

1.

DE BODEMGESTELDHEID VAN HET
LEUCAENA-PROEFVELD LELYDORP,
DE RELATIE BODEM-GEWAS EN
ENIGE BEMESTINGSASPECTEN

door

R.M. WESTERINK

MEI 1987

ANTON DE KOM UNIVERSITEIT
VAN SURINAME

ISBN: 2307207

ANTON DE KOM UNIVERSITEIT VAN SURINAME

DE BODEMGESTELDHEID VAN HET LEUCAENA-PROEFVELD LELYDORP,

DE RELATIE BODEM-GEWAS EN ENIGE BEMESTINGSASPECTEN

R.M. Westerink

mei 1987 *b.*

I N H O U D

	<u>Pag.</u>
1. Inleiding	3
2. Bodemgesteldheid proefaanplant Landsboerderij	4
3. Relatie bodem-gewas (Leucaena)	5
3.1. Inleiding	5
3.2. Landkwaliteiten	5
3.2.1. Bewortelbare diepte	5
3.2.2. Vochtvoorziening	6
3.2.3. Zuurstofvoorziening van de wortels (aëratie)	8
3.2.4. De zuurgraad (pH) van de grond	9
3.2.5. Voorziening van voedingsstoffen	10
3.2.6. Structuurstabiliteit	12
3.2.7. Weerstand tegen erosie	12
4. Enige bemestingsaspecten	13
5. Conclusies, opmerkingen en enige aanbevelingen	17
 Literatuur	 19
 Appendix 1	
 Appendix 2	

DE BODEMGESTELDHEID VAN HET LEUCAENA-PROEFVELD LELYDORP,
DE RELATIE BODEM-GEWAS EN ENIGE BEMESTINGSASPECTEN

Door : R.M. Westerink

Datum: 12 mei 1987

1. INLEIDING

In het kader van het regionale O.A.S.-project "Leucaena as a source of feed, fuel and erosion control" zijn er in de loop van 1986 in Suriname 2 proefvelden aangelegd, en wel te Coebitie (goed gedraineerde, arme zure zandige leem van het Zanderij-landschap) en te Landsboerderij (arme zure zandige bodem van het Lelydorp- of Oude Ritsen landschap). Aangezien er van het proefveld te Landsboerderij nog vrijwel geen bodemkundige gegevens beschikbaar zijn, is er op 24 maart 1987 door M. Callebaut, P. Kerkhoff, R.M. Westerink en P.N. Windmeyer een veldbezoek gebracht om een eerste indruk te verkrijgen van de bodemgesteldheid. In dit verslag wordt een beschrijving gegeven van de profielopbouw en de bodemfysische- en bodemchemische eigenschappen van het proefveld te Landsboerderij. Verder worden er op grond van beschikbare literatuur enige opmerkingen gemaakt over de relatie bodem - gewas (Leucaena). Tenslotte worden er enige aanbevelingen gedaan voor het verdere Leucaena-onderzoek te Suriname, met name wat betreft het bodemkundige deel daarvan.

Wat betreft de vele toepassingsmogelijkheden die Leucaena biedt, wordt verwezen naar Pound and Martinez-Cairo (1983).

2. BODEMGESTELDHEID PROEFAANPLANT LANDSBOERDERIJ

- Hoofdlandschap: Oude Kustvlakte
- Landschap: Lelydorp- of Oude Ritsen landschap
- Landschapselement: afgevlakte ritsen; bijna vlakke plateaus (hellingen 0-2%) en flanken (hellingen 2-5%)
- Bodems: slecht gedraineerd zeer fijn zand, in de ondergrond vanaf ± 60 cm zeer fijnzandig leem en vanaf ± 100 cm zware leem, In appendix 1 wordt de beschrijving van 4 in het proefveld gelegen boorprofielen weergegeven. Uit de bleke, grijze en fletsgele kleuren van de matrix en/of de vlekken kan worden afgeleid dat er in de regentijden regelmatig waterverzadiging tot dicht bij het bodemoppervlak optreedt.
- Bodemeigenschappen: in het proefveld zijn geen bodemonsters genomen. Wel zijn er, elders in het Lelydorplandschap bodemonsters genomen. De analyseresultaten hiervan worden weergegeven in appendix 2. Hieruit kan het volgende worden afgeleid:
 - a. De hoeveelheid uitwisselbare basen (Na, K, Ca, Mg) is in de humeuze bovengrond (zeer) laag: 0,35 tot 2,28 me/100 gr grond. In de rest van het profiel zeer laag tot nihil (0,09 tot 0,68 me/100 gr grond).
 - b. De CEC-effectief (CEC bij de pH van de grond = hoeveelheid uitwisselbaar Na + K + Mg + Ca + H + Al) is matig laag (1,69 tot 4,02 me/100 gr grond), zowel in de humeuze bovengrond als in de ondergrond. In de klei-arme bovengrond wordt de CEC-eff gro-
tendeels bepaald door het organisch stofgehalte; in de onder-
grond door het (hogere) kleigehalte.
 - c. De Al-verzadiging (gehalte aan uitwisselbaar Al + H gedeeld door de CEC-eff) is zeer hoog: 46 tot 75%. In de bovenste 5 à 10 cm opvallend lager: 17 tot 22%.
 - d. De pH-H₂O is zeer laag en varieert van 4.2 tot 4.8; de pH_{KCl} van 3.5 tot 4.2. In het Leucaena-proefveld zijn op een tweetal plaatsen pH-bepalingen gedaan: de pH-H₂O bedroeg resp. 4,8 en 5,0. De pH-KCl bedroeg resp. 4,0 en 4,1 (0-25 cm diepte; 4 herhalingen (Kerkhoff en Mehairdjan-Kalpoe, 1986)).

- e. Van slechts één profiel zijn er bodemfysische gegevens bekend; de luchtcapaciteit in de bovengrond is overvloedig; in de rest van het profiel onvoldoende. De vochtcapaciteit is overvloedig. Het vochtbergend vermogen in de bovenste 50 cm bedraagt 110 mm en in de bovenste 100 cm 236 mm.

3. RELATIE BODEM - GEWAS (LEUCAENA)

3.1. Inleiding

In dit hoofdstuk worden een aantal landkwaliteiten besproken die van belang zijn voor de groei en produktie van Leucaena. Onder een landkwaliteit wordt verstaan: een complexe hoedanigheid van land, dat op een specifieke manier invloed uitoefent op de geschiktheid van land voor een specifiek landgebruik (F.A.O. 1976). Per landkwaliteit worden één of meer land- en/of bodemeigenschappen besproken die tezamen de betreffende landkwaliteit bepalen. De volgende relevante landkwaliteiten worden besproken:

- Bewortelbare diepte
- Vochtvoorziening
- Zuurstofvoorziening van de wortels
- De zuurgraad van de grond
- Voorziening van voedingsstoffen
- Structuurstabiliteit
- Weerstand tegen erosie

Voor dit hoofdstuk is gebruik gemaakt van I.D.R.C. (1983) = A, Pound and Martinez Cairo (1983) = B, Sanchez (1976) = C en Van der Sluijs (19) = D.

3.2. De landkwaliteiten

3.2.1. Bewortelbare diepte

Onder gunstige omstandigheden heeft Leucaena een diep wortelstelsel. Deze eigenschap verleent Leucaena een grote mate van droogteresistentie en verder wordt door de diepe beworteling gebruik gemaakt van voedingsstoffen die door andere gewassen niet benut kunnen worden.

Het is dus van groot belang dat de doorworteling optimaal kan plaatsvinden. Factoren die de bewortelingsdiepte bepalen zijn:

- a. Het voorkomen van profielhorizonten die een hoge mechanische weerstand hebben tegen doorworteling; (zwak lemig) zand, grind en/of stenenrijke lagen alsmede humus-ijzer inspoelingshorizonten (podzol-B en Ortstein). Indringingsweerstand van meer dan 30 kg/cm^2 blijken samen te gaan met een sterke belemmering in de doorwortelbaarheid. In nederlandse zandgronden komen veelal waarden voor van meer dan 50 kg/cm^2 (D, p. 168). Welke waarden de indringingsweerstand heeft voor de zandgronden van de Oude Kustvlakte en bij welke indringingsweerstand er belemmering van de wortelontwikkeling van Leucaena zal optreden is vooralsnog onbekend. In B (p. 84) wordt opgemerkt dat het wortelsysteem van Leucaena extreem agressief is, waardoor het in staat is in een harde ondergrond te dringen; elders (B, p. 11) wordt gesteld dat bij een harde bank in de ondergrond de wortels zich in laterale zin verbreiden.
- b. Het volume - % macroporiën (= volume % vocht bij pFC minus volume % vocht bij pF 1,2 = volume % poriën groter dan 0,18 mm = wortelruimte). Dit is alleen van belang in (lemig) zand en dient volgens Melitz (1978, p. 71) groter dan 5% te zijn. In andere grondsoorten (leem en klei) is de indringingsweerstand in vochtige (plastische) toestand voldoende laag om doorworteling te laten plaatsvinden.
- c. Het voorkomen van toxische lagen in de bodem. O.a. aluminium en zout kunnen in toxische concentraties in de bodem voorkomen, waardoor de beworteling zich niet tot deze horizonten zal uitbreiden of sterk geremd is. In par. 3.2.4 wordt nader ingegaan op de problemen van bodems met een hoge aluminiumverzadiging. Leucaena heeft een aanzienlijke zouttolerantie en groeit in kustgebieden vaak tot aan de hoogwaterlijn (B, p. 17).
- d. Aëratie. Zie 3.2.3.

3.2.2. Vochtvoorziening

Leucaena wordt gekenmerkt door een grote droogteresistentie. Het overleeft droogteperioden van 5-7 maanden, vanaf het tweede jaar van inplanten.

Het is dus van groot belang de inplantdatum zorgvuldig te kiezen (A, p. 74). Een andere voorwaarde voor het overleven van een langdurige droogteperiode is een diep wortelstelsel (zie 3.2.1).

Leucaena is aan de droogte aangepast doordat de blaadjes zich in de droge tijd sluiten en vervolgens afvallen (C, p. 14). Wel gaat dit uiteraard gepaard met een lagere produktie. Na zeer langdurige droogteperiodes daalt de opbrengst tot vrijwel nul. De vochtvoorziening wordt o.a. bepaald door:

- a. De neerslag. Hierbij is niet alleen het langjarige gemiddelde van belang maar vooral de frequentieverdeling van de neerslag. Hieruit kan namelijk naast de gemiddelde neerslagverdeling over het jaar ook worden afgelezen in welke mate de maandelijkse neerslag af kan wijken van het gemiddelde en hoe groot de kans is dat dit optreedt. Een en ander is weergegeven in figuur 1.

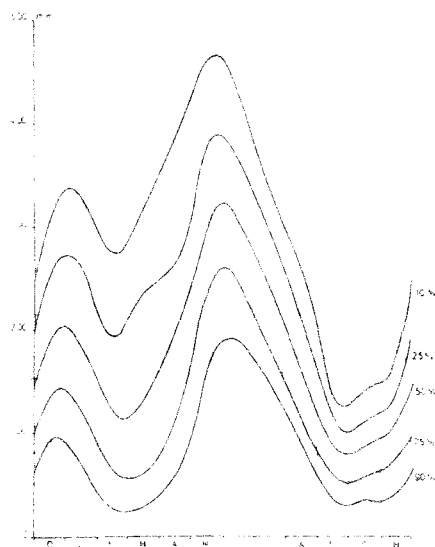
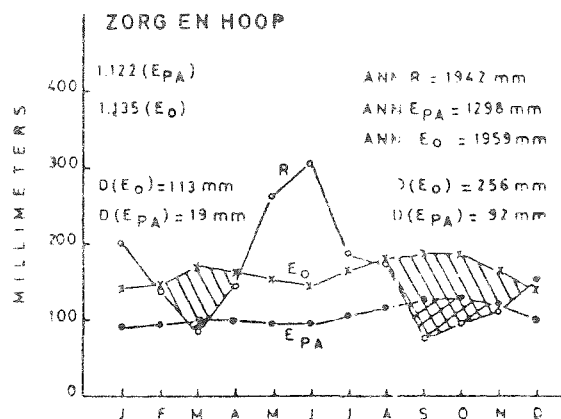


Fig. 1. Verloop van de neerslag gedurende het jaar, uitgedrukt in overschrijdingskansen. Paramaribo, Cultuurtuin, 1911-1960. (Kamerling 1974 blz. 105).



D = neerslagtekort

R = neerslag

E_o = open bak verdamping

E_{PA} = verdamping volgens formule Papadakis

FIGUUR 2 : Klimaatgegevens Zorg en Hoop (1961-1970) (uit van Vuure 1974).

- b. De infiltratiecapaciteit, doorlatendheid en hellingshoek van de bodem. Op bodems met een geringe infiltratiecapaciteit en geringe doorlatendheid en op sterk hellende bodems zal een aanzienlijk deel van de neerslag over het bodemoppervlak of vlak daaronder (in de humeuze bovengrond) naar de kreekdalen of trenzen stromen en dus niet bijdragen aan het vochtbergend vermogen van de bodem. Van groot belang hierbij is ook de neerslagintensiteit.

- c. Het niveau en de mate van capillaire opstijging. Wanneer er in droge perioden sprake is van een grondwaterspiegel op niet al te grote diepte, kan er d.m.v. capillaire opstijging vanuit het grondwater nalevering van vocht plaatsvinden. De berekening van de bijdrage van de capillaire opstijging aan de vochtvoorziening van het gewas is gecompliceerd. Voorlopig wordt aangenomen dat er in klei op ± 65 cm, in zandige leem op ± 90 cm en in zand op ± 75 cm boven het grondwaterniveau sprake is van een leverantie van 2 mm vocht per etmaal (Consulentschap 1976, p. 144).
- d. De verdamping. Hierbij treedt veel minder variatie op als bij de neerslag. Gedurende het jaar vertoont de verdamping een geringe variatie, onder meer als gevolg van variaties in luchtvochtigheid, windsnelheid en aantal uren zonneschijn. In figuur 2 is o.a. de potentiële evapotranspiratie (= verdamping van een begroeid oppervlak) weergegeven. Wanneer de verdamping de neerslag overschrijdt, zal het tekort aangevuld moeten worden uit de vochtvoorraad van de bodem.
- e. Het vochtbergend vermogen van de bodem, dat bepaald wordt door de bewortelingsdiepte (zie 3.2.1) en de vochtcapaciteit (= volume % poriën tussen 0,03 en 0,0002 mm = volume % vocht bij pF 2,0 minus volume % vocht bij pF 4,2).

3.2.3. Zuurstofvoorziening van de wortels (aëratie)

Een te geringe aëratie veroorzaakt stagnatie in de wortelactiviteit door een te lage O_2 - of een te hoge CO_2 -spanning. Aëratie, d.w.z. uitwisseling van O_2 en CO_2 tussen grond en atmosfeer, vindt plaats door diffusie via de met lucht gevulde poriën. Diffusie is eerst mogelijk, als het met lucht gevulde poriënvolume minstens ca. 13% bedraagt. Hoe groot het met lucht gevulde porievolume is, hangt van de zuigspanning van de bodem en de relatie zuigspanning - vochtgehalte (= pF-curve) af. Een lage zuigspanning in de wortelzone gaat samen met hoge grondwaterstanden. In dergelijke gronden is de grondwaterstand de beperkende factor (D, p. 169). Aangezien Leucaena niet tegen waterverzadiging kan is een (matig) goede drainage vereist (B, p. 14).

De drainageklasse kan onder meer afgeleid worden uit profielkenmerken (bleke, grijze, fletsgele kleuren binnen 100 cm), de vegetatie, het voorkomen van kawfoetoes, de topografische positie en de hoogte van de grondwaterstand. Door de aanleg van een ontwateringssysteem (trenzen/kanalen etc.) en van bedden kan de drainage verbeterd worden. In goed gedraineerde bodems kan de wortelgroei in bodemhorizonten met een geringe luchtcapaciteit (= volume % vocht bij pF_0 minus volume % vocht bij $pF_{2,0}$) beperkt zijn. Bij waarden beneden 13% (zie boven) kunnen er beperkingen optreden.

3.2.4. De zuurgraad (pH) van de grond

Optimale groei en produktie van *Leucaena* vindt plaats bij een pH_{H_2O} van 5,5 of hoger. Dit heeft te maken met de volgende factoren:

- a. Bij een pH_{H_2O} van 4,2 of lager komt H^+ in dermate hoge concentraties in de bodemoplossing voor dat de opname van kationen door de plantewortels kan stoppen of zelfs omgekeerd kan worden (C, p. 230).
- b. Bij pH_{H_2O} -waarden beneden de 5,5 neemt de oplosbaarheid van mangaan sterk toe en kan dan in toxische concentraties in de bodemoplossing voorkomen. Of dit gebeurt hangt behalve van de pH_{H_2O} ook af van de hoeveelheid (vaste) mangaanverbindingen in de bodem en de zuurstofspanning van de bodem (onder anaërobe omstandigheden worden Mn (III en IV)-oxiden omgezet in Mn^{2+} waardoor de Mn-concentratie van de bodemoplossing sterk toeneemt. In tegenstelling tot aluminium is mangaan een plantennutriënt. Hiermee dient bij eventuele verhoging van de pH (d.m.v. bekalking) rekening gehouden te worden, zodat er geen mangaantekorten zullen ontstaan. De ideale concentraties van mangaan in de bodemoplossing liggen vermoedelijk tussen 1 en 4 ppm (C, p. 233). *Leucaena* tolereert mangaanconcentraties tot 500 ppm (= mgr Mn/kgr grond) (B, p. 14). In welke mate hoge Mn-concentraties tot opbrengstdalingen leiden is vooralsnog onbekend.
- c. Een lage pH van de grond gaat meestal gepaard met een lage CEC-effectief en daarmee met een laag bufferend vermogen voor kunstmest en lage waarden voor de totale hoeveelheid basen die verwisselbaar aan het adsorptiecomplex gebonden zijn.

- d. Bij lage waarden van de pH neemt de oplosbaarheid van aluminium- en ijzerfosfaatverbindingen sterk af. Op deze wijze kan er fosfaatfixatie optreden, waarbij d.m.v. bemesting toegediende fosfaat voor een aanzienlijk deel wordt vastgelegd in zeer slecht oplosbare verbindingen en dus nauwelijks voor het gewas beschikbaar zal zijn.
- e. Bij lage waarden van de pH (beneden 5,5) neemt de oplosbaarheid van aluminium(hydr)oxiden sterk toe, waardoor de hoeveelheid aluminium in de bodemoplossing en dus ook aan het adsorptiecomplex, sterk toeneemt. In figuur 3 wordt het verband aangegeven tussen de pH en de aluminiumverzadiging (= hoeveelheid uitwisselbaar Al en H^+ gedeeld door de CEC-eff). Het primaire effect van een te hoge aluminiumconcentratie of aluminiumtoxiciteit is de aantasting van het wortelstelsel. De wortelontwikkeling neemt af, wortels kunnen kort en dik worden en necrotische plekken kunnen verschijnen. Aluminium heeft de neiging om zich in de wortels op te hopen, hetgeen weer ongunstig is voor de opname en transport van calcium en fosfor in de plant. Verder gaan hoge waarden van de aluminiumverzadiging gepaard met lage waarden voor de basenverzadiging. Hierdoor kunnen er op dergelijke zure gronden calcium- en magnesiumtekorten ontstaan, wat tot groeireductie kan leiden (C, p. 230-233).

Op gronden met een te lage pH zal het dus noodzakelijk zijn om d.m.v. bijvoorbeeld bekalking de pH op een hogere waarde te brengen, bij voorkeur 5,5 tot 6. Wordt de pH nog verder verhoogd dan kunnen er tekorten aan o.a. zink, mangaan, fosfor en koper optreden (boven pH 6 neemt de beschikbaarheid van deze voedingsstoffen namelijk af) (C, p. 346-347).

In hoofdstuk 4 zal hierop nader worden ingegaan.

3.2.5. Voorziening van voedingsstoffen

Leucaena heeft de volgende voedingsstoffen nodig: Ca, P, S, Zn, B en Mo (B, p. 14). Bladanalyses geven de volgende samenstelling aan (B, p. 77): N (2,2-4,3%), P (0,2-0,4%), K (1,3-4,0%), Ca (0,8-2,0%) en Mg (0,4-1,0%). Dit betekent dat ook K en Mg aan de bodem onttrokken zullen worden.

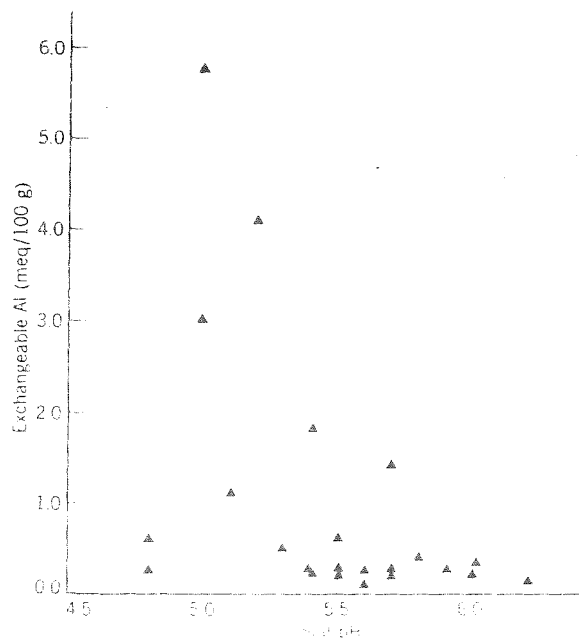


Fig. 3a Exchangeable aluminum at different pH values in nine Oxisols and Andepts from Panama. Source: Mendez-Lav (1973).

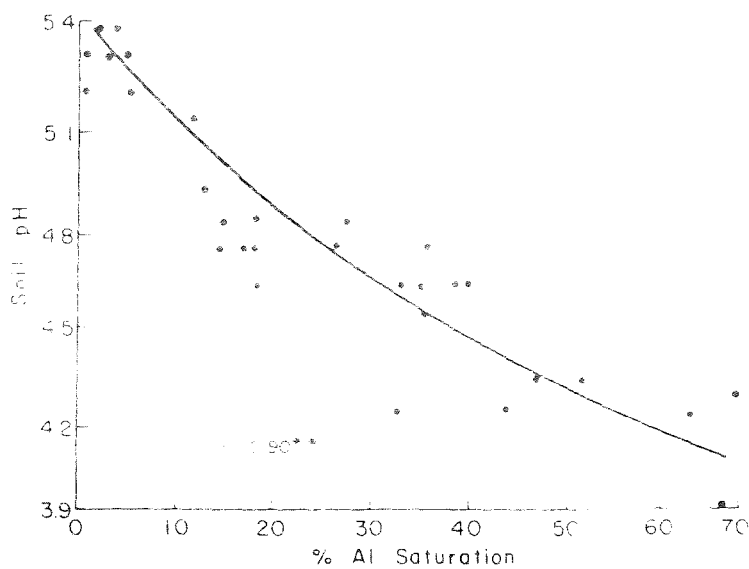


Fig. 3b Relationship between soil pH and aluminum saturation in eight Ultisols and Oxisols of Puerto Rico. Source: Abruña et al. (1975).

FIGUUR 3 : VERBAND TUSSEN DE pH-H₂O) EN DE HOEVEELHEID UITWISSELBAAR ALUMINIUM (3.a.) EN DE ALUMINIUM-VERZADIGING (3.b.).
(SANCHEZ, 1976).

Leucaena is in staat om met behulp van N-fixerende Rhizobium bacteriën in de wortelknolletjes in zijn eigen N-behoefte te voorzien. De overige voedingsstoffen zullen aan de bodem onttrokken worden. Afhankelijk van de gehalten aan beschikbare voedingsstoffen in de bodem en de mate waarin d.m.v. afoogsten etc. voedingsstoffen onttrokken worden zal er bemest dienen te worden. In hoofdstuk 4 zal hier nader op worden ingegaan.

3.2.6. Structuurstabiliteit

Bodems met een geringe structuurstabiliteit zijn gevoelig voor compactie en verslemping, waardoor de groei en produktie van Leucaena negatief beïnvloed wordt. Bodems met een laag organisch stofgehalte, een hoog stofgehalte, een laag ijzergehalte hebben in het algemeen een geringe structuurstabiliteit. Ook speelt het vochtgehalte in de bovengrond een belangrijke rol, dit is o.m. afhankelijk van de neerslag (verdeling), doorlatendheid en de grondwaterstand. Kleigronden met een lage waarde voor de Al-verzadiging, een hoog stofgehalte of een onvolledige rijping hebben een lage structuurstabiliteit. Het is vooralsnog niet mogelijk de bovengenoemde factoren te kwantificeren, zodat slechts globale uitspraken gedaan kunnen worden.

3.2.7. Weerstand tegen erosie

Op steile hellingen en/of hellingen met bodems die een lage infiltratiecapaciteit bezitten, zal er bij hoge neerslagintensiteiten oppervlakkige afstroming van water (= overland flow) plaatsvinden. Hierdoor kunnen bodemmateriaal (met name de vruchtbare humeuze bovengrond) en, indien aanwezig, meststoffen wegspoelen (= bodemerosie), waarbij er meer of minder diepe geulen in het bodemoppervlak ontstaan. Naast de hellingshoek speelt ook de lengte van de helling een belangrijke rol.

Wat Leucaena betreft kan gesteld worden dat het slechts langzaam de bodem bedekt. De mate van bodembedekking speelt een zeer belangrijke rol in het voorkomen van bodemerosie. Verder houdt het, vooral vertikaal ontwikkelde wortelstelsel, de bodem niet zo goed vast (B, p. 40).

Op erosiegevoelige hellingen kunnen een bodembedekker of een tweede gewas het gevaar voor bodemerosie sterk verminderen. Ook kan gedacht worden aan het gefaseerd inplanten van stroken *Leucaena* evenwijdig aan de helling.

4. ENIGE BEMESTINGSASPECTEN

In I.D.R.C. (1983 = A) en Pound and Martinez-Cairo (1983 = B) wordt een grote hoeveelheid informatie verstrekt over resultaten van bemestingsproeven met *Leucaena*. Het betreft zowel veld- als potproeven. In Sanchez (1976 = C) worden enige aspecten van bekalking besproken. De aard, hoeveelheid en tijdstip en wijze van toediening van de meststoffen is sterk afhankelijk van o.a. de bodemgesteldheid, het klimaat, de geteelde variëteit en de wijze van benutting van *Leucaena* (veevoer, houtproduktie etc.).

In het algemeen kan gesteld worden dat op arme zure gronden, zoals die in Suriname, op de kleigronden van de Jonge Kustvlakte na, zeer wijdverbreid voorkomen, de bemesting er op gericht is om:

- a. De pH van de bovengrond te verhogen. Hierdoor wordt:
 - de hoeveelheid Al en Mn aan het adsorptiecomplex en dus in de bodemoplossing verlaagd;
 - de beschikbaarheid van K, Ca, Mg en P verhoogd;
 - het bufferend vermogen voor kunstmest verhoogd.
- b. De pH van de ondergrond te verhogen, waardoor de bewortelingsdiepte wordt vergroot. Hierdoor wordt:
 - een grotere droogteresistentie verkregen als gevolg van een betere benutting van het aanwezige bodemvocht en, indien het grondwater niet al te diep aanwezig is, van het vocht in de capillaire opstijgzone;
 - een betere benutting van in diepere bodemlagen aanwezige voedingsstoffen.
- c. De voorziening van voedingsstoffen te verbeteren.

Ad a en b. Verhoging van de pH.

Eén van de mogelijkheden om de pH te verhogen is bekalking.

De hoeveelheid toe te dienen kalk (CaCO_3) hangt af van:

- De gewenste verhoging van de pH. Dit is mede afhankelijk van het niveau waarop men de hoeveelheid uitwisselbaar Al wil brengen en de mate van Al-tolerantie van de gekozen variëteit.
- De bodemdiepte tot waarop te lage pH-waarden voorkomen.

In het algemeen is een verhoging van de pH tot een waarde van 5,5 à 6 voldoende om de hoeveelheid uitwisselbaar Al tot 0 te reduceren (zie figuur 3). Voor gronden met een organisch stofgehalte van 2-7% dient er per me uitwisselbaar Al 1,5 me Ca te worden toegevoegd (deze factor 1,5 is noodzakelijk omdat bij een verhoging van de pH er H^+ -ionen vrijkomen uit organisch stof en/of ijzer/aluminiumhydroxiden). Hiermee wordt 85-90% van het uitwisselbaar Al geneutraliseerd. De hoeveelheid toe te dienen kalk (ton/ha) is behalve van de hoeveelheid uitwisselbaar Al (me/100 gr droge grond) afhankelijk van de diepte (in dm) tot waar de pH verhoogd moet worden en het volumegewicht (gr/cm^3 droge grond). Het kan als volgt worden berekend: $0,75 \times \text{me uitwisselbaar Al} \times \text{diepte} \times \text{volumegewicht}$ (C, p. 240-241). Om een verhoging van de pH in de ondergrond te bewerkstelligen zijn er de volgende mogelijkheden:

- Het zo diep mogelijk inbrengen van de kalk.
- Het gebruikmaken van de benedenwaartse beweging van Ca^{2+} d.m.v. percolerend neerslagwater. Dit is onder meer afhankelijk van de neerslag en de doorlatendheid van de bodem.

In A (p. 56, 76, 129) en B (p. 19, 77-79) worden een groot aantal voorbeelden gegeven waaruit het gunstige effect van een verhoging van de pH blijkt op de opbrengst van *Leucaena*.

In B (p. 79) wordt aangegeven dat bekalking van het bodemoppervlak voldoende is om een duidelijke verbetering van de doorworteling in de zure ondergrond te bewerkstelligen. Uit A (p. 23) blijkt echter dat oppervlakkige toediening van kalk en dolomiet ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) slechts leidt tot verplaatsing van Ca tot geringe diepten en niet leidt tot een intensieve benutting door de wortels van de ondergrond voor voedingsstoffen en water. Gips gaf een betere benedenwaartse verplaatsing van Ca.

Een alternatief voor bekalking op arme zure gronden vormt het gebruikmaken van *Leucaena* variëteiten die een hogere resistentie hebben tegen hoge waarden voor de Al-verzadiging en lage waarden voor de basenverzadiging. Uiteraard dient dit gepaard te gaan met gunstige produktie-eigenschappen. Kruisingen tussen *L. Diversifolia* (hoge Al-tolerantie) en *L. Leucocephala* (hoge produktie, vooral bij het Salvador type) bieden hierbij gunstige perspectieven. Onder andere op het CIAT (Columbia) wordt hiermee geëxperimenteerd (B, p. 19). In A (p. 23) wordt aangegeven dat dergelijke variëteiten in de eerste plaats een efficiëntere opname van Ca dienen te hebben, dit is belangrijker dan een hogere tolerantie voor Al van de wortels. De variëteiten die Al-tolerant zijn, zijn in staat voldoende Ca voor de wortelgroei op te nemen ondanks hoge waarden van de Al-verzadiging. Uit proeven in Maleisië (A, p. 57) blijkt voor 9 goed producerende *Leucaena* variëteiten de opbrengstdaling, als gevolg van het verhogen van de Al-concentratie van de bodemoplossing van 0 naar 4 ppm, te variëren van 1 tot 30%. Hieruit blijkt duidelijk dat er grote verschillen in Al-tolerantie bestaan.

Ad c. Verbetering voedingsstoffenvoorziening d.m.v. bemesting

Uit par. 3.2.5 blijkt dat *Leucaena* de volgende voedingsstoffen nodig heeft: N, P, Ca, K, Mg, S, Zn, B en Mo.

Wat betreft de N-voorziening blijkt *Leucaena* zelfvoorzienend te zijn d.m.v. N-fixerende *Rhizobium*-bacteriën in de wortelknolletjes (per jaar kan op deze wijze 500 kg N/ha worden gefixeerd). Voor een goede groei van deze wortelknolletjes is toediening van kalk en andere meststoffen (die o.a. Mo, B en Zn bevatten) wel van belang. Verder wordt aanbevolen bij het inplanten een startergift N te geven, totdat de wortels goed uitgegroeid zijn en er zich voldoende wortelknolletjes hebben gevormd (B, p. 20, 56 en 80). In India bleek toediening van N (tezamen met Ca, K en P) de opbrengst duidelijk te verhogen (A, p. 73, 76).

Een andere belangrijke voedingsstof is P. Hierbij speelt het al dan niet aanwezig zijn van Mycorrhizae op de wortelharen een belangrijke rol.

De Mycorrhizae verhogen namelijk de hoeveelheid P die aan de bodem kan worden onttrokken, wat op zijn beurt weer gunstig is voor de ontwikkeling van de wortelknolletjes (N voorziening !) en de groei en produktie van Leucaena. Een verhoging van de P-concentratie van de bodemoplossing van 0,002 tot 0,032 mg P/ml bodemoplossing leidde, tezamen met een adequate N, K en Ca-voorziening tot 2,5 à 6 keer hogere lengtegroei (A, p. 75-76). Op zure bodems in Maleisië leidde een verhoging van de P-bemesting van 20 naar 50 kg/ha tot duidelijk hogere opbrengsten (A, p. 56). In andere bemestingsproeven op zure gronden met P-gebrek werd er geen respons op P-bemesting vastgesteld, mogelijk als gevolg van de aanwezigheid van Mycorrhizae die de P-opname bevorderen, zelfs in bodems met een P-gebrek (B, p. 78-80).

Ten aanzien van Ca kan het volgende worden opgemerkt. Uit par. 3.2.4. is al gebleken dat op arme zure gronden de beschikbaarheid van Ca laag is. Toediening van Ca heeft een zeer gunstig effect op de groei en produktie van Leucaena. Ca kan in diverse vormen worden toegediend: als kalk (CaCO_3), dolomiet ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), gips (CaSO_4) etc. Naast verhoging van de pH wordt door bekalking ook de beschikbaarheid van Ca verhoogd. Een verhoging van de Ca-concentratie van de bodemoplossing heeft, bij gelijke pH-waarden, een duidelijke opbrengstverhoging tot gevolg (A, p. 56).

Over de overige voedingsstoffen K, Mg, S, Zn, B en Mo zal in het kort nog wat worden opgemerkt:

- K komt in aanzienlijke hoeveelheden (1,3-4,0%) in het blad van Leucaena voor (B, p. 77). Uit de beschikbare literatuur is geen respons op K-bemesting bekend (B, p. 81), mogelijk is dit pas nodig na lange perioden van hoge opbrengsten en veel afoogsten. Uit B (p. 131) blijkt dat per ha jaarlijks 174 tot 331 kg K wordt onttrokken, een hoeveelheid die of uit de K-voorraad van de bodem of d.m.v. bemesting dient te worden aangevuld.
- Over respons op Mg-bemesting is eveneens weinig bekend. Bladanalyses geven waarden van 0,4-1,0% (B, p. 77). Per jaar wordt per ha 31-62 kg onttrokken (A, p. 131).

- Op S-bemesting reageert *Leucaena* in het algemeen zeer gunstig: B, p. 19, 111. Uit B (p. 81) blijkt dat S de opname van Ca en Mg bevordert. Bemesting zonder P en S leidde tot 40 à 55% lagere opbrengsten. Op grond daarvan werd superfosfaat aanbevolen. Een andere mogelijkheid is toediening van gips (CaSO_4), hierdoor wordt ook de pH verhoogd en Ca toegediend (A, p. 23).
- Bemesting met Zn, B en Mo is gunstig voor de ontwikkeling van de wortelknolletjes (B, p. 20, 56, 80, 111).

5. CONCLUSIES, OPMERKINGEN EN ENIGE AANBEVELINGEN

Op grond van de globale waarden van de bodemfysische en bodemchemische eigenschappen (zie hoofdstuk 2) en de in hoofdstuk 3 besproken landkwaliteiten kan ten aanzien van het proefveld te Lelydorp het volgende worden geconcludeerd:

- Op grond van de profielkenmerken (zie appendix 1) kan gesteld worden dat de drainage slecht is. In de regentijden kan er tot ± 40 cm onder het maaiveld waterverzadiging optreden. Vermoedelijk speelt hierbij de zeer geringe doorlatendheid van de stofklei in de diepere ondergrond een belangrijke rol. Door middel van de aanleg van trezen en bedden kan de drainage verbeterd worden.
- De doorworteling kan in de bovenste 60-65 cm diepte beperkt zijn als gevolg van de vermoedelijk hoge mechanische weerstand van het zeer fijne zand. Bodemfysisch onderzoek (penetrometerbepalingen en worteltellingen) zullen hier meer informatie over moeten verschaffen.
- De waarde van de pH (4,8 à 5,0) ligt aanzienlijk beneden de ideale waarde van 5,5 à 6,0. Als gevolg van de bemesting met Curacaofosfaat (33% Ca, 6% P; 2 ton/ha) is de pH gestegen. In welke mate en tot welke diepte dit heeft plaatsgevonden zal moeten blijken uit nader bodemkundig onderzoek.

Ten aanzien van de bemesting kan het volgende worden opgemerkt:

- De bemesting heeft plaatsgevonden zonder dat er, zover bekend bij de schrijver van dit verslag, bodemfysisch en bodemchemisch onderzoek heeft plaatsgevonden.

- Men kan zich afvragen waarom er alleen Ca en P-bemesting heeft plaatsgevonden, ondanks dat er uit de literatuur gunstige resultaten bekend zijn van bemesting met N (startergift), S, Zn, Mo en B.

Voor een nauwkeurige beoordeling van de relatie van de diverse bodemeigenschappen met de groei en produktie van *Leucaena* en ten behoeve van een zo verantwoord mogelijk bemestingsprogramma c.q. het opzetten van bemestingsproeven wordt aanbevolen om in het proefveld een profielkuil te laten graven, beschrijven en bemonsteren. De volgende analyses kunnen per bodemhorizont verricht worden:

- Bodemfysisch: penetrometerwaarde (indringingsweerstand), volumegewicht, pF (0; 1,2; 2,0; 3,2; 4,2), doorlatendheid, infiltratiesnelheid, percolatiesnelheid, wortelstudies (aantal, grootte, verdeling), textuur.
- Bodemchemisch: pH-H₂O, pH-KCl; uitwisselbaar Na, K, Ca, Mg, H en Al; P-beschikbaar, P-totaal; Mn, S, Zn, Bo en Mb; org. C%. Verder kan gedacht worden aan analyses van het bodemvocht (Ca, Mn, Al).

In A (p. 43) wordt aangegeven dat *Leucaena*-aanplanten omrasterd dienen te zijn. Bij het veldbezoek bleek dat koeien in het proefveld waren doorgedrongen met alle ongunstige gevolgen van dien.

Gezien de vermoedelijk hoge waarden van de Al-verzadiging en de schaarste aan (kalk)meststoffen verdient het aanbeveling om variëteiten uit te proberen die een hogere tolerantie hebben voor een hoge Al-verzadiging. De in het proefveld gebruikte K8, K28 en K67 hebben een beperkte tolerantie (I.D.R.C., p. 31).

LITERATUUR

- Consulentschap, 1976 - Cursus bodemkunde, deel I. Consulentschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw. Ministerie van Landbouw en Visserij, Nederland.
- F.A.O., 1976 - A framework for landevaluation. F.A.O. Soils Bulletin no. 32. F.A.O., Rome.
- I.D.R.C., 1983 - Leucaena research in the Asian - Pacific region. International Development Research Centre, Ottawa, Canada.
- Kamerling, G.E., 1974 - Bodemfysisch en agrohydrologisch onderzoek in de Jonge Kustvlakte van Suriname. Thesis Wageningen. Bulletin 93, Landbouwproefstation, Paramaribo.
- Kerkhoff, P. and Ch. Mehairdjan-Kalpoë, 1986 - Wood production of Leucaena on sandy soils in the old coastal plain. Second report 1986. Regional O.A.S. project: Leucaena as a source of feed, fuel and erosion control.
- Melitz, P.J., 1976 - Globale landgeschiktheidsclassificatie, eerste versie deel 2. Rapport Dienst Bodemkartering 171-intern.
- Pound, B. and L. Martinez-Cairo, 1983 - Leucaena: its cultivation and uses. Overseas Development Administration, London.
- Sanchez, P.A., 1976 - Properties and management of soils in the tropics. John Wiley and sons Inc. New York, U.S.A.
- Sluijs, P. van der, 19.. - Vochtleverantie en beworteling van de grond. Stiboka, Wageningen, Nederland.

Appendix 1.

Op 24 maart 1987 werden er op het proefveld Landsboerderij een viertal boringen verricht om een indruk te verkrijgen van de bodemgesteldheid. In Fig. 4 is de ligging van de boorpunten aangegeven.

Boring 1 : Cassipora-serie (slecht gedraineerde zandige kaolonitische grond).

- 0-10 cm: Bruinzwart (10 YR 3/2) zeer fijn zand; licht samenhangend.
- 10-35 cm: Dofgeelbruin (10 YR 5/4) zeer fijn zand met oranje (5 YR 6/8) wortelroest.
- 35-60 cm: Lichtgrijs (5 Y 7/2) zeer fijn zand met 25% geeloranje en 2% helder roodbruine vlekken; licht samenhangend.
- 60-105 cm: Oranje (7,5 YR 6/8) leem met 50% lichtgrijze (5 Y 8/2) vlekken; licht samenhangend.
- 105-120 cm: Lichtgrijze (10 Y 8/1) zware leem met 30% geel-oranje (10 YR 7/8) en 20% helderbruine (2,5 YR 5/8) vlekken; samenhangend.

Boring 2 : Cassipora-serie (slecht gedraineerde zandige kaolinitische grond).

- 0-20 cm: Dofgeelbruin (10 YR 4/3) zeer fijn zand met 15% bruine (7,5 YR 4/6) vlekken; licht samenhangend.
- 20-40 cm: Grijsgeelbruin (10 YR 4/2) zeer fijn zand met 5% helderbruine (7,5 YR 5/6) vlekken; licht samenhangend.
- 40-65 cm: Lichtgeel (2,5 Y 7/3) zeer fijn zand; licht samenhangend.
- 65-90 cm: Lichtgele (2,5 Y 7/3) zeer fijnzandige leem met 50% helder geelbruine (2,5 Y 7/6) vlekken; samenhangend.
- 90-110 cm: Lichtgrijze (10 Y 8/1) leem met 50% helder geelbruine vlekken; samenhangend.
- 110-120 cm: Lichtgrijze (10 Y 8/1) stoffige) zware leem met 20% helder geelbruine (10 YR 6/6) en 20% rode (10 R 4/8), harde concreties; samenhangend.

Boring 3 : Cassipora-serie (slecht gedraineerde zandige kaolonitische grond).

- 0-30 cm: Bruinzwart (10 YR 3/2) zeer fijn zand; licht samenhangend.
- 30-45 cm: Dofgeelbruin (10 YR 4/3) zeer fijn zand; licht samenhangend.

Appendix 1. (vervolg)

- 45-65 cm: Lichtgeel (2,5 Y 7/3) zeer fijn zand met helder geel-
bruine (10 YR 6/8) wortelroest; licht samenhangend.
- 65-90 cm: Lichtgrijze (5 Y 8/2) zeer fijnzandige leem met 40% gele
(2,5 Y 8/6) vlekken; samenhangend.
- 90-120 cm: Lichtgrijze (7,5 Y 8/1) zware leem met 40% oranje (7,5
YR 6/8) en 15% rode (10 R 4/8) vlekken.

Boring 4 : Zie Boring 1.

SL H 104	K67 H 204	³ K28 H 304	K8 H 404
K8 H 103	K28 H 203	K67 H 303	SL H 403
K67 H 102	SL H 202	K8 H 302	K28 H 402
K28 H 101	K8 H 201	SL H 301	K67 H 401

K67 106	Cum 206	SL 306	K28 406	K8 506
SL 105	K67 205	CF 305	K8 405	K67 505
K28 104	K8 204	Cum 304	SL 404	CF 504
CF 103	K28 203	K8 303	K67 403	Cum 503
Cum 102	SL 202	K67 302	CF 402	K28 502
K8 101	CF 201	K28 301	Cum 401	SL 501

¹ boorpunt
x

101 plotnummer

Schaal ± 1:500

FIGUUR 4 : LIGGING VAN DE BOORPUNTEN IN HET PROEFVELD LELYDORP.

Zandweg

Hoofdkantoor Landsboerderij ± 450 m.



Appendix 2.

Bodemfysische en bodemchemische eigenschappen van enige bodems van het Lelydorp-landschap

Profiel- nummer	Diepte cm	Textuur												Al- verz. %	pH H ₂ O	pH KCl	%C	Volume gewicht gr/cm ³	Porie volume %	Vochtcapaciteit Vol.% bij pF 2,5 - vol.% bij pF 4,2	Lucht capaciteit Vol.% bij pF 0 - vol.% bij pF 2,5	
		Zand	Stof	Klei	Klasse	Na	K	Ca	Mg	TEB	H	Al	CEC-eff									
		Gew. %				me/100 gr grond																
1	0-5	71,2	16,9	11,9	SalO	0,06	0,08	0,43	1,71	2,28	0,45	0,75	3,48	22	4,7	3,8	0,86					
	5-40	64,7	16,4	18,9	SalO	0,09	0,06	0,09	0,41	0,65	0,32	1,52	2,49	61	4,5	3,7	0,36					
	40-90	64,7	18,3	17,0	SalO	0,01	0,05	0,01	0,04	0,09	0,39	1,75	2,25	78	4,4	3,7						
	90-120	84,8	16,6	18,6	SalO	0,06	0,11	0,09	0,15	0,41	0,27	1,47	2,15	68	4,3	3,6						
2	0-10	47,5	44,2	8,3	Lo	0,08	0,29	1,02	0,26	1,65	0,44	0,42	2,51	17	4,8	3,9	0,83					
	10-30	44,6	46,1	9,3	Lo	0,01	0,12	0,29	0,05	0,46	0,44	0,78	1,69	46	4,5	3,9	0,48					
	30-60	39,8	44,1	16,1	Lo	0,05	0,12	0,39	0,09	0,65	0,35	1,17	2,17	54	4,4	3,7	0,14					
	60-80	33,5	42,6	23,9	Lo	0,03	0,08	0,35	0,08	0,54	0,28	2,27	3,09	73	4,5	3,5						
	80-120	22,7	45,1	32,2	ClLo	0,07	0,16	0,37	0,08	0,68	0,34	3,00	4,02	75	4,2	3,5						
3	0-36	85,2	6,6	8,0	LoSa	0,04	0,03	0,13	0,15	0,35					4,8	4,0	1,2	1,41	47		21,5	18,0
	36-65	86,3	7,1	6,5	LoSa	0,03	0,01	0,08	0,09	0,21					4,7	4,2	0,7	1,44	46		9,6	32,1
	65-105	66,1	8,1	25,6	SaClLo	0,04	0,03	0,17	0,19	0,43					4,8	3,9	0,4	1,58	40		8,1	22,2
	105-170	73,2	7,5	19,4	SalO	0,03	0,02	0,13	0,14	0,32					4,7	4,0	0,4	1,53	42		10,2	21,5

Verklaring der afkortingen:

TEB = Total Exchangeable bases (som basen)

CEC-eff = CEC bij pH van de grond

Al-verz. = me uitwisselbaar Al
CEC-eff

% C = percentage koolstof ($2,24 \times \% C = \% \text{ organisch stof}$)

SalO = Sandy loam (zandige leem)

Lo = Loam (leem)

ClLo = Clay loam (zware leem)

LoSa = Loamy sand (lemig zand)

SaClLo = Sandy clay loam (zandige zware leem)

Profiel 1 + 2 = Onvolkomen gedraineerde leemgrond (Wane serie)
Windmeyer en Blik, 1987)

Profiel 3 = Goed gedraineerde zandgrond (Guldenvlies serie)
(S.C.L. 4)