

NN31545.0011

Enige opmerkingen over de bepaling van pF-curven.

DE HA
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

Buckingham voerde in 1907 het begrip capillaire potentiaal in; deze grootheid kon als maat dienen voor de bindingsenergie van het vocht in de grond en was gelijk aan de energie, die aangewend moest worden om de massaeenheid water van een bepaald punt in de grond te brengen naar een vlak, waar de potentiaal = 0 was (freatisch oppervlak). Gardner stelde in 1922 voor om van vochtpotentiaal te spreken, daar niet alleen capillaire krachten, doch ook adsorptiekrachten de potentiaal in een bepaald punt bepalen, en definieerde deze (vocht)potentiaal als de arbeid nodig om de eenheidsmassa water te brengen van potentiaal = 0 (vrij wateroppervlak) naar een punt, waar men de potentiaal wil bepalen. Op een hoogte h boven het vrije wateroppervlak is deze potentiaal in een niet verzadigde grond = - (g x h).

Om het -teken te omzeilen wordt de potentiaal uitgedrukt als zuigspanning of onderdruk, welke grootheden dan positief zijn.

Samenhang tussen pF en poriëndiameter.

Tevens geeft de potentiaal de totale druk van de oppervlaktespanning bij een gekromd vloeistofoppervlak weer, die voor een cilindrisch capillair gelijk is aan: $2H \cos a$. (H = oppervlaktespanning, r = straal capillair en a = contacthoek^r tussen water en wandoppervlak).

Over het algemeen zal a weinig van 0 verschillen en mag $\cos a = 1$ gesteld worden.

Nu is $2H \cos a = g \times h$ of $h = \frac{2H}{g}$ ($a \approx 0^\circ$).

Wordt de ^roppervlaktespanning uitgedrukt in dynes per cm en de versnelling van de zwaartekracht in dynes per cm² dan is bij 20° C:

$$h = \frac{2 \times 72,75}{981 \times r} = \frac{0,1483}{r} \text{ of } \approx \frac{0,30}{d}$$

waarin h = hoogte van de waterkolom in cm boven het vrije wateroppervlak

d = doorsnede van het capillair in cm.

De zuigspanning kan uitgedrukt worden in centimeters waterkolom, in mm of centimeters kwikkolom, in atmosfeer of in bars of millibars.

Daar de zuigspanning van het water in de grond kan variëren van 0 tot 10⁷ cm water, is door Schofield in 1935 het symbool pF ingevoerd om in een geschiktere schaal te kunnen werken. In analogie van de pH betekent pF de ¹⁰logarithme van de zuigspanning uitgedrukt in cm waterkolom, waarin F het symbool is voor "Free energy". De samenhang tussen pF en poriëndiameter wordt gegeven door: $pF = -0,523 - \log d$.

131/0659/30/1



0000 0672 1100

1787 032

Laboratorium methoden voor het bepalen van vochtspanningscurven.

a) onderdruk. Onder de eerst verzadigde monsters wordt via een membraan, waarvan de poriëndiameter dusdanig moet zijn dat bij de gewenste onderdruk geen lucht wordt doorgelaten, een onderdruk aangebracht. Dit kan geschieden door middel van een waterstraalpomp, elektrisch aangedreven pomp, of een water- of kwikkolom. Het moment waarop de vochtspanning van het bodemwater in evenwicht komt met de aangelegde onderdruk kan bepaald worden door weging van de monsters of door aflezing van het niveau, waarop het uit het monster afgezogen water zich in een gecalibreerde buis bevindt.

Daar geen grotere onderdruk dan 1 atmosfeer ingesteld kan worden, is de onderdrukmethode beperkt tot het pF-traject 0-3.

De membranen kunnen onder andere vervaardigd zijn van ceramisch materiaal, glassinters en glasparels. Voor onderzoek van een groot aantal monsters tegelijk zijn proeven gedaan met platen van filtreerpapier en asbest, waarmee onderdrukken tot 40 à 60, respectievelijk 150 cm water (pF 1,6 à 1,8 respectievelijk 2,2) gerealiseerd kunnen worden.

Recente proefnemingen in het laboratorium van de Bodemkundige afdeling van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid met een met fijn zand gevulde bak, waarin een bepaald waterniveau ingesteld kan worden, lijken veelbelovend. Afzuigwaarden tot ca 100 cm water kunnen hiermede bereikt worden; proeven om tot hogere waarden te komen zijn nog gaande.

b) overdruk.

Het pF-traject dat bestreken kan worden, is uitgestrekt; namelijk van 0-1000 atmosfeer; het traject van 0-15 atmosfeer wordt veruit het meest onderzocht. De apparatuur bestaat uit een drukkamer, waarin de vooraf verzadigde monsters op een membraan gebracht worden, dat vervaardigd is van ceramisch materiaal, cellophaan of een cellulose-achtige verbinding.

Voor drukken tot ca 2 atmosfeer wordt vaak gebruik gemaakt van een in de handel verkrijgbare pressurecooker, waarin 1 of meer membraan-lagen opgebouwd kunnen worden.

c) centrifuge-methode.

Deze methode wordt voornamelijk in Amerika gebruikt voor het bepalen van het moisture equivalent, dit is het vochtgehalte dat achterblijft in een monster van 0,5 of 1 cm dikte na 30 minuten onderhevig te zijn geweest aan

een gravitatiekracht van 1000 g. Het moisture equivalent blijkt in de praktijk ongeveer overeen te komen met een vochtgehalte, verkregen door afzuiging met $1/3$ atmosfeer, wat weer een benadering is van de veldcapaciteitswaarde.

Met ultracentrifuges zouden krachten, overeenkomend met pF 4,5 en meer, aangelegd kunnen worden.

De centrifugemethode is vrijwel beperkt gebleven tot de bepaling van het moisture equivalent omdat met zeer kleine monsters (in geroerde toestand) gewerkt moet worden daar de samendrukking van het monster het resultaat kan beïnvloeden; deze invloed is pas verwaarloosbaar als de monsters 0,5 cm dik of minder zijn. Ook kan door temperatuursverhoging tijdens het centrifugeren verdamping van het water uit het monster optreden.

De samenhang tussen pF en omwentelingssnelheid is als volgt:

$$pF = 10 \log \left(\frac{r_1 - r_2}{2} \frac{C\omega^2}{g} \right).$$

r_1 = afstand monster tot het midden van de as van de centrifuge.

r_2 = afstand vrij wateroppervlak tot het midden van de as van de centrifuge

$C\omega$ = hoeksnelheid

g = versnelling van de zwaartekracht.

d) vriespuntsdaling.

Water, dat in de grond onder een zuigspanning verkeerd, bevriest bij een lagere temperatuur dan vrij water. Het grondmonster komt in een vat, dat omgeven is door een koudmakend mengsel. De vriespuntsdaling wordt geregistreerd door een gevoelige thermometer; het verband tussen pF en vriespuntsdaling ($t^\circ C$) wordt gegeven door $pF = 4,095 + 10 \log t$.

Deze methode vindt weinig toepassing vanwege het feit dat de structuur door plotseling bevroren verandert, (afname van het volumegewicht) en doordat zeer hoge technische eisen aan de apparatuur gesteld moeten worden.

Het pF-traject dat bestreken kan worden is ongeveer pF 3-4.

e) dampspanningsevenwicht.

Hierbij laat men de dampspanning van het water in de grond in evenwicht komen met de heersende dampspanning boven een zwavelzuur-watarmengsel of boven een verzadigde zoutoplossing. In Duitsland wordt vaak de zogenaamde hygroscopticiteitscoëfficiënt bepaald volgens de methode Mitscherlich,

waarbij het bodemvochtgehalte in evenwicht kwam met de dampspanning boven een 10% H_2SO_4 -watermengsel ($pF \pm 5$); deze coëfficiënt wordt onder andere wel gebruikt om de "kleinste Wasserkapazität" (= veldcapaciteit) en het gehalte aan "totes Wasser" te berekenen door vermenigvuldiging met $4\frac{1}{2}$, respectievelijk 2 à 3. Uiteraard is deze benaderingswijze bijzonder grof.

De bij een bepaalde dampspanning geadsorbeerde hoeveelheid water kan beschouwd worden als een maat voor de actieve oppervlakte van de grond, waarbij echter de ionenbezetting van invloed is.

De methode heeft zich beperkt tot het pF-traject 4,5-7,0, dat wil zeggen voor dampspanningen, overeenkomend met een relatieve vochtigheid van kleiner dan 97,5%. In het voor de plant belangrijke vochtspanningstraject pF 2,0-4,2 (relatieve vochtigheid $\pm 99,99-98,85\%$) werden geen bepalingen gedaan vanwege de strenge eisen die aan de juiste instelling van de vereiste dampspanning en het nauwkeurig handhaven van de temperatuur gesteld werden.

Recent onderzoek in Engeland en Amerika heeft echter nieuwe perspectieven geopend voor het meten van hoge relatieve vochtigheden in het traject 95-99,98% (pF 2,5-4,8).

Hoewel de dampspanningsevenwichtinstelling niet voor massa-onderzoek in aanmerking komt (kleine monsters, lange evenwichtsinsteltijd, strenge technische eisen) kan de bepaling voor een belangrijk pF-traject dienen als controle op de overdrukmethode en voor een klein pF-traject mogelijk ook voor de onderdrukmethode. Bovendien is het de geëigende methode om het hysteresiseffect na te gaan, daar een bepaalde evenwichtsinstelling gelijktijdig zowel van de droge als van de natte zijde benaderd kan worden.

pF-bepalingen in Nederland

Met de onderdrukmethode worden bepaald pF 0,4; 1,0; 1,5; 2,0; 2,3 en 2,7, waarbij gebruik gemaakt wordt van ceramische- of glassinter plaatjes. In de naaste toekomst zal waarschijnlijk algemeen de "zandbak"-methode worden toegepast.

Met de overdrukmethode worden de pF-waarden 3,4 en 4,2 bepaald, hierbij worden cellophaanmembranen gebruikt.

Ook laat men op enkele laboratoria het bodemwater in grondmonsters in evenwicht komen met de dampspanning van de atmosfeer; bij een relatieve vochtigheid van 50% is de pF-waarde 6,0.

Bodemvochtconstanten

1. Veldcapaciteit

Dit is de maximale waterhoeveelheid die capillair kan worden vastgehouden in een grond, die vrij kan draineren en waarbij geen grondwaterstandsinvloed aanwezig is.

Na irrigatie of overvloedige regenval komt de grond op veldcapaciteit als de capillaire krachten de zwaartekracht gaan overheersen.

De veldcapaciteit is een momentopname tijdens het uitzakkingsproces van het water in de grond; het is duidelijk dat deze opname bij een kleigrond later na irrigatie of beregening zal moeten geschieden dan bij een zandgrond.

Recente Amerikaanse literatuur geeft lagere pF -waarden voor de veldcapaciteit dan de vroeger gevonden pF 2,7; vaak wordt of pF 2,5 (340 cm water) of pF 2,0 (100 cm water) opgegeven. Onderzoekingen in Nederland, Engeland en Scandinavië wijzen erop dat de veldcapaciteit in de buurt van pF 2,0 ligt. Anderzijds is in België gevonden dat de veldcapaciteit ongeveer pF 2,5 bedroeg.

Uit deze verschillende cijfers moge blijken dat het bezwaarlijk is de veldcapaciteit aan een bepaalde pF te koppelen; de literatuuropgaven variëren zelfs van 50 tot 1000 cm waterkolom zuigspanning (pF 1,5-3,0).

Het verwelkingspercentage

Hieronder wordt verstaan het vochtgehalte van een grond, waarbij de plant de eerste tekenen van verwelking vertoont en zich daarvan gedurende 12 uur in donker in een verzadigde atmosfeer niet herstelt.

In Amerika wordt nog wel eens onderscheid gemaakt tussen "first permanent wilting point", waarbij de eerste verwelkingsverschijnselen optreden en het "ultimate wilting point", waarbij totale verwelking, ook van de top van de plant, optreedt en waarvan geen herstel meer mogelijk is.

Het eerste verwelkingspunt zou worden bereikt in het zuigspanningstraject van 5-13 atmosfeer (pF 3,7-4,1), het "ultimate" verwelkingspunt zou liggen tussen 20 en 40 atmosfeer (pF 3,4-4,6).

Uit andere onderzoekingen kwam naar voren dat het eerste verwelkingspunt zou liggen tussen 10 en 20 atmosfeer; voor de meeste gronden werd een goede correlatie tussen verwelkingsvochtgehalte en het vochtgehalte, verkregen met een overdruk van 15 atmosfeer, gevonden; het 15 atmosfeer-vocht-

gehalte wordt algemeen als de ondergrens van de beschikbare hoeveelheid water voor de plant aangehouden.

Hoeveelheid beschikbaar water

Hieronder wordt verstaan de hoeveelheid water die tussen veldcapaciteit en verwelkingspunt voor de plant beschikbaar is. Deze hoeveelheid kan per dm bovengrond variëren van 6 mm (duinzand) tot meer dan 40 mm (veengrond).

Bij slibrijke gronden kan het luchtgehalte soms eerder als beperkende groeifactor optreden dan het watergehalte.

Uit onderzoek naar correlaties tussen de hoeveelheid beschikbaar vocht en slib-, humusgehalte en U-cijfer is gebleken dat het niet mogelijk is hiervoor een algemeen geldende formule op te stellen.

Wel kan voor een bepaald gebied of een bepaalde streek een redelijk betrouwbare formule opgesteld worden. Het onderzoek hiernaar wordt voortgezet.

Wageningen 26. juni 1959

ir. W.P. Stakman