

ENIGE BODEMVRUCHTBAARHEIDSASPECTEN VAN DE TEELT
VAN YAM IN HET EERSTE JAAR NA DE ONTGINNING
VAN PRIMAIR BOS IN TAI, IVOORKUST

Verslag van een onderzoek in het kader van
een 3-maands doctoraalvak bij de vakgroep
Bodemvruchtbaarheid en Plantevoeding
van de LU te Wageningen

Gerrit Holtland
Wageningen,
aug. 1988

WOORD VOORAF

Hier wil ik graag alle mensen bedanken die zich ingezet hebben om dit onderzoek te doen slagen.

In Ivoorkust de boeren op wiens velden de proef plaats vond: Le Vieux en Norbert Sangbe van Sangbekro en Kofi van 'Petit Campement'. Zij stelden een deel van hun yamveld ter beschikking en zijn bereid geweest om daar gedurende de proef geen andere gewassen te verbouwen. Verder Vie en Sedou die geholpen hebben bij het bemonsteren, en die de proefvelden steeds zoveel mogelijk schoon gehouden hebben van onkruiden.

Henk van Reuler voor het helpen selecteren van de velden en voor het bemonsteren en opmeten van de heuvels bij de oogst.

Arnoud Budelman voor het verzorgen van het transport van de monsters.

Arie van de Berg, Winnie Vark en Erik Heij voor de hulp en de plezierige samenwerking bij het analyseren van de monsters.

Bert Janssen voor de enthousiaste begeleiding in Wageningen en voor de stimulans om, ondanks de hoge tijdsdruk, toch dit verslag te schrijven.

Gerrit Holtland
Wageningen
aug. 1988

INHOUDSOPGAVE

| | | |
|-----------|---|----|
| 1 | INLEIDING | 1 |
| 2 | PROEFOPZET EN UITVOERING | 2 |
| 3 | BESCHRIJVING VAN DE DRIE PROEFVELDEN | 3 |
| 4 | DE TOENAME VAN DE VRUCHTBAARHEID DOOR HET BRANDEN EN DE AFNAME VAN DE VRUCHTBAARHEID IN HET EERSTE TEELTSEIZOEN MET YAM | 4 |
| 4.1 | Inleiding | 4 |
| 4.2 | De pH-KCl | 7 |
| 4.3 | De CEC, de uitwisselbare basen en uitwisselbaar Al | 8 |
| 4.4 | Organische stof en N-gehalte | 9 |
| 4.5 | Beschikbaarheid van P | 11 |
| 5 | DE ONTWIKKELING VAN DE YAM EN DE ONTTREKKING VAN NUTRIENTEN DOOR HET GEWAS | 13 |
| 5.1 | Inleiding | 13 |
| 5.2 | De ontwikkeling van de yam na twee maanden | 13 |
| 5.2.1 | Inleiding | 13 |
| 5.2.2 | De morfologische ontwikkeling van de yamplant | 13 |
| 5.2.3 | De productie en de nutriëntengehaltes van de droge stof na twee maanden | 15 |
| 5.2.4 | Het plantmateriaal als bron van nutriënten | 18 |
| 5.3 | De onttrekking van nutriënten bij de oogst | 19 |
| 5.4 | De afname van de bodemvruchbaarheid als gevolg van onttrekking van nutriënten door het gewas | 20 |
| 6 | DE RELATIE TUSSEN DE AFMETINGEN VAN DE HEUVELS EN DE OOGST | 23 |
| 7 | CONCLUSIES | 25 |
| | LITERATUURLIJST | 27 |
| Bijlage 1 | Alle analysegegevens van de afzonderlijke velden | 28 |
| Bijlage 2 | De CEC, alle uitwisselbare basen, uitwisselbaar Al en de pH-KCl van alle grondmonsters | 29 |
| Bijlage 3 | Alle gegevens over de droge stof productie en de samenstelling daarvan op t=0 en t=8 | 32 |
| Bijlage 4 | De afmetingen van de heuvels, de oogst en de correlaties daartussen | 35 |
| Bijlage 5 | Voorschrift voor het bepalen van het beschikbaar P volgens de methode Dabin | 38 |

1 INLEIDING

In Tai verbouwen de Baoule (immigranten in het gebied) hun hoofdvoedselgewas yam op heuvels, in het eerste jaar na de ontginning van het bos. Bij de ontginning wordt het bos gekapt, gedroogd en gebrand. De niet verbrande resten worden op hopen gelegd en nogmaals in brand gestoken. Voordat dan de grondbewerking kan beginnen wordt opnieuw al het organische materiaal op hoopjes geveegd. Volgens de boeren moet dit materiaal zoveel mogelijk uit de heuvels geweerd worden omdat er keverlarven (engerlingen) in kunnen zitten die de yamknol aantasten. Het wordt wel boven op de heuvels gelegd om oververhitting en uitdroging van het kiemende plantmateriaal te voorkomen. Het verbouwen van yam op heuvels heeft een aantal voordelen:

- door het bijeenschrapen van de A1 horizon worden de nutriënten geconcentreerd zodat de opname verbeterd zal worden;
- door de betere opname is de uitspoeling van nutriënten minder;
- de planten hebben minder snel last van wateroverlast;
- door de lossere bodem kan de yamknol zich beter ontwikkelen;
- het oogsten is gemakkelijker.

De twee eerstgenoemde voordelen zijn niet alleen voor de yam van belang, maar ook voor de gewassen die tegelijkertijd of later op het veld verbouwd worden. In het eerste jaar gaat het dan vooral om okra, aubergines en andere groentes. In het tweede jaar zijn cassave, taro, en banaan het belangrijkste. Cacao wordt in het eerste jaar bij de voet van de yamheuvel geplant en is vanaf het derde jaar het belangrijkste gewas op het veld.

Heuvels hebben ook een groot nadeel: ze bevorderen de erosie. Ten eerste omdat de afvoer van het regenwater op een kleiner deel van de veld wordt geconcentreerd en dus meer erosie veroorzaakt. Ten tweede omdat tussen de heuvels de infiltratie snelheid en de wateropname capaciteit van de bodem kleiner is nu er geen A1 horizon meer is. In een experiment bleek dat bij een neerslag van 1200 mm de afvoer van grond op een yamveld 7 keer zo groot was (806 t.o.v. 113 kg/ha) als op onbewerkte, onbebouwde grond (Collinet, 1983; geciteerd uit Budelman:22).

Het hier beschreven onderzoek is een eerste oriëntatie naar wat er in het eerste jaar na de ontginning gebeurt met de yam en de heuvels. De volgende aspecten komen daarbij aan de orde:

- het effect van het branden op de bodemvruchtbaarheid en de afname van de vruchtbaarheid tijdens de teelt van yam;
- de ontwikkeling van de yam en de onttrekking van nutriënten uit de bodem;
- de relatie tussen de afmetingen van de heuvels en de oogst.

Elk van deze punten zal in een apart hoofdstuk aan bod komen. Daarvoor wordt in hoofdstuk 2 de proefopzet en uitvoering besproken en wordt in hoofdstuk 3 een beschrijving gegeven van de velden waarop de proef is uitgevoerd. Ter afsluiting is er een hoofdstuk met de belangrijkste conclusies.

2 PROEFOPZET EN UITVOERING

De proef is in 1986 uitgevoerd met de *Dioscorea alata*-cultivar bete-bete op velden van drie verschillende boeren. De velden lagen ongeveer op dezelfde plaats op de catena, zoals aangegeven is in figuur 1 (pag.). Op alle velden is het primaire bos ca. 2 maanden voor het planten gekapt. Op elk veld is een stuk van 5 bij 5 meter afgezet, met 24 of 25 yamheuvels. De opzet was om op vier data gewas- en bodemonsters te nemen: bij het planten in mei (vanaf nu wordt dit aangeduid met $t=0$), 2 maanden later in juli ($t=2$), op het moment dat het gewas bovengronds maximaal is (november) en bij de oogst in januari ($t=8$). Om organisatorische redenen is de bemonstering in november vervallen.

Op de drie overige data zijn steeds 3 heuvels bemonsterd: een kleine, een 'gemiddelde' en een grote heuvel. Per heuvel zijn drie monsters genomen: een van de grond onder de heuvel (tot 15 cm diep), een van de basis (=onderste 15 cm) van de heuvel en een van de top van de heuvel. Aan al deze monsters (3 heuvels x 3 nivo's x 3 velden x 3 data = 81) zijn de pH-KCl, de CEC, de uitwisselbare basen en uitwisselbaar Al bepaald. Op grond van de resultaten is per datum en per veld de meest representatieve heuvel gekozen. Aan de zo verkregen 27 monsters zijn bepaald: %C, %N, P-totaal en P-Dabin. Het voorschrift voor de bepaling van P-Dabin staat in bijlage 5. Alle andere bepalingen zijn gedaan volgens de voorschriften zoals beschreven in Houba et al (1986). Helaas bleek achteraf dat de gebruikte AgTu-methode om de CEC te bepalen minder geschikt is voor gronden met een variabele lading (als de organische stof een grote bijdrage levert aan de CEC).

Van het gewas zijn op $t=2$ de wortels, de spruit en het restant van de knol meegenomen en geanalyseerd. Bepaald zijn de gehalten aan N, P, K, Ca, Mg en Na via de methoden uit Houba et al. (1985). Dezelfde bepalingen zijn ook gedaan aan een steekproef van het plantmateriaal en aan 1 knol per veld bij de oogst.

Op $t=0$ is bij het bemonsteren van de heuvels de fractie organisch materiaal groter dan 2 mm meegenomen. Daarin is ook de inhoud aan nutriënten bepaald. Helaas is op de andere data deze fractie niet apart onderscheiden. Daardoor kan dit materiaal niet gebruikt worden voor berekeningen. Daar het C/N quotient van het materiaal erg hoog was (tussen de 70 en de 100) en de afbraak daarvan waarschijnlijk langzaam is dit niet van doorslaggevend belang.

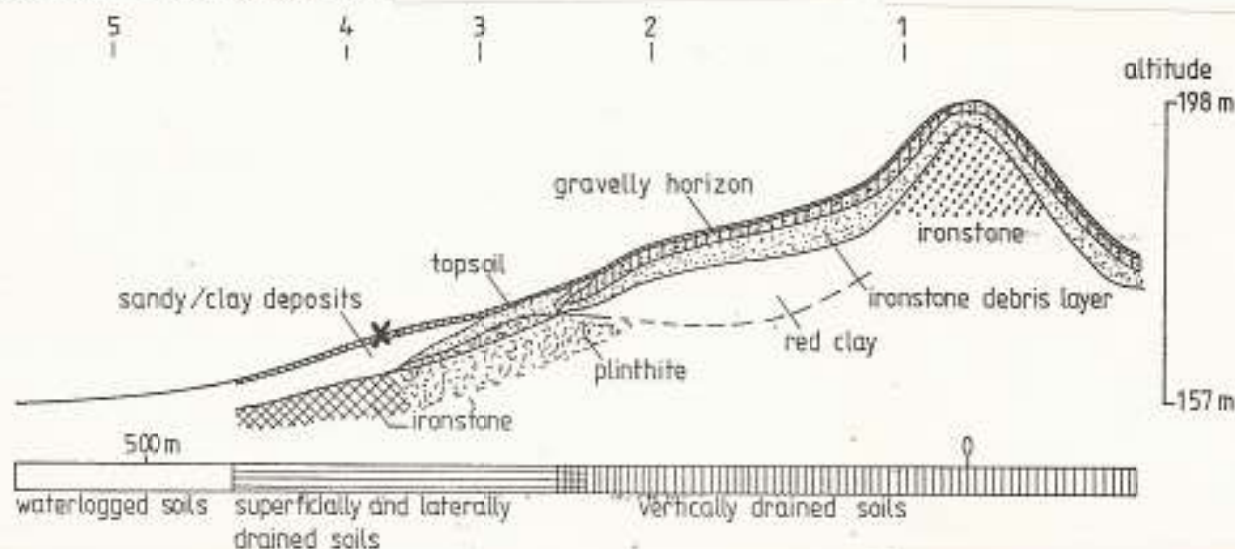
Zowel op $t=0$ als op $t=8$ is van alle heuvels de hoogte en de omtrek gemeten, zodat het volume berekend kan worden. Aangenomen is dat de heuvels de vorm hebben van een kegel. Het volume van een kegel wordt berekend via de formule: $vol.=1/3\pi \times \text{hoogte} \times r^2$.

Bij de uitvoering van de proef zijn twee zaken mis gegaan: op $t=2$ bleek op veld 2 de helft van de yamplanten niet te zijn opgekomen. Ze zijn vervangen door plantmateriaal uit andere heuvels. Bij de oogst bleek geen van deze heuvels iets opgebracht te hebben. Hetzelfde geldt voor 2 andere heuvels. De oorzaak is waarschijnlijk watergebrek (zie 5.2). In veld 3 is de oogst deels mislukt omdat een tak in het proefveld is gevallen.

3 BESCHRIJVING VAN DE DRIE PROEFVELDEN

Voordat in de rest van dit verslag de nadruk komt te liggen op de verschillen tussen (de ontwikkelingen op) de 3 velden worden hier eerst de uitgangssituaties van de 3 velden beschreven en vergeleken. Dit kan verderop in het verslag van belang zijn om afwijkende waarnemingen te verklaren.

De drie velden zijn de velden die in 1986 ontgonnen zijn door Norbert Sangbe (veld 1) en Le Vieux Sangbe (veld 2) in Sangbekro (4 km ten zuiden van Tai) en door Kofi (veld 3) in 'Petit campement' (11 km ten zuiden van Tai). Voor de ontginning stond op de drie velden primair bos. Op veld 2 is het kappen van de bomen het meest rigoreus gebeurd, praktisch alle bomen zijn verwijderd. Op veld 3 zijn juist veel bomen blijven staan. Veld 2 is in dit opzicht intermediair.



Figuur 1 Het profiel van een helling in Tai en de plaats die de proefvelden daarop innemen (aangegeven met x)

In figuur 1 is aangegeven waar de velden liggen op de catena zoals die in Tai algemeen is. De velden liggen ten hoogte van punt 4 met 'sandy/clay deposits'. De gravel begint bij de drie velden op ongeveer een halve meter diepte. De gronden behoren in het classificatie systeem van de FAO/UNESCO tot de Xanthic Ferralsols. In de volgende tabel is de korrelgroottesamenstelling op de drie velden te zien.

Tabel 1 De korrelgrootte verdeling van de drie proefvelden. De waarden zijn gemiddelden van t=0 en t=8. Voor de heuvels berusten ze op 3 waarnemingen en voor de ondergrond op 2.

| | <u>veld 1</u> | | <u>veld 2</u> | | <u>veld 3</u> | |
|-----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| | heuvel | ondergr. | heuvel | ondergr. | heuvel | ondergr. |
| > 50 um | 72 | 72 | 75 | 77 | 72 | 72 |
| 2 - 50 um | 7 | 7 | 8 | 7 | 10 | 10 |
| < 2 um | 20 | 22 | 15 | 16 | 15 | 18 |

Volgens het USDA-systeem voor classificatie van de textuur vallen veld 2 en 3 in de sandy loam klasse. Veld 1 is een sandy-clay-loam. In het veld viel het vooral op dat veld 2 zandiger was dan de andere twee. De cijfers bevestigen dit. De cijfers komen overeen met de waarden die Budelman (in voorbereiding:20) en Van Reuler en Janssen (in druk: tabel 5) geven voor Xanthic Ferralsols uit Tai.

Naast de textuur moet ook de chemische vruchtbaarheid van de velden bekeken worden. Daarvoor zijn de gegevens van de ondergrond gebruikt. Dit omdat deze in de loop der tijd nauwelijks veranderd zijn (zie tabel 3) en dus een beter beeld geven van de uitgangssituatie van de velden. De gebruikte indicatoren voor de vruchtbaarheid zijn hier de pH-KCl, de totale hoeveelheid uitwisselbare basen en het uitwisselbaar Al omdat die in alle monsters zijn bepaald. In de onderstaande tabel worden de verschillen tussen de velden zichtbaar gemaakt.

Tabel 2 De pH-KCl, het totale aantal uitwisselbare basen en het uitwisselbare Al van de ondergrond van de 3 velden (Xanthic Ferralsols) gemiddeld over de 3 data

| | pH-KCl n=9 | uitwisselbare basen (mmol(+)/kg) n=9 | uitwisselbaar Al (mmol (+)/kg) n=9 |
|--------|---------------|--|--|
| veld 1 | 4,23 + 0,35 a | 11,6 + 5,8 a | 3,8 + 0,3 a |
| veld 2 | 3,61 + 0,09 b | 9,2 + 8,2 a | 13,4 + 4,0 b |
| veld 3 | 4,56 + 0,42 a | 29,8 + 11,7 b | 1,2 + 2,0 a |
| L.S.D. | (10%) 0,30 | (1%) 11,7 | (1%) 8,3 |

Uit tabel 2 blijkt dat de vruchtbaarheid van veld 2 lager is dan van de andere twee velden. Van de andere twee is veld 3 beter dan veld 1. Veld 2 heeft een lagere pH-KCl en daardoor meer uitwisselbaar Al. De CEC is hierdoor minder geschikt als indicator voor de bodemvruchtbaarheid.

De waarden van de velden 1 en 2 liggen iets onder de waarden die Van Reuler en Janssen (in druk:tabel 5) geven voor gronden in Tai die ongeveer op dezelfde plaats op de catena liggen. Veld 3 ligt iets boven de waarden van Van Reuler en Janssen. De cijfers voor de pH en de uitwisselbare basen van veld 2 lijken sterk op die van het veld van Budelman voor het branden (Budelma, in voorbereiding:20).

4 DE TOENAME VAN DE VRUCHTBAARHEID DOOR HET BRANDEN EN DE AFNAME VAN DE VRUCHTBAARHEID IN HET EERSTE TEELTSEIZOEN MET YAM

4.1 Inleiding

De titel van dit hoofdstuk geeft exact aan wat hierin de belangrijkste vragen zijn: wat is het effect van het branden op de bodemvruchtbaarheid en hoe groot is de afname van de vruchtbaarheid in het eerste jaar na het branden. Helaas was het om organisatorische redenen niet mogelijk om monsters te nemen voor het branden; de velden zijn pas na het branden geselecteerd.

Om toch een schatting te kunnen maken van het effect van het branden wordt aangenomen dat de waarden gevonden voor de ondergrond bij het begin van de teelt een goed beeld geven van de situatie zoals die gold voor de toplaag van de bodem voor het branden. De laag die hier de ondergrond wordt genoemd lag oorspronkelijk op 3 tot 18 cm diepte (zie 5.4). De eerste aanname is dat deze laag niet anders is dan de gehele laag van 0 tot 20 cm diepte die normaal wordt bemonsterd. Deze aanname is onjuist voor het organische stof gehalte, maar voor de andere parameters is de verdunning van de bovenste 3 cm in de hele laag van 20 cm zo groot dat de hogere waarden in die 3 cm geen al te grote invloed zullen hebben op de gemiddelde waarde over 20 cm. De tweede aanname is dat de laag van 3 tot 18 cm diepte niet wordt beïnvloed door het branden. In de literatuur (Nye en Greenland, 1960:68 en Sanchez, 1976:367) zijn daarover enkele cijfers gevonden. Soms blijkt er geen effect te zijn, soms wel. Dit laatste komt vooral voor op de rijkere bodems met een hogere pH en meer organische stof dan in Tai. Uitgaande van de genoemde aannames is het effect van het branden te schatten als het verschil tussen de bovengrond en de ondergrond bij het begin van de teelt.

Bij de invloed van de yamteelt op de vruchtbaarheid is het van belang om onderscheid te maken tussen de afname van de vruchtbaarheid in de heuvels en in de ondergrond. Bij het bemonsteren is ook onderscheid gemaakt tussen de top en de basis van de heuvel. Omdat bij geen enkele parameter systematische verschillen zijn gevonden tussen de top en de basis worden de waarden steeds gemiddeld.

In tabel 3 op de volgende pagina zijn de effecten van het branden en van de teelt te zien. Om het geheel overzichtelijk te houden zijn slechts de gemiddelden over de 3 velden vermeld. De gemiddelden per veld staan in bijlage 1 en zullen aan de orde komen als in de volgende paragrafen een of meer parameters besproken worden. In bijlage 2 zijn de pH-KCl, de CEC, de uitwisselbare basen en uitwisselbaar Al van alle 81 monsters vermeld. De hier gegeven waarden van deze parameters zijn voor de heuvels gemiddelden van 18 waarnemingen (3 velden x 3 heuvels x 2 plaatsen in de heuvel) en voor de ondergrond van 9. De waarden van de overige parameters zijn gemiddelden van de geselecteerde heuvels en berusten voor de heuvels op 6 waarnemingen en voor de ondergrond op 3.

Opvallend in de tabel is de stijging op t=2 van de parameters die aan alle monsters zijn bepaald (pH tot uitw. Al). Het kan zijn dat de basen die vrijkomen bij het branden in eerste instantie nog zeer geconcentreerd in de bodem voorkomen en zich in de loop van

de eerste 2 maanden meer verspreiden en daardoor meer invloed hebben op de pH etc.. Een andere reden zou de grote variabiliteit tussen de heuvels kunnen zijn. In heuvels met veel as zijn de pH en de daaraan gekoppelde parameters veel hoger dan in heuvels zonder as. In 6 heuvels is een extreme pH-KCl gevonden van 7,0 of meer. Deze 6 heuvels zijn niet evenredig over de data verdeeld. Van de 9 heuvels per datum waren er op t=0, t=2 en op t=3 respectievelijk 1, 3 en 2 met een extreme pH.

Ongeacht welke verklaring de juiste is (of een combinatie van de twee) is het voor de vraagstelling van dit hoofdstuk het meest zinvol om het gemiddelde van de heuvels van de twee data als beginsituatie van de teelt te nemen. Dit is in de tabel ook gedaan. Door het gemiddelde te vergelijken met het gemiddelde van de ondergrond van de eerste twee data krijgt men een indruk van het effect van het branden. Door het te vergelijken met de gemiddelden na 8 maanden wordt het effect van de teelt zichtbaar.

Tabel 3 De effecten van het branden en van de teelt op een aantal parameters, gemiddeld over de 3 velden

| | | t=0 | t=2 | t=8 | <u>berekend effect</u> van het branden van de teelt | |
|-----------------------------|----------|------|------|------|---|-------|
| pH-KCl | heuvel | 5,2 | 5,4 | 4,9 | + 1,2 | - 0,4 |
| | ondergr. | 4,2 | 4,1 | 4,1 | | |
| CEC (mmol(+)/kg) | heuvel | 51 | 61 | 43 | + 24 | -13 |
| | ondergr. | 30 | 34 | 29 | | |
| uitw. basen (mmol(+)/kg) | heuvel | 36 | 42 | 32 | + 20 | - 7 |
| | ondergr. | 17 | 20 | 15 | | |
| % basen- verzadiging | heuvel | 72 | 68 | 74 | + 16 | + 4 |
| | ondergr. | 52 | 56 | 44 | | |
| uitw. Al (mmol(+)/kg) | heuvel | 2 | 2 | 7 | - 4 | + 5 |
| | ondergr. | 6 | 6 | 6 | | |
| C (g/kg) | heuvel | 21,4 | 20,6 | 15,6 | | - 5,4 |
| | ondergr. | 14,1 | 14,3 | 12,4 | | |
| N (g/kg) | heuvel | 1,72 | 1,76 | 1,32 | | -0,42 |
| | ondergr. | 1,16 | 1,31 | 1,03 | | |
| P-totaal (mg/kg) | heuvel | 180 | 185 | 170 | + 34 | -12,5 |
| | ondergr. | 133 | 163 | 133 | | |
| P-dabin (mg/kg) | heuvel | 23 | 28 | 19 | + 12 | - 6,5 |
| | ondergr. | 11 | 16 | 9 | | |

Uit tabel 3 blijken de waarden voor de meeste parameters laag te zijn. Het effect van het branden is duidelijk aanwezig maar niet overweldigend. De afname van de vruchtbaarheid door de teelt is echter groot. Bijvoorbeeld de afname van het N gehalte in de

ondergrond met 0,20 g/kg betekent een verlies van ca. 400 kg N/ha.

Zoals te verwachten is de afname in de ondergrond veel minder dan in de heuvels. Dit heeft meerdere oorzaken. Ten eerste is er naast uitspoeling ook inspoeling vanuit de heuvels. Daarnaast is de afbraak van organische stof minder omdat de temperatuur en de doorluchting veel lager zijn. Het laatste verschil is dat de waterbeweging minder is en daardoor de uitspoeling en de erosie.

Na deze algemene opmerkingen worden nu de verschillende parameters apart behandeld. Steeds zullen de gevonden veranderingen vergeleken worden met resultaten uit de literatuur. Daarbij zullen ook de verschillen tussen de 3 velden, zoals die blijken uit bijlage 1, in beschouwing genomen worden.

4.2 De pH-KCl

In hoofdstuk 3 is duidelijk geworden dat vooral veld 2 een zeer lage pH-KCl heeft: 3,6. Ook het gemiddelde van de 3 velden is erg laag: 4,1 over de hele periode gezien. Door het branden is dit gemiddeld met 1,2 pH eenheden gestegen tot 5,3. Na 8 maanden is de pH weer 0,4 pH-eenheden gedaald. In tabel 4 is te zien hoe de pH veranderingen op de afzonderlijke velden zich verhouden tot waarden uit de literatuur.

Tabel 4 De effecten van het branden en de teelt op de pH in Tai in vergelijking met andere situaties

| gebied | grond-soort | voor het branden | direkt na het branden | na 1 jaar of 1 teelt | na 2 jaren of teelten | opm. |
|------------|-------------|------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| 1. Ghana | | 5,2 | 8,0 | 7,5 | 7,0 | pH-H O |
| 2. Ghana | Alfisol | 4,8 | 6,5 | 5,6 | 5,5 | idem |
| 3. Peru | Ultisol | 4,0 | 4,5 | 4,5 | | idem |
| 4. Amazone | Oxisol | 3,8 | 4,5 | 3,8 | | idem |
| 5. Zaire | | 4,3 | 5,9 | | | pH-H O |
| 6. Liberia | | 4,5 | 5,3 | | | idem |
| 7. Nigeria | | 5,0 | 5,9 | | | idem |
| 8. Tai | Ferrasol | 3,9 | 6,5 | 6,1 | | pH-HCl |
| veld 1 | Ferrasol | 4,2 | 5,9 | 5,6 | | pH-KCl |
| veld 2 | idem | 3,6 | 4,6 | 3,8 | | idem |
| veld 3 | idem | 4,6 | 5,4 | 5,2 | | idem |

Uit: 1 - 4 Sanchez (1976:365-366); 5 - 7 Nye en Greenland (1960:68); 8. Budelman (in voorbereiding:20)

De gevonden pH verhogingen zijn minder groot dan die Budelman in Tai vond. Wel is het meer dan de verhoging van 0,5 pH-eenheid die Moreau in Tai vond (geciteerd uit Budelman, in voorbereiding:19).

In de tabel is te zien dat over het algemeen op zuurdere gronden de stijging van de pH minder is. De oorzaak zou kunnen zijn dat op zuurdere gronden minder basen in de vegetatie zijn opgeslagen. De

cijfers voor de 3 proefvelden lijken niet in deze trend te passen: veld 3 heeft een veel hogere pH dan veld 2 maar toch een geringere stijging van de pH. Dit kan verklaart worden doordat op veld 2 alle bomen zijn gekapt zodat alle basen die in de vegetatie opgeslagen waren ook daadwerkelijk in de bodem terecht zijn gekomen. Op veld 3 zijn veel bomen blijven staan waardoor minder basen zijn vrij gekomen. Veld 1 is in dit opzicht intermediair: enkele bomen zijn blijven staan.

Kijken we naar de afname van de pH na de teelt dan is die voor de velden 1 en 3 normaal, en voor veld 2 groot. De verklaring is dat de uitspoeling van basen op veld 2 sterker is geweest omdat het gewas op dit veld slecht ontwikkeld was. Mogelijk speelt ook de iets grovere textuur daarbij een rol.

4.3 De CEC, de uitwisselbare basen en uitwisselbaar Al

Omdat soms tot 20% van de CEC is bezet met Al zal hier de meeste aandacht uitgaan naar de uitwisselbare basen. Dit geeft beter de vruchtbaarheid van de gronden weer. In tabel 5 worden de uitwisselbare basen en het uitwisselbaar Ca van de 3 velden vergeleken met waarden uit de literatuur.

Tabel 5 De uitwisselbare basen en het uitwisselbare Ca (beide in mmol(+)/kg) in de toplaag van de bodem op verschillende tijdstippen (uitgedrukt in maanden) ten opzichte van het branden in verschillende plaatsen

| gebied | grondsoort | | voor het branden | direkt na het branden | t=8 | t=12 | t=24 |
|------------|------------|------|------------------|-----------------------|------|------|------|
| 1. Ghana | Alfisol | tot: | 42 | 86 | | 74 | 70 |
| | | Ca: | 25 | 62 | | 60 | 60 |
| 2. Peru | Ultisol | tot: | 5,5 | 12 | 13 | 11 | |
| | | Ca: | 3 | 6 | 9 | 8 | |
| 3. Ghana | | tot: | 73 | 226 | | | |
| | | Ca: | 57 | 180 | | | |
| 4. Zaire | | tot: | 3,7 | 20,8 | | | |
| | | Ca: | 1,7 | 11,5 | | | |
| 5. Liberia | | tot: | 27 | 47,9 | | | |
| | | Ca: | 13,1 | 26,7 | | | |
| 6. Nigeria | | tot: | 25 | 35 | 36 | | |
| 7. Tai | Ferrasol | tot: | 9 | 73 | 49 | | |
| | | Ca: | 4,7 | 61,7 | 37,1 | | |
| veld 1 | Ferrasol | tot: | 13 | 34 | 37 | | |
| | | Ca: | 8,5 | 26 | 28 | | |
| veld 2 | idem | tot: | 12 | 35 | 20 | | |
| | | Ca: | 9,5 | 21 | 11 | | |
| veld 3 | idem | tot: | 30 | 48 | 40 | | |
| | | Ca: | 21,5 | 36 | 34 | | |

Uit: 1 - 2 Sanchez (1976:367); 3 - 6 Nye en Greenland (1960:68)
7. Budelman (in voorbereiding:20)

De trend in de tabel komt (zoals te verwachten was) overeen met die uit tabel 4: hoe groter de vruchtbaarheid voor het branden hoe groter de toename door het branden. De verklaring is hier ook dezelfde als bij de pH: op vruchtbaardere velden zijn meer basen opgeslagen in de vegetatie. Het feit dat de 3 proefvelden lijken af te wijken van deze trend moet ook op dezelfde manier verklaard worden als bij de pH: op veld 2 zijn alle bomen gekapt en op veld 3 zijn veel bomen blijven staan. zodat de aanvoer van basen minder is geweest.

In Tai neemt door het branden de hoeveelheid uitwisselbare basen gemiddeld met 20 mmol(+)/kg toe. De toename van uitwisselbaar calcium is ca. 14 mmol(+)/kg. Na een teelt is een derde van de winst weer verloren gegaan. Dit komt zeer goed overeen met de pH daling na de teelt.

Het min of meer gelijk blijven van de waarden tot na de teelt, zoals op veld 1, is ook waargenomen in Peru en Nigeria. Een verklaring daarvoor is er niet. De sterke terugval van veld 2 heeft dezelfde reden als de sterke afname van de pH (zie 4.2).

Als laatste wordt hier verwezen naar bijlage 1 waar blijkt dat de hoeveelheid uitwisselbaar K op veld 1 aan de lage kant is. De minimum eis is 2 mmol(+)/kg of meer dan 3% van de CEC (Janssen 1978:178). Aan de eerste eis voldoet veld 1 op geen van de 3 data. Aan de tweede eis voldoet het op t=2 net niet en op de andere data net wel. De velden 2 en 3 hebben op t=0 en t=2 meer dan 2 mmol(+)/kg, maar op t=3 niet. Op dat moment voldoet veld 2 goed aan de tweede eis, maar veld 3 niet. Om te zien of er inderdaad een gebrek aan K optreedt moet gekeken worden naar de K-gehalten in de planten. In 5.2 zal dit besproken worden.

4.4 Organische stof en N-gehalte

Het percentage organische stof wordt berekend als het percentage C maal 1,72. Dat wil zeggen dat er aangenomen wordt dat de organische stof voor 58% uit C bestaat. De in 4.1 gemaakte aanname dat de situatie in de laag van 3 tot 18 cm diepte een goed beeld geeft van de situatie van de bovengrond voor het branden gaat hier niet op omdat het percentage organische stof in de bovenste 3 cm van de grond meestal veel hoger is dan daaronder. Hierdoor kan het effect van het branden niet berekend worden.

Bij het planten was in de heuvels organisch materiaal groter dan 2 mm aanwezig. Dit had een C/N quotient van tussen de 68 en de 100 en zal dus veel langzamer afbreken dan het organische materiaal kleiner dan 2 mm met een C/N quotient van ca. 12. Op de twee andere data is deze fractie niet bemonsterd zodat niet bekend is hoeveel van dit materiaal door humificatie is omgezet in organische stof kleiner dan 2 mm. Daarom kan hier slechts gerekend worden met de organische stof die kleiner is dan 2 mm, wat dus een (kleine) onderschatting geeft van de afbraak. In de tabel op de volgende pagina is te zien hoe groot de afbraak tijdens de teelt is geweest. Tevens zijn een aantal cijfers uit de literatuur opgenomen als referentie materiaal.

Tabel 6 De gehalten aan organische stof en stikstof (beiden in g/kg) voor en na de teelt van gewassen in het eerste jaar na het branden

| | grondsoort | | voor het branden | direkt na het branden | na 1 jaar of 1 teelt | na 2 jaren of teelten |
|---------------------|------------|-------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1. Ghana | Alfisol | o.s.: | 16 | 22 | | 16 |
| 2. Sierra- Leone | Oxisol | o.s.: | | 35 | 22 | 20 |
| | Oxisol | o.s.: | | 100 | 75 | 60 |
| 3. Ghana | | o.s.: | 38 | 39 | | |
| 4. Liberia | | o.s.: | 41 | 48 | | |
| | | N: | 1,46 | 1,54 | | |
| 6. Nigeria | | o.s.: | 20 | 21 | 15 | |
| | | N: | 0,88 | 0,90 | 0,80 | |
| 7. Tai | Ferrasol | o.s.: | 31,1 | 33,2 | 16,9 | |
| | | N: | 1,05 | 1,79 | 1,22 | |
| veld 1 | Ferrasol | o.s.: | | 26,7 | 24,8 | |
| | | N: | | 1,47 | 1,22 | |
| veld 2 | idem | o.s.: | | 42,0 | 29,6 | |
| | | N: | | 1,79 | 1,25 | |
| veld 3 | idem | o.s.: | | 39,9 | 26,2 | |
| | | N: | | 1,96 | 1,48 | |

Uit: 1 - 2 Sanchez (1976:368-371); 3 - 6 Nye en Greenland (1960:68) 7. Budelman (in voorbereiding:20)

Uit de tabel blijken de verliezen aan organische stof op de velden 1, 2 en 3 respectievelijk 7, 30 en 35% te zijn. Voor de velden 2 en 3 komt dit redelijk overeen met de waarden die in Sierra-Leone en Nigeria zijn gevonden maar het is minder dan de 50% die Budelman meldt voor Tai. Al de waarden (m.u.v. veld 1) zijn echter veel hoger dan de 4 tot 7,8% per jaar die Janssen (1978:57) noemt als de onder- en de bovengrens voor de afbraak van organische stof. Deze cijfers hebben echter betrekking op een soort evenwichts-situatie. Daarvan is in het eerste jaar na de ontginning van een regenbos uiteraard geen sprake omdat dan een grote hoeveelheid makkelijk afbreekbare organische materiaal vrijkomt.

Een andere reden voor de grote afbraaksnelheid is de houtskool die in de grond komt bij het branden. Daardoor is de aanname dat de organische stof 1,72 maal het C-gehalte is onjuist; het is minder. Door de zeer pleksgewijze spreiding van de houtskool is het C-gehalte ook erg variabel. De combinatie van deze twee factoren maakt dat het lijkt dat op veld 1 het C/N quotient groter wordt tijdens de teelt (van 10,6 naar 11,8) en op veld 3 afneemt van 11,8 naar 10,3%. De oorzaak zou kunnen zijn dat de monsters van veld 1 relatief veel houtskool bevatten op t=8. Daardoor lijkt de afbraak veel minder snel te gaan. Omgekeerd zat er blijkbaar veel houtskool in de monsters van veld 3 op t=0 waardoor de afbraak groter lijkt dan in werkelijkheid het geval is. Op veld 2 is het C/N quotient steeds gelijk en ook iets

hoger: 13,7. Een beter idee van de afbraak wordt waarschijnlijk verkregen door de afbraak van N te vergelijken. Die is voor de 3 velden respectievelijk 17, 30 en 24 procent. Voor het veld van Budelman is dit 32 procent. Dit zijn nu steeds hoge waarden maar ze komen ongetwijfeld dichterbij de werkelijkheid.

Een derde reden voor de erg hoge afbraaksnelheid is dat het hier gaat om organische stof die in de heuvels zit. De heuvels zijn (zeker in het begin van de teelt) goed doorlucht en de omstandigheden voor de afbraak van organische stof zijn er zeer gunstig. De afbraak in de ondergrond van N is resp. 25, 21 en 4%. Het nadeel van deze cijfers is dat ze voor de situatie aan het eind van het seizoen slechts op een bepaling berusten.

Een laatste oorzaak van de grote verliezen aan organische stof kan selectieve erosie zijn. Daarbij verdwijnen relatief veel van de fijnere bodemdeeltjes met relatief veel organische stof.

Gaan we de velden onderling vergelijken dan komen we eerst bij veld 2. Dat daar de afbraak (van 30%) veel hoger is dan op veld 1 (17%) komt doordat de grond daar lang is blootgesteld aan de zon. De vegetatie is er rigoreus verwijderd en de ontwikkeling van de yam is zeer traag geweest (zie 5.1 en 5.2). Door de iets grovere textuur zou ook de selectieve erosie groter geweest kunnen zijn. Dat de afbraak op veld 3 (van 24%) groter is dan op veld 1 is moeilijker te verklaren. Het is mogelijk dat de steekproef niet helemaal representatief is geweest. Een aanwijzing dat de afbraak in werkelijkheid minder is geweest, is dat in de ondergrond het percentage organische stof met 4% is toegenomen, terwijl op de andere velden de afbraak daar slechts iets minder was dan in de heuvels (zie bijlage 1). Ook de hierboven genoemde cijfers voor de afbraak van N in de ondergrond wekken de indruk dat de afbraak van veld 3 minder is dan uit de C-gehaltenes blijkt.

4.5 Beschikbaarheid van P

De waarden van P-totaal voor de afzonderlijke velden worden hier niet besproken omdat de gebruikte methode te onnauwkeurig is. Daardoor laten de cijfers voor de verschillende velden tegen-gestelde trends zien (zie bijlage 1). De oorzaak van de onnauw-keurigheid is dat P-totaal aan dezelfde verdunning van het des-truaat is bepaald als N-totaal. Daar de concentratie van P veel lager ligt dan van N werd de bepaling onnauwkeurig door de grote afleesfout. Een nauwkeuriger bepaling zou mogelijk zijn als het destruaat minder verdund zou worden. Wegens tijdgebrek is dit niet gedaan.

Gemiddeld over de 3 velden is er een stijging te zien van P-Dabin na 2 maanden, en een sterke daling na 8 maanden. Dit patroon dat is ook in andere situaties waargenomen. In tabel 7 op de volgende pagina staan de waarden van de 3 afzonderlijke velden en enkele cijfers uit de literatuur.

In de tabel is te zien dat op twee van de drie velden een groot deel (of zelfs alles) van de door het branden extra beschikbare P

weer verloren is gegaan tijdens de teelt. Ook voor de meeste waarden uit de literatuur geldt dit. Veld 3 is hier een grote uitzondering: daar is de beschikbare P na de teelt het grootst. Een verklaring hiervoor is er niet.

Tabel 7 De gehalten aan beschikbaar fosfaat (in mg/kg) op enkele tijdstippen ten opzichte van het branden

| | gebruikte methode | voor het branden | direct na het branden | na 1 jaar of 1 teelt | |
|--------------|------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|----|
| 1. Guatamala | P-Bray II | 3,5 | 13 | 7 | |
| 2. Ghana | waarschijnlijk P-Olsen | 9,8 | 30,0 | | |
| 3. Liberia | | 8,9 | 18,0 | | |
| 4. Tai | P-Dabin | 15 | 24 | 13 | |
| | veld 1 | P-Dabin | 10,5 | 22,5 | 15 |
| | veld 2 | idem | 22 | 38 | 22 |
| | veld 3 | idem | 7,5 | 15,5 | 20 |

Uit: 1. Sanchez (1976:373); 2 - 3 Nye en Greenland (1960:68)
4. Budelman (in voorbereiding:20)

Om de cijfers goed te kunnen vergelijken moeten de waarden van P-Dabin omgerekend worden naar P-Olsen. Een eenduidige omrekeningsfactor is daar uiteraard niet voor. Wel heeft Borst (1987:6) voor 6 gronden uit Tai zowel P-Olsen als P-Dabin bepaald. Het blijkt dat de methode Dabin gemiddeld bijna twee keer zo hoge waarden geeft. Delen we de P-Dabin waarden door 2 dan passen ze beter in het beeld van de cijfers uit de literatuur.

Bij P bemestingsproeven in Tai bleek dat de P-bemesting geen effect had op de opbrengst van rijst op een grond met een P-Dabin van 25 mg/kg was. Op 5 andere velden met een P-Dabin tussen de 8 en de 15 mg/kg was er wel een significant effect van P-bemesting. Het kritieke nivo ligt dus tussen de 15 en de 25 mg P/kg met de extractie methode van Dabin. Alleen op veld 2 is er voldoende P beschikbaar, op de andere twee velden is de P-beschikbaarheid waarschijnlijk de meest limiterende bodemkundige factor.

Kijken we naar de afzonderlijke velden dan blijkt veld 2 het beste veld te zijn. Gezien de lage pH zou men eerder een lage P-beschikbaarheid verwachten (in het algemeen is de P-beschikbaarheid optimaal bij een pH tussen de 5,5 en de 6). Een reden zou kunnen zijn dat meer fosfaat aanwezig is als aluminiumfosfaat. Dit lost goed op in ammoniumfluoride dat gebruikt wordt als extractiemiddel bij P-Dabin. De waarden die Borst geeft voor zowel P-Olsen als P-Dabin ondersteunen dit idee. De verhouding P-Dabin/P-Olsen is groter naarmate er meer uitwisselbaar Al is. Dit gaat op voor de 5 gronden die een pH-KCl hebben tussen 4,0 en 4,5. De zesde grond heeft een pH van 5,5 en wijkt af van de hierboven beschreven trend.

5 DE ONTWIKKELING VAN DE YAM EN DE ONTTREKKING VAN NUTRIENTEN DOOR HET GEWAS

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt eerst (in 5.2) nagegaan hoe yam zich in de eerste twee maanden heeft ontwikkeld. Daarna wordt (in 5.3) berekend hoeveel nutriënten bij de oogst zijn afgevoerd. Op basis van de uitkomsten daarvan kan (in 5.4) nagegaan worden in hoeverre het gewas verantwoordelijk is voor de afname van de vruchtbaarheid van de velden. Tegelijkertijd zal de invloed van de bodem op de ontwikkeling van het gewas duidelijk worden.

5.2 De ontwikkeling van de yam na twee maanden

5.2.1 Inleiding

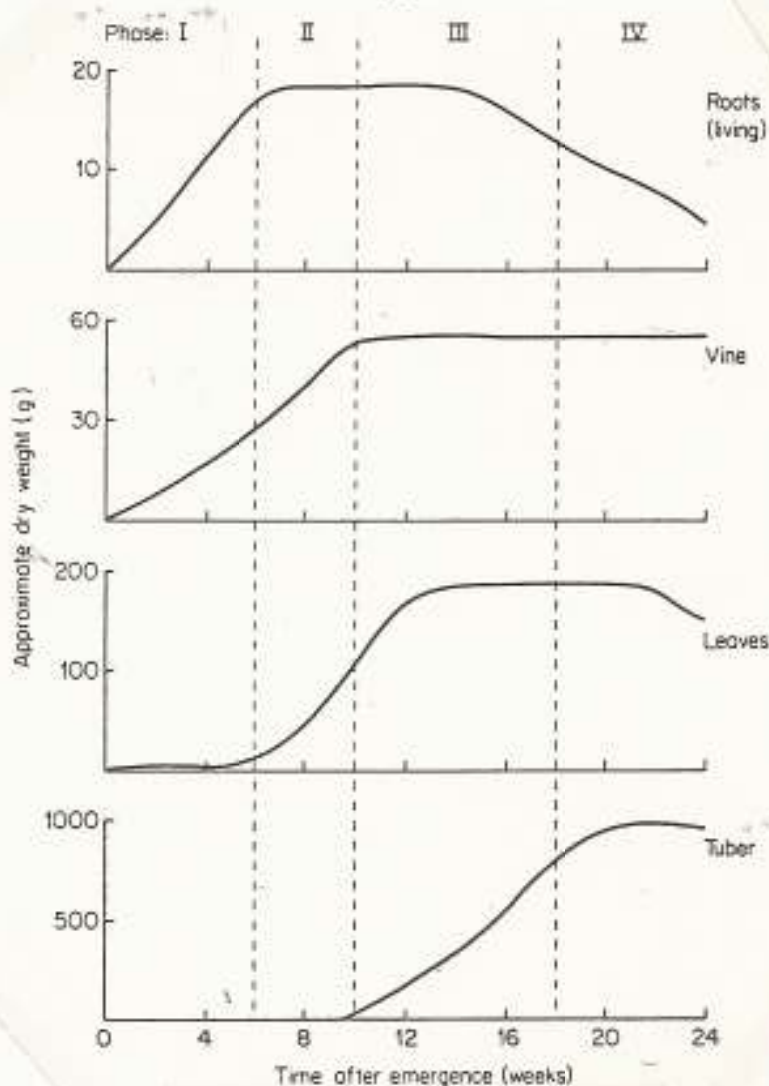
Deze paragraaf wordt opgedeeld in drie delen. Eerst komt de morfologische ontwikkeling van het gewas aan bod (in 5.2.2). Gekeken wordt naar de omvang en vorm van de spruit en de wortels. Daarna komt (in 5.2.3) de productie en de nutriëntengehaltes van de drogestof de orde. Als laatste wordt (in 5.2.4) berekend in hoeverre de nutriënten in het gewas na twee maanden afkomstig zijn uit het plantmateriaal of uit de bodem.

5.2.2 De morfologische ontwikkeling van de yamplant

De ontwikkeling van de yam verloopt volgens Onwueme (1978:15) in een viertal karakteristieke fasen. Deze 4 fasen zijn afgeleid van de grafiek die op de volgende pagina is te zien.

- fase 1: snelle ontwikkeling van het wortelstelsel en strekking van de stengels. De plant is nog afhankelijk van het plantmateriaal. Deze fase duurt tot 6 weken na opkomst
- fase 2: ontwikkeling van de bladeren waardoor de plant niet meer afhankelijk is van het plantmateriaal; van week 6 tot week 10
- fase 3: ontwikkeling van de knol en begin van het terugsterven van de wortels. Duurt van week 10 tot week 18
- fase 4: terugsterven van de plant. Na enige weken loopt ook het drooggewicht van de knol terug; vanaf week 18 tot de oogst

Het blijkt dat bij de yam de wortels zich het eerst ontwikkelen. De yam beschikt over twee typen wortels: de wortels die ontstaan aan de basis van de stengel en de wortels die later ontstaan op de gevormde knol. Over het eerste type meldt Onwueme (1978:17): "Once the tuber is planted, these roots elongate rapidly and become the main feeder roots of the plant." Zoals in figuur 3 te zien is wordt de totale lengte van de wortels na 7 weken niet meer groter. In Tai bleek dat deze wortels meestal slechts enkele centimeters onder het grondoppervlak (ook van het oppervlak van de heuvels) lopen en dat ze allemaal 'rechtstreeks' de heuvel uitgaan. In figuur 3 wordt dit geïllustreerd.



Figuur 2 De ontwikkeling van de verschillende delen van de yamplant in de loop van het groeiseizoen (aangegeven in het aantal weken na de opkomst van het gewas)



Figuur 3 Het bewortelingspatroon van de yam na twee maanden

Het hierboven weergegeven bewortelingspatroon maakt het twijfelachtig of de yam voor de voorziening van nutriënten wel goed gebruik maakt van de geaccumuleerde vruchtbaarheid in de heuvels. Met andere woorden: het is de vraag of deze accumulatie 'an sich' wel als een voordeel van de heuvels moet worden beschouwd. Een antwoord op deze redenering kan zijn dat het tweede type wortels wel in de heuvel blijft. Onwueme (1978:17) stelt echter over dit type wortels: "... their effectiveness is probably limited by their fewness, their shortness and their ephemeral nature."

In de volgende tabel zijn enkele cijfers vermeld die aangeven hoe het gewas in Tai zich in de eerste twee maanden heeft ontwikkeld.

Tabel 8 De omvang van de spruit en de wortels van de yam na twee maanden (lengtes in meters; alle waarden zijn een gemiddelde van 3 heuvels)

| | aantal stengels | totale lengte stengels | totaal aantal bladen | aantal wortels | | langste wortel |
|--------|-----------------|------------------------|----------------------|------------------|--------------|----------------|
| | | | | buiten de heuvel | in de heuvel | |
| veld 1 | 1,3 | 2,5 | 35 | 5,3 | 6,7 | 0,82 |
| veld 2 | 1,0 | 0,6 | 13 | 3,0 | 8,3 (*) | 0,87 |
| veld 3 | 1,0 | 3,3 | 32 | 8,7 | 1,0 | 1,35 |

(*) waarvan er gemiddeld 6 kleiner waren dan 5 cm

Waarschijnlijk zijn de planten aan het eind van fase 1 beland. Dat wil zeggen dat ze ongeveer 6 weken geleden opgekomen zijn. Dit zou twee weken na het planten zijn, wat goed mogelijk is. De planten hebben zeer lange stengels met relatief weinig bladeren, vooral als men zich realiseert dat er twee bladeren per knoop zitten. Het meest extreem is dit te zien op veld 3 waar per 20 cm slechts een knoop zit met twee bladeren.

Opvallend is dat de planten met de meeste lange wortels (buiten de heuvel) de minste korte wortels hebben. Blijkbaar produceert elke plant een vrij vast aantal wortels; ongeveer 10 tot 12. De planten op veld 2 met hun vele korte wortels liggen blijkbaar iets achter in ontwikkeling. In de volgende paragraaf wordt hierop nader ingegaan aan de hand van de droge stof productie.

5.2.3 De productie en de nutriëntengehaltes van de droge stof na twee maanden

De gegevens van alle 9 bemonsterde heuvels zijn te zien in bijlage 3; hier wordt slechts gewerkt met de gemiddelden van de velden. In de volgende tabel zijn de relevante cijfers bijeen gebracht met enkele cijfers uit de literatuur.

Hoewel er geen cijfers zijn gevonden over de samenstelling van de droge stof van yamplanten blijkt uit de cijfers voor de andere gewassen dat de P-gehaltes zeer laag zijn. Normaliter is de P/N verhouding 1/10. Hier is het in de spruit 1/31 voor veld 2 en 1/35 voor de andere twee velden. Volgens Janssen (pers. comm.) is bij een P/N verhouding van 1/35 de P maximaal verdund. Op veld 2 is het P-gehalte zowel in de spruit als in de wortel hoger. Het komt in de buurt van normale waarden. Dit wijst er op dat op dit veld P niet beperkend is. Bij de productie van droge stof zal nagegaan worden wat wel de beperkende factor is op dit veld.

Uit tabel 9 blijkt dat het K-gehalte van de droge stof op de veld 1 lager is dan op het vergelijkbare veld 3. De oorzaak is de minimale hoeveelheid uitwisselbaar K op veld 1 (zie bijlage 2). Dit blijkt vooral in de wortel te leiden tot aanzienlijk lagere gehalten.

Tabel 9 De droge stof productie (in grammen) van de yam na twee maanden en de samenstelling van de droge stof. Waarden uit Tai vergeleken met waarden uit de literatuur.

| | d.s. pro- ductie spruit | | | d.s. pro- ductie wortel | | | | |
|-------------------|-------------------------------|------|------|-------------------------------|---|------|------|------|
| | <u>percentage</u> | | | <u>percentage</u> | | | | |
| | N | P | K | N | P | K | | |
| veld 1 | 14,2 | 3,93 | 0,11 | 3,54 | 2,14 | 1,04 | 0,06 | 0,76 |
| veld 2 | 5,4 | 5,06 | 0,16 | 3,17 | 1,79 | 1,48 | 0,10 | 1,22 |
| veld 3 | 15,7 | 3,75 | 0,11 | 4,71 | 3,67 | 1,12 | 0,05 | 1,32 |
| 1 'algemeen' | 1,5 | 0,2 | 1,0 | | <u>opmerking:</u> gem. voor 'alle planten' | | | |
| 2 wortels mais | 1,3 | 0,11 | 0,5 | | let op: wortels | | | |
| 3 cassave | 5,1 | 0,4 | 1,2 | | kritieke waarden | | | |
| 4 gember | 3,35 | 0,2 | 3,0 | | gember = een monocotyl | | | |
| 5 zoete-aardappel | 3,2 | 0,2 | 3,0 | | 'low range' | | | |
| 6 aardappels | 6,0 | 0,2 | 1,0 | | | | | |

Uit: 1 Janssen (1978:4 en 7); 3-5 Reuter en Robinson (eds) (1986:42, 53 en 180); 6 Chapman (ed) (1966:317 en 342)

Het is interessant te melden (dit staat niet in de tabel en ook niet in bijlage 3) dat de planten op veld 2 in vergelijking met de andere velden weinig Ca en veel Mg bevatten. De gehalten voor veld 2 zijn 0,90% Ca en 0,42% Mg. Voor de andere twee velden is dit gemiddeld resp. 1,48% en 0,35%. Geen van deze gehalten duiden op een gebrek aan deze elementen. Er zijn twee verklaringen mogelijk voor de verschillen: of de lage pH remt de opname van Ca meer dan van Mg of het komt doordat op veld 2 een groter deel van de CEC wordt bezet door Mg (zie bijlage 2). Welke van de twee redenen juist is (of allebei) is niet vast te stellen. Bekend is wel dat de opname van beide elementen geremd wordt door een lage pH en dat de opname van de twee elementen antagonistisch is.

In figuur 2 is te zien dat Onwueme schat dat ca 6 weken na de opkomst de droge stof productie voor de spruit ongeveer 30 gram is (en voornamelijk uit stengel bestaat) en voor de wortel ongeveer 17 gram. Een spruit/ wortel verhouding van 1,8 dus, terwijl dat in Tai tussen de 3 (veld 2) en de 6,6 (veld 1) ligt. Dit is een tweede aanwijzing dat de planten op veld 2 niet alleen kleiner zijn maar ook minder ver in hun ontwikkeling.

Als op veld 2 zowel de beschikbaarheid als de opname van P het hoogst is wat kan dan de oorzaak zijn van de trage ontwikkeling en de daarbij horende lagere droge stof productie op dit veld? Om deze vraag te kunnen beantwoorden is de droge stof productie van de 9 bemonsterde heuvels vergeleken met een aantal andere waarnemingen die aan de grond van de heuvels zijn gedaan. De vergelijking is gedaan met behulp van een Spearman rangcorrelatie toets. In de volgende tabel staan de resultaten vermeld.

Tabel 10 De toetsingsgrootheid d^2 en de tweezijdige overschrijdingskans P bij een Spearman rangcorrelatie toets tussen de droge stof productie van spruit en wortels en andere parameters die bij de heuvels gemeten zijn (n=9) (de vochtgehalten zijn op gewichtsbasis; ze zijn niet in de bijlagen terug te vinden)

| parameter: plaats t.o.v de heuvel: | | pH-KCl | CEC | uitw. basen | uitw. top en basis | Al onder- grond | % vocht | |
|--|------------|------------|-------------|----------------|--------------------------|-----------------------|----------|------------|
| | | top | top | top | | | top | basis |
| droge stof v.d spruit | d^2 P | 56 18 | 106 n.s. | 88 n.s. | 148 n.s. | 191 10 | 52 14 | 48,5 10 |
| droge stof v.d. wortel | d^2 P | 72 n.s. | 108 n.s. | 60 n.s. | 162 n.s. | 166 n.s. | 14 1 | 8,5 1 |

Uit de tabel blijkt dat de beste correlatie bestaat tussen het vochtpercentage van de grond in de heuvels en de droge stof productie van de wortels. De productie van de spruit lijkt ook enigszins nadelig te worden beïnvloed door een lage pH en het daarmee gepaard gaande hoog uitwisselbaar Al. Om de groeireductie toe te schrijven aan het tekort aan water lijkt in strijd met wat Onwueme (1978:12) daarover zegt: "The yam plant is relatively tolerant to dry conditions". Deze tolerantie heeft drie redenen: 1) de jonge plant kan water onttrekken aan het plantmateriaal; 2) de eerste fase van de groei is voornamelijk een ontwikkeling van de wortels, bladeren zijn er nog nauwelijks (en daardoor blijft de verdamping beperkt); 3) de stengel heeft een xerophytische structuur (met een dikke waslaag). Onwueme vond bij een experiment dat 75% van de planten een absolute droogte periode van 2 maanden overleefde. Hier zijn we op een cruciaal punt aangeland: de planten overleven goed, maar ze produceren weinig. Ook dat heeft Onwueme onderzocht: "...moisture stress in the early part of the yam plant's life resulted in significant delays in the onset of tuberling." Deze late aanleg van de knollen geeft een lage opbrengst. Dit is op veld 2 waarschijnlijk gebeurd.

Als we aannemen dat in Tai het vochtgehalte inderdaad de belangrijkste factor is bij de ontwikkeling van de yam hoe kan dan verklaard worden dat veld 2 het droogst is en veld 3 het meest vochtig? Het kan niet een verschil in regenval zijn omdat veld 1 en veld 2 op slechts enkele honderden meters van elkaar liggen. Het is ook niet zo dat het lagere vochtgehalte slechts incidenteel is, bij het planten waren de vochtpercentages van de 3 velden respectievelijk 16, 12 en 26%.

De oorzaak is waarschijnlijk het hoger percentage zand op veld 2 en het rigoreuser verwijderen van de vegetatie. Door dit laatste is de uitdroging door de zon op veld 2 sterker geweest dan op de ander velden. Dat het belang van de vegetatie groter is dan de textuur blijkt uit het feit dat veld 1 met meer klei toch een minder vochtige grond heeft dan veld 3 waar meer bomen zijn blijven staan. Uiteraard kan deze constatering geen aanleiding

zijn om maar zo veel mogelijk bomen te laten staan bij de ontginning; daarvoor zijn de nadelen later in de teelt te groot. Deze nadelen zijn ten eerste de schaduw en ten tweede het vallen van takken (zoals in veld 3 gebeurd is). Bij yam is dit erger dan bij veel andere gewassen omdat yam bij beschadigingen veel te lijden heeft van anthracnose (een schimmelziekte).

De relatie tussen het vochtgehalte van de bodem en de ontwikkeling van het gewas onderstreept nog eens het belang van het mulchen van de heuvels om uitdroging te voorkomen. Onwueme (1978:59) zegt hierover: "The need for mulching is so critical in yam that drastic reductions in yield occur if mulching is not done. Apparently unmulched plots suffer from a reduced percentage emergence." De mulch dient volgens hem niet alleen om de grond vochtig te houden maar ook om de temperatuur laag te houden en om het temperatuur verschil tussen het bovenste en het onderste deel van het plantmateriaal niet te groot te laten worden. Vaak wordt aangenomen dat mulch alleen van belang is in savanne gebieden. In het regenwoud zou er voldoende bewolking en regen zijn. Bij deze proef is dit echter niet het geval geweest. Hierbij moet vermeld worden dat het in de eerste twee maanden na het planten weinig heeft geregend in Tai.

5.2.4 Het plantmateriaal als bron van nutriënten

Aan de hand van de droge stof productie en de gehalten aan nutriënten kan uitgerekend worden hoeveel nutriënten er na twee maanden in het gewas aanwezig waren. Als we dan weten hoeveel nutriënten het plantmateriaal bevatte en hoeveel er na twee maanden nog teruggevonden zijn in de resten daarvan, kan berekend worden hoeveel nutriënten uit het plantmateriaal zijn opgenomen en hoeveel uit de bodem. Zo wordt duidelijk in hoeverre het gewas afhankelijk is (geweest) van het plantmateriaal. In tabel 11 worden bovenstaande berekeningen per veld uitgevoerd op basis van de gegevens uit bijlage 3.

Tabel 11 De berekening van de hoeveelheid nutriënten (in mg) die de planten uit het plantmateriaal en de bodem halen

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------|-----|------|-----|
| <u>inhoud plantmateriaal</u> | | | | N | P | K | |
| <u>in mei (gem. alle velden):</u> | | | | 286 | 24 | 292 | |
| <u>teruggevonden in de resten</u> | | | | <u>dus verdwenen uit</u> | | | |
| <u>van het plantmateriaal:</u> | | | | <u>het plantmateriaal:</u> | | | |
| | N | P | K | | N | P | K |
| veld 1 | 135 | 6,0 | 174 | veld 1 | 151 | 18,0 | 118 |
| veld 2 | 141 | 9,2 | 234 | veld 2 | 145 | 14,8 | 58 |
| veld 3 | 88 | 5,6 | 178 | veld 3 | 198 | 18,4 | 114 |
| <u>opgenomen door het gewas:</u> | | | | <u>ontrokken uit de bodem:</u> | | | |
| | N | P | K | | N | P | K |
| veld 1 | 578 | 17 | 517 | veld 1 | 427 | -1 | 399 |
| veld 2 | 301 | 11 | 194 | veld 2 | 156 | -4 | 125 |
| veld 3 | 631 | 19 | 790 | veld 3 | 433 | 1 | 676 |

Het meest opvallende in tabel 11 is dat de planten na twee maanden het grootste deel van hun N en K uit de bodem hebben gehaald, terwijl ze nog geen P uit de bodem opgenomen hebben. Daarvoor zijn drie redenen: 1) de opname van P is erg afhankelijk van de grootte van het wortelstelsel en dat is hier in het begin erg klein; 2) de P-beschikbaarheid is erg laag; 3) het mobiliseren van P uit het plantmateriaal is waarschijnlijk makkelijker dan het opnemen uit de bodem. Vanaf de tweede maand zal de plant gedwongen zijn om P uit de bodem op te nemen, zoals ze dat al enige tijd doen met N en K. Dat de opname van P uit de bodem soms negatief is kan het gevolg zijn van de variatie in de waarden of doordat er P uit het plantmateriaal is opgenomen door de bodem. Dit laatste kan via micro-organismen zijn gebeurd maar ook rechtstreeks.

5.3 De onttrekking van nutriënten bij de oogst

In hoofdstuk 4 bleek de bodemvruchtbaarheid tijdens de teelt van de yam behoorlijk terug te lopen. In deze en de volgende paragraaf wordt nagegaan in hoeverre de opname van nutriënten door de yam daar verantwoordelijk voor is. In hoofdstuk 2 is al aangegeven dat een aantal cijfers ontbreken om tot harde conclusies te komen ten aanzien van de onttrekking van nutriënten door het gewas. Het eerste probleem is dat bij de oogst de spruit niet bemonsterd is, zodat de totale onttrekking niet berekend kan worden. Hier kan tegenin gebracht worden dat de dode spruit toch op het veld blijft liggen en dat de nutriënten daaruit weer ten goede komen aan de bodem. Het tweede probleem is dat de oogsten op veld 2 en 3 zijn mislukt: op veld 2 door de slechte opkomst en ontwikkeling in de eerste maanden en op veld 3 doordat een tak op het proefveld is gevallen. Omdat deze beide velden niet als representatief kunnen gelden zal de meeste aandacht uitgaan naar veld 1. In tabel 12 staat hoeveel nutriënten in de oogst zijn aangetroffen.

Tabel 12 De opbrengsten per ha (in kg droge stof), de samenstelling daarvan (in procenten) en de onttrekking van nutriënten (in kg/ha)

| | oogst | % N | onttrek- king N | % P | onttrek- king P | % K | onttrek- king K |
|---|-------|------|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|
| veld 1 | 5810 | 1,24 | 72,1 | 0,11 | 6,4 | 1,61 | 93,6 |
| veld 2 | 1950 | 1,96 | 38,1 | 0,11 | 2,1 | 1,91 | 37,2 |
| veld 3 | 1520 | 2,31 | 35,0 | 0,16 | 2,4 | 2,28 | 34,6 |
| Nye en Greenland (1960:28): 1,13% N; 0,09% P en 1,17% K | | | | | | | |

De onttrekking van N, P en K ligt iets onder de waarden die vaak in de literatuur genoemd worden. Dit komt doordat daar vaak een grotere oogst aangehouden wordt en meestal ook een hoger percentage droge stof (bijv. 30% i.p.v. de 20% hier). Toch is de oogst op veld 1 goed: 27 ton verse knollen/ha.

De samenstelling van de knollen van veld 1 komt goed overeen met de cijfers van Nye en Greenland. Alleen het K-gehalte ligt in Tai iets hoger. De knollen van veld 1 lijken ook het meest op het plantmateriaal. Op veld 3 liggen de gehalten veel hoger. Dit betekent dat de voorziening van nutriënten daar niet beperkend is geweest. Dit komt mogelijk door de schaduw van de vele bomen of doordat een tak in het veld is gevallen. Op veld 2 zijn de gehalten slechts iets hoger dan op veld 1. De vertraagde start van dit veld is reeds uitgebreid aan de orde geweest.

Bij de oogst is op veld 2 een spruit ge-oogst die nog niet helemaal teruggestorven was. Deze kan een indruk geven van de mate waarin de nutriënten geaccumuleerd zijn in de knol. De droge stof van de spruit (37,9 gram) had de volgende samenstelling: 1,12% N, 0,037% P en 1,17% K. Alleen het P-gehalte is veel lager dan in de knol. Dit betekent dat P in de knol geaccumuleerd is. Voor N en K geldt dit nauwelijks. Het is echter mogelijk dat de plant nog verder gegaan zou zijn met het herverdelen van nutriënten.

5.4 De afname van de bodemvruchtbaarheid als gevolg van de onttrekking van nutriënten door het gewas

De laatste vraag die in dit hoofdstuk beantwoord moet worden is in hoeverre de in 5.3 berekende onttrekking van nutriënten bijdraagt aan de afname van de vruchtbaarheid tijdens de teelt. We gaan hierbij uit van de gegevens van veld 1 omdat die het meest compleet zijn en omdat daar de teelt ongestoord is verlopen. Om de onttrekking van nutriënten om te kunnen rekenen naar een daling van de gehalten is het noodzakelijk een aanname te maken over de dichtheid van de grond. Aangenomen wordt dat 1 liter ongestoorde grond 1,3 kg weegt. Van de heuvels zijn bij het planten en na twee maanden de 3 bemonsterde heuvels gewogen. Gemiddeld bleken de heuvels op veld 1 40 kg te wegen. Aangezien per m² een heuvel wordt gemaakt bestaat de heuvel uit de oorspronkelijk bovenste 3 cm van de grond. Een tweede aanname is dat het verlies van nutriënten beperkt blijft tot de heuvel en de 15 cm daaronder. Dit is uiteraard niet helemaal juist maar de verliezen in de diepere lagen worden wel steeds kleiner. Ook in vergelijkbare onderzoeken worden vaak alleen de verliezen uit de bovengrond berekend. In tabel 13 op de volgende pagina is te zien hoe groot de onttrekking van de nutriënten per hectare is en hoe groot de afname van de vruchtbaarheid is tijdens de teelt. Deze afname van de vruchtbaarheid wordt berekend aan de hand van de cijfers voor de beschikbaarheid van de nutriënten. Een voorbeeld van zo'n berekening: de aanwezige N in de ondergrond bij het begin van de teelt is: 1,11 g N/kg (gem. van t=0 en t=2, zie bijlage 1) maal 1,3 kg/l (dichtheid van de grond) is 1,443 g/l. Er is per ha 1,5 miljoen liter grond (een laag van 15 cm is bemonsterd). Vermenigvuldigen geeft 2164 kg N/ha.

Het meest opvallende in de tabel is het negatieve verlies van K. Dit betekent echter niets anders dan dat de yam meer K heeft opgenomen dan er op een moment aan uitwisselbaar K aanwezig is. Dit betekent dat in de loop van het seizoen de voorraad uitwisselbaar K aangevuld is vanuit het niet uitwisselbare K (dat

meestal tientallen malen meer K bevat dan het uitwisselbare K). Omdat K-tot niet is bepaald is niet te achterhalen hoe groot de verliezen aan K zijn geweest.

Tabel 13 De onttrekking van nutriënten door het gewas en de afname van de hoeveelheid in de bodem aanwezige nutriënten (alles in kg/ha).

| | aanwezig bij het begin v.d. teelt | | aanwezig aan het eind v.d. teelt | | afname tijdens de teelt | |
|----------|--------------------------------------|-------|-------------------------------------|-----------------|---|-----------------|
| | onder- heuvel | grond | heuvel | onder- grond | heuvel | onder- grond |
| N | 586 | 2164 | 488 | 1618 | 98 | 546 |
| P-besch. | 9 | 20,5 | 6 | 9,8 | 3 | 10,7 |
| P-totaal | 79 | 341 | 76 | 312 | 3 | 29 |
| K(uitw.) | 26 | 106 | 22 | 30 | 4 | 76 |
| | totale afname | | opgenomen door de yam | | verlies door uitspoeling, vervluchtiging en erosie | |
| N | 644 | kg/ha | 72 | kg (= 11%) | 572 | kg/ha |
| P-b. | 13,7 | kg/ha | 6,4 | (= 47%) | 7,3 | kg/ha |
| P-t. | 32 | | 6,4 | (= 20%) | 25,6 | kg/ha |
| K | 80 | kg/ha | 93,4 | (=117%) | - 13,4 | kg/ha |

Bij P treedt hetzelfde probleem op: naast de afname van beschikbaar P is er nog de afname van P-totaal. Hier is P-totaal wel bepaald, maar via een onnauwkeurige methode (zie 4.5). De cijfers kunnen dus niet meer dan als indicatie gelden. De indicatie is echter moeilijk te interpreteren omdat er weinig vergelijkbare gegevens zijn. Het enige gevonden cijfer is dat van Budelman (in voorbereiding:20) waar P-totaal tijdens de teelt van yam terug liep van 202 mg/kg naar 163 mg/kg. Dit levert, over de bemonsteringsdiepte van 20 cm, een verlies op van 101 kg P/ha. De opname van P in die situatie is niet bekend. Wel zijn er meer cijfers over het teruglopen van de beschikbaarheid van P. Voor de bespreking hiervan wordt verwezen naar 4.5. Hier kan slechts geconcludeerd worden dat er enkele tientallen kg P uitspoelen tijdens de teelt van yam. Volgens Janssen (1978:137) is de uitspoeling van P "... meestal minder dan 1 kg/ha per jaar; op lichte zandgronden in humide klimaten is de fosfaatuitspoeling echter niet altijd te verwaarlozen." Dit laatste wordt hier bevestigd. Niet alleen door de afname van P-totaal, maar meer nog door het verlies van 7,3 kg beschikbaar P/ha. De meest voor de hand liggende verklaring voor de zeer grote verliezen is dat er niet alleen P is uitgespoeld maar dat er ook P verdwenen is via selectieve erosie. Daarbij worden vooral de fijne bodemdeeltjes met organische stof van het veld afgevoerd.

De interpretatie van het N-verlies is makkelijker omdat daarover in de literatuur meer bekend is. Volgens Janssen (1978:98 en 109) is de maximale uitspoeling zonder N-bemesting 500 kg N/ha bij een braak en 170 kg/ha bij de teelt van gewassen. De maximale deni-

trificatie is volgens dezelfde auteur 80 kg/ha. Het hier gevonden verlies van 572 kg ligt iets boven de maxima voor een braak en veel hoger dan de verliezen bij een teelt. Opnieuw is de meest voor de hand liggende verklaring de selectieve erosie.

Om het verlies van N te kunnen vergelijken met dat in andere situaties moeten de waarden uit tabel 7 omgerekend worden naar verliezen in kg/ha. Het blijkt dat Budelman in Tai een nog veel groter verlies vindt: 1482 kg/ha. In Nigeria is het verlies veel minder: 260 kg/ha. In beide gevallen is de opname door het gewas niet bekend.

Terugkomend op de vraag in hoeverre de opname van nutriënten door het gewas bijdraagt aan de afname van de vruchtbaarheid, blijkt dat dit verschillend is voor de verschillende nutriënten. Voor K is de bijdrage niet te bepalen; voor N is het maar een geringe bijdrage van 11% en voor P is het 20% als men de afname van de totale hoeveelheid P beschouwt en 47% als men alleen de afname van het beschikbaar P in rekening brengt.

Vatten we deze paragraaf samen dan moet geconcludeerd worden dat in vergelijking met andere situaties de verliezen groot zijn en de opname vrij laag. Dit heeft een aantal redenen:

- 1) de neerslag is hoog (ca. 1800 mm) waardoor de uitspoeling groot is;
- 2) het wortelstelsel van de yam is zeer oppervlakkig waardoor weinig nutriënten uit de iets diepere lagen opgepompt worden;
- 3) de yamplant ontwikkelt zich zeer langzaam zodat de grond lange tijd onbeschermd is waardoor de organische stof snel afgebroken wordt en de vrijgekomen nutriënten snel uitspoelen (op veld 2 is dit het meest uitgesproken gebeurd en daar is bijv. het N-verlies 733 kg waarvan slecht 38 kg is opgenomen door het gewas);
- 4) het bovenstaande punt wordt nog versterkt doordat de proefvelden goed gewied zijn, zodat ook onkruiden ontbraken om de grond te beschermen; anderzijds is de opname van nutriënten door de onkruiden niet bepaald zodat via de afgestorven onkruiden nog een deel van de verloren gewaande nutriënten terug komt;
- 5) bij de oogst zitten ook nutriënten in de spruit die later weer ten goede komen aan de grond. Als we bijvoorbeeld aannemen dat 70% van de N in de knol zit zou er op die manier nog ca. 30 kg N ten onrechte als verloren worden beschouwd.

De punten 1 t/m 4 veroorzaken niet alleen grote verliezen naar de ondergrond maar geven ook aanleiding tot veel erosie.

Hier kan nog aan toegevoegd worden dat de verliezen uit de bovengrond soms kunnen leiden tot accumulatie in de ondergrond. Nye en Greenland (1960:68) geven daar een aantal voorbeelden van. Een laatste overweging is dat de groei van de yam beperkt wordt door de P voorziening waardoor de plant niet in staat is om veel N en K op te nemen. Ondanks al deze deel-verklaringen blijven de verliezen hoog. Anderzijds zijn ze lager dan de verliezen die Budelman in Tai registreerde.

6 DE RELATIE TUSSEN DE AFMETINGEN VAN DE HEUVELS EN DE OOGST

In het voorgaande is reeds duidelijk geworden dat de bodemvruchtbaarheid niet de enige factor is die de opbrengst bepaalt. Landbouwkundige ingrepen als het al dan niet laten staan van bomen op het veld en het leggen van organisch materiaal op de toppen van de heuvels kunnen doorslaggevend zijn voor de start van het gewas en daardoor voor de uiteindelijke opbrengst. Een andere factor die eventueel van invloed zou kunnen zijn op de oogst is de omvang van de heuvels. Vaak blijkt dat een yamknol zich slecht ontwikkelt wanneer hij op de harde ondergrond stuit. Dit komt doordat het meristeem van de yam in aanleg aan de top van de knol zit en vandaaruit onder het hele oppervlak van de knol meegroeit. Met andere woorden: de knol wordt opgeblazen als een ballon. Dit maakt het zeer moeilijk om in een enigszins verdichte laag of in een laag met grind door te dringen. Voor knollen of wortels die eerst in de lengte groeien en zich daarna pas verdikken is dit veel makkelijker.

Als yam op een moeilijk doordringbare ondergrond stuit kan het op twee manieren reageren: of 'vergroeien' met de steentjes uit de ondergrond of zichzelf omhoog duwen uit de heuvel. In het eerste geval is het oogsten erg moeilijk en moet een deel van de oogst weggegooid worden bij de bereiding. In het tweede geval wordt de knol bloot gesteld aan het direkte zonlicht waardoor barsten in de kurklaag ontstaan die een snelle aantasting door micro-organismen mogelijk maken.

Het lijkt dus voordelig om zo groot mogelijke heuvels te maken. In dit hoofdstuk zal eerst nagegaan worden of er een correlatie bestaat tussen de afmetingen van de heuvel en de opbrengst. Als dit zo blijkt te zijn is de volgende vraag of er een optimale omvang van de heuvels bestaat en hoe groot die dan is.

In bijlage 4 zijn alle gegevens die betrekking hebben op de afmetingen van de heuvels en de oogst vermeld. Hier worden slechts de conclusies vermeld die uit die gegevens getrokken kunnen worden. Allereerst de correlatie tussen de afmetingen van de heuvel en de oogst. In de volgende tabel is te zien in hoeverre die correlaties bestaan.

Tabel 14 De toetsingsgrootte d^2 en de eenzijdige overschrijdingskans P (in procenten) bij een Spearman rangcorrelatie toets tussen de opbrengst en een aantal parameters van de heuvels

| | | <u>t = 0</u> | | | <u>t = 8</u> | | |
|--------|-------|--------------|--------|--------|--------------|--------|--------|
| | | hoogte | straal | volume | hoogte | straal | volume |
| veld 1 | d^2 | 1484 | 950 | 1167 | 590 | 758 | 724 |
| n=19 | P | 90 | n.s. | n.s. | 2 | 9 | 7 |
| veld 2 | d^2 | 58 | 40 | 52 | 20 | 43 | 34 |
| n=6 | P | 90 | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| veld 3 | d^2 | 926 | 358 | 480 | 419 | 526 | 412 |
| n=17 | P | n.s. | 1 | 5 | 2 | 8 | 2 |

Het eerste wat toelichting behoeft is de 90 procent overschrijdingskans voor de velden 1 en 2 op $t=0$ voor de correlatie tussen de oogst en de hoogte van de heuvels. Dit houdt namelijk in dat er een negatieve correlatie bestaat; dus hoe hoger de heuvel, hoe lager de opbrengst. Het wordt nog vreemder als we op $t=8$ zien dat er wel een positieve correlatie is tussen de hoogte van de heuvel en de opbrengst. Dit houdt in dat er geen correlatie is tussen de hoogte van de heuvel aan het begin van de teelt en aan het eind van de teelt. Dit is getoetst en inderdaad is er geen correlatie gevonden.

Wat zou de verklaring hiervan kunnen zijn? Mogelijk drogen de toppen van de grotere heuvels sterker uit waardoor het gewas zich minder goed ontwikkelt. Dit maakt het begrijpelijk dat deze negatieve correlatie gevonden wordt op de velden 1 en 2 en niet op veld 3 (zie 5.2). Op die heuvels waar het gewas inderdaad slecht aanslaat is de erosie groter dan op de andere waardoor oorspronkelijk relatief grote heuvels relatief kleinere heuvels worden. Daardoor kan het zijn dat bij de oogst er wel een correlatie bestaat tussen de hoogte van de heuvel en de opbrengst. Dit laatste deel van de redenering maakt ook duidelijk waarom de correlaties op $t=8$ duidelijker zijn. Dat dit niet voor veld 2 geldt komt doordat daar maar 6 waarnemingen zijn gedaan.

Uiteraard is de bovenstaande verklaring speculatief, maar beter is er niet. Over het algemeen bevestigt de tabel slechts datgene wat men had kunnen verwachten: hoe groter de heuvel hoe groter de oogst. Belangrijker dan deze constatering is de vraag hoe groot men de heuvels moet maken om de grootst mogelijke oogst te behalen. Daarvoor moet bekeken worden welke heuvels de grootste opbrengst per liter geven. In bijlage 4 is te zien hoe getoetst is of er een correlatie bestaat tussen het volume van de heuvel en de opbrengst per liter. Dit is alleen te zien voor veld 1, maar de berekening is voor alle velden uitgevoerd. Nergens is er een correlatie gevonden.

Dit betekent niet dat alle heuvels evenveel opbrengst per liter geven, het betekent wel dat niet gezegd kan worden dat men zo veel mogelijk kleine heuvels moet maken of zo weinig mogelijk grote heuvels. Het is nog steeds mogelijk (en zelfs waarschijnlijk) dat zowel erg grote heuvels als erg kleine heuvels niet erg efficiënt zijn. De grootste opbrengst per liter zou dan te behalen zijn in de heuvels met gemiddelde afmetingen. Dit houdt in dat de boeren (die ook de heuvels op de proefvelden gemaakt hebben) heuvels maken van de optimale omvang. In simpel Nederlands: omdat niet gezegd kan worden dat het beter is om de heuvels kleiner of groter te maken kan men stellen dat de boeren heuvels maken met de juiste afmetingen.

7 CONCLUSIES

Het is gebleken dat het branden in Tai een positieve invloed heeft op de bodemvruchtbaarheid. De pH gaat ruim 1 punt omhoog en de hoeveelheid uitwisselbare basen en beschikbaar P wordt twee of meer keren vergroot.

Toch blijft de bodem in Tai ook na het branden in chemisch opzicht arm. De pH, de CEC en de uitwisselbare basen zijn nog redelijk maar de P-beschikbaarheid is zeer laag. De via de methode Dabin gevonden waarden liggen slechts in de heuvels van een veld, aan het begin van de teelt iets hoger dan het kritiek gebied van tussen de 15 en de 25 mg P/kg. In alle andere situaties ligt de P-Dabin in dit kritieke gebied of zelfs lager.

Het tekort aan P kwam tot uiting in de zeer lage P-gehalten (gem. 0,13%) van het gewas na twee maanden en in de zeer hoge N/P verhouding van meer dan 30. Voor het P-gehalte geldt 0,20% als het minimum en bij een N/P ratio van 35 is de P maximaal verdund in de plant.

Op een van de velden was de hoeveelheid uitwisselbaar K minimaal. Het K-gehalte van de planten (vooral van de wortels) op dit veld was na twee maanden dan ook lager dan op een vergelijkbaar veld.

De positieve invloed van het branden op de bodemvruchtbaarheid is na een teeltseizoen met yam in veel opzichten al voor bijna de helft verdwenen. De verliezen aan nutriënten zijn erg groot: 570 kg N/ha en 25 kg P/ha. Dit laatste cijfer is een schatting. Wel nauwkeurig vastgesteld is het verlies van 7 kg beschikbaar P. Het verlies aan K kon niet berekend worden.

Vergeleken met deze grote verliezen is de opname van nutriënten door de yam gering: 72 kg N, 6,4 kg P en 94 kg K/ha. De oorzaken hiervan liggen zowel bij het gewas als bij de bodem.

Bij de yam is het probleem het oppervlakkige wortelstelsel en de langzame ontwikkeling van de plant in de eerste maanden. Daardoor is de opname van nutriënten door de yam gering en de verliezen van nutriënten uit de bodem door uitspoeling, vervluchtiging en erosie groot.

Het belangrijkste probleem bij de bodem is de lage P-beschikbaarheid waardoor de groei van de planten geremd wordt en daardoor de opname van andere nutriënten. Op een van de velden bleek dat ook vochttekort een probleem kan zijn op velden met veel zand waar bij de ontginning weinig bomen zijn blijven staan. Door dit laatste wordt de bodem blootgesteld aan de zon waardoor de grond uitdroogt en het plantmateriaal sterk verhit wordt. De helft van de planten zijn hierdoor niet opgekomen en de overigen hebben zich slecht ontwikkeld. Uiteraard is dit geen aanbeveling om veel bomen te laten staan; daarvoor zijn de latere nadelen van veel schaduw en vallende takken te groot. Wel onderstreept het het grote belang van het mulchen van de heuvels.

Zoals verwacht bleken grotere heuvels een hogere opbrengst te geven. Er was echter geen correlatie tussen de opbrengst per liter en de afmetingen van de heuvels. Dit betekent dat de boeren heuvels maken met de optimale afmetingen. Ook dit was te verwachten.

Wat betekenen deze resultaten nu voor de landbouw in Tai? De yam blijkt inefficiënt in het benutten van de nutriënten die vrijkomen bij het ontginnen en branden van het bos en het is de vraag of het in de toekomst (met kortere braakperioden door de toenemende bevolkingsdruk) mogelijk zal zijn om yam te blijven verbouwen. In ieder geval zal men zich op cultivars moeten richten die zich sneller ontwikkelen en die dieper wortelen. In Tai zijn reeds enkele, zich snel ontwikkelende cultivars geïntroduceerd.

De problemen met de bodem zouden opgelost kunnen worden via P-bemesting. Dit is geprobeerd op 6 velden rond Tai met rijst als toetsgewas. Het bleek dat een bemesting met 50 kg tripelsuperfosfaat/ha de gemiddelde opbrengsten verhoogde van 2500 kg/ha tot 3100 kg/ha. De bemesting bleek ook economisch rendabel te zijn. Daarbij moet wel aangetekend worden dat de opbrengsten bij de boeren meestal tussen de 800 en de 1000 kg liggen. Bemesting met N of K leverde in geen van de 6 gevallen een significant grotere oogst op (Van Reuler en Janssen, in druk: tabel 6). Gezien de langzame ontwikkeling van de yam mogen deze resultaten niet rechtstreeks overgezet worden, maar ze vormen wel een aanwijzing dat P-bemesting in Tai de moeite van het proberen waard is.

LITERATUURLIJST

- Borst, A.P. (1987) Bepaling van de beschikbaarheid van enkele elementen in gronden uit het Tai-gebied, Ivoorkust. Wageningen, LU, Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding.
- Budelman, A. (in voorbereiding) Land-use by the immigrants Baoule tribe in the Tai Region, South-West Ivory Coast.
- Chapman, H.D. (ed) (1966) Diagnostic criteria for plants and soils. University of California, Division of Agricultural Sciences.
- Houba, V.J.C., J.J. van de Lee, I. Novozamsky en I. Walinga. (1986). Soils and plant analysis. Part 5. Soil analysis procedures. Thrid edition. Wageningen, Agricultural University Department of Soil Science and Plant Nutrition.
- Houba, V.J.C., I. Novozamsky, J.J. van de Lee, W. van Vark en E. Nab. (1985) Chemische analyse van gewassen. Tweede herziene druk. Wageningen, LU Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding.
- Janssen, B.H. (1978) Bodemvruchtbaarheid II. Wageningen, LU, Vakgroep Bodemkunde en Bemestingsleer.
- Nye, P.H. en D.J. Greenland. (1960) The soil under shifting cultivation. Technical Communication No.51, Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden. Farnham etc. CAB.
- Onwueme, I.C (1978) The Tropical Tuber Crops. Chisester etc. John Wiley and Sons
- Reuler, v. H. en B.H. Janssen. (in druk) Nutritional constraints in secondary vegetation and upland rice in South-West Cote d'Ivoire.
- Reuter, D.J. en J.B. Robinson. (eds.) (1986) Plant analysis. An interpretation manual. Melbourne etc. Inkata press.
- Sanchez, A.P. (1976) Properties and management of soils in the tropics. New-York etc. John Wiley and Sons.
- Spitters, C.J.T. (1981) Grondslagen plantaardige produktie. Algemene plantenteelt 1. Wageningen, LU, Theoretische Teeltkunde.

Bijlage 1 ALLE ANALYSE GEGEVENS VAN DE AFZONDERLIJKE VELDEN

In de volgende tabel zijn alle resultaten van de analyses opgenomen. Zoals in hoofdstuk 2 is vermeld zijn de pH-KCl, de CEC, de uitwisselbare basen en uitwisselbaar Al aan alle 81 grondmonsters bepaald. De hier weergegeven waarden zijn voor de heuvels dan ook gemiddelden van 6 waarnemingen (3 heuvels x 2 plaatsen; top en basis). Voor de ondergrond zijn het gemiddelden van 3 heuvels. De overige waarden zijn van de geselecteerde heuvels. De cijfers voor de heuvels berusten hier dus op 2 waarnemingen (top en basis) en de ondergrond op 1. De bovenste rij is steeds van de heuvel en de onderste van de ondergrond.

| | | <u>veld 1</u> | | | <u>veld 2</u> | | | <u>veld 3</u> | | |
|-----------------------|----|---------------|------------|------------|---------------|------------|------------|---------------|------------|------------|
| | | <u>t=0</u> | <u>t=2</u> | <u>t=8</u> | <u>t=0</u> | <u>t=2</u> | <u>t=8</u> | <u>t=0</u> | <u>t=2</u> | <u>t=8</u> |
| pH-KCl | h: | 5,9 | 5,9 | 5,6 | 4,2 | 5,0 | 3,8 | 5,5 | 5,3 | 5,2 |
| | o: | 4,2 | 4,2 | 4,3 | 3,6 | 3,7 | 3,6 | 4,7 | 4,4 | 4,5 |
| C (g/kg) | | 15,6 | 15,4 | 14,4 | 24,4 | 24,3 | 17,2 | 24,1 | 22,2 | 15,2 |
| | | 12,2 | 13,2 | 11,5 | 14,7 | 17,5 | 11,5 | 15,3 | 12,1 | 14,2 |
| N (g/kg) | | 1,33 | 1,60 | 1,22 | 1,84 | 1,74 | 1,25 | 1,99 | 1,93 | 1,48 |
| | | 1,00 | 1,22 | 0,83 | 1,18 | 1,29 | 0,97 | 1,29 | 1,41 | 1,30 |
| P-totaal (mg/kg) | | 190 | 205 | 190 | 190 | 190 | 140 | 160 | 160 | 180 |
| | | 160 | 190 | 160 | 120 | 160 | 120 | 120 | 140 | 120 |
| P-dabin (mg/kg) | | 21 | 24 | 15 | 31 | 45 | 22 | 17 | 14 | 20 |
| | | 7 | 14 | 5 | 17 | 27 | 12 | 9 | 6 | 10 |
| CEC (mmol (+)/kg) | | 43 | 58 | 38 | 40 | 69 | 38 | 70 | 56 | 52 |
| | | 23 | 28 | 21 | 28 | 36 | 26 | 40 | 38 | 41 |
| uitw. basen | | 31 | 38 | 37 | 30 | 40 | 20 | 47 | 49 | 40 |
| | | 11 | 15 | 10 | 10 | 15 | 5 | 29 | 30 | 30 |
| uitw. Ca | | 23 | 29 | 28 | 19 | 26 | 11 | 34 | 38 | 34 |
| | | 7 | 10 | 6 | 4 | 12 | 1 | 20 | 23 | 25 |
| uitw. Mg | | 6 | 7 | 8 | 11 | 10 | 6 | 11 | 8 | 5 |
| | | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 4 | 7 | 6 | 5 |
| uitw. K | | 1,6 | 1,7 | 1,4 | 2,2 | 2,5 | 1,6 | 2,5 | 2,4 | 1,4 |
| | | 1,8 | 1,0 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 0,2 | 1,3 | 2,1 | 1,1 |
| uitw. Na | | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| basen verzadiging (%) | | 73 | 67 | 89 | 76 | 55 | 54 | 66 | 82 | 78 |
| | | 47 | 53 | 43 | 35 | 39 | 17 | 75 | 75 | 71 |
| uitw. Al | | 0 | 1 | 1 | 5 | 3 | 8 | 0 | 2 | 0 |
| | | 3 | 2 | 2 | 15 | 11 | 15 | 0 | 3 | 1 |

Bijlage 2 DE CEC, ALLE UITWISSELBARE BASEN, UITWISSELBAAR AL
EN DE PH-KCL VAN ALLE GRONDMONSTERS

In deze bijlage staan alle waarden die bepaald zijn aan alle grondmonsters per veld en per datum gerangschikt. Steeds is a. de kleinste en c. de grootste heuvel. De verschillende plaatsen ten opzichte van de heuvel zijn aangeduid met letters: t =top, b =basis en o = ondergrond. Bij het middelen zijn de top en de basis van de heuvel samen genomen.

VELD 1

| | t=0 | CEC | Ca | Mg | K | Na | totaal | %BS | pH-KCl | Al |
|------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------|-----|--------|----|
| heuvel t | | 36 | 15 | 3 | 0,7 | 0 | 19 | 53 | 5,4 | 0 |
| a. b | | 64 | 27 | 4 | 1,3 | 0 | 32 | 50 | 7,5 | 0 |
| o | | 24 | 6 | 3 | 1,9 | 0 | 11 | 46 | 4,0 | 3 |
| heuvel t | | 42 | 28 | 8 | 2,2 | 0 | 38 | 90 | 5,8 | 0 |
| b. b | | 35 | 23 | 7 | 2,3 | 0 | 32 | 91 | 5,1 | 0 |
| o | | 20 | 5 | 3 | 1,8 | 0 | 9 | 45 | 4,0 | 5 |
| heuvel t | | 37 | 21 | 5 | 1,5 | 0 | 26 | 70 | 5,4 | 0 |
| c. b | | 46 | 25 | 6 | 1,8 | 2 | 33 | 72 | 6,1 | 0 |
| o | | 25 | 9 | 3 | 1,6 | 0 | 14 | 56 | 4,5 | 1 |
| gem.: | | | | | | | | | | |
| heuvel | | 43 | 23 | 6 | 1,6 | 0 | 30 | 71 | 5,9 | 0 |
| ondergrond | | 23 | 7 | 3 | 1,7 | 0 | 11 | 49 | 4,2 | 3 |

| | t=2 | CEC | Ca | Mg | K | Na | totaal | %BS | pH-KCl | Al |
|------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------|-----|--------|----|
| heuvel t | | 62 | 24 | 3 | 0,8 | 0 | 28 | 45 | 6,3 | 0 |
| a. b | | 56 | 27 | 4 | 1,3 | 0 | 32 | 57 | 5,7 | 0 |
| o | | 36 | 15 | 2 | 1,0 | 0 | 18 | 50 | 4,3 | 4 |
| heuvel t | | 38 | 17 | 6 | 1,9 | 0 | 25 | 66 | 4,7 | 0 |
| b. b | | 27 | 17 | 6 | 1,7 | 0 | 25 | 93 | 4,7 | 4 |
| o | | 19 | 5 | 1 | 0,8 | 1 | 8 | 42 | 3,9 | 4 |
| heuvel t | | 94 | 45 | 11 | 2,2 | 0 | 58 | 62 | 7,3 | 0 |
| c. b | | 74 | 45 | 11 | 2,3 | 0 | 58 | 78 | 6,8 | 0 |
| o | | 29 | 11 | 4 | 1,3 | 0 | 16 | 55 | 4,3 | 2 |
| gem.: | | | | | | | | | | |
| heuvel | | 58 | 29 | 7 | 1,7 | 0 | 38 | 67 | 5,9 | 1 |
| ondergrond | | 28 | 10 | 2 | 1,0 | 0 | 14 | 49 | 4,2 | 3 |

| | t=8 | CEC | Ca | Mg | K | Na | Totaal | %BS | pH-KCl | Al |
|------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------|-----|--------|----|
| heuvel t | | 49 | 44 | 8 | 1,7 | 0 | 54 | 110 | 7,2 | 0 |
| a. b | | 59 | 46 | 18 | 1,7 | 0 | 66 | 112 | 7,7 | 1 |
| o | | 24 | 13 | 7 | 0,4 | 0 | 20 | 83 | 5,0 | 0 |
| heuvel t | | 42 | 35 | 6 | 1,4 | 0 | 42 | 100 | 5,7 | 0 |
| b. b | | 23 | 8 | 3 | 0,5 | 0 | 12 | 52 | 4,0 | 5 |
| o | | 20 | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 4 | 20 | 3,9 | 8 |
| heuvel t | | 31 | 18 | 6 | 1,4 | 0 | 24 | 77 | 4,8 | 0 |
| c. b | | 26 | 16 | 5 | 1,4 | 0 | 22 | 85 | 4,2 | 1 |
| o | | 19 | 2 | 2 | 0,2 | 0 | 4 | 21 | 3,9 | 7 |
| gem.: | | | | | | | | | | |
| heuvel | | 38 | 28 | 8 | 1,4 | 0 | 37 | 89 | 5,6 | 1 |
| ondergrond | | 21 | 6 | 3 | 0,4 | 0 | 9 | 41 | 4,4 | 5 |

Veld 2

| | t=0 | CEC | Ca | Mg | K | Na | Totaal | %BS | pH-KCl | Al |
|-------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------|-----|--------|----|
| heuvel t | | 44 | 23 | 13 | 2,7 | 1 | 40 | 91 | 4,6 | 3 |
| a. b | | 36 | 23 | 11 | 2,7 | 1 | 38 | 106 | 4,5 | 2 |
| o | | 31 | 6 | 2 | 0,9 | 1 | 10 | 32 | 3,6 | 14 |
| heuvel t | | 34 | 14 | 8 | 1,7 | 1 | 25 | 74 | 3,9 | 6 |
| b. b | | 32 | 14 | 9 | 2,1 | 1 | 26 | 81 | 3,9 | 6 |
| o | | 22 | 0 | 1 | 0,4 | 1 | 2 | 11 | 3,6 | 10 |
| heuvel t | | 39 | 11 | 7 | 1,5 | 1 | 20 | 51 | 3,8 | 11 |
| c. b | | 56 | 30 | 17 | 2,8 | 1 | 51 | 91 | 4,7 | 0 |
| o | | 30 | 7 | 2 | 0,9 | 1 | 11 | 37 | 3,5 | 20 |
| gemiddelde: | | | | | | | | | | |
| heuvel | | 40 | 19 | 11 | 2,2 | 1 | 33 | 82 | 4,2 | 5 |
| ondergrond | | 28 | 4 | 2 | 0,7 | 1 | 8 | 27 | 3,6 | 15 |

| | t=2 | CEC | Ca | Mg | K | Na | Totaal | %BS | pH-KCl | Al |
|-------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------|-----|--------|----|
| heuvel t | | 83 | 18 | 11 | 1,6 | 1 | 32 | 39 | 4,6 | 3 |
| a. b | | 64 | 24 | 6 | 2,4 | 1 | 33 | 52 | 4,9 | 0 |
| o | | 45 | 25 | 3 | 0,8 | 0 | 29 | 64 | 3,8 | 7 |
| heuvel t | | 40 | 8 | 6 | 1,7 | 1 | 17 | 42 | 3,7 | 8 |
| b. b | | 57 | 12 | 8 | 1,6 | 1 | 23 | 40 | 3,7 | 7 |
| o | | 32 | 5 | 2 | 0,7 | 0 | 8 | 25 | 3,6 | 14 |
| heuvel t | | 85 | 45 | 14 | 3,7 | 1 | 64 | 75 | 6,2 | 0 |
| c. b | | 86 | 51 | 15 | 4,1 | 1 | 72 | 84 | 7,0 | 0 |
| o | | 32 | 5 | 3 | 0,9 | 0 | 9 | 28 | 3,6 | 11 |
| gemiddelde: | | | | | | | | | | |
| heuvel | | 69 | 26 | 10 | 2,5 | 1 | 40 | 55 | 5,0 | 3 |
| ondergrond | | 36 | 12 | 3 | 0,8 | 0 | 15 | 39 | 3,7 | 11 |

| | t=8 | CEC | Ca | Mg | K | Na | Totaal | %BS | pH-KCl | Al |
|-------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------|-----|--------|----|
| heuvel t | | 29 | 11 | 6 | 1,5 | 0 | 18 | 62 | 3,9 | 6 |
| a. b | | 32 | 11 | 7 | 1,1 | 1 | 19 | 59 | 3,9 | 4 |
| o | | 24 | 2 | 2 | 0,3 | 0 | 4 | 17 | 3,7 | 12 |
| heuvel t | | 41 | 12 | 6 | 3,0 | 1 | 22 | 54 | 3,8 | 6 |
| b. b | | 46 | 15 | 7 | 1,2 | 1 | 24 | 52 | 3,8 | 8 |
| o | | 24 | 0 | 1 | 0,2 | 0 | 1 | 4 | 3,6 | 16 |
| heuvel t | | 40 | 10 | 7 | 1,7 | 0 | 19 | 48 | 3,7 | 10 |
| c. b | | 42 | 9 | 6 | 1,3 | 1 | 17 | 40 | 3,6 | 12 |
| o | | 30 | 0 | 9 | 0,1 | 0 | 9 | 30 | 3,5 | 17 |
| gemiddelde: | | | | | | | | | | |
| heuvel | | 38 | 11 | 6 | 1,6 | 1 | 20 | 52 | 3,8 | 8 |
| ondergrond | | 26 | 1 | 4 | 0,2 | 0 | 5 | 17 | 4,6 | 15 |

VELD 3

| | t=0 | CEC | Ca | Mg | K | Na | Totaal | %BS | pH-KCl | Al |
|-------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------|-----|--------|----|
| heuvel t | | 49 | 13 | 5 | 0,8 | 0 | 19 | 39 | 5,0 | 0 |
| a. b | | 84 | 42 | 22 | 2,4 | 0 | 66 | 79 | 6,5 | 0 |
| o | | 37 | 18 | 11 | 1,4 | 0 | 30 | 81 | 4,7 | 0 |
| heuvel t | | 50 | 28 | 7 | 2,1 | 0 | 37 | 74 | 5,0 | 0 |
| b. b | | 92 | 46 | 18 | 3,4 | 1 | 68 | 74 | 5,8 | 2 |
| o | | 28 | 17 | 5 | 0,8 | 0 | 23 | 82 | 4,4 | 1 |
| heuvel t | | 70 | 36 | 8 | 3,2 | 1 | 48 | 69 | 5,3 | 0 |
| c. b | | 74 | 36 | 7 | 3,3 | 1 | 47 | 64 | 5,4 | 0 |
| o | | 55 | 26 | 5 | 1,6 | 0 | 33 | 60 | 5,0 | 0 |
| gemiddelde: | | | | | | | | | | |
| heuvel | | 70 | 34 | 11 | 2,5 | 0 | 46 | 66 | 5,5 | 0 |
| ondergrond | | 40 | 20 | 9 | 1,3 | 0 | 29 | 74 | 4,7 | 0 |

| | t=2 | CEC | Ca | Mg | K | Na | Totaal | %BS | pH-KCl | Al |
|-------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------|-----|--------|----|
| heuvel t | | 93 | 63 | 8 | 2,9 | 0 | 74 | 80 | 7,2 | 0 |
| a. b | | 73 | 67 | 10 | 3,9 | 0 | 81 | 111 | 7,2 | 0 |
| o | | 51 | 37 | 7 | 3,1 | 0 | 47 | 92 | 5,1 | 0 |
| heuvel t | | 31 | 16 | 5 | 1,7 | 0 | 23 | 74 | 4,1 | 3 |
| b. b | | 22 | 7 | 3 | 1,2 | 0 | 11 | 50 | 3,9 | 8 |
| o | | 24 | 7 | 3 | 1,2 | 0 | 11 | 46 | 3,8 | 6 |
| heuvel t | | 53 | 33 | 9 | 2,2 | 0 | 44 | 83 | 4,8 | 0 |
| c. b | | 65 | 45 | 12 | 2,6 | 0 | 60 | 92 | 4,7 | 0 |
| o | | 38 | 24 | 7 | 1,9 | 0 | 33 | 87 | 4,4 | 2 |
| gemiddelde: | | | | | | | | | | |
| heuvel | | 56 | 38 | 8 | 2,4 | 0 | 49 | 82 | 5,3 | 2 |
| ondergrond | | 38 | 23 | 6 | 2,1 | 0 | 30 | 75 | 4,4 | 3 |

| | t=8 | CEC | Ca | Mg | K | Na | Totaal | %BS | pH-KCl | Al |
|-------------|-----|-----|----|----|-----|----|--------|-----|--------|----|
| heuvel t | | 40 | 29 | 7 | 1,5 | 0 | 37 | 92 | 5,6 | 0 |
| a. b | | 69 | 53 | 3 | 1,3 | 0 | 57 | 83 | 7,3 | 0 |
| o | | 44 | 27 | 6 | 2,1 | 0 | 35 | 80 | 4,8 | 0 |
| heuvel t | | 60 | 35 | 6 | 2,1 | 0 | 43 | 72 | 4,7 | 0 |
| b. b | | 47 | 30 | 3 | 0,8 | 0 | 34 | 72 | 4,7 | 0 |
| o | | 51 | 34 | 6 | 0,8 | 0 | 41 | 80 | 4,7 | 0 |
| heuvel t | | 53 | 31 | 7 | 1,6 | 0 | 40 | 75 | 4,6 | 0 |
| c. b | | 44 | 26 | 4 | 0,8 | 0 | 31 | 70 | 4,4 | 0 |
| o | | 29 | 13 | 2 | 0,3 | 0 | 15 | 52 | 4,1 | 2 |
| gemiddelde: | | | | | | | | | | |
| heuvel | | 52 | 34 | 5 | 1,4 | 0 | 40 | 77 | 4,7 | 0 |
| ondergrond | | 41 | 25 | 5 | 1,1 | 0 | 30 | 71 | 5,2 | 1 |

Biilage 3 ALLE GEGEVENS OVER DE DROGE STOF PRODUCTIE EN DE SAMENSTELLING DAARVAN OP t=2 EN t=8

In deze bijlage staan alle gegevens over de droge stof productie en de samenstelling daarvan van alle afzonderlijk heuvels. Steeds is heuvel a de kleinste en c de grootste heuvel die op een datum is bemonsterd. De letter g staat voor het gemiddelde. Ook zijn hier de gegevens vermeld van de organische stof groter dan 2 mm dat bij het planten is aangetroffen in de heuvels. Alle cijfers voor de droge stof (d.s.) zijn in grammen, de rest in mg.

VELD 1

Organisch materiaal (>2mm) bij het planten

| d.s. | N | P | K |
|-------|------|-----|-----|
| a 300 | 3591 | 93 | 340 |
| b 370 | 4636 | 115 | 796 |
| c 539 | 7636 | 217 | 885 |
| g.403 | 5288 | 145 | 674 |

Plantmateriaal (gem 100 g)

| d.s. | N | P | K |
|------|------|------|------|
| 23,8 | 286 | 24 | 292 |
| | %N | %P | %K |
| | 1,20 | 0,10 | 1,22 |

In de knolrest aangetroffen (t=2)

| d.s. | N | P | K |
|--------|-----|-----|-----|
| a 8,22 | 173 | 8,2 | 179 |
| b 5,85 | 129 | 5,3 | 220 |
| c 7,14 | 102 | 4,4 | 124 |
| g 7.07 | 135 | 6,0 | 174 |

Onttrekking uit de knol

| N | P | K |
|-----|----|-----|
| 113 | 16 | 113 |
| 157 | 19 | 72 |
| 184 | 20 | 168 |
| 151 | 18 | 118 |

In gewas aangetroffen (t=2)

spruit:

| d.s. | N | P | K |
|----------|-----|------|-----|
| a 17,95 | 660 | 18,0 | 487 |
| b 12,72 | 500 | 12,0 | 451 |
| c 11,79 | 508 | 16,9 | 564 |
| g. 14,15 | 556 | 15,6 | 501 |

wortel:

| d.s. | N | P | K |
|------|------|-----|------|
| 2,45 | 26,5 | 1,7 | 22,3 |
| 1,77 | 19,3 | 1,0 | 14,6 |
| 2,21 | 20,8 | 1,4 | 11,9 |
| 2,14 | 22,2 | 1,4 | 16,3 |

Totale onttrekking:

| N | P | K |
|-------|----|-----|
| a 686 | 20 | 509 |
| b 519 | 13 | 466 |
| c 529 | 18 | 576 |
| g 578 | 17 | 517 |

Onttrekking uit de bodem:

| N | P | K |
|-----|----|-----|
| 573 | 4 | 396 |
| 362 | -6 | 394 |
| 345 | -2 | 408 |
| 427 | -1 | 399 |

Oogst: gemiddelde opbrengst per heuvel: 2716 gram

| | | |
|---------------------------|----------|---------------------------|
| percentage droge stof | : 21,4 % | per heuvel: 581 gram d.s. |
| samenstelling droge stof: | 1,24 %N | 7207 mg N |
| | 0,11 %P | 639 mg P |
| | 1,61 %K | 9358 mg K |

VELD 2

Organisch materiaal (> 2mm)
bij het planten

| gew. | N | P | K |
|-------|------|-----|-----|
| a 259 | 2576 | 80 | 293 |
| b 346 | 4113 | 123 | 676 |
| c 361 | 4070 | 106 | 374 |
| g.322 | 3586 | 103 | 448 |

Plantmateriaal (gem 100 g)

| d.s. | N | P | K |
|------|------|------|------|
| 23,8 | 286 | 24 | 292 |
| | %N | %P | %K |
| | 1,20 | 0,10 | 1,22 |

In knolrest aangetroffen (t=2)

| | d.s. | N | P | K |
|---|-------|-----|------|-----|
| a | 13,36 | 100 | 5,4 | 162 |
| b | 4,11 | 151 | 13,9 | 323 |
| c | 8,69 | 173 | 8,4 | 216 |
| g | 8,72 | 141 | 9,2 | 234 |

Onttrekking uit de knol:

| N | P | K |
|-----|----|-------|
| 186 | 19 | 130 |
| 135 | 10 | -33 ? |
| 113 | 16 | 76 |
| 145 | 15 | 103 |

In gewas aangetroffen na 2 maanden:

spruit:

| gew. | N | P | K |
|---------|-----|------|-----|
| a 4,53 | 248 | 8,1 | 150 |
| b 1,10 | 74 | 3,4 | 42 |
| c 10,64 | 501 | 15,0 | 323 |
| g 5,42 | 274 | 8,8 | 172 |

wortel:

| gew. | N | P | K |
|------|------|-----|------|
| 1,75 | 30,8 | 2,0 | 20,7 |
| 0,99 | 16,2 | 1,3 | 10,8 |
| 2,64 | 32,5 | 2,0 | 34,2 |
| 1,79 | 26,5 | 1,8 | 21,9 |

Totale onttrekking:

| | N | P | K |
|---|-----|----|-----|
| a | 279 | 10 | 171 |
| b | 90 | 5 | 53 |
| c | 534 | 17 | 357 |
| g | 301 | 11 | 194 |

Onttrekking uit de bodem:

| N | P | K |
|-----|----|-----|
| 93 | -9 | 41 |
| -45 | -5 | 53 |
| 421 | 1 | 281 |
| 156 | -4 | 125 |

Oogst:

gemiddelde opbrengst per heuvel: 1008 gram

percentage droge stof 19,3%

samenstelling droge stof: 1,96 %N
0,11 %P
1,91 %K

per heuvel: 195 gram d.s.

3813 mg N
214 mg P
3716 mg K

VELD 3

Organisch materiaal (>2mm)
bij het planten

| d.s. | N | P | K |
|-------|------|-----|-----|
| a 562 | 8206 | 139 | 791 |
| b 267 | 3645 | 99 | 438 |
| c 329 | 4016 | 122 | 875 |
| g.386 | 5289 | 120 | 701 |

Plantmateriaal (gem 100 g)

| d.s. | N | P | K |
|------|------|------|------|
| 23,8 | 286 | 24 | 292 |
| | %N | %P | %K |
| | 1,20 | 0,10 | 1,22 |

In de knolrest aangetroffen (t=2)

| d.s. | N | P | K |
|---------|-----|-----|-----|
| a 5,47 | 66 | 5,1 | 135 |
| b 4,38 | 73 | 4,8 | 149 |
| c 10,30 | 126 | 7,0 | 250 |
| g 6,72 | 88 | 5,6 | 178 |

Onttrekking uit de knol:

| N | P | K |
|-----|----|-----|
| 220 | 19 | 157 |
| 213 | 19 | 143 |
| 160 | 17 | 42 |
| 198 | 18 | 114 |

In gewas aangetroffen na 2 maanden:

spruit:

| d.s. | N | P | K |
|---------|-----|------|------|
| a 20,48 | 754 | 22,8 | 1106 |
| b 17,65 | 672 | 18,6 | 717 |
| c 9,10 | 344 | 11,2 | 401 |
| g 15,74 | 590 | 17,5 | 741 |

wortel:

| d.s. | N | P | K |
|------|------|-----|------|
| 5,02 | 53,8 | 2,5 | 60,8 |
| 3,17 | 34,3 | 1,7 | 38,5 |
| 2,83 | 35,2 | 1,8 | 46,3 |
| 3,67 | 41,1 | 2,0 | 48,5 |

Totale onttrekking:

| | N | P | K |
|---|-----|----|------|
| a | 808 | 25 | 1167 |
| b | 706 | 20 | 755 |
| c | 379 | 13 | 447 |
| g | 631 | 19 | 790 |

Onttrekking uit de bodem:

| N | P | K |
|-----|----|------|
| 588 | 6 | 1010 |
| 493 | 1 | 612 |
| 219 | -5 | 405 |
| 433 | 1 | 676 |

Oogst:

gemiddelde opbrengst per heuvel: 732 gram

percentage droge stof: 20,7%,

samenstelling d.s.: 2,31 %N

0,16 %P

2,28 %K

per heuvel: 152 gram d.s.

3500 mg N

242 mg P

3455 mg K

Bijlage 4 DE AFMETINGEN VAN DE HEUVELS, DE OOGST EN DE CORRELATIES DAAR TUSSEN (BEREKENT MET DE SPEARMAN-TOETS)

Veld 1, plantdatum

| no | hoogte (cm) | rang no. | straal (cm) | rang no. | volume (l) | rang no. | oogst (g) | rang no. |
|----|-------------|----------|-------------|----------|------------|----------|-----------|----------|
| 2 | 34 | 2 | 42 | 6 | 63 | 3 | 850 | 1 |
| 3 | 39 | 14,5 | 45 | 16 | 83 | 15,5 | 2100 | 6,5 |
| 4 | 36 | 5 | 42 | 6 | 67 | 6 | 4000 | 16 |
| 5 | 31 | 1 | 40 | 1,5 | 52 | 1 | 2300 | 8 |
| 6 | 35 | 3,5 | 42 | 6 | 65 | 5 | 2400 | 9 |
| 8 | 41 | 17,5 | 46 | 17,5 | 91 | 19 | 3100 | 12 |
| 9 | 41 | 17,5 | 44 | 13 | 83 | 15,5 | 1300 | 4 |
| 10 | 38 | 11 | 46 | 17,5 | 84 | 17 | 3700 | 15 |
| 11 | 42 | 19 | 43 | 9,5 | 81 | 14 | 1200 | 2,5 |
| 12 | 38 | 11 | 40 | 1,5 | 64 | 4 | 2100 | 6,5 |
| 13 | 37 | 7,5 | 44 | 13 | 75 | 10 | 4200 | 18 |
| 14 | 39 | 14,5 | 47 | 19 | 90 | 18 | 2800 | 10 |
| 16 | 39 | 14,5 | 43 | 9,5 | 76 | 12 | 3400 | 13 |
| 18 | 37 | 7,5 | 44 | 13 | 75 | 10 | 4100 | 17 |
| 20 | 38 | 11 | 44 | 13 | 77 | 13 | 1550 | 5 |
| 21 | 39 | 14,5 | 42 | 6 | 72 | 8 | 1200 | 2,5 |
| 22 | 37 | 7,5 | 44 | 13 | 75 | 10 | 3600 | 14 |
| 23 | 35 | 3,5 | 41 | 3 | 62 | 2 | 4700 | 19 |
| 24 | 37 | 7,5 | 42 | 6 | 68 | 7 | 3000 | 11 |

$d^2 = 1484$
P = 90%

$d^2 = 950,5$
n.s.

$d^2 = 1167$
n.s.

veld 1, oogstdatum

| no | hoogte (cm) | rang no. | straal (cm) | rang no. | volume (l) | rang no. | oogst (g) | rang no. |
|----|-------------|----------|-------------|----------|------------|----------|-----------|----------|
| 2 | 23 | 1 | 37 | 1 | 32 | 1 | 850 | 1 |
| 3 | 35 | 14 | 40 | 8 | 58 | 10 | 2100 | 6,5 |
| 4 | 28 | 2 | 38 | 4 | 43 | 2 | 4000 | 16 |
| 5 | 29 | 3 | 38 | 4 | 44 | 3 | 2300 | 8 |
| 6 | 35 | 14 | 38 | 4 | 53 | 7 | 2400 | 9 |
| 8 | 36 | 16,5 | 41 | 11,5 | 65 | 15 | 3100 | 12 |
| 9 | 31 | 6,5 | 43 | 14,5 | 60 | 12,5 | 1300 | 4 |
| 10 | 33 | 10,5 | 41 | 11,5 | 59 | 11 | 3700 | 15 |
| 11 | 30 | 4,5 | 40 | 8 | 50 | 6 | 1200 | 2,5 |
| 12 | 30 | 4,5 | 38 | 4 | 46 | 4 | 2100 | 6,5 |
| 13 | 37 | 18 | 45 | 16,5 | 77 | 16 | 4200 | 18 |
| 14 | 34 | 12 | 48 | 19 | 81 | 18 | 2800 | 10 |
| 16 | 36 | 16,5 | 40 | 8 | 60 | 12,5 | 3400 | 13 |
| 18 | 35 | 14 | 46 | 18 | 78 | 17 | 4100 | 17 |
| 20 | 31 | 6,5 | 41 | 11,5 | 56 | 8 | 1550 | 5 |
| 21 | 33 | 10,5 | 43 | 14,5 | 64 | 14 | 1200 | 2,5 |
| 22 | 40 | 19 | 45 | 16,5 | 83 | 19 | 3600 | 14 |
| 23 | 32 | 8,5 | 41 | 11,5 | 57 | 9 | 4700 | 19 |
| 24 | 32 | 8,5 | 38 | 4 | 49 | 5 | 3000 | 11 |

$d^2 = 590$
P = 2%

$d^2 = 757,5$
P = 9%

$d^2 = 723,5$
P = 7%

Veld 2, Mei

| hoogte rang | | straal rang | | volume rang | | oogst rang | | |
|--------------|------|--------------|------|-------------|-----|------------|------|-----|
| no | (cm) | no. | (cm) | no. | (l) | no. | (g) | no. |
| 2 | 34 | 3,5 | 48 | 6 | 82 | 6 | 500 | 2 |
| 5 | 33 | 2 | 45 | 5 | 70 | 5 | 1100 | 4 |
| 8 | 29 | 1 | 41 | 1,5 | 51 | 1 | 1150 | 5 |
| 12 | 37 | 5 | 41 | 1,5 | 65 | 2 | 800 | 3 |
| 16 | 34 | 3,5 | 43 | 4 | 66 | 3 | 2300 | 6 |
| 23 | 38 | 6 | 42 | 3 | 67 | 4 | 200 | 1 |
| ----- | | ----- | | ----- | | | | |
| $d^2 = 57,5$ | | $d^2 = 39,5$ | | $d^2 = 52$ | | | | |
| P = 90% | | n.s. | | n.s. | | | | |

Veld 2, oogstdatum

| hoogte rang | | straal rang | | volume rang | | oogst rang | | |
|-------------|------|-------------|------|--------------|-----|------------|------|-----|
| no | (cm) | no. | (cm) | no. | (l) | no. | (g) | no. |
| 2 | 24 | 1 | 53 | 6 | 69 | 5 | 500 | 2 |
| 5 | 25 | 2 | 43 | 3,5 | 48 | 1 | 1100 | 4 |
| 8 | 37 | 6 | 43 | 3,5 | 72 | 6 | 1150 | 5 |
| 12 | 30 | 4 | 45 | 5 | 62 | 4 | 800 | 3 |
| 16 | 30 | 4 | 41 | 1,5 | 54 | 2,5 | 2300 | 6 |
| 23 | 30 | 4 | 41 | 1,5 | 54 | 2,5 | 200 | 1 |
| --- | | ----- | | ----- | | | | |
| $d^2 = 20$ | | $d^2 = 43$ | | $d^2 = 34,5$ | | | | |
| n.s. | | n.s. | | n.s. | | | | |

Veld 3, plantdatum

| hoogte rang | | straal rang | | volume rang | | oogst rang | | |
|---------------|------|---------------|------|-------------|-----|------------|------|------|
| no | (cm) | no. | (cm) | no. | (l) | no. | (g) | no. |
| 2 | 41 | 12 | 40 | 6,5 | 69 | 9 | 300 | 5 |
| 3 | 37 | 2,5 | 38 | 2 | 56 | 1 | 250 | 3,5 |
| 4 | 39 | 7 | 38 | 2 | 59 | 2 | 250 | 3,5 |
| 5 | 47 | 17 | 42 | 12,5 | 87 | 16 | 1300 | 14 |
| 6 | 43 | 14 | 48 | 17 | 104 | 17 | 600 | 10 |
| 8 | 40 | 10 | 38 | 2 | 60 | 3 | 200 | 2 |
| 9 | 36 | 1 | 42 | 12,5 | 67 | 8 | 1600 | 16 |
| 10 | 40 | 10 | 44 | 15,5 | 80 | 15 | 500 | 8 |
| 11 | 39 | 7 | 44 | 15,5 | 79 | 14 | 800 | 12,5 |
| 12 | 44 | 15,5 | 41 | 10 | 77 | 12,5 | 100 | 1 |
| 16 | 40 | 10 | 40 | 6,5 | 66 | 7 | 500 | 8 |
| 18 | 37 | 2,5 | 41 | 10 | 65 | 6 | 350 | 6 |
| 19 | 44 | 15,5 | 41 | 10 | 77 | 12,5 | 800 | 12,5 |
| 21 | 39 | 7 | 39 | 4 | 62 | 4 | 500 | 8 |
| 22 | 42 | 13 | 40 | 6,5 | 70 | 10 | 700 | 11 |
| 23 | 38 | 4,5 | 43 | 14 | 74 | 11 | 2200 | 17 |
| 24 | 38 | 4,5 | 40 | 6,5 | 63 | 5 | 1500 | 15 |
| ----- | | ----- | | ----- | | | | |
| $d^2 = 925,5$ | | $d^2 = 358,5$ | | $d^2 = 480$ | | | | |
| n.s. | | P = 1% | | P = 5% | | | | |

Veld 3, oogstdatum

| hoogte rang | | straal | | volume rang | | oogst rang | | | |
|-------------|------|-------------|------|---------------|-----|------------|------|-------|--|
| no | (cm) | no. | (cm) | rang no. | (l) | no. | (g) | no. | |
| 2 | 31 | 7,5 | 46 | 14,5 | 69 | 13 | 300 | 5 | |
| 3 | 31 | 7,5 | 41 | 6 | 56 | 6,5 | 250 | 3,5 | |
| 4 | 30 | 3,5 | 37 | 1,5 | 42 | 1 | 250 | 3,5 | |
| 5 | 39 | 15 | 45 | 12,5 | 81 | 15 | 1300 | 14 | |
| 6 | 37 | 12 | 46 | 14,5 | 83 | 16 | 600 | 10 | |
| 8 | 31 | 7,5 | 37 | 1,5 | 43 | 2 | 200 | 2 | |
| 9 | 31 | 7,5 | 43 | 9 | 60 | 8,5 | 1600 | 16 | |
| 10 | 27 | 2,5 | 48 | 16,5 | 64 | 10,5 | 500 | 8 | |
| 11 | 38 | 13 | 48 | 16,5 | 91 | 17 | 800 | 12,5 | |
| 12 | 27 | 2,5 | 43 | 9 | 52 | 5 | 100 | 1 | |
| 16 | 31 | 7,5 | 45 | 12,5 | 64 | 10,5 | 500 | 8 | |
| 18 | 30 | 3,5 | 40 | 4 | 50 | 4 | 350 | 6 | |
| 19 | 31 | 7,5 | 43 | 9 | 60 | 8,5 | 800 | 12,5 | |
| 21 | 34 | 11 | 40 | 4 | 56 | 6,5 | 500 | 8 | |
| 22 | 39 | 15 | 40 | 4 | 65 | 12 | 700 | 11 | |
| 23 | 39 | 15 | 43 | 9 | 75 | 14 | 2200 | 17 | |
| 24 | 24 | 1 | 43 | 9 | 46 | 3 | 1500 | 15 | |
| ----- | | ----- | | ----- | | ----- | | ----- | |
| $d^2 = 419$ | | $d^2 = 526$ | | $d^2 = 411,5$ | | | | | |
| P = 2% | | P = 8% | | P = 2% | | | | | |

Correlaties tussen de opbrengst per liter en het volume op veld 1 voor t=0 en t=8. Voor t=8 is ook de correlatie tussen de opbrengst per liter en de hoogte berekent.

| <u>t = 0</u> | | | <u>t = 8</u> | | | | |
|--------------|-------|-------------|--------------|--------------|-------|-------|--|
| rang | oogst | rang | rang | rang | oogst | rang | |
| no | per | | no | no | per | | |
| vol. | liter | no. | vol. | hoogte | liter | no. | |
| 2 | 3 | 13 | 1 | 1 | 27 | 4 | |
| 3 | 15,5 | 25 | 6 | 10 | 36 | 7 | |
| 4 | 6 | 60 | 18 | 2 | 93 | 19 | |
| 5 | 1 | 44 | 12 | 3 | 52 | 12 | |
| 6 | 5 | 37 | 10 | 7 | 45 | 9 | |
| 8 | 19 | 34 | 9 | 15 | 48 | 11 | |
| 9 | 15,5 | 16 | 3 | 12,5 | 22 | 2 | |
| 10 | 17 | 44 | 12 | 11 | 63 | 17 | |
| 11 | 14 | 15 | 2 | 6 | 24 | 3 | |
| 12 | 4 | 33 | 8 | 4 | 46 | 10 | |
| 13 | 10 | 56 | 17 | 16 | 55 | 14 | |
| 14 | 18 | 31 | 7 | 18 | 35 | 6 | |
| 16 | 12 | 45 | 14 | 12,5 | 57 | 15 | |
| 18 | 10 | 55 | 16 | 17 | 53 | 13 | |
| 20 | 13 | 20 | 5 | 8 | 28 | 5 | |
| 21 | 8 | 17 | 4 | 14 | 19 | 1 | |
| 22 | 10 | 48 | 15 | 19 | 43 | 8 | |
| 23 | 2 | 76 | 19 | 9 | 82 | 18 | |
| 24 | 7 | 44 | 12 | 5 | 61 | 16 | |
| ----- | | ----- | | ----- | | ----- | |
| $d^2 = 1454$ | | $d^2 = 994$ | | $d^2 = 1266$ | | | |
| n.s. | | n.s. | | n.s. | | | |

Bijlage 5 VOORSCHRIFT VOOR HET BEPALEN VAN HET BESCHIKBAAR
P VOLGENS DE METHODE DABIN
(uit: Borst, 1987, bijlage 25)

PRINCIPLE:

The soil is extracted with a 0.5N NaHCO_3 :0.5N NH_4F solution at pH 8.5. After shaking and centrifugating the centrifugate is prepared to precipitate organic matter. After that, filtrate is used for measuring the concentration of phosphorus colorimetrically.

REAGENTS:

- 1 Extraction solution, 0.5N NaHCO_3 + 0.5N NH_4F , pH 8.5; Dissolve 42.01g NaHCO_3 in a volumetric flask of 1L with about 900ml water. Add 18.52g NH_4F . Dissolve and adjust pH to 8.5 with 2N NaOH . Make up to the mark with water.
- 2 Standard solution, 1g L^{-1} P; Dissolve 4.3936g KH_2PO_4 in 1L water.
- 3 Mixed sulfomolybdaat solution; Dissolve 25g molybdaat in 100ml water and dissolve 280ml H_2SO_4 (conc) in 300ml water. Add molybdaat solution to acid solution (and vice versa) in a volumetric flask of 2L and make up to the mark with water.
- 4 Boric acid, 0.8M; Dissolve 50g boric acid in a volumetric flask of 1L. Heat carefully and make up to the mark with water.
- 5 Ascorbic acid solution; Dissolve 10g ascorbic acid in 1L water.

Standard series:

Pipette 0-0.2-0.4-0.6-0.8-1.0ml of the standard solution in volumetric flasks of 100ml. Make up to the mark with the extraction solution. Transfer the solutions as quickly as possible into beakers of polyethylene. Adjust to pH 2 with 115 drips of H_2SO_4 (conc). Include this amount in your calculation. Mix well. Let the serie stand for 3 to 4 days.

Extraction and purification:

Weigh 0.5g of air-dried soil in centrifuge tubes and add 40 ml extraction solution. Shake for 1 hour, centrifuge and pipette 20ml extractate in beakers of polyethylene. Adjust to pH 2 with 23 drips of H_2SO_4 (conc). Shake well, let CO_2 release and let stand for 1 day. Filtrate and keep the solutions till measuring.

Procedure:

Pipette 3ml of the solutions (also the standardserie solutions) into test tubes. Add 5ml boric acid, 1ml mixed sulfomolybdaat solution and 4ml ascorbic acid solution. Shake and heat for 10min. in a waterbath at 80°C . Measure, after cooling, colorimetrically at 880 nm.

Remarks:

- It's advisable to prepare the standardserie solutions one by one. The solutions has to be transferred as quickly as possible for HF will affect glass.
- Adjusting pH at 2 is not recommended by using a pH-meter. HF will also affect the pH-meter.
- The extraction solution has got to be used directly after preparing. Don't stock it for a period longer than 1 month; and otherwise always in a plastic beaker; controle pH at reusing.