

Toprak Profiline Doygun Olmayan Durumdaki Hidrolik Kondaktivitesinin Yerinde Ölçülmesi (x)

Çeviren: Doç. Dr. Koray Sönmez

ÖZET

Toprağın hidrolik özelliklerinin bilinmesi sulama, drenaj, suyun korunması, taban suyunun beslenmesi ve kirlenmesi yanısıra, infiltrasyon ve yüzey akışın denetim altına alınmasını kapsayan sorunların çözümü için gereklidir. Toprağın hidrolik özelliklerini doğadaki yerinden koparılıp alınan toprak örnekleri üzerinde ölçmeye çalışmak sakıncalıdır. Bu özellikleri daha büyük bir ölçekte ve yerinde ölçmek amacıyla, uygulanabilir yöntemler geliştirmek ve denemek çok daha uygun olur. Günümüzde kullanılabilir durumda olan yöntemlerden biri, akış hızının denetim altına alındığı yağmurlama infiltrometre yöntemidir. Bu yöntem, yağmurlama yoğunluğu değiştirilebilen gezici ve taşınabilir bir infiltrometre kullanılmasıyla tarla koşullarına uydurulabilir. Diğer bir yöntem ilke olarak buna benzer, ama uygulamada ayrıcalık gösterir. Bu yöntem, göllendirilen suyun önleyici bir kabuk içerisinde infiltrasyonu temelinde dayanır. Başka bir yöntem de, bir profilin iç drenajında geçiş durumunun kaydedilmesi üzerine kurulmuştur. Son yıllarda ayrıntılı olarak tanımlanan ve sunulan bu üçüncü yöntemin uygulanması, önceleri toprak profiline hidrolik özelliklerini sayısal olarak ortaya koyma olanakları olmayan toprak etüdcülerince günlük olarak kullanılabilen durumda gözükmektedir.

GİRİŞ

Son yıllarda toprak fiziği dalındaki araştırmalar, hem doygun (sature) ve hem de doygun olmayan (unsature) toprak kütlesi içerisindeki suyun du-

rumu ve hareketini ilke olarak ortaya koyan geniş kapsamlı kuramların gelişmesiyle sonuçlanmaktadır. Bununla birlikte, deneysel çalışmalar da akış ola-

x) Hillel, D. (1974) Measurement of the Unsaturated Hydraulic Conductivity of Soil Profiles in Situ. Trans. 10 th Intr. Congr. Soil Sci. Moscow, pp: 301-306

yının ve bununla ilişkili toprak parametrelerinin ölçülmesini sağlayan çok güvenilir ve kusursuz tekniklerin ilerlemesiyle son bulmaktadır. Ama bu gelişmelerin çoğunun gerçek tarla koşullarında uygulanması henüz beklenilmektedir. Günümüz literatürü, idealleştirilmiş sınır koşulları altında, topraktaki suyun durumu ve hareketi ile ilgili matematiksel kuramlarla doldurulmaya çalışılmaktadır. Bu kuramların bazıları laboratuvarında oluşturulan çok yapay koşullar altında kanıtlanmaktadır. Böyle kuramlar yalnız sınırlı yerlerde uygulanmakta ve gerçek tarla koşulları altında yararlı bulunmamaktadır. Sonuç olarak, bu alanda temel bilgiler ile bunların uygulanabilirliği arasında büyük kopukluk, açık, vardır. Bu nedenle, doymun olmayan durumdaki hidrolik iletkenliğin ölçülmesi için son yıllarda kullanılabilir duruma gelen çeşitli yöntemlerin bir değerlendirilmesini yapmak yararlı olacaktır.

Günümüzde uygulanabilir durumda olan çeşitli yöntemlerin özlü bir tanımı ve eleştirisi aşağıda verilmeye çalışılacaktır.

Yöntem I: Yağmurlama İnfiltrasyon

Youngs'un (1964) tanımladığı bu yöntem kendisince de uniform laboratuvar koşulları altında denenmiştir. Bu yöntemin temel ilkesi şudur. Toprağın etkili su iletkenliğinden daha düşük sabit bir hızda, yağmurlamada olduğu gibi, toprağa sürekli olarak su verilir. Bunun sonucunda profilde düzenli bir nem dağılımı elde edilir. Düzenli durum (steady state) koşulunun gerçekleşmesiyle değişmeyen bir hız (flux) sağlanmış olur. Uniform toprakta tansiyon

gradiyenti sıfıra yaklaşır ve böylece su iletkenliği hıza eşit duruma gelir. Bu test bir seri uygulama hızları, yağmurlama yoğunlukları için yapılırsa, toprağın çeşitli nem içerikleri ile ilişkili olan değişik su iletkenlikleri elde edilebilir. İnfiltrasyon süresince yağış yoğunluğu ile toprak nem profili arasındaki kuramsal ilişki Rubin (1966) tarafından ortaya konulmuştur.

Tarlada düzerli yağmurlama infiltrasyon testinin uygulanmasındaki güçlük, uzunca bir süre çalışır durumda tutulması gereken oldukça güçlü bir araç ve gerece gereksinme duyulmasındandır. Uygulama hızı 1 mm/saat civarına veya daha az bir düzeye düşürülerek daha yüksek tansiyon aralığında çalışılmak istendiğinde, sürekli işleyişi sağlama gereği giderek önem kazanır ve güçleşir. Tarlaya uygulanabilir değişken yoğunluklu yağmurlama infiltrometreler, Steinhardt ve Hillel (1966), Morin ve birlikte çalışanlar (1967) daha sonraları Amerman ve birlikte çalışanlar (1970) ve Rawitz ve birlikte çalışanlar (1972) tarafından tanımlanmıştır.

Hillel ve birlikte çalışanlar (1972), bu yöntemi diğer yöntemlerle karşılaştırmak amacıyla, toprağın doymun olmayan su iletkenliğini tarlada ölçmek üzere uygulamışlardır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için en az 1 m² büyüklükte bir alana ve bu alandaki yatay akış bileşenini en düşük düzeyde tutmak amacıyla alanı çevreleyen ve aynı yağmurlama altında kalan bir tanpon bölgeye gerek duyulmaktadır. Bir boyutlu, düşey, infiltrasyon kuramının uygulanması, değişik katmanlı bir profilin bulunması durumunda, özellikle

test alanının çok küçük olduğu yerlerde bir sorun haline gelebilir.

Yöntem II: Önleyici Bir Katman İçerisinde İnfiltrasyon

Bu yöntem Hillel ve Gardner (1972) b) tarafından önerilmiştir ve su içeriğinin bir işlevi olarak toprağın difüzyon ve doygun olmayan su iletkenliğinin ölçülmesini sağlamak üzere istenen sınır koşullarını elde etmede toprağın yüzeyindeki önleyici (impeding) bir katmanın kullanılabilmesi gösterilmiştir. İnfiltrasyon süresince profilin üzerindeki bu katmanın etkisiyle önleyici katman altındaki profilde hidrolik potansiyel düşer. Böylelikle, infiltrasyona konu olan profilin toprak su içeriği ve bununla ilişkili olarak difüzyon ve iletkenlik değerleri düşürülmüş olur. Bu araştırmacılar, önermiş oldukları testin, infiltrasyonun geçici dönemi (transient stage) boyunca uygulanabilir olduğunu, ama düzenli akış koşulları elde edilinceye değin yeteri bir süre sürdürülmesi durumunda çok daha güvenilir olabileceğini belirtmişlerdir. Yüzey, toprağın iletkenliğinden daha düşük iletkenlikte olan önleyici bir katman, kabuk, ile kaplandığında, önleyici tabaka içerisindeki yük gradiyentinin birimden daha büyük olacağı düzenli akış koşulları gelişir. Göllendirme derinliği göz önüne alınmayacak derecede az ise böyle bir önleyici katman, alt toprakta tansiyonun gelişmesine neden olur. Bunun büyüklüğü, önleyici katmanın hidrolik direncinin yükselmesi ile artacak ve toprağın kendi hidrolik özelliklerine de bağlı olacaktır. Düzenli infiltrasyon sağlandığında hız ve iletkenlik eşit olur. Bu yöntemin dayandırılmış olduğu kuram, Hillel ve Gard-

ner (1969, 1970 a) tarafından ayrıntılı olarak verilmiştir.

Bu işlemin sabit tansiyon veya sabit uygulama hızları kullanılan diğer yöntemlerden üstünlüğü, deneysel düzenin yalın olmasıdır. Yüksek tansiyonda oldukça uzun bir süreye gerek duyulabilir, ama ölçülebilir tansiyon veya iletkenlik aralığı için kuramsal bir sınırlama yoktur. İlke olarak, buharlaşma önlenirken hızın doğru olarak ölçülebilmesi kaydıyla, hemen hemen geçirimsiz olan bir tabaka kullanılır ve deneme süresiz olarak sürdürülür. Test işlemi, değişik hidrolik direnç gösteren kaplanmış tabaka veya kabuk içerisindeki bir seri infiltrasyon deneylerini kapsar. Yüzey kabuğu, toprağın kendi yüzeyini tekselleştirmek (dispersing) yoluyla veya kil veya tekselleştirilmiş toprağın değişik hidrolik dirençli çamur durumundaki karışımının hazırlanması ile yapay olarak yapılabilir. Giderek daha düşük dirençli bir seri kabuğun kullanılması, doygunluğa değin su içeriği ile ilgili olarak giderek artan daha yüksek K değerleri verebilir. Böyle bir seri test, eğer toprak başlangıçta çok kuru ise ya aynı yerde birbiri arkasından ya da birbirine yakın yerlerde aynı anda yürütülebilir.

Bu yöntem Bouma ve birlikte çalışanlar (1971) tarafından tarlaya uygulanmıştır. Bu araştırmacılar, silindirik infiltrasyon kullanmış ve gerekli sınır koşullarını elde etmek için yüzey toprağını balçıklaştırmışlardır. İnfiltrasyona konu olan profilde düşey ve yatay gradiyentleri kaydetmek amacıyla tansiyometrik ölçümler de yapmışlardır. Elde etmiş oldukları bulgular, bu yöntemin tarlaya gerçekten uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

Yöntem III: İç Drenaj

Rose ve birlikte çalışanlar (1965) ve Watson (1966) tarafından önerilen bu yöntem, bir profilin iç drenajında geçici durumun (transient state) kaydedilmesi temeline dayanır. Bu yöntem tarlada yürütüldüğünde, strüktürün bozulması nedeniyle toprağın hidrolik özelliklerinde görülebilecek değişimi ve yine düzenli durum yöntemlerinin geçici durum süreçlerine uygulanabilirliği konusundaki çekingenlikleri gidermiş olur. Tansiyometreye "scanning" tekniklerini ve "strain gage pressure transducer" uygulayarak toprak su basıncı değerlerinin hızla ve otomatik olarak toplanması sağlanabilir. Yöntem için gerekli olan toprak su içeriği değerleri nötron nem sayacı yardımıyla elde edilebilir.

Rose ve Stern (1967), Van Bavel ve birlikte çalışanlar (1968 a, b), Davidson ve birlikte çalışanlar (1969), Gardner (1970) ve Giesel ve birlikte çalışanlar (1970) bu doğrultuda çeşitli çalışmalar yürütmüşlerdir. Bu araştırmacılar, toprakların doymun olmayan hidrolik iletkenlik işlevinin tarlada belirlenebileceğini kanıtlamışlardır. Hillel ve birlikte çalışanlar (1972), tüm bir toprak profilinin özgül (intrinsic) hidrolik özelliklerinin yerinde belirlenmesi konusunda yalınlaştırılmış bir işlemin ayrıntılı tanımını vermişlerdir.

Bu yöntem, yalnız drenaj koşulları altında, buharlaşma ve terleme önlenildiğinde, toprak ıslaklığının ve matric tansiyon profilinin sık sık ve aynı anda ölçülmesini gerektirir. Bu ölçümlerden profil içerisindeki akış hızının ve potansiyel gradientinin ve böylelikle hidrolik iletkenliğin istenilen bir andaki değeri elde edilebilir. Toprak profili içe-

risinde her yükseklikte ıslaklıkla ilişkili olarak hidrolik iletkenlik değerleri bilinince, bu değerler bitki örtüsü ile kaplı tarlalarda drenaj ve buharlaşma ve terleme analizlerine uygulanabilir. Bu yöntemi tarlada uygulamak için orta noktadaki süreçlerin çevreden, sınırlardan, etkilenmeyeceği yeteri büyüklükte, örneğin 10 x 10 m, olan özel bir alan seçilmelidir. Bu alana kök bölgesinin altına erişmek üzere en az 1 nötron giriş tüpü yerleştirilir. Gerekli derinlik bazen 2 metreyi geçebilir. Bir seri tansiyometre, elden geldiğince derine, 30 cm yi geçmeyecek aralıklarla giriş tüpünün yakınına yerleştirilir. Bundan sonra yüzeyde su gölledirilir ve tüm profilin ıslanabileceği ölçüde ıslanmasını sağlamak üzere yeteri bir süre sulama yapılır. Su akışını önlemek için yüzey bir plastik örtü ile kaplanır ve iç drenaj süreci ilerlerken profil boyunca belirli aralıklarla su içeriği ve tansiyon ölçülür. Bir profilin hidrolik iletkenliğinin hesaplanması ve bilgilerin ele alınıp değerlendirilmesi Hillel ve birlikte çalışanlar (1972) tarafından açıklanmıştır.

Bu yöntem, toprakların doymun olmayan hidrolik iletkenlik işlevini yerinde elde etmek için şu anda uygulanabilirliği en yüksek olan yöntemlerden biri olarak gözükmektedir. Gerekli olan aletler, nem ölçümü için bir nötron metre veya toprağı bozmaksızın su içeriği profilinin elde edilmesinde kullanılan diğer bir yöntem ve bir tansiyometre takımındadır. Bu yöntemin uygulanması denetim altında tutulan infiltrasyona dayalı diğer yöntemlerden daha kolaydır. Aynı yerde birbirini izleyen birkaç sulama drenaj döngüsü boyunca ölçümler yapılabilir. Bundan başka, bu yön-

tem için toprak nem ilişkisinin nem içeriğine karşı matric tansiyonun, önceden bilinmesi gerekmez. Söz konusu yöntem bu ilişkiye değgin bilgileri tarlada oluşan değişim aralığında yerinde üretir. Belirtildiği üzere bu yöntem, toprak neminin yatay hareketinin kayda değer boyutlara eriştiği yerlerde uygula-

lanamaz. Toprak profilinin doygun olmadığı koşullarda bu hareket normal olarak önemli ölçüde değildir, ama üzerinde doygun koşulların bir süre ege-men olacağı önleyici bir katmanın oluştuğu yerlerde yatay hareket her an önemli boyutlara ulaşabilir.

KAYNAKLAR

- Amerman C. R., Hillel D., Peterson A. E. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34, 830-832, (1970)
- Bouma J., Hillel D., Hole F. D., Amerman C. R. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34, 362-364, (1971)
- Davidson J. M., Stone L. R., Nielsen D. R., La Rue M. E. Water Resources Res. 5, 1312-1321, (1969)
- Gardner W. R. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34, 832, (1970)
- Giesel W., Lorch S., Tenger M. Isotope Hydrology, Int. Atomic Energy Agency, Vienna (1970)
- Hillel D., Gardner W. R. Soil Sci. 107, 137-142, (1969)
- Hillel D., Gardner W. R. Soil Sci. 109, 69-76, (1970a)
- Hillel D., Gardner W. R. Soil Sci. 109, 149-153, (1970b)
- Hillel D., Rawitz E., Benyamini Y. İnfiltration and rainfall runoff as affected by natural and artificial surface crusts. Research Report submitted to U. S. Department of Agriculture, The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture, Rehovot (1972a)
- Hillel D., Krentos V. D., Stylianou Y. Soil Sci. (in press) (1972 b)
- Morin, J., Goldberg D., Seginer I. Trans. Amer. Soc. Agr. Eng. 10, 74-77, (1967)
- Rawitz E., Margolin M., Hillel D. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. (in press) (1972)
- Rose C. W., Stern W. R., Drummond J. Aust. J. Soil Res. 3, 1-9 (1965)
- Rose C. W., Stern W. R. Aust. J. Soil Res. 3, 95-100, (1967)
- Rubin J. Water Resources Res. 2, 739-749, (1966)
- Steinhardt, R., Hillel D. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30, 680-682, (1966)
- Van Bavel C. H. M., Stirk G. B., Brust K. J. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32, 310-317, (1968a)
- Van Bavel C. H. M., Brust K. J., Stirk G. B. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32, 317-321, (1968b)
- Watson K. K. Water Resources Res. 2, 709-715, (1966)
- Youngs E. G. Soil Sci. 109, 307-311, (1964)