

Precisiebemesting met organische mest bij aardappel op zavelgrond

Precisiebemesting met organische mest bij aardappel op zavelgrond

Rapportage van veldexperimenten op de Lovinkhoeve in 2001

F.B.T. Assinck

Alterra-rapport 624

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002

REFERAAT

Assinck, F.B.T., 2002. *Precisiebemesting met organische mest bij aardappel op zavelgrond; Rapportage van veldexperimenten op de Lovinkhoeve in 2001*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 624. 38 blz. 8 fig.; 4 tab.; 19 ref.

Op een zavelgrond is door middel van een veldproef onderzocht of het dichter bij de gepote aardappels (poters) plaatsen van organische mest tot een verbetering leidt van de stikstofopname bij aardappels en dus tot een betere benutting van de mest ten opzichte van de gangbare praktijksituatie. In tegenstelling tot eerder onderzoek heeft deze vorm van plaatsing geen positief effect gehad in deze studie. De productie van aardappels (versgewicht) en de stikstofopname zijn afgenomen en er is meer minerale stikstof achtergebleven in het bodemprofiel aan het einde van het groeiseizoen. De wortels hebben zich minder verdeeld in de bodem.

Trefwoorden: aardappel, N_{\min} , opbrengst, organische mest, precisiebemesting, mineralisatie, stikstofbalans, stikstofopname, wortelgroei, zavelgrond

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 13,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 624. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Materiaal en methoden	13
2.1 Proefvelden	13
2.2 Meteorologische waarnemingen	13
2.3 Grondwaterstands- en vochtgehaltemetingen	14
2.4 Samenstelling van de organische mest	15
2.5 N _{min} -metingen in het bodemprofiel	15
2.6 Gewas	15
3 Resultaten en discussie	17
3.1 Meteorologische gegevens	17
3.2 Vochttoestand in de bodem	17
3.3 Samenstelling van de organische mest	19
3.4 Stikstof in de bodem	20
3.5 Gewas	21
3.6 Wortelontwikkeling	23
3.7 Stikstofbalans & mineralisatie	24
3.8 Effect van plaatsing van de organische mest	25
4 Conclusies	27
Referenties	29
<i>Aanhangsels</i>	
1 Overzicht van de werkzaamheden	31
2 Weer op de Lovinkhoeve in 2001	33
3 Volumetrische vochtgehalten	35
4 Aannamen bij de berekening van de hoeveelheid N in de bodem	37

Woord vooraf

Dit onderzoek is uitgevoerd onder het DLO-onderzoeksprogramma 342 '*Biologische landbouw*' (Alterra-projectnummer 10209), dat is gefinancierd door de Directie Wetenschap en Kennisoverdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Met dank aan Eduard Hummelink, Gerbert Kets (Alterra), Gerard Brouwer en Andries Siepel (Plant Research International) voor het installeren van de meetapparatuur, het uitvoeren van bemonsteringen en laboratoriumanalyses en het verzorgen van de proefvelden. Mijn dank gaat ook uit naar Peter de Willigen, Bram de Vos en Marius Heinen (Alterra) voor het kritisch becommentariëren van het concept.

Samenvatting

Uit eerder onderzoek is gebleken dat plaatsing van mest een positief effect kan hebben op de opbrengst van gewassen, die geteeld worden in ver uit elkaar liggende rijen en/of voor gewassen met een slecht ontwikkeld wortelstelsel. Op een zavelgrond met een laag bemestingsniveau is door middel van een veldproef onderzocht of het dichterbij de gepote aardappels (poters) plaatsen van organische mest tot een verbetering van de stikstofopname bij aardappels en dus tot een betere benutting van de organische mest leidt.

Bij het dichterbij de poters plaatsen van de organische mest is er meer minerale stikstof achtergebleven in de bodem aan het einde van het groeiseizoen in vergelijking met de gangbare praktijksituatie.

Bovendien is op het plaatsings-proefveld 7% minder aardappels geproduceerd (versgewicht) en 11% minder stikstof opgenomen ten opzichte van het praktijk-proefveld. Wel is er meer wortellengte geproduceerd, maar deze wortels hebben zich minder verdeeld in horizontale en verticale richting in het bodemprofiel.

Uit de stikstofbalansen blijkt dat op het praktijk-proefveld tijdens het groeiseizoen tenminste 40 kg N/ha gemineraliseerd is en op het plaatsings-proefveld tenminste 33 kg N/ha.

In tegenstelling tot eerder onderzoek heeft plaatsing van mest bij dit onderzoek op zavelgrond en tijdens een relatief nat jaar geen positief effect gehad. Het is niet uitgesloten dat op deze manier plaatsen van organische mest wel een positieve invloed heeft tijdens een droog groeiseizoen, op zandgrond of voor het veel minder mobiele fosfaat.

1 Inleiding

In de biologische landbouw worden organische meststoffen (en groenbemesters) gebruikt als mineralenbron voor gewassen. Het vrijkomen van de voedingsstoffen uit deze organische meststoffen in een voor de gewassen opneembare vorm wordt bepaald door vele factoren, onder andere bodemvochtgehalte en bodemtemperatuur. Voor een optimale benutting van de voedingsstoffen door het gewas en minimale verliezen naar het milieu, moet het tijdstip van vrijkomen van de opneembare voedingsstoffen zo goed mogelijk overeenkomen met de behoefte van het gewas. Behalve het tijdstip van vrijkomen is ook de positie van vrijkomen ten opzichte van de wortels van belang.

Dit plaats-aspect van bemesting is vooral interessant voor gewassen, die geteeld worden in ver uit elkaar liggende rijen en/of voor gewassen met een slechte verdeling van de wortels (in horizontale richting en in de diepte). Vooral kunstmest leent zich goed voor plaatsen omdat de samenstelling en het materiaal over het algemeen veel homogener zijn dan van organische meststoffen. Onder andere Prummel (1957), Knittel (1988) en Hofman *et al.* (1993) hebben onderzoek gedaan naar het effect van plaatsing van N- en/of P-kunstmest op de gewasontwikkeling. Schröder *et al.* (1997) hebben onderzoek gedaan naar plaatsing van organische mest (rundvee) bij maïs. Zij constateerden een positief effect op de opbrengst met name bij situaties zonder extra fosfaatgift bij de start van de proef.

In dit onderzoek is het effect van plaatsing van runderdrijfmest bij aardappel onderzocht. Vergeleken zijn een gangbare praktijksituatie en een situatie, waarbij de organische mest dicht bij de poters geplaatst is alvorens de volledige aardappelruggen op te bouwen. Onderzocht is of bij deze vorm van plaatsing de opname van stikstof en dus de benutting van de organische mest verbeterd kon worden. Het onderzoek richt zich dus op stikstof. Hoewel op zandgrond meer effect verwacht kan worden van precisiebemesting, is dit onderzoek uitgevoerd op de zavelgrond van de Lovinkhoeve. Op deze lokatie zijn namelijk al veel experimenten uitgevoerd, waardoor er veel basisgegevens (over het weer en de bodem) beschikbaar zijn. Dit rapport geeft een beschrijving van de uitgevoerde metingen en behaalde resultaten.

Een niet onbelangrijk nevendoeel van deze veldproef is om een complete dataset te verzamelen. Deze dataset kan gebruikt worden bij het toetsen van modellen, die organische stofdynamiek en water- en stoftransport in de bodem simuleren.

2 Materiaal en methoden

2.1 Proefvelden

De experimenten zijn uitgevoerd op akker 21 (kavel S38) van proefboerderij Dr. H.J. Lovinkhoeve (Marknesse). De bodem bestaat uit een zavelgrond en is gedraineerd op 1 m diepte. De drainafstand is 12 m.

Akker 21 is opgedeeld in drie organische stofblokken. De blokken ontvangen jaarlijks 'systematisch' verschillende hoeveelheden organische bemesting. Gekozen is voor het blok, waarop minder organische bemesting wordt toegediend dan gemiddeld in de praktijk normaal is voor biologische teelten (OM1). Het voordeel is dat het organische stofgehalte (de achtergrondwaarde) laag is, waardoor er maximale verschillen te verwachten zijn als gevolg van de plaatsing van mest.

Op het OM1-blok van akker 21 zijn twee proefvelden ingericht. De velden zijn van elkaar gescheiden door een overgangsstrook (zie figuur 1). Beide proefvelden hebben in de herfst 10 ton varkensdrijfmest per ha en vlak voor het opfrezen van de aardappelruggen 20 ton runderdrijfmest per ha ontvangen. Op proefveld 1 is de bemesting met de runderdrijfmest uitgevoerd volgens de praktijkmethode, d.w.z. toedienen van de mest op en vlakbij de rug. Vervolgens is de volledige aardappelrug opgebouwd. Op het plaatsings-proefveld (nr. 2) is de mest dicht bij de poters geplaatst door voor de bemesting de ruggen kleiner te maken. Na het toedienen van de mest op en vlakbij de rug is vervolgens ook de volledige aardappelrug opgebouwd.

Ten behoeve van onderzoeksdoeleinden mogen op akker 21 wel bestrijdingsmiddelen gebruikt worden ter voorkoming van ziekten als phytophthora. Op deze akker mag ook berekend worden ter voorkoming van vochttekorten. Dit in tegenstelling tot een groot gedeelte van de Lovinkhoeve die onder SKAL-controle staat ten behoeve van het EKO-keurmerk.

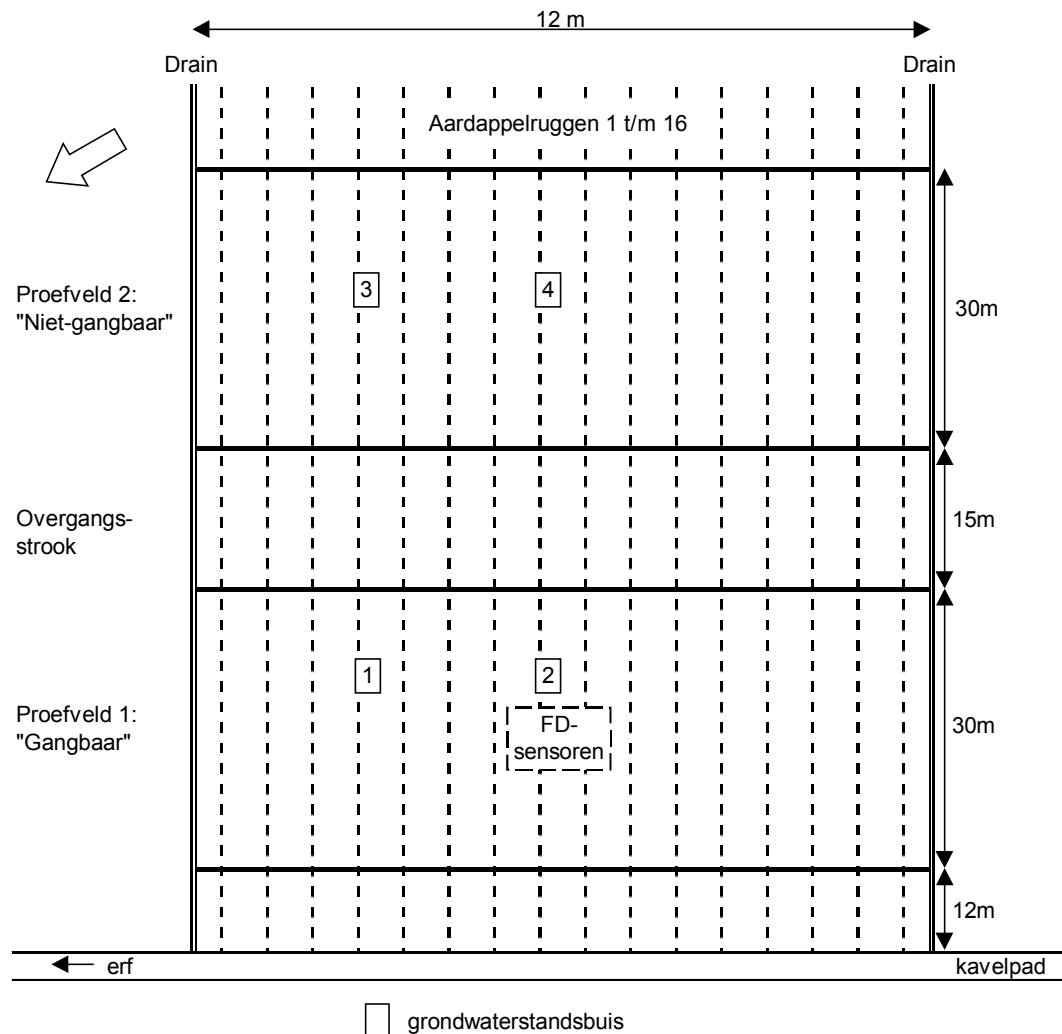
Aanhangsel 1 geeft een chronologisch overzicht van de belangrijkste werkzaamheden, die uitgevoerd zijn op de proefvelden in het kader van deze proef.

2.2 Meteorologische waarnemingen

Op de Lovinkhoeve bevindt zich een automatisch weerstation van het KNMI. Hier worden globale straling, temperatuur, waterdampdruk, windsnelheid en neerslag geregistreerd.

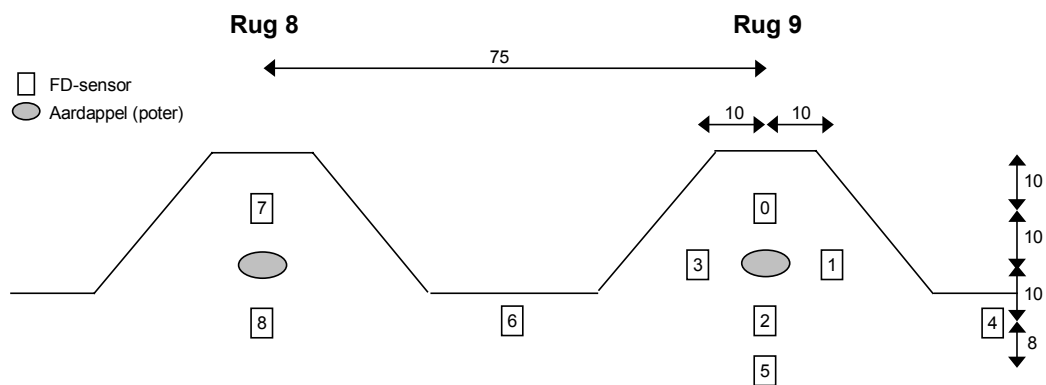
2.3 Grondwaterstands- en vochtgehaltemetingen

In elk proefveld zijn twee grondwaterstandsbuizen geplaatst op verschillende afstanden van de drain (zie figuur 1). Om de drie uur wordt in elke buis automatisch de grondwaterstand gemeten.



Figuur 1. Overzicht van de proefvelden op de Lovinkhoeve. Aangegeven is waar de grondwaterstandsbuizen en FD-sensoren geplaatst zijn. De pijl geeft het noorden aan.

Op verschillende posities in twee aardappelruggen van het praktijk-proefveld zijn 'Frequency Domain'-sensoren geplaatst (Hilhorst, 1998). De posities van deze FD-sensoren in de aardappelruggen zijn weergegeven in figuur 2. Uit de gemeten diëlektrische constante (elk uur) kan via een ijklijn het volumetrische watergehalte bepaald worden. Met deze sensoren wordt ook de bodemtemperatuur gemeten.



Figuur 2. Posities van de FD-sensoren in aardappelrug 8 en 9. De getallen bij de pijlen geven de afstanden in cm weer.

2.4 Samenstelling van de organische mest

De samenstelling van de gebruikte varkens- en runderdrijfmest is onderzocht aan de hand van (mest)monsters. Bepaald zijn de gehalten aan organische stof (OS), totaal stikstof (N_{tot}), ammonium-stikstof ($N-NH_4$), fosfaat (P_2O_5) en kalium (K_2O).

2.5 N_{min} -metingen in het bodemprofiel

Na het poten - ruim (10 dagen) voor de bemesting met runderdrijfmest - en na elke proefvoogst zijn van diverse lagen in de bodem de minerale stikstofgehalten (N_{min}) bepaald. Hiervoor is per proefveld en per bodemlaag een mengmonster samengesteld uit 15 willekeurig geplaatste gutsboorsteken (diameter gutsboor is 2 cm). De bemonsterde bodemlagen bevinden zich op een diepte van 0-10, 10-20, 20-30, 30-60 en 60-90 cm ten opzichte van de bovenkant van de aardappelrug. De eerste monsternamen vormen hierop een uitzondering. Hierbij is bemonsterd in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm vanaf het maaiveld. De N_{min} -gehalten in de mengmonsters zijn bepaald volgens de KCl-methode.

2.6 Gewas

Op elk proefveld zijn vijf proefvoogsten verricht. Van zowel de bovengrondse als ondergrondse delen van elke proefvoogst zijn het versgewicht, het droge stofgehalte en het totaal stikstofgehalte (N_{tot}) bepaald. De proefvoogsten zijn uitgevoerd op verschillende momenten tijdens het groeiseizoen, namelijk (1) bij knolzetting, (2) bij een nagenoeg gesloten bladerdek, (3) bij het begin van de bloei, (4) bij het doodbranden van het loof en (5) bij de eind oogst. Ten behoeve van de proefvoogsten is elk proefveld ingedeeld in 5 achter elkaar gelegen subveldjes. Elke proefvoogst is verricht in 10 aardappelruggen (2 ruggen per subveldje) over een lengte van 2 m. Het

geogste oppervlak per proefoogst is (dus) 15 m². Het N_{tot}-gehalte is geanalyseerd volgens de DUMAS-methode.

De verdeling van de wortels in de bodem is op beide proefvelden bepaald aan de hand van boormonsters. Na het spoelen van deze monsters volgens de standaardprocedure, is de wortellengtedichtheid vastgesteld met behulp van een ijklijn. De boormonsters zijn genomen tijdens de 3^{de} proefoogst. Net voor de bloei is de hoeveelheid levende wortels maximaal. Daarna kan de worteldiepte nog wel iets toenemen, maar zal de afsterving van wortels ook toenemen. De aanwezigheid van dode wortels bemoeilijkt de gebruikte analysemethode (pers. comm. G. Brouwer). De boormonsters zijn genomen op twee bemonsteringsplekken binnen elk proefveld. Elke bemonsteringsplek bestaat uit 3 naast elkaar geplaatste boorgaten, namelijk één boorgat net naast de plant, één boorgat tegen de middenlijn aan tussen twee ruggen en één tussen de twee eerder genoemde boorgaten. In elk boorgat zijn 6 monsters genomen met een laagdikte van 10 cm.

3 Resultaten en discussie

3.1 Meteorologische gegevens

De neerslagsom per maand en de maandgemiddelde temperatuur van 2001 zijn weergegeven in tabel 1. In deze tabel zijn tevens de 'normalen' van hetzelfde automatische KNMI-weerstation (Marknesse) weergegeven. De 'normalen' zijn door Heijboer & Nellestijn (2002) berekend voor de periode 1971-2000.

Tabel 1. De neerslagsom per maand en de maandgemiddelde temperatuur van 2001 op de Lovinkhoeve. Bovendien zijn de bijbehorende 'normalen' voor de periode 1971-2000 weergegeven.

Maand	Neerslagsom (mm)		Gemiddelde temperatuur (°C)	
	2001	normaal	2001	normaal
januari	56,0	65,4	2,1	2,3
februari	80,8	45,1	3,6	2,5
maart	70,1	61,3	4,1	5,3
april	74,1	43,6	7,9	8,0
mei	39,4	59,0	13,7	12,4
juni	67,0	81,5	14,5	14,9
juli	78,0	72,4	17,8	17,0
augustus	108,1	64,8	18,1	16,9
september	175,4	76,5	13,3	14,0
oktober	62,1	77,2	13,9	10,0
november	95,3	80,3	7,3	6,0
december	67,6	76,0	2,9	3,6
Jaar	973,9	803,1	9,9	9,4

Het jaar 2001 was op de Lovinkhoeve een nat jaar, met name in de maanden februari, april, augustus en september. Daarnaast was het in 2001 iets warmer dan normaal, gemiddeld 0,5 °C. Met name oktober is verantwoordelijk voor het verhoogde jaargemiddelde. In oktober was het bijna 4 °C warmer dan normaal. Omdat oktober buiten het groeiseizoen van deze teelt valt, heeft de hoge temperatuur in deze maand geen invloed op de behaalde resultaten.

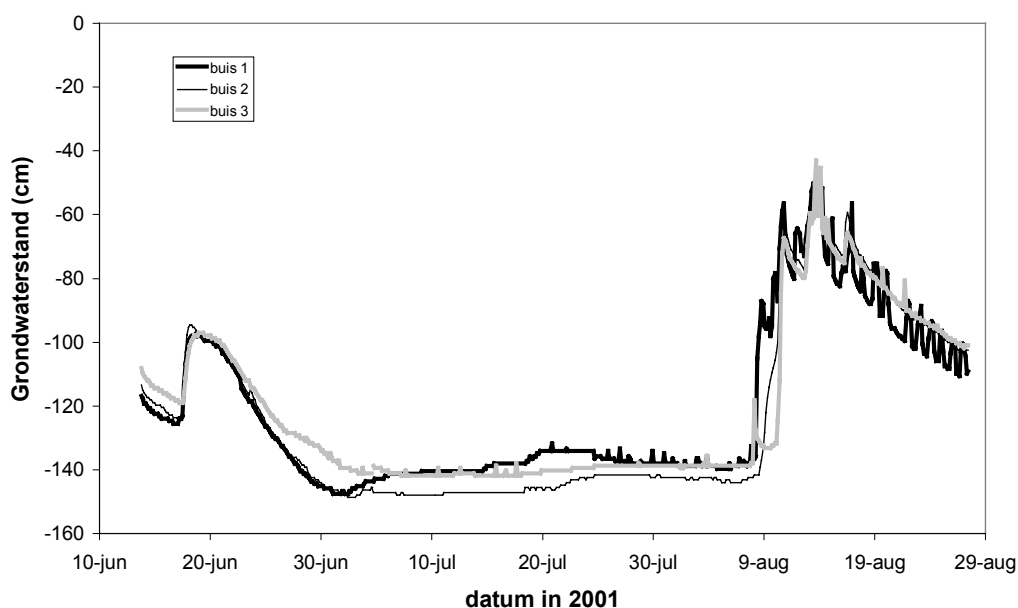
In aanhangsel 2 zijn de dagelijks op de Lovinkhoeve gemeten neerslag, globale straling, minimum en maximum temperatuur grafisch weergegeven voor de periode mei – augustus 2001.

3.2 Vochttoestand in de bodem

In figuur 3 zijn de gemeten grondwaterstanden weergegeven. De resultaten van grondwaterstandsbuis 4 zijn uit figuur 3 weggelaten omdat de buis tijdens het grootste gedeelte van de proef niet gefunctioneerd heeft. Ten tijde van zijn functioneren waren de resultaten vergelijkbaar met buis 2.

Buis 1 en 3 bevinden zich op dezelfde afstand van een drain in verschillende proefvelden. Hoewel het verloop van de grondwaterstand in beide buizen globaal hetzelfde is, is de dynamiek in buis 1 groter dan in buis 3. Bovendien lijken veranderingen in de grondwaterstand in buis 3 trager tot stand te komen.

Tot 9 augustus bevinden de grondwaterstanden in de buizen zich op of onder het drainniveau (± 1 m). Van 9 tot 19 augustus bevinden ze zich duidelijk boven het drainniveau om er daarna weer onder te zakken. Tijdens de meetperiode zijn de omstandigheden nooit zodanig nat geweest, dat er duidelijke verschillen in grondwaterstanden ontstaan zijn tussen buizen op 2,8 m (buis 1 en 3) en 5,8 m (buis 2) van de drain.



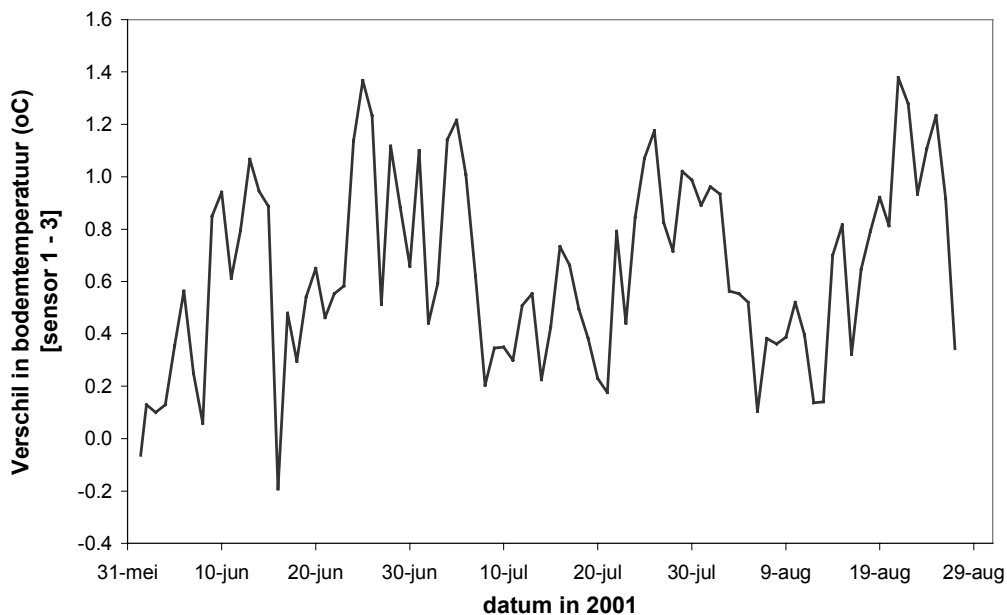
Figuur 3. Grondwaterstanden op 2,8 m (buis 1 en 3) en op 5,8 m (buis 2) van de drain in 2001. De drain ligt op ongeveer 1 meter diepte.

In aanhangsel 3 zijn de gemeten volumetrische vochtgehalten weergegeven als functie van de tijd. FD-sensoren, die op dezelfde diepte ten opzichte van de bovenkant van de rug zitten (zie figuur 2), zijn in dezelfde grafiek weergegeven. Zonder in te gaan op de details van de meetresultaten van de individuele FD-sensoren is een aantal conclusies te trekken.

Het volumetrische vochtgehalte neemt toe met de diepte. De fluctuaties nemen dan echter af. Gezien de waarden van de vochtgehalten ter hoogte van de poter (sensor 1 en 3) en de waterretentie-karakteristiek van de bodem (De Vos, 1997) is het niet te verwachten, dat er te droge (groeibeperkende) omstandigheden geweest zijn. Mogelijk is hierdoor ook het effect van de precisiebemesting 'minder uit de verf' gekomen. Onder droge omstandigheden is er namelijk eerder effect te verwachten van precisiebemesting, omdat de voedingsstoffen dan minder ver naar het gewas getransporteerd hoeven te worden. Onder droge omstandigheden is de

transportsnelheid naar het gewas toe namelijk kleiner en zal de transportafstand dus belangrijk worden.

Sensor 1 en 3 zitten op dezelfde diepte in dezelfde rug. Toch is het vochtgehalte bij sensor 1 systematisch lager dan bij sensor 3. De rugkant bij sensor 1 ontvangt meer directe straling ('zuid'-kant van de rug), waardoor er meer water verdampt en het vochtgehalte dus lager is. Uit figuur 4 blijkt namelijk dat de bodemtemperatuur bij sensor 1 over het algemeen hoger is dan bij sensor 3.



Figuur 4. De bodemtemperatuur bij sensor 1 min de bodemtemperatuur bij sensor 3 (gemiddeld over de dag) als functie van de tijd.

3.3 Samenstelling van de organische mest

Op 15 september 2000 en op 26 mei 2001 is bemest met respectievelijk 10 ton varkensdrijfmest per ha en 20 ton runderdrijfmest per ha. In tabel 2 is aangegeven hoeveel organische stof (OS), totaal stikstof (N_{tot}), ammonium-stikstof ($N-NH_4$), fosfaat (P_2O_5) en kalium (K_2O) per ha met deze mestgiften is gegeven.

Tabel 2. Hoeveelbeden organische stof (OS), totaal stikstof (N_{tot}), ammonium-stikstof ($N-NH_4$), fosfaat (P_2O_5) en kalium (K_2O), toegediend met varkens- en runderdrijfmest.

Mesttype	OS (kg/ha)	N_{tot} (kg/ha)	$N-NH_4$ (kg/ha)	P_2O_5 (kg/ha)	K_2O (kg/ha)
varkensdrijfmest	370	38	15	29	28
runderdrijfmest	1098	92	54	37	135

De samenstelling van de gebruikte runderdrijfmest komt vrijwel overeen met de samenstelling beschreven in het Handboek Melkveehouderij (Anoniem, 1997). De gehalten in de gebruikte varkensdrijfmest zijn lager dan bij gangbare varkensdrijfmest (vleesvarkens). Dit is te verwachten bij biologische mest. Beide gebruikte drijfmest-

soorten bevatten verhoudingsgewijs weinig stikstof danwel veel fosfaat (zie Schröder & Van Leeuwen-Haagsma, 2002).

De totale N-gift (van september en mei samen) ligt met een waarde van 130 kg totaal N per ha duidelijk onder de richtlijn voor de betreffende grond. De richtlijn komt, rekening houdend met de hoeveelheid N_{min} in het voorjaar in de laag 0 tot 60 cm, de knolkwaliteit en het milieu (Van Loon *et al.*, 1993), uit op ongeveer 180 kg stikstof per ha.

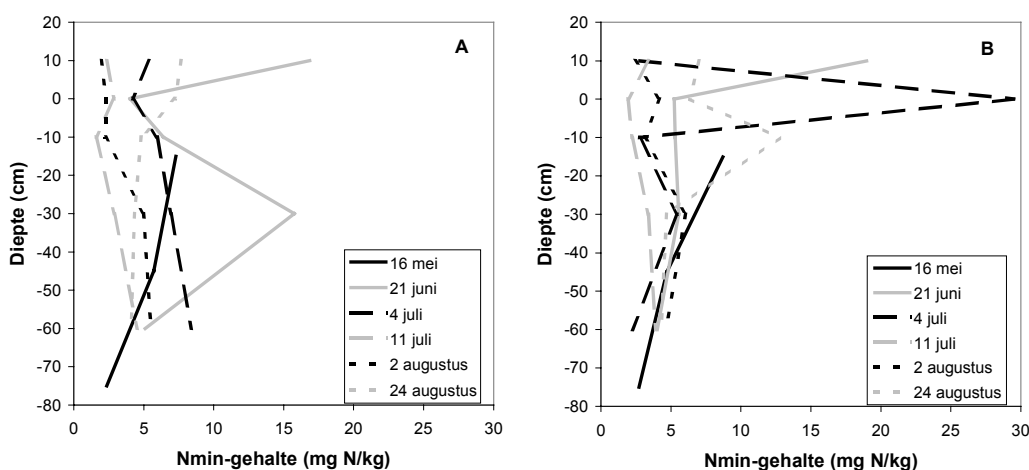
3.4 Stikstof in de bodem

In figuur 5 zijn de N_{min} -profielen weergegeven als functie van de diepte voor verschillende tijdstippen en beide proefvelden. De bemonsterde diepten zijn weergegeven ten opzichte van het oorspronkelijke maaiveld. Hierbij is aangenomen dat de bovenkant van de rug 15 cm boven het oorspronkelijke maaiveld ligt.

Gemiddeld genomen bestaat 80% van de minerale stikstof uit nitraat en is de resterende 20% ammonium. Incidenteel is de fractie ammonium veel hoger. Opvallend is dat twee van deze afwijkende waarden optreden bij hoge N_{min} -gehalten in de bodem, namelijk in het praktijk-proefveld (figuur 5A) op 21 juni op een diepte van -30 cm en in het plaatsings-veld (figuur 5B) op 4 juli op een diepte van 0 cm.

De N_{min} -profielen op 16 mei geven de situatie weer aan het begin van de proef. De verschillen tussen beide proefvelden zijn minimaal. Op 21 juni – de aardappels zijn reeds gepoot, bemest en de ruggen zijn opgebouwd - is een duidelijke toename van de hoeveelheid minerale stikstof in het bovenste deel van het profiel waar te nemen. Van 21 juni tot en met 11 juli is een afname te zien van de N_{min} -gehalten in het profiel als gevolg van onder andere gewasopname. Het N_{min} -gehalte neemt zelfs toe met de diepte op 11 juli. Op 2 augustus zijn de N_{min} -gehalten, vooral onderin het profiel, weer toegenomen. Waarschijnlijk is de mineralisatie van de organische stof als gevolg van de temperaturen in de tussenliggende periode hoger geweest dan de opname door het gewas. Na 2 augustus nemen de N_{min} -gehalten bovenin het profiel (verder) toe. De gemeten N_{min} -profielen komen overeen met waargenomen profielen tijdens een voorgaande aardappelteelt op dezelfde grond (De Vos & Heinen, 1999).

De totale hoeveelheid minerale stikstof in de bovenste 90 cm van het profiel is op 16 mei 60 en 63 kg N/ha voor respectievelijk het praktijk- en plaatsings-proefveld. Op het praktijk-proefveld daalt deze hoeveelheid naar 45 kg N/ha bij de eindogst. Op het plaatsings-proefveld is de hoeveelheid minerale stikstof bij de eindogst 56 kg N/ha. Bij het plaatsings-proefveld blijft aan het einde van de proef dus meer stikstof achter voor uitspoeling en andere verliesprocessen. Voor (aannamen bij) de berekening van de hoeveelheid stikstof in het profiel (in kg N/ha) wordt verwezen naar aanhangsel 4.



Figuur 5. N_{min} -gehalten als functie van de diepte voor verschillende data in 2001. Figuur A betreft het praktijk-proefveld en figuur B het plaatsings-proefveld.

3.5 Gewas

In figuur 6 is het versgewicht van het loof en de aardappels in de loop van de tijd weergegeven voor beide proefvelden. Zowel het loofgewicht als het gewicht aan aardappels is gedurende het gehele groeiseizoen op het praktijk-proefveld (veld 1) hoger dan op het plaatsings-proefveld (veld 2). De eind oogsten op het praktijk- en plaatsings-proefveld zijn respectievelijk 39 en 36 ton per ha. De fractie knollen groter dan 40 mm (consumptiemaat) is bij het plaatsings-proefveld 92% ten opzichte van 86% bij het praktijk-proefveld. Volgens Kessel *et al.* (2002) is een netto opbrengst van 30 ton per ha voldoende om rendabel te telen in een biologische vruchtwisseling.

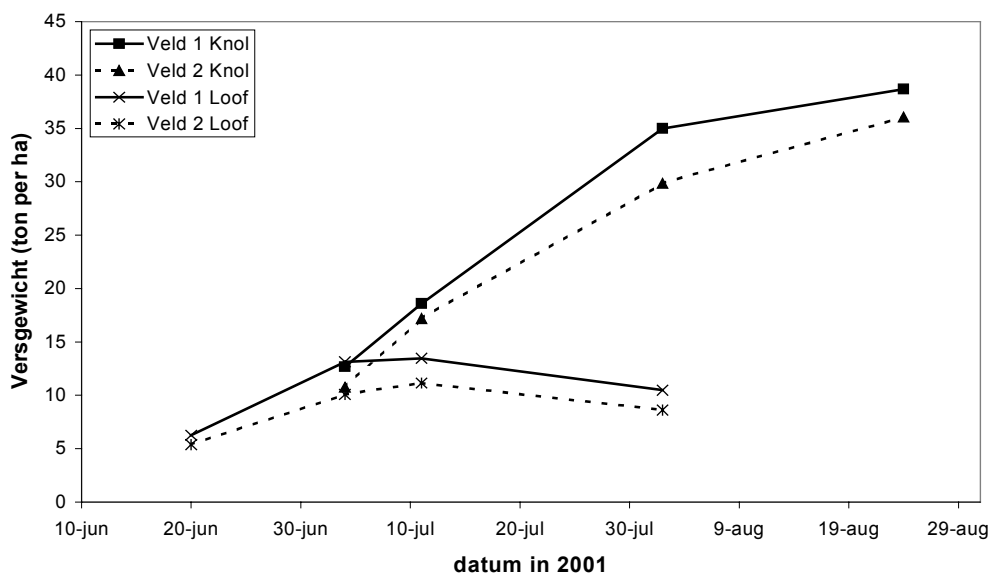
In tabel 3 zijn de droge-stofgehalten van het loof en de aardappels weergegeven in de tijd. Het loof op het plaatsings-proefveld (veld 2) is droger dan op het praktijk-veld (veld 1).

In figuur 7 is de hoeveelheid stikstof aangegeven, die is opgeslagen in het loof en de aardappels gedurende het groeiseizoen. Op het praktijk-proefveld (veld 1) is meer stikstof opgenomen door het gewas dan in het plaatsings-proefveld (veld 2).

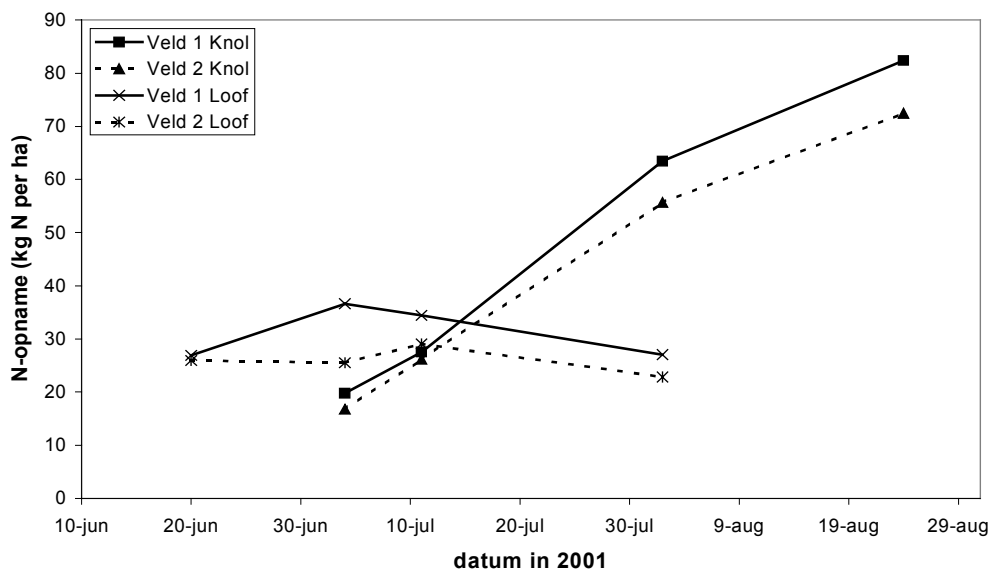
Tijdens de besmetting met *Phytophthora* en na het doodbranden (2 augustus) zal een deel van de stikstof, die is opgeslagen in het loof verdwijnen. Een ander deel zal herverdeeld worden over de resterende plantedelen.

Tabel 3. Droge-stofgehaltes (g/kg vers) van het loof en de aardappels in de tijd.

Datum	Aardappelknol		Loof	
	Veld 1	Veld 2	Veld 1	Veld 2
20 juni			87	94
4 juli	154	157	90	96
11 juli	181	180	91	102
2 augustus	233	234	113	117
24 augustus	220	222		



Figuur 6. Versgewicht van het loof en de aardappelknollen als functie van de tijd voor het praktijk- (veld 1) en plaatsings-proefveld (veld 2).



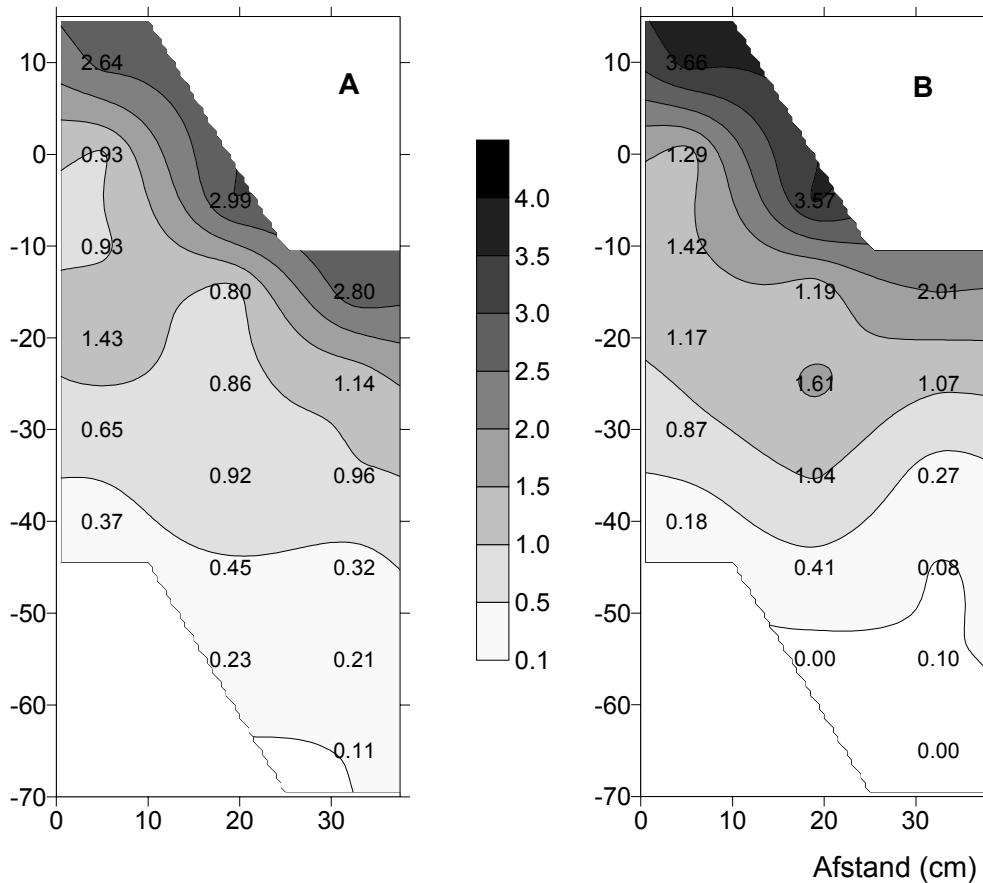
Figuur 7. De opgeslagen hoeveelheid stikstof (N-opname) in loof en aardappels als functie van de tijd voor het praktijk- (veld 1) en plaatsings-proefveld (veld 2).

3.6 Wortelontwikkeling

Op 11 juli is het versgewicht van het wortelstelsel bepaald. Voor het praktijk- en plaatsings-proefveld zijn deze respectievelijk 7,7 en 7,1 ton/ha. Het betreft hier slechts een grove indicatie, want tijdens het bemonsteren kunnen niet alle wortels uit de grond gehaald worden en bovendien is er sprake van grondaanhang.

In figuur 8 is de wortellengtedichtheidsverdeling voor het praktijk- (figuur 8A) en plaatsings-proefveld (figuur 8B) weergegeven. In de figuur zijn op de meetplekken de gemeten wortellengtedichtheden (LRV in cm/cm^3) als waarde weergegeven. Bovendien is er met behulp van de kriging-methode uit Surfer 7 (Golden Software, 1999) geïnterpoleerd tussen de meetpunten. Er is niet geëxtrapoleerd buiten het bemonsterde gebied.

Diepte (cm)



Figuur 8. De wortellengtedichtheidsverdeling (LRV in cm/cm^3) in het praktijk- (A) en plaatsings-proefveld (B). De gemeten LRV 's zijn weergegeven per meetplek. Daartussen is geïnterpoleerd met behulp van het softwareprogramma Surfer 7 (Golden Software, 1999).

De gemeten wortellengtedichtheden zijn iets groter dan de dichtheden, die Vos & Groenwold (1986) hebben gemeten. Zij hebben gemiddelde LRV 's gemeten tussen de 1 en $2 \text{ cm}/\text{cm}^3$ voor aardappels op een zeekleigrond.

De totale wortellengte is in het plaatsings-proefveld het grootst. De verdeling van de wortels in horizontale richting en over de diepte is bij het praktijk-proefveld echter gelijkmatiger. Duidelijk is dat in het plaatsings-proefveld de wortels geconcentreerd zijn in de rug, terwijl in het praktijk-proefveld de wortels dieper gaan.

3.7 Stikstofbalans & mineralisatie

Tijdens deze plaatsingsproef zijn een aantal posten c.q. processen van de stikstofbalans gemeten, namelijk de stikstofopname, de bemesting en de hoeveelheid stikstof in de bodem tot een diepte van 90 cm. Er zijn ook een aantal balansposten niet gemeten, bijvoorbeeld mineralisatie, nitraatuitspoeling en denitrificatie.

Toch is het mogelijk om een eenvoudige stikstofbalans op te stellen. Greenwood *et al.* (1985) hebben daarvoor de term ‘schijnbare’ mineralisatie geïntroduceerd. De ‘schijnbare’ mineralisatie is gelijk aan de mineralisatie van organische stof, gecorrigeerd voor immobilisatie en voor stikstofverliezen als gevolg van nitraatuitspoeling, ammoniakvervluchtiging, denitrificatie en fixatie (Neeteson, 1989). De verandering van de hoeveelheid anorganisch stikstof in de bodem is dus gelijk aan de hoeveelheid anorganische bemesting plus de ‘schijnbare’ mineralisatie minus de hoeveelheid opgenomen stikstof.

Greenwood *et al.* (1985) zijn er bij het opstellen van hun balansen van uitgegaan, dat de hoeveelheid stikstof, die opgeslagen is in de wortels, gelijk is aan een kwart van de hoeveelheid stikstof, die opgeslagen is in het loof en de knollen. In tabel 4 zijn twee soorten balansen weergegeven, één met en één zonder correctie voor de stikstof, die opgeslagen is in het wortelstelsel.

Tabel 4. Stikstofbalansen voor het praktijk- en plaatsings-proefveld, inclusief en exclusief correctie voor de hoeveelheid stikstof opgeslagen in de wortels. De ‘schijnbare’ mineralisatie is gedefinieerd volgens Neeteson (1989). De balansen zijn gemaakt voor het groeiseizoen 2001 (8 mei – 24 augustus). ΔN_{min} is de verandering van de hoeveelheid anorganisch stikstof in de bovenste 90 cm van het bodemprofiel. Negatieve waarden geven een afname weer; N_{fert} is de hoeveelheid anorganische bemesting; N_{upt} is de opgenomen hoeveelheid stikstof in loof en knollen; N_{upt*} als N_{upt} inclusief correctie voor opslag in wortels; N_m is de ‘schijnbare’ mineralisatie; N_{m*} als N_m inclusief correctie voor opslag in wortels. Alle grootbeden zijn weergegeven in kg N/ha.

Proefveld	ΔN_{min}	N_{fert}	Exclusief correctie		Inclusief correctie	
			N_{upt}	N_m	N_{upt*}	N_{m*}
Praktijk	-15	54	109	40	137	68
Plaatsing	-8	54	95	33	119	57

In het praktijk-proefveld is met en zonder correctie schijnbaar meer organische stof gemineraliseerd dan in het plaatsings-proefveld. De ‘schijnbare’ mineralisatiesnelheid was op het praktijk-proefveld zonder en met correctie respectievelijk 0,37 en 0,62 kg N/ha/d. Op het plaatsings-proefveld waren deze waarden respectievelijk 0,31 en 0,53 kg N/ha/d.

Greenwood *et al.* (1985) hebben voor een 9-tal experimenten op onbemeste plots uit de periode 1969-1972 een gemiddelde ‘schijnbare’ mineralisatiesnelheid bepaald van

0,78 kg N/ha/d. Het beschouwde bodemprofiel was in deze situaties 1 meter dik. Bij de bemeste plots ligt hun gemiddelde snelheid hoger, maar er was ook meer variatie aanwezig. Volgens Neeteson (1989) is de 'schijnbare' mineralisatiesnelheid sindsdien toegenomen, omdat de gewasproductie en daarmee ook de hoeveelheid gewasresten groter zijn. Bovendien is de hoeveelheid bemesting toegenomen. Neeteson (1989) berekende uit 61 experimenten een gemiddelde 'schijnbare' mineralisatiesnelheid van 1 kg N/ha/d. De Vos & Heinen (1999) hebben in 1998 de netto-mineralisatie (in hun geval mineralisatie minus denitrificatie) op nabijgelegen proefveldjes van de Lovinkhoeve gemeten. De netto-mineralisatiesnelheid in de laag 0-30 van de rug varieerde tussen 0,68 en 1,16 kg N/ha/d tijdens het groeiseizoen. Hun experimenten zijn echter wel uitgevoerd op proefveldjes met een hoger bemestingsniveau.

Op basis van het verschil tussen de 'schijnbare' mineralisatiesnelheid uit deze proef en resultaten uit de literatuur kan geconcludeerd worden, dat in deze proef verliesposten als denitrificatie en nitraatuitspoeling waarschijnlijk wel een rol hebben gespeeld.

3.8 Effect van plaatsing van de organische mest

Ten opzichte van de praktijksituatie is in het plaatsings-proefveld de stikstofopname net als de aardappelproductie afgenomen. Er zijn meer wortels gevormd, maar deze zijn slechter verdeeld in horizontale richting en in de diepte. Er is meer stikstof achtergebleven in de bodem bij de oogst.

Er zijn verschillende mogelijke oorzaken voor de slechtere stikstofopname en groei bij het dichter bij de poters plaatsen van de organische mest. Een mogelijke oorzaak is dat er tijdens het groeiseizoen geleidelijk een verschil ontstaat tussen de lokatie van de beschikbare stikstof aan de ene kant en de lokatie van de wortels aan de andere kant. Aan het begin van de groei is er bovenin het profiel, dicht bij de poters, veel stikstof aanwezig (figuur 5). Opvallend is dan ook dat de wortellengtedichtheid bovenin het profiel van het plaatsings-proefveld groot is ten opzichte van het praktijk-proefveld (figuur 8). Uit figuur 5 blijkt dat tijdens het groeiseizoen er steeds minder stikstof aanwezig is in de bovenste lagen en dat de hoeveelheid stikstof toe gaat nemen met de diepte. Uit figuur 8 blijkt dat de aardappelplanten van het praktijk-proefveld meer geïnvesteerd hebben in wortels op grotere diepte. Hierdoor zal er voor deze planten dus meer stikstof ter beschikking zijn. Deze redenatie is in overeenstemming met het feit dat de hoeveelheid opgenomen stikstof bij de eerste proefoogst hetzelfde is voor beide proefvelden (figuur 7). Pas bij latere proefoogsten ontstaan verschillen in de opgenomen hoeveelheid stikstof in het nadeel van het plaatsings-proefveld.

Ook is het mogelijk, dat de organische mest op het plaatsings-proefveld te dicht bij de poters is geplaatst. Lokaal kunnen de omstandigheden hierdoor te zout worden. Op 4 juli is er namelijk wel voldoende stikstof aanwezig in de bodem van het plaatsings-proefveld, maar toch is er een duidelijk verschil in de hoeveelheid stikstof, die opgeslagen is in het loof. Bekend is dat vanaf een EC_e (EC in een extract van een

verzadigde bodem) van 1,7 mS/cm de opbrengst van aardappel negatief beïnvloed wordt. Bij een EC_e van 3 mS/cm is de groeireductie al in de orde van 15% (Maas & Hoffman, 1977).

Mogelijk zijn er nog andere oorzaken (bijvoorbeeld verdichting) voor de slechte stikstofopname en groei op het plaatsings-proefveld, maar deze zijn niet onderzocht. Combinaties van verschillende oorzaken zijn ook niet uit te sluiten.

4 Conclusies

Onderzocht is of door het dichter bij de poters plaatsen van organische mest de opname van stikstof en dus de benutting van de organische mest verbeterd kan worden. De conclusies zijn gebaseerd op één veldproef in het jaar 2001 met aardappels op een zavelgrond en bij een laag organische bemestingsniveau. De conclusies zijn dus niet direct toe te passen voor andere situaties.

Ten opzichte van een gemiddeld jaar was het jaar 2001 op de Lovinkhoeve meteorologisch gezien nat (februari, augustus en september) en warm. Tijdens het groeiseizoen zijn de grondwaterstanden echter, op een kleine periode in augustus na, niet boven het drainniveau uitgekomen. De gemeten vochtgehalten (FD-sensoren) zijn echter niet laag.

Het dichter bij de poters plaatsen van de organische mest heeft er toe geleid, dat er meer minerale stikstof is achtergebleven aan het einde van het groeiseizoen. Met name op een diepte van 25 cm ten opzichte van de bovenkant van de rug is het verschil met het praktijk-proefveld groot.

De aardappelproductie op het plaatsings-proefveld is lager dan op het praktijk-proefveld. De reductie in versgewicht was 7% ten opzichte van het praktijk-proefveld. De hoeveelheid stikstof, die opgeslagen is in de geoogste aardappels, is met 73 kg N/ha op het plaatsings-proefveld 11% lager dan op het praktijk-proefveld (82 kg N/ha). Opmerkelijk is dat de resultaten van beide proefvelden bij de eerste proefoogst, zowel in versgewicht als in stikstofopname, nauwelijks van elkaar verschillen.

Er is ook een verschil in wortelontwikkeling opgetreden. De wortels op het plaatsings-proefveld wortelen het minst diep en zijn het minst verspreid in horizontale richting. De totale wortellengte was echter wel groter dan op het praktijk-proefveld. Dit is een indicatie dat verschillen in N-opname na de eerste proefoogst optreden door een verschil in locatie tussen wortels en de stikstof.

Uit analyse van de stikstofbalansen blijkt dat op het praktijk-proefveld tijdens het groeiseizoen (108 dagen) tenminste 40 kg N/ha gemineraliseerd is en op het plaatsings-proefveld tenminste 33 kg N/ha. Het betreft hier de 'schijnbare' mineralisatie, oftewel de mineralisatie min immobilisatie en stikstofverliezen.

Op deze manier plaatsen van organische mest heeft een negatieve invloed gehad op de stikstofopname door de aardappels en dus op de benutting van de organische mest. Hierdoor is er ook meer stikstof in de bodem achtergebleven - een potentieel verlies naar het milieu. Dit onderzoek heeft betrekking op stikstof en een zavelgrond. Het is niet uitgesloten dat op deze manier plaatsen van organische mest wel een positieve invloed heeft onder droge omstandigheden, op zandgrond of voor het veel minder mobiele fosfaat.

Referenties

- Anoniem, 1997. Handboek Melkveehouderij. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad.
- Anoniem, 2001. Bepaling van het gehalte aan totaal nitraat en nitriet in water met de flowinjectie-analyser. Standaardwerkvoorschrift E1401, Alterra, Wageningen.
- Anoniem, 2001. Bepaling van het gehalte aan ammonium in water met de flowinjectie-analyser. Standaardwerkvoorschrift E1402, Alterra, Wageningen.
- Golden Software Inc, 1999. Surfer version 7. User's Guide. Golden. Colorado.
- Greenwood, D.J., J.J. Neeteson & A. Draycott, 1985. Response of potatoes to N fertilizer: Quantitative relations for components of growth. *Plant and Soil* 85:163-183.
- Heijboer, D. & J. Nellestijn, 2002. Klimaatatlas van Nederland. De normaalperiode 1971-2000. KNMI, De Bilt.
- Hilhorst, M.A., 1998. Dielectric characterisation of soil. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.
- Hofman, G., P. Verstegen, P. Demyttenaere, M. van Meirvenne, P. Delanote & G. Ampe, 1993. Comparison of row and broadcast N application on N efficiency and yield of potatoes. In: Fragoso, M.A.C. & M.L. van Beusichem (eds.). Optimization of plant nutrition, p. 359-365.
- Kessel, G.J.T., E. Lammerts van Bueren, L.T. Colon, M. Hulscher, P.C. Scheepens, H.T.A.M. Schepers & W.G. Flier, 2002. Naar een oplossing voor *Phytophthora infestans* in de biologische aardappelteelt. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (eds.). Biologische landbouw onder de loep. Publicatie 303, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.
- Knittel, H., 1988. Placement of solid fertilisers in agricultural crops. A review. The fertiliser society, London.
- Loon, C.D. van, A. Veerman & C.B. Bus, 1993. Teelt van consumptie-aardappelen. Teelthandleiding nr. 57, Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad.
- Maas, E.V. & G.J. Hoffman, 1977. Crop salt tolerance. Evaluation of existing data. In: Dregne, H.E. (ed.). Managing saline water for irrigation. Proceedings of the international conference on managing saline water for irrigation: Planning for the future, p. 187-198.

Neeteson, J.J., 1989. Assessment of fertilizer nitrogen requirement of potatoes and sugar beet. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.

Prummel, J., 1957. Fertilizer placement experiments. *Plant and Soil* 8:231-253.

Schröder, J.J., L. ten Holte & G. Brouwer, 1997. Response of silage maize to placement of cattle slurry. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45:249-261.

Schröder, J.J. & W.K. van Leeuwen-Haagsma, 2002. Mineralenstromen binnen en tussen biologische bedrijven. In: Wijnands, F.G., J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (eds.). *Biologische landbouw onder de loep*. Publicatie 303, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.

Vos, J. & J. Groenwold, 1986. Root growth of potato crops on a marine-clay soil. *Plant and Soil* 94:17-33.

Vos, J.A. de, 1997. Water flow and nutrient transport in a layered silt loam soil. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.

Vos, J.A. de & M. Heinen, 1999. Afstemming van de organische bemesting op variatie in ruimte en tijd. Rapportage van Lovinkhoeve-experimenten in 1998. Rapport 110, DLO Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek, Wageningen.

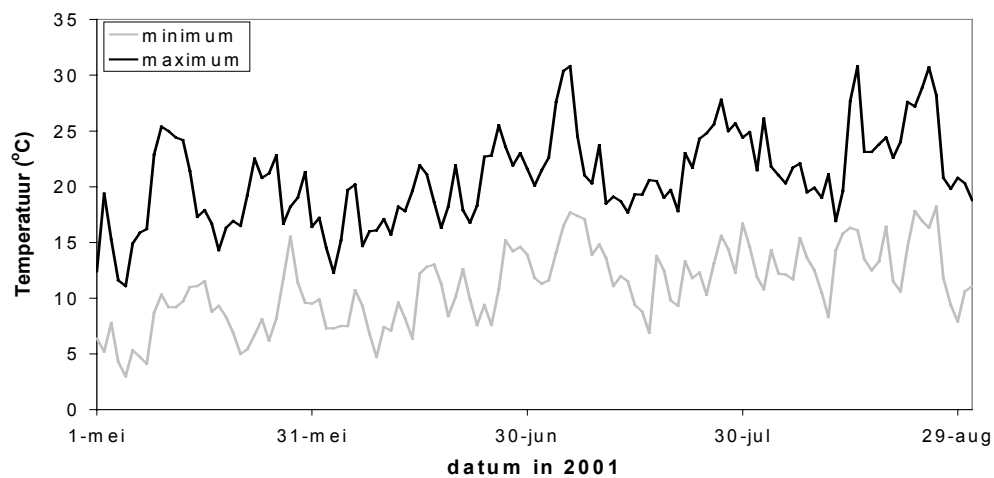
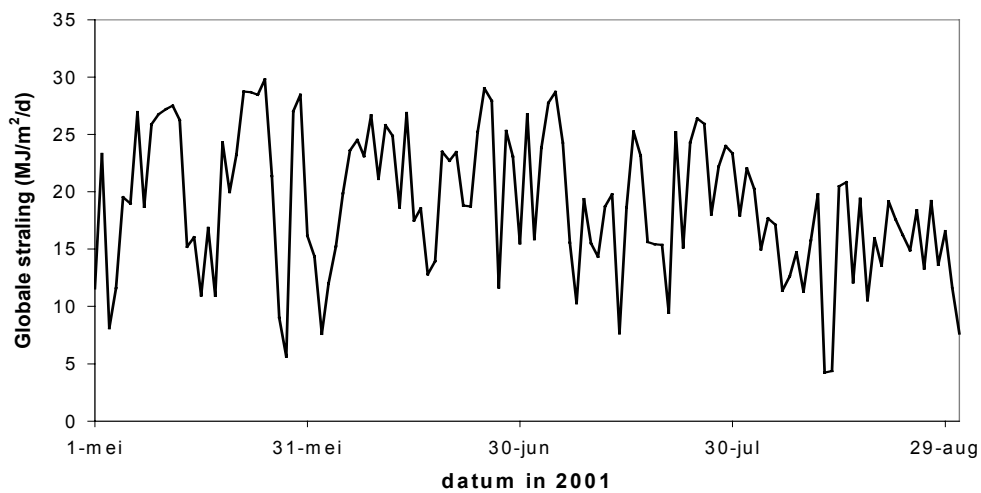
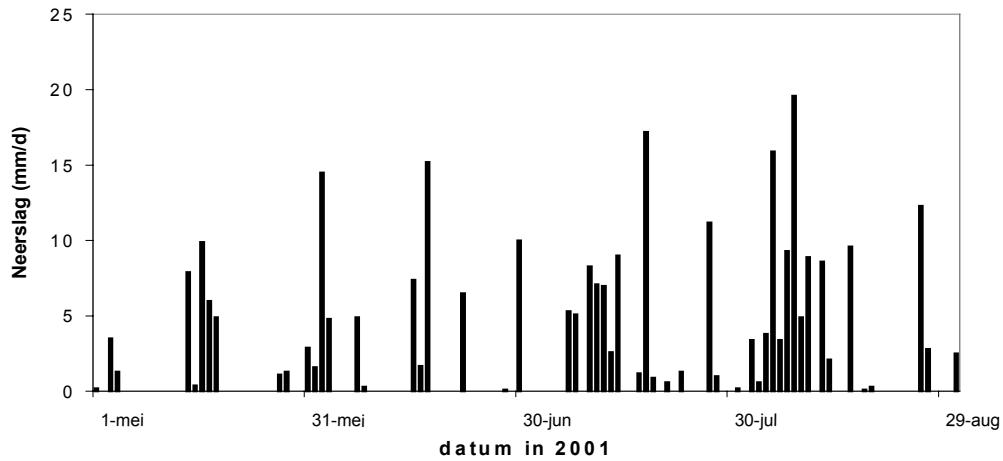
Aanhangsel 1 Overzicht van de werkzaamheden

In onderstaande tabel is een chronologisch overzicht gegeven van de belangrijkste werkzaamheden, die uitgevoerd zijn op het OM1-blok van akker 21 van de Lovinkhoeve (Marknesse) in het kader van deze proef.

Datum	Omschrijving van de werkzaamheden
15 sept. 2000	Bemesting met 10 ton varkensdrijfmest per ha
8 mei 2001	Poten van de aardappels
16 mei 2001	Bemonsteren van de bodem (ten behoeve van N_{\min} -gehalten)
26 mei 2001	Bemesting met 20 ton runderdrijfmest per ha
29 mei 2001	Opbouwen (frezen) van de aardappelruggen
1 juni 2001	Plaatsen van de FD-sensoren
13 juni 2001	Plaatsen van de automatische grondwaterstandsmeters
20 juni 2001	1 ^{ste} proefoogst (begin knolzetting) Bemonsteren van de bodem
4 juli 2001	2 ^{de} proefoogst (bijna gesloten bladerdek en eerste planten in bloei) Bemonsteren van de bodem
11 juli 2001	3 ^{de} proefoogst (begin van de bloei) Bemonsteren van de bodem Boormonsters ten behoeve van wortellengte-metingen
2 aug. 2001	4 ^{de} proefoogst (perceel aangetast door phytophthora) Bemonsteren van de bodem Doodbranden van het loof
24 aug. 2001	Eindoogst (aardappelen bewaard in een koelcel) Bemonsteren van de bodem
27 aug. 2001	Ontmantelen van de FD-sensoren en grondwaterstandsmeters
28 aug. 2001	Machinale oogst van de resterende aardappelen
7 sept. 2001	Sorteren van de aardappelen

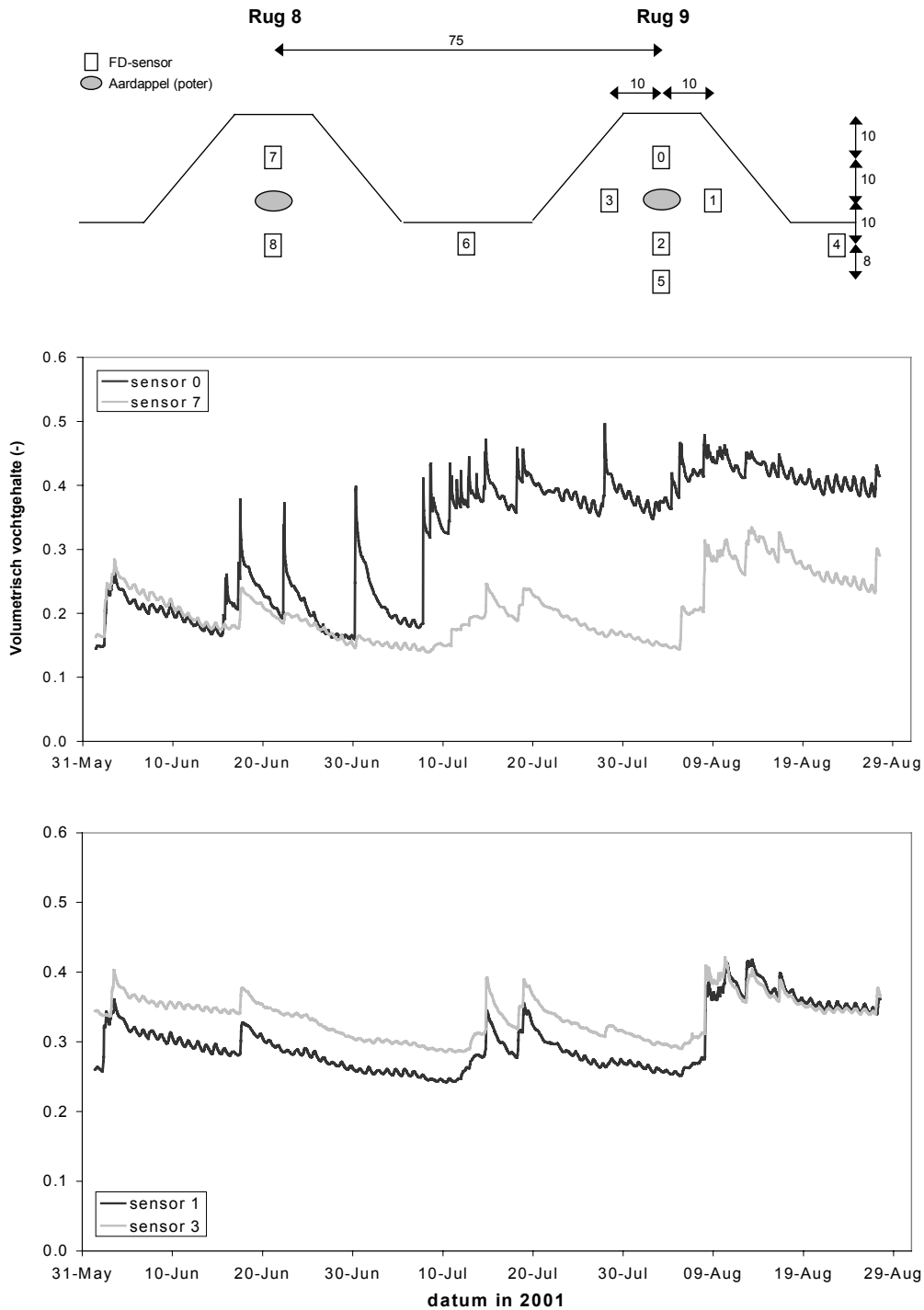
Aanhangsel 2 Weer op de Lovinkhoeve in 2001

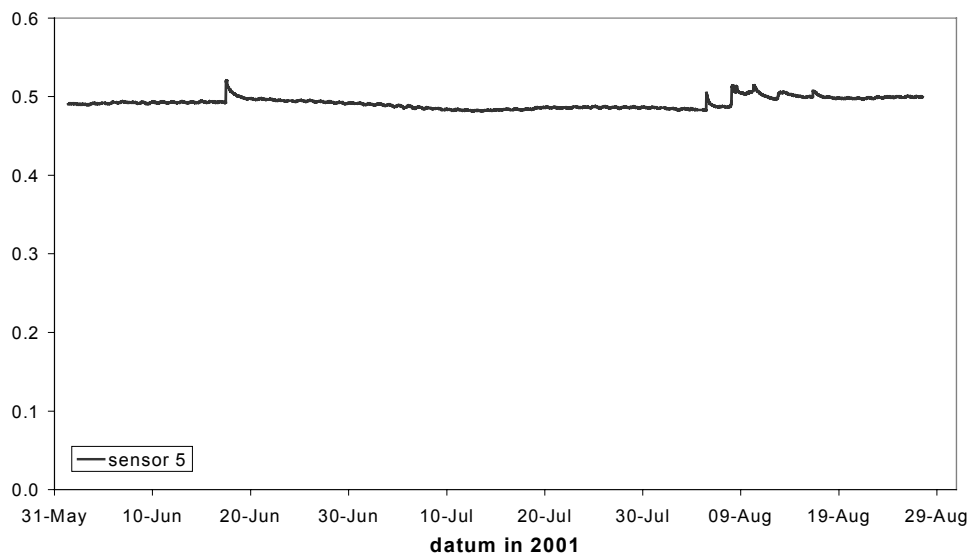
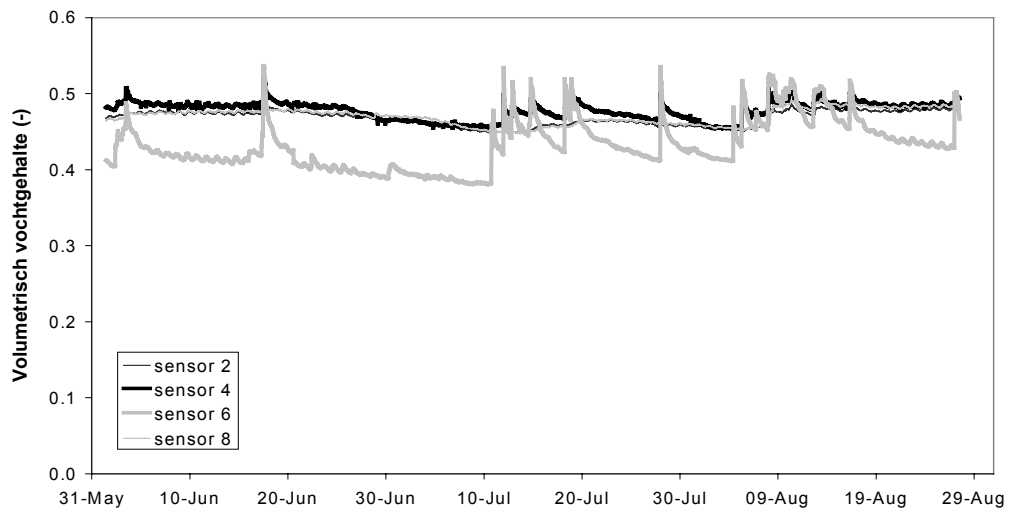
In onderstaande figuren zijn respectievelijk de neerslag, de globale straling, de minimum en maximum temperatuur weergegeven, die gemeten zijn op de Lovinkhoeve in 2001.



Aanhangsel 3 Volumetrische vochtgehalten

In de onderstaande figuren zijn de volumetrische vochtgehalten, gemeten met FD-sensoren, weergegeven als functie van de tijd. De FD-sensoren, die zich op dezelfde diepte ten opzichte van de bovenkant van de rug bevinden, zijn in dezelfde grafiek weergegeven. Voor de posities van de sensoren in de aardappelruggen zie onderstaande figuur (kopie van figuur 2 uit de hoofdtekst).





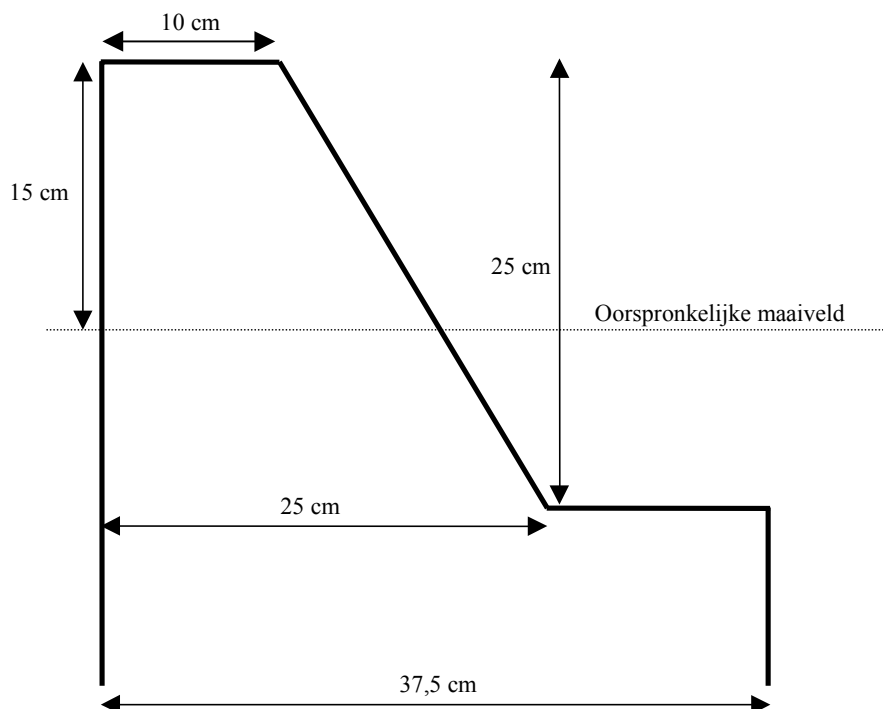
Aanhangsel 4 Aannamen bij de berekening van de hoeveelheid N in de bodem

Tijdens de proef zijn geen metingen uitgevoerd van de droge bulkdichtheden op verschillende diepten in de aardappelrug. Wel zijn deze dichtheden gemeten in vergelijkbare ruggen, maar dan voor bloembollen in het jaar 1999. Deze ongepubliceerde meetgegevens (Pers. comm. E. Hummelink) zijn gebruikt bij de berekening van de hoeveelheid stikstof in het profiel. In de onderstaande tabel zijn de gebruikte dichtheden weergegeven.

Tabel. Gebruikte droge bulkdichtheden in kg/m^3 .

Bodemlaag t.o.v. bovenkant rug (cm)	Droge bulkdichtheid (kg/m^3)
0 – 10	1250
10 – 20	1350
20 – 30	1450
30 – 60	1300
60 – 90	1200
Gemiddelde 0 – 30	1350

Bij de omrekening van de gemeten N_{min} -gehalten (in mg N/kg grond) naar hoeveelheid minerale stikstof in de laag (in kg N/ha) moet rekening gehouden worden met de hoeveelheid grond in de betreffende laag. Bij de berekening van de hoeveelheid grond in een bepaalde bodemlaag is uitgegaan van een aardappelrug met de volgende afmetingen (zie onderstaande figuur).



Figuur. Aangenomen afmetingen van een 'halve' aardappelrug. Weergegeven is een rug en voor vanaf de middenlijn van de rug totaan de middenlijn van de voor.

