

Калибриране на FDR сензор за специфична почва при измерване на почвена влажност

Светослав Атанасов

Soil Moisture Measuring - FDR Sensor Soil Specific Calibration: *This article is related to scientific dissertation research including also soil moisture measuring in tomatoes greenhouse in the region of Plovdiv. A short overview of current technologies for measuring soil moisture in situ is made. In the experimental section wireless soil moisture sensor is used. A known method for manual calibration of the FDR sensor is used and applied to specific type of soil. Made are the necessary measurements and results were analyzed.*

Keywords: *soil moisture measuring, calibrating FDR sensors, soil specific sensor calibration.*

ВЪВЕДЕНИЕ

FDR/ECH₂O сондите измерват обемното водно съдържание на почвата (Volumetric Water Content, VWC) чрез измерване на диелектричната ѝ константа (проницаемост), която в идеалния случай е обикновена функция от първи ред на водното съдържание. Поради вариации в обемната плътност на почвата, минералогията, текстурата и солеността, първоначалната минерална калибровка на съвременните FDR/ECH₂O сензори (EC-5, 10HS) рефлектира в приблизително ± 3-4% точност за повечето минерални почви и приблизително ± 5% при субстрати (минерална вата и др.) [3]. Все пак, точността може да бъде увеличена до ± 1-2% за всички почви и субстрати при използване на калибриране за специфичния тип почва.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Инструменти за измерване на водно съдържание in situ

При полевите измервания стойността на водното съдържание се получава на място посредством измервателни уреди по косвен способ, например в резултат от зависимостта между параметри като диелектричната константа/проницаемост на почвата и актуалното водно съдържание и т.н.

Съществуват следните инструменти – сонда за неутронна термализация, двуиглова сонда с топлинен импулс и сонди базирани на връзката между водното съдържание и диелектричната ѝ проницаемост (диелектрични инструменти).

Неутронната термализация е най-старият метод. Използва малък радиоактивен източник като инструмент, който излъчва в почвата епитермални неутрони, които взаимодействайки с водорода в почвата се забавят. Количеството на създадените се термонеутрони може да се свърже с количеството водородни атоми в почвата и оттам с количеството влага в нея. Отчитането става от 14 сек до 2 min, а обемът на измерване/влияние е от 10 до 20 cm в радиус (най-голям), в зависимост от водното съдържание. Недостатъци са радиацията, тежкото и скъпо оборудване (цялата система за около \$5000) [6, 7, 9].

При метода с топлинен импулс се използва факта, че промяната в способността на почвата да съхранява топлина строго зависи от водното съдържание. Може да се създаде калибриране, което свързва способността за съхраняване на топлина на почвата с VWC. Едната игла съдържа нагревател, а другата устройство за измерване на температурата. Използва се пикът на температурата, калкулира се топлинния капацитет и се конвертира в VWC. Изисква логер с прецизно температурно измерване и са много чувствителни поради малкото разстояние между иглите и много чупливи.

Диелектричните инструменти използват или рефлектومتрия във времевата област (Time Domain Reflectometry, TDR), или рефлектومتрия във честотната област (Frequency Domain Reflectometry, FDR) – капацитивни диелектрични сензори.

При TDR се създава импулс електромагнитна радиация, който отива до сондата и се връща. Времето за което заряда се намира в самата сонда е в пряка зависимост със способността на почвата около сензора да съхранява част от електромагнитния заряд. А тази способност се създава именно от водата, намираща се в почвата. Тези системи са много скъпи и сложни (\$4000-8000) [6, 7, 9].

При нашия експеримент, свързан с дисертационно изследване и на влажността на почвата в оранжерия с домати и нейната връзка с други параметри на микроклимата и съвместното им влияние върху някои външни характеристики на растението, сме се спрели на FDR сензор, поради достъпната му цена (логер, приемник и сензор в рамките на няколко стотин долара), актуалността му и лесна приложимост от фермерите. Другото му предимство е, че е безжичен, а принципа му на действие е обяснен в следващата точка.

2. Материали и методи

На следващата фиг. 1 е изобразен използвания в експеримента безжичен сензор:



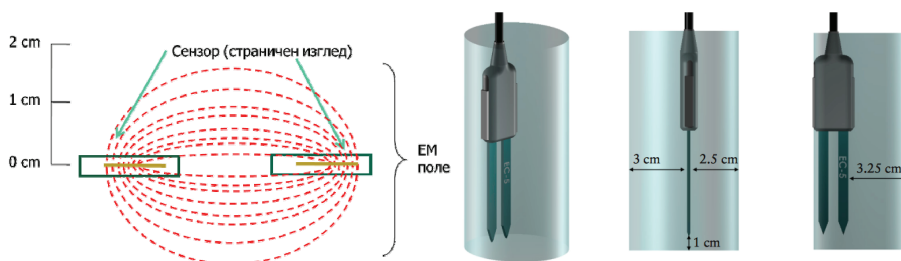
- **Диапазон на измерването:** 0 до 100% VWC (m^3/m^3)
- **Обхват на предаване:** 150 до 300 m при чиста линия на видимост.
- **Точност:** - 3.1% (m^3/m^3)
- **Време за реакция:** 3 min при движение на въздуха 1 m/s; 30s във вода.
- **Честота на дискретизация:** 1 отчитане показанието на сензора на минута.
- **Живот на батерията:** обикновено 1 г. без зареждане; обикновено 3 г. със зареждане през соларния панел.
- **Размер:** 16.5 cm x 5 cm; 3.7 m кабел
- **Резолюция:** 0.07% (m^3/m^3)
- **Работен диапазон:** -20° до 50°C
- **Wireless Data Standard:** IEEE 802.15.4, 2.4 GHz ISM band

Фиг.1. ZigBee безжичен сензор за почвена влажност W-SMC и параметри [11]

VWC се получава по косвения метод посредством диелектричната прониктаемост на всички материалите съставляващи почвата - диелектричната константа на водата е около 80, тя е безмерна величина, която описва колко добре материала задържа електричния заряд [5, 8]. Промяната в обема й най-много повлиява промяната на диелектричната прониктаемост на почвата, от което пък се възползват напр. диелектричните капацитивни сензори, които са калибрирани да извеждат **директно**, на база промяната в заряда на полето, водата попаднала в него и оттам стойностите на VWC [6, 7, 9].

Сензорът създава електромагнитно поле, водните молекули се подреждат в това поле и съхраняват част от заряда между двете плочи на кондензатора. Калибрирането на тези сензори представлява изчисляването на отношението на съхранявания заряд към VWC и изчислява обема на водата попаднала в него, което представлява линейна зависимост. Разликата от конвенционалните кондензатори тук е, че плочите са в една равнина паралелно една на друга, както е показано на фиг. 2. [6, 7, 9]

Като малък недостатък може да се посочи сравнително малкия обем на измерване (фиг. 2), което от своя страна може да бъде компенсирано с множество на брой измервания.



Фиг.2. Принцип на действие на FDR сензор (вляво) [6, 7, 9] и идеализиран обем на измерване на сензор EC-5 [10] (вдясно)

3. Калибриране на кондензаторен (FDR) сензор за специфична почва

НОВОпode сензорите за почвена влага са калибрирани заводски с точност 3,1% (m^3/m^3) и са предназначени за повечето често срещани типове почва [11].

Калибрирането свързва диелектричната константа с VWC на даден известен тип почва. Ако искаме да проверим коректността на калибрирането за специфична почва или ако искаме да постигнем по-добра точност, напр. 1% VWC, или ако измерваме влажност при нетипична почва, следваме посочените по-долу стъпки за персонално калибриране [5, 8].

Калибрирането следва стандартната процедура за калибриране на кондензаторни сензори описана от Starr и Palineanu [4].

3.1 Подготовка на почвата

Взема се около 3,8 L почва от специфичното място. Едновременно с това се вземат няколко проби ненарушена почва с уред за почвени проби за да се измери полевата обемна плътност в лаборатория.

Почвата се оставя да изсъхне напълно при естествени условия, след което големите буци се разчупват и почвата сити, използвайки 5 mm сито.

3.2 Извършване на измерванията

Почвата се поставя на слоеве и се компактизира добре в калибрационен контейнер, имитиращ полевата почвена плътност (кофичка в която може да се побере сензора заедно с електрическата част вертикално [3]).

Снема се показанието на сензора. Измерването се повтаря няколко пъти при тази почва за да се види коректността на измерването – ако е коректно измерването получаваме еднакви стойности на отчитане.

После близо до сондата, без да се вади, се взема проба от калибрационния контейнер с обемен уред за вземане на почвени проби, с предварително известен обем. Единственото и много важно изискване за уреда за вземане на почвени проби е да се взема почвена проба, без промяна на обемната плътност на почвата.

Ако няма наличен уред за вземане на почвени проби, се отрязва 3 - 5 cm от метална тънкостенна тръбичка с малък диаметър (1.5 - 2.5 cm). Огъват се леко двата края и единия се изостря за по-лесно поставяне в почвата. Прецизно се измерва дължината и диаметъра на уреда за вземане на почвени проби и се изчислява обема му.

Взетата проба се поставя в огнеупорен контейнер. Контейнерът за почвено изсушаване може да бъде всеки контейнер подходящ за сушене в пещ и който има затваряща се капачка (подходящо е и малко стъклено бурканче с вместимост/обем до 100 - 200 ml).

Измерва се масата на всеки сух и чист контейнер за сушене и стойността се записва в Табл. 1. Нужна е везна с точност 0,01 g или по-висока.

За пещ или фурна може да послужи всяка, която може да поддържа относително стабилна температура от 105-110°C [3]. Получава се първата точка от калибрационната крива и се продължава с другата точка.

Почвата се връща от калибрационния контейнер в по-голям контейнер и се добавя около 300 ml вода. Бърка се до хомогенна смес. Повтарят се стъпките по вземане на показанието на сензора и вземане на почвена проба със уред.

Продължава се с този процес докато почвата стане пренаситена с вода.

После се претеглят пробите от уреда за вземане на почвени проби и се поставят във фурна за 24 часа на 105°C – за да се изпари всичката вода.

След това пак се измерват. Разликата в теглата е водата която е била в пробите. Целият процес създава 5-7 калибрационни точки.

Следвайки горните стъпки, за типа почва в нашия експеримент (алувиално-ливадна от региона на Пловдив) се получават следните резултати:

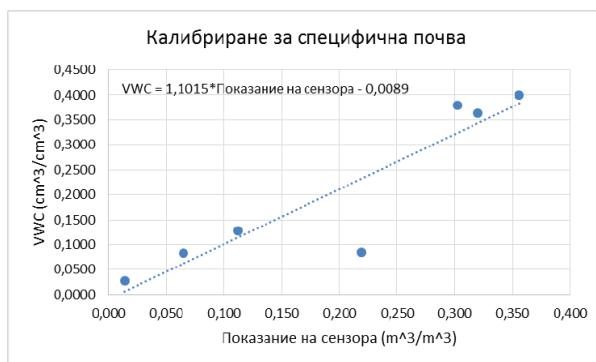
Таблица 1. Експериментални данни

▲	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	номер проба	показание на сензора (m³3/m³3)	буркан маса (g)	обем на пробата (cm³3)	маса на влажната почва + контейнера (g)	маса на сухата почва + контейнера (g)	маса и обем на водата (cm³3)	маса на сухата почва (g)	обемна плътност на почвата (g/cm³3)	VWC (cm³3/cm³3)
1										
2							=E3-F3	=F3-C3	=H3/D3	=G3/D3
3	1	0,014	111,2520	15,1976	122,9368	122,5197	0,4171	11,2677	0,7414	0,0274
4	2	0,065	112,5420	15,1976	124,9086	123,6483	1,2603	11,1063	0,7308	0,0829
5	3	0,112	113,7894	15,1976	128,0340	126,0835	1,9505	12,2941	0,8090	0,1283
6	4	0,219	113,7065	15,1976	131,9514	130,6577	1,2937	16,9512	1,1154	0,0851
7	5	0,302	114,2420	15,1976	134,8693	129,1012	5,7681	14,8592	0,9777	0,3795
8	6	0,320	112,0303	15,1976	135,3706	129,8417	5,5289	17,8114	1,1720	0,3638
9	7	0,356	111,0464	15,1976	133,7150	127,6453	6,0697	16,5989	1,0922	0,3994

3.3 Конструирание на калибрационна функция от получената графика

Създава се графика с VWC по Y и показанията на сензора по X. Отношението често е линейна функция, но понякога най-добре се изразява с квадратно уравнение, особено при почви с високо съдържание на органична материя.

За създаване на математическия модел на взаимоотношението между двете величини се използва тренд линията, както е показано на следващата фиг. 3.



Фиг.3. Графика с експерименталните данни. Калибрационното уравнение за специфичния тип почва е показано в горния ляв ъгъл на графиката

Това уравнение може да се приложи към показанието на сензора. Ако се използва следящ софтуер може да се приложи директно в него, или да се използват последващи обработки на данните в програми като Excel.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено е калибриране на безжичен сензор за почвена влажност при специфична почва, за постигане на възможно най-добрата точност на измерванията на VWC в нея. Изведено е калибрационно уравнение.

При конкретния тип почва се наблюдава трудност при работата с нея след снемане на петото отчитане – става прекалено лепкава, трудно поема повече вода и трудно се взема почвена проба със желаната обемна плътност.

Получените резултати за VWC кореспондират с предварително известни за алувиално-ливадният тип почва [1] и ще бъдат използвани в продължаващото научно изследване, вземайки под внимание и полученото калибрационното уравнение.

ЛИТЕРАТУРА

- Овчарова, А., Харизанова–Петрова, Б., Влияние на фактора вода върху растежа и развитието на целина в района на Пловдив, Научни трудове на Русенския Университет, 51, 121-125, 2012.
- [1] Тоцев, А., Лабораторни упражнения по земна механика, Университет по архитектура, строителство и геодезия, София.
- [2] Cobos, D. R., Calibrating ECH₂O Soil Moisture Sensors, Application Note, Decagon Devices, 2009.
- [3] Starr, J.L., Paltineanu I.C., Methods for Measurement of Soil Water Content: Capacitance Devices. p. 463-474. In J.H.Dane, and G.C.Topp (ed.) Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods. Soil Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc.. 2002.
- [4] <http://www.decagon.com/education/calibrating-ech2o-soil-moisture-sensors-13393-04-an/>
- [5] <http://www.decagon.com/education/free-virtual-seminar-soil-moisture-201-water-content-measurement-methods-and-applications/>
- [6] <http://www.decagon.com/education/free-virtual-seminar-soil-moisture-301-why-does-my-soil-moisture-sensor-read-negative/>
- [7] <http://www.decagon.com/education/video-custom-soil-calibration-for-vwc-sensors/>
- [8] <http://www.decagon.com/education/virtual-seminar-soil-moisture-401-fundamentals-and-perspectives-on-soil-moisture-measurements/>
- [9] <http://www.decagon.com/products/soils/volumetric-water-content-sensors/ec-5-small-soil-moisture-sensor/>
- [10] <http://www.onsetcomp.com/products/sensors/w-smc>
(всички уеб страници са достъпни на 15.08.2015 г.)
- [11]

Благодарности

На доц. д-р Веселинка Недева от Тракийски университет, Факултет „Техника и технологии“ за методическата подкрепа и прецизните наставления.

За контакти:

Ас. инж. Светослав Стефанов Атанасов, Катедра „Електротехника, електроника и автоматика“, Тракийски университет – Ст. Загора, Факултет „техника и технологии“ – Ямбол, тел.: 0885 66 24 21, e-mail: svetoslav.atanasov@trakia-uni.bg

Докладът е рецензиран.