

206

Stamboek nr. 4945

**PROEFSTATION VOOR DE GROENTEN- EN FRUITTEELT ONDER GLAS  
TE NAALDWIJK**

**BIBLIOTHEEK**  
Proefstation voor de Groenten- en  
Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk.

**Literatuuroverzicht vochtbepaling in grond**

**door:**

**P. Koornneef**

**No. 498/1972**

**Naaldwijk, april 1972**

Het bepalen van vocht in grond kan op diverse manieren uitgevoerd worden. Er zijn methodieken welke uitsluitend op het laboratorium kunnen worden verricht, terwijl ook vele uitvoeringen aangepast zijn voor waarneming ter plaatse, zogenaamd in het veld.

Enkele algemene opmerkingen over vochtbepalingen uit Slatyer (1) :

-- Vochtbepalingen kunnen plaats vinden in ongestoorde grond en in grondmonsters. Men moet er op bedacht zijn, dat aanzienlijke verschillen in vochtgehalten in verticale richting kunnen voorkomen. Deze variabiliteit is het gevolg van verschillende patronen van wortelverdeling, verschillen in verdamping van punt tot punt en van verschillen in fysische karakteristieken van de grond.

Aitchison, Butler en Gurz (2) vonden dat in een leem grond meer dan 10 herhalingen nodig waren om verschillen van 1% (g water per 100 g droge grond) met een waarschijnlijkheid van  $p = 0,05$  betrouwbaar aan te tonen.

De gravimetrische- of volumetrische (directe) methode wordt door diverse auteurs beschreven (3, 4, 5, 6, 7 en 8). Zij gaan allen uit van grondmonsters van bekend gewicht of volume. Het water wordt verwijderd door drogen bij  $105^{\circ}\text{C}$ , tot constant gewicht. Het watergehalte kan worden uitgedrukt op basis van grammen water per grammen droge grond of, indien in speciale containers is bemonsterd, grammen water per ml grond. Deze gravimetrische methoden moeten allen op het laboratorium worden uitgevoerd.

Schulz (9) beschrijft een snelle methodiek, geschikt voor uitvoering in het veld, waarbij men het vocht in de grond laat reageren met calciumcarbide. Het hierbij gevormde acetyleneegas kan worden afgelezen in een meetbuis.

#### Indirekte bepaling door middel van neutronen

Met behulp van snelle neutronen kunnen vochtbepalingen worden verricht. Men maakt hierbij gebruik van de vertraging tot thermische neutronen door de waterstof-kernen. Door de langzame neutronen met behulp van een tellerapparaat te tellen, kan men, na ijking van de apparatuur, de waterconcentratie bepalen. De resultaten worden beïnvloed door andere waterstofbronnen, zoals organische stof en door andere elementen voornamelijk chloor, ijzer en borium. Enige literatuur hierover is aangegeven onder de nummers 10, 11 en 12.

#### Bepaling door middel van een tensiometer

Met behulp van een tensiometer kan de zogenaamde "matric" of "capillaire" potentiaal direkt in het veld worden gemeten. Een tensiometer bestaat uit een met water gevuld poreus keramisch potje, hetwelk in de grond gebracht wordt op de gewenste diepte. Het potje is door middel van een met water gevulde buis verbonden met een manometer, die de eventueel aanwezige onderdruk kan aangeven. Tensiometers zijn vooral bruikbaar in vochtige gronden tot een pF van circa 3 (13). Het binnendringen van lucht in het poreuze potje bij hoge zuigspanningen moet worden voorkomen. Volgens Miller (14) zou de conventionele tensiometer in snel veranderende systemen niet voldoen omdat een aanzienlijke hoeveelheid water verplaatst moet worden, alvorens de manometer reageert. Dit veroorzaakt niet alleen een zekere traagheid, maar beïnvloedt bovendien het vochtgehalte van de grond. Hij beschrijft een vorm waarbij de bovengenoemde bezwaren zijn ondervangen. Er zijn echter nog meer punten waar op gelet dient te worden bij het gebruik van tensiometers. Haise en Kelley (15) schrijven over de dagelijkse schommelingen van de tensiometer tengevolge van temperatuursinvloeden.

Schrijvers vonden dat minimum waarden afgelezen konden worden tussen 6 en 8 uur 's morgens en maximum waarden tussen 7 en 9 uur 's avonds. De grootte van de schommelingen nam af bij toenemende diepte en was op een diepte groter dan 180 cm niet meer waarneembaar. De dagelijkse variaties bedroegen op 15 cm diepte 350 tot 400 cm waterdruk. Dagelijkse schommelingen worden o.a. veroorzaakt door temperatuurverschillen tussen het poreuze potje en de grond. Dit schijnt te worden veroorzaakt door warmte geleiding langs de verbindingsbuis tussen het poreuze potje en de manometer. Het verdient aanbeveling, voor deze buis materiaal te gebruiken, dat de warmte slecht geleid. Als het poreuze potje een lagere temperatuur heeft dan de grond, wijst de manometer tengevolge van condensatie lager aan. Ook de temperatuurschommelingen in de grond veroorzaken veranderingen in tensiometer-aanwijzingen. Behalve invloeden van temperatuur kan ook wortelgroei rondom het poreuze potje de resultaten beïnvloeden. Vooral in grove gronden kan de wateropname rondom het potje groter zijn dan op enige afstand, vanwege de beschikbaarheid en het gemakkelijk op te nemen water. Het kan nuttig zijn, periodiek de plaats van het instrument te veranderen. Zie ook literatuurverwijzing 33.

Klute, Gardner en Peters ( 16 en 17) beschrijven een tensiometer met een korte "response"tijd. Deze tensiometer kan bovendien op een recorder worden aangesloten. Een beperking van het meetsysteem is de temperatuurgevoeligheid. Er dient gestreefd te worden naar een temperatuurbeheersing van maximaal 1°C. Ook Strebel, Giesel, Renger en Lorch (18) beschrijven een tensiometer, welke zich leent voor automatische registratie van de zuigspanning. Dit apparaat zou niet temperatuurgevoelig zijn, omdat zich bovengronds geen temperatuurgevoelige delen bevinden. De meetnauwkeurigheid zou dientengevolge groot zijn. Zie ook literatuurverwijzing 34. Gardner (19) beschrijft de invloed van de temperatuur op de vochtspanning. Hij konstateerde dat de grondmonsters van één grondsoort met hetzelfde vochtpercentage niet dezelfde vochtspanning hadden, tenzij de temperatuur van de monsters gelijk was. Ook de pf-curven worden beïnvloed door temperatuursveranderingen.

Zowel de vochtspanning als de osmotische druk, afgeleid van vriespuntgegevens, behoeven een correctie voor het temperatuureffect. Tenslotte stelt Gardner dat temperatuurverschillen tussen planten en de grond, waarop ze groeien, belangrijke factoren kunnen zijn ten aanzien van de beschikbaarheid van vocht voor de planten. Zie ook de inleidende opmerkingen (1).

#### Bepaling door middel van geleidbaarheidsmeting

Een algemene methode om in het veld de "capilaire" potentiaal te meten is die waarbij gebruik wordt gemaakt van een poreus blokje, met behulp waarvan geleidbaarheidsmetingen worden verricht. Het poreuze blokje dient als matrijs voor twee elektroden, welke met een weerstandsbrug zijn verbonden. Het poreuze blokje dient ingegraven te worden op de gewenste diepte. Het water in het poreuze blokje zal in evenwicht komen met de "capilaire" potentiaal van de omringende grond. Met behulp van genoemde elektroden wordt de elektrische geleidbaarheid van het vocht in het poreuze blokje gemeten. De gevoeligheid ligt tussen ongeveer 0,5 en 15 atm. bij gebruik van gipsblokjes. Bouyoucos en Mick (20 en 21) beschrijven een "absorbent unit" met een meetbereik van luchtdroog tot verzadiging met water. De beschreven unit is van nylon of fiberglas en zou in natte en met water verzadigde gronden beter voldoen dan gipsblokjes. Ze zijn echter wel gevoelig voor "solute" effecten, waarvan de gipsblokjes minder hinder zouden ondervinden. De oplosbaarheid van het gips oefent een bufferende werking uit. Alle poreuze blokjes vertonen hysteresis effecten, welke waarschijnlijk afhangen van de poriënstructuur (24). De oplosbaarheid van gips is er de oorzaak van dat de blokjes na enige maanden uiteenvallen, indien ze konstant in met water verzadigde omgeving hebben verkeerd. De gemeten weerstanden worden door middel van ijkcurven vertaald in vochtpercentages. Indien de weerstand met een door batterijen gevoed apparaat wordt gemeten, kan ter plaatse het vochtgehalte worden bepaald. De ijkcurve is afhankelijk

van de fysische- en chemische karakteristiek van het absorberend materiaal. Het effect van de temperatuur is te verwaarlozen als het om praktische doeleinden gaat. Ten opzichte van veranderingen in zoutconcentraties in de grond, mits niet te groot, bezit de unit, beschreven door Bouyoucos en Mick, een bufferende werking. Vooral de units, vervaardigd van nylon, zijn geschikt voor langdurig verblijf in grond. Het verdient wel aanbeveling om voor elke grondsoort apart te calibreren. Dit in verband met het zoutgehalte van het bodemvocht. Colman en Hendrix (22) beschrijven een "soil-moisture" instrument dat uit twee delen bestaat : de "soil-unit" en de "meter-unit".

De "soil-unit" omvat een vochtgevoelig element van fiberglas en een temperatuurgevoelig element.

De "meter-unit" omvat een ohm-meter, gevoed met wisselstroom. De temperatuursinvloeden op de weerstand van het "fiberglas-cloth sandwich" zouden voor een groot aantal gronden gelijk zijn. Het meetbereik zou ook hier liggen vanaf met water verzadigde gronden tot gronden met een vochtgehalte beneden het verwelkingspunt. Door middel van calibratie kan de correlatie vastgelegd worden tussen de gemeten weerstand en de vochtspanning.

Linder en Lötschert (25) beschrijven een veldmethode waarbij de elektroden ingekleurd<sup>m</sup> zijn in cylinders, waarin de te onderzoeken grond is gebracht. Een voordeel ten opzichte van gipsblokjes zou volgens de schrijvers de snellere en nauwkeuriger aansluiting zijn bij het in de bodem aanwezige water. De verklaring hiervoor zou zijn dat in de cylinder de te onderzoeken grond zelf als vulmateriaal dienst doet. Volgens de auteurs zouden gipsblokjes bij gronden met gering vochthoudend vermogen het vocht langer vasthouden dan de omgevende grond, zodat een te hoog vochtgehalte zou worden gemeten. Uiteraard is de meting van de weerstand ook hier temperatuurafhankelijk. Een NTC-weerstand dient ingebouwd te worden. De invloed van de temperatuur is ongeveer 2% van de gemiddelde waarde per graad Celsius. De steeds veranderende ionenverdeling in de grond is volgens de auteurs van weinig invloed.

Bloodworth en Page (30) maken eveneens gebruik van poreuze blokjes. Zij maken gebruik van een thermistor, welke ze eerst opwarmen. De afkoeling is afhankelijk van het vochtgehalte van de grond. De grootste gevoeligheid van deze methode ligt in het gebied van de veldcapaciteit.

De zoutconcentraties, zoals ze normaal voorkomen, zouden niet van invloed zijn op de meting. De afmetingen van het poreuze blokje moeten zodanig zijn, dat alle vrijkomende warmte door de thermistor beperkt blijft tot het poreuze blokje. De gebruikte schakeling (modificatie van de brug van Wheatstone) heeft drie functies :

1. Gebruikt als verwarmingsbron voor de in het poreuze blok gemonteerde thermistor
2. De snelheid van opwarming is afhankelijk van het vochtgehalte van het poreuze blok. "The resulting change of current flow is indicated by the micro-ammeter of the bridge"
3. Grond- en luchttemperatuur kunnen direkt worden bepaald door de weerstand te vertalen in temperatuur met behulp van een curve.

Alhoewel deze methode niet gevoelig blijkt te zijn voor zoutconcentraties, moet de thermistor echter wel geïsoleerd zijn tegen zout.

Phene, Rawlins en Hoffman (32) beschrijven een "soil matric potential sensor", waarmee ze in het veld kunnen meten.

Door de temperatuurcompensatie is de voeler onafhankelijk van schommelingen van de grondtemperatuur. IJking na 5 maanden gebruik toonde een stabiliteit van  $\pm 0,5$  atm. De nauwkeurigheid was  $\pm 0,2$  atm.

#### Enkele andere methoden

Haucock en Burdick (23) beschrijven een vochtbepalingsmethode welke via geleidbaarheidsmeting wordt uitgevoerd. Deze indirecte methode berust op het meten van de geleidbaarheid van de vloeistof, welke is verkregen na schudden van het te bepalen monster met zout en een ethylalcohol-acetonmengsel. De geleidbaarheid

is recht-evenredig met de zoutconcentratie welke op haar beurt weer afhankelijk is van de waterconcentratie. De correlatie-coëfficiënt tussen procenten vocht en mmho's was 0,998. De gemiddelde afwijking bedroeg 0,2%. De temperatuurcoëfficiënt van de geleidbaarheid van het ethyl-alcohol-aceton/water-zout-systeem was ongeveer 0,67% per graad Celsius.

Wilde en Spyridalcis (26) beschrijven een snelle veldmethode, die gebaseerd is op het feit, dat het absolute drooggewicht van vochtige grond verkregen kan worden door de grond in water te wegen. Ze gaan hierbij als volgt te werk. Een erlenmeyer, gevuld met water wordt gewogen, terwijl hij zich in water bevindt. Het te onderzoeken grondmonster wordt gezeefd; 40 g monster wordt in de erlenmeyer gedaan met 50 ml water. Na het schudden wordt de erlenmeyer verder gevuld met water en weer gewogen, terwijl deze zich in het bekerglas met water bevindt.

Het vochtgehalte wordt met behulp van een formule berekend en uitgedrukt in procenten van de droge grond. In deze formule komt het s.g. van de grond voor. Indien hiervoor een geschatte waarde wordt gebruikt, kan de waarschijnlijke fout groter zijn dan 2%. Voor nauwkeurigere bepalingen moet dan ook het s.g. worden bepaald, wat uiteraard een beperking voor deze methode inhoudt.

Volume percentages vocht kunnen met deze methode eveneens worden berekend. Een bekend volume grond wordt daartoe zowel in lucht als in water gewogen. Larsen en Widdowson (27) beschrijven een vochtbepaling door middel van een geleidbaarheidsmeting. Hiertoe wordt een bekende hoeveelheid van de te bepalen grond toegevoegd aan een eveneens bekende hoeveelheid 0,5 molair  $\text{CaCl}_2$ -oplossing. Na schudden en filtreren wordt de geleidbaarheid van het filtraat gemeten. Met behulp van een formule, waarin ook de geleidbaarheid van de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing is verwerkt, kan het vochtpercentage worden berekend. Om fouten door temperatuurvariatie te vermijden, worden alle oplossingen via een waterbad op 25°C gebracht alvorens wordt gemeten.

Prihar en Sandhur (28) beschrijven een snelle methode van vochtbepaling, waarbij aan een bekende hoeveelheid vochtige grond een bekend volume vloeistof wordt toegevoegd. De volumetoeneming wordt met behulp van een gecalibreerde buis - als stop op de fles gemonteerd -

*gemeten.*



Het soortelijk gewicht moet bekend zijn. Ook hier kan met een formule het vochtgehalte worden berekend.

Leley, Sarwarkaz en Badwal (29) maken voor de vochtbepaling gebruik van de weerstandsverandering van propanol-2 door toevoeging van water. Het grondmonster wordt namelijk geschud met propanol en <sup>na</sup> filtreren wordt de weerstand van het filtraat gemeten. De verhouding weerstand / vochtgehalte is niet lineair. Het zoutgehalte en de pH zouden niet van invloed zijn.

Lang (31) meet grondwaterpotentialen ter plaatse met behulp van een psychrometer volgens het Spanner-type. Het beschreven apparaat om grondwater te meten bestaat uit een kooi, waarbinnen het thermokoppel zich bevindt. Calibratie vindt plaats met behulp van NaCl-oplossingen, gebracht op filtreerpapier, waarmee de wanden worden bekleed van kamertjes met dezelfde afmetingen als de kooi.

Bij deze meting wordt gebruik gemaakt van het Peltier-effect. Een temperatuurbeheersing van  $0,02^{\circ}\text{C}$  is noodzakelijk.

Literatuurverwijzing

1. Slatyer, R.O. (1967) Plant-water relationships  
Academic Press. London and New York
2. Aitchison, G.D., Butler, P.F. and Gurr, C.G. (1951)  
Techniques associated with the use  
of gypsum block soil meters.  
Aust.J.Appl.Sci. 2 , 56-75
3. Thun, R. (1955)  
Methodenbuch.  
(Handbuch der Landwirtschaftlichen  
Versuchs- und Untersuchungsmethodik)  
Neumann Verl. Radebeul und Berlin, 46
4. Uhlig, S. (1954)  
Die Charakterisierung der Bodenfeuchte-  
verhältnisse mit Hilfe relativer Zahlen-  
werte. Z.acker-u.Pfl.Bau. 98, 313-324
5. Baier, W. (1952)  
Ergebnisse der Bodenfeuchte-untersuchungen  
in Stuttgart-Hohenheim. Ber. dtsh. Wetter-  
dienstes U.S. Zone 37
6. Uhlig, S. (1951)  
Die Untersuchung und Darstellung der  
Bodenfeuchte. Ber. dtsh. Wetterdienstes  
U.S. Zone 30
7. Pfau R. (1958)  
Statistische Bearbeitung von Bodenfeuchtig-  
keitswerten. Ber. dtsh. Wetterdienstes 46
8. Czeratzki, W. (1958)  
Bodenphysikalische Probleme des Boden-  
wasserhaushaltes und der Feldberechnung.  
Landb. Forsch. 8, 85-89
9. Schulz, H.G. (1958)  
Torffeuchtemessungen mit dem C/M. Gerät.  
Torfnachrichten, 9, 3-4.
10. Bolt, G.H. (1958)  
De bepaling van het vochtgehalte en het  
volumegewicht van de bodem met behulp van  
neutronen en X-stralen.  
Landbk. Tijdschrift 70 : 282-286
11. Bloemen, G.W. (1962)  
Enige ervaringen bij het meten van vocht-  
gehalten met behulp van neutronen.  
Meded. I.C.W. No. 30
12. Burgh, P. v.d. (1963)  
Vochtgehalte in de bodem, gemeten met  
behulp van neutronen.  
Cultuurtechniek 1 : 3-9.

13. Richards, L.A. (1949) Methods of measuring soil moisture tension.  
Soil Science 68 : 95-112
14. Miller, R.D. (1951) A technique for measuring soil moisture tensions in rapidly changing systems.  
Soil Science 72 : 291-301
15. Haise, H.R. and Kelley, O.J. (1950) Causes of diurnal fluctuations of tensiometers.  
Soil Science 70 : 301-313
16. Klute, A. and Gardner, W.R. (1962) Tensiometers response time.  
Soil Science 93 : 204-207.
17. Klute, A. and Peters, D.B. (1962) A recording tensiometer with a short response time.  
Soil Science Society Proceedings 26 : 87-88
18. Strebel, O, Giesel, W. Renger, M. and Lorch, S. (1970) Automatische Registrierung der Bodenwasserspannung im Gelände mit dem Druck aufnehmer Tensiometer.  
Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 126 : 6-15.
19. Gardner, G. (1955) Relation of temperature to moisture tension of soil.  
Soil Science 79 : 257-265
20. Bouyoucos, G.J. and Mick, A.H. (1948) A fabric absorption unit for continuous measurement of soil moisture in the field.  
Soil Science 66 : 217-232
21. Bouyoucos, G.J. (1949) Nylon electrical resistance unit for continuous measurement of soil moisture in the field.  
Soil Science 67 : 319-330
22. Colman, E.A. and Hendrix, T.M. (1949) The fiberglass electrical soil-moisture instrument.  
Soil Science 67 : 425-438.
23. Haucock, C.K. and R.L. Burdick (1957) Rapid determination of water in wet soils.  
Soil Science 83 : 197-205

24. Bourget, S.J.; Elrick, D.E. and Tanner, C.B. (1958) Electrical resistance units for moisture measurements : Their moisture hysteresis, uniformity and sensitivity.  
Soil Science 86 : 298-304
25. Linder, R. ; Lotschert, W. (1958) Eine neue Elektrode zur Bestimmung der Physiologische wirksamen Bodenfeuchtigkeit.  
Zeitschrift für Pflanzenernährung Düngung Bodenkunde 82 (127): 33-37
26. Wilde, S.A. and Spyridalcis, D.M. (1962) Determination of soil moisture by the immersion method.  
Soil Science 94 : 132-133
27. Larsen, V.S. and Widdowson, A.E. (1966) Determination of soil moisture by electrical conductivity.  
Soil Science 101 : 420
28. Prihar, S.S. and Sandhur, B.S. (1968) A rapid method of soil moisture determination.  
Soil Science 105 : 142-144
29. Leley, V.K.; Sawarkaz, N.J. und Badwal, L.K. (1971) Elektrometrische methode zur Bestimmung der Feuchtigkeit von Böden.  
Analyst 96 : 460-462
30. Bloodworth, M.E. and Page, J.B. (1971) Use of thermistors for the measurement of soil moisture and temperature.  
Soil Science Society. Proceedings 21 : 11-15
31. Lang, A.R.G. (1968) Psychrometric measurement of soil water potential in situ under cotton plants.  
Soil Science 106 : 460-464
32. Phene, C.J.; Rawlins, S.L. and Hoffman, G.J. (1971) Measuring soil matric potential in situ by sensing heat dissipation within a porous body II. Experimental results.  
Soil Science.Soc.Amer.Proc. 35 :225-229
33. Remson, I. and Randolph, J.R. (1958) Rootgrowth near tensiometer cups as a cause of diurnal fluctuations of readings.  
Soil Science 85 : 167-171
34. Leonard, R.A. and Low, Ph. F. (1962) A self-adjusting, null point tensiometer.