

Normen voor opkweekpluggen

Plantum en Kiwa/IGPA initiatief normen voor steenwolpluggen

Chris Blok
Aat van Winkel
Christa van den Berg

Wageningen University and Research Centre (WUR)

Glastuinbouw

November 2009

3242069800

E-mail: chris.blok@wur.nl

© 2009 Wageningen UR Glastuinbouw.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave



Dit project is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw.

Project no. 3242069800

Adress : Violierenweg 1, Bleiswijk, Holland
 : P.O. Box 20, 2265 ZG, Bleiswijk, Holland

Tel. : +31 317 47 83 00

Fax : +31 317 47 83 01

E-mail : chris.blok@WUR.nl

Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoud

SAMENVATTING	5
1 INTRODUCTIE	7
2 MATERIAAL EN METHODE.....	9
2.1 Behandelingen.....	9
2.2 Metingen	9
2.3 Opkweekproeven.....	9
2.4 Laboratoriumproeven.....	10
2.4.1 Een test voor dichtheid en spreiding van de dichtheid	10
2.4.2 Een test voor vorm en afmetingen van de zaadkuil.....	10
2.4.3 Een test voor de stevigheid van pluggen	11
2.4.4 Een test voor de gelaagdheid van pluggen	11
2.4.5 Bijkomende metingen	11
3 RESULTATEN.....	13
3.1 Opkweekproeven.....	13
3.2 Laboratoriumproeven.....	14
3.2.1 Een test voor densiteit en spreiding van de dichtheid	14
3.2.2 Een test voor vorm en afmetingen van de zaadkuil.....	15
3.2.3 Een test voor de stevigheid van pluggen	17
3.2.4 Een test voor de gelaagdheid van pluggen	17
3.2.5 Bezinksnelheid	18
3.2.6 Watergedrag.....	18
4 CONCLUSIE.....	21
4.1 Discussie.....	21
4.2 Conclusies	22
LITERATUUR	23
BIJLAGE 1 VOLUMEBEPALING STEENWOLPLUGGEN	24
BIJLAGE 2 ZAADKUILDIEPTE STEENWOLPLUGGEN	27
BIJLAGE 3 ZAADKUILVOLUME STEENWOLPLUGGEN	29
BIJLAGE 4 CENTRICITEIT ZAADKUIL PLUGGEN	32
BIJLAGE 5 INDRINGWEERSTAND PLUGGEN	35
BIJLAGE 6 BEZINKSNELHEID STEENWOLPLUGGEN	37
BIJLAGE 7 MEETDETAILS.....	39

Samenvatting

Aanleiding en doel

De KIWA Richtlijnen voor minerale wolproducten bevatten normen voor matten en blokken maar geen specifieke eisen voor pluggen. Omdat bij het werken met pluggen bij plantenkwekers een aantal kritische punten bekend zijn, bestond de wens bij de plantenkwekers te komen tot een viertal normen voor pluggen. Een voorstel van Plantum is door WUR Glastuinbouw uitgewerkt. De doelstelling was:

1. Een test voor dichtheid en spreiding van dichtheid tussen pluggen.
2. Een test voor vorm en afmetingen van de zaadkuil.
3. Een test voor de stevigheid van pluggen.
4. Een test voor de gelaagdheid van pluggen.

Experimenten

Voorafgaand aan het onderzoek zijn door de steenwolproducenten Grodan en Cultiène elk 7 proefproducties steenwol gemaakt. Het betrof partijen met verschillende dichtheid en met verschillende diepte van het zaadbed. De proefproducten zijn verdeeld in twee delen. Het eerste en grootste deel ging naar een praktijkonderzoek bij de plantenkwekerijen Beekenkamp en Grootscholten. Het tweede en kleinere deel is gebruikt voor laboratoriumonderzoek bij WUR Glastuinbouw. Op deze manier is voor de door WUR ontworpen testen bekend welke groei-effecten bij gevonden meetwaarden horen. Zo kan bij de methoden een verantwoorde afkeurgrens worden voorgesteld. De voorgestelde methoden en afkeurgrenzen worden door producenten en plantenkwekers in het KIWA overleg voor minerale wolproducten verder besproken en vastgesteld.

Resultaten

De dichtheid heeft zoals verwacht een duidelijke invloed op de groei boven de 85 kilo per kubieke meter steenwol. Bij nog hogere dichtheid neemt de groei geleidelijk af. Een optimale dichtheid ligt voor pluggen tussen de 70 en 85 kilo per kubieke meter steenwol. De dichtheid van een plug volgt uit een meting van het pluggewicht en het plugvolume. Voor de volumemeting is de waterverplaatsing door een verzadigde plug voorgesteld.

De diepte van de zaadkuil heeft minder snel gevolgen voor de versgewichtsgroei. Daarom is een methode gebaseerd op een minder nauwkeurige meting met een schuifmaat door de eenvoud de meest praktische oplossing.

Het volume van de zaadkuil bleek lastig te bepalen. Uiteindelijk is gekozen voor het volgieten van de zaadkuil met glasparsels van nauwkeurig voorgeschreven diameter. Het gewicht van de glasparsels is een goede maat voor het volume van de zaadkuil, juist bij vaak voorkomende onregelmatige vormen van binnenwand.

De centriciteit van de zaadkuil kan in een digitale beeld van de top van de plug nauwkeurig bepaald worden als afstand tussen het centrum van de kuil en het centrum van de plug.

De stevigheid van de pluggen is gerelateerd aan de indrukweerstand als gemeten met een conus met diameter van 2 mm in een duw- trekbank. De stevigheid is een resultante van de dichtheid en de effectiviteit van de binder waarmee de vezels verbonden zijn. Dichtheid en indringweerstand vullen elkaar aan maar de spreiding op de indringweerstand is hinderlijk groot.

De test voor gelaagdheid van de pluggen is in overleg met de plantenkwekers vervallen. Dit omdat de oorzaak van de geconstateerde breuk niet de gelaagdheid bleek te zijn.

Conclusies

Zes methoden zijn uitgewerkt inclusief afkeurgrenzen (plugvolume, zaadkuil-diepte, zaadkuilvolume, centriciteit, indringweerstand en bezinksnelheid). De meting van breuk lost geen praktijkprobleem op en is in overleg niet uitgewerkt. De meting van zaadkuilvolume is mogelijk te ondervangen door de andere metingen.

1 Introductie

Achtergrond

De KIWA Richtlijnen voor minerale wolproducten bevatten normen voor matten en blokken maar nog geen eisen voor pluggen (KIWA, 2006). Omdat ook bij het werken met pluggen bij plantenkwekers een aantal kritische punten bekend zijn, bestond de wens bij de plantenkwekers te komen tot een viertal normen voor pluggen.

Deze wens is besproken en vorm gegeven in het overleg tussen Plantum, Grodan en Cultilène bij de keurmerkorganisatie KIWA. KIWA beheert een kwaliteitskeurmerk voor substraat voor de glastuinbouw voor de International Growing Media Producers Association, IGPA (IGPA, 2008).

In het algemeen geldt dat als normen worden goedgekeurd door het KIWA College van Deskundigen, deze worden opgenomen in de KIWA BeoordelingsRichtLijnen, afgekort BRL (KIWA, 2006). Dan worden de metingen met een voorgeschreven frequentie door de minerale wol producenten uitgevoerd. De gegevens en ervaringen met de normen en de materialen in de praktijk worden in het KIWA overleg met Plantum, LTO en de producenten besproken. Strengere of meer toegesneden eisen kunnen zo in het verschiet komen.

Om problemen te signaleren en te voorzien van hanteerbare en door onafhankelijk laboratoria toepasbare meetmethoden werken onder het College van Deskundigen, of kortweg CvD, enkele werkgroepen. Deze werkgroepen, en in dit geval de werkgroep minerale wol, maken voorstellen en onderzoeksvoorstellen. Na goedkeuring door de CvD kunnen onderzoeken worden uitgevoerd door gekozen teelt- of onderzoeksbedrijven. Een voorbeeld is het onderzoek naar het pH buffer gedrag van opweekblokken (Blok en Kaarsemaker, 2008; van Velden-Bouman ea, 2009).

Probleem

Bij het verwerken van teeltpluggen zijn een viertal problemen geconstateerd.

1. De dichtheid van het materiaal moet onder een nog niet bepaalde dichtheid blijven en constant zijn. Te dichte pluggen wortelen namelijk minder snel in en te lichte pluggen worden te zacht om te handelen. Dichtheidsverschillen tussen pluggen leiden tot wortelverschillen en vochtverschillen die op hun beurt weer gevolgen hebben voor de groei (Bullens, 2001).
2. De afmetingen van de zaadkuil moeten binnen te bepalen grenzen blijven omdat zaad kan weggrollen uit een te vlakke kuil tijdens de handeling, en de kieming vertraagd bij een te diepe zaadkuil door de dikkere afdeklaag. Een acentrische kuil leidt bij centrisch geplaatst zaad tot ondiepere en ongelijke afdekking en dus ook weer tot ongelijke weggroei.
3. De pluggen moeten een minimale stevigheid hebben om niet in te zakken in de tray waardoor vocht en weggroeiverschillen ontstaan en problemen bij de mechanische handelingen.
4. De pluggen mogen geen onderbroken samenhang vertonen als bij sterke gelaagdheid, waardoor breuk kan optreden bij mechanische handeling.
5. Daarbuiten meldde Plantum nog; Te korte pluggen, deze worden te snel droog en worden te diep afgedekt waardoor de kieming vertraagd. Te vaste pluggen, hierdoor wordt de worteling vertraagd, net zoals in te dichte pluggen. Te vaste pluggen ontstaan als de dichtheid te groot is en in theorie als de binding te stevig wordt (teveel binder). En als laatste pluggen die niet nat worden / het water niet kunnen opnemen. Plugproblemen komen volgens Plantum meer voor bij paprika.

Doel

1. Een test voor dichtheid en spreiding van dichtheid tussen pluggen.
2. Een test voor vorm en afmetingen van de zaadkuil.
3. Een test voor de stevigheid van pluggen.
4. Een test voor de gelaagdheid van pluggen.

Organisatie

Dit voorstel is op initiatief van Plantum tot stand gekomen. Het is een gezamenlijk voorstel van de

KIWA werkgroep minerale wol waarin Plantum, Grodan, Cultilène, KIWA en WUR Glastuinbouw samenwerken. LTO is lid van het KIWA overleg voor minerale wol als belangenbehartiger voor de telers met nadruk op teeltproducten (Plantum met nadruk op de opkweekproducten).

De projectaanvraag is opgesteld door Chris Blok van WUR Glastuinbouw, in opdracht van Plantum. De werkgroep minerale wol van KIWA fungeerde als Begeleidings Commissie Onderzoek (BCO). In de BCO zaten: Paul Bouwens (Grodan), Pieter Berkers (Cultilène), Leo van Zeijl (Grootscholten / Plantum), Wilke Goeman (Beekenkamp / Plantum), Chris Blok (WUR Glastuinbouw) en, op initiatief van Joke Klap van het PT, Nico Stijger (LTO). Claudia den Braver was aanspreekpunt voor de aanvrager Plantum en de technische commissie van Plantum werd als klankbordgroep apart gehoord. Het praktijkonderzoek is uitgevoerd op de opkweekbedrijven Grootscholten (Leo van Zeijl) en Beekenkamp (Wilke Goeman). Veldwaarnemingen werden deels door medewerkers van de bedrijven uitgevoerd en deels door Aat van Winkel van WUR Glastuinbouw. Het labonderzoek is verricht door Christa van den Berg en Aat van Winkel van WUR Glastuinbouw.

Aanpak

De aanpak kende vier verschillende groepen van activiteiten:

- A) Produceren van de beoogde testmaterialen door Grodan en Cultilène. Elke producent zorgde voor 7 proefproducties die zo goed mogelijk voldeden aan de afgesproken dichtheid en zaadkuildiepte.
- B) Nameten van de materialen in het lab. In het lab zijn de eigenschappen van de pluggen nagemeten met een aantal nieuw ontwikkelde en enkele bestaande methoden. Bij meerdere methoden is steeds gekozen voor de nauwkeurigste en eenvoudigste methode.
- C) Uitvoeren van een veldproef bij twee plantenkwekers.
- D) Opstellen van de labvoorschriften aan de hand van de metingen. Na de keuze voor een methode zijn de benodigde handelingen beschreven in een meetvoorschrift volgens het door KIWA gehanteerde systeem.

2 Materiaal en Methode

2.1 Behandelingen

Een aantal varianten is uitgevoerd in Grodan en Cultilène materiaal. De varianten zijn;
Behandeling 1; pluggen met freeskop op anderhalf maal de normale diepte gefreesd.
Behandeling 2; pluggen met freeskop op een kwart van de normale diepte gefreesd.
Behandeling 3; pluggen uit een plaat met dichtheid 100 kg.m⁻³ (risico van geremde inworteling)
Behandeling 4; pluggen uit een plaat met dichtheid 90 kg.m⁻³
Behandeling 5; pluggen uit een plaat met dichtheid 80 kg.m⁻³
Behandeling 6; pluggen uit een plaat met dichtheid 70 kg.m⁻³
Behandeling 7; pluggen uit een plaat met dichtheid 60 kg.m⁻³ (risico van slecht handelbaar)
Behandeling 8; pluggen uit een standaard plaat.

In de Tabel 1 is te zien dat er 16 behandelingen zijn beoordeeld. Per behandeling zijn 480 pluggen (2 trays) voorbehandelde pluggen verwerkt.

Tabel 1. Behandelingen per producent, gatdiepte en dichtheid

Beh.	Producent	Dichtheid*	Gatdiepte**	Beh.	Producent	Dichtheid*	Gatdiepte**
1	Grodan	Normaal	9.0	9	Cultilène	Normaal	9.0
2	Grodan	Normaal	4.0	10	Cultilène	Normaal	4.0
3	Grodan	100	6.5	11	Cultilène	100	6.5
4	Grodan	90	6.5	12	Cultilène	90	6.5
5	Grodan	80	6.5	13	Cultilène	80	6.5
6	Grodan	70	6.5	14	Cultilène	70	6.5
7	Grodan	60	6.5	15	Cultilène	60	6.5
8	Grodan	80	6.5	16	Cultilène	80	6.5

* De dichtheid in kg.m⁻³ is de bedoelde dichtheid, niet de gerealiseerde dichtheid

**De gatdiepte in mm is de bedoelde gatdiepte, niet de gerealiseerde gatdiepte

2.2 Metingen

Er zijn op 10-06-2009 20 pluggen per behandeling voor de testen naar het laboratorium gebracht. Het versgewicht van de planten is gemeten 10-07-2009 (14 dagen na planten bij wijder zetten) met 30 planten per behandeling en bij het aflevermoment op 21-07-2009. Verder zijn drooggewichten per behandeling bepaald en zijn wortelbeoordelingen uitgevoerd.

Scoren van afwijkingen na elke handeling; zaaien, kiemen, selecteren, planten. Scoren op; kieming, zwevers of lopers, afwijkende planten. Meten van het vochtgehalte ivm vochteffecten op de groei bij verschillende dichtheden, in de vorm van 20 planten na elke handeling.

2.3 Opkweekproeven

Op twee plantenkwekerijen is een zaaioproef uitgevoerd met paprika van het ras Derby. De kwekerijen betroffen kwekerij Beekenkamp te Maasdijk en kwekerij Grootscholten te Vierpolders.

Bij kwekerij Beekenkamp wordt gezaaid op een zaailijn waarbij wordt afgestrooid met vermiculiet. Dan volgt kieming in een kiemkamer. Tenslotte wordt er geselecteerd en uitgeplant in blokken. Er wordt door de selectiemachine alleen rechtop verplant, waarbij de pluggen van boven af gepakt worden.



Figuur 1 a,b Bespreking bij Beekenkamp op 10-07-2009 en 14-07-2009

Bij kwekerij Grootscholten wordt gezaaid op een zaailijn waarbij wordt afgestrooid met vermiculiet. Dan volgt kieming in de kas. Tenslotte wordt geselecteerd en uitgeplant in blokken. Er wordt door de selectiemachine alleen rechtop verplant, waarbij de pluggen opzij gepakt worden.



Figuur 2. Bespreking bij Grootscholten op 10-07-2009.

2.4 Laboratoriumproeven

2.4.1 Een test voor dichtheid en spreiding van de dichtheid

Om de dichtheid van de plug te meten is het nodig het volume van de plug nauwkeurig te bepalen, met aftrek van het volume van de zaadkuil. Er is geprobeerd dit volume te benaderen door; Het met een schuifmaat meten van de buitenafmetingen van de plug en de zaadkuil. Het met waterverzadiging meten van het watergevulde volume van de plug.

2.4.2 Een test voor vorm en afmetingen van de zaadkuil

Om het volume van de zaadkuil van de plug te meten is geprobeerd dit volume te benaderen door; Het met een schuifmaat meten van de buitenafmetingen van zaadkuil. Het met was vullen van de zaadkuil om het wasgevulde volume met wegen te vinden. Het met water vullen van het met huishoudfolie afgeschermd volume van de zaadkuil om het

watergevulde volume met wegen te vinden.

Het met glaspereels vullen van het volume van de zaadkuil om door wegen het volume te vinden.

2.4.3 Een test voor de stevigheid van pluggen

De pluggen zijn op de duw- trekbank gemeten met het van boven naar onder door de plug duwen van een meetconus met maximum diameter 2.0 mm en een tophoek van 30 graden (Blok ea in Raviv en Lieth, 2008). Hierbij wordt de indringweerstand in kPa genoteerd.

2.4.4 Een test voor de gelaagdheid van pluggen

Het in de duwtrekbank uiteen trekken van pluggen. Hierbij wordt de weerstand bij scheuren gemeten in (negatieve) kPa. Een aanhechtingsstrook wordt met was aan de pluggen bevestigd. Deze test is in overleg niet uitgevoerd (zie resultaten).

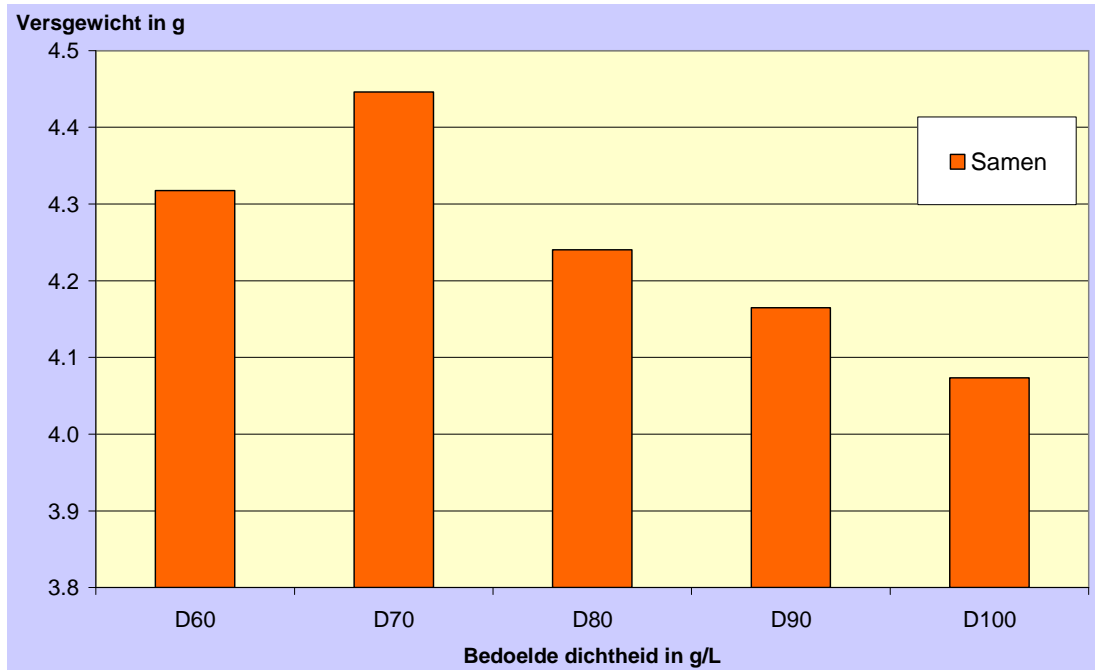
2.4.5 Bijkomende metingen

Op verzoek van de steenwolproducenten is het watergehalte van de pluggen gemeten bij verzadiging, -2.5, -5.0, -7.5 en -10.0 cm zuigspanning. De vraag van Plantum met betrekking tot te korte pluggen / te dikke afdekking wordt behandeld bij de plugdiepte. Een tweede vraag naar het effect van te vaste pluggen wordt besproken bij de stevigheidsmeting en de dichtheidsmeting samen. De derde en laatste opmerking van Plantum betrof pluggen die niet nat worden / het water niet kunnen opnemen. Omdat geen pluggen aanwezig waren die in dit opzicht een probleem waren, wordt hier volstaan met het bijvoegen van het bestaande voorschrift voor blokken in een bewerking voor pluggen.

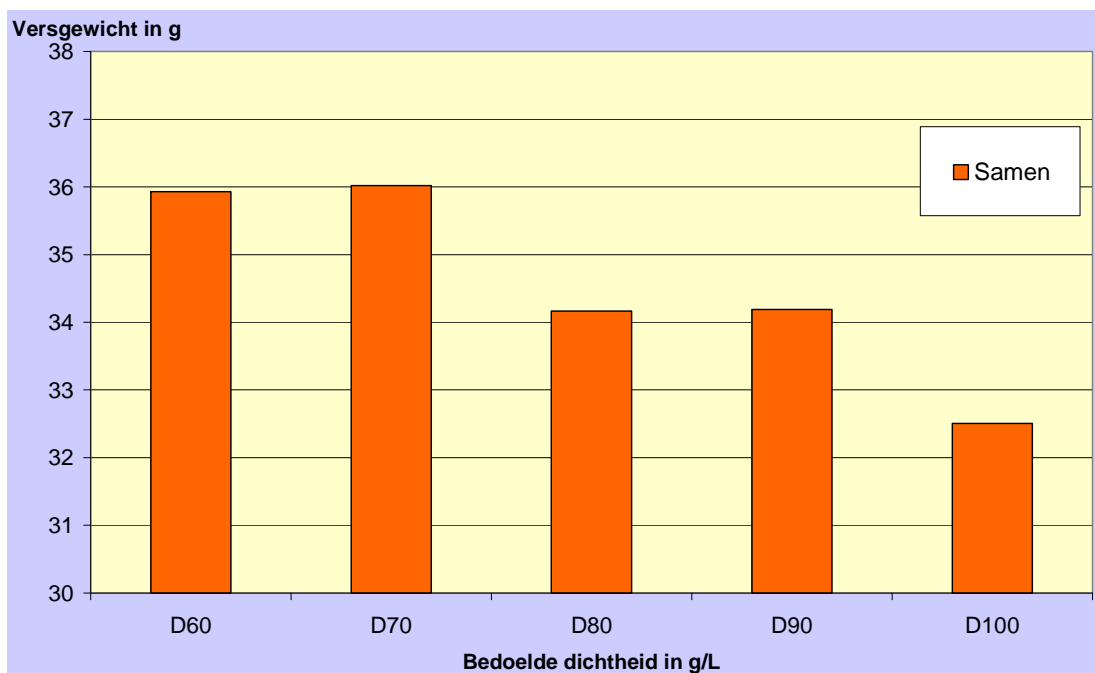
3 Resultaten

3.1 Opkweekproeven

Figuur 3 toont het versgewicht op 10 juli. Planten op Cultilène pluggen in Cultilène blokken blijken 10% meer versgewicht te geven dan planten in Grodan pluggen op Grodan blokken. Cultilène pluggen tonen een zwak optimum bij 70-80 kg.m⁻³ waarbij de versgewichtproductie 5-10% hoger ligt dan bij 100 kg.m⁻³. Grodan pluggen tonen een optimum bij 60-70 kg.m⁻³.



Figuur 3. Versgewichten op 10-07-2009 op vijf dichtheden bij twee plantenkwekers (n=30).



Figuur 4. Versgewichten op 21-07-2009 op vijf dichtheden bij twee plantenkwekers (n=30).

Figuur 4 toont het versgewicht op 21 juli. Planten in Cultilène pluggen op Cultilène blokken lopen niet meer meetbaar voor op de versgewichten op Grodan producten. Cultilène pluggen tonen nu een zwak optimum bij 60-70 kg.m⁻³ waarbij de productie 10% hoger ligt dan bij 100 kg.m⁻³. Grodan pluggen tonen ook een optimum bij 60-70 kg.m⁻³ waarbij de productie ongeveer 5% hoger is dan voor planten op 100 kg.m⁻³ pluggen.

Tabel 2. Effect van de zaadkuil diepte op het versgewicht in % tov standaardproduct

Gemiddelde van plantgewicht		Diep	Ondiep	Standaard
Opgegeven dichtheid		80	80	80
Cultilène	10-jul	97%	95%	100%
Grodan	10-jul	101%	98%	100%
Cultilène	21-jul	95%	98%	100%
Grodan	21-jul	100%	97%	100%

Tabel 2 laat zien dat de invloed van de zaadkuil diepte gering is (2-3%). Bij Cultilène lijkt een diepe zaadkuil (veel afdekking) op de lange termijn de productie 5% te verlagen. De gegevens zijn niet eenduidig. Er wordt opgemerkt dat de Grodan diepe en ondiepe pluggen wat hoger en breder zijn dan de andere Grodan pluggen en dat de dichtheid met 95-100 kg.m⁻³ nogal wat hoger is uitgepakt dan bedoeld (te weten 80 kg.m⁻³). Opgemerkt wordt dat tomaat als lichtkiemer veel gevoeliger is voor afstrooidikte!

Tabel 3. Rapportage van plantenkweker Grootcholten.

Plug	Gemiddelde van 1e	Gemiddelde van 2e	Gemiddelde van 3e	Verloren bij selectie/oppotten	Gemiddelde van gezaaid
60	67%	13%	7%	6%	100%
70	75%	10%	5%	3%	100%
80	73%	11%	6%	3%	100%
90	72%	12%	5%	4%	100%
100	68%	13%	8%	4%	100%
diep	68%	10%	3%	12%	100%
ondiep	66%	13%	5%	9%	100%

Bij beide leveranciers viel het de plantenkwekers op dat bij een dichtheid van 70 kg.m⁻³ de pluggen en planten het gemakkelijkst en met de beste resultaten konden worden gesorteerd (Tabel 3). Bij de diepe pluggen van Grodan waren de pluggen of de randen van de zaadkuil te zacht en werden ze kapot geknepen. Bij een dichtheid van 60 kg.m⁻³ en bij de diepe pluggen van Cultilène waren de pluggen ook te zacht om geselecteerd te worden. Bij Cultilène zaten enkele gespleten pluggen.

De wortelmetingen lijken soms te correleren met de dichtheid maar de spreiding in de beoordelingen is te groot om tot conclusies te komen.

3.2 Laboratoriumproeven

3.2.1 Een test voor densiteit en spreiding van de dichtheid

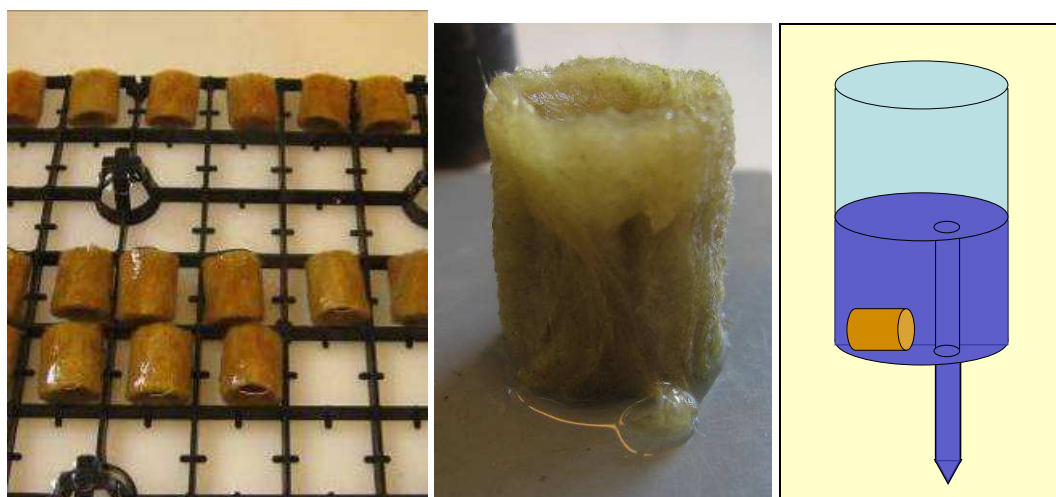
Voor de meting van de dichtheid is het nodig zowel het gewicht als het volume van de pluggen te kennen. Het gewicht van een of meer pluggen is eenvoudig met een balans te wegen tot op 0.01 gram nauwkeurig. Bij een pluggewicht van 0.65 gram is de meetnauwkeurigheid ongeveer 1.5%. In Bijlage 6 is te zien dat de spreiding in pluggewichten rond de 10% ligt.

Het volume kan berekend worden uit de afmetingen. Door meten met een liniaal, of beter nog schuifmaat, zijn hoogte en doorsnede van een plug vast te stellen. Probleem hierbij is dat de buitenkant van de pluggen niet strak afgebakend is. Er is een zone van 0.5 mm die uit uitstekende vezels bestaat en die, afhankelijk van de persoon die meet, wel of niet ingedrukt wordt. Omdat de pluggen maar 22 mm in doorsnede en 25 mm in de hoogte meten, is de meetfout per meting bijna 1.0 mm, dat is 4.0 %. Omdat uit de twee metingen het volume nog berekend moet worden, is de

uiteindelijke meetfout zo'n 10%. Bovendien heeft elke plug een zaadkuil. Het volume van deze zaadkuil is moeilijk meetbaar omdat de grootste doorsnee van de kuil niet altijd samenvalt met de bovenkant van de plug. Het volume van de zaadkuil is met 0.6 ml bijna 10% van de 8.5 ml inhoud van een plug zonder zaadkuil.

Er is daarom gekozen voor een minder bewerkelijke en naar bleek nauwkeuriger methode. Hierbij wordt het door een natte plug verplaatste water gemeten en gebruikt als maat voor het plugvolume. Figuur 6 toont een vat met overloop waarin juist zoveel schoon water is dat er geen water wegstroomt. Als een met schoon water verzadigde plug zonder lekken in dit vat wordt gebracht stroomt er water uit de overloop in een vat op een balans. Het gewicht van het uitgestroomde water is een maat voor het volume van de plug.

Het voordeel is dat de methode onafhankelijk is van de waarnemer en niet beïnvloed wordt door afwijkende vormen van de zaadkuil. Wel wordt bij deze meting aangenomen dat de plug geheel met water verzadigd is. De pluggen moeten voor deze test dus zorgvuldig natgemaakt worden (Figuur 5a/b). Zelfs dan is niet uit te sluiten dat 1-2% ingesloten lucht in de plug aanwezig blijft. De nauwkeurigheid is dan nog steeds 5-10 keer beter dan een berekening gebaseerd op de meting van lengte en doorsnede plus zaadkuil afmetingen.



Figuur 5a/b Zorgvuldig met schoon water verzadigde pluggen, vlak voor een lekvrij zijdelings transport naar het vat met overloop in figuur 6.

Figuur 6. Een vat met overloop gevuld met schoon water.

Tabel 4. Dichtheid met de onderdompel methode (n=10)

producent	Data	60	70	80	90	100	80 D	80 OD
Cultilène	Dichtheid	62.5	70.8	82.5	95.0	105.8	78.6	77.8
Grodan	Dichtheid	63.0	70.1	81.9	85.6	90.5	103.3	92.2

Tabel 4 toont de gerealiseerde dichtheden van de proefproducties. De resultaten voor 60, 70 en 80 kg.m⁻³ zijn bijzonder goed. Bij 90 en 100 kg.m⁻³ zijn de Cultilène pluggen 5-6% te zwaar en de Grodan producten 5-10% te licht. Dit verklaart waarom de dichtste pluggen bij Cultilène 10% minder versgewicht produceren en maar 5% minder bij Grodan. Verder blijken de pluggen met diepe en ondiepe gaten bij Grodan nogal wat zwaarder dan bedoeld (te weten 80 kg.m⁻³).

In Bijlage 7 staat een uitgebreidere versie van Tabel 4 waarin pluggewicht, hoogte, breedte, zaadkuilvolume, plugvolume en dichtheid staan en de dichtheid bovendien volgens twee methoden wordt berekend.

3.2.2 Een test voor vorm en afmetingen van de zaadkuil

Zoals al gemeld kan het volume van de zaadkuil niet voldoende betrouwbaar worden geschat uit de buitenafmetingen van de plug minus het volume verplaatst door een verzadigde plug (Figuur 7a). In

meer dan 20% van de gevallen wordt op die manier zelfs een negatief zaadkuil volume gevonden (Bijlage 7).

Er zijn verschillende methoden geprobeerd en afgewezen. Een methode waarbij de zaadkuil met een dun folie werd afgedekt en daarna met water gevuld bleek bewerkelijk en vanwege vouwen in de folie en de soms bolle meniscus onbetrouwbaar. Een methode waarbij de zaadkuil werd volgegoten met hete was bleek nog gevoeliger voor afwijkingen door een bolle meniscus (Figuur 7b). Tenslotte is gekozen voor het volgieten van de kuil met glaspereels (Figuur 8 en Tabel 5). Deze parels kunnen vlak worden afgestreeken. Door terugweging kan het door de glaspereels gevulde volume tot op 0.01 gram nauwkeurig (2% van het te meten volume) worden bepaald. Parels van 0.5 mm diameter voldeden. Parels van 0.2 mm waren te klein lopen in de porieën van de steenwol. Grotere glaspereels zijn moeilijker af te strijken.



Figuur 7a/b Pogingen het zaadkuilvolume te meten met een schuifmaat en was.
Figuur 8. Een zaadkuilmeting met glaspereels.

Tabel 5. Met glaspereels gemeten zaadkuilvolumes

Dichtheid	Cultilène		Grodan	
	Zaadkuilvolume	Standaard afwijking	Zaadkuilvolume	Standaard afwijking
D60	0.60	0.12	0.52	0.08
D70	0.58	0.13	0.62	0.08
D80	0.45	0.06	0.56	0.09
D90	0.63	0.13	0.57	0.05
D100	0.65	0.11	0.65	0.08

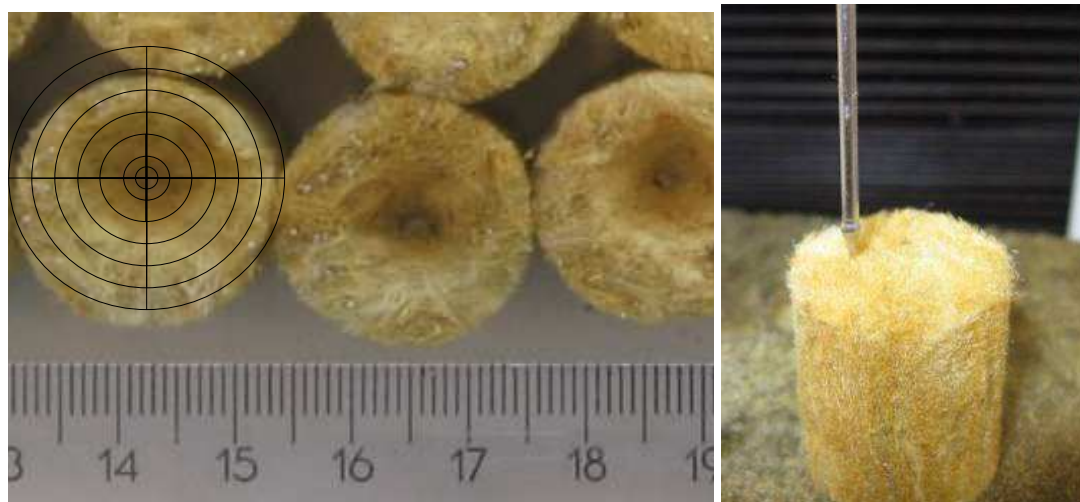
De diepte van een zaadkuil kan, met een goede methode van werken, gemeten worden met een schuifmaat. Weliswaar geldt ook hier dat de nauwkeurigheid beperkt wordt door de buitenste 0.5 mm laag van uitstekende vezels. Afhankelijk van de waarnemer zal de buitenste laag meer of minder ingedrukt worden. De zo gemeten gatdiepte is dus bijvoorbeeld 6.5 mm +/- 0.5 mm, wat niet bijzonder nauwkeurig is (+/- 10%). Tabel 6 toont de zaadkuildiepten en hun standaard afwijking en de zaadkuilvolumes en hun standaard afwijking voor de pluggen met een diepe zaadkuil respectievelijk gewone en ondiepe zaadkuil.

Tabel 6. Zaadkuildiepten en zaadkuilvolumes en de standaardafwijking (n=10)

dichtheid	Data	Cultilène zaadkuil			Grodan zaadkuil		
		diep	standaard	ondiep	diep	standaard	ondiep
80	Zaadkuildiepte (mm)	11.7	6.6	3.2	8.7	6.5	5.7
	Standaardafwijking (mm)	0.5	0.4	0.4	0.8	0.7	0.6
80	Zaadkuilvolume (mm)	1.25	0.45	0.14	1.36	0.56	0.66
	Standaardafwijking (mm)	0.29	0.06	0.04	0.21	0.09	0.10

De laatste test betreft de positie van de zaadkuil. Een zaadkuil die ver uit het midden ligt zal er bij onregelmatige zaden toe leiden dat het zaad te hoog in de zaadkuil terecht komt en te ondiep

word afgedekt. De centriciteit wordt gemeten op een digitaal beeld van een setje pluggen. Als de afbeelding onder standaard omstandigheden wordt gemaakt, bij voorkeur met een schaal aanduiding in beeld, dan kan de centriciteit met hoge nauwkeurigheid worden bepaald. De vergroting van het beeld kan namelijk in Word of Powerpoint sterk worden opgevoerd. Hier is gekozen voor een methode met een vergroting van 4x. Er is een set ringen gemaakt met 120%, 100%, 80%, 60%, 40%, 20% en 10% van de plugdiameter. De maat kan worden aangepast aan de exacte diameter, bijvoorbeeld 21.7 voor Cultilène of 20.5 mm voor Grodan. Vervolgend wordt gemeten hoever het midden van de zaadkuil uit het midden ligt in % van de straal (Figuur 9).



Figuur 9. De meetroos, het schaaldeel en een aantal acentrische pluggen.

Figuur 10. De meting van de indringweerstand met een 2 mm conus.

3.2.3 Een test voor de stevigheid van pluggen

De stevigheid van de pluggen wordt gemeten door een conus met doornede van 2.0 mm door de steenwol te duwen (Figuur 10). De weerstand die de conus ondervindt is een maat voor de weerstand die een wortel ondervindt. De weerstand wordt veroorzaakt door de hoeveelheid vezels en het aantal bindingspunten (dichtheid en binderconcentratie in hoeveelheid per volume plug). Tabel 7 toont een toename van 80 naar 300 kPa voor Cultilene pluggen terwijl dat voor Grodan beperkt blijft tot een toename van 80 naar 180 kPa. De Cultilène pluggen bij 60 kg.m⁻³ zijn minder stevig zijn dan de Grodan pluggen van die dichtheid als opgemerkt door de plantenkwekers. Duidelijk is dat de indringweerstand van de Cultilène pluggen van 100 kg.m⁻³ (gemeten dichtheid 106 kg.m⁻³) veel hoger uitvalt dan voor het Grodan product van 100 kg.m⁻³ (want dit heeft een gemeten dichtheid van 91 kg.m⁻³). De spreiding is met gemiddeld 50 kPa hoog.

Tabel 7. Gemeten indringweerstand in kPa bij 5 dichtheden in droge en natte pluggen van twee producenten (n=5).

Gegevens	Producent	Droog/nat	60	70	80	90	100
Gemiddelde van (kPa)	Cultilène	droog	59	111	187	198	305
		nat	66	151	129	166	310
	Grodan	droog	105	98	130	173	138
		nat	86	99	117	133	211
Stdev van (kPa)	Cultilène	droog	43	55	49	66	78
		nat	38	68	30	93	111
	Grodan	droog	15	27	50	91	67
		nat	19	33	52	57	67

3.2.4 Een test voor de gelaagdheid van pluggen

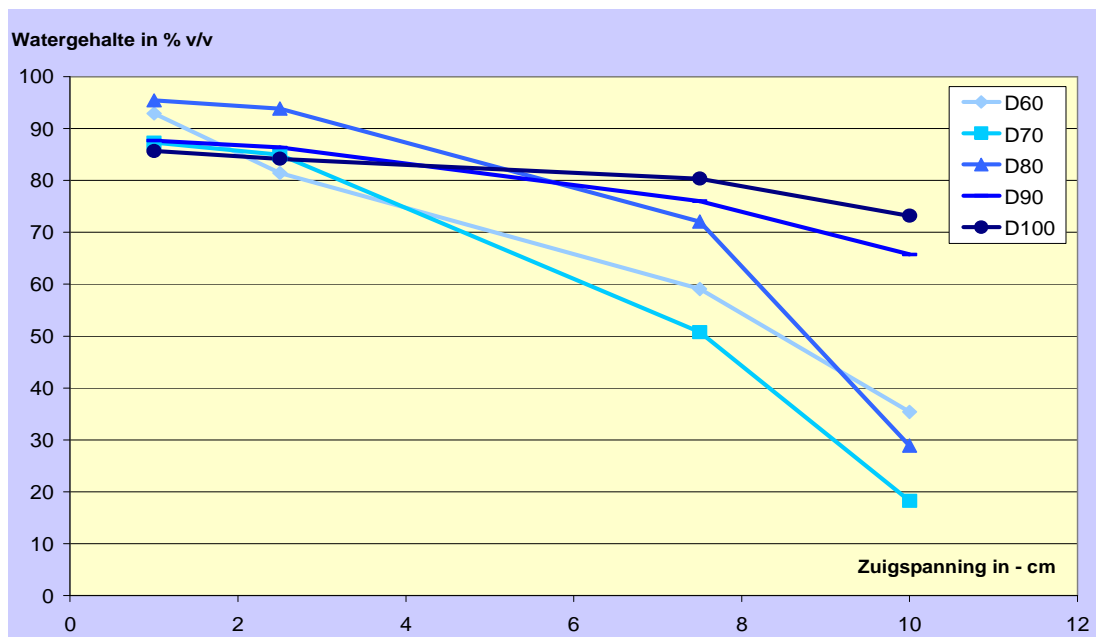
Het breken van de pluggen in de overplantmachine kan gemeten worden door in de duw trekmaschine te meten bij welke kracht pluggen uit elkaar getrokken worden op een andere plek dan de bevestigingspunten. De methode is hier niet uitgewerkt omdat de pluggen bij een

demonstratie van de overplantmachine bleken te breken doordat de machine ze enkele mm naast het midden van de gaten in de tray probeerde te planten. Hierdoor blijft een deel van de plug op de rand van het gat rusten terwijl de rest naar beneden wordt geduwd. De plug zal hierdoor in meer of minder mate scheuren. Omdat de oplossing van dit probleem niet dichterbij komt door een norm voor breuk van gelaagde pluggen is de voorgestelde basismethode in overleg niet uitgewerkt maar wordt een alternatief voorstel gedaan.

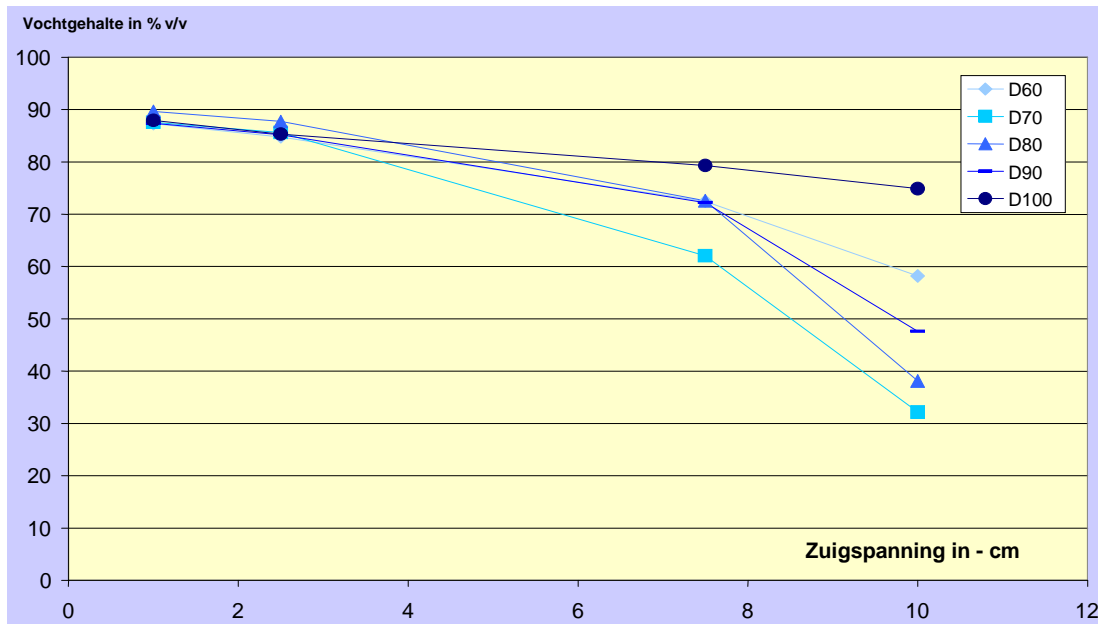
3.2.5 Bezinksnelheid

De bezinksnelheid van pluggen kan op dezelfde manier als voor blokken gemeten worden. Dit betreft afzinken in schoon water. Blokken moeten daarbij binnen 25 seconden zinken. Omdat de pluggen kleiner en lichter zijn dan blokken, kan één enkele luchtbel ervoor zorgen dat pluggen blijven drijven. De eis is daarom aangepast waarbij pluggen mogen blijven drijven zolang alle delen onder het wateroppervlakte blijven en er geen zichtbare droge plekken van $> 2 \text{ mm}^2$ zijn.

3.2.6 Watergedrag



Figuur 11. Verband watergehalte en zuigkracht voor Cultilène pluggen.



Figuur 12. Verband watergehalte en zuigkracht voor Grodan pluggen.

De figuren 11 en 12 tonen de waterretentie kromme voor individuele pluggen. In beide gevallen neemt het watergehalte af met afnemende dichtheid. In beide gevallen is de behandeling met een dichtheid van 60 kg.m^{-3} natter dan de dichtheid alleen deed vermoeden. Ten laatste is het Grodan materiaal wat natter (heeft een grotere zuigkracht) dan het Cultilène materiaal.

4 Conclusie

4.1 Discussie

Plantenkwekerproeven

De praktijkproeven laten zien dat de versgewichtsgroei afneemt als de dichtheid van de pluggen toeneemt. Bij 100 kg.m^{-3} is de groei 5-10% lager dan bij 70 kg.m^{-3} . De afname in groei wordt verklaard door een toename in inwortelweerstand (Bullens, 2001). Er is een vlak optimum van 70-80 kg.m^{-3} . De groei bij 60 kg.m^{-3} blijft achter. Dit kan misschien verklaard worden uit een verlies aan structuur dat blijkt uit de toename in vochtgehalte bij de vocht karakteristiek terwijl een afname verwacht wordt (figuur 10 en 11). Dit verschijnsel hangt samen met het afnemen van plugvolume bij toenemende zuigspanning. Anders gezegd, de vezels buigen mee. In elk geval is er alle reden voor een afkeurgrens tussen de 80 en 100 kg.m^{-3} . Er wordt aanbevolen ook een afkeurgrens aan de onderkant op te stellen. Nadelen van te licht product zijn problemen met de handeling en variatie in vochtgedrag. De ondergrens zou tussen de 50 en 65 kg.m^{-3} kunnen liggen. De spreiding op de dichtheid is gemeten per 10 pluggen en bedraagt dan 5-10% (data uit Bijlage 7). Om voor de spreiding een norm op te stellen, zal over een periode van een jaar de spreiding volgens een vast monsterschema moeten worden gemeten. Als voorlopige afkeurgrens wordt 15% spreiding voorgesteld gemeten aan 10 of meer pluggen.

De inwortelweerstand is de resultante van dichtheid **en** het aantal effectieve bindingen per volume eenheid. De inwortelweerstand neemt dus toe met dichtheid en met de concentratie binder uitgedrukt per volume eenheid product. Een producent kan dus door de hoeveelheid binder te verlagen toch bij hogere dichtheden goed product aanbieden. En door de hoeveelheid binder te verhogen misschien bij lagere dichtheden goed product aanbieden. Als genormeerd is op dichtheid zal voor een product met een bewust gekozen hoger of lagere binderconcentratie een aparte op plantengroei gebaseerde specificatie gemaakt moeten worden.

Bij de plantenkwekers bleek de groei in Cultilène materiaal voor alle dichtheden na 14 dagen 10% voor te lopen op Grodan materiaal. Omdat bij de laboratoriummetingen bleek dat de Grodan pluggen ruim 1.5 mm korter zijn, zou de dikkere afdeklaag op de Grodan pluggen de start vertraagd kunnen hebben. De 5 mm diepere gaten in de behandeling Cultilène diepe pluggen liepen echter maar 5% achter. Het overgebleven verschil kan met de indringweerstand verklaard worden.

De plantenkwekersproeven lieten weinig effect zien van de gatdiepte. Omdat de Grodanpluggen voor diepe en ondiepe pluggen afwijkende maten en dichtheid toonden wordt alleen op de Cultilène pluggen een 5% lagere groei geconstateerd met zaadkuilen die 5 mm dieper dan gebruikelijk zijn. Op grond van deze gegevens is een specificatie van een maximale zaadkuildiepte niet noodzakelijk. Omdat bij verschillen in zaadkuildiepte wel visueel verschillen in opkomst zichtbaar worden, wordt een norm voorgesteld van 3 mm onder de doeldiepte, bijvoorbeeld 6.5 mm en afkeur bij 9.5 mm. Ondiepere zaadkuilen leiden tot problemen met verplaatsend zaad bij handeling en het opdrukken van planten door de wortel door het afdekmedium heen. Daarom wordt hier een afkeurgrens voorgesteld van 2.0m vanaf de doeldiepte, bijvoorbeeld 6.5 mm afkeur bij minder dan 4.5 mm.

Labproeven

Een goede volumemeting is essentieel voor de bepaling van de dichtheid van pluggen. De voorgestelde afkeurgrenzen voor dichtheid staan of vallen met de kwaliteit van de volumemeting. De labproeven laten zien de voorgestelde volumemeting door waterverplaatsing betrekkelijk eenvoudig en nauwkeurig is. De overige metingen tonen dat de pluggen van de producenten van elkaar verschillen in hoogte en diameter en volume (Bijlage 6). De zaadkuilen zijn niet van elkaar te onderscheiden in diepte of volume.

De methode om het zaadkuilvolume te meten met glasparels van 0.5 mm diameter is eveneens

betrekkelijk eenvoudig en nauwkeurig. Op zich is het voor de plant niet nodig een norm voor het zaadkuilvolume af te spreken als er normen zijn voor zaadkuildiepte en centriciteit. Wat wel opviel (figuur 8) was dat veel zaadkuilen een erg variabele vorm hebben. Naast concave kuilen kwamen ook kuilen voor met grootste diameters die veel kleiner waren dan de plugdiameter (de frees zakt niet ver genoeg). Een norm zou kunnen zijn 0.50 milliliter +/- 0.15 milliliter.

De plugdiepte is al besproken. Er is een norm voorgesteld van 3.0 mm onder en 2.0 mm boven de doeldiepte. In een voorbeeld; bij een doeldiepte van 6.5 mm afkeur bij dieper dan 9.5 mm en minder dan 4.5 mm.

Ook de methode voor meting van de centriciteit is betrekkelijk eenvoudig en nauwkeurig. Acentische groei hoeft geen groot nadeel te zijn maar kan leiden tot zaadkuilverschillen en overplantproblemen. Een marge van 25% van de straal lijkt een goede afkeurgrens.

De stevigheid van de pluggen is een wezenlijke meting voor de groei van de planten. De voorgestelde afkeurgrens is groter dan 250 kPa. Voor de laboratoriummeting wordt een groot apparaat gebruikt maar voor veldsituaties zijn eenvoudiger handapparaten toerijkend. Om de spreiding te verkleinen kan worden overwogen een iets dikkere conus te gebruiken.

De bezinksnelheid is een zinvolle aanvulling op de testen. Er wordt voorgesteld de methode voor de blokken over te nemen met één aanpassing. Blokken moeten binnen 20 seconde zinken. Omdat de pluggen kleiner en lichter zijn kan één enkele luchtbel ervoor zorgen dat pluggen blijven drijven. Voorstel is daarom de eis aan te passen zodat pluggen mogen drijven mits alle delen onder het wateroppervlakte blijven.

4.2 Conclusies

- Voor dichtheid wordt een methode gebaseerd op waterverplaatsing door een verzadigde plug voorgeteld (Bijlage 1). De range 65-85 kg lijkt optimaal voor groei en gemak van handeling. Afkeur zou kunnen plaats vinden boven de 90 en onder de 65 kg.m³. De spreiding in dichtheid mag niet meer dan 15% bedragen.
- Voor de zaadkuildiepte wordt een methode voorgesteld gebaseerd op meting met een schuifmaat (Bijlage 2). Als afkeurgrens wordt voorgesteld 2.0 mm onder en 2.0 mm boven de **genoemde** doeldiepte. Dit is tamelijk streng om ook rekening te houden met lichtkiemers.
- Voor het zaadkuilvolume wordt voorgesteld dit **niet** als norm mee te nemen omdat de meting van zaadkuildiepte en centriciteit de kwaliteit voldoende borgen. Omdat het werk al gedaan is wordt wel een methode bijgevoegd gebaseerd op wegen van het vulgewicht door glasparels (Bijlage 3). Een norm zou kunnen zijn 0.50 milliliter +/- 0.15 milliliter.
- Voor de centriciteit van de zaadkuil wordt een methode voorgesteld gebaseerd op een digitaal beeld (Bijlage 4). De centriciteit moet binnen 25% van de straal in het hart van de plug liggen.
- Voor de stevigheid van de pluggen wordt een methode voorgesteld gebaseerd op het in de steenwol duwen van een meetkop met 2 mm doornede (Bijlage 5). Afkeur zou kunnen volgen als de indringweerstand hoger is dan 250 kPa maar er wordt voorgesteld deze methode niet van een norm te voorzien omdat de hoge spreiding toepassing van de norm te moeilijk maakt. Er wordt aanbevolen hier vervolgonderzoek aan te doen.
- Voor de bezinksnelheid (vermogen nat te worden) van pluggen wordt een methode voorgesteld gebaseerd op een methode voor blokken (Bijlage 6). Afkeur volgt bij zinktijden van meer dan 20 seconden. Een proefjaar is noodzakelijk omdat nog geen labtesten zijn uitgevoerd!
- Een meting van de breukgevoeligheid lijkt geen oplossing voor het probleem van breuk. Er is daarom geen methode ontwikkeld. Maar er wordt voorgesteld een jaar lang te werken met een norm van minder dan 0.5% van de pluggen met visueel waarneembare breuk.

Als deze methoden worden opgenomen in de KIWA BRL (BeoordelingsRichtLijnen) worden de metingen standaard door de minerale wol producenten uitgevoerd. De afkeurgrenzen worden in overleg door het College van Deskundigen vastgesteld en zo nodig bijgesteld.

Literatuur

- Blok, C, Kaarsemaker, and R. 2008. De pH bufferbepaling van teeltmedia. B. Wageningen UR Glastuinbouw, the Netherlands, ed.
- Bullens and G., H.P., 2001. Mechanische eigenschappen van tuinbouwkundige groeimedia.
- Velden, B.-v., Pieterneel, Blok, Chris, Kaarsemaker, and Ruud 2009. Richtlijnen voor substraat moeten problemen voorkomen. Onderzoeker Chris Blok geeft uitleg over nieuwe normering pH. Onder Glas 8:60-61.
- KIWA 2006. Beoordelingsrichtlijn 2005 en Bijlagenboek 2005 met wijzigingen 2006. BRL K10001. Voor het productcertificaat voor Substraatmaterialen. C. e. K. Kiwa N.V, Rijswijk, the Netherlands, ed.
- IGPA 2008. Telen in substraat voor optimale resultaten. International Growing Media Producers Association.

Bijlage 1 Volumebepaling steenwolpluggen



Analysereeks WUR Glastuinbouw

Volumebepaling steenwolpluggen

1 Onderwerp

Dit voorschrift beschrijft de bepaling van het volume van steenwolpluggen door het meten van het door een verzadigde steenwolplug verplaatste watervolume. Deze methode is gebaseerd op de wet van Archimedes.

2 Toepassingsgebied

Deze methode is van toepassing op pluggen van minerale wol.

3 Termen en definities

Plugvolume: Het geometrische volume van de steenwolplug, dus het volume van de vaste delen inclusief de poriën.

4 Beginsel

Eerst wordt de uitvloeier uit de steenwolplug verwijderd, door deze 3 maal uit te spoelen met water. Vervolgens wordt de plug verzadigd met water. De verzadigde plug wordt voorzichtig overgebracht naar een afgevuuld waterreservoir met een overloop. Het door de plug verplaatste watervolume stroomt door de overloop uit het reservoir en wordt opgevangen en gewogen. Omdat de dichtheid van water 1 g/ml is, kan het gewicht van het water gelijk gesteld worden aan het volume van de plug.

5 Toestellen en hulpmiddelen

- 5.1 Plastic bakje
- 5.2 Pincet
- 5.3 Droog steenwolblok, waarvan de uitvloeier is uitgespoeld
- 5.4 Statief met waterreservoir met overloop
- 5.5 Bekerglas
- 5.6 Balans nauwkeurigheid 0.01 g

6 Werkwijze

6.1 Monstervoorbehandeling

Verzadig de pluggen in een bak met ruim water. Plaats de pluggen op het droge uitgespoelde steenwolblok, zodat ze droog getrokken worden. Overgiet de pluggen met water en laat ze opnieuw droogtrekken. Herhaal dit 2 keer, zodat de pluggen in totaal 3 maal uitgespoeld zijn.

Verzadig de pluggen opnieuw in een bak met schoon water.

6.2 Meting plugvolume

Noteer voor de meting de werktemperatuur. Deze moet $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ zijn.

Plaats onder de uitloop van het waterreservoir de balans met daarop een bekeerglas. Vul het waterreservoir tot ruim boven de overloop met water. Het overtollige water loopt nu door de overloop uit het reservoir. De meetopstelling is nu op '0' gesteld. Stel de balans ook op '0'.

Klem de verzadigde plug voorzichtig in de breedte in een pincet en breng de plug rustig horizontaal over naar het waterreservoir. Tijdens deze handeling mag er geen water uit de plug druppelen. Vang het uitgestroomde water op in het bekeerglas en noteer het gewicht hiervan. Haal de plug met een pincet uit het waterreservoir. Stel de meetopstelling en de balans weer op '0'. De volgende plug kan nu gemeten worden.

7 Berekeningen

$$V_p \text{ (ml)} = V_w \text{ (ml)}$$

$$V_p \text{ (ml)} = M_w \text{ (g)} \times D_w \text{ (g/ml)} \quad D_w = 1,0 \text{ g/ml}$$

$$V_p \text{ (ml)} = M_w \text{ (g)}$$

Waarin: V_p is plugvolume in ml

V_w is verplaatst watervolume in ml

M_w is gewicht verplaatst watervolume in g

D_w is dichtheid van water in g/ml

8 Nauwkeurigheid

De analyse moet in 10-voud uitgevoerd worden.

9 Verslag

Vermeld in het verslag de volgende gegevens:

- De herkomst en datum van binnenkomst van de monsters.
- De werktemperatuur.
- De gemiddelde resultaten en de standaarddeviatie van het onderzoek.
- De gevolgde methode: Analysereeks WUR Glastuinbouw – Volumebepaling steenwolpluggen.

10 Literatuur

Appendix

Er dient extra aandacht te zijn voor de volgende punten.

1. Het uitspoelen van de pluggen

Aan steenwol wordt een uitvloeier toegevoegd, zodat het makkelijker water opneemt. Deze uitvloeier verlaagt de oppervlaktespanning van water. Deze uitvloeier heeft dus ook invloed op de oppervlaktespanning van het water in het waterreservoir van deze methode. Als in de steenwolplug nog uitvloeier aanwezig is, wordt na het overbrengen van de plug naar het waterreservoir de oppervlaktespanning van de meniscus verlaagd, waardoor er een groter volume water uit de overloop stroomt dan het werkelijke volume van de plug.

2. Noteren van de werktemperatuur

De oppervlaktespanning is temperatuurgevoelig. Daarom dient de werktemperatuur zo constant mogelijk gehouden te worden. De metingen moeten verricht worden bij een temperatuur van $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Voor de zekerheid wordt de werktemperatuur aan het begin van de meting genoteerd.

3. Mogelijke overschatting van de meetresultaten

Een met water verzadigde plug kan een iets uitstekende meniscus hebben (een dun laagje water om de plug). Hierdoor zou met deze methode het plugvolume iets overschat worden vergeleken met het werkelijke volume.

Als het plugvolume berekend wordt met behulp van metingen met een schuifmaat, zou deze waarde iets onderschat kunnen zijn vergeleken met het werkelijke volume. Dit omdat met het meten met een schuifmaat de plug een klein beetje indrukt wordt. De waarde van het plugvolume bepaald met deze methode zal dus altijd iets hoger zijn dan die bepaald met behulp van schuifmaatmetingen.

Bijlage 2 Zaadkuildiepte steenwolpluggen



Analysereeks WUR Glastuinbouw

Zaadkuildiepte steenwolpluggen

1 Onderwerp

Dit voorschrift beschrijft de bepaling van de zaadkuildiepte van steenwolpluggen door deze met een schuifmaat te meten.

2 Toepassingsgebied

Deze methode is van toepassing op pluggen van minerale wol.

3 Termen en definities

Zaadkuildiepte: de maximale diepte van de zaadkuil van de steenwolplug.

4 Beginsel

Met een schuifmaat wordt de afstand van de bovenrand van de plug tot het diepste punt van de zaadkuil gemeten. Hierbij wordt het uitschuifbare meetgedeelte aan de achterkant van de schuifmaat gebruikt.

5 Toestellen en hulpmiddelen

- 5.1 Schuifmaat
- 5.2 Een dunne rechte lat (bijv. een liniaal)

6 Werkwijze

6.1 Meting zaadkuildiepte

Meet de dikte van de voor deze meting te gebruiken lat en noteer deze waarde. Draai de tray met pluggen om op een tafel en duw de pluggen voorzichtig door de gaten in de bodem van de tray naar beneden. De bovenkant van de pluggen worden nu op gelijke hoogte met de bovenkant van de tray gebracht. Draai de tray weer terug en leg de dunne rechte lat boven op de tray met de rand langs het midden van de zaadkuilen van de te meten pluggen. Laat de schuifmaat met de achterkant op de lat steunen en schuif hem voorzichtig uit tot het diepste punt van de zaadkuil. Noteer de gemeten afstand. Door de dikte van de lat van deze waarde af te trekken, kan de zaadkuildiepte berekend worden.

7 Berekeningen

$$d_z = d_{z+1} - d_l$$

Waarin: d_z is diepte zaadkuil in mm
 d_l is diepte lat in mm

8 Nauwkeurigheid

De analyse moet in 10-voud uitgevoerd worden.

9 Verslag

Vermeld in het verslag de volgende gegevens:

- a. De herkomst en datum van binnenkomst van de monsters.
- b. De gemiddelde resultaten en de standaarddeviatie van het onderzoek.
- c. De gevolgde methode: Analysereeks WUR Glastuinbouw – Bepaling zaadkuildiepte steenwolpluggen.

10 Literatuur

Bijlage 3 Zaadkuilvolume steenwolpluggen



Analysereeks WUR Glastuinbouw

Zaadkuilvolume steenwolpluggen

1 Onderwerp

Dit voorschrift beschrijft de bepaling van het zaadkuilvolume van steenwolpluggen door het afvullen van de zaadkuil met glasparels met een bekende droge bulkdichtheid. Door het gewicht van de toegevoegde glasparels te wegen kan het volume van de zaadkuil berekend worden.

2 Toepassingsgebied

Deze methode is van toepassing op pluggen van minerale wol.

3 Termen en definities

Zaadkuilvolume: het volume van de zaadkuil van de steenwolplug.

4 Beginsel

Eerst wordt de lege plug gewogen. Vervolgens wordt de zaadkuil van de steenwolplug gevuld met een overmaat aan glasparels van 0,5 mm doorsnede. Met een plamuurmes wordt recht langs de bovenrand van de plug gestreken, zodat de overtollige glasparels verwijderd worden. De met glasparels gevulde plug wordt opnieuw gewogen. Na aftrek van het lege pluggewicht is het gewicht van de glasparels bekend, waarmee de zaadkuil afgevuld is. Met behulp van de droge bulkdichtheid van de glasparels wordt het volume van de zaadkuil berekend.

5 Toestellen en hulpmiddelen

- 5.1 0,5 mm glasparels
- 5.2 Lepeltje
- 5.3 Plamuurmes van ca. 5 cm breed
- 5.4 Plastic bak met vlakke bodem
- 5.5 Balans, nauwkeurigheid 0.01 g

6 Werkwijze

6.2 Bepaling droge bulkdichtheid glasparels

De droge bulkdichtheid van de glasparels wordt bepaald met de methode EN 13040 Annex A: Determination of laboratory compacted bulk density.

6.2 Meting zaadkuilvolume

Zet de plug op de balans en noteer het gewicht hiervan. Breng de plug over naar een

plastic bak en schep met een lepeltje rustig een overmaat aan glasparels in de zaadkuil van de plug. Strijk met een plamuurmes voorzichtig langs de bovenkant van de plug, zodat de overtollige glasparels eraf gestreken worden. Zet de plug met glasparels voorzichtig op de balans en noteer het gewicht.

7 Berekeningen

$$V_{gp} = (M_{gp} / D_{gp}) \times 1000$$

$$V_{gp} = ((M_{p+gp} - M_p) / D_{gp}) \times 1000 \quad V_z = V_{gp}$$

$$V_z = ((M_{p+gp} - M_{gp}) / D_{gp}) \times 1000$$

Waarin: V_z is zaadkuilvolume ml

V_{gp} is volume glasparels in ml

M_p is gewicht lege plug in g

M_{gp} is gewicht glasparels in zaadkuil in g

D_{gp} is droge bulkdichtheid van de glasparels in g/l

8 Nauwkeurigheid

De analyse moet in 10-voud uitgevoerd worden.

9 Verslag

Vermeld in het verslag de volgende gegevens:

- De herkomst en datum van binnenkomst van de monsters.
- De gemiddelde resultaten en de standaarddeviatie van het onderzoek.
- De gevolgde methode: Analysereeks WUR Glastuinbouw – Bepaling zaadkuilvolume steenwolpluggen.

10 Literatuur

EN 13040 Annex A: Determination of laboratory compacted bulk density.

Appendix

Keuze glaspareldiameter.

Bij deze methode is gekozen voor glasparels met een diameter van 0,5 mm. Bij gebruik van een kleinere diameter zakken de glasparels tussen de steenwolvezels, waardoor de meting niet betrouwbaar is. Als er een grotere diameter gebruikt wordt, dan wordt de meetfout groter.

Verwijderen overtollige glasparels.

Het is mogelijk dat er tijdens de meting glasparels aan de onderkant van de plug blijven 'plakken'. Als dit het geval is, dan dienen deze zoveel mogelijk verwijderd te worden door met de vinger langs de onderkant van de plug te strijken.

Bijlage 4 Centriciteit zaadkuil pluggen



Analysereeks WUR Glastuinbouw

Centriciteit zaadkuil steenwolpluggen

1 Onderwerp

Dit voorschrift beschrijft de bepaling van de centriciteit van de zaadkuil van steenwolpluggen door deze van bovenaf te fotograferen en met beeldanalyse te meten.

2 Toepassingsgebied

Deze methode is van toepassing op pluggen van minerale wol.

3 Termen en definities

Centriciteit zaadkuil: de mate waarin het diepste punt van de zaadkuil uit het midden van de plug ligt.

4 Beginsel

Er wordt van bovenaf een foto van een deel van de tray met pluggen gemaakt. Deze foto wordt in bijvoorbeeld Powerpoint vergroot en met een set ringen van 10 tot 120% van de plugdiameter wordt de afwijking van de centriciteit gemeten.

5 Toestellen en hulpmiddelen

- 5.1 Zwarte stift
- 5.2 Fotocamera met statief
- 5.3 Powerpoint programma (of een vergelijkbaar programma)

6 Werkwijze

6.2 Het maken van de foto's

Zet met een zwarte stift een stip in het midden van de zaadkuil. Draai de tray met pluggen om op een tafel en duw de pluggen voorzichtig door de gaten in de bodem van de tray naar beneden. De bovenkant van de pluggen worden nu op gelijke hoogte met de bovenkant van de tray gebracht. Draai de tray weer terug en maak van een deel van de tray loodrecht van bovenaf een foto.

6.2 Het meten van de centriciteit

Gebruik voor de meting alleen de pluggen in het midden van de foto (ca. 20 pluggen per foto). Dit in verband met vertekeningen aan de rand van de foto's. Vergroot de foto in Powerpoint minimaal 4 keer. Maak in Powerpoint een set ringen met een diameter van 10, 20, 40, 60, 80, 100 en 120% van de diameter van de pluggen.

Plaats deze set ringen op de foto van de pluggen. Zorg dat de 100%-ring samenvalt met de omtrek van de pluggen, deze kan aan de maat van de pluggen aangepast worden. Schuif het middelpunt van de ringen op het middelpunt van de zaadkuil. Deze is vooraf met een zwarte stip gemarkeerd. Lees de maximale afwijking aan de rand van de plug af. De afwijking van de centriciteit wordt gemeten in % van de straal van de plug.

7 Berekeningen

8 Nauwkeurigheid

De analyse moet in 40-voud uitgevoerd worden.

9 Verslag

Vermeld in het verslag de volgende gegevens:

- a. De herkomst en datum van binnenkomst van de monsters.
- b. De gemiddelde resultaten en de standaarddeviatie van het onderzoek.
- c. De gevolgde methode: Analysereeks WUR Glastuinbouw – Bepaling centriciteit zaadkuil steenwolpluggen.

10 Literatuur

Appendix

Meetcirkels

Als de set meetcirkels van 10 tot 120% aangemaakt is in Powerpoint, moet de lengte - breedte verhouding hiervan vergrendeld worden. Tijdens het meten kan de grootte van de cirkels aangepast worden aan de grootte van de plug, zonder dat de cirkels vervormen.

Bijlage 5 Indringweerstand pluggen



Analysereeks WUR Glastuinbouw

Indringweerstand steenwolpluggen

In geel de voorgestelde aanpassingen van de methode voor pluggen

- 1 Onderwerp**

Dit voorschrift beschrijft het meten van de indringweerstand van **steenwolpluggen** met behulp van de Instron (druk-trekbank).
- 2 Toepassingsgebied**

Vaste **minerale wolpluggen met een hoogte van minimaal 15 mm.**
- 3 Termen en definities**

De indringweerstand IW (ook wel conus index genoemd) is de gemeten tegendruk, met als eenheid Pascal. $1 \text{ kPa} = 0,1 \text{ N/cm}^2$.
Een substraat met een hogere indringweerstand dan (substraatafhankelijk) 250-450 kPa zal moeilijker bewortelbaar zijn, waardoor de bovengrondse groei vertraagd wordt.
- 4 Beginsel**

Met een conische plunjerkop met een dünnere cilindrische schacht wordt in het substraat geprikt. De Instron meet de tegendruk. Er wordt een gemiddelde kracht gemeten van **5 mm na indringing tot 20 mm, dus over een traject van 15 mm.** Deze kracht wordt gedeeld door het oppervlak van het grondvlak van de plunjer, waardoor de IW wordt verkregen.
- 5 Toestel en hulpmiddelen**

Machine	Instron 3343
Software	nog opgeven
Meetcel	50 N
Plunjer	conische punt met iets dünnere schacht
Plunjerdiameter	2 mm
Tophoek	30°
- 6 Werkwijze**

Verzadigen blok	droog en verzadigd meten
Balksnelheid v	30 mm/minuut
Meetpunten	Keer de plug om en prik in de bodem, halfweg tussen eht centrum van de plug en de buitenrand (om de zaadkuil te vermijden). Prik per plug één keer.
Herhalingen	10 herhalingen per substraattypе.
- 7 Berekeningen**

$$IW = F_g / A_c \cdot 10^6$$

waarin: Kracht F_g (N) de gemiddelde kracht na het aanloopstuk van de F/D curve.

Bij een plunjerdiameter van 2 mm is dat na 10 mm penetratie. De kracht wordt gemiddeld **vanaf 5 tot 20 mm, over 15 mm** penetratie.

Opp. A_c (mm^2) de oppervlakte van het grondvlak van de kegelvormige plunjerkop is πr^2 (mm^2). Bij een diameter $D = 2$ mm, is r gelijk aan 1, dus geldt dat $A_c = 3.14159265$ (mm^2).

IW Indringweerstand. De factor miljoen is toegevoegd om de berekende waarde van IW uit te drukken in **Pa**.

8 Nauwkeurigheid en beoordeling

9 Verslag

In het toetsverslag dienen de volgende zaken te worden opgenomen:

- Monsteromschrijving
- Referentie naar deze methode en de afwijkingen van de standaardmethode
- De resultaten; de IW in kPa.

10 Literatuur

Bengough, A.G. & Mullins C.E. - Mechanical impedance to root growth. J. Soil Sci **41**: 341-385 (1990).

Bullens, H.P.G. – Mechanische eigenschappen van tuinbouwkundige groeimmedia. Scriptie Leerstoel Bodemtechnologie WUR (2001).

Kämpf, A.N. et al. Effect of the packing density on the mechanical impedance of root media. Proc. Int. Symp. Growing media and hydroponics. Acta Hort. 481: 689-694 (1999).

Verkerke, W. Achtergrond Indringweerstand van substraat. Notitie 11 november 2005.

Bijlage 6 Bezinksnelheid steenwolpluggen



Analysereeks WUR Glastuinbouw

Bezinksnelheid steenwolpluggen

In geel de voorgestelde aanpassingen van de methode voor pluggen

1 Onderwerp

Dit voorschrift beschrijft de bepaling van de snelheid waarmee minerale wol **pluggen** water opnemen in seconden.

2 Toepassingsgebied

Pluggen van minerale wol, matten en blokken zonder folie.

3 Termen en definities

-

4 Beginsel

Indien wateropneembaar minerale **plug** op het water wordt gelegd zal deze binnen een bepaalde tijd zinken.

Dit geeft een indicatie omtrent de snelheid van wateropname (bezinktijd).

5 Toestellen en hulpmiddelen

Gebruikelijke toestellen en hulpmiddelen en in het bijzonder de volgende:

5.1 **Tijdklok (stopwatch)**: nauwkeurigheid +/- 1 s

5.2 **Waterbak** minimum 0.2 x 0.2 x 0.2 m

6 Werkwijze

6.3 Monstervoorbehandeling

Pluggen: 1 monster = 1 plug. Waterbak vullen met leidingwater: het gebruikte leidingwater moet geen stoffen bevatten die een merkbaar effect hebben op de oppervlaktespanning (d.w.z. geen tenside, geen zeep...).

6.4 De werkwijze

Identificatie van het monster registreren.

Het monster wordt met het platte oppervlak voorzichtig op het water gelegd.

Op het moment dat het monster in aanraking komt met het water, wordt de tijd opgenomen (t_1).

Zodra de bovenkant van het monster geheel onder water verdwijnt, wordt de tijd weer opgenomen (t_2). Het monster mag de rand van de bak niet raken. Het monster mag aan het oppervlakte kleven (niet naar de bodem zinken) als de plug geheel onder het wateroppervlakte blijft en geen droge plekken $> 2 \text{ mm}^2$ zichtbaar zijn.

De bezinktijd is het tijdsverschil $t_2 - t_1$.

De bezinktijd wordt geregistreerd.

Na maximaal 10 metingen moet het water van de waterbak vervangen worden.

7 Berekeningen

7.1 Bepaling van de bezinktijd

$$\text{Bezinktijd} = t_2 - t_1 \quad [1]$$

8 Nauwkeurigheid

Nauwkeurigheid +/- 1 s. De analyse moet in duplo uitgevoerd worden.

9 Verslag

Vermeld in het verslag de volgende gegevens:

- de datum van monsterneming
- de gemiddelde resultaten van het onderzoek op 1 seconde nauwkeurig
- de gevolgde methode vermelden
- eventuele bijzonderheden.

10 Literatuur

-

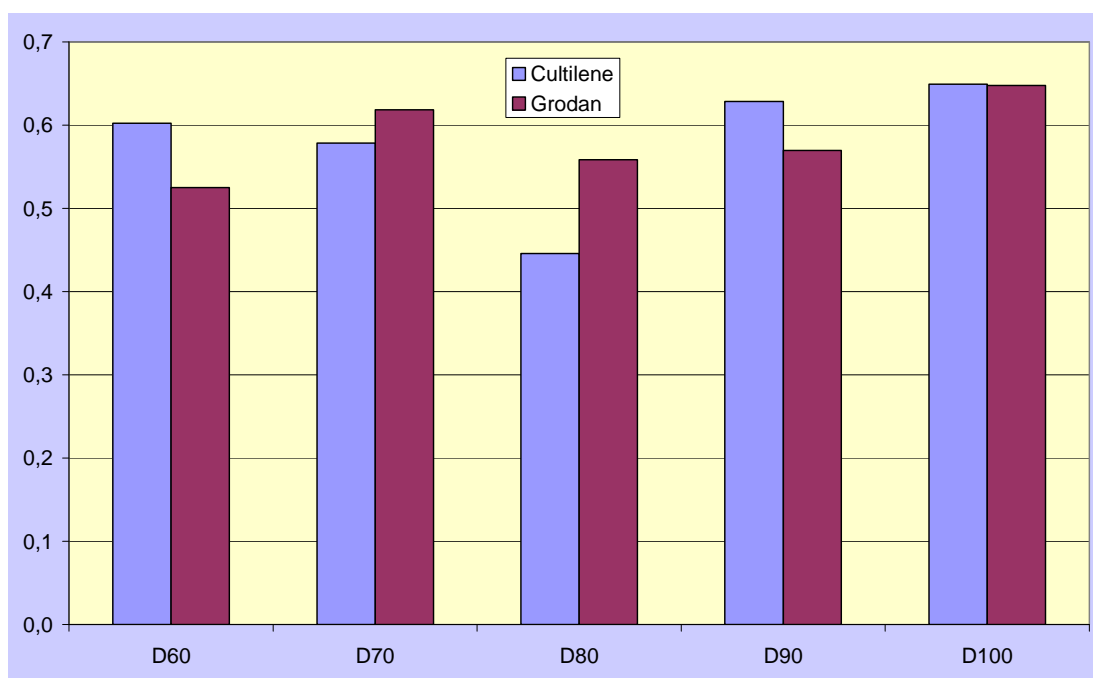
Bijlage 7 Meetdetails

Tabel 1 Zaadkuilvolume door aftrekken van het ondergedompelde volume van het met een schuifmaatgemeten cilindervolume; drooggewicht en met een schuifmaat gemeten hoogte en doorsnede (breedte) van de pluggen van twee producenten en de standaardafwijkingen van de metingen (n=10).

		dichtheid OP								
producent	Data	60	70	80	90	100	80 D	80 OD	Eindtotaal	
cult	Average of zaadkuil	0.43	0.46	0.38	0.32	-0.07	0.71	-0.17	0.29	
	Average of gewicht droog	0.57	0.64	0.73	0.92	1.03	0.70	0.72	0.76	
	Gemiddelde van hoogte	25.30	25.51	25.30	27.01	26.03	25.93	24.71	25.68	
	Gemiddelde van breedte	21.93	21.82	21.52	21.72	21.69	21.73	21.66	21.72	
grodan	Average of zaadkuil	0.45	0.26	0.61	0.43	0.12	1.69	0.24	0.54	
	Average of gewicht droog	0.48	0.52	0.58	0.65	0.71	0.83	0.85	0.66	
	Gemiddelde van hoogte	23.99	23.88	23.74	24.39	24.05	24.93	24.29	24.18	
	Gemiddelde van breedte	20.61	20.31	20.35	20.49	20.50	22.23	22.31	20.97	
cult	Stdev of zaadkuil	1.16	0.34	0.35	0.29	0.22	0.65	0.30	0.61	
	Stdev of gewicht droog	0.04	0.05	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	
	Stdev van hoogte	0.53	0.29	0.29	0.39	0.35	0.89	0.19	0.82	
	Stdev van breedte	1.16	0.22	0.18	0.20	0.15	0.17	0.27	0.47	
grodan	Stdev of zaadkuil	0.41	0.46	0.27	0.33	0.45	0.56	0.71	0.67	
	Stdev of gewicht droog	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.07	0.09	0.14	
	Stdev van hoogte	0.64	0.38	0.72	0.38	0.45	0.53	0.81	0.67	
	Stdev van breedte	0.41	0.21	0.68	0.44	0.32	0.54	0.48	0.94	

Tabel 2 Pluggewichten bij verschillende zuigspanningen in cm onderdruk.

		dichtheid OP							
producent	Data	60	70	80	90	100	80 D	80 OD	
cult	-1 cm	9.16	8.57	9.14	9.42	9.32	8.25	9.01	
	-2.5 cm	8.10	8.36	9.01	9.29	9.18	8.12	8.95	
	-7.5 cm	6.03	5.25	7.09	8.29	8.81	7.52	8.18	
	-10 cm	3.84	2.30	3.28	7.29	8.11	6.22	5.70	
grodan	-1 cm	7.08	7.07	6.96	7.30	7.59	7.76	8.70	
	-2.5 cm	6.88	6.93	6.83	7.14	7.38	7.67	8.61	
	-7.5 cm	5.95	5.16	5.75	6.15	6.91	7.14	7.85	
	-10 cm	4.87	2.93	3.30	4.28	6.57	6.50	7.14	



Figuur 1 Zaadkuilvolume door vullen met glaspereels voor verschillende dichtheden en producenten.

Tabel 3. Gewicht, hoogte, breedte, zaadkuilvolume, plugvolume en dichtheid volgens twee methoden

producent	Data	60	70	80	90	100	80 D	80 OD
Cultilène	Droog gewicht	0.57	0.64	0.73	0.92	1.03	0.70	0.72
	Standaard afwijking	0,04	0,05	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05
	Hoogte	25.3	25.5	25.3	27.0	26.0	25.9	24.7
	Breedte	21.9	21.8	21.5	21.7	21.7	21.7	21.7
	Cylinder volume	9.6	9.5	9.2	10.0	9.6	9.6	9.1
	Zaadkuilvolume*	0.6	0.6	0.5	0.6	0.7	1.3	0.1
	Dichtheid 1**	63.9	71.8	83.2	98.2	114.3	83.8	80.5
grodan	Droog gewicht	0.48	0.52	0.58	0.65	0.71	0.83	0.85
	Standaard afwijking	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,07	0,09
	Hoogte	24.0	23.9	23.7	24.4	24.1	24.9	24.3
	Breedte	20.6	20.3	20.4	20.5	20.5	22.2	22.3
	Cylinder volume	8.0	7.7	7.7	8.0	7.9	9.7	9.5
	Zaadkuilvolume*	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	1.4	0.7
	Dichtheid 1**	63.6	73.6	81.4	87.3	97.2	99.3	96.7
Cultilène	Water volume***	9.2	9.1	8.8	9.7	9.7	8.9	9.3
	Dichtheid 2****	62.5	70.8	82.5	95.0	105.8	78.6	77.8
	Water volume***	7.6	7.5	7.1	7.6	7.8	8.0	9.3
Grodan	Dichtheid 2****	63.0	70.1	81.9	85.6	90.5	103.3	92.2

* Zaadkuilvolume volgens vullen met glaspereels

** Dichtheid volgens met de schuifmaat bepaalde cilinderinhoud minus zaadkuil volume door vullen met glaspereels

*** Volume volgens de onderdompelmethode

**** Dichtheid gebaseerd op onderdompeld volume