

Örtü Altı Bitkisel Üretiminde Sulama Yönetiminde Toprak Su İçeriğinin Belirlenmesi

Harun KAMAN*¹

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 19, Sayı 1,
Sayfa 1-6, 2024

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 19, Issue 1,
Page 1-6, 2024

Öz: İklim değişikliği ile birlikte sıcaklıkların artması ve su kaynaklarının azalması nedeniyle suya olan ihtiyaç da önemli ölçüde artış göstermektedir. Tarımsal üretimin artırılmasında, diğer etkenlerin yanı sıra sulamanın payının çok büyük olduğu yadsınamaz. Sulamalarda genel uygulama, sulama zamanı belirlendikten sonra, kök bölgesi su içeriğinin tarla kapasitesine gelinceye dek ıslatılmasıdır. Ancak, doğru bir sulama yönetiminin planlanmasında en temel konulardan biri toprak su içeriğinin belirlenmesi ve izlenmesidir. Bu nedenle ele alınan bu çalışmada, bitki kök bölgesi toprak su içeriğinin saptanması ve izlenmesi olanaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma, örtü altı bitkisel üretiminin yoğun olarak yapıldığı Antalya'da, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde bir serada yürütülmüştür. Çalışmada, toprak su içeriğinin belirlenmesinde dolaylı bir ölçüm yöntemi olan Profil Prop PR2 metodunun kullanılabilirliği araştırılmıştır. Profil Prop PR2 yönteminin değerlendirilmesinde ise toprak su içeriği için doğrudan bir ölçüm metodu olan gravimetrik yöntem temel araç olarak kullanılmıştır. Araştırmada, toprak su içeriğinin Profil Prop PR2 yöntemiyle hızlı, pratik ve kolay bir şekilde belirlenebileceği sonucuna varılmıştır. Ancak, toprak su içeriğinin Profil Prop PR2 yöntemiyle izlenmesinin tercih edilmesi durumunda, her toprak koşulu için ayrıntılı bir şekilde ve gravimetrik yöntemle kalibrasyon çalışmasının yapılması da önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sulama yönetimi, nötronmetre, TDR, kalibrasyon eğrisi, sebze üretimi

Determination of Soil Water Content in Irrigation Management of Greenhouse Plant Production

Abstract: The need for water increases significantly due to the increase in temperatures and the decrease in water resources with climate change. In increasing agricultural production, along with other factors, it is undeniable that the share of irrigation is very large. The general practice in irrigation is to wet the root zone water content until it reaches field capacity after the irrigation time is determined. However, one of the most fundamental issues in planning a correct irrigation management is the determination and monitoring of soil water content. For this reason, in this study, it was aimed to determine the possibilities of determining and monitoring the soil water content of the plant root zone. The research was carried out in a greenhouse at Akdeniz University Faculty of Agriculture Research and Application Farm in Antalya, where greenhouse crop production is intense. In the study, the usability of the Profile Probe PR2 method, which is an indirect measurement method in determining the soil water content, was investigated. In the evaluation of the Profile Probe PR2 method, the gravimetric method, which is a direct measurement method for soil water content, was used as the basic tool. In the research, it was concluded that the soil water content can be determined quickly, practically and easily with the Profile Probe PR2 method. However, if it is preferred to monitor the soil water content with the Profile Probe PR2 method, it is also recommended to perform a detailed gravimetric calibration study for each soil condition.

Keywords: Irrigation management, neutronmeter, TDR, calibration curve, vegetable production

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
hkaman@akdeniz.edu.tr

Alınış (Received): 28/08/2023
Kabul (Accepted): 08/01/2024

¹Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 07058,
Antalya, Türkiye.

1. Giriş

Küresel ısınmanın etkisiyle meydana gelen iklim değişikliği kuraklığa neden olmakta ve bu durum günümüzün en önemli sorunlarının başında gelmektedir. Bunun bir sonucu olarak, dünyada kullanılabilir su kaynakları da giderek azalmaktadır. Bu durum bitkisel üretim için ayrılan su üzerinde baskı yaratmaktadır. Dünyada sürekli bir şekilde artış gösteren insan nüfusunun tarımsal yönden ihtiyacını karşılamak için gelecek 50 yıl içinde üretimde en az iki kat artış gerektiği öngörülmektedir (Howell vd., 2001). Bilindiği gibi, bitkisel üretim hem açık alanlarda ve hem örtü altında yapılmaktadır. Dolayısıyla örtü altında yapılan üretim de son derece önemli bir durumdur.

Örtü altı bitkisel üretim; özellikle iklim ve diğer dış etkenlerin olumsuzluklarını en aza indirmek üzere; plastik, cam vb. malzemeler kullanılarak oluşturulan örtüler altında yapılan üretimdir. Örtü altı üretim yerleri, bitkileri yetiştirme periyodu boyunca genellikle olumsuz dış etkenlerden korunmak için kurulan ortamlardır. Bu sayede, bitkinin olağan gelişimi için gerekli iklim koşulları, diğer mevsimlerde de sağlanarak, her zaman üretim yapılabilir olanağına imkan verilir. Bu nedenle, örtü altı bitkisel üretim günümüz koşullarında hem ekonomik anlamda hem de artan nüfusun besin ihtiyacının karşılanması bakımından son derece önemli bitki yetiştirme ortamlarıdır.

Örtü altında bitkisel üretim sırasında, toprak suyunun ölçülmesi başta sulama mühendisliği olmak üzere, toprak ve su muhafaza çalışmaları ile birçok çevre ve mühendislik çalışması için gereklidir (Çetin, 2003). Toprak, tüm canlıların barındığı, bitkilerin yetiştirildiği dinamik ve heterojen bir sistemdir. Bitkiler için en önemli yetiştirme ortamı olması nedeniyle, modern tarımda temel toprak-su ilişkilerinin bilinmesi, yalnız toprak ve sulama ile uğraşanların değil, aynı zamanda bitki ilahçılarının, orman, çevre ve inşaat mühendisliğine kadar çok geniş bir uğraş alanını ilgilendirmektedir. Bunla birlikte, gelecek yıllarda tarım sektöründeki en önemli sorunlardan birisinin örtü altında bitkisel üretimin sürdürülebilirliği. "Daha az su ile daha çok ürün elde etmek" hedefine ulaşabilmek için bitki kök bölgesi su içeriği hızlı, pratik ve doğru bir şekilde ölçülmelidir.

Tarımsal üretimde birim alandan daha fazla verim alma ve sulamada kullanılan suyun randımanının artırılmasıyla ilgili çalışmalar su tasarrufu bakımından önemlidir. Bu amaçla sulama yapılan tarım arazilerinde toprak su içeriğinin zahmetsiz, hızlı ve kullanımı kolay yöntemlerle belirlenmesi ve izlenmesi son derece önemli bir hale gelmektedir. Bununla birlikte, kök bölgesi toprak su içeriği bilgisi bitki gelişiminde önemli bir ortam olan toprağın durumunu anlamak temel bir durumdur (Soil Physics Laboratory, 1997). Çünkü topraktaki mevcut su içeriği durumuna göre sulama suyu miktarı, sulama zamanı ve

sulama yöntemi belirlenmelidir. Toprak su içeriğinin belirlenmesi ve izlenmesinde ise: 1) doğrudan ölçüm ve 2) dolaylı ölçüm olmak üzere iki temel yöntem vardır. Doğrudan ölçüm yöntemi araziden bozulmuş veya bozulmamış gravimetrik olarak toprak örneği alınmasını gerektirir. Araziden alınan toprak örneklerinin ivedi bir şekilde mevcut (ıslak) kütlesi belirlenir. Daha sonra söz konusu toprak örnekleri 105-110 °C'de sabit ağırlığa erişinceye dek (yaklaşık 24 saat) fırında/etüvde bekletilir. Ardında fırın kuru kütlesi tartılır. Bundan sonra da toprak suyu; kuru ağırlık yüzdesi, hacim yüzdesi, derinlik ve tansiyon olarak belirlenmesi için gerekli hesaplamalar yapılır (Çevik, 2002; Kırdı ve Sarıyev, 2002; Kanber, 2010, Güngör vd., 2018). Anlaşıldığı üzere, söz konusu toprak su içeriğini doğrudan belirleme yöntemi yorucu, zahmetli ve zaman alıcı bir yöntemdir. Dolaylı yöntemlerle ise toprak su içeriği doğrudan doğruya ölçülemez. Burada yapılan, toprak içinde su içeriğine bağlı olarak değişen başka bir parametrenin ölçülmesi ve bunun toprak su içeriğine karşı kalibre edilmesidir (Kırdı ve Sarıyev, 2002). Kalibrasyon çalışmalarında, doğrudan ölçülen toprak su içeriği ile diğer dolaylı ölçüm yöntemleri arasındaki doğrusal ilişkiyi gösteren en önemli parametrelerden biri R^2 değeridir. Söz konusu R^2 değerinin 1'e yakın olması istenir. Çünkü R^2 değerinin 1'e yakın bir değer alması, dolaylı ölçüm yönteminin, toprak su içeriğini belirlemede güvenilirliğini/geçerliliğini artırmaktadır.

Toprak su içeriğinin ölçülmesinde, dolaylı ölçüm yöntemi üzerine çok sayıda araştırma yürütülmüştür (Tülün, 2005; Evett vd., 2006; Köksal vd., 2011; Kirnak ve Akpınar, 2016; Kaman ve Özbek, 2021). Araştırmalarda ele alınan yöntem, toprak özellikleri vb. diğer etkenlere bağlı olarak bazen farklı ve bazen de paralel sonuçlar ortaya çıkmıştır. Dolaylı yöntemler içerisinde nötronmetre ve TDR (Time Domain Reflectometry) başta olma üzere çok sayıda yöntem sayılabilir. Bunlara, Profil Prop PR2 yöntemi de ilave edilebilir. Profil Prop PR2 yöntemiyle toprağın farklı derinliklerindeki su içeriği ölçülebilmektedir. Toprak su içeriğinin Profil Prop PR2 yöntemiyle ölçülebilmesi için ilk olarak bitki kök bölgesinde en uygun bir noktaya PR2 erişim borusu yerleştirilir. Daha sonra gravimetrik esasa dayanan bir kalibrasyon işlemi gerçekleştirilir. Kalibrasyon sonucu elde edilen ilişki uygun ve yeterli (örneğin; $R^2 > 0.75$) bulunursa, belirlenen zamanlarda bitki kök bölgesinde toprak su içeriği hızlı ve kolay bir şekilde izlenip değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada, son yıllarda kullanımı oldukça yaygın bir hale gelen Profil Prop PR2 yöntemiyle örtü altı bitkisel üretimde kök bölgesi toprak su içeriğinin belirlenmesi ve izlenmesi olanakları ele alınmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Araştırma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde yürütülmüştür. Türkiye'de yaygın

olarak kullanılan ve kuzey-güney yönünde kurulmuş bir serada gerçekleştirilmiştir. Çalışma yerinin denizden yüksekliği ise 54 m'dir (Anonim, 1998). Çalışma alanındaki arazinin toprakları Gölbaşı serisine girmektedir. AC horizonlu ve çok genç olan bu seri topraklarının bütün profilleri killi-tın tekstüre sahiptir. Araştırma alanında farklı profil derinliklerinde; toprak özelliklerinden tarla kapasitesi 0.33-0.42 cm³/cm³, solma noktası 0.26-0.29 cm³/cm³ ve birim hacim kütlesi ise 1.30-1.40 g/cm³ arasında değişim göstermektedir (Kaman vd., 2022). Yine değişik toprak derinliklerinde; organik madde %1.52-%3.43 ve azot içeriği ise %0.44-%0.91 arasında tespit edilmiştir.

Araştırma alanında, Akdeniz ikliminin hüküm sürmekte olup yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Araştırma alanında yıllık ortalama en düşük sıcaklık 13.7 °C, ortalama en yüksek sıcaklık ise 24.2 °C ve ortalama sıcaklık 18.8 °C'dir. Toplam yıllık yağış miktarı ortalaması 1058.3 mm'dir. En sıcak ise Temmuz ayı iken en soğuk Ocak ayıdır (Anonim, 2018).

Çalışmada kullanılan sulama suyu Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde bulunan derin kuyu pompaj sisteminden sağlanmıştır. Sulama suyunun EC değeri 0.443 dS/m, pH değeri 7.35'dir. Kullanılan suyun kalite sınıfı C₂S₁ olarak belirlenmiştir.

2.2. Metot

Profil Prop PR2 kalibrasyonu için ilk olarak serada ve araziye temsil edebilecek bir şekilde uygun bir yerde 1x1 m boyutlarında tava oluşturulmuştur. Doğru bir kalibrasyon

çalışmasını gerçekleştirebilmek için çok sayıda gravimetrik toprak örneğine ihtiyaç vardır. Aynı zamanda, kalibrasyon çalışmasının, sera toprağını daha iyi temsil etmesi sağlanmıştır.

Tavanın orta yerine bir adet Profil Prop PR2 akses tüpü yerleştirilmiştir (Şekil 1). Daha sonra, tavadaki toprak kuru durumda iken 10, 20, 30 ve 40 cm derinliklerden gravimetrik toprak örnekleri (W, g/g) alınmıştır. Eş zamanlı olarak ta Profil Prop PR2 ile okumalar (mV) yapılmıştır. Bundan sonra tamamen suya doyurulmuş olan tavadan yine 10, 20, 30 ve 40 cm derinliklerden gravimetrik toprak örnekleri (W, g/g) alınmıştır. Eş zamanlı olarak ta Profil Prop PR2 ile okumalar (mV) yapılmıştır. Gravimetrik toprak örneklemeleri (W, g/g) ve Profil Prop PR2 okumaları (mV) her defasında üçer tekerrürlü olarak kaydedilmiştir. Gravimetrik toprak örneklerinin ağırlık esasına (W, g/g) göre belirlenen su içerikleri, toprak birim hacim kütlesi (ρ , g/cm³) dikkate alınarak hacimsel su içeriğine (θ , cm³/cm³) dönüştürülmüştür. Son olarak, **X** ekseninde Profil Prop PR2 okumaları (mV) ve **Y** ekseninde toprağın hacimsel su içeriği (θ , cm³/cm³) olacak şekilde bilgisayarda bir grafiği yapılmıştır. Benzer şekilde, nötronmetre ile ilgili bir kalibrasyon çalışmasında da **X** ekseninde nötronmetre sayım oranı ve **Y** ekseninde toprağın hacimsel su içeriği (θ , cm³/cm³) olacak şekilde bilgisayarda bir grafik yapılmıştır (Soil Physics Laboratory, 1997). Kirnak ve Akpınar (2016) tarafından yapılan bir başka araştırmada da TDR'in kalibrasyon çalışmasında, **X** ekseninde TDR'in dielektrik sabite (K) ve **Y** ekseninde toprağın hacimsel su içeriği (θ , cm³/cm³) yer almıştır. Grafik üzerinde **R**² ve denklem gösterilerek kalibrasyon işlemi tamamlanmıştır.



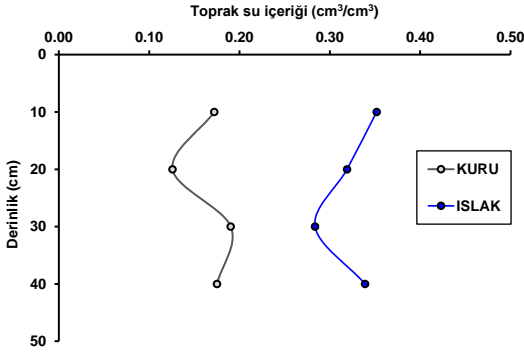
Şekil 1. Örtü altı arazisinde Profil Prop PR2 kalibrasyonuna ait görüntü.

3. Bulgular

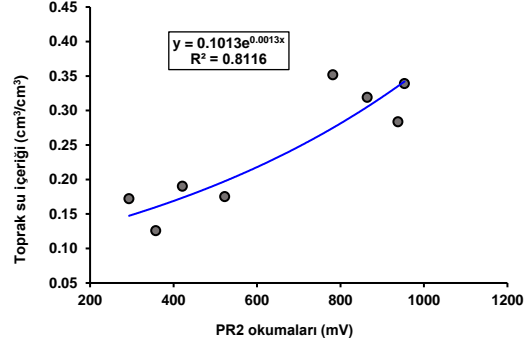
Kalibrasyon çalışması için çok sayıda toprak örneği alınmış ve Profil Prop PR2 okumaları yapılmıştır. İlk olarak, Profil Prop PR2'nin kalibrasyonu için kuru ve ıslak koşullarda yapılan gravimetrik toprak örneklemelerine göre toprak su içeriğinin (cm^3/cm^3) derinlikle (cm) değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Toprak su içeriğinin hacimsel olarak değerleri; kuru koşullarda $0.1258 - 0.1903 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ arasında değişirken, ıslak koşullarda $0.2536 - 0.2518 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ arasında değişim göstermiştir.

Kalibrasyon çalışmasında toprağın kuru ve ıslak koşullarında; hem hacimsel toprak su içeriği (cm^3/cm^3) hem de Profil Prop PR2 okumalarının (mV) değerleri kullanılmıştır. Bununla birlikte, kalibrasyon çalışmalarında doğrudan ölçüm yöntemi ile dolaylı ölçüm yöntemleri

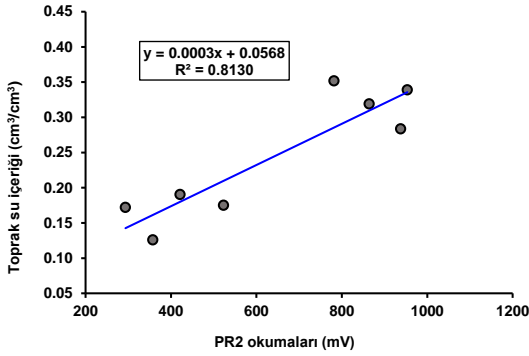
arasındaki doğrusal ilişkiyi gösteren parametre R^2 değeridir. Söz konusu R^2 değerinin 1'e yakın olması istenir. Bu durumda bir bilgisayar programı yardımıyla, hacimsel toprak su içeriği (cm^3/cm^3) ile Profil Prop PR2 okuma (mV) değerleri karşılıklı olarak grafikleri oluşturulmuştur. Bu durumda, Şekil 3'de görülebileceği gibi, Üstel bir ilişki ve R^2 değeri 0.8116 bulunmuştur. Şekil 4'de verildiği gibi, Doğrusal bir ilişki için R^2 değeri 0.8130 olarak belirlenmiştir. Şekil 5'deki grafikte, Logaritmik bir ilişki ve R^2 değeri 0.7978 olarak hesaplandığı görülmektedir. Şekil 6'da görülebileceği gibi, Polinom bir ilişki ve R^2 değeri 0.8168 olarak saptanmıştır. Şekil 7'de ise Üssel bir ilişki ve R^2 değeri 0.7974 bulunduğu görülmektedir. Bu grafiklerden de (Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7) anlaşıldığı üzere, toprak su içeriğinin hacimsel (cm^3/cm^3) değerlerini genel olarak, Profil Prop PR2 okumalarının (mV) iyi bir şekilde temsil ettiği görülmektedir.



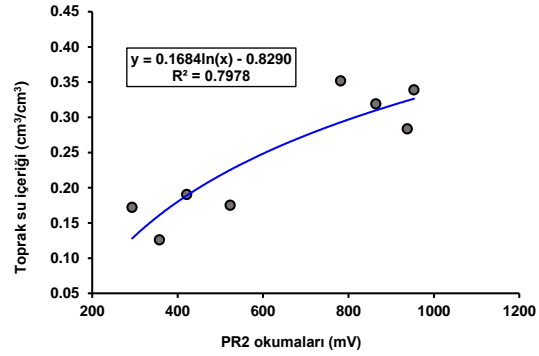
Şekil 2. Kuru ve ıslak koşullarda toprak su içeriğinin (cm^3/cm^3) derinlikle (cm) değişimi



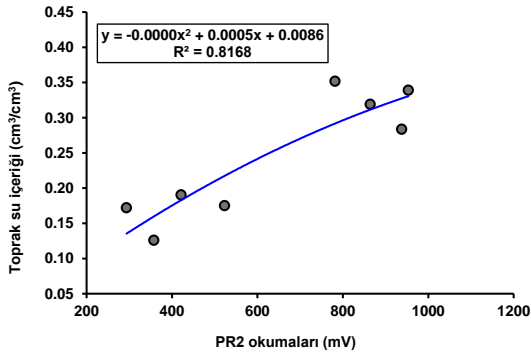
Şekil 3. Toprak su içeriği (cm^3/cm^3) ile Profil Prop PR2 okumalarının (mV) üstel bir ilişki ile ifadesi



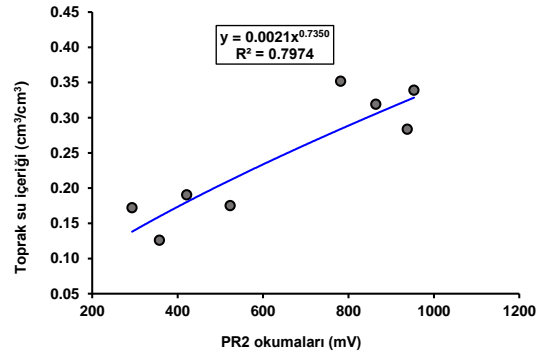
Şekil 4. Toprak su içeriği (cm^3/cm^3) ile Profil Prop PR2 okumalarının (mV) doğrusal bir ilişki ile ifadesi



Şekil 5. Toprak su içeriği (cm^3/cm^3) ile Profil Prop PR2 okumalarının (mV) logaritmik bir ilişki ile ifadesi



Şekil 6. Toprak su içeriği (cm^3/cm^3) ile Profil Prop PR2 okumalarının (mV) polinom bir ilişki ile ifadesi



Şekil 7. Toprak su içeriği (cm^3/cm^3) ile Profil Prop PR2 okumalarının (mV) üssel bir ilişki ile ifadesi

4. Tartışma

Toprak su içeriğinin ölçümü işlemi bilindiği gibi toprak karakteristik özelliklerinin en rutin işlemlerindedir (Soil Physics Laboratory, 1997). Ele alınan bu araştırmadaki Şekil 1'de meydana gelen su içeriği değişimi beklenildiği gibi, Soil Physics Laboratory (1997)'de yapılan çalışma sonucuyla ile benzerlik göstermiştir. Buna ilave olarak, toprak su içeriğinin ölçülmesinde, dolaylı ölçüm yöntemi olarak çok sayıda araştırma yapılmıştır (Tülün, 2005; Evett vd., 2006; Köksal vd., 2011; Kirnak ve Akpınar, 2016; Kaman ve Özbek, 2021). Söz konusu araştırmalarda ele alınan yöntem, toprak özellikleri ve diğer etkenlere bağlı olarak sonuçlarda kısmen farklılıklar meydana gelmiştir. Toprak su içeriğinin ölçülmesiyle ilgili çalışmalarda, dolaylı ölçüm yöntemleri içerisinde en yaygın olarak kullanılanlardan iki tanesi nötronmetre ve TDR (Time Domain Reflectometry) yöntemleridir. Kalibrasyon çalışmalarında, doğrudan ölçüm yöntemi (toprak su içeriği) ile diğer dolaylı ölçüm yöntemleri arasındaki doğrusal ilişkiyi gösteren en önemli parametrelerden biri de R^2 değeridir. Örneğin, nötronmetre ile ilgili bir kalibrasyon çalışmasında 15-165 cm toprak profili derinliği için R^2 değeri 0.58 bulunmuştur (Soil Physics Laboratory, 1997). Bir başka nötronmetre ile ilgili çalışmada 30 cm'lik farklı katmanlar için kalibrasyon eğrisi R^2 değerinin 0.95 ile 98 arasında değiştiği görülmüştür (Can ve Kukul Kurttaş, 2009). Köksal vd. (2011) tarafından yapılan diğer bir araştırmada da R^2 değeri; 0-30 cm toprak derinliği için 0.86, 30-60 cm toprak derinliği için 0.82, 60-90 cm toprak derinliği için 0.81, 90-120 cm toprak derinliği için ise 0.92 olarak kaydedilmiştir. Aynı çalışmada, tüm toprak profili boyunca (0-120 cm toprak derinliği için) R^2 değerinin 0.56 gibi oldukça düşük bir değer aldığı tespit edilmiştir (Köksal vd., 2011).

Kaman ve Özbek (2021) tarafından aynı bölgede yapılan bir başka araştırmada da, farklı toprak su içeriği koşullarında, Profil Prop PR2 yönteminin kullanılma olanakları araştırılmıştır. İlk olarak, 40 cm toprak derinliği içinde Profil Prop PR2 yönteminin kalibrasyonu yapılmıştır. Daha sonra üç farklı toprak su içeriği (%100, %75 ve %50) koşullarında Profil Prop PR2 yöntemiyle topraktaki su içeriği belirli bir süre boyunca izlemeye alınmıştır. Kalibrasyon ilişkileri için R^2 değerleri 0.7947 ile 0.9305 arasında değişim göstermiştir. Araştırmada, Profil Prop PR2 ile toprak su içeriğinin izlenebileceği sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla be beklenildiği gibi, ele alınan bu araştırma sonuçları da yine Kaman ve Özbek (2021) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir.

TDR ile toprak su içeriğinin dolaylı ölçümü üzerine de çok sayıda araştırma ele alınmıştır. Örneğin, Kirnak ve Akpınar (2016) tarafından yapılan TDR kalibrasyonu çalışmasında R^2 değeri 0.80 olarak hesaplanmıştır. Tülün (2005) tarafından farklı toprak bünyelerinde yapılan TDR

kalibrasyonu çalışmasında R^2 değeri 0.8583 ile 0.9986 arasında değiştiği saptanmıştır. Sözkonusu araştırmada R^2 değerleri; kumlu killi tın için 0.9716, siltli kil için 0.9797, kum için 0.9986, kumlu tın için 0.9344, killi tın için 0.9782, kil için 0.8583 ve tın için 0.9941 şeklinde hesaplanmıştır.

Ele alınan bu araştırmada Profil Prop PR2 verilerinden elde edilen değerler bazı nötronmetre ve TDR ile ilgili yapılan çalışma sonuçlarına genel olarak paralellik göstermektedir. Ancak, Evett vd. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada toprak su içeriği için kalibrasyonun için sıcaklık dalgalanmasına duyarlı olduğunu bildirmişlerdir. Evett vd. (2006) laboratuvar koşullarında EnviroSCAN, Diviner 2000, Delta-T PR1/6 and Trime T3 ile ilgili birçok ayrıntılı bir kalibrasyon çalışması yapmışlardır. Ele alınan bu araştırmada ise olanaklar ölçüsünde daha genel ve ayrıntısı olmayan bir çalışma yürütülmüştür. Çünkü bu çalışmanın amacı, Profil Prop PR2 ile toprak su içeriğini göreceli olarak ölçmektir. Bu durum, aslında, araştırmacının temel gereksinimi karşılanmış olmaktadır. Öte yandan, Profil Prop PR2 ile ilgili kalibrasyon çalışmalarında; sıcaklık, tuzluluk vb. diğer etkenlerin de dikkate alındığı daha detaylı bir araştırmaların yapılması gerektiği de ortaya çıkmaktadır.

5. Sonuç

Araştırma sonucunda ilk olarak, toprağın kuru ve ıslak koşullarda yapılan gravimetrik toprak örneklemeleri, beklenildiği gibi, toprak su içeriğinin (cm^3/cm^3) derinlikle (cm) değişimi net bir şekilde ve farklılığı ortaya konulmuştur. Toprak su içeriğinin; kuru koşullarda 0.1258 – 0.1903 cm^3/cm^3 arasında ve ıslak koşullarda ise 0.2536 – 0.2518 cm^3/cm^3 arasında değiştiği bulunmuştur.

Kalibrasyon için toprağın kuru ve ıslak koşullarında; hem hacimsel toprak su içeriği (cm^3/cm^3) hem de Profil Prop PR2 okumalarının (mV) değerleri dikkate alınmıştır. Toprak su içeriğinin hacimsel (cm^3/cm^3) değeri ile Profil Prop PR2 okumalarının (mV) değerleri arasında; Üstel bir ilişkinin R^2 değeri 0.8116, Doğrusal bir ilişki için R^2 değeri 0.8130, Logaritmik bir ilişkinin R^2 değeri 0.7978, Polinom bir ilişki için R^2 değeri 0.8168 ve son olarak Üssel bir ilişkinin R^2 değeri 0.7974 olarak belirlenmiştir. Sözkonusu değerlerden de anlaşıldığı üzere, toprak su içeriğinin hacimsel (cm^3/cm^3) değerlerini genel olarak, Profil Prop PR2 okumalarının (mV) iyi bir şekilde temsil ettiği görülmektedir.

Ele alınan bu araştırma, olanaklar ölçüsünde daha genel ve ayrıntısı olmayan bir çalışma yürütülmüştür. Çünkü bu araştırmacının temel amacı, Profil Prop PR2 ile toprak su içeriğini göreceli olarak ölçmektir. Bu durum, aslında, araştırmacının temel gereksinimi karşılanmış olmaktadır. Çünkü, sonuçlar Profil Prop PR2 ile toprak su içeriğini göreceli olarak ölçülebileceğini göstermiştir Bununla birlikte, Profil Prop PR2 ile ilgili kalibrasyon çalışmalarında;

sıcaklık, tuzluluk vb. diğer etkenlerin de dikkate alındığı daha detaylı bir araştırmaların yapılması gerektiği de ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, Profil Prop PR2 ile ilgili detaylı bir kalibrasyon çalışmasında sıcaklık, tuzluluk vb diğer etkenlerin de dikkate alınması önerilmektedir.

Araştırmada, toprak su içeriğinin Profil Prop PR2 yöntemiyle hızlı, pratik ve kolay bir şekilde belirlenebileceği sonucuna varılmıştır. Ancak, toprak su içeriğinin Profil Prop PR2 yöntemiyle izlenmesinin tercih edilmesi durumunda, her toprak koşulu için ayrıntılı bir şekilde ve gravimetrik yöntemle kalibrasyon çalışmasının yapılması da önerilmektedir.

Teşekkür

Yazar, araştırmaya sağladığı katkıdan dolayı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne teşekkür eder.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar bu çalışmanın hazırlanmasında eşit derecede katkı sunmuşlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynakça

- Anonim. (1998). 1997 yılı çalışma raporu. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarım İl Müdürlüğü, Antalya, 71ss.
- Anonim (2018). Antalya ili uzun yıllık iklim verileri. Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- Can, O., & Kukul Kurttaş, Y. S. (2009). The use of neutron probes to determine evapotranspiration. (in Turkish with English Abstract) X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 6-9 Ekim 2009, 70-77.
- Çetin, Ö. (2003). Toprak-su ilişkileri ve toprak suyu ölçüm yöntemleri. (in Turkish) T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No : 258, Teknik Yayın No : 25, Eskişehir, pp, 92.
- Çevik, B. (2002). Sulama ve Drenaj. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 243, Ders Kitapları Yayın No: A-77, Adana.
- Evett, S. R., Tolk, J. A., & Howell, T. A. (2006). Soil profile water content determination: Sensor accuracy, axial response, calibration, temperature dependence, and precision. *Vadose Zone Journal*, 5(3), 894–907.

- Howell, T. A., Evett, S. R., & Tolk, J. A. (2001). Irrigation systems management to meet future food fiber needs and to enhance water use efficiency. USDA-ARS Water Management User Unit Bushland Texas USA.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z., & Yıldırım, O. (2018). Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1592, Ders Kitabı: 544 (6. Baskı), Ankara.
- Kaman, H., & Özbek, Ö. (2021). Performance Evaluation of PR2 in Determination of Soil Water Content. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 31(3), 543-550.
- Kaman, H., Özbek, Ö., & Polat, E. (2022). Response of Greenhouse Grown Cucumber to Partial Root Zone Drying and Conventional Deficit Irrigation. *KSU J. Agric Nat* 25 (2): 337-347. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.883294>.
- Kanber, R. (2010). Tarla Sulama Sistemleri. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 283, Ders Kitapları Yayın No: A-89, Adana.
- Kırda, C., & Sarıyev, A. (2002). Toprak Fiziği. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 245, Ders Kitapları Yayın No: A-79, Adana.
- Kırnak, H., & Akpınar, Y. (2016). Performance evaluation of TDR soil moisture sensor. *Agronomy Research*, 14(2), 428–433.
- Köksal, E. S., Cemek, B., Artık, C., Temizel, K. E., & Taşan, M. (2011). A new approach for neutron moisture meter calibration: Artificial neural network. *Irrig Sci*, 29, 369–377.
- Soil Physics Laboratory SOIL 415. (1997). Methods of field measurements of soil water content and soil bulk density. University of Idaho, Dept. of Plant, Soil and Entomological Sciences, Laboratory Report No 1.
- Tülün, Y. (2005). The measurement of soil water content and available water levels by TDR (time domain reflectometry) and the calibration of the tool in various soil texture classes. (MSc), Çukurova University, Institute of Natural and Applied Science, Adana, Turkey.