



comunicacions

IV CONGRÉS ICEA

Tarragona, 20 i 21 d'octubre de 2000

MESURA DE LA HUMITAT DE SÒLS AGRÍCOLES AMB TÈCNiques DE IMPEDÀNCIA ELÈCTRICA: COMPARACIÓ DEL TDR I EL GEO-RADAR.

Maria Vilas⁽¹⁾, Ramon Josa⁽²⁾, i Albert Casas⁽¹⁾.

⁽¹⁾ GPPG, Universitat de Barcelona.

C/Martí i Franquès, s/n, Zona Universitària Pedralbes 08071 Barcelona

⁽²⁾ Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. C/Urgell 187, 08036 Barcelona.

RESUM

La gestió correcta de l'aigua és una necessitat i una exigència social molt important pel desenvolupament de l'agricultura moderna. El seguiment en continu de l'estat d'humitat del sòl per tal de adequar les dosis de reg, és una alternativa al sistema del balanç hídric. Utilitzar les característiques elèctriques per a mesurar la humitat del sòl permet el seguiment temporal, ja que la mesura és immediata i no destructiva. En aquesta comunicació es presenten els resultats obtinguts en comparar dos mètodes (geo-radar i TDR) basats en variacions de la permitivitat elèctrica del sòl associades al seu estat d'humitat. Es contrasten amb els resultats obtinguts pel mètode de referència, se'n dedueix la seva idoneïtat i se'n presenten alguns avantatges.

INTRODUCCIÓ

L'aplicació de les dosis òptimes d'aigua, en l'agricultura s'aconsegueix de forma força precisa, a partir del balanç hídric, el control de la quantitat d'aigua que reté el sòl i el consum diari.

És possible obtenir la mesura de l'aigua retinguda pel sòl de forma fiable, immediata i repetitiva mitjançant tècniques no destructives i relativament fàcils de realitzar. Entre aquestes tècniques, cal destacar les que mesuren la constant dielèctrica del terra. Aquesta variable depèn dels tres components del sòl: fracció sòlida, aigua i aire. Atenent a que la proporció de sòlid en la major part dels sòls, es pot considerar constant, el canvi del comportament dielèctric del terra és atribuïble a la proporció d'aire i d'aigua que conté.

La constant dielèctrica (permitivitat) del sòl (incloses les tres fases) es pot determinar mitjançant mètodes geofísics que utilitzen el temps de desplaçament (anada i tornada) d'una ona electromagnètica enviada a través del terra i recollida per una antena. Aquestes mesures es poden realitzar amb equips com el geo-radar i l'ecòmetre de cable d'alta resolució, també conegut amb les sigles TDR (time domain reflectometry).

Amb aquest estudi es pretén comparar els resultats de la humitat del sòl obtinguts mitjançant aquest dos mètodes no destructius i el mètode de referència. En el cas del geo-radar la humitat s'obté a partir de la diferència de temps entre l'arribada de l'ona directa per l'aire i la primera ona que es desplaça a través del sòl. En el cas del TDR, la humitat del sòl es relaciona amb la longitud aparent d'una sonda clavada en el terra.

MATERIAL I MÈTODES

L'experiència es va realitzar en unes parcel·les experimentals localitzades a torre Marimon (Caldes de Montbui, Vallès Oriental), en un sòl carbonatat, de textura franco-arenosa (53% arena, 40% llim i 7% argila). Les condicions de la superfície del

sòl eren les corresponents a l'estat de presembra i la densitat aparent del sòl en el moment de l'experiment era de 1.47 g/cm³.

El disseny de l'experiment va consistir en fer en dues tandes de mesures. La primera en les condicions actuals d'humitat del sòl (humitat mitjana de 0.15), amb 30 punts de mesura. Després es va aplicar un reg d'uns 80 mm d'aigua i finalment, es va mesurar el mateix grup de punts en condicions més humides (0.20).

S'ha mesurat la humitat del terra utilitzant tres tècniques diferents: geo-radar, TDR i el mètode de pèrdua de pes de la mostra humida per escalfament a 105°C. Aquest darrer mètode s'ha pres com a mètode de referència per comparar amb els altres dos.

El geo-radar (Ground Penetrating Radar o GPR) està format per una font d'emissió d'ones que s'aplica des de la superfície del terra, un sistema de recepció d'ones a la superfície, un sistema de mesura del temps d'arribada de l'ona i d'una unitat de processat i representació de les dades. Consisteix en enviar una ona electromagnètica de molt poca durada a través del terreny mitjançant l'antena transmissora, quan aquesta ona arriba a un canvi en les propietats del medi, part de l'energia és reflectida cap a la superfície i part continua viatjant cap a profunditats més grans. Finalment, aquesta energia arriba a la superfície on és captada per l'antena receptora. La primera ona en arribar a la antena receptora és l'ona directa per l'aire, la segona és l'ona directa pel sòl, és a dir la que viatja per la part superior d'aquest (veure figura nº 1). Aquesta segona ona té una velocitat més baixa. Més tard arriben les ones reflectides pels diferents límits entre capes.

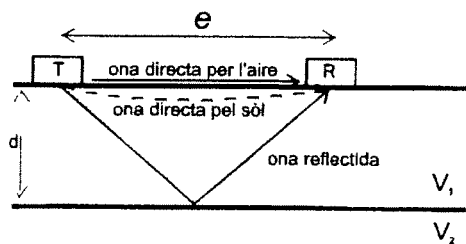


Figura 1: esquema del funcionament del geo-radar.

Per relacionar la velocitat de propagació de l'ona (V) a través del sòl amb la seva humitat es fa servir l'equació:

$$V = \frac{c}{\sqrt{k_a}}$$

on K_a és la permitivitat dielèctrica del sòl calculada mitjançant el geo-radar, i c és la velocitat de l'ona en el buit (Davis i Annan, 1989).

El TDR consta d'una unitat emissora i receptora de l'impuls electromagnètic, un cable coaxial pel qual viatja l'ona i una sonda de 20 cm de llarg i de tres varetes. El mètode consisteix també en enviar un impuls electromagnètic des de dins del sòl, però aquesta vegada l'ona viatja a través del cable i una de les varetes i retorna al receptor per les perifèriques. En la pantalla es veu el punt inicial i el final de la sonda, i es calcula la seva llargada aparent. Depenent de l'estat del sòl la mateixa sonda pot tenir diferent llargada aparent (si és humit serà molt més llarga que si és sec). L'equació usada per calcular la permitivitat dielèctrica relativa (ϵ) és:

$$\epsilon = \left(\frac{ct}{2l} \right)^2$$

c correspon a la velocitat de propagació de l'ona a través del buit i t és el temps que tarda l'ona en fer el trajecte $2l$ (Dalton, 1992). Després de calcular la permitivitat dielèctrica es pot calcular la humitat del sòl utilitzant la fórmula empírica de Topp et al (1980) i la de Roth et al (1990). La primera equació només depèn de la permitivitat, mentre que la segona utilitza la temperatura del sòl, la porositat, l'anisotropia del sòl i també les diferents permitivitats de cada una de les fases del sòl (sòlid, líquid i gas).

RESULTATS I DISCUSSIÓ

S'ha comparat la humitat del sòl, calculada mitjançant el mètode de referència amb els resultats del TDR i geo-radar utilitzant les dues aproximacions. En la figura nº 2 es pot observar que la corba de correlació és una mica millor amb el TDR utilitzant l'equació empírica de Topp et al (1980), però amb tots dos mètodes hi ha una bona correlació. Els resultats són similars als que s'obtenen amb la segona equació (Roth et al, 1990), no obstant en aquest cas el pendent de la corba i la correlació són una mica menors. De forma semblant al cas anterior el TDR dona uns valors més ajustats que el geo-radar.

En la gràfica de la figura nº 3 es pot observar la humitat pel mètode de referència comparada amb la permitivitat dielèctrica calculada mitjançant el geo-radar. S'ha seleccionat una corba polinòmica de tercer ordre per poder-lo comparar amb l'equació de Topp et al (1980).

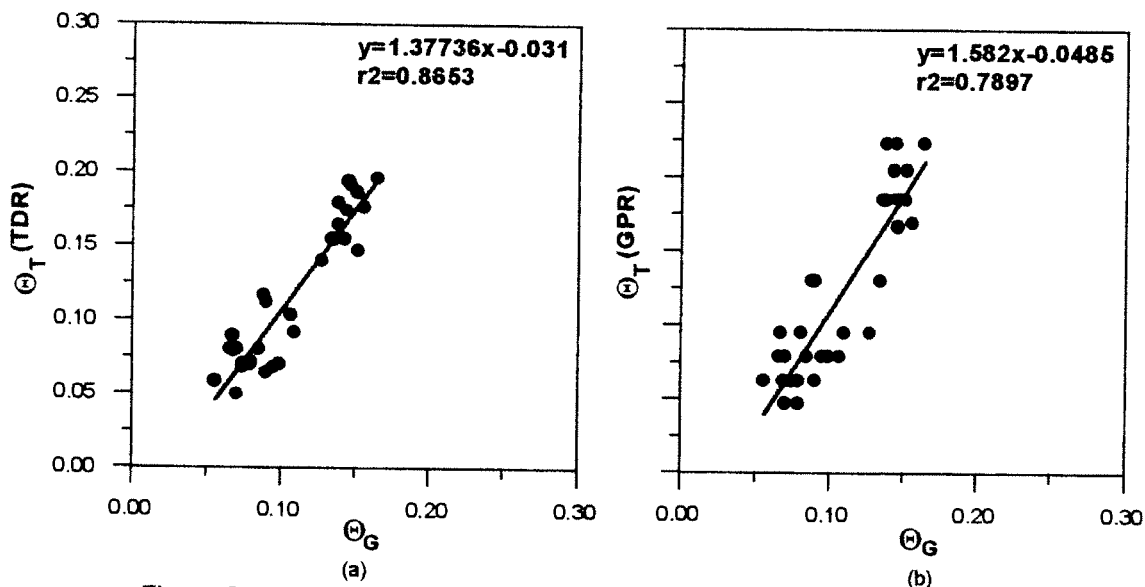


Figura 2: correlacions obtingudes comparant la humitat calculada mitjançant el mètode de referència amb TDR (a) i Geo-radar (b) utilitzant Topp et al (1980).

En sòls franc-arenosos i sota l'ús agrícola similar a les condicions experimentals, els valors de la humitat del sòl calculats mitjançant geo-radar i TDR tenen alts

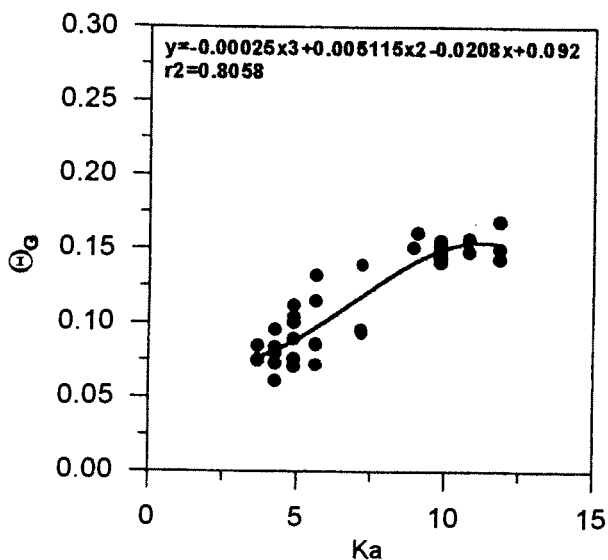


Figura 3: comparació entre la humitat calculada pel mètode de referència i la permitivitat dielèctrica utilitzant el geo-radar.

coeficients de correlació utilitzant qualsevol de les dues aproximacions. Quan es fa un seguiment de la humitat del sòl, pot tenir avantatges utilitzar Roth et al (1990) per obtenir resultats més consistents. Ja que les mesures poden ser obtingudes en un ample rang de condicions de temperatura i densitat aparent del sòl.

Com a conclusió es pot dir que el geo-radar ha provat que era una eina molt útil per la determinació del contingut d'humitat de la capa superior del terra si s'utilitzen les

dues ones directes (per l'aire i per la superfície del terra). Cal dir, però que la interpretació dels radargrames, es encara complexa i lenta, tot i que previsiblement, en un futur pròxim es simplificarà i s'automatitzarà.

Per últim, un aspecte interessant a tenir en compte és la possibilitat que en un futur pot oferir la tecnologia del geo-radar per poder facilitar la cartografia de l'estat d'humitat del sòl en diferents moments i per tant adequar-hi la realització de les labors, a fi d'obtenir-ne el màxim rendiment.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Davis, J.L.; Annan, A.P. (1989). "Ground-Penetrating Radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy". *Geophysical Prospecting* vol. 37, p. 531-551.
- Roth, K.; Schulin, R.; Fluhler, H.; Attinger, W. (1990). "Calibration of time domain reflectometry for water content measurement using a composite dielectric approach". *Water Resources Research* núm.- 26, p. 2267-2273.
- Topp, G.C.; Davis, J.L.; Annan, A.P. (1980). "Electromagnetic determination of soil water content using TDR: I. Applications to wetting fronts and steep gradients". *Soil Science Society American Journal*, núm. 46, p.672-684.
- Vilas, M.; Josa, R. Casas, A. (1999). "Comparing GPR and TDR for soil water monitoring in agricultural medium". International Conference Envirowater99 on Emerging Technologies for Sustainable Land use and water management. Lausanne, Suïssa.

AGRAÏMENTS

Aquest treball s'ha efectuat sota el projecte VAHMPIRE (Validating hydrological models using process studies and internal data from research basins) del programa de Mediambient i Clima de la Unió Europea (ENV4-CT95-0134).