze uitdaging worden aangepaan.

In het Vlaamse mestdecreet wordt momenteel het beperken van het nitraatresidu in het bodemprofiel (periode 1 oktober tot 15 november) als centrale maatstaf gehanteerd voor het respecteren van de milieuvoorwaarden (beperken nitraatuitspoeling). Het hoeft niet meer gezegd dat in de ganse landbouwsector maar vooral in de tuinbouw de nieuwe regeling omtrent het nitraatresidu (Boetes, begeleidend maatregelen,...) heel wat reactie heeft uitgelokt. Bemesting in de vollegrondsgroententeelt staat natuurlijk in relatie met het gerealiseerde nitraatresidu, maar zoals onderstaand schema weergeeft (Figuur 1) spelen hierna nog heel wat andere factoren een belangrijke rol. De impact van de actuele weersomstandigheden is een belangrijke factor die niet is weergegeven in dit schema.

Dat de nitraatresiduproblematiek in de tuinbouw een zeer actueel item is bewijzen de talrijke initiatieven die hieromtrent recent werden uitgevoerd of lopende zijn. In diverse ADLO-demonstratieprojecten komt deze problematiek aan bod. We noemen hier slechts enkele projecten: "Beperken nitraatresidu in vollegrondsgroententeelt via bereedende N-bodembalans" uitgevoerd door Bodemkundige Dienst van België, "Bemestingsboulevard openluchtgroenten" en "Reductie van reststikstof in de vollegrondsgroententeelt uitgevoerd door de Vlaamse proefcentra voor openluchtgroenten. In het kader van deze problematiek heeft de Bodemkundige Dienst van België in samenwerking met de Universiteit Gent (UGBB) de onderzoeksoverdracht "Analyse van Nitraatresidumproblematiek in de tuinbouw in opdracht van de VLM Afdeling Mestbank uitgevoerd. In deze bijdrage staat de nitraatresiduproblematiek centraal waarbij geput wordt uit hoger vermeld rapport.



Figuur 1: Schematische voorstelling van de belangrijkste processen van de stikstofcyclus op perceelsniveau en de factoren die het nitraatresidu beïnvloeden. Bron: Bodemkundige Dienst van België

## TOTALE BEHOEFTE EN OPNAMEPATROON VAN DE PLANT AAN VOEDINGSELEMENTEN

Voor de optimalisatie van de plantenvoeding moet er voorerst kennis zijn van de totale behoefte aan voedingselementen tijdens de groei van de plant. Totale behoefte aan voedingselementen wordt afgeleid uit opbrengstgegevens in combinatie met gewasanalyses. Bij het raadplegen van opnamecijfers moet steeds voldoende aandacht worden besteed aan de extra informatie die bij de cijfers wordt meegeleverd: betreft het een bepaling bij een volgeoid gewas, bij welk opbrengstniveau, bij welk aanbod van nutriënten,... Bij wijze van voorbeeld wordt in tabel 2 voor een normale (Vandendriessche et al., 1993).

Tabel 2: Totale opname van voedingselementen (kg/ha) door willoofoortelen

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O
Blad	110	34	200	17	3	3
Wortel	72	38	90	10	10	12
Totaal	182	72	290	27	13	15

Kennis van de behoefte aan voedingselementen is noodzakelijke informatie voor het opstellen van een bemestingsadvies, maar is geen basis voor de bemesting welke willoofoortelen dienen opgekwamd te worden bij een laag N-aanbod vanuit de bodem. Indien men de stikstofbemesting zou afstemmen op de globale opname, met name 182 kg N/ha, zal dit resulteren in een zeer slechte wortelopbrengst en vooral een nistaste kwaliteit van het willoof bij de forcerie. Dit toont aan dat bij het formuleren van een optimaal bemestingsadvies er eveneens rekening gehouden moet worden met wat de bodem kan leveren aan voedingselementen. Dit kan enkel gebeuren op basis van een bodemanalyse, met expertise van het stikstofleverend vermogen van

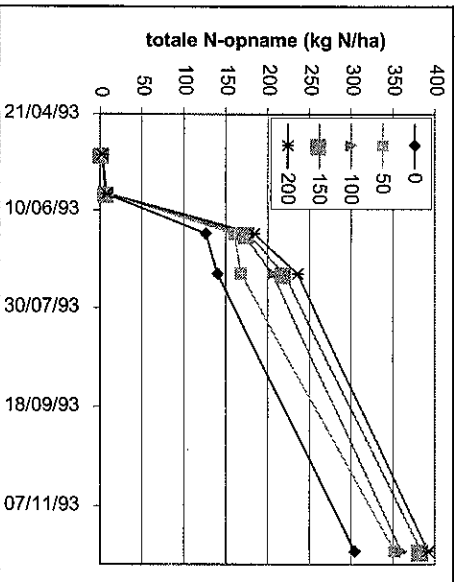
het perceel. Een zandleembodem met een normaal gehalte aan organische stof zal gedurende het groeiseizoen van de wilhoofwortelen, de nodige stikstof leveren, zodat de supplementaire stikstof via bemesting voor deze teelt beperkt is.

Bij de teelt van groenten onder glas in grond heeft men vaak verschillende teelten per jaar in eenzelfde serre. Een teeltcombinatie van 2 teelten sla met 1 teelt tomaat is veel voorkomend. Bij de berekening van de totale opname aan voedingselementen werd voor tomaat in grond een productie van 20 kg tomaat/m<sup>2</sup> aangenomen. De getallen in tabel 3 tonen duidelijk aan dat regelgeving omtrent maximale bemestingshoeveelheden onder glas zinloos is.

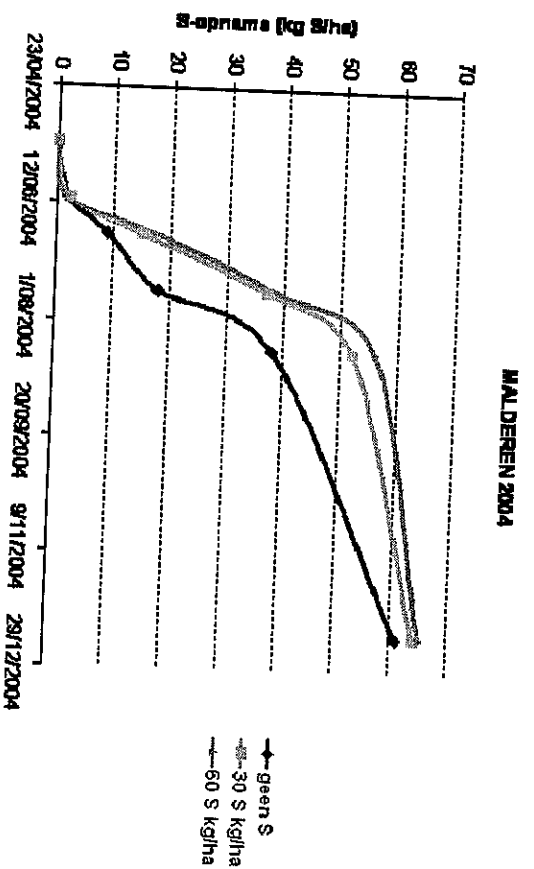
Tabel 3: Totale opname van voedingselementen (kg/ha) door sla en tomaten onder glas in grond (Deckers, 2007)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2 * Sla	260	90	600
Tomaten	680	220	700
Opname/jaar	940	310	1000

Dat de opnamecijfers moeten beoordeeld worden in relatie tot het aanbod van de nutriënten kan duidelijk afgeleid worden uit volgende figuren. Zowel voor stikstof (figuur 2) als voor zwavel (figuur 3) is er een sterke toename van de opname bij toenemende bemesting. In relatie tot de opbrengst en kwaliteitsgegevens kan dan beoordeeld worden of het hier gaat over luxe-consumptie.



Figuur 2: N-opname van het totale spruitkoolgewas in functie van de stikstofbemesting (naar Vandendriessche et al., 1994)



Figuur 3: Totale zwavelopname door een spruitkoolgewas in functie van de zwavelbemesting (Mertens, J., 2005)

Uit het opnamepatroon kan informatie gewonnen worden over de behoefte in relatie tot het groeiseizoen.

Kortom: weten hoeveel de teelt nodig heeft en in welk stadium van de ontwikkeling geeft een schat van informatie. Maar deze informatie is slechts één pijler om een optimale bemestingsstrategie op te bouwen. In de mestwetgeving is er voor geopteerd om voor de toch wel zeer diverse sector als de vollegrondsgroente te werken met slechts twee bemestingsnormen voor respectievelijk "Andere gewassen" en "Gewassen met lage stikstofbehoefte". Alleen al kijkende naar de grote waarden van exportcijfers van de diverse groenten wordt duidelijk dat de wetgever op dit vlak alleen een algemeen kader heeft voorzien.

## DE HOEVEELHEID VOEDINGSELEMENTEN, WELKE DE BODEM TER BESCHIKKING KAN STELLEN

In de bodem kunnen belangrijke hoeveelheden plantenvoedingselementen worden opgeslagen. Hierbij moet natuurlijk een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen de hoofdelementen (N, P, K, Mg, Ca, Na, S) en de sporelementen (Cu, Zn, Mn, Mo,...). Naar plantengroei toe is niet alleen de aanwezige hoeveelheid belangrijk maar natuurlijk ook de opneembaarheid. Voor de meeste voedingselementen wordt de beschikbaarheid in de bodem mede bepaald door fysiscochemische processen zoals sorptie en precipitatie waardoor in de bodem een evenwicht ontstaat tussen de hoeveelheid van het element dat gebonden is aan de bodem en de hoeveelheid die in de bodemoplossing beschikbaar is voor de voeding van de plant. Aangezien de actuele is voor de beschikbaarheid in de loop van het groeiseizoen worden specifieke analy-

semethoden gebruikt om deze "beschikbare" hoeveelheid te meten. Met behulp van veldproeven worden deze analysegegevens geïkt. Eenjarige veldproeven zijn voor dit doel minder geschikt omdat talrijke omstandigheden zoals klimaat in samenhang met fysieke bodemeigenschappen een grote variabiliteit in opbrengstresultaten kunnen tewege brengen. Bij meerjarige proeven kunnen de verschillende storende factoren in rekening gebracht worden zodat het verband tussen beschikbaarheid in de bodem en de opbrengst eenduidiger wordt (Geypens, 1991). De opneembaarheid van plantenvoedingsstoffen wordt bepaald door een ganse reeks van factoren, welke hier niet in detail worden besproken. Grondsoort, pH, verhouding van de hoeveelheden van bepaalde elementen in de bodem (K/Mg, Ca/Mg), structuur van de bodem, beschikbaarheid drie belangrijke invloedsfactoren. Om inzicht in de beschikbaarheid aan plantenvoedingsstoffen werden diverse analysemethoden ontwikkeld. Het groot aanbod aan extractiemethoden voor de bepaling van de beschikbare fosfor in de bodem is hiervan een typisch voorbeeld. De waarde van een analysemethode wordt in grote mate bepaald door het meerjarige referentiekader waarin deze methode werd gevalideerd. Met andere woorden hoe performant is deze methode voor diverse combinaties van bodemtype, klimaat, gewas, pH,....

Op Bodemkundige Dienst van België werd in dit kader veel onderzoek gedaan en veel ervaring opgedaan met de ammoniumlactaatextractie. In het BEMEX-expertsysteem (BEMestings EXpertsysteem (Geypens et al., 1989) wordt de opgedane kennis gebruikt om bemestingsadviezen te formuleren bij de standaardgrondontleding. Deze adviezen houden o.a. rekening met de behoefte van de teelt, opbrengstcurves en de impact van de bemestingsstand op de kwaliteit van het geoogste product. Op gronden met een lage voedingsstoestand kan men bij veeleisende groentegewassen niet altijd de maximale opbrengst bekomen bij de hoogste bemesting. Daarom wordt er gestreefd naar een bepaald vruchtbaarheidniveau van de bodem. Het behoud van een goede voedingsstoestand maakt het gewas ook minder gevoelig voor ongunstige klimatologische omstandigheden. Naast het nastreven van een gunstige bodemvruchtbaarheid moet ook getracht worden om de voedingsstoffen in de bodem in een evenwichtige verhouding te brengen (K/Mg, Ca/Mg,...). Bij grondontleding wordt dus een advies gegeven dat niet alleen de optimale opbrengst beoogt maar ook het op het gewenst peil brengen van de voedingsstoestand.

Bekalken en bemesten (P, K, Mg en eventueel B) volgens de standaardgrondontleding kan zonder twijfel beschouwd worden als de best beschikbare bemestingsstrategie voor het realiseren van het economisch maximale opbrengstpotentieel. Het hoogste economisch resultaat zal natuurlijk gerealiseerd worden bij een evenwichtige chemische bodemvruchtbaarheidstoestand van de bodem. In de praktijk zijn we daar dikwijls nog ver van verwijderd. Bodemkundige Dienst voert jaarlijks meer dan 30.000 standaardgrondontledingen uit. Bij wijze van voorbeeld wordt in tabel 4 de spreiding in chemische bodemvruchtbaarheid van de onderzochte preiperelen (periode 2004-2007) weergegeven. Voor iedere parameter wordt de procentuele verdeling over de verschillende bodemvruchtbaarheidsklassen weergegeven.

Tabel 4: Chemische bodemvruchtbaarheid van de preiperelen afkomstig van de Zandleemstreek (periode 2004-2007).

Teelt : prei	Thematische procentuele verdeling van de grondstalen in 7 bodemvruchtbaarheidsklassen							Landbouwstreek : Zandleemstreek
	zeer laag (* sterk zuur)	laag	normaal strekzone	normaal tamelijk hoog	hoog	zeer hoog (** veenachtig)		
	pH	koeststof	fosfor	kalkium	magnesium	calcium	natrium	
	0,2(*)	11,5	0,0	0,0	0,3	0,6	1,9	
	7,8	23,8	0,0	0,7	0,5	15,8	41,6	
	32,6	25,4	0,3	3,3	4,9	36,5	38,6	
	42,6	32,5	1,5	26,8	33,2	44,9	16,9	
	11,1	6,7	14,7	60,9	30,3	1,8	0,9	
	4,9	0,1	50,9	8,2	29,0	0,3	0,1	
	0,8	0,0(**)	32,7	0,2	2,0	0,1	0,0	
Gemiddeld bemestingsadvies in kg/ha per bodemvruchtbaarheidsklasse en globaal gemiddeld advies voor de teelt								
	Kalk (Zbw)	Silicium (N)	Fosfor (P2O5)	Kalk (K2O)	Magnesium (MgO)	Natrium (Na2O)		
zeer laag (* sterk zuur)	4875(*)	251	-	-	130	-		
laag	2839	246	-	-	128	-		
tamelijk laag	1754	239	160	359	119	-		
normaal strekzone	726	233	174	319	82	-		
tamelijk hoog	0	193	55	259	82	-		
hoog	0	113	32	196	39	-		
zeer hoog (** veenachtig)	0	0	0	76	0	-		
globaal gemiddeld advies	1111	233,8	26,4	207,4	45,9	-		

Opvallend is dat 40,6 van de geanalyseerde percelen voor de teelt van prei, afkomstig van de Zandleemstreek, een pH-KCl hebben, welke lager is dan normaal. De pH speelt een cruciale rol in de opname van voedingsstoffen. Zeker op vlak van opneembaarheid van de sporelementen is de pH van de bodem cruciaal. Ook voor het realiseren/behouden van een goede bodemstructuur is de pH en kalktoestand van de bodem belangrijk. Het aanbod aan diverse bodemverbeteraars, wortelstimulerende middelen en sporelementpreparaten is momenteel zeer uitgebreid. Deze producten kennen elk hun specifiek toepassingsgebied, maar deze producten kunnen zeker de essentiële bodembeheersmaatregelen (optimaliseren van pH, maximaal vermijden van structuurbederf, op peil houden kalktoestand van de bodem, aandacht voor aanbreng organische stof,...) niet vervangen.

Opvallend is eveneens dat 60,7 % van de preiperelen een lager dan normaal koolstofgehalte hebben. Bij de standaardgrondontleding wordt opgegeven hoeveel organische stof afgebroken wordt. Bij een te laag gehalte aan organische stof, zal er meer verhoging van het humusgehalte realiseren. Voor een optimale opname van voedingsstoffen is de basis dat pH en het gehalte aan organische stof optimaal zijn. Op vlak van de reserve aan fosfor, kalium en magnesium wordt een grote spreiding in bodemvruchtbaarheid vastgesteld. De optimale bemestingsstrategie op perceelsniveau bestaat er dan ook uit om maximaal rekening te houden met het aanbod van voedingsstoffen via de bodem en hierop de aanvullende bemesting af te stemmen. In het tweede deel van tabel 4 zijn per bodemvruchtbaarheidsklasse het overeenkomstige gemiddelde bemestingsadvies weergegeven.

## Optimale stikstofbemesting

### Bemerk: richtinggevend advies

Bij de standaardgrondontleding wordt een richtinggevend stikstofbemestingsadvies gegeven op basis van de behoefte van de teelt, het humusgehalte, de grondsoort, de teeltrotatie en de eventuele nawerking van gescheurd grasland (tabel 4).

In de vierjaarlijkse overzichten omtrent de chemische bodemvruchtbaarheid wordt de variatie in stikstofbemestingsadviezen in functie van het gemeten humusgehalte weergegeven. Uit deze overzichten (raadpleegbaar in Vanden Auweele et al., 2004 of op [www.hdb.be](http://www.hdb.be)) komen de grote verschillen in stikstofbehoefte tussen de individuele percelen reeds zeer sterk tot uiting. Deze stikstofadviezen geven een globale N-behoefte. De landbouwer moet deze adviezen dan ook als dusdanig interpreteren. Voor een gedetailleerd en nauwkeurig stikstofbemestingsadvies moeten alle factoren die een invloed hebben op de stikstofvoorziening worden in rekening gebracht. Dit gebeurt op de Bodemkundige Dienst van België via de berekening van de N-index van het perceel.

### N-index: gedetailleerd advies

De Bodemkundige Dienst van België heeft als stikstofadviessystem de N-indexmethode ontwikkeld. Uit het onderzoek bleek dat de correlatie tussen de minerale stikstofvoorraad in de bodem en de optimale stikstofgift sterk toenam als ook andere factoren werden in rekening gebracht. De numerieke waarde van de verschillende factoren werd vanuit de experimentele resultaten door correlatieberekeningen afgeleid. Door sommatie van al de interagerende resultaten bekomt men de stikstofindex.

De stikstofindex is bijgevolg een berekende en beredeneerde maat van de stikstofbeschikbaarheid op een specifiek perceel voor een bepaald gewas. Op basis van deze N-index wordt dan het stikstofbemestingsadvies en eventueel ook een fractionerings-schema berekend.

De N-index bestaat uit maximaal 18 factoren waarvan afhankelijk van de voorgeschiedenis van het perceel één of meerdere factoren nul kunnen zijn. De factoren kunnen in drie groepen worden onderverdeeld (Vandendriessche et al., 1992, Bries 1992):

- 1) De bij de staalname in de bodem beschikbare minerale stikstof en de reeds opgenomen stikstof door het gewas.
- 2) De factoren welke de stikstof begroten die na de staalname beschikbaar komt voor het gewas.
- 3) Factoren die een negatieve invloed hebben op de N-beschikbaarheid.

Specifiek voor de meeste vollegrondsgroenten omvatten deze groepen de volgende factoren:

#### Groep 1: Minerale stikstofreserve

Omdat de minerale stikstof meestal niet homogeen verdeeld is over de volledige diepte worden de bodemstalen genomen in lagen van 30 cm. Hierdoor bekomt men een nauwkeuriger beeld van de minerale stikstofreserve in de bodem. Elk grondstaal (van 30 cm) wordt geanalyseerd op minerale stikstof (nitrische en ammoniakale stikstof). Op basis van het schijnbaar soortelijk gewicht van de bodemlaag worden de analyse-resultaten omgerekend naar kg N/ha en verrekend in de N-index. De hoeveelheid

ammoniakale stikstof in de bodem is meestal beperkt. Door de afzonderlijke meting van de ammoniakale stikstof gebeurt er tevens een belangrijke kwaliteitscontrole op de grondstalen. Grote waarden voor de ammoniakale stikstof kunnen bijvoorbeeld aangeven dat de stalen genomen werden op recent bemeste percelen..

#### Groep 2: Mineralisatie

Door mineralisatie vanuit de bodemhumus komt er elk jaar een grote hoeveelheid minerale stikstof beschikbaar voor de plant. In de N-indexmethode wordt met deze mineralisatie rekening gehouden door de koolstofactor. Deze is gebaseerd op het koolstofgehalte van de bovenste bodemlaag, de bodemtextuur en het bewortelingspad door het scheuren van een weide wordt eveneens in rekening gebracht. De bepaling van de waarde van de overige factoren die de N-levering na de staalname begroten gebeurt op basis van een aantal influchtingen omtrent het perceel. Zo moet er bij beleving voortteelten (erwtten, bonen, kolen,...) rekening gehouden worden met de N-re functie van het type groenbemester en de ontwikkeling van de groenbemester. In het geval van organische bemesting wordt berekend hoeveel minerale stikstof uit de organische stikstof fractie gaat vrijkomen gedurende het groeiseizoen. Hiertoe moet de dosis, het type organische bemesting en het tijdstip van toediening worden opgegeven.

#### Groep 3: Negatieve factoren.

Factoren die het mineralisatieproces negatief beïnvloeden, worden als negatieve waarden verrekend in de N-index. Bijvoorbeeld door een te vaste structuur of een te lage pH wordt de mineralisatie geremd. Bij vroeger staalname wordt nagegaan of er nog een nitraatuitspoeling wordt verwacht in de periode tussen de staalname en het begin van intensieve N-opname door het gewas

Voor ieder perceel wordt de N-index beoordeeld in 5 categorieën, namelijk zeer laag, lager dan normaal, normaal, hoger dan normaal en zeer hoog. Deze beoordeling geeft de landbouwer een idee van de N-beschikbaarheid voor de verbouwde teelt op zijn percelen en bijgevolg ook van de N-behoefte. In functie van het niveau van de bemestingsadviezen (voor bepaalde teelten bijvoorbeeld bloemkool en spruitkool worden advies gegeven in functie van de verbouwde variëteiten) en de verdeling van de minerale stikstofreserve in het bodemprofiel wordt een fractioneringsschema berekend (voorraadbemesting gevolgd door één of meerdere bijbemestingen)..

Wat het staalnametijdstip betreft, zijn er meerdere mogelijkheden. In de akkerbouw wordt vooral bemonsterd voor of in het begin van het groeiseizoen. Voor de groentegroei seizoenen. Vanaf 4 weken na de laatste bemesting bekomt men met het mineraal stikstofonderzoek een goed beeld van N-voorraad en verdeling in het bodemprofiel. Bij de berekening van de N-index wordt vervolgens rekening gehouden met de reeds gerealiseerde stikstofopname door de verbouwde teelt.

De N-indexmethode heeft de afgelopen decennia zijn waarde in de praktijk reeds sterk bewezen. In het kader van de beheersing van het nitraatresidu en het streven naar een zo hoog mogelijke efficiëntie van de ingezette meststoffen kan de advisering nog op de volgende manieren verder geoptimaliseerd worden.

- De telers aansporen om bij een hoge stikstofbehoefte van hun percelen een bijkomende stalname tijdens het groeiseizoen te laten uitvoeren.
- Uit praktijkonderzoek de verschillen in N-behoefte van de nieuwe variëteiten implementeren in de N-indexmethode.
- Verfijnen van de diverse factoren die de mineralisatie tijdens het groeiseizoen beïnvloeden. Het bevroten van deze mineralisatie gebeurt voor een groot stuk op basis van perceelgegevens die op moment van stalname worden genoteerd. Hoe accurater deze gegevens zijn hoe accurater de berekende stikstofmineralisatie. Voor percelen onder seizoenspacht is dit regelmatig een knelpunt. Voor percelen met een zeer hoog mineralisatiepotentieel is nog bijkomend onderzoek nodig om dit verhoogd potentieel in de N-indexmethode in te bouwen. Hier zijn zeker mogelijkheden voor percelen die continu in groenteteelt zijn (veel aanbreng van oogstresten) in combinatie met zeer regelmatig gebruik van organische mest.

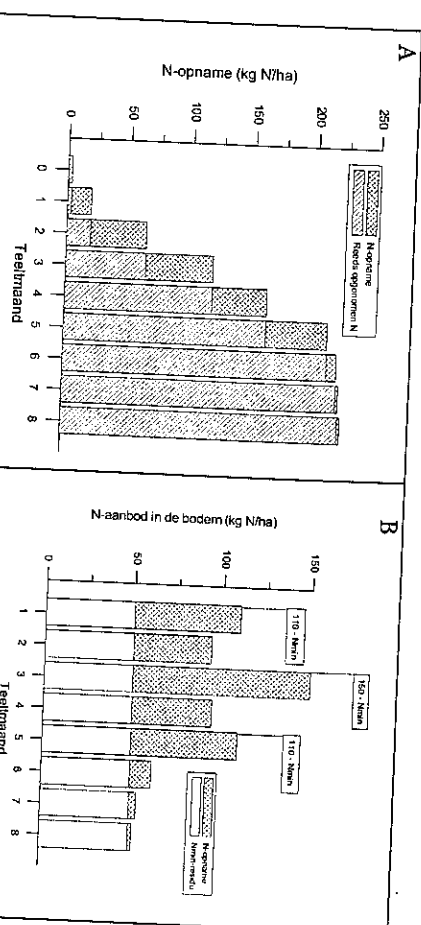
### KEMA-onderzoek

De Bodemkundige Dienst heeft voor bepaalde openluchtteelten (sla, aardbei) en grondteelten onder grond een wetenschappelijk onderzoek adviesstelsysteem n.l. het KEMA-systeem. KEMA staat voor: Kontrôle van de Evolutie van de Mineralen en hun Accumulatie en is een standaardgrondontleding met bijkomende bepaling van zout en minerale stikstof. Voor het aanplanten of tijdens de teelt kunnen de stalnameers een bodemstaal nemen van het perceel. Tegelijkertijd worden de inlichtingen opgevraagd over voortteelt, recente bekalking, organische bemesting, .... Tijdens de groei van de planten kunnen eveneens grondstalen voor bijmestadvies genomen worden.

Bij dit systeem is het mogelijk de evolutie van de verschillende voedingselementen in de bouwlaag van een bepaald perceel op te volgen in de loop van het jaar met als doel de bouwlaag in optimale voedingsconditie te brengen of te houden.

### Stikstofbijmeststelsysteem

Bij het stikstofbijmeststelsysteem (NBS) dat afgeleid is van het Duitse "KNS systeem worden tijdens het groeiseizoen supplementaire metingen uitgevoerd van de hoeveelheid minerale stikstof in het bodemprofiel. Hierbij wordt ingespeeld op de N-mineralisatie uit bodemhumus en recent geïncorporeerd vers organisch materiaal. Eventuele uitspoelingsverliezen tijdens het begin van het groeiseizoen worden op deze manier ook in rekening gebracht. Naast de tussentijdse metingen is het globale stikstofopnameverloop van een gewas gedurende de teeltperiode een tweede uitgangspunt bij het systeem. Confrontatie van beide gegevens met elkaar vormt meeen de uitgangsbasis voor het uiteindelijk N-advies. Figuur 4 illustreert deze werkwijze voor de preteteelt.



Figuur 4: Gemiddeld N-opnameverloop (A) en streefwaarden voor het stikstofaanbod in de bodem (0-60 cm) (B) voor prei [N-opname (A) = werkelijke N-opname gedurende de aangegeven periode; N-opname (B) = N beschikbaar voor opname] (naar Salomez et al., 1995)

### N-bemesten volgens N-status gewas

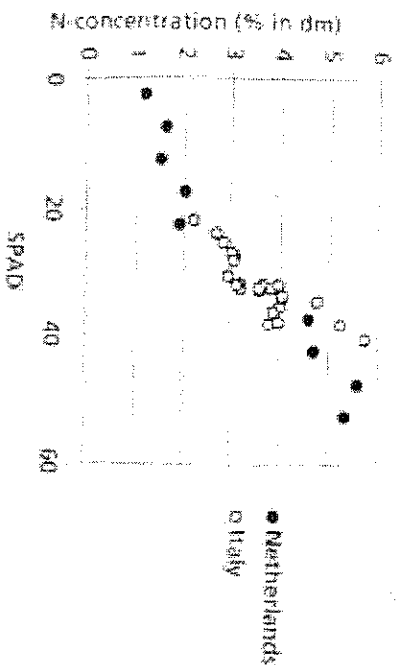
In diverse onderzoeksprogramma's wordt momenteel ervaring opgedaan met methodes voor het bepalen van de N-status van het gewas. Het meten van de N-status van het gewas kan als parameter gebruikt worden om de N-aanvoer af te stemmen op de actuele N-vraag van het gewas. Het gebruik van niet-invasieve meet-technieken maakt het mogelijk om de N-status van het gewas direct op het veld te weten zodat de tijd tussen de meting en het eventueel toedienen van extra stikstof minimaal wordt. Deze technieken hebben ook als voordeel dat er geen restrictie is op het aantal metingen dat kan uitgevoerd worden en het is mogelijk om steeds op dezelfde plaats de meting uit te voeren. Deze technieken zijn enkel nuttig als aan de volgende voorwaarden voldaan zijn:

- de tijd die nodig is voor de meting kort is
- het makkelijk uitvoerbaar is
- de kostprijs goedkoop is
- als de resultaten even betrouwbaar zijn als de invasieve meettechnieken

Een gebrek aan stikstof kan zich uiten door een verminderde bladgroei en een verandering in de bladkleur. Deze vormen dan ook goede parameters voor het meten van de N-status op een niet-invasieve manier (Lemaire, 1997). Hieronder worden de verschillende meettechnieken kort besproken

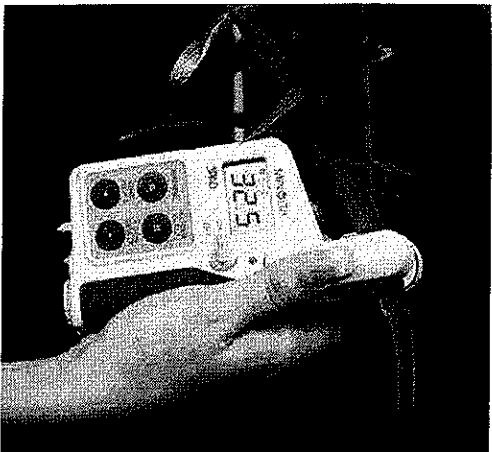
### Chlorofyl meter

De chlorofyl meter geeft een indicatie van het chlorofylgehalte van het blad. Aangezien er een sterke correlatie is tussen de chlorofyl concentratie in het blad en de N-concentratie (zie figuur 5) is de hoeveelheid chlorofyl in het blad een goede indicator van de N-status.



Figuur 5: Relatie tussen SPAD meting en de N concentratie (%) in het droge stof gehalte van een individueel blad

De chlorophyl meter of de SPAD meter (SPAD 502, Minolta, Osaka, Japan) is makkelijk in gebruik en kan tot 30 individuele metingen stockeren. Het meethoofd bestaat uit 2 scharnierende delen welke zich enkele seconden vastklampen op een blad voor de meting (zie figuur 6). Volledig uitgestrekte bladeren bovenaan het bladerdek zijn de beste indicatoren voor de N-status van het gewas. De beste waarde voor een perceel wordt verkregen door het gemiddelde te berekenen van de random metingen van ongeveer 30 bladeren van planten verspreid over het ganse perceel.

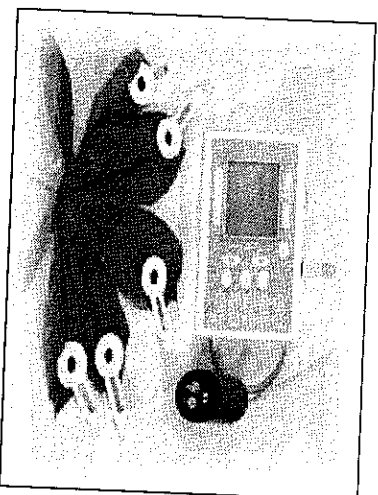


Figuur 6 : De Minolta Chlorofyl meter SPAD-502 gebruikt voor de bepaling van de chlorofyl concentratie (<http://www.agron.missouri.edu/mnl/39krugh.html>)

### Chlorofyl fluorescentie

De chlorofyl fluorescentie in een blad is afhankelijk van de mogelijkheid van het fotosysteem om licht om te zetten in chemische energie. Stressfactoren zoals overmatige zonnestraling, droogte, koude, herbicide en nutritionele stress hebben een effect op deze omzettingmogelijkheid in de planten. Een N-tekort heeft een effect op de chlorofyl en op de protonen van het fotosysteem, waardoor chlorofyl fluorescentie als indicator kan gebruikt worden voor de N status van het blad.

Bij deze techniek worden 2 parameters bepaald, nl.  $F_0$ , het basis fluorescentie niveau, en  $F_m$ , het maximum fluorescentie niveau na hoge verlichting. De ratio van  $(F_m - F_0) / F_m$  is proportioneel tot de kwantumratio van het fotosysteem. Wanneer een waarde van 0,75-0,85 wordt bekomen wil dit zeggen dat de plant geen N-stress heeft. Om deze meting uit te voeren wordt een "Plant Efficiency Analyzer" (HANSATECH, King's Lynn, UK) (zie figuur 7) gebruikt. Een half uur voor de meting moet een clip bevestigd worden aan het te meten blad, aangezien het blad een bepaalde tijd nodig heeft om zich aan te passen aan het donker.



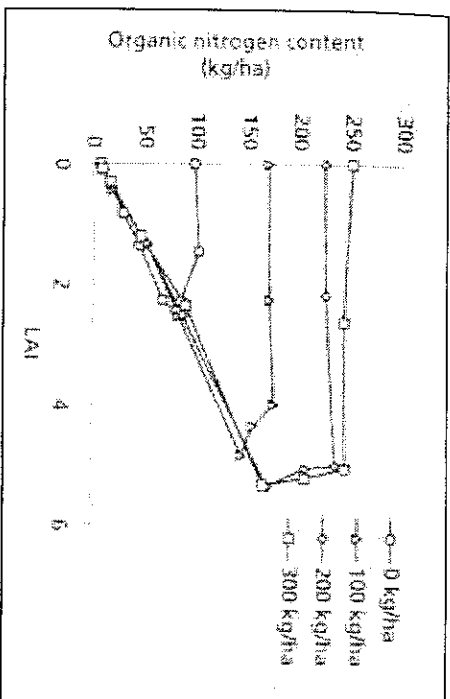
Figuur 7 : "Plant Efficiency Analyzer" van HANSATECH

Deze meting is slechts een algemene stressindicator. Om de meting specifiek voor de N-status te maken, moet er ook rekening worden gehouden met het verloop van de N-gradient in het bladerdek (nl. hoge N concentratie bovenaan en lage N concentratie onderaan).

### Crop scan

De crop scan is een methode die gebaseerd is op lichtreflectie door het bladerdek. In vergelijking met braakliggende grond zal bij ontwikkeling van een gewas de reflectie van nabij infrarood stijgen, terwijl de reflectie in het rode gebied daalt. De reflectie in deze 2 golfbanden kan gebruikt worden om een schatting te maken van de LAI. De LAI is een goede indicator voor de N status aangezien de LAI in relatie staat met de totale N opname van het gewas (uit figuur 8)..





Figuur 8 : LAI en de N-opname gedurende de gewasontwikkeling bij 4 verschillende N bemestingsratio's

De bladerdekeffectie geeft eigenlijk een schatting van de totale hoeveelheid van chlo-rofyl per eenheidsoppervlak welke op zijn beurt sterk gerelateerd staat met de N-status. Zo kan de lichtreflectie door het bladerdek gerelateerd worden met de N-concentratie in de bladeren.

De cropreflectie metingen gebeuren met de CROPSCAN (Cropscan Inc, Rochester, USA) (zie figuur 9). Met dit instrument wordt de hemisferische invallende radiatie en de gereflecteerde radiatie van het veld in opwaartse richting simultaan gemeten en gerepresenteerd als een percentage van de invallende radiatie. Filters zorgen ervoor dat de te meten golflengtes worden afgebakend. De kijkhoeck van het toestel en de hoogte boven het gewas worden zo ingesteld dat er steeds een oppervlak van ongeveer 1 m<sup>2</sup> wordt gemeten. Voor de metingen zijn enkele pre-condities nodig nl., de elevatie van de zonnehoek moet groter zijn dan 30°, er mag geen schaduw voorkomen in het te meten oppervlak, het bladerdek moet droog zijn en wanneer het windertig is moet het aantal metingen vermeerderd worden.



Figuur 9 : Gebruik van de CROPSCAN op het veld

#### Overzicht van het gebruik en conclusies

In tabel 5 worden de verschillende meettechnieken die hier niet besproken zijn met elkaar vergeleken voor enkele parameters. Deze vergelijking kan een hulp zijn bij het beslissen welke techniek men wil toepassen.

Tabel 5: Overzicht van enkele parameters van de verschillende meettechnieken waarbij ++ meer dan het gemiddelde is en - minder dan het gemiddelde is.

	Chlorofyl meter	Chlorofyl fluorescentie	CROPSCAN
Ontwikkelingsfase	++	--	+
Tijdsvenster voor gebruik	++	++	++
Gewoelghheid aan milieucor-dities	-	++	+
Werk nodig om te bedienen	-	++	-
Bekwaamheid	-	++	-
Robustheid van het materiaal	+	+	-
Prijs van het materiaal	+	+	+

De meeste methodes bestaan min of meer uit het schatten van de hoeveelheid chloro-fyl die voorkomt in het bladerdek. Deze methoden moeten steeds afgetoetst worden met een referentiestandaard en moeten dan omgerekend worden om een schatting te geven van de grootteorde van het nodige N supplement. Een tweede beperking is dat er geen enkele methode een specifieke indicator is van de N status van het gewas, aangezien geen enkele gemeten parameter alleen maar door de N voorraad beïnvloed wordt. Door deze beperkingen moet men opletten bij de interpretatie van de analyse-resultaten.

## WERKING VAN VERSCHILLENDE TYPE VAN MESTSTOFFEN

Het is voor een gewas van groot belang dat de juiste hoeveelheid voedingsstoffen op het moment dat een gewas daar behoefte aan heeft, in de bodem beschikbaar is. Factoren als pH, vochtgehalte, zoutgehalte, temperatuur van de bodem en biologische activiteiten, kunnen de beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodem dusdanig beïnvloeden, dat er een tekort of overschot aan voedingsstoffen voor een gewas optreedt. Een tekort aan voedingsstoffen is ongewenst in verband met opbrengstvermindering en/of kwaliteitsvermindering van een gewas. Een overschot is ook niet gewenst, wegens het optreden van zoutschade aan plantenwortels en een te hoog residu na de teelt met het gevaar voor uitspoeling van voedingsstoffen uit de bewortelde bodemlaag. Met name nitraatstikstof spoelt gemakkelijk uit. Om bovenstaande problemen grotendeels te voorkomen en zoveel mogelijk te voldoen aan de actuele behoefte van een gewas, kan een totale gift aan conventionele meststof continu of periodiek in meerdere kleine giften worden toegediend. Een continue toediening geschiedt middels fertigatie terwijl een periodieke toediening kan geschieden in de vorm van een basisbemesting bij de start van een teelt gevolgd door bijbemesting gedurende de teelt naar aanleiding van bodembemonstering (bv. N-Index). Een andere mogelijkheid is het gebruik van langzaamwerkende meststoffen. Hierbij worden voedingsstoffen voor een groeiperiode van 3 tot 14 maanden in één keer toegediend.

### Snelwerkende minerale meststoffen.

In de tuinbouw wordt vaak de keuze gemaakt naar snelwerkende meststoffen als bv ammoniumnitraat, kaliumnitraat, kalknitraat, magnesiumsulfaat,... Dit zijn zouten welke in ionen splitsen in water of een waterige bodemoplossing. Deze eigenschap heeft voor- en nadelen:

- Het belangrijkste voordeel is dat bij het strooien van deze meststoffen de voedingselementen snel beschikbaar zijn voor de planten. Snelwerkende meststoffen worden frequent gebruikt als voorraadbemesting bij diverse tuinbouwteelten in open lucht al dan niet als aanvulling op organische bemesting. Als voorraadbemesting voor tomaten onder glas wordt er vaak een zware voorraadbemesting gegeven met snelwerkende meststoffen met als doel het zoutgehalte te verhogen in het wortelmilieu, om een stress-situatie te creëren om een betere vruchtzetting te bekomen bij de eerste bloemtrors bij tomaten. De hoge zoutconcentratie remt de vegetatieve groei bij de tomaten ten bate van de generatieve ontwikkeling.. In de tuinbouw wordt tevens gebruik gemaakt van snelwerkende meststoffen om voeding via fertigatie toe te dienen. Via fertigatie geeft men water en meststoffen er in opgelost, welke onmiddellijk ter beschikking komen van de plantenwortels.
- Gezien snelwerkende meststoffen zouten zijn, zal bij een te zware bemesting met dit type van meststoffen zoutschade kunnen ontstaan bij zoutgevoelige teelten of teelten in een zoutgevoelig stadium van het gewas. Teelten als sla en veldsla zijn zoutgevoelig en zullen groeistoornissen vertonen in een te zoute bodem. Bepaalde gewassen (bv. witloofwortelen) zijn zoutgevoelig als jonge kiemplant. Voor teelten in open lucht is het bij een zware voorraadbemesting wenselijk de bemesting enkele weken vooraf in te werken in de bouwlaag om zoutschade te voorkomen. Het nadeel van snelwerkende meststoffen is dat bepaalde ionen, vooral nitraten, snel kunnen doorspoelen bij zware regenbuien. Deze doorspoeling is het ergste op zandgronden. Indien een deel van de minerale stikstof in de meststof onder vorm van ammonium

is, wordt de uitspoeling van stikstof vertraagd, gezien ammonium kan adsorberen aan het klei/humuscomplex van de bodem. In de zomer is er wel een vrij snelle omzetting van ammonium naar nitraat door nitrificatie in de bodem.

### Langzaamwerkende minerale meststoffen

Langzaamwerkende meststoffen worden gebruikt om enerzijds het "zouteffect" als gevolg van het toedienen van een hoge dosis meststof voor planten tegen te gaan en voeding ter beschikking van het gewas over de ganse groeiperiode te voorzien en voor te zorgen dat uitspoeling van voedingselementen tot een minimum beperkt wordt. Er zijn vier processen die zorgen voor een langzame afgifte van voedingsstoffen uit meststoffen (NMI 2000):

- Lage oplosbaarheid van de meststof in de bodem;
- langzame afbraak van de meststof door micro-organismen in de bodem (biodegradatie);
- coating van de meststof;
- toevoeging van remstoffen van natuurlijke bodemprocessen aan de meststof;

### Meststoffen met een lage oplosbaarheid in de bodem

De chemische vorm waarin de voedingsstoffen in een meststof aanwezig zijn bepaalt de oplosbaarheid in water of bodemoplossing. Ureum-aldehyde-componenten in meststoffen zijn de meest bekende langzaam oplosbare stikstofvormen. Isobutylen-dureum ( $C_6H_{12}O_2N_2$ ) (Isodur) is een voorbeeld van een ureum-aldehyde-component welke gebruikt wordt als toevoeging aan stikstofmeststoffen of aan NK- of NPK- meststoffen (merknamen: bv. Floramid). Floramid permanent bevat bv. 40 % van de stikstof onder de vorm van Isodur. Isodur lost niet op in koud water, waardoor dit praktisch niet uitspoeld. De afbraak van deze meststof wordt beïnvloed door het vochtgehalte en de temperatuur van de bodem. Stijging van beide leidt tot een snelle re hydrolyse.

Deze meststof is veel gebruikt als meststof voor de teelt van sla, zowel in open lucht als onder glas. Eveneens heeft deze meststof toepassing in andere tuinbouwsectoren, o.a. openbaar groen.

### Langzame afbraak van de meststof door micro-organismen in de bodem (biodegradatie).

De belangrijkste groep van meststoffen die tot deze groep behoren zijn de organische mesten. Het gebruik van organisch mest heeft 2 functies, aanbreng van organische stof en levering van voedingselementen. Organisch mest is een samengestelde meststof die bepaalde hoeveelheden van verschillende plantenvoedingsstoffen bevat. De meststoffen in organische mest zijn slechts ten dele in direct opneembare minerale vorm aanwezig. In organische mest komen ook veel organische verbindingen voor die de planten niet kunnen opnemen. Die organische verbindingen moeten eerst worden gemineraliseerd ('verteerd'), voornamelijk door bacteriën en schimmels. De snelheid van mineralisatie hangt enerzijds af van de afbreekbaarheid van de organische bindingen in de mest en anderzijds van de bodem zelf, ondermeer van de hoeveelheid vocht die in de bodem aanwezig is en van de bodemtemperatuur (weersafhankelijk).

Het oordeelkundig gebruik van organische mest hangt af van de samenstelling van de mest maar ook van het bodemtype, de voedingsstoestand van de bodem, het gewas, het bemestingsstijp en de toedieningswijze.

Het kennen van de samenstelling van de mest is de eerste stap in het rationeel gebruik van mest. De tweede stap is de dosis berekenen met behulp van een bemestingsadvies en de bemestingswaarde afgeleid van de mestsamenstelling. De dosis wordt afgestemd op de behoefte van de teelt en van de reserve aan voeding van het perceel en niet blindelings berekend als maximaal toegelaten gift binnen de normen. Deze manier van werken voorkomt problemen door overdosering zoals late afrijping en een laag suikergehalte bij suikerbieten, legering bij granen, moeilijke bewaring bij aardappelen.

De derde stap is het toedienen zelf op het geschikte tijdstip op een emissie-arme manier. Vóór het uitrijden van de mest, is het van belang dat de mest goed gehomogeniseerd wordt. Bij voorkur wordt uitgereden relatief kort voor het zaaien of planten. De ammoniakverliezen worden beperkt door een emissie-arme techniek te gebruiken (injectie, direct onderwerken, ...).

In de tuinbouw past het gebruik van diverse organische mesten binnen het gamma van optimale bemestingstechnieken en dit niet alleen voor de plantenvoeding maar ook voor het behoud of verbetering van de bodemstructuur.

#### **Meststoffen met een coating**

In het verleden zijn vele verschillende soorten coatings getest als omhulling voor stikstof- of NPK-meststoffen: asfalt, teer, latex, oliën, paraffine, kunsthar, polymere verbindingen, zwavel, alleen of in combinatie met elkaar. Tegenwoordig worden waxen, polymere verbindingen en zwavel als belangrijkste coating gebruikt.

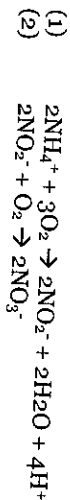
Ten aanzien van gecocate NPK-meststoffen zijn er in België zes merknamen bekend: Agrobien, Multicote, Multigro, Osmocote, Plantacote en Sierrablen. Bij Multigro- en sommige Plantacote-producten zijn niet alle korrels geccoat om ook een duidelijke startwerking van de meststof te verkrijgen. De coating van bovengenoemde producten bestaan uit een dun laagje kunsthar dat biologisch afbreekbaar is. De kunsthar fungeert als een membraan. Waterdamp dringt vanuit de bodem door het harstaagje in de korrels. Hierdoor lossen de voedingsstoffen in de korrels op en treden langzaam ten gevolge van diffusie naar buiten. Deze afgifte van de voedingsstoffen vindt onafgebroken plaats zolang er voldoende vocht aanwezig is.

De snelheid waarmee de voedingsstoffen vanuit de korrels worden afgegeven, wordt onder normale bodemonstandigheden uitsluitend bepaald door de temperatuur. Een stijging van temperatuur leidt tot een grotere afgifte van voedingsstoffen.

Gecocate meststoffen worden veel gebruikt in de sierplantenteelt, waar deze meststoffen in potgrond worden gemengd. In grond worden deze meststoffen ook toegepast bij de teelt van bv. aardbeien, waarbij deze meststoffen mee ingewerkt worden bij het aanmaken van de aardbedden. Eveneens worden gecocate meststoffen frequent gebruikt als bemesting van sportterreinen.

#### **Gebruik van nitrificatieremmers**

Meststoffen met toegevoegde remstoffen van natuurlijke bodemprocessen. Met dit soort meststoffen worden producten bedoeld waaraan een nitrificatieremmer is toegevoegd. Nitrificatieremmers zijn stoffen bedoeld om de omzetting van ammoniumstikstof naar nitraatstikstof in de bodem, nitrificatie genoemd, te vertragen. Dit proces verloopt als volgt:



Het eerste proces wordt door de Nitrosomonas-bacterie en het tweede proces door de Nitrobacter-bacterie uitgevoerd. De werking van nitrificatieremmers berust op het feit dat deze stoffen de Nitrosomonas-bacterie in haar werking remmen. De werking van nitrificatieremmers wordt beïnvloed door de pH en de temperatuur van de bodem.

Naast geringere uitspoelingsverliezen van stikstof, in de vorm van ammonium, worden als voordelen van het gebruik van nitrificatieremmers genoemd: minder kans op stikstofinloop in de groente en voedergewassen en de mogelijkheid om een meststof ineens te geven en voor het groeiseizoen toe te dienen. Nitrificatieremmers kunnen niet alleen als minerale meststoffen worden toegevoegd, maar ook aan dierlijke fosfaat (DMPP) welke aanwezig is in de meststof Entec. De meststof bevat een vrij hoog aandeel ammonium (18,5 %  $\text{NH}_4\text{-N}$  + 7,5 %  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) welke door de nitrificatieremmer vertraagd omzet naar nitraat-N. Dit maakt dat deze meststof, zeker op doorlaatbare zandgronden, minder gevoelig is aan uitspoelen. Het gelokaliseerd toedienen van dit type meststof, hetzij bandbemesting, hetzij als rijenbemesting biedt mogelijkheden om de toegevoegde minerale stikstof te verminderen op percelen met een hoge mineralisatiecapaciteit, zonder kwaliteits- en opbrengstverlies van de groenten. De minerale stikstof is dan echter wel niet homogeen in de bouwlaag aanwezig. Dit heeft tot gevolg dat voor meting van de reserve aan nitraat- en ammoniumstikstof, om te weten of er bijbemest moet worden tijdens de teelt, het van groot belang is dat zowel tussen de rij als in de plantentij bemonsterd wordt.

Via het gebruik van traagwerkende meststoffen zijn er dus mogelijkheden om het mineraal N-aanbod in de bodem beter af te stemmen op de actuele N-behoefte van de gewassen en de N-verliezen tijdens het groeiseizoen te beperken. Bijkomend onderzocht is aangewezen om vanuit de bestaande ervaringen nog betere adviezen te kunnen formuleren met het oog op het beperken van het nitraatresidu. Daarnaast blijft ook het gegeven dat traagwerkende meststoffen merkbaar langer duren dan conventionele meststoffen

#### **4. POSITIONERING VAN DE MESTSTOFFEN**

Hoewel het bodemprofiel meestal aanzienlijke reserves aan voedingselementen herbergt, blijken deze pools vaak niet vlot bereikbaar voor de plantwortels. Nietraatstikstof aanwezig beneden de bewortelingsdiepte van de gewassen en ook gedeeltelijk deze tussen de plantrijen kan niet door de planten opgenomen worden en blijft aldus tijdens het groeiseizoen grotendeels in het bodemprofiel achter. Daarom kan de juiste plaatsing van (stikstof)meststoffen een belangrijke maatregel vormen bij de

reductie van het nitraatresidu in handbouwbodems in het najaar. Wanneer de meststoffen dicht genoeg bij de planten wordt aangebracht, zijn deze voldoende bereikbaar voor de plantengroei terwyl de totale toegevoegde dosis per hectare laag kan worden gehouden.

Algemeen kunnen vier types van geplaatste bemesting worden onderscheiden, namelijk:

- bandbemesting;
- rijbemesting;
- puntbemesting;
- plantgatbemesting.

### Bandbemesting

Bij bandbemesting wordt de stikstof in een relatief brede band in de bodem ingewerkt (5 tot 10 cm diep), waarna in deze N-rijke band wordt gezaaid of geplant. Deze techniek kan in hoofdzaak gebruikt worden voor gewassen die tamelijk dicht bij elkaar staan in de rij, maar een relatief grote tussenrijafstand hebben. Op die manier wordt de hoeveelheid N tussen de rijen beperkt (enkel N-mineralisatie) en kan ook de uitspoeling tot een minimum beperkt worden.

### Rijbemesting

Bij rijbemesting wordt de stikstof 5 à 10 cm naast de plant en 5 tot 10 cm in de bodem ingewerkt. Dit kan zowel éénzijdig als tweezijdig gebeuren. Ook voor deze techniek is het belangrijk dat de planten relatief dicht bij elkaar staan in de rij, terwijl de tussenrijafstand groot is. Op die manier kunnen de planten ten volle van deze in de rij geplaatste meststoffen gebruik maken en kan de uitspoeling eveneens tot een minimum beperkt worden.

In de periode 1998-2002 voerde het POVLT in samenwerking met de teeltbegeleidingsdienst van velling REO vergelijkend onderzoek om het effect van rijbemesting bij vollegrondsgroenten te bestuderen (project 2078, Bandbemesting bij vollegrondsgroenten, gerapporteerd op [www.povlt.be](http://www.povlt.be)). In deze proeven werd vooral gewerkt met toediening op prei van vloebare en vaste Ureum Ammonium Nitraat (UAN 30%N) en ook met de meststof Entec (26% N met nitrificatieremmer). Via intensieve bemestering werd vastgesteld dat de omzetting van ammonium tot nitraat bij injectie van vloebare meststof een drittel weken in beslag nam, deze van het zuurdere Ureum Ammonium Sulfaat 4 à 5 weken. Indien in deze periode toevallig overvloedige neerslag valt resulteert dit in een verlaagd uitspoelingsrisico. De stikstof blijft zich bovendien eerder traag in het profiel te verspreiden. Qua opbrengst bleken de verschillen tussen breedwerpig toedienen en toedienen of injecteren in stroken of rijen zeer gering te zijn, al ging gemiddeld de voorkeur uit naar toediening in rijen. Op onbemeste percelen daarentegen viel de opbrengst duidelijk lager uit dan op bemeste percelen. Naar kwaliteit (Bladkleur) scoorden Entec en het mengsel Ureum/Ammoniumnitraat beter wanneer deze werden toegevoerd in rijen. Noch op het vlak van inwendige kwaliteit (droge stofgehalte en totale stikstofinhoud) noch qua houdbaarheid werden duidelijke verschillen genoteerd tussen de onderzoeksobjecten. De reststikstof bleek duidelijk hoger te liggen op de onbemeste en onbeplante percelen, het laagst op de onbemeste beplante velden. Percelen met rijbemesting bleken een lagere reststikstof te vertonen dan de breedwerpig bemeste percelen. Algemeen blijkt de hoeveelheid reststikstof evenwel meer af te hangen van de toegevoerde hoeveelheid dan van de manier van toediening.

### Punt- en plantgatbemesting

Bij punt en plantgatbemesting wordt de stikstof op nog slechts 1 plaats geconcentreerd toegevoerd, nl. direct in het plantgat (plantgatbemesting) ofwel net naast de plant. In beide gevallen wordt dan geen volledige rij of band naast of onder de plant in de bodem ingewerkt, waardoor men de hoeveelheid niet-benutte stikstof verder probeert te reduceren. Deze technieken kunnen van belang zijn bij gewassen met zowel een grote afstand tussen de planten in de rij als bij gewassen met een grote tussenrijafstand.

Hoewel de plaatsing van meststoffen geen nieuwe techniek is (Prummel, 1957), wordt zij recent terug opgenomen in proeven met groentegewassen. Groentegewassen worden typisch op rijen geteeld en hebben vaak een grote tussenrijafstand (vb. kolen), waardoor het gericht plaatsen van de bemestingsdosis een aantal voordelen kan hebben:

- uniforme verdeling van de meststoffen;
- meststoffen blijven langer onder ammoniakale vorm,
- bemesten gebeurt gelijktijdig met zaaien of planten of m.a.w. er is geen periode van braak waarin drainageverliezen belangrijk kunnen worden;
- plantengroei zit dicht bij de meststoffen en kunnen deze voorraad volledig uitputten.

Ook hier moet echter gesteld dat deze technieken niet steeds een beter resultaat opleveren dan bij breedwerpig toegevoerde meststoffen. Dit komt doordat de wortels preferentieel deze meststoffenpool gaan opzoeken en op die manier de rest van het profiel minder gaan uitputten.

### Nauwkeurigheid rijbemesters

Heel wat groentelers hebben ondertussen geïnvesteerd in dergelijke technieken. Uit praktijktesten van het ILVO (Vangeyerle J. & D'hoop M., 2007) blijkt echter dat heel wat rijbemesters niet resulteren in een uniforme bemesting. Zowel voor totale dosis, verdeling tussen de rijen als voor de lengteverdeling worden grote afwijkingen vastgesteld. Veel factoren zoals type doseerrelamenten, aandrijving doseerrelamenten, doseeropening, reiniging, roerrelamenten... hebben een invloed op de goede werking van het toestel. Hiervoor met de individuele tuinder voldoende aandacht hebben en de nodige controles uitvoeren of laten uitvoeren.

## 5. BESLUIT

In deze bijdrage werd in detail besproken dat optimale bemestingstechnieken moeten gebaseerd zijn op a) kennis van de totale behoefte en het opnamepatron van de plant aan voedingselementen, b) de hoeveelheid voedingselementen, welke de bodem ter beschikking kan stellen, c) werking van de verschillende type van meststoffen, d) maximale implementatie van verfijnde toepassingstechnieken (band, rij, fertigatie via druppelbevloeiing...). In de praktijk wordt al hier al sterk op ingespeeld.

In het eindrapport van het onderzoeksoverzicht "Analyse van Nitraatresiduummetingen in de tuinbouw" werden in het kader van de nitraatresiduumproblematiek op basis van de verwerking van de enquêtes afgenomen bij de telers en de deskstudie naar de sector en het beleid de volgende aanbevelingen geformuleerd.

- De teler moet voor en tijdens het groeiseizoen kennis hebben van de minerale N-voorraad in het bodemprofiel
- De mogelijkheden van band- en rijenbemesting voor het beperken van de totale N-bemesting moeten verder onderzocht worden en de resultaten moeten de volledige doelgroep bereiken
- Streven naar een meer homogene bemesting: verbeterde afstelling van de meststoffenstrooiers, ook deze voor band- en rijenbemesting. Meer aandacht voor homogene organische bemesting (homogeen product en uniforme verdeling); de potentie van het toedienen in stroken van organische meststoffen, in lagere dosi's, voor teelten op bedden, dient nader onderzocht te worden
- Zorgen voor nog een betere informatie-doorstroming naar de individuele teler over de diverse factoren die de N-mineralisatie van bodemorganische stof, gewasresten en toegevoegde organisch mest op perceelsniveau beïnvloeden
- Verfijning van de N-advisering (op basis van bijkomend onderzoek) door nog sterker rekening te houden met de voorgeschiedenis van het perceel, waardoor een betere inschatting wordt gemaakt van het mineralisatiepotentieel van de verschillende fracties van de bodemorganische stof
- Bepaling van de optimale inplanting van vanggewassen (waaronder in de eerste plaats groenbemesters) in de gewasrotatie (aard, tijdstip van inzaai en inwerking, ...) rekening houdend met de specifieke vereisten op het vlak van teelttechniek, gewasbescherming, opbrengst, kwaliteit en algemene bedrijfsvoering, doel is het maximaal nastreven van een permanent begroeid perceel
- Voor gewassen met een hoog mineralisatiecijfer van de oogstresten zoals bloemkool, broccoli, doperwtren, spruitkool en andere kolen en relatief gemakkelijk verwijderbare oogstresten moet de mogelijkheid onderzocht worden om de gewasresten die in de huidige praktijk meestal worden achtergelaten op het veld te verwijderen en eventueel later onder vorm van compost te hergebruiken. Daarbij dient een financiële balans opgemaakt. Bij een vroeger oogst kan de groenbemester of de volgreelt de vrijkomende stikstof opnemen.
- Kritische evaluatie van het "Compendium voor staalname". In de diverse sectoren (vollegrondsgroenteteelt, aardbeien, sierteelt, boomkwekerijen) bestaan er specifieke opkweek- en bemestingsmethoden die moeilijk op een zelfde manier als de klassieke vollegrondsteelten kunnen beoordeeld worden. Als typische voorbeelden kunnen vermeld worden de opkweek van chrysanten in potten en de teelt van aardbeien. De klassieke aardbeitel wordt geplant in augustus waarbij de volgende twee maanden er een voldoende N-aanbod moet zijn om een goede bloemaanleg te realiseren. In vele regio's worden de aardbeien op met plastic belegde bedden geplant. De meststoffen worden voor het plastic leggen in de bodem (al of niet in de rij) onder de plastic ingewerkt. Onder deze plastic treedt in de winter slechts heel beperkte uitspoeling op zodat staalname in de periode 1/10 tot 15/11 op de bedden niet is aangewezen. Tussen de bedden is de grond niet begroeid vanaf reeds einde juli bij het leggen van de bedden. Aardbeien moeten immers geplant worden op voldoende aangezakte grond. Aangezien tussen de ruggen ook mineralisatie optreedt, geeft een staalname tussen de ruggen ook geen goed beeld van meststoffemanagement op het perceel.

Door de implementatie van deze aanbevelingen kunnen op korte en middellange termijn duidelijke verbeteringen op het vlak van de residu-beheersing worden bereikt. Daarentegen zullen steeds een aantal knelpunten (afrijkende weersomstandigheden en intrinsieke eigenschappen van bepaalde teelten) blijven bestaan, welke een specifieke nitraatresidunormering voor bepaalde tuinbouwgewassen rechtvaardigen.

1. Voor nog groeiende gewassen op het veld is een differentiatie van de nitraatresidunorm in functie van de staalnamedatum aangewezen, waarbij er naar gestreefd dient te worden om de staalname zo dicht mogelijk bij de oogstdatum te laten plaatsvinden. Meerdere gewassen (bijvoorbeeld prei, Chinese kool, broccoli, bloemkool, rode, witte, savooikool, knol- en bleekselder) kunnen bij goede weersomstandigheden in oktober nog een stikstofopname van 1,5 tot 2 kg N/ha/dag realiseren. Op dertig dagen betekent dit 45-60 kg N/ha. Daarnaast is er natuurlijk bij dergelijke weersomstandigheden ook de stikstofmineralisatie die verder gaat en de opname gedeeltelijk compenseert. Het is dan ook logisch dat het nitraatresidu bij bepaalde nog groeiende gewassen op 1 oktober op een hoger niveau zal liggen dan op 15 november. De differentiatie van het nitraatresidu in functie van de staalnamedatum zou er in kunnen bestaan dat de 90 kg N/ha dient gespecieerd te worden bij een staalname in november maar dat in oktober bij een grootpercelen de staalname wordt gedefinieerd. Anderzijds kan voor deze percelen de staalname worden ingesteld tot in november.
2. Voor de effectieve landbouwkundige interpretatie van het op perceelsniveau gevoerde N-beheer in de groenteteelt en sierteelt is het voor de beoordeling van het nitraatresidu voor de afgelopen teelt meer aangewezen om de bewortelde zone in rekening te brengen dan wel steeds de volledige laag van 0-90 cm. In dit opzicht kan verwezen worden naar de simpluscurve welke ook is opgesteld voor de bewortelde zone. Het gedeelte van het nitraatresidu (0-90 cm) dat aanwezig is in de beoortelde zone kan als extra element meegenomen worden bij de beoordeling van een specifiek perceel. Dit kan per type van gewas apart gedefinieerd worden. Bijkomende elementen voor interpretatie van het nitraatresidu zijn bijvoorbeeld de resultaten van tussentijdse staalnames voor de bepaling van de minerale N-reserve tijdens het groeiseizoen om tijdige bijsturing van de bemestingsstrategie mogelijk te maken en doorspoeling naar de diepere lagen te vermijden. Hiertoe is het beoordeelbaar dan ook belangrijk dat staalnames in augustus-september voor het beoordeelbaar van de bemestingsgraad dan ook tot 90 cm worden genomen.
3. Het tellen van een diepwortelend gewas (vb wintergranen, suikerbieten, spruitkool) na een hoge overschrijding van de nitraatresidunorm zou meer moeten aanbevolen worden. Deze gewassen kunnen namelijk tijdens het volgende groeiseizoen een deel van de uitgeloopte stikstof recupereren. Het inzetten van een diepwortelend gewas met bepaling van een bemestingsadvies op basis van de minerale N-voorraad in het bodemprofiel in het voorjaar zou als begeleidende maatregel kunnen geïmplementeerd worden in plaats van de verplichting tot het op eigen initiatief uitvoeren van drie nitraatresidumetingen. Bij toepassing van deze maatregel dient de teler qua gewaskeuze over een zekere vrijheid te blijven beschikken vermits niet alle diepwortelende gewassen een plaats kunnen vinden in de bedrijfsvoering omwille van technische en/of economische redenen. Wintergranen bijvoorbeeld zijn omwille van de timing niet inpasbaar in elk teeltplan terwijl suikerbieten gebonden zijn aan een quatum en er voor deze teelt enkel nog meer concentratie kan verwacht worden. Daarnaast kan het inlassen van bepaalde teeltesteringingen vergen op het vlak van machines, perceelsgrootte, toelevering en afzet, technische kennis, ... die gevolgen hebben voor de leefbaarheid van de onder-

nering. Het verplicht afvoeren van oogstresten kan ook toegevoegd worden aan de keuzemogelijkheden van de tuintier.

4. Naar interpretatie van de nitraatresidu's in de groenteteelt kan de gedetailleerde opvolging van een reeks referentiepercelen (diverse teelten, geografische spreiding) nuttige informatie verschaffen. Belangrijk hierbij is dat deze referentiepercelen de praktijksituatie maximaal reflecteren zowel op het vlak van de toegepaste technieken als van grondsoort, klimaat en perceelshistoriek.

5. Implementeren van een lastenboek "engagement nitraat" waarvoor de teler kan opteren in plaats van de nu in het decreet voorziene boetes en begeleidende maatregelen. Hierbij kan onderzocht worden in welke mate dit engagement kan opgenomen worden in bestaande lastenboeken en audits. Dit lastenboek (of onderdeel van lastenboek) kan in overleg met de sector (Task Force tuinbouw, proefuinen, ...) worden opgesteld en een pakket van maatregelen omvatten zoals bijvoorbeeld:
  - optimaliseren van de bemesting op basis van regelmatige staalname
  - afvoeren van oogstresten bij laat geoogste gewassen
  - aanpassen van de teeltrotatie met opname van diepwortelende gewassen
  - gewaskeuze in functie van de voorjaarsreserve in de diepere bodemlagen

## 6. GERAADPLEEGDE WERKEN

Bodemkundige Dienst van België en UGent (2008) "Analyse van Nitraatresiduen in de tuinbouw" Eindrapport van de studie (VLM/MESTBANK/TWOL2006/MB2006/4) in opdracht van VLM Afdeling Mestbank

Bries J., 1993. De multifactoriële aanpak van N-bemestingsadviezen. Studiedag Bodemkundige Dienst van België: "Bodemvruchtbaarheid en gerichte bemesting".

Deckers, S. (2007). Studieavond in Veiling REO: Impact van het nieuwe mestdecreet op de glastuinbouw.

Geypens M. et al. (1989) Bemex, programma en handleiding. Interne publicatie van Bodemkundige Dienst van België welke voortdurend wordt aangevuld op basis van onderzoeksresultaten.

Geypens M. (1992) Economische en ecologische aspecten van bemestingsadviezen. Studiedag Bodemkundige Dienst van België: "Bodemvruchtbaarheid en gerichte bemesting".

Landbouwrapport 2005. Vlaamse Overheid, Departement Landbouw en Visserij.

Mertens, J. (2005). Studie van de zwavel dynamiek in de bodem en de zwavel beschikbaarheid voor de plantengroei. Bodemkundige Dienst van België. Eindrapport IWT-project S6202.

NML, (2000). Handboek meststoffen

POVLT, project 2078. Bandbemesting bij vollegrondsgroenten.

Salomez, J., Pannier, J., Deneve, S., Hofman, G., Demuyttenaere, P., Verstegen, P., Vanparrys, I., & Sarrazyn, R. (1995). Het belang van de inbreng van groenteoogstresten.

ten. In: Geypens, M. & Honnay, J.P. (eds.) Landbouwkundige en milieugerichte functies van de organische stof in de bodem, I.W.O.N.L., 105-128.

Vandendriessche, H. et al. (1993). Perceelgeschiktheid voor de wortelteelt, voedings- toestand en bemesting. In brochure: Wiltloofteelt, Ministerie van Landbouw.

Vandendriessche, H., Bries, J., Smeets, E., Vanongeval, L. & Geypens, M. (1994). Onderzoek naar een zo hoog mogelijk correlierend N-monitoringsysteem in relatie tot kwaliteitsaspecten van de teelt en aanvaardbare N-residu's. Comité voor toegepaste bodemkunde (1993-1995), Sectie 1: Bodemkundige Dienst van België

Vanden Auweele W., Boon W., Bries J., Coppens G., Deckers S., Elsen F., Mertens J., Vandendriessche H., Ver Elst P., Vogels N., 2004. De chemische bodemvruchtbaarheid van het Belgische akkerbouw- en weilandareaal 2000-2003. BDB-VMM-ALT.

Vangeyte J., D'hoop M., (2007). Testen en afstellen van rijenbemesters en volleeldstrooiers in de groenteteelt. Brochure bemestingsbonlevard voor de vollegrondsgroenteteelt 31.08.2007.