

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Chemische eigenschappen van substraten.

C. de Kreij,
A. Huys,
C.P. Binda en
C.W. van Elderen

November 1993

Intern verslag nr 3

BIBLIOTHEEK
PROEFSTATION VOOR TUINBOUW
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

INHOUDSOPGAVE

Pagina

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Inleiding. | 1 |
| 2. | Methode. | 1 |
| | 2.1. Vochtgehalte bij drukhoogte -10 cm | 1 |
| | 2.2. Malen van het substraat | 2 |
| | 2.3. Toevoegen van extractievloeistof | 2 |
| | 2.4. Extractie en analyse | 4 |
| | 2.5. pH-KCl, CaCO ₃ en Mn-aktief | 4 |
| | 2.6. Vrijkomen van spoorelementen op lange termijn | 4 |
| | 2.7. Invloed schudtijd, schudsnelheid en positie fles | 5 |
| 3. | Resultaten | 5 |
| | 3.1. Watergetal bij drukhoogte -10 cm en droge bulkdichtheid | 5 |
| | 3.2. Gehalten in de extracten | 5 |
| | 3.3. pH-KCl, CaCO ₃ en Mn-aktief | 6 |
| | 3.4. Invloed van fijnheid van malen | 7 |
| | 3.5. Vrijkomen van spoorelementen op lange termijn | 9 |
| | 3.6. Invloed schudtijd, schudsnelheid en positie fles | 10 |
| 4. | Discussie en voorlopige normen | 11 |
| | 4.1. Bruikbaarheid van de methode | 11 |
| | 4.2. De verhouding substraat:extractievloeistof | 11 |
| | 4.3. Soort extractievloeistof | 12 |
| | 4.4. 'Duitse' normen voor kleikorrels | 12 |
| | 4.5. De uitkomsten per element | 14 |
| | 4.6. Voorlopige normen | 15 |
| | 4.7. Andere elementen of verbindingen | 15 |
| | 4.8. Invloed schudtijd | 15 |
| 5. | Samenvatting | 16 |
| | Literatuur | 15 |

1. INLEIDING.

Substraten moeten voor de plant veilig zijn. Ook mogen ze geen elementen afgeven, die in na opname door de plant in zodanige concentratie in het eetbare produkt voorkomen, dat ze bij consumptie schadelijk zijn voor de volksgezondheid. Het blijft altijd moeilijk om van te voren aan te geven met welk soort elementen of verbindingen tijdens de teelt op een bepaald substraat problemen zullen ontstaan. Daarom moet het onderzoek beschreven in dit verslag gezien worden als een eerste aanzet om te komen tot normen voor substraten.

Substraten verschillen sterk in 'aanvangsvochtgehalte' en watervasthoudend vermogen. In het hierbeschreven onderzoek wordt daar rekening mee gehouden. Er wordt vanuit gegaan, dat onder praktijkomstandigheden de drukhoogte -10 cm is. Sommige substraten bevatten bij deze drukhoogte zo weinig vocht, dat het niet mogelijk is, om hieruit voldoende monstervloeistof te halen. Daarom wordt zoveel extractievloeistof toegevoegd, dat de uiteindelijke hoeveelheid vocht (inclusief de hoeveelheid, die al aanwezig was) overeenkomt met 3 keer de hoeveelheid bij de drukhoogte van -10 cm.

Met ammoniumacetaat (NH_4OAc) werden elementen ontsloten, die eventueel later, tijdens langdurig gebruik van het substraat, vrij kunnen komen. Om nog beter inzicht te krijgen in dit effect werden de substraten niet alleen in ongemalen, maar ook in gemalen toestand ontsloten. De fijnheid van malen bleek invloed te hebben op de gehalten. Zodoende werd in een deelonderzoek grof en fijn malen met elkaar vergeleken.

Met ammoniumacetaat werden veel hogere concentraties spoorelementen gevonden dan met water als extractiemiddel. De vraag was of die grote hoeveelheden misschien ook met waterige extractie vrij zouden komen. In een soort uitlooproef werd dit onderzocht.

2. METHODE.

Alle handelingen werden in duplo uitgevoerd. De duplo's bleken geen grote verschillen te geven. Bij de resultaten worden alleen de gemiddelden gegeven.

Puimsteen (of pumice) en alle monsters kleikorrels, behalve Argex, werden ter beschikking gesteld door de RHP. Argex werd ter beschikking gesteld door Argex, Naarden. Duinzand, perlite ongezeefd en steenwolgranulaat werden ter beschikking gesteld door G. Wever. Deze laatste drie monsters werden eerder gebruikt voor een internationale uitwisseling (ISHS) voor fysische bepalingen.

Aan alle monsters zijn uitgebreide fysische analyses gedaan. Daarvan worden in dit verslag alleen de watergetallen bij een drukhoogte van - 10 cm en de droge bulkdichtheid vermeld.

2.1. Watergetal bij drukhoogte -10 cm.

Het vochtgehalte bij drukhoogte - 10 cm is bepaald volgens de methode uitgebreid fysisch onderzoek (referentiemethode) beschreven door Leijn-van Dijk en de Bes (1985). Voor steenwolgranulaat en perlite is gekozen voor een andere methode, namelijk de ISHS-methode (Gabriëls en Verdonck, 1991). Uit het vochtgehalte en de droge bulkdichtheid werd het

watergetal berekend (formule in paragraaf 2.3).

2.2. Malen van het substraat.

Voorafgaande aan het malen werden de monsters gedroogd. De substraten zijn gemalen met een kogelmolen. Afgesloten bekertjes met daarin enkele ronde kogels en het substraat werden gedurende 5 á 10 minuten rondgedraaid. Bekertjes en kogels bestaan uit aluminiumoxide.

In gemalen toestand werden de substraten geëxtraheerd met alleen NH_4OAc .

Overigens werd één monster kleikorrels ook gemalen met een metalen 'grondmolen' om na te gaan of deze 'grondmolen' metalen af zou geven in het extract. Malen met deze grondmolen gaf (vreemd genoeg) 48 % lagere Fe- en 51 % lagere Zn-gehalten in het extract dan malen met de kogelmolen. Bij de overige elementen was er geen verschil. In vervolgonderzoek werd de oorzaak van het verschil uitgezocht. Daartoe werden vier verschillende monsters zowel gemalen met de kogelmolen als met de grondmolen. Het vermoeden was, dat de fijnheid van het materiaal invloed had op de analyse. Er was namelijk al te zien, dat het materiaal gemalen met de kogelmolen fijner was dan met de grondmolen, al was het verschil zeer klein. Daarom werden van de gemalen materialen zowel de korrelgrootteverdeling als de Fe-, Mn- en Zn-totaalgehalten bepaald.

Steenwolgranulaat werd ook gemalen met een snijmolen met een roestvrij stalen mes, dat kleine stukjes van het substraat afsnijdt en vermoedelijk zodoende geen metalen aan het substraat afgeeft.

2.3. Toevoegen van extractievloeistof.

Als extractievloeistof werd demi-water en 0,5 M ammoniumacetaat (gebufferd op pH 4,65) gebruikt. Aan een gewichtshoeveelheid substraat werd zo veel extractievloeistof toegevoegd, dat het uiteindelijke vochtvolume (inclusief het reeds aanwezige vocht) overeen kwam met drie keer de hoeveelheid vocht bij een drukhoogte - 10 cm. Daarvoor diende de volgende berekening:

$$w = (\theta \cdot 1000) / \rho_d \quad , \text{waarbij}$$

w = watergetal bij drukhoogte - 10 cm, g water per g droog materiaal

θ = vochtgehalte bij drukhoogte - 10 cm, m^3/m^3

ρ_d = Bulkdichtheid in droge toestand, kg/m^3

Aan x gram vochtig substraat werd toegevoegd:

$$3 \cdot w \cdot x \cdot (1 - v) - x \cdot v \quad \text{waarbij}$$

w = watergetal bij drukhoogte -10 cm, g/g

x = gewicht substraat in vochtige toestand, g

v = vochtgehalte substraat, massa water gedeeld door totale massa substraat uitgedrukt als fraktie, g/g

Het uitgangsvochtgehalte staat in tabel 1.

Tabel 1. Het uitgangsvochtgehalte.

| Monster | Vochtgehalte g/g vers materiaal |
|---------------------|------------------------------------|
| Hydro Argex kleik. | 0,00 |
| Lecadan kleik. | 0,32 |
| Lecaton 2-4 kleik. | 0,17 |
| Lecaton 4-8 kleik. | 0,12 |
| Ökotau 8-16 kleik. | 0,00 |
| Ökotau 4-8 kleik. | 0,01 |
| Cilite 2-4 kleik. | 0,00 |
| Cilite 4-8 kleik. | 0,14 |
| Fibo kleik. | 0,00 |
| Pumice | 0,46 |
| Duinzand | 0,04 |
| Perlite ongezeefd | 0,01 |
| Steenwolgranulaat | 0,01 |
| Lecaton 8-16 kleik. | 0,01 |

Hieronder volgt een voorbeeld van de hoeveelheden materiaal, die van één herhalingen in onderzoek werden genomen met de toegevoegde hoeveelheden extractievloeistof. De getallen zijn afgerond.

Tabel 2. Hoeveelheden materiaal, die in onderzoek werden genomen, en de hoeveelheid vloeistof, die bij aanvang aanwezig was in dat monster, voor één herhaling.

| Monster | Bij aanvang | | Toegevoegd extractievloeistof |
|---|--------------|-------|----------------------------------|
| | Vers gewicht | Vocht | |
| ----- g r a m p e r m o n s t e r ----- | | | |
| Hydro Argex kleik. | 501 | 0 | 666 |
| Lecadan kleik. | 501 | 160 | 449 |
| Lecaton 2-4 kleik. | 809 | 138 | 469 |
| Lecaton 4-8 kleik. | 503 | 60 | 329 |
| Ökotau 8-16 kleik. | 503 | 0 | 372 |
| Ökotau 4-8 kleik. | 634 | 6 | 409 |
| Cilite 2-4 kleik. | 405 | 0 | 562 |
| Cilite 4-8 kleik. | 359 | 50 | 376 |
| Fibo kleik. | 343 | 0 | 404 |
| Pumice | 885 | 407 | 1055 |
| Duinzand | 982 | 39 | 767 |
| Perlite ongezeefd | 126 | 1 | 877 |
| Steenwolgranulaat | 90 | 1 | 1626 |
| Lecaton 8-16 kleik. | 619 | 6 | 450 |

Als voorbeeld wordt de berekening gegeven voor Lecadan. Er wordt uitgegaan van een monster met een gewicht van 501 g. Het aanvangsvochtgehalte is 0,32 g vocht per g totaal; dat is 160 g voor het betreffende monster. De massa droog substraat is $501 - 160 = 341$ g. Het watergetal bij een drukhoogte van -10 cm is 0,596 g/g. Het monster bevat bij een drukhoogte van -10 cm 203 g vocht. Drie keer deze hoeveelheid is 610 g. Er was reeds 160 g aanwezig. Er moet nog 450 g worden toegevoegd.

2.4. Extractie en analyse.

Na toevoegen van de extractievloeistof werden de substraten in rechtopstaande 2 liter polyethyleen flessen gedurende 20 minuten geschud bij 200 omwentelingen per minuut. Na filtratie werden de volgende analyses gedaan.

In water-extract substraten ongemalen: EC(25 °C), pH, NH_4 , K, Na, Ca, Mg, NO_3 , Cl, SO_4 , HCO_3 , P, Fe, Mn, Zn, B, Cu, F, Mo, Si.

In ammoniumacetaat-extract substraten ongemalen: K, Na, Ca, Mg, SO_4 , P, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Cd, Mo, Si.

In ammoniumacetaat-extract substraten gemalen: K, Na, Ca, Mg, SO_4 , P, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Cd, Mo, Si.

2.5. pH-KCl, CaCO_3 en Mn-actief.

pH-KCl, CaCO_3 en Mn-actief zijn bepaald op het BLGG te Oosterbeek. Hiertoe werden de monsters aldaar gemalen. De pH wordt bepaald na toevoegen van 1 M KCl. Koolzure kalk wordt bepaald door aan het monster een overmaat HCl toe te voegen en de hoeveelheid CO_2 , die gevormd wordt, te meten. Mn-actief wordt bepaald door aan één gewichtsdeel stoofdroog monster 20 gewichtsdelen ammoniumacetaat-1N-hydrochinon toe te voegen en in het extract Mn te bepalen.

2.6. Vrijkomen van spoorelementen op lange termijn.

Na de extractie met NH_4OAc kwamen bij sommige monsters zeer hoge concentraties van spoorelementen vrij. De vraag was of deze spoorelementen ook op lange termijn vrij zouden komen uitgaande van een extractie met water. Daartoe werd met vier monsters een vervolgonderzoek gedaan. De monsters waren zodanig gekozen, dat er uitéénlopende gehalten aan spoorelementen zouden worden gevonden. Aan de monsters werd een hoeveelheid (op Dag 0) demi-water toegevoegd, zoals omschreven in paragraaf 2.3. Na 1 dag schudden (Dag 1) in afgesloten liggende 1 liter poly-ethyleen flessen werd de vloeistof volledig 'afgetapt', waarin de EC, pH, en de gehalten Fe, Mn, Zn, Cu en B werden bepaald. Er werd een gelijke nieuwe hoeveelheid demi-water aan het monster toegevoegd. Het monster werd weer op de schudmachine gezet. Dit werd herhaald op Dag 3, 6, 10, 15 en 21. De poly-ethyleen flessen waren tot de rand gevuld met monstermateriaal, maar er was één monster kleikorrel, waarvan de fles niet tot de rand gevuld was. Dit had tot gevolg, dat de kleikorrels langs elkaar schuurden. Na ongeveer 15 dagen schudden waren de kleikorrels volledig uit elkaar gevallen. In de extractievloeistof werden echter geen afwijkende gehalten gevonden en zodoende wordt het uitéénvallen niet als een storende faktor gezien bij de analyse. Uiteraard is de stabiliteit bij gebruik in de praktijk wel belangrijk.

2.7. Invloed schudtijd, schudsnelheid en positie fles

Bij het toevoegen van extractievloeistof aan de materialen komen sommige materialen niet volledig onder de vloeistof. Vooral als flessen op de schudmachine staan. Dit zou betekenen, dat het contact tussen vloeistof en materiaal niet goed is. In liggende positie speelt dit minder. Daarom werden beide posities getest. Dit werd gedaan bij een schudsnelheid van 120 en 300 rpm. Bovendien werd de invloed van schudtijd onderzocht. In een waterextract (1:3 bodemvocht) werden op tijdstip 10, 20, 40, 80, 160, 320 en 1440 minuten de EC gemeten. De extractievloeistof werd niet afgetapt op deze tijdstippen.

3. RESULTATEN

3.1. Watergetal bij drukhoogte -10 cm en droge bulkdichtheid

In tabel 3 worden het watergetal en vochtgehalte bij drukhoogte -10 cm en de droge bulkdichtheid gegeven.

Tabel 3. Watergetal en vochtgehalte bij drukhoogte - 10 cm en droge bulkdichtheid. kleik = kleikorrel.

| Monster | Watergetal g/g | Vochtgehalte m^3/m^3 | Bulkdichtheid kg/m^3 |
|---------------------|-------------------|---|---|
| Hydro Argex kleik. | 0,443 | 0,24 | 542 |
| Lecadan kleik. | 0,596 | 0,24 | 403 |
| Lecaton 2-4 kleik. | 0,301 | 0,19 | 631 |
| Lecaton 4-8 kleik. | 0,293 | 0,13 | 444 |
| Ökotau 8-16 kleik. | 0,247 | 0,11 | 446 |
| Ökotau 4-8 kleik. | 0,221 | 0,12 | 544 |
| Cilite 2-4 kleik. | 0,462 | 0,16 | 346 |
| Cilite 4-8 kleik. | 0,461 | 0,13 | 282 |
| Fibo kleik. | 0,393 | 0,13 | 331 |
| Pumice | 1,020 | 0,45 | 441 |
| Duinzand | 0,285 | 0,41 | 1438 |
| Perlite ongezeefd | 2,335 | 0,53 | 227 |
| Steenwolgranulaat | 6,117 | 0,63 | 103 |
| Lecaton 8-16 kleik. | 0,248 | 0,12 | 483 |

3.2. Gehalten in de extracten

De gehalten in de extracten worden gegeven in bijlage 1-4. In water-extract waren de P-concentraties (bijlage 2) beneden de detectiegrens. Na extractie met NH_4OAc konden NO_3 , Cl, HCO_3 en F niet bepaald worden wegens storing van de grote overmaat aan acetaationen bij de gebruikte ionchromatografische methode.

Extractie met water gaf aanzienlijk lagere gehalten aan spoorelementen dan extractie met NH_4OAc (tabel 4).

In gemalen toestand worden aanzienlijk hogere concentraties, met uitzondering van P, gevonden dan in ongemalen toestand.

Er zijn grote verschillen tussen de monsters.

Tabel 4. Gemiddelde gehalten in de extracten. Tussen haakjes relatieve gehalten ten opzichte van gehalten in waterextractie.

| Element | Water | Ammoniumacetaat | |
|-----------------------|------------|-----------------|---------------|
| | | ongemalen | gemalen |
| EC, mS/cm | 0,84 | | |
| K, mM | 0,55 (100) | 0,79 (144) | 2,84 (516) |
| Na, mM | 0,96 (100) | 1,09 (114) | 2,48 (258) |
| Ca, mM | 3,67 (100) | 6,84 (186) | 15,3 (417) |
| Mg, mM | 0,65 (100) | 1,24 (191) | 3,69 (568) |
| NO ₃ , mM | 0,05 | | |
| Cl, mM | 0,21 | | |
| SO ₄ , mM | 4,7 (100) | 4,7 (100) | 12,3 (261) |
| HCO ₃ , mM | 0,22 | | |
| P, mM | 0,00 | 0,06 | 0,07 |
| Fe, uM | 16,9 (100) | 119,6 (708) | 1821,4 (1078) |
| Mn, uM | 4,9 (100) | 87,5 (1782) | 407,5 (8300) |
| Zn, uM | 0,3 (100) | 6,5 (1914) | 16,3 (4782) |
| B, uM | 13,0 (100) | 23,1 (178) | 84,3 (650) |
| Cu, uM | 0,4 (100) | 3,4 (953) | 14,5 (4033) |
| F, mM | 0,05 | | |
| Cd, uM | 0,000 | 0,005 | 0,010 |
| Mo, uM | 0,11 (100) | 0,19 (172) | 0,22 (200) |
| Si, mM | 0,09 (100) | 0,89 (989) | 3,73 (4144) |

3.3. pH-KCl, CaCO₃ en Mn-actief.

pH-KCl, CaCO₃ (koolzure kalk) en Mn-actief (= Mn-reduceerbaar) staan in tabel 5.

Tabel 5. pH-KCl, koolzure kalk en Mn-actief. n.b.= niet bepaald.

| Monster | pH-KCl | CaCO ₃ % | Mn-actief mg Mn/kg droge grond |
|---------------------|--------|------------------------|-----------------------------------|
| Hydro Argex kleik. | 6,4 | 0,3 | 10 |
| Lecadan kleik. | 7,8 | <0,1 | 7 |
| Lecaton 2-4 kleik. | 8,9 | 0,3 | 11 |
| Lacaton 4-8 kleik. | 8,3 | 0,5 | 8 |
| Okotau 8-16 kleik. | 9,0 | <0,1 | 8 |
| Okotau 4-8 kleik. | 9,0 | <0,1 | 5 |
| Cilite 2-4 kleik. | 8,7 | 0,1 | 47 |
| Cilite 4-8 kleik. | 8,7 | 0,1 | 101 |
| Fibo kleik. | 8,2 | <0,1 | 72 |
| Pumice | 7,8 | 0,4 | 9 |
| Duinzand | n.b. | n.b. | n.b. |
| Perlite ongezeefd | n.b. | n.b. | n.b. |
| Steenwolgranulaat | n.b. | n.b. | n.b. |
| Lecaton 8-16 kleik. | 9,0 | <0,1 | 8 |

De gehalten aan Mn-aktief verschillen sterk. Van Cilite en met name de fraktie 4-8 mm is het gehalte aanzienlijk hoger dan van de andere monsters. Ook Fibo heeft een hoog gehalte. Van de overige monsters is het lager.

3.4. Invloed van fijnheid van malen.

In tabel 6 worden de totaalgehalten gegeven van vier monsters gemalen met de kogelmolen en de grondmolen.

Tabel 6. Fe-, Mn- en Zn-totaalgehalten van vier monsters gemalen op twee manieren. Gehalten in mmol per kg droge stof. G=grondmolen en K=kogelmolen.

| Monster | Fe-totaal | | Mn-totaal | | Zn-totaal | |
|-------------|-----------|-----|-----------|------|-----------|-----|
| | K | G | K | G | K | G |
| Argex | 980 | 952 | 6,5 | 6,0 | 2,3 | 1,8 |
| Okotau 8-16 | 376 | 340 | 6,2 | 6,0 | 0,8 | 0,9 |
| Cilite 2-4 | 376 | 337 | 46,8 | 30,2 | 1,0 | 1,0 |
| Fibo | 408 | 382 | 16,2 | 18,8 | 1,1 | 1,0 |

De verschillen tussen de twee soorten molens waren klein. Dat betekent, dat de molens geen Fe, Mn en/of Zn aan de monsters afgaven.

In tabel 7 worden de gehalten in NH_4OAc -extract gemalen met de twee molens.

Tabel 7. Fe-, Mn-, Zn- en Cu-gehalten in NH_4OAc -extract van vijf monsters (Argex werd twee maal uitgevoerd) gemalen op twee manieren. Gehalten in micromol per liter extract. G=grondmolen en K=kogelmolen. *) Steenwolgranulaat werd gemalen met kogelmolen en snijmolen (niet met grondmolen).

| Monster | Fe | | Mn | | Zn | | Cu | |
|---------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| | K | G | K | G | K | G | K | G |
| Argex | 7385 | 3863 | 193 | 210 | 70,0 | 34,2 | 0,9 | 1,6 |
| Argex | 11502 | 6332 | 240 | 229 | 17,8 | * | 1,3 | 1,5 |
| Okotau 8-16 | 4599 | 2814 | 174 | 149 | 13,1 | 12,2 | 31,5 | 34,5 |
| Cilite 2-4 | 1307 | 705 | 5132 | 2866 | 25,2 | 22,8 | 32,4 | 24,9 |
| Fibo | 3349 | 1426 | 1991 | 1506 | 17,8 | 21,8 | 5,9 | 8,8 |
| Steenwolgr *) | 506 | 483 | 25 | 23 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,3 |

Malen met de kogelmolen gaf aanzienlijk hogere Fe- en Mn-gehalten. De Zn- en Cu-gehalten verschilden niet zo veel, behalve bij Argex (de eerste maling) was het Zn-gehalte bij malen met de kogelmolen hoger dan bij malen met de grondmolen.

Malen met de grondmolen of met de kogelmolen had geen invloed op de gehalten K, Na, Ca, Mg, SO_4 , P, Cd, Mo, B en Si in NH_4OAc -extract (gegevens op basis van vergelijking Argex-eerste maling). Bij

steenwolgranulaat werden geen verschillen gevonden tussen kogelmolen en snijmolen.

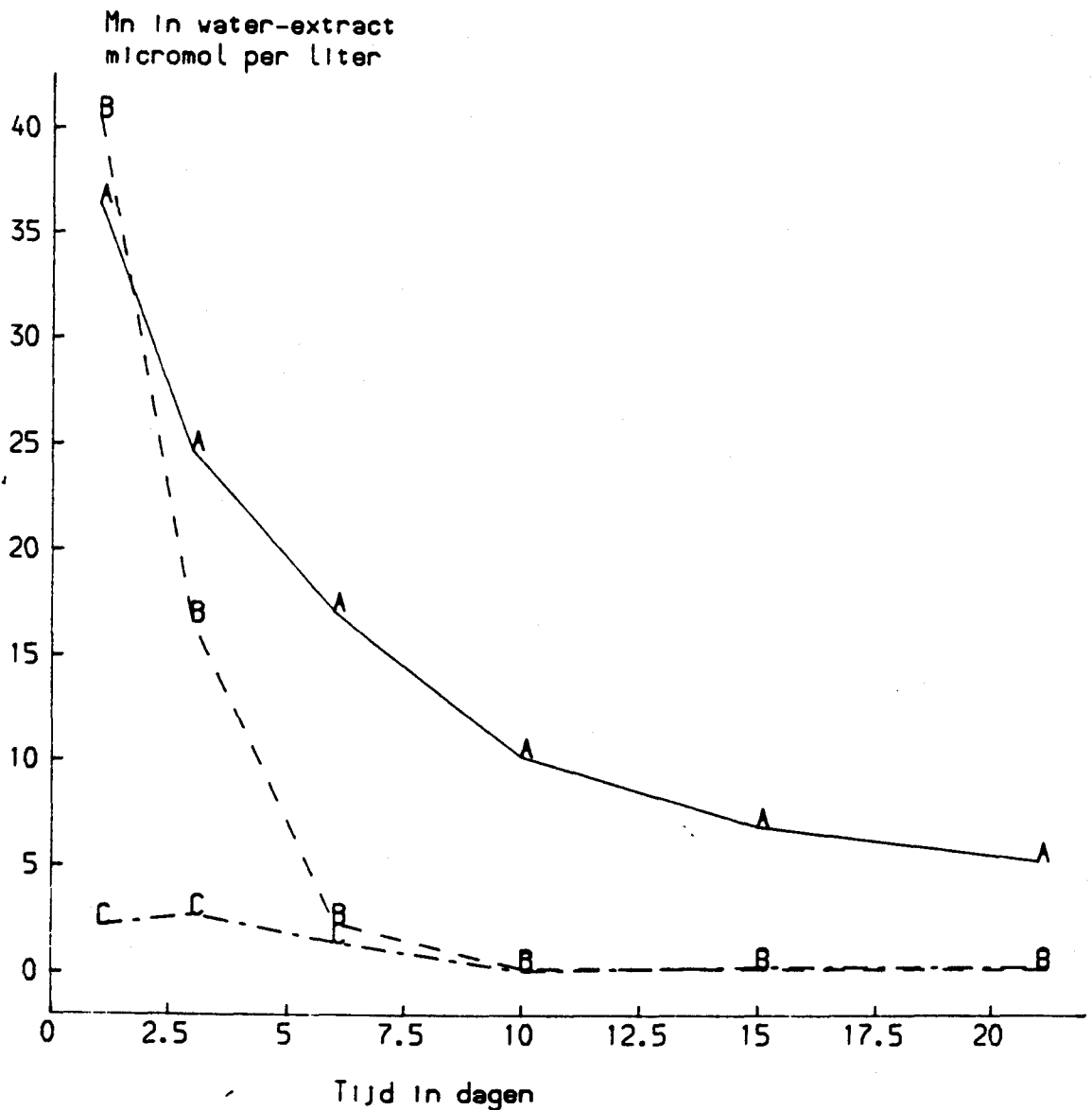
In tabel 8 wordt de korrelgrootteverdeling van twee monsters, gemalen op twee verschillende manieren, gegeven. Malen met de kogelmolen gaf fijner materiaal dan malen met de grondmolen.

Tabel 8. Korrelgrootteverdeling van twee monsters gemalen met de grondmolen en de kogelmolen.

| Monster | Soort molen | Korrelgrootteverdeling in gew. % | | | | |
|---------|-------------|----------------------------------|------|-------|--------|---------|
| | | <2 um | 2-16 | 16-50 | 50-105 | >105 um |
| Cilite | Kogel | 3 | 41 | 23 | 10 | 23 |
| Cilite | Grond | 3 | 36 | 26 | 11 | 24 |
| Argex | Kogel | 5 | 37 | 30 | 12 | 16 |
| Argex | Grond | 3 | 15 | 20 | 11 | 51 |

3.5. Vrijkomen van spoorelementen op lange termijn.

In bijlage 5 worden de pH, EC, de gehalten aan Fe, Mn, Cu en B gegeven van de proef, waarin vier monsters gedurende 21 dagen geschud zijn met water. Bij iedere monsterdatum werd de extractievloeistof volledig afgetapt en werd nieuw demi-water toegevoegd. Na enkele dagen schudden dalen de gehalten zeer sterk met uitzondering voor Mn. Dit blijkt ook uit figuur 1. Cilite 4-8 (monster A in de figuur) blijft steeds Mn afgeven. Voor Argex (monster B in de figuur) is dat niet het geval.



Figuur 1. Mn in water-extract na schudden, aftappen en verversen van drie monsters. A=Cilite 4-8, B=Argex, C=steenwolgranulaat.

3.6. Invloed schudtijd, schudsnelheid en positie fles.

De resultaten van de schudproef, waarbij op verschillende tijdstippen de EC is gemeten, is gegeven in bijlage 6. Bij de verschillende meettijdstippen is de extractievloeistof niet ververst. De korrels Lecaton 8-16 en Hydro Argex waren aan het eind van de schudtijd bij een schudsnelheid van 300 rpm volledig uit elkaar gevallen. De Lecaton 8-16 en de Hydro Argex stonden bij de rechtopstaande flessen onder water, maar de Lecaton 2-4 en Lecaton 4-8 niet. Gemiddeld was bij de staande flessen de EC 1,189 en 1,279 mS/cm bij een schudsnelheid van respectievelijk 120 en 300 rpm. Bij de liggende flessen was dit respectievelijk 1,213 en 1,342 mS/cm. De schudsnelheid heeft een effect: hoe hoger de snelheid des te hoger de EC. Bij staande flessen is de EC iets lager dan bij de liggende flessen. Deze effecten blijken bij andere materialen niet altijd op te treden. Het grootste effect is daarentegen bij alle materialen de schudtijd. Tussen de schudtijd 5 uur en 20 minuten (320 minuten) en 24 uur (1440 minuten) loopt de EC ook nog sterk op. In figuur 2 wordt het verloop voor Lecaton 4-8 gegeven.

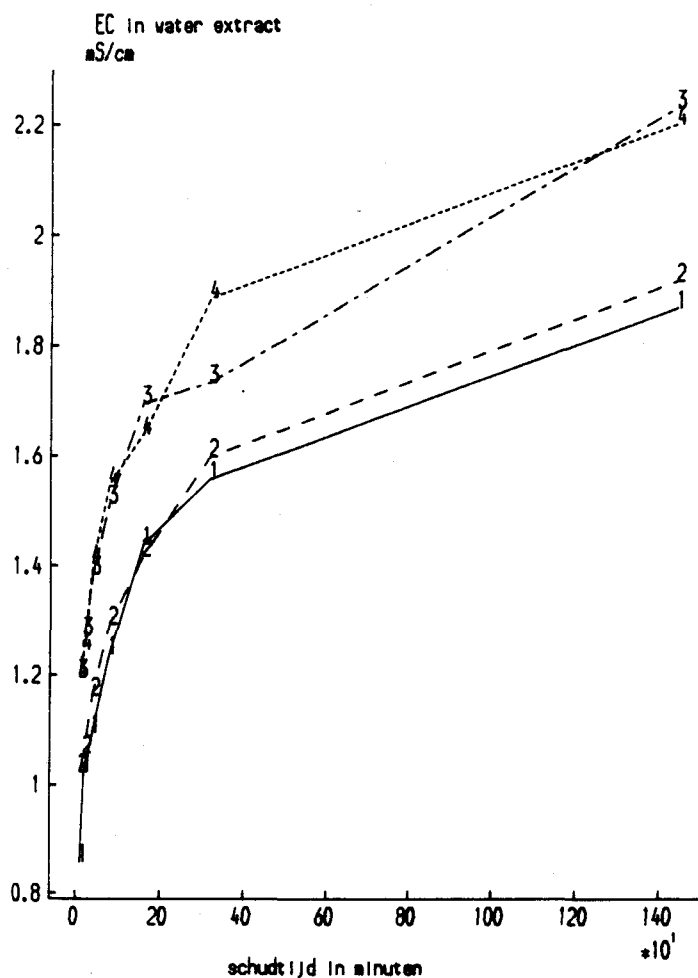


Fig. 2. De EC in waterextract (1:3 bodemvocht) bij Lecaton 4-8 mm in relatie tot de schudtijd. 1=flessen staand 120 rpm; 2=flessen liggend 120 rpm; 3=flessen staand 300 rpm; 4= flessen liggend 300 rpm.

4. DISKUSSIE EN VOORLOPIGE NORMEN.

4.1. Bruikbaarheid van de methode.

Problemen met de uitvoering zijn niet geconstateerd. Een nadeel is, dat eerst het vochtgehalte van het uitgangsmateriaal en bij drukhoogte -10 cm moet worden bepaald. Omdat na malen de fijnheid van het materiaal invloed heeft op de Fe-, Mn- en Zn-gehalten zal bij malen de fijnheid van het materiaal zeer exact aangegeven moeten worden en dit zal dan ook precies gerealiseerd moeten worden.

4.2. De verhouding substraat:extractievloeistof

In de gebruikte verhouding kan voldoende vloeistof voor analyse ter beschikking zijn. Er werd gewerkt met flessen van 2 l. Dit lijkt een goede grootte.

Aan de materialen werd een hoeveelheid extractievloeistof toegevoegd van drie keer de hoeveelheid water bij een drukhoogte van -10 cm. Aangezien de hoeveelheid water bij drukhoogte -10 cm verschilt per monster is de hoeveelheid extractievloeistof per volume substraat verschillend (tabel 9). Bij vergelijken van cijfers verkregen via methode waarbij is uitgegaan van een vaste verhouding substraat:extractievloeistof moet hier dus rekening mee gehouden worden.

Tabel 9 . Het volume toegevoegde extractievloeistof inclusief het reeds aanwezige vocht.

| Monster | Hoeveelheid vocht ₃ bij extractie m ³ vocht per m ³ substraat |
|---------------------|---|
| Hydro Argex kleik. | 0,72 |
| Lecadan kleik. | 0,72 |
| Lecaton 2-4 kleik. | 0,57 |
| Lecaton 4-8 kleik. | 0,39 |
| Ökotau 8-16 kleik. | 0,33 |
| Ökotau 4-8 kleik. | 0,36 |
| Cilite 2-4 kleik. | 0,48 |
| Cilite 4-8 kleik. | 0,39 |
| Fibo kleik. | 0,39 |
| Pumice | 1,35 |
| Duinzand | 1,23 |
| Perlite ongezeefd | 1,59 |
| Steenwolgranulaat | 1,89 |
| Lecaton 8-16 kleik. | 0,36 |

4.3. Soort extractievloeistof en malen

Uit de schudproef met vier monsters blijkt, dat Fe, Zn, Cu en B alleen in het begin vrijkomen. Bij één monster bleek vrij lang Mn vrij te komen. Dit was het monster Cilite 4-8 mm. In water-extract was Mn hoog (32,2 $\mu\text{mol/l}$). In NH_4OAc was Mn ook hoog (180 $\mu\text{mol/l}$). Mn-actief was ook hoog (101 mg/kg droge grond). Mn bepaling in NH_4OAc lijkt zinvol.

In ongemalen toestand geeft NH_4OAc -extract hogere Ca-, Mg-, P-, B-, Mo-, en zeer sterk hogere Fe-, Mn-, Zn-, Cu-, Cd- en Si-gehalten dan water. Voor K, Na en SO_4 is er weinig verschil tussen water en NH_4OAc .

De invloed van malen kan alléén bij extractie met NH_4OAc bekeken worden. Malen heeft een grote invloed op de gehalten. Door malen worden alle gehalten zeer sterk verhoogd.

Er zijn twee monsters uit Weihestephan, aldaar gemalen volgens de standaardmethode met een schijvenmolen, onderzocht op korrelgrootte. De resultaten staan in tabel 10. De fijnheid van deze monsters ligt in tussen de fijnheid van de monsters gemalen met de grondmolen (grof) en de kogelmolen (fijn).

Tabel 10. Korrelgrootteverdeling van monsters gemalen in Weihestephan.

| Monster | Soort molen | Korrelgrootteverdeling in gew. % | | | | |
|---------|---------------|----------------------------------|------|-------|--------|--------------------|
| | | <2 μm | 2-16 | 16-50 | 50-105 | >105 μm |
| 3553 | Schijvenmolen | 3 | 27 | 23 | 9 | 39 |
| 3414 | Schijvenmolen | 4 | 37 | 28 | 9 | 23 |

4.4. 'Duitse' normen voor kleikorrels

In Duitsland wordt de volgende methode voor chemische analyse van kleikorrels gebruikt (Fischer und Penningsfeld, 1979). Kleikorrels worden gedroogd bij 105 °C, gemalen in een schijvenmolen tot een korreldiameter < 1 mm. Aan 1 gewichtsdeel kleikorrels worden 10 volumedelen water toegevoegd. Dit wordt 2 uur geschud. Daarna is er een standtijd van 22 uur. Uit een later onderzoek bleek deze standtijd niet nodig. In het filtraat worden de analyses gedaan en omgerekend naar stoofdroog materiaal.

De normen zijn:

| | | |
|-------------------|-------|--|
| Totaal-zout | < 250 | mg/100 g droog (uitgedrukt op basis van KCl) |
| CaO | < 120 | mg/100 g droog |
| Na ₂ O | < 15 | mg/100 g droog |
| Mg | < 15 | mg/100 g droog |
| Cl | < 10 | mg/100 g droog |
| F | < 1,2 | mg/100 g droog |
| pH | 4 - 9 | (deze eis is later vervallen) |

Deze normen kunnen worden omgerekend naar gehalten in water extract bij de door ons gebruikte verdunning.

Gegeven is:

Totaal-zoutgehalte [mg KCl/l] = EC [microS/cm, 25 °C] * 0,528.

De aanname is: bij een drukhoogte van -10 cm is het watergetal 0,4 g/g oftewel 40 g/100 g. Er moet dan aan 100 g droog materiaal een

hoeveelheid water toegevoegd worden tot de totale hoeveelheid vloeistof 120 g bedraagt.

Voor totaal-zout is de berekening als volgt. In 100 g droog materiaal met 120 g (= 0,12 l) extractievloeistof mag maximaal 250 mg KCl voorkomen. De KCl-concentratie is: $250 \text{ mg}/0,12 \text{ l} = 2083 \text{ mg/l}$. Dit is een EC van 3,9 mS/cm. De normen voor water extractie in de door ons gebruikte verdunning zijn:

| | |
|----|---------------------|
| EC | < 3,9 mS/cm (25 °C) |
| Ca | < 17,8 mmol/l |
| Na | < 4,0 mmol/l |
| Mg | < 5,1 mmol/l |
| Cl | < 2,3 mmol/l |
| F | < 0,5 mmol/l |

Deze normen zijn nogal hoger dan wat wij gevonden hebben. Ongetwijfeld zal het malen in de 'Duitse' methode een grote invloed hebben gehad, zodat de gevonden gehalten in die methode altijd hoger zijn.

4.5. De uitkomsten per element

Algemene beoordeling

Substraten moeten veilig zijn voor plantegroei. Daarvoor kunnen een aantal voorlopige eisen gesteld worden. Sommige substraten hebben specifieke kenmerken, die dan ook in een eis vastgelegd kunnen worden. Om tot een algemene norm te komen, gaan we ervan uit, dat een substraat nat gemaakt wordt met drie keer zoveel water als bij drukhoogte -10 cm aanwezig is. De EC en overige elementen kunnen dan beoordeeld worden als was het een voedingsoplossing. In die betreffende voedingsoplossing moeten dus nog veilig planten geteeld kunnen worden.

EC

De EC's verschillen zeer sterk. Sommige kleikorrels hebben een hoge EC. Pumice, duinzand en perlite hebben een lage EC. Steiner en Uittien (1978) schudden 500 ml kleikorrels gedurende 48 uur met 500 ml water. Ze vonden in dit extract voor goede kleikorrels een EC van 0,38 - 0,76 mS/cm. In slechte kleikorrels was de EC 2,18 mS/cm.

NH₄, K, en Mg

NH₄, K, en Mg in water-extract zijn laag, met uitzondering van Okotau, waar een iets hoger K-gehalte voorkomt dan in de andere materialen.

Ca

Bij kleikorrels kunnen hoge gehalten Ca vrijkomen. Voor zover bekend wordt er geen Ca toegevoegd tijdens de produktie. Ca is dus afkomstig van de grondstof (klei). Na malen en extractie met NH₄OAc worden enorme hoeveelheden Ca vrij gemaakt.

Chloride en natrium.

Cl is steeds lager dan Na, met uitzondering van pumice, waar het ongeveer gelijk is. Steiner en Uittien (1978) vonden gehalten van 0,37 - 0,62 mmol/l Cl en 0,26 - 1,00 mmol/l Na voor goede kleikorrels. Van slechte kleikorrels was het 1,21 mmol/l Cl en 3,52 mmol/l Na. Bij de

slechte kleikorrel was vooral Na hoger. Negatieve effecten van Na op de plant zijn ook groter dan voor Cl. Aan Na zal dus een strenge eis gesteld moeten worden.

NO_3 , SO_4 en P
 NO_3 en P zijn altijd laag. Uit kleikorrels komt zeer veel SO_4 vrij. Deze kan afkomstig zijn van de klei, maar ook van de toevoeging sulfiet (in Duits: ligninsulfonat) aan de grondstof, voorafgaande aan het bakken.

Ijzer.

Bij Argex is Fe zeer hoog. Aan de klei, wordt voorafgaande aan het bakken, ijzeroxide toegevoegd. Dit is een mogelijke verklaring voor het hoge gehalte.

Mangaan

Mangaan lijkt een belangrijk element. In de praktijk is al schade geconstateerd bij een bepaald soort kleikorrel door Mn-overmaat. Daarom is het zinvol om ook iets te weten over het gehalte wat op lange termijn vrij zou kunnen komen. Vandaar de Mn-eis met NH_4OAc -extractie. Misschien, dat Mn ook bepaald kan worden via Mn-actief. De invloed van malen bij het BLGG zou dan nog verder onderzocht moeten worden.

Overige spoorelementen

De gehalten aan Zn, Cu, Mo en Si zijn in het algemeen laag, met uitzondering van Cilite, beide sorteringen, wat zeer hoge Zn- en Cu-gehalten geeft. Kleikorrels kunnen nogal wat B afgeven. Sommige materialen geven F af. Gewassen gevoelig voor F overmaat krijgen al schade bij 0,05 mmol/l F (= 1 mg/l F; Straver, 1992).

4.6. Voorlopige normen

In tabel 10 worden voorlopige normen gegeven, waaraan substraten moeten voldoen. De normen zijn opgesteld, alléén op basis van de eis, dat er geen schade aan gewas zal ontstaan.

Tabel 10. Voorlopige normen voor gehalten in water-extract en NH₄OAc-extract in ongemalen toestand. *) voor F-gevoelige gewassen (Straver, 1992).

| | Water | Ammoniumacetaat ongemalen |
|---------------------------|--|------------------------------|
| EC, mS/cm | <1,4 | |
| pH | 4-9 | |
| NH ₄ , mmol/l | | |
| K, mmol/l | <7 | |
| Na, mmol/l | <2,0 | |
| Ca, mmol/l | <7,0 | |
| Mg, mmol/l | <2,0 | |
| NO ₃ , mmol/l | | |
| Cl, mmol/l | <3,0 | |
| SO ₄ , mmol/l | <5,0 | |
| HCO ₃ , mmol/l | | |
| P, mmol/l | | |
| Fe, umol/l | <20 | |
| Mn, umol/l | <5 | <100 |
| Zn, umol/l | <3 | |
| B, umol/l | <25 | |
| Cu, umol/l | <1,0 | |
| F, mmol/l (fakultatief) | <0,2 (voor gevoelige gewassen <0,05 *) | |
| Cd, umol/l | | |
| Mo, umol/l | | |
| Si, mmol/l | | |

Een voorlopige norm is Mn-aktief < 50 mg Mn/kg droge grond.

4.7. Andere elementen of verbindingen

Een aantal andere elementen kunnen ook nog belangrijk zijn, zoals sulfiet en organische verbindingen. Nadere informatie van de producenten naar herkomst en produktiewijze is nodig om vast te stellen welke elementen of verbindingen nog bepaald moeten worden.

4.8. Invloed schudtijd en interpretatie

Bij kleikorrels in ongemalen toestand is de schudtijd van grote invloed op de EC. Kennelijk blijft er gedurende lange tijd zeer veel zout uit de kleikorrels komen. Het is niet duidelijk of dit effect bij

alle materialen hetzelfde zal zijn. Dat maakt de interpretatie van de resultaten zeer moeilijk. Het is mogelijk, dat in gemalen toestand de schudtijd veel minder invloed heeft. Dit zou nog verder bekeken moeten worden.

5. SAMENVATTING

Verschillende anorganische materialen werden geëxtraheerd met water en ammoniumacetaat. Bij de laatste extractie werden de materialen in gemalen en ongemalen toestand gebruikt. Er werd een hoeveelheid extractievloeistof toegevoegd zodat de uiteindelijke hoeveelheid overéén kwam met drie keer de hoeveelheid substraatvocht bij drukhoogte -10 cm. Kleikorrels bleken veel zouten af te geven; dat is veelal Ca. Verder kan er ook Mn en B vrijkomen. De concentratie van alle elementen wordt zeer sterk verhoogd als de materialen worden gemalen. Hoe fijner de materialen gemalen worden des te hoger worden de Fe-, Mn- en Zn-gehalten. Er zijn voorlopige normen opgesteld. De methode moet nog verbeterd worden, omdat bij kleikorrels in ongemalen toestand de schudtijd, zelfs nog na zeer lange tijd, de gehalten sterk beïnvloed. Kennelijk blijft er zout uit de kleikorrels komen.

LITERATUUR

- Fischer, P. und F. Penningsfeld, 1979. Hydrokultur - Beurteilung der Eignung verschiedener Blähtonherkünfte. Gb+Gw 79(5), 106-108.
- Gabriëls, R. and O. Verdonck, 1991. Physical and chemical characterization of plant substrates. Acta Hortic. 294: 249-259
- Leijn-van Dijk, F.M. en S.S. de Bes, 1985. Fysische analysemethoden voor potgrond en veen. Intern verslag no. 12. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk.
- Steiner, A.A. en J.J. Uittien, 1978. Gebakken kleikorrels als substraat bij hydrocultuur. Landbouwkundig Tijdschrift 9, 1-6.
- Straver, N., 1992. Overzicht literatuur/onderzoek m.b.t. fluor. PBN, Aalsmeer

Bijlage 1. EC (mS/cm), pH en hoofdelementen kationen (mM) in extracten

| Oplosmiddel Water | | | | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| monster | EC | pH | NH4 | K | Na | Ca | Mg |
| Hydro argex | 0.8 | 4.8 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 3.5 | 0.3 |
| Lecadan | 1.0 | 5.9 | 0.0 | 0.4 | 0.7 | 4.5 | 1.1 |
| Lecaton 2-4 | 1.3 | 6.9 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 7.8 | 1.7 |
| Lecaton 4-8 | 1.4 | 6.7 | 0.0 | 0.6 | 0.9 | 6.3 | 1.5 |
| Ökotau 8-16 | 0.9 | 8.0 | 0.0 | 2.2 | 1.2 | 2.4 | 0.3 |
| Ökotau 4-8 | 1.3 | 8.1 | 0.0 | 2.5 | 2.6 | 2.9 | 1.2 |
| Cilite 2-4 | 1.0 | 7.2 | 0.0 | 0.4 | 1.4 | 4.4 | 0.8 |
| Cilite 4-8 | 0.9 | 6.0 | 0.0 | 0.4 | 1.5 | 3.7 | 0.6 |
| Fibo | 1.9 | 6.5 | 0.0 | 0.4 | 1.7 | 12.6 | 0.3 |
| Pumice | 0.2 | 5.9 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.1 | 0.1 |
| Duinzand | 0.1 | 6.2 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Perlite ongezeefd | 0.1 | 6.6 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.1 | 0.0 |
| steenwolgranulaat | 0.0 | 8.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 |
| Lecaton 8-16 | 0.9 | 7.1 | 0.0 | 0.5 | 1.3 | 2.9 | 1.1 |

| Oplosmiddel Acetaat | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| monster | EC | pH | NH4 | K | Na | Ca | Mg |
| Hydro argex | N.B. | N.B. | N.B. | 0.3 | 0.3 | 6.2 | 0.8 |
| Lecadan | N.B. | N.B. | N.B. | 0.6 | 0.8 | 6.1 | 1.3 |
| Lecaton 2-4 | N.B. | N.B. | N.B. | 0.5 | 0.5 | 12.3 | 2.4 |
| Lecaton 4-8 | N.B. | N.B. | N.B. | 0.8 | 0.9 | 7.8 | 1.8 |
| Ökotau 8-16 | N.B. | N.B. | N.B. | 2.6 | 1.2 | 4.9 | 1.2 |
| Ökotau 4-8 | N.B. | N.B. | N.B. | 2.9 | 2.5 | 10.6 | 2.4 |
| Cilite 2-4 | N.B. | N.B. | N.B. | 0.7 | 1.6 | 12.7 | 2.2 |
| Cilite 4-8 | N.B. | N.B. | N.B. | 0.7 | 1.8 | 4.5 | 0.8 |
| Fibo | N.B. | N.B. | N.B. | 0.6 | 1.6 | 19.3 | 0.8 |
| Pumice | N.B. | N.B. | N.B. | 0.3 | 1.4 | 0.6 | 0.4 |
| Duinzand | N.B. | N.B. | N.B. | 0.2 | 0.2 | 3.3 | 0.8 |
| Perlite ongezeefd | N.B. | N.B. | N.B. | 0.1 | 0.7 | 0.7 | 0.1 |
| steenwolgranulaat | N.B. | N.B. | N.B. | 0.1 | 0.5 | 2.0 | 0.9 |
| Lecaton 8-16 | N.B. | N.B. | N.B. | 0.7 | 1.3 | 4.8 | 1.5 |

| Oplosmiddel Acetaat (Gemalen) | | | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| monster | EC | pH | NH4 | K | Na | Ca | Mg |
| Hydro argex | N.B. | N.B. | N.B. | 2.6 | 1.8 | 26.5 | 6.5 |
| Lecadan | N.B. | N.B. | N.B. | 1.6 | 1.3 | 9.0 | 2.4 |
| Lecaton 2-4 | N.B. | N.B. | N.B. | 2.4 | 1.2 | 19.9 | 4.8 |
| Lecaton 4-8 | N.B. | N.B. | N.B. | 3.5 | 2.3 | 21.2 | 5.3 |
| Ökotau 8-16 | N.B. | N.B. | N.B. | 9.8 | 4.5 | 21.2 | 7.4 |
| Ökotau 4-8 | N.B. | N.B. | N.B. | 7.9 | 4.9 | 21.0 | 6.7 |
| Cilite 2-4 | N.B. | N.B. | N.B. | 1.6 | 2.4 | 17.0 | 3.7 |
| Cilite 4-8 | N.B. | N.B. | N.B. | 1.8 | 2.6 | 7.4 | 1.9 |
| Fibo | N.B. | N.B. | N.B. | 2.9 | 5.2 | 49.9 | 4.4 |
| Pumice | N.B. | N.B. | N.B. | 0.7 | 2.9 | 0.8 | 0.5 |
| Duinzand | N.B. | N.B. | N.B. | 0.7 | 0.3 | 2.6 | 1.2 |
| Perlite ongezeefd | N.B. | N.B. | N.B. | 0.2 | 1.4 | 0.8 | 0.1 |
| steenwolgranulaat | N.B. | N.B. | N.B. | 0.1 | 0.5 | 2.0 | 0.9 |
| Lecaton 8-16 | N.B. | N.B. | N.B. | 3.9 | 3.4 | 14.9 | 5.8 |

Bijlage 2. Hoofdelementen anionen (mM) in extracten

| Oplosmiddel Water | | | | | |
|-------------------|-----|-----|------|------|-----|
| monster | NO3 | Cl | SO4 | HCO3 | P |
| Hydro argex | 0.0 | 0.0 | 3.9 | 0.0 | 0.0 |
| Lecadan | 0.1 | 0.1 | 5.6 | 0.1 | 0.0 |
| Lecaton 2-4 | 0.1 | 0.1 | 9.3 | 0.4 | 0.0 |
| Lecaton 4-8 | 0.0 | 0.1 | 7.9 | 0.2 | 0.0 |
| Ökotau 8-16 | 0.1 | 0.1 | 4.4 | 0.4 | 0.0 |
| Ökotau 4-8 | 0.1 | 0.2 | 6.3 | 0.7 | 0.0 |
| Cilite 2-4 | 0.1 | 0.3 | 5.4 | 0.3 | 0.0 |
| Cilite 4-8 | 0.0 | 0.1 | 4.8 | 0.1 | 0.0 |
| Fibo | 0.0 | 0.5 | 12.9 | 0.2 | 0.0 |
| Pumice | 0.1 | 1.0 | 0.3 | 0.1 | 0.0 |
| Duinzand | 0.0 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.0 |
| Perlite ongezeefd | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.0 |
| steenwolgranulaat | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.0 |
| Lecaton 8-16 | 0.0 | 0.1 | 4.6 | 0.2 | 0.0 |

| Oplosmiddel Acetaat | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|-----|
| monster | NO3 | Cl | SO4 | HCO3 | P |
| Hydro argex | N.B. | N.B. | 4.2 | N.B. | 0.0 |
| Lecadan | | | 5.5 | | 0.0 |
| Lecaton 2-4 | | | 9.2 | | 0.1 |
| Lecaton 4-8 | | | 7.2 | | 0.1 |
| Ökotau 8-16 | | | 4.5 | | 0.1 |
| Ökotau 4-8 | | | 6.3 | | 0.1 |
| Cilite 2-4 | | | 5.7 | | 0.1 |
| Cilite 4-8 | | | 5.0 | | 0.0 |
| Fibo | | | 13.2 | | 0.0 |
| Pumice | | | 0.1 | | 0.0 |
| Duinzand | | | 0.1 | | 0.0 |
| Perlite ongezeefd | | | 0.2 | | 0.0 |
| steenwolgranulaat | | | 0.0 | | 0.0 |
| Lecaton 8-16 | N.B. | N.B. | 4.8 | N.B. | 0.1 |

| Oplosmiddel Acetaat (Gemalen) | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|------|-----|
| monster | NO3 | Cl | SO4 | HCO3 | P |
| Hydro argex | N.B. | N.B. | 22.5 | N.B. | 0.0 |
| Lecadan | | | 10.1 | | 0.0 |
| Lecaton 2-4 | | | 16.2 | | 0.1 |
| Lecaton 4-8 | | | 22.8 | | 0.1 |
| Ökotau 8-16 | | | 17.9 | | 0.2 |
| Ökotau 4-8 | | | 16.2 | | 0.1 |
| Cilite 2-4 | | | 8.9 | | 0.2 |
| Cilite 4-8 | | | 9.1 | | 0.1 |
| Fibo | | | 30.6 | | 0.0 |
| Pumice | | | 0.3 | | 0.0 |
| Duinzand | | | 0.4 | | 0.0 |
| Perlite ongezeefd | | | 0.3 | | 0.0 |
| steenwolgranulaat | | | 0.2 | | 0.0 |
| Lecaton 8-16 | N.B. | N.B. | 16.0 | N.B. | 0.1 |

Bijlage 3. Sporelementen (uM) in extracten

| Oplosmiddel Water | | | | | |
|-------------------|-------|------|-----|------|-----|
| monster | Fe | Mn | Zn | B | Cu |
| Hydro argex | 147.1 | 10.6 | 1.2 | 13.7 | 0.6 |
| Lecadan | 1.5 | 1.5 | 0.3 | 17.6 | 0.3 |
| Lecaton 2-4 | 1.3 | 0.4 | 0.2 | 20.4 | 0.4 |
| Lecaton 4-8 | 1.2 | 0.5 | 0.2 | 17.0 | 0.4 |
| Ökotau 8-16 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 8.8 | 0.3 |
| Ökotau 4-8 | 0.8 | 0.1 | 0.2 | 19.5 | 0.3 |
| Cilite 2-4 | 0.8 | 1.4 | 0.3 | 16.5 | 0.4 |
| Cilite 4-8 | 0.8 | 32.2 | 0.4 | 21.7 | 0.4 |
| Fibo | 1.6 | 20.1 | 0.2 | 20.0 | 0.4 |
| Pumice | 2.3 | 0.2 | 0.2 | 3.3 | 0.2 |
| Duinzand | 75.6 | 1.1 | 0.4 | 1.1 | 0.4 |
| Perlite ongezeefd | 0.7 | 0.1 | 0.3 | 5.3 | 0.4 |
| steenwolgranulaat | 1.8 | 0.1 | 0.2 | 6.4 | 0.2 |
| Lecaton 8-16 | 0.8 | 0.3 | 0.4 | 10.3 | 0.4 |

| Oplosmiddel Acetaat | | | | | |
|---------------------|-------|-------|------|------|------|
| monster | Fe | Mn | Zn | B | Cu |
| Hydro argex | 354.1 | 19.3 | 6.9 | 15.2 | 0.6 |
| Lecadan | 52.6 | 9.5 | 5.8 | 15.8 | 3.7 |
| Lecaton 2-4 | 65.8 | 11.4 | 7.5 | 22.7 | 1.9 |
| Lecaton 4-8 | 35.7 | 6.4 | 6.3 | 16.0 | 2.4 |
| Ökotau 8-16 | 61.4 | 15.9 | 6.4 | 23.1 | 3.2 |
| Ökotau 4-8 | 94.5 | 19.3 | 7.5 | 59.9 | 4.2 |
| Cilite 2-4 | 150.1 | 744.9 | 14.1 | 51.9 | 12.7 |
| Cilite 4-8 | 56.7 | 180.0 | 11.8 | 24.4 | 11.4 |
| Fibo | 139.1 | 171.4 | 9.0 | 57.5 | 2.9 |
| Pumice | 26.4 | 2.9 | 2.7 | 0.0 | 1.2 |
| Duinzand | 60.8 | 12.4 | 2.0 | 3.7 | 1.0 |
| Perlite ongezeefd | 6.3 | 2.6 | 1.7 | 4.3 | 0.5 |
| steenwolgranulaat | 537.9 | 21.7 | 1.1 | 12.8 | 0.5 |
| Lecaton 8-16 | 33.2 | 7.0 | 8.4 | 15.5 | 1.8 |

| Oplosmiddel Acetaat (Gemalen) | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|------|-------|------|
| monster | Fe | Mn | Zn | B | Cu |
| Hydro argex | 7385.0 | 193.1 | 70.0 | 43.2 | 0.9 |
| Lecadan | 1071.5 | 33.8 | 8.3 | 45.7 | 9.1 |
| Lecaton 2-4 | 1072.5 | 47.7 | 11.7 | 80.1 | 7.9 |
| Lecaton 4-8 | 2132.0 | 55.9 | 13.2 | 91.0 | 13.1 |
| Ökotau 8-16 | 5880.5 | 168.8 | 15.4 | 195.8 | 27.8 |
| Ökotau 4-8 | 1356.5 | 116.4 | 10.1 | 203.3 | 34.0 |
| Cilite 2-4 | 615.0 | 2050.5 | 19.9 | 95.8 | 29.1 |
| Cilite 4-8 | 1159.0 | 1387.5 | 26.3 | 71.8 | 31.3 |
| Fibo | 2063.0 | 1467.5 | 21.9 | 244.8 | 26.4 |
| Pumice | 559.0 | 37.9 | 4.9 | 2.2 | 3.3 |
| Duinzand | 516.5 | 45.5 | 4.1 | 5.6 | 1.4 |
| Perlite ongezeefd | 18.6 | 8.0 | 1.3 | 4.1 | 0.3 |
| steenwolgranulaat | 505.5 | 25.6 | 0.4 | 7.5 | 0.3 |
| Lecaton 8-16 | 1165.5 | 67.1 | 20.1 | 89.1 | 18.6 |

Bijlage 4. F (mM), Cd (uM), Mo (uM) en Si (mM) in extracten

| Oplosmiddel monster | Water F | Cd | Mo | Si |
|--|------------|-------|-----|-----|
| Hydro argex | 0.00 | 0.000 | 0.0 | 0.1 |
| Lecadan | 0.06 | 0.000 | 0.0 | 0.1 |
| Lecatón 2-4 | 0.14 | 0.000 | 0.2 | 0.1 |
| Lecatón 4-8 | 0.10 | 0.000 | 0.1 | 0.1 |
| Ökotau 8-16 | 0.03 | 0.000 | 0.4 | 0.0 |
| Ökotau 4-8 | 0.08 | 0.000 | 0.1 | 0.0 |
| Cilite 2-4 | 0.05 | 0.000 | 0.2 | 0.1 |
| Cilite 4-8 | 0.05 | 0.000 | 0.0 | 0.0 |
| Fibo | 0.13 | 0.000 | 0.1 | 0.1 |
| Pumice | 0.00 | 0.000 | 0.0 | 0.2 |
| Duinzand | 0.00 | 0.000 | 0.1 | 0.5 |
| Perlite ongezeefd steenwolgranulaat | 0.00 | 0.000 | 0.0 | 0.1 |
| Lecatón 8-16 | 0.01 | 0.000 | 0.2 | 0.0 |

| Oplosmiddel monster | Acetaat F | Cd | Mo | Si |
|--|--------------|-------|-----|-----|
| Hydro argex | n.B. | 0.026 | 0.2 | 1.2 |
| Lecadan | | 0.004 | 0.2 | 0.3 |
| Lecatón 2-4 | | 0.002 | 0.3 | 0.6 |
| Lecatón 4-8 | | 0.001 | 0.2 | 0.3 |
| Ökotau 8-16 | | 0.002 | 0.2 | 0.8 |
| Ökotau 4-8 | | 0.009 | 0.1 | 1.9 |
| Cilite 2-4 | | 0.002 | 0.0 | 2.2 |
| Cilite 4-8 | | 0.002 | 0.1 | 0.4 |
| Fibo | | 0.006 | 0.1 | 1.2 |
| Pumice | | 0.002 | 0.2 | 0.3 |
| Duinzand | | 0.019 | 0.2 | 0.2 |
| Perlite ongezeefd steenwolgranulaat | | 0.002 | 0.3 | 0.1 |
| Lecatón 8-16 | n.B. | 0.001 | 0.2 | 0.4 |

| Oplosmiddel monster | Acetaat (Gemalen) F | Cd | Mo | Si |
|--|---------------------------|-------|-----|------|
| Hydro argex | n.B. | 0.051 | 0.4 | 10.0 |
| Lecadan | | 0.001 | 0.2 | 1.2 |
| Lecatón 2-4 | | 0.001 | 0.5 | 2.5 |
| Lecatón 4-8 | | 0.002 | 0.2 | 2.5 |
| Ökotau 8-16 | | 0.009 | 0.4 | 5.9 |
| Ökotau 4-8 | | 0.021 | 0.5 | 6.9 |
| Cilite 2-4 | | 0.004 | 0.2 | 4.8 |
| Cilite 4-8 | | 0.002 | 0.2 | 1.9 |
| Fibo | | 0.034 | 0.3 | 9.0 |
| Pumice | | 0.000 | 0.0 | 0.8 |
| Duinzand | | 0.018 | 0.1 | 1.0 |
| Perlite ongezeefd steenwolgranulaat | | 0.000 | 0.2 | 0.1 |
| Lecatón 8-16 | n.B. | 0.001 | 0.1 | 3.5 |

Bijlage 5. pH, EC, en spoorelementen gedurende 21 dagen schudden met water en tussentijds aftappen en verversen.

| Tijd dagen | pH | EC mS/cm | Fe micromol | Mn micromol | Zn per | Cu liter | B |
|--------------------------|------|-------------|----------------|----------------|-----------|-------------|------|
| Argex | | | | | | | |
| 1 | 6.11 | 2.50 | 1918.0 | 40.5 | 0.2 | 0.5 | 53.0 |
| 3 | 6.34 | 1.33 | 850.0 | 16.6 | 0.1 | 0.6 | 32.0 |
| 6 | 7.14 | 0.66 | 23.3 | 2.3 | 0.1 | 0.3 | 11.0 |
| 10 | 7.22 | 0.32 | 0.6 | 0.2 | 0.8 | 0.5 | 6.2 |
| 15 | 7.74 | 0.20 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | * |
| 21 | 7.47 | 0.17 | 1.4 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | * |
| Cilite 2-4 | | | | | | | |
| 1 | 7.10 | 1.04 | 8.7 | 2.2 | 0.1 | 0.5 | 8.8 |
| 3 | 7.70 | 0.53 | 15.1 | 2.7 | 0.1 | 0.9 | 4.5 |
| 6 | 8.60 | 0.29 | 24.4 | 1.4 | 0.1 | 0.0 | 1.5 |
| 10 | 8.60 | 0.17 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.6 |
| 15 | 8.60 | 0.12 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | * |
| 21 | 8.65 | 0.11 | 2.5 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | * |
| Cilite 4-8 | | | | | | | |
| 1 | 6.78 | 1.35 | 11.9 | 36.4 | 0.3 | 0.5 | 24.0 |
| 3 | 6.94 | 0.78 | 26.4 | 24.7 | 0.3 | 0.8 | 11.0 |
| 6 | 7.13 | 0.51 | 19.5 | 17.1 | 0.2 | 0.4 | 5.4 |
| 10 | 7.16 | 0.32 | 0.8 | 10.2 | 0.5 | 0.8 | 1.9 |
| 15 | 7.35 | 0.21 | 0.3 | 6.9 | 0.1 | 1.1 | * |
| 21 | 7.25 | 0.16 | 1.6 | 5.3 | 0.1 | 0.1 | * |
| Steenwolgranulaat | | | | | | | |
| 1 | 9.80 | 0.10 | 15.7 | 1.3 | 0.1 | 0.2 | 0.1 |
| 3 | 9.14 | 0.07 | 25.7 | 2.8 | 0.1 | 0.0 | 1.1 |
| 6 | 9.30 | 0.06 | 26.1 | 4.0 | 0.1 | 0.8 | 0.1 |
| 10 | 9.45 | 0.07 | 2.1 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.1 |
| 15 | 9.44 | 0.07 | 2.9 | 0.5 | 0.1 | 0.2 | * |
| 21 | 9.46 | 0.07 | 2.5 | 0.2 | 0.1 | 1.4 | * |

Bijlage 6. EC (mS/cm) in waterextract (1:3 bodemvocht) bij kleikorrels in ongemalen toestand. Bij de verschillende monstertijdstoppen werd de oplossing niet ververst. nr. 1-4 staande fles; nr.5-8 liggende fles.

| Monster | Nr. | EC in mS/cm, schudden bij 120 rpm | | | | | | |
|--------------|-----|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | tijd in minuten | | | | | | |
| | | 10 | 20 | 40 | 80 | 160 | 320 | 1440 |
| Hydro Argex | 1 | 0.544 | 0.611 | 0.681 | 0.779 | 0.884 | 1.006 | 1.410 |
| Lecatón 2-4 | 2 | 1.438 | 1.578 | 1.681 | 1.795 | 1.939 | 2.017 | 2.220 |
| Lecatón 4-8 | 3 | 0.858 | 1.024 | 1.096 | 1.238 | 1.438 | 1.555 | 1.867 |
| Lecatón 8-16 | 4 | 0.492 | 0.587 | 0.652 | 0.744 | 0.834 | 0.955 | 1.366 |
| Hydro Argex | 5 | 0.532 | 0.565 | 0.667 | 0.774 | 0.898 | 1.038 | 1.566 |
| Lecatón 2-4 | 6 | 1.461 | 1.676 | 1.711 | 1.836 | 1.931 | 2.061 | 2.123 |
| Lecatón 4-8 | 7 | 1.023 | 1.058 | 1.163 | 1.293 | 1.417 | 1.596 | 1.916 |
| Lecatón 8-16 | 8 | 0.522 | 0.591 | 0.690 | 0.745 | 0.837 | 0.930 | 1.352 |
| | | schudden bij 300 rpm | | | | | | |
| Hydro Argex | 1 | 0.518 | 0.591 | 0.705 | 0.810 | 0.983 | 1.216 | 1.744 |
| Lecatón 2-4 | 2 | 1.413 | 1.522 | 1.581 | 1.676 | 1.763 | 1.793 | 1.954 |
| Lecatón 4-8 | 3 | 1.195 | 1.273 | 1.385 | 1.513 | 1.694 | 1.731 | 2.230 |
| Lecatón 8-16 | 4 | 0.592 | 0.672 | 0.748 | 0.845 | 0.993 | 1.152 | 1.515 |
| Hydro Argex | 5 | 0.566 | 0.650 | 0.755 | 0.897 | 1.096 | 1.431 | 1.886 |
| Lecatón 2-4 | 6 | 1.466 | 1.537 | 1.536 | 1.699 | 1.823 | 1.847 | 2.103 |
| Lecatón 4-8 | 7 | 1.195 | 1.245 | 1.406 | 1.548 | 1.638 | 1.884 | 2.200 |
| Lecatón 8-16 | 8 | 0.625 | 0.713 | 0.844 | 0.967 | 1.145 | 1.361 | 1.500 |

EC zoals bovenstaand, gemiddeld over de soorten kleikorrels

| positie toe- ren- tal | rpm | EC in mS/cm bij verschillende monstertijden in minuten | | | | | | |
|-----------------------------|-----|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | rpm | | | | | | |
| | | 10 | 20 | 40 | 80 | 160 | 320 | 1440 |
| staand | 120 | 0.833 | 0.950 | 1.028 | 1.139 | 1.274 | 1.383 | 1.716 |
| | 300 | 0.930 | 1.015 | 1.105 | 1.211 | 1.358 | 1.473 | 1.861 |
| liggend | 120 | 0.884 | 0.972 | 1.058 | 1.162 | 1.271 | 1.406 | 1.739 |
| | 300 | 0.963 | 1.036 | 1.135 | 1.278 | 1.425 | 1.631 | 1.922 |