

İNFİLTRASYON HIZININ TESBİTİNDE KULLANILAN "SABİT SEVİYELİ ÇİFT SİLİNDİRLİ İNFİLTROMETRE" İLE SABİT SEVİYELİ" KARİK İNFİLTROMETRE METODLARININ MUKAYESESİ ÜZERİNDE BİR ARAŞTIRMA

Hurşit ERTUĞRUL (1) Feridun HAKGÖREN (2)

ÖZET

Bu araştırmada Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi İşletme arazisinde, özellikle toprakları, tekstür yönünden farklılık gösteren dört ayrı yerde "sabit seviyeli çift silindirli infiltrometreler" ve "sabit seviyeli karık infiltrometreleri" ile çok tekerrürlü infiltrasyon ölçmeleri yapılmıştır.

Sabit seviyeli karık infiltrometreleri ile yapılan ölçmeler sonunda bulunan infiltrasyon hızları sabit seviyeli çift silindirli infiltrometrelerle ölçülenlerden daha yüksek bulunmuştur,

İstatistikî analizler her iki metot arasında önemli ve pozitif bir korelasyonun varlığını ortaya koymuştur.

İnfiltrasyon hızı sabitleşinceye kadar geçen zamanın sabit seviyeli karık infiltrometrelerinde çift silindirli infiltrometrelerden biraz daha fazla olduğu tesbit edilmiştir.

GİRİŞ

Genel anlamda infiltrasyon, gerek yağış sularının gerekse torak yüzeyine tatbik edilen sulama ve yıkama sulamının toprak yüzünden toprak içerisine girişi olarak tarif edilmektedir (Berk-

man 1964, s. 51-53; Lal ve Pandya 1972, s. 69-72). Bu, toprağa geçen suyun hacmi veya hızı ile ifade edilebilmektedir (ASCE 1962, s. 108; Musgrave 1955, s. 169; Johnson 1963, s. 3).

(1) Prof. Dr. Hurşit ERTUĞRUL, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik ve Ziraat Alet ve Makinaları Bölümü Öğretim Üyesi.

(2) Dr. Feridun HAKGÖREN, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik ve Ziraat Alet ve Makinaları Bölümü Asistanı.

Dergi Komisyonuna geliş tarihi: 12.6.1973.

İnfiltrasyon hızı, birim zamanda birim alandaki yaprak yüzünden toprak içerisine geçen su hacmini; infiltrasyon kapasitesi veya infiltrasyon nisbeti, verilen zaman ve şartlarda toprağın absorbe edebileceği su miktarını ifade etmektedir (Richards, 1952, s. 85-88). Yalnız burada dikkat edilmesi gereken nokta infiltrasyon nisbetinin her zaman infiltrasyon kapasitesine eşit olamayacağı hususudur. İnfiltrasyon herhangi bir nisbette sınıftan başlayarak kapasite değerine kadar çıkabilir. Örneğin yağış intensitesi infiltrasyon kapasitesinden düşükse infiltrasyon nisbeti infiltrasyon kapasitesine eşit değildir; daha küçük bir değerdir. Bir toprakta infiltrasyon nisbetinde sonsuz sayıda değişiklikler olabilir. Buna mukabil belli bir toprak için belli bir zaman süresinde yalnız bir infiltrasyon kapasitesi vardır (Horton 1940, s. 399-417).

İnfiltrasyon değerlerinin bilinmesi; toprak yüzeyindeki yüzey akış suları (Runoff) ve erozyon olaylarının tahlili, sulama suyunun toprağa tatbik edilmesi, tuzlu ve sodik toprakların ıslahı ve yıkanmaları yönünden önem taşımaktadır (Berkman, 1964, s. 51-53). İnfiltrasyon sature olmamış topraklarda gözüktür; toprak sature olduğu an hidrolik kondaktivite değerine ulaşır. İnfiltrasyon bilgisi, yüzey sulamalarda arzu edilen bir zaman için belli bir su miktarı ile kök bölgesinin doldurulması, akış uzunluğu ve perkolasyonla meydana gelen kayıpların iyi bir şekilde tayin edilebilmesi için esastır (Lal ve Pandya, 1972, s. 69-72). Uygun bir yüzey sulama sistemini projelleyebilmek için toprağın infiltrasyon nisbetini bilmek lüzumludur (Norum ve arkadaşları 1970. s. 111-119). Yüzey sulamalarında akış uzunluğu ve zamanın bir fonksiyonu ola-

rak ifade edilen total infiltrasyon miktarı, karık veya tava içerisindeki akışın ve toprakların infiltrasyon karakterlerinin ileri bir fonksiyonu olarak kontrol edilebilir (Wu ve arkadaşları 1970).

Yukarıdaki ifadeler özetlenecek olursa sulama metotlarının planlamasında esas olan sulama müddeti, akış uzunluğu, parsel ve tavanların boyutlarının tesbiti birinci derecede toprakların, infiltrasyon hızlarına bağlıdır (Criddle ve arkadaşları 1956, s. 104).

İnfiltrasyona toprak özellikleri ve hidrolik meyil etkilidir. (Lal ve Pandya 1972). İnfiltrasyon nisbeti, strüktür, tesktür, porozite toprağın başlangıç rutubet muhtevası, rutubetin profil boyuna dağılımı, toprağın şişme derecesi, toprağın kolloid ve organik maddeleri, torak içindeki hapsolmuş hava, porların büyüklüklerine göre dağılışı toprağın sıcaklığı gibi toprağın fiziksel özellikleri ve birçok diğer kimyasal ve biyolojik karakterlerine bağlı olarak değişir (Lal ve Pandya 1972; Berkman 1964, Browning 1939; Free ve Palmer 1940; Hansen 1965).

Bunun yanında toprak yüzeyinin meyil derecesi, topoğrafyası, bitki örtüsü, torak işleme durumu, toprağın kültüre alınma tarzı, otlatma durumu, toprak sıcaklığı, tatbik edilen suyun sıcaklığı, su tatbik süresi, yağış intensitesi de infiltrasyon üzerinde etkilidir (Duley ve Kelly 1940; Mannering ve Mayer 1963; s. 85; Bertrand 1965, s. 21; Rauzi 1963, s. 114; Sukharev ve Sukhareva 1960; Richard ve Wadleigh 1957; Berkman 1964; Erie 1962; Wiscmeier ve Mannering 1965, Arend ve Horton 1942; Williams ve Doneen 1960).

Grin (1971)'de yapmış olduğu deneyler sonucu toprakların infiltrasyon nisbetleri ile toprakların başlıca major ve fiziksel ve bilhassa kimyasal özellikleri arasında çok yakın kantitatif bir bağıntının varlığını ortaya koymuş ve linear multiple korelasyon ile bu bağıntıyı oldukça doğru bir şekilde göstermiştir.

İnfiltrasyon, kendisine etki eden devamlı ve çabuk değişen faktörlerin tanımlanması ile izah edilebilecek son derece kompleks bir işlemdir. Burada, Darcy kanunu $q=K(\theta) I$ belli bir derinlikte, belli bir zamanda topraktan geçen suyun akışını tanımlamada kullanılabilir (Hanks 1965, s. 49-51).

Bauwer (1969) üzerinde araştırma yaptığı topraklarda, toprakların üniform olmayan su miktarına, üniform olmayan hidrolik kondaktiviteye veya her ikisine birden sahip olmaları halinde infiltrasyonlarının hesaplanmasında basit bir işlemi ortaya koymaktadır. İşlem Green ve Ampt'in piston-akış modeline dayanmaktadır. Suyun toprağa nüfuz edebilmesi, toprağın ıslatılmasından evvel ve sonraki farklı rutubet değerlerine, ıslanmadan sonraki hidrolik konaktivite değerlerine ve toprağın su alabilme kabiliyeti ile ilgili değerlere bağlıdır. Araştırmada bu parametrelerin tarlada ölçülebilme tekniği açık bir şekilde belirtilmiştir. İşlem, kaba ve ince tekstürlü topraklarda taşıma sulama yapıldığında infiltrasyon zamanının hesaplanmasında ve sulama randımanının üniform olmayan hallerinde akış zamanının değerlendirilmesinde tatbik imkanına sahiptir. Netice olarak bu çalışmayla arzu edilen miktarda suyun toprağa infiltre olabilmesi için akış zamanının % 25'inden daha fazla

olmayan fazla bir akış zamanında müsaade edilmesi halinde sulama randımanının % 90 veya daha yüksek olabileceği tesbit edilmiştir.

Bouwer'in bu çalışmasını eleştiren Yu-Si Fok (1970), Green ve Ampt tipi infiltrometre denklemlerinin kullanılmasıyla suyun toprağa infiltre oluşu hakkında yeteri kadar doğru bilgi sağlanabileceğini belirtmiştir. Green ve Ampt tipi infiltrasyon denklemlerinin diğer bir avantajı da cebirsel formda ifade edilebilmeleridir Böylece infiltrasyon zamanı esas alınarak toprakların fiziksel özelliklerini semi-logarimetrik fonksiyon olarak grafikte göstermek mümkün olur.

Lal ve Pandya (1972)'in yapmış oldukları çalışmada ise yüzey sulamalarında infiltrasyon hisbetini değerlendirmede, en pratik metodun Christiansen ve arkadaşlarının (1968) hacim-balans metodu olduğunu ifade edilmekte ve hacim-balans metodunu formül ve şekillerle izahı yapılmaktadır.

İnfiltrasyon nisbetinin tayininde çeşitli metotlar tavsiye edilmiş ve kullanılmıştır. Bunlar: (1) tek silindirli infiltrometreler; (2) çift silindirli infiltrometreler; (3) yağış simulatörleri (suni yağmurlayıcılar); ve (4) göletlerden istifade ile infiltrasyon tayini metotlarıdır. Tek ve çift silindirli infiltrometreler ancak küçük alanların infiltrasyon nisbetlerinin tayininde kullanılır. Bu sebepten bir tarlanın tümü için ortalama infiltrasyon nisbetini (veya o sahayı temsil edebilecek infiltrasyon nisbetini) bulabilmek için birçok ölçümün yapılması gereklidir. Yağış simalatörleri ile yapılan ölçümler, yüzey sulama metotları ile sulanan toprakların infiltrasyon nisbetini tam olarak temsil edemezler. Keza

gölet veya havuz metotları, infiltrometrelerle mukayese edildiği zaman daha geniş sahalara (havzalar) için kullanılır. Arazinin dikmeyilli olduğu hallerde bu metotlarla ölçüm yapmak zordur. Yağış simalatörleri dışındaki metotların sabit ve durgun bir su yükü altındaki infiltrasyon değerlerini vermeleri, bunlar için bir mahzurdur. Halbuki tarla sulama şartlarında su toprak yüzeyinde akmaktadır. Suyun bu hareketi sonucu meydana gelen erozyon, toprak zerrecilerinin değişimi ve toprak yüzeyinin millenmesi; infiltrasyon nisbetinin farklı bulunmasına sebep olur.

Böylece yüzey sulama sistemlerinin projelenmesinde kullanılan infiltrasyon nisbetlerinin hakiki tarla şartlarındakinden ve sulama sırasında meydana gelenlerden farklı olacağına şüphe yoktur (Norum ve arkadaşları 1970).

Aynı araştırmacılar, Gray ve Ahmet'in geliştirdiği infiltrasyon denklemini inceleyerek, toprağa nüfuz eden su kütlesinin uzun tavalarda, tavaların alt ucuna doğru ilerleyen suyun ilerleme nisbeti ile zamanın nisbi bir fonksiyonu olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymuşlardır. Denkleme;

$y = Kt^a$ ve $X = ct^m$ dir. Burada : $t =$ zaman; $y =$ infiltre olan suyun derinliği; $X =$ tava alt ucuna doğru akış uzunluğu $K, a, c, m =$ kasayılar veya üstlerdir. Bu iki eşitlik kombine edilerek tavada t zamanı sonunda filtre olan suyun hacmi V bulunur.

$$V = C \text{mkt.} \sum_{r=0}^{\infty} \frac{(-1)^r \Gamma(a-1)}{(m+r) \Gamma(r(a-r))} \text{ Burada,}$$

$r =$ indexlerin toplamı ve $\gamma =$ gama fonksiyonudur. En küçük kareler metodu kullanılarak m ve C katsayıları

değerlendirilir ve denklem $V = qt - s$, olur ki; burada $q =$ tavada akan suyun nisbeti, yüzeyde kalan su miktarıdır.

Sonuç olarak tava sulamalarında suyun ilerlemesi ile ilgili doneler mevcut olduğu zaman

$y = Kt^a$ ve $y = St^{1/2} + At$ infiltrasyon denklemlerindeki katsayıları elde etmekte grafiklerle ifade edilen bir uygulama tekniği kullanılabilir. Burada kabul edilen esas yüzeydeki akış derinliğinin sabit olmasıdır. Eğer elde yeterli ve tatmin edici malumat varsa ortalama akış derinliğini bulmak içinde genişletilebilir.

Aynı konu üzerinde uğraşan Wu ve Bishop (1970), akış uzunluğunun ve zamanının bir fonksiyonu olarak ifade edilen yüzey sulamalarındaki total infiltrasyon miktarının karık (veya tava) içerisindeki akışın ve toprakların infiltrasyon karakterlerinin bir fonksiyonu ile kontrol edilebileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre; sulama esnasında suyun kesilme zamanını da içine alan belli bir zaman için karık (veya tava) boyunca vuku bulan infiltrasyonu hesaplamada basit bir grafiksel çözüm yolunu inkişaf ettirerek kullanmak mümkündür. Bu teknik basit olup herhangi bir matematiksel hesaplamayı icap ettirmez. Metot, akış boyunca infiltrasyon dağılımının şekli ile yüzey sulamalarda suyun dağılımı ve tatbik randımanının tayininde kullanılabilir.

Buna bezer bir çalışma da Bishop ve ASCE (1961) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada perkolasyon ile kök bölgesinden kaybolan su miktarı dikkate alınarak toprağın su alma hızı ve sulamadaki akış uzunluğu arasındaki bağıntı takdir edilmiştir.

Yukarıda zikredildiği gibi bir çok araştırmacı son zamanlarda infiltrasyon değerlendirmelerinde bir takım amprik formülleri tavsiye etmektedirler. Ortaya konan çeşitli motot ve formüllerle elde edilen sonuçlar tarla denemeleri ile elde edilenlere nazaran daha az hataya sahip ve daha çok akla yakın görünmektedir. Bununla birlikte tarla şartlarında elde edilen ölçmelerinde pratik önemini ve tatbikatçı yönünden kolay hesaplamaları gerektirdiğini akıldan çıkarmamak lazımdır. Rutubet akış teorisinin sınırlı olduğu hallerde pratik yönden önemli olan tarla ölçmeleri yapılmayabilir veya çeşitli zorunluklar bu ölçmeleri sınırlayabilir. Bu takdirde teorik hesaplamalara gitmekle veya benzer şartlar meydana getirilerek ölçmeler yapmak suretiyle daha doğru neticeler elde edilebilir. Green ve arkadaşlarının (1964)de belirttiği gibi böyle tayinlerin tarla ölçmelerinin yerini alabileceğini de beklememek lazımdır. Bu tip çalışmalar çeşitli toprak ve şartlardaki infiltrasyonları değerlendirmede ve tarlada yapılan ölçüm neticeleri ile mukayeseli olarak yapılan değerlendirmelerde bir mana ifade etmektedir.

Nitekim Krimgold ve Becnhower (1954, s. 719-775)'e göre de infiltrasyon hızının toprak özellikleri dikkate alınarak hesaplamalar tam olarak tayin edilmesi mümkün değildir. Bu bakımdan toprakların infiltrasyon hızları muhakkak tarla şartlarında, denemelere tesbit edilmelidir.

Bu sebepten tarlada infiltrasyon ölçüm metotlarını bırakmamak, bunların üzerinde durmak, geliştirme imkanlarını araştırmak ve en uygun metodu seçmek ve tatbikatçının emrine vermek gereklidir. Eskiden beri bu maksat için araştırmacılar birçok metot geliştirmiş ve

bazı tavsiyelerde bulunmuşlardır. Çok sayıdaki bir çalışmaların hepsinin burada zikredilmesi imkânsızdır. Bununla birlikte; önemli olan bazı araştırmaların gözden geçirilmesi yerinde olacaktır.

Arazi ölçümlerinde geniş ölçüde kullanılan çift silindirli infiltrometreler Bryant ve arkadaşları (1948, s. 341-345); US Salinity Staff 1954, s. 124-125) ve Howard ve Donnan (1956) tarafından tasviye edilmiş, detaylandırılmış ve tatbikatçının istifadesine arz edilmiştir. Bu infiltrometrelerin basit ve kullanılışlarının kolay olması çok yaygın bir kullanma sahası bulmalarına sebep olmuştur (Johnson 1963 s. 9).

Silindir infiltrometre metodunun mahzuru, geniş sahaları karakterize edebilmesi için oldukça çok sayıda ölçümün yapılmasına ihtiyaç göstermesi ve neticelerin değerlendirilmesinde belli bir dikkat ve tecrübenin kazanılmış olması zorunluğunu yaratmasıdır (Bauwer 1957, s. 662-664).

Aronovici (1955) profil şartlarının, toprak rutubetinin ve silindir büyüklüğünün değişmesi hallerinde cam yüzeyli tank metodunun silindir metoduna nazaran tabii ve ıslak zonun arttığı durumlarda çok daha iyi müşahade imkânı sağladığını iddia etmektedir.

Slater (1957) ise kültür arazilerinde yağmurlama infiltrometreleri ve tek silindirli infiltrometreler kullanarak çok tekerrürlü çalışmalar yapmış ve neticede iki metotla elde ettiği infiltrasyon nisbetleri arasında iyi bir korelasyon ortaya koymuştur.

Erie (1963) infiltrasyon nisbetinin ölçümünde kullanılacak silindirlerin en az 15 cm. çapında tercihan daha geniş olmasını, silindir içerisindeki suyun yüksekliğinin normal sulama şartlarında

tarladaki su yüksekliği ile aynı olmasını ve keza tampon bölgedeki (iki silindir arasındaki) su yüksekliğinin de aynı seviyede olmasını önermektedir. Araştırmacıya göre infiltrasyon ölçmelerinde en iyi karık metodu, kırığa giren ve çıkan suyun ölçülmesidir. Böylece sıra aralıklarının tesbitinde emin bir karara varılabilir.

Davis Fry (1963) silindir infiltrometre, karık infiltrometre, karıklara giren ve çıkan suyu ölçümleri ve hacim balans infiltrasyon metotlarını mukayese etmişlerdir. Bu dört metottan hacim balans eşitliğinin gerçeğe daha yakın sonuç verdiği kanaatine varmışlardır. Aynı araştırmada belirtildiğine göre infiltrasyon tayinlerinde karık ve silindir infiltrometreleri kullanıldığı hallerde ölçüm maksadıyla kullanılan su mevcut sulama suyu olmayıp, taşıma su ise bu takdirde karık infiltrometreleri silindirlere nazaran daha doğru neticeler vermektedir. Mamafih her iki metotta da normal sulama şartlarındaki akış hızının ve toprak zerrelere dizilişinde meydana gelen değişikliklerin infiltrasyon üzerindeki etkisi dikkate alınamamıştır.

Shull (1961) bir basit seviyeli (By Pass) karık infiltrometresi geliştirmiştir. Bu metotta boyutları belli bir karık parçasına bir tanktan su verilmekte ve karıktaki su seviyesi devam olarak sabit tutulmaktadır. Böylece daha hassas ölçmeler yapmak mümkün olmaktadır. İnfiltrasyon ölçmelerinde sabit seviyeli karık infiltrometresinin hassas sonuçlar vermesi, kullanılmasının basit oluşu

bu infiltrometreninde silindir infiltrometreler kadar yaygın kullanılma sahası bulacağını göstermektedir.

Bu sebepten ülkemizde çok kullanılan ve ölçüm değerleri çok hassas olmayan silindir infiltrometrelerinin yerine zamanla sabit seviyeli karık infiltrometrelerinin kullanılacağı düşünülebilir. Sulama projelerinin planlanmasında ve araştırmalarda bu hususun göz önüne alınması gerekir. Nitekim bu konu üzerinde çalışan Balaban ve Benli (1970) yapmış oldukları araştırmada uygulanması basit fakat kaba sonuçlar veren silindir infiltrometreler ile uygulanması güç olan ve hassas sonuçlar veren karıklara giren ve çıkan suyun ölçülmesi metodunun mukayeselerini yapmışlardır. Araştırmada uygulanan her iki metot arasında bütün deneme yerleri için yüksek bir korelasyon bulunmuştur. Silindir infiltrometrelerle ölçülen infiltrasyon hızları karık metoduyla ölçülenlerden daima yüksek bulunmuştur ki; bu durum karık metodunda ölçme anında meydana gelen siltasyona atfedilmiştir.

Bu araştırmada ise infiltrasyon tayinlerinde karıklara giren ve çıkan suyun ölçülmesi yerine uygulaması çok daha kolay olan ve hassas sonuçlar verebilen sabit seviyeli karık infiltrometre ile çok yaygın, ucuz, basit kullanılması kolay olan, elde edilen değerleri çok hassas olmayan ve fakat çok alışılmış sabit seviyeli çift silindirli infiltrometreler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOD

İnfiltrasyon denemeleri Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi İşletme arazisi içerisinde, özellikle toprakların tekstür yönünden farklılık gösterdiği

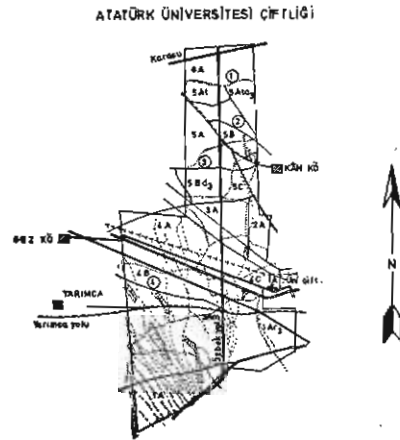
dört ayrı yerde yapılmıştır. Tekstür ve organik madde tayini maksadıyla aynı yerlerden 0-30, 30-60, 60-90 cm. derinliklerden toprak numuneleri alınmıştır.

Bir numaralı deneme yeri Karasu kanalının 300 m. güneyinde ve Özbek yolunun 200 m. doğusunda; iki numaralı deneme yeri çiftlik köyü yolunun doğusunda Korkuyular mevkiinde; üç numaralı deneme yeri 4 numaralı kuyu civarındaki Ziraat Fakültesi Araştırma Enstitüsü deneme tarlalarında; dört numaralı deneme yeri de D₄ tahliye kanalının 150 m. doğusunda Ağalık mevkiinde bulunmaktadır (Şekil 1).

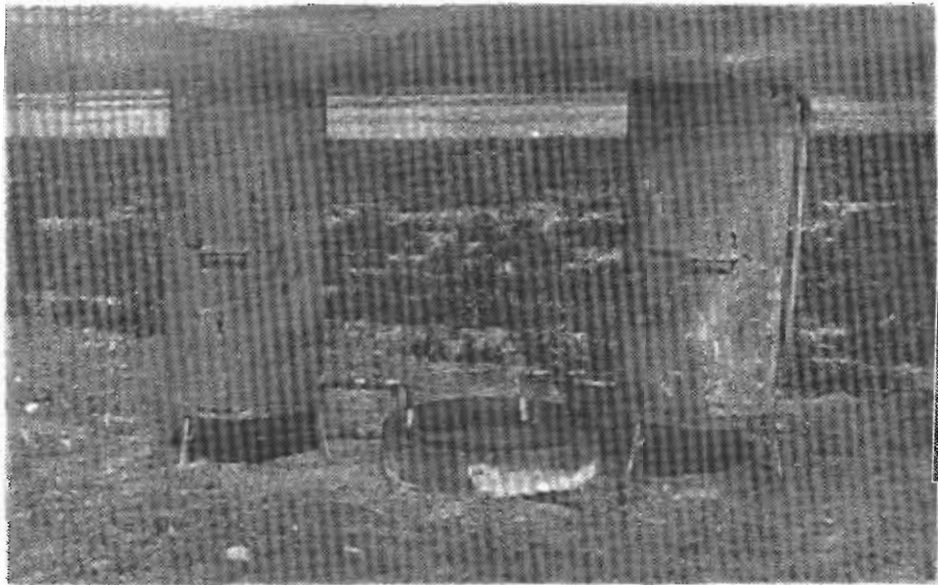
Seçilen dörk deneme yerinde infiltrasyon hızının ölçülmesi "Sabit Seviyeli Çift Silindir İnfiltrometreleri ve Sabit Seviyeli Karık İnfiltrometreleri" ile çok tekerrürlü olarak yapılmıştır. Sabit seviyeli çift silindirli infiltrometre ile infiltrasyon hızının ölçülmesi Şekil 2'de ve infiltrometrenin detayı Şekil 3'de gösterilmiştir (Dieleman 1963; Kırmıhan 1973).

Sabit seviyeli karık infiltrometreleri Shull 1961'in tesbit ettiği esaslara göre Atatürk Üniversitesi atölyelerinde yap-

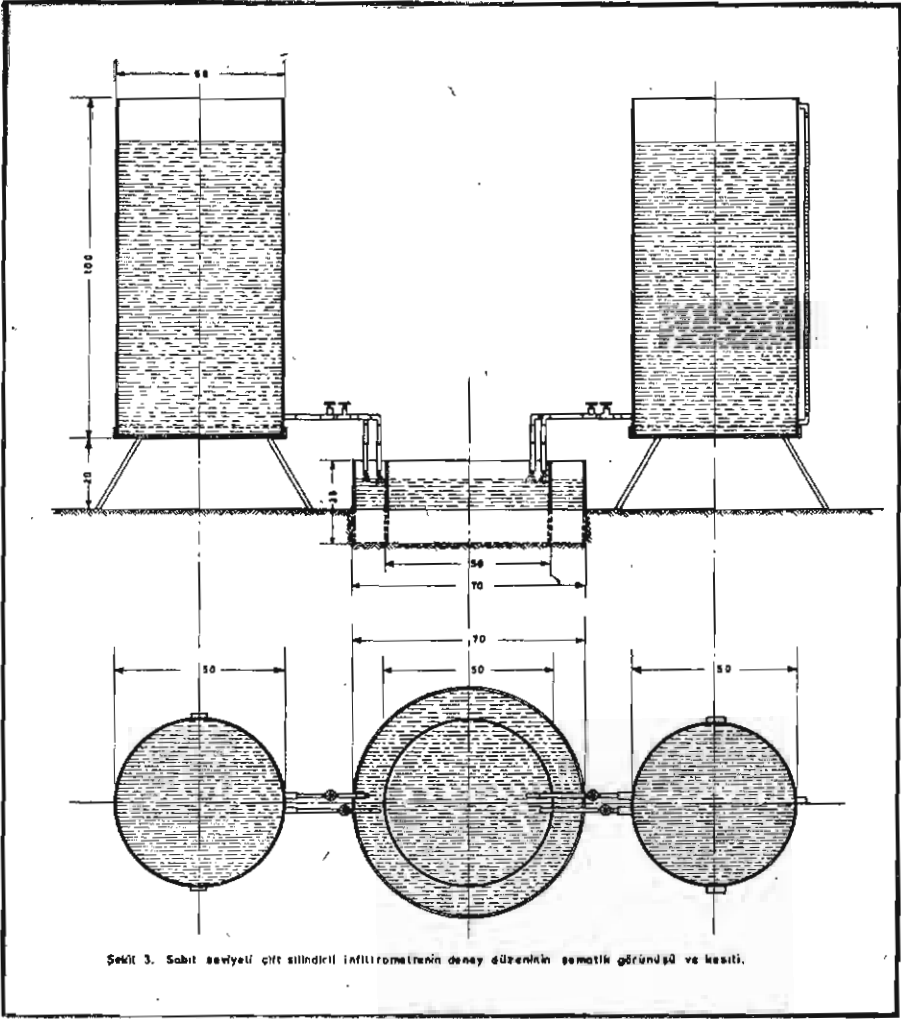
tırılmış ve detayı şekil 4'de verilmiştir. Şekil 5' bu infiltrometre le yapılan bir ölçmeyi göstermektedir. Metot bir tanktan boyutları belli bir karığa verilen suyun karık içerisindeki seviyesinin bir şamandra vasıtasıyla sabit tutulması



Şekil 1. Denemelerin yapıldığı ve numunelerin alındığı yerler.



Şekil 2. Sabit seviyeli çift silindirli infiltrometrenin arazide uygulanması.

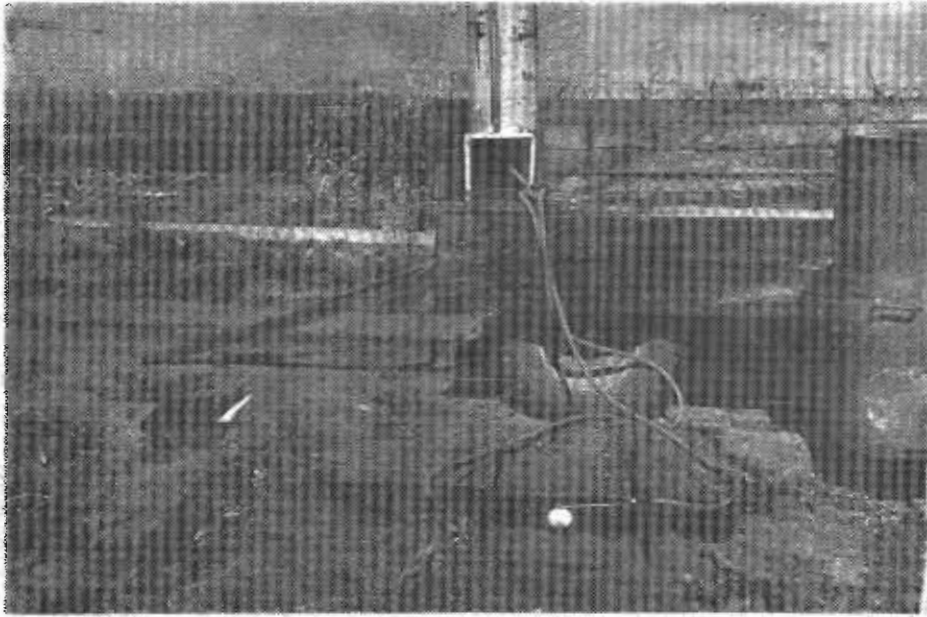
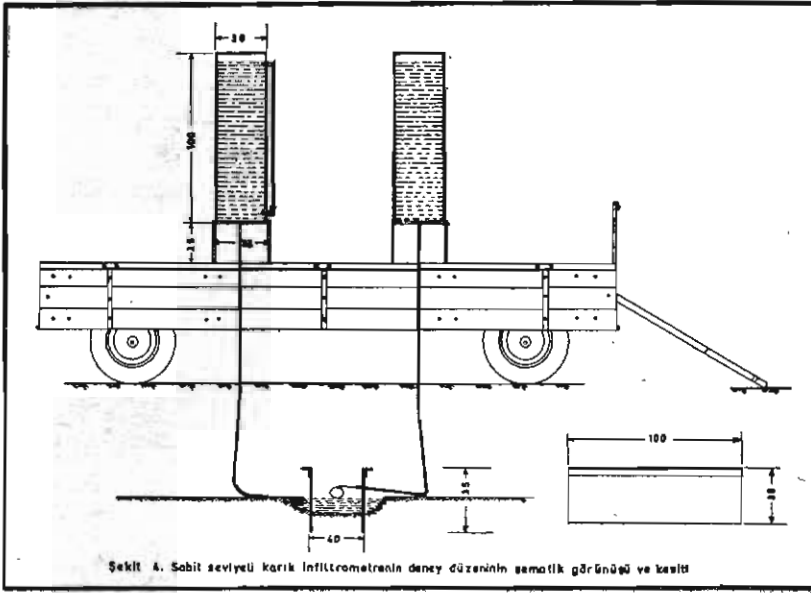


Şekil 3. Sabit seviyeli çift silindireli infiltrometrenin deney düzeninin sematik görünüşü ve kesiti.

esasına dayanmaktadır. Bu sabit seviyeyi sağlayabilmek için tanktan sarfedilen suyun muayyen aralıklara ölçülmesi ile torağa infiltre olan su miktarı tesit edilmiş ve gerekli hesapmalar yapılmıştır.

Sulama suyunun toprağa tatbikinde, infiltrasyon ile toprağa sızan su, zamanın bir fonksiyonu olarak değişir

(Davis 1961, s. 52-54, 57; Hall 1966, s. 263-265; Wu ve Liag 1970, s. 320). $y = a.t^n$ bağıntısı esas alınarak infiltrasyon denemelerinden tesbit edilen t ve y değerlerinden "En küçük kareler metoduyla" topraklara ait k ve n sabiteleri hesaplanarak toprağa sızan toplam su derinliği (y), zamanın bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir (Hak-



Şekil 5. Sabit seviyeli kırık infiltrometrenin arazide uygulanması.

gören 1972). Burada y = toprağa sızan toplam su derinliği, t = y miktar suyun toprağa sızabilmesi için geçen zaman (dakika), a ve n = toprağa göre değişen sabitelerdir.

Daha sonra sabit seviyeli silindirik infiltrometre ile sabit seviyeli karık infiltrometresi metodları arasındaki istatistiksel ilişkiler araştırılmış ve netice-

ler "t" testleri ile kontrol edilmiştir (Davis, 1958, s. 64-66).

Araştırma topraklarının tekstürü Bouyoucos Hydrometer metoduna göre yapılmıştır (Bouyoucos 1951, s. 434-438). Tenkstür sınıflarının anlaşılmasında Soil Survey Staff (1951, s. 209-213)'daki tekstür üçgeni kullanılmıştır.

NETİCE ve MÜNAKAŞA

İnfiltrasyon testlerinin yapıldığı yerlere ait toprakların tekstürleri ile ih-

tiva ettikleri organik madde miktarları cetvel 1'de verilmiştir

Cetvel 1. İnfiltrasyon denemelerinin yapıldığı toprakların tekstürleri ve organik madde miktarları

Deneme Yeri (Profil) No.	Derinlik cm	Toprak tekstürü	Organik madde %
1	0—30	Killi tın	7,72
	30—60	Kil	5,66
	60—90	Tın	5,30
2	0—30	Siltli tın	0,82
	30—60	Tın	0,39
	60—90	Killi tın	2,57
3	0—30	Tın	2,16
	30—60	Tın	0,27
	60—90	Siltli tın	0,30
4	0—30	Kumlu tın	2,01
	30—60	Kumlu tın	0,66
	60—90	Kumlu tın	0,13

İnfiltrasyon ölçmeleri sonunda elde edilen değerler cetvel 2'de gösterilmiştir.

Cetvel 2'nin tetkikinden anlaşılacağı gibi sabit seviyeli karık infiltrometresi ile elde edilen infiltrasyon hızı değerleri dememe yapılan yerlerin hepsinde sabit seviyeli çift silindirik infiltrometre ile elde edilen değerlerden daha yüksekti. Çift silindirik infiltrometrelerde dış

silindirin ve tampon bölgenin, suyun yanlara hareketini önlemesine karşılık, sabit seviyeli karık infiltrometrelerinde karıkların kenarlarının açık olması nedeniyle suyun yanlara doğru hareketi serbesttir. Bu sebepten sabit seviyeli karık infiltrometrelerinde infiltrasyon hızı daha yüksek bulunmuş olabilir. Bunun yanında karıklarda su sabit tutulmakta, karıklara giren ve çıkan su-

Cetvel 2. Deneme topraklarının infiltrasyon hızları ve infiltrasyon metodları arasındaki ilişkiler.

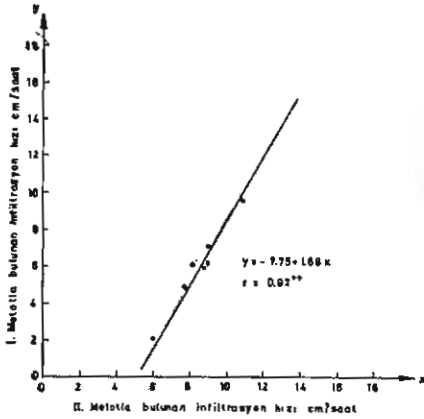
Deneme Yeri No.	Bitki örtüsü	Infiltrasyon hızı sabitleşinceye kadar geçen zaman		Sabit infiltrasyon hızı (cm/saat)		Kümülatif infiltrasyon $y = f(t)$		Metotlar arasındaki ilişki $x = \text{I. metot}$ $y = \text{II. metot}$
		I. Metot	II. Metot	I. Metot	II. Metot	I. Metot	II. Metot	
1	Ş.Pancar	100	90	8.22	5.9	$y=0,71t^{0,73}$	$y=0,188t^{0,91}$	$y=-7,75 + 1,66X$
2	Yonca	85	70	9.45	6.78	$y=0,59t^{0,83}$	$y=0,91t^{0,70}$	$y=-0,12 + 0,73X$
3	Buğday	75	70	6.05	3.25	$y=0,23t^{0,91}$	$y=0,44t^{0,55}$	$y=-1,29 + 0,75X$
4	Tiifolium Pratense	90	80	6.80	3.85	$y=0,55t^{0,70}$	$y=0,26t^{0,69}$	$y=-0,37 + 0,62X$

I. Metot (X) = Sabit seviyeli karık infiltrometre.

II. Metot (Y) = Sabit seviyeli çift silindiri infiltrometre.

yun ölçülmesinde olduğu gibi suyun hareketi ile bir siltasyon meydana gelmemektedir. Siltasyon mevzuu bahis olmayınca yanları açık olan karıklardan suyun çift silindirli infiltrometrelere nazaran toprağa daha fazla sızdığı anlaşılmaktadır.

Sabit seviyeli çift silindirli infiltrometre ile sabit seviyeli karık filtrometre metodları arasındaki istatistiksel analizlere göre bir numaralı deneme yerinde metodlar arasında istatistiki olarak $r = 0,97^{++}$ gibi önemli ve pozitif bir korelasyonun bulunduğu görülür (Şekil 6).



Şekil 8. 1 Nolu Deneme yerinde uygulanan metodlar arasındaki ilişki.

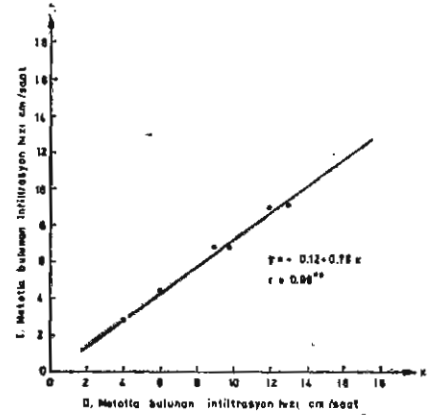
Bu korelasyon katsayısı iki numaralı deneme yerinde $r = 0,99^{++}$ gibi yine önemli ve pozitif bir değerdir (Şekil 7).

Üç numaralı deneme yerinde pozitif fakat önemli olmayan bir korelasyon katsayısı ($r = 0,89$) elde edilmiştir (Şekil 8).

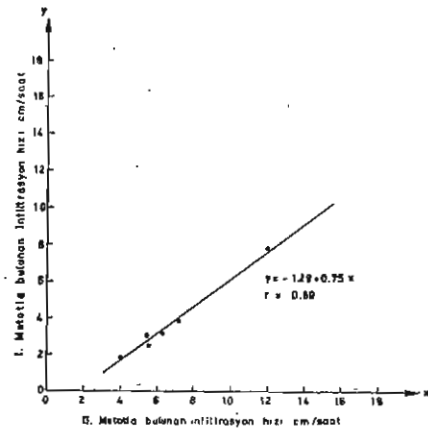
Dört numaralı deneme yerinde de metodlar arasında pozitif ve % 5 sevi-

yesinden önemli bir korelasyon katsayısı ($r = 0,98$) hesaplanmıştır (Şekil 9).

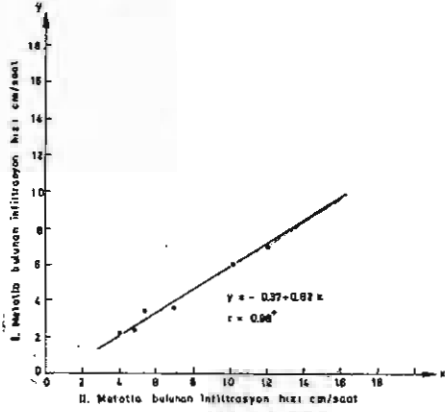
Metotlar arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayalarının pozitif ve önemli bulunuşu; bu metodlardan her ikisinin de infiltrasyon ölçmelerinde birbirini yerine kullanılabileceğini göstermektedir. Uygulayıcı, araştırmasının amacı ve tatbikat kolaylıklarını dikkate alarak bu iki metottan birisinin seçimini yapabilir.



Şekil 7. 2 Nolu Deneme yerinde uygulanan metodlar arasındaki ilişki.



Şekil 8. 3 Nolu Deneme yerinde uygulanan metodlar arasındaki ilişki.



Şekil 9. 4 Nolu Deneme yerinde uygulanan metotlar arasındaki ilişki

İnfiltrasyon hızı sabitleşinceye kadar geçen zaman, sabit seviyeli kırık infiltrometrelerinde, çift silindirli infiltrometrelere göre biraz daha fazladır (Cetvel 2). Bu durum, çok sayıda seri ölçmeleri icap ettiren hallerde çift silindirli infiltrometrelerin lehine dikkate alınacak bir husustur.

Deneme yerleri arasında infiltrasyon hızlarının farklılık göstermesine, toprakların tekstürlerinin benzer olmayışı ve organik madde muhtevalarının farklı oluşu etkili olmuştur (Sukharev ve Sukharev 1960, s. 17; Richards ve Wadleigh 1957, s. 76).

Araştırmada elde edilen sonuçlar dikkate alınarak ve infiltrasyon metotları için tesbit edilmiş olan denklemlerden faydalanılarak Atatürk Üniver-

sitesi Ziraat Fakültesi İşletme arazisinde yapılacak sulama tatbikatlarında; sulama aralıkları ve sulama zamanları da hesaplanabilir.

A RESEARCH ON THE COMPARISON OF THE "BY-PASS FURROW INFILTRMETER" AND "THE DOUBLE-RING INFILTRMETER" INFILTRATION METHODS

This reserach has been done at the farm of Atatürk University in four places. The texture of these soils are different from the others, Here, the "By-Pass Furrow Infiltrometer" and "the Double-Ring İnfiltrometer" infiltration methods have been compared.

The infiltration rates which are mesasured by the By-Pass furrow infiltrometer were found higher than the infiltration rates which were measured by the Double-Ring infiltrometer.

There is a positive and highly significant correlation between the two methods.

The time wich passes from the beginning untill the infiltration rate becomes steadey, is more in he "By-Pass furrow infiltrometer" than in the "Double-Ring infiltrometer".

LİTERATÜR LİSTESİ

Alagöz, H. 1957. Menemen Ovası Sulama Meseleleri Üzerinde Araştırmalar, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 131.

Apan, M. 1971. Erzincan Ovası Toprak ve Su Saynaklarının Sulama Yönünden Problemleri ve Geliştirilme İmkânları Üzerinde bir

- Araştırma (Basılmamıştır). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Erzurum.
- Arend, J. L. and Horton, R. E., 1942. Some Effects of Rain Intensity Erosion, and Sedimentation on Infiltration-Capacity. Soil Science of American Proceedings, Vol. 7, Sec. I. pp 82-89.
- Aronovici, V. S., 1955. Model Study of Ring Infiltrometer performance Under Low Initial Soil Moisture Soil Science Society of 19, No. 1, pp. 1-6.
- ASCE, 1962. Nomenclature For Hydraulic No. 43. American Society of Civil Engineers, New York 18, N.Y.
- Balaban, A. ve Benli, E. 1970. Sulamalarda Su Alma Hızının Tayininde Kullanılan Silindirik İnfiltrometre ve Karık Metodunun Mukayesesi Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı 1969, Ankara. Yıl 19, Fasikül 3'den ayrı basım. s. 457-467.
- Bauwer, H., 1969. Infiltration of Water Into Nonuniform Soil. journal of the Irrigation and Drainage Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 95, No. IR 4, pp. 451-462.
- Berkman, İ., 1963, Toprak Fiziği Ders Notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak İlmi Bölümü, Erzurum. s. 51-53.
- Through Improved practices (Plant Environment and Efficient Water Use) Amer. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of America; Madison-Wisconsin, s. 207-232.
- Bishop, A. A., ASCE, F., 1961. Relation of intake Rate to Length of Run in Surface Irrigation. journal of the Irrigation and Drainage Division, proceedings of the American Society of Civil Engineers No. IR 1, pp. 23-29.
- Bouwer, H., 1957. Infiltration Patterns for Surface Irrigation ASAE, Vol. 38, No. 9, pp. 662-664.
- Bouyoucos, G. J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils Agronomy journal 43: 434-438.
- Browning, G. M., 1939. Volume Change of Soils in Relation to Their Infiltration Rates, Soil Science Society of America Proceedings, Vol. 14, Sec. I. pp. 23-27.
- Criddle, W. D., Davis, S. Pair, C. H. and Shockley, D. G., 1956. Methods for Evaluating Irrigation Systems. USDA, Agriculture. Handbook No. 82.
- Christiansen, J. E., Bishop, A. A. Kiefer jr. F. W. and Yu-Si Fok, 1966. Avaluation of Intake Rate Constants 'as Related to Advance of Water in Surface Irrigation. Transactions of ASAE, Vol. 9, No. 5 pp. 671-674.
- Davis, O. L., 1958. Statistical Method in Research and Production (Third Edition). Oliver and Boyd Imperial Chemical industries Limited pp. 64-66, 96-113.
- Davis J. R. 1961. Estimating Rate of Advance for Irrigation Furrows

- Transactions of the ASAE Vol. 4, No. 1, s. 52-54, 57.
- Davis j. R. and Fry, A. W. 1963. Measurement of Irrigation Rates in Irrigated Furrows. Transactions of the ASAE, Vol. 6, No. 4, pp. 318-319.
- Dieleman, P. J. 963. Reclamation of Salt Affects Soils in IRAQ. International Institue for Land Reclamation and Improement, Wageningen. The Netherlands pp. 11.
- Duley, F. L. and Kelly, L. L., 1940. Effect of soil type, slope and surface conditions on intake of water (Nebraska Sta. Res. Bul. 112 (1939), pp. 16). Experiment Station Record 81: 618-619. US. Gov. Printing Office. Washington.
- Ertuğrul, H., 1971. Tarımsal Sulama Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Öğrenci Derneği, Erzurum.
- Erie, L. j. 1962, Evaluation of Infiltration Measurements. Transactions of he ASAE, Vol. 5, No. 1, pp. 11-13.
- Free, G. R. and Palmer, V. J., 1940. Interrelationship of Infiltration Air Movement, and Pore size in Graded Silica Sand. Soil Science Society of America Proceedings, Vol. 5, Sec. VI. pp. 390-398.
- Green, R. E., Hanks, R. j. , and Larson W. E., 1964, Estimates of Field Irrigation by Numrical Solutions of the Moisture Flow Equation Soil Scince Society Proceedings. Vol. 28 No. pp. 15-19.
- Grin, A. M., 1971. Correlation Between Infiltration and Soil Properties (Translated from: Doklady Akademii Nauk SSSR, 1961. Vol. 200, No. 5. 1207-1209). Soviet Soil Science, Vol. 3, No. 6: 715-719.
- Hall, W. A., 1946. Estimating Irrigation Border Flow. Agricultural Engineering Vol. 37, s. 263-265.
- Hakgören, F. 1962. Yukarı Pasinler Ovası Toprak ve Su Kooperatif Sahasındaki Toprakların Sulama Yönünden Problemleri, Çözüm Yolları ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma (Basılmamıştır). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum
- Horton, R. E. 1940. An Approach toward a physical Interperation on Infiltritaion Capacity. Soil Science Society of America Proceedings Vol. 5, Sec. VI, pp. 399-417.
- Hanks, R. j., 1965. Estimating Inilftation from Soil Moisture Properties. journal of Soil Water Conservation, Vol. 20, pp. 49-51.
- Howard, R., Tonnan, W., 1956. Cylinder Infiltrimeters to Determine the Intake Caharacteristics of Irrigation Soils. Agricultural Research Service and Soil Generation Service U. S. A.
- Hansen, V. E., 1960. New Concepts in Irrigation Efficiency Transaction of The ASAE, Vol. 3, No. 1, pp. 55-57, 61.

- Hocaoğlu, O. L., 1966. Toprakta Organik Madde, Nitrojen ve Nitrat Tayini. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Araştırma Enstitüsü Teknik Bülteni. No. 6.
- Johnson, A. I., 1963. A Field Method for Measurement of Infiltration. Geological. Survey Water-Supply Paper 1544-F. U. S. Government Printing Office Washington.
- Kırımhan, S., 1973. Sabit Seviyeli Çift Silindirli İnfiltrometrenin Kullanılması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Dergisi, Cilt 3, Sayı. 3, s. 13.
- Lal, R. and Pandya, A. C., 1972. Volume Balance Method for Computing Infiltration Rates in Surface Irrigation, Transactions of the ASAE Vol. 15, No. 1, pp. 69-72.
- Mannering, j. V. and Mayer, L. D. 1963. The Effects of Various Rate of Surface Mulch on Infiltration and Erosion. Soil Science Society America Proceedings, Vol. 27, 84-86.
- Musgrave, G. W., 1955. How Much of The Rain Enters The Soil. USDA, Water The Yearbook of Agriculture, s. 151-160.
- Norum, D. I., ASCE, A. M. and Gray, D. M., 1960. Infiltration Equations from Rate Of Advance Data. journal of the Irrigation and Drainage Divison Proceedings of the American Society of Civil Enginners, Vol. 96, No. IR2, pp. 111-119.
- Özdengiz, A., 1970. Iğdır Ovası Sulama Şebekesinin Bugünkü Durumu, Şebeke Dahilindeki Toprakların Sulama Yönünden Problemleri ve Çözüm Yolları Üzerinde Bir Araştırma (Basılmamıştır). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Rauzi, F, 1963. Water İntake and Plant Compositon as Affected by. Differantical Grezing on Range Land. journal Soil -Water Conservation, Vol. 18 (3) pp. 114-116.
- Richards, L. A., 1952. Report of the Subcommittee on Permeability and Infiltration. Committee on Terminology, Soil Science Society of America. Proceedings. Vol. 16. No. 1. p.. 85-88.
- Richards, L. A. and Wadleigh, C. H., 1957. Soil Water and Plant Growth. Soil Physical Condition and plant Growth. Vol. II (Editor: B. T. Shaw). Academic Press Inc. Publishers, New York, N, Y. s: 73-252.
- Shull, H. 1959. A By. Pass İnfiltrometer. ASAE Winter Meeting (December 11-18, 1959). Paper No. 59-712. Chicago-İllinois.
- Shull, H., 1961. A By- Pass Furrow İnfiltrometer. Transactions of the. ASAE Vol. 4, No. 1 pp. 15-17.
- Soil Survey Staff, 1951. Soil Surey Manual. US. Dept. Agriculture Hand Book, No. 18. USDA Agricultural Research Administration. Washington 25, D. C. s. 209-213.

- Sukharev, I. P. and Sukhareva, I. P. 1960. Effect of Agricultural Practices on Water Infiltration of Soil (Soviet Soil Sci. (1958) 3: 300-309) (Abstracts of recent published material on soil and Water Conservation, No. 18-17, ARS 41-49, USDA Agricultural Research Service, Washington, D. C.
- Williams, W. A. and Doneen, L. D., 1960. Field Infiltration Studies With Green Manures and Crop Residues of Irrigated Soils. Soil Science Society of America Proceedings, Vol. 24, No. 1. pp. 58-61.
- Wischmeier, W. H. and Mannering, J. V., 1965. Effect of Organic Matter Content of the Soil on Infiltration. Journal of Soil Water Conservation, Vol. 20, pp. 150-151.
- Wu, P. I. and Liang, T., 1970. Optimal of Furrow Length of Surface Irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Division, Proc. of the ASCE Vol. 96, IR 3, s. 319-3332.
- Wu, I. Pai, and Bishop, A. A., 1970. Graphical Relation of Intake, Length of Run and Time. Journal of the Irrigation and Drainage Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 96, No. IR 3.
- Yu-Si Fok, 1970. Infiltration of Water Into Nonuniform Soil. Journal of the Irrigation and Drainage Divisions, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 96, No. IR 4, pp. 492-493.