

SABİT SEVİYELİ PERMEAMETRE YÖNTEMİNDE FARKLI POTANSİYOMETRİK YÜKLERİN TOPRAKLARIN HİDROLİK İLETKENLİKLERİNE ETKİSİ

Abdurrahman HANAY⁽¹⁾ Üstün ŞAHİN⁽¹⁾
Mustafa CANPOLAT⁽²⁾ Ömer ANAPALI⁽¹⁾

ÖZET : Drenaj açısından toprakların önemli bir parametresi olan hidrolik iletkenlik değeri her toprak tipi için genellikle sabit bir değer olarak kabul edilmektedir. Laboratuvar koşullarında ve bozulmamış toprak örneklerinde yürütülen bu çalışmada, toprakların hidrolik iletkenlik değerleri sabit seviyeli permeametre yöntemiyle 5 mm'den 35 mm'ye kadar değişen farklı potansiyometrik yükler altında belirlenmiştir. Üç ayrı toprak tipi üzerinde ve iki farklı uygulama şeklinde yapılan ölçümler sonucunda; uygulamanın birinde toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinin belirli bir potansiyometrik yükten sonra azaldığı, diğer uygulamada ise sabit kaldığı görülmüştür.

EFFECT OF POTENTIOMETRIC HEADS ON HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF SOILS IN THE METHOD OF CONSTANT HEAD PERMEAMETER

SUMMARY : The hydraulic conductivity value, which is an important parameter for soils in terms of drainage, is generally accepted as a constant value for each soil type. In this study which was carried out in laboratory conditions and in undisturbed soil samples, the hydraulic conductivity values of soils were determined by the method of constant head permeameter under different potentiometric heads varying from 5 mm to 35 mm. It can be concluded from the results obtained from measurements which were done in three soil types by two different treatments that; the hydraulic conductivity values decreased after a certain potentiometric head values in one treatment while the hydraulic conductivity values remained as constant in the other treatment.

GİRİŞ

Tarım alanlarında değişik nedenlerle ortaya çıkan ve bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyen fazla suların topraktan uzaklaştırılması amacıyla çeşitli mühendislik yapılarının planlanıp inşası diye tanımlanabilecek "drenaj uygulamaları"nın başarısı, bu amaçla derlenen verilerin doğruluk derecesiyle yakından ilgilidir. Bu verilerin başında toprağın hidrolik iletkenlik değeri gelmektedir (Gemalmaz, 1993). Hidrolik iletkenlik ise toprağın suyun hareketine karşı gösterdiği kolaylık diye tanımlanmaktadır (McWhorter ve Sunada, 1977).

⁽¹⁾ Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.

⁽²⁾ Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak İlimi Bölümü, Erzurum.

Bir toprağın hidrolik iletkenliği toprakta bulunan gözeneklerin sayısına ve çapına bağlı olarak o toprağın ortalama su iletme özelliklerini temsil etmekte olup (Kessler ve Oosterbaan, 1974), toprağın hacim ağırlığı, gözeneklilik, taneciklerin büyüklükleri ve derecelenme durumları, bünye, kimyasal özellikleri ve su tutma kapasitesi gibi karakteristiklerin ve toprak suyunun kimyasal bileşiminin bir fonksiyonudur (USDİ, 1978).

Toprağın hidrolik iletkenliği toplam gözenek hacminden çok gözenek büyüklüğü tarafından belirlenmektedir. Aynı gözenekliliğe sahip olan iki topraktan gözenekleri daha ince olanın hidrolik iletkenliği gözenekleri kaba olana göre daha düşüktür (Childs, 1957).

Solucanlar ve bitki kökleri dolayısıyla toprakta oluşan delikler ve yarıklar hidrolik iletkenlik üzerine önemli ölçüde etki edebilmekte ve eğer hidrolik iletkenlik ölçümlerinde bozulmamış toprak örneği yöntemi uygulanmaktaysa yanıltıcı sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir (Reeve, 1957).

Topraktaki gözeneklerin, havayla tıkanması durumunda perkolasyon azalabilmektedir (Baver, 1959). Bu durumda gözenekli ortamın hidrolik iletkenliği tam doygunluk durumundakine göre yarı yarıya azalabilmektedir (Bloomsburg ve Corey, 1964).

Toprak gözeneklerinin mantarların ve mikrofloranın gelişmesi sonucunda tıkanması hidrolik iletkenlik üzerine önemli etki yapabilmektedir. Özellikle toprak örneğinin uzun süre su içerisinde bırakılması durumunda mikrobiyal faaliyet sonucu hidrolik iletkenlik önemli ölçüde azalabilmektedir (Reeve, 1957; Klute, 1969).

Su akışı sonucunda topraktaki küçük taneciklerin yer değiştirmesi de hidrolik iletkenlikte değişimlere neden olabilmektedir (Klute, 1969). Laboratuvarında hidrolik iletkenlik ölçümlerinde mikroerozyon diye adlandırılan süreç sonucu gevşek ve küçük taneciklerin sürüklenerek gözeneklerin dar kesimlerini tıkamaları, gözeneklerin sürekliliğini azaltarak hidrolik iletkenliği düşürmektedir (Sillanpaa, 1959).

Toprağın kil fraksiyonu ile ilgili olarak değişebilir katyonların özelliklerine ve miktarlarına bağlı olmak üzere toprak taneciklerinin dispersiyonuna ve şişmesine neden olabileceğinden içerisinde çözünmüş olan tuzların konsantrasyonu ve bileşimi hidrolik iletkenlik üzerinde kesin bir etkiye sahip olabilmektedir (Dane ve Klute, 1977; Frenkel ve ark. 1978). Toprağın şişmesi arttıkça hidrolik iletkenlik azalmaktadır (Park ve O Connor, 1980; Suarez ve ark., 1984). Sodyumun hakim olduğu düşük tuz konsantrasyonları kil taneciklerinin dispersiyonuna neden olduğundan tuzlu-sodyumlu toprakların yıkanmasında sodyumun yerini alacak kalsiyum, magnezyum ve alüminyum gibi katyonlar kullanılmadığı takdirde toprak yapısı bozulur ve hidrolik iletkenlik azalmaktadır (Shainberg ve ark., 1980; Shainberg ve ark., 1981).

Hidrolik iletkenlik ya laboratuvarında toprak örnekleri üzerinde ya da arazide yerinde yapılan denemelerle saptanabilir. Her iki durumda da toprak kitlesinde belirli akış koşulları oluşturulmakta ve daha sonra ölçülen boşalım miktarının hidrolik iletkenlik değeri ile akış

koşulları ve boşalım arasındaki ilişkiyi veren eşitlikte yerine konmasıyla hidrolik iletkenlik değeri hesaplanmaktadır (Gemalmaz, 1987).

Kessler ve Oosterbaan (1974), laboratuvarında sabit seviyeli permeametre yöntemiyle yapılan hidrolik iletkenlik tayinlerinde, potansiyometrik yüklerin kaba bünyeli topraklarda 2 mm, ince bünyeli topraklarda ise 20 mm tutulması gerektiğini belirtmişlerdir.

Laboratuvarında yapılan hidrolik iletkenlik ölçümlerinde permeametrelerden yararlanılmaktadır; permeametrelere yerleştirilen bozulmuş veya bozulmamış örnekler ya sabit ya da değişen hidrolik yük koşulları altında denemeye alınır (de Wiest, 1967; Nightingale ve Bianchi, 1970). Bozulmuş örnek yöntemi arazideki hidrolik iletkenlik değerini vermektan çok laboratuvarında uygulanan çeşitli işlemlerin arazide hidrolik iletkenlik üzerine ne gibi bir etkiye bulunacağını tahmin etmede yararlı olmaktadır (Luthin, 1966). Arazide yapılan hidrolik iletkenlik yöntemleri su tablası düzeyinin altında ve su tablası düzeyinin üstünde olmak üzere değişik birçok yöntemle yapılmaktadır. Arazide su tablası düzeyinin altında hidrolik iletkenlik ölçümü; burğu deliği yöntemi, piezometre yöntemi, tek kuyu yöntemi, çukur boşaltma yöntemi, pomona çakma kuyu yöntemi, iki kuyu yöntemi, dört kuyu yöntemi, çok kuyu yöntemi ve dren hattı yöntemiyle yapılmaktadır. Su tablası düzeyinin üstünde hidrolik iletkenlik ölçümleri ise; kuru burğu deliği yöntemi, ters burğu deliği yöntemi, arazi permeametresi yöntemi, silindir permeametre yöntemi, hava girişli permeametre yöntemi, çift boru yöntemi, göllendirme yöntemi ve monolit yöntemleri ile yapılmaktadır (Gemalmaz, 1987).

Suyun sıcaklığı arttıkça vizkositesi azalmaktadır (Bolz ve Tuve, 1970). Sıcaklığın viskozite üzerine olan bu etkinin her zaman için ihmal edilmesine olanak bulunmadığından ölçülmüş olan hidrolik iletkenlik değeri, standart bir sıcaklıktaki hidrolik iletkenlik değerine dönüştürülmesi gerekir.

Bu çalışmada, toprakların hidrolik iletkenlik değerleri laboratuvarında sabit seviyeli permeametre yöntemiyle tayin edilmiştir. Çalışmalarda bünye yönünden üç farklı toprak tipi kullanılmış, toprakların hidrolik iletkenlikleri tayin edilirken farklı potansiyometrik yükler altında çalışılmış ve iki ayrı uygulama denenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Toprakların hidrolik iletkenlik değerlerini etkileyen faktörlerin başında toprak bünyesinin gelmesi nedeniyle, araştırmada üç farklı bünyeye sahip topraklar kullanılmıştır. Bu amaçla yapılan ön etütler sonucunda Erzurum ve civarında bünyeleri oldukça farklı olan toprakların bulunduğu yerler tespit edilmiştir. Kaba bünyeli topraklar Erzurum-Sakalikesik ovası'ndan, orta bünyeli topraklar Atatürk Üniversitesi İşletme Müdürlüğü arazilerinden, ince

bünyeli topraklar ise Köprüköy İlçesi 23 Temmuz Göleti sulama alanı arazilerinden alınmıştır. Araştırmada kullanılan toprakların özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.
Table 1. Some Physical and Chemical Properties of Soils Used.

Toprak Özellikleri Properties of Soils	Kaba Bünyeli Coarse texture	Orta Bünyeli Medium texture	İnce Bünyeli Fine texture
% Kum; % Sand	77.4	28.7	6.3
% Silt; % Loam	14.0	36.1	20.0
% Kil; % Clay	8.6	35.2	73.7
Bünye sınıfı; Texture class	Kumlu Tın; SL	Killi Tın; CL	Ağır Kil; C
Tarla Kapasitesi; Field capacity (Pw)	% 9.85	% 28.95	% 38.77
Solma Noktası, Wilting Point (Pw)	% 5.15	% 15.36	% 20.42
Faydalı nem, Water holding cap. (Pw)	% 4.17	% 13.59	% 18.35
Kütle yoğunluğu, Bulk density, (gr/cm ³)	1.42	1.20	1.13
Porozite, Porosity %	46	56	58
Agregat stabilitesi, water stable aggregate %	32	51	64
pH (1/5 süzükte)	7.08	7.97	7.68
EC (1/5 süzükte) (µmhos/cm)	78	205	416
Organik madde; organic matter %	0.77	1.47	0.69

Metot

Araştırmada kullanılan bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri yukarıda sözü edilen arazilerin 0-20 cm derinliğinden alınmıştır. Toprakların fiziksel özellikleri Klute (1986)'a göre, kimyasal özellikleri ise Peage ve ark (1982)'ne göre yapılmıştır.

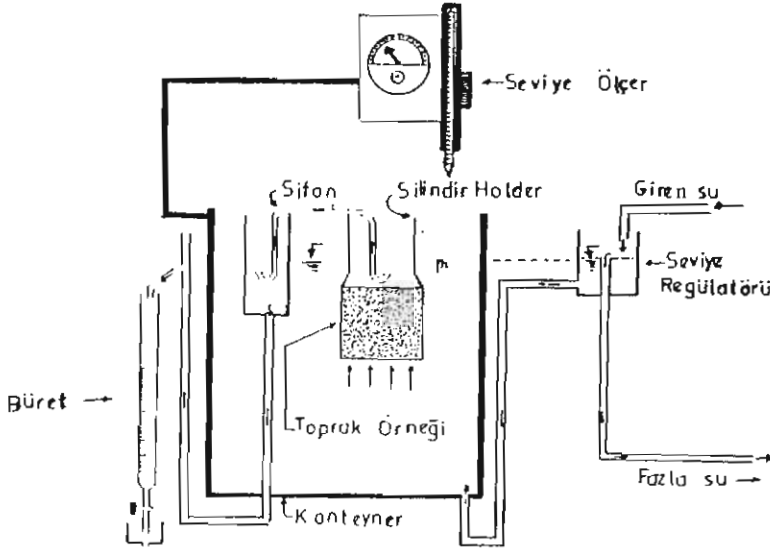
Araştırmaya konu olan toprakların hidrolik iletkenlik (K) değerleri ICW Laboratuvar permeametreleriyle sabit seviyeli yöntemle göre bozulmamış toprak örneklerinde tayin edilmiştir (Kessler ve Oosterbaan 1974). Bozulmamış toprak örnekleri önce 24 saat suda tamamen satüre edildikten sonra hidrolik iletkenlikleri (Şekil 1'de çalışma şeması gösterilen permeametrede) aşağıdaki Darcy Eşitliği ile bulunmuştur.

$$K_T = \frac{V.L}{t.h.F} \dots\dots\dots (1)$$

Eşitlik 1'de

K_T = T sıcaklığında toprağın hidrolik iletkenliği	(cm/h)
V = Belli bir sürede örneklerden geçen su miktarı	(cm ³)
L = Bozulmamış toprak örneğinin boyu	(cm)
t = Başlama ve bitiş arasındaki geçen süre	(h)
h = Sabit potansiyometrik yük (Şekil 1)	(cm)
F = Bozulmamış toprak örneğinin kesit alanı	(cm ²)

Farklı sıcaklıklardaki suyun viskozitesinin farklı olması nedeniyle toprakların 20 °C'deki düzeltilmiş hidrolik iletkenlik değeri Eşitlik 2'ye göre bulunmuştur (Bolz ve Tuve, 1970).



Şekil 1. ICW laboratuvar permeametesinin sabit seviye yöntemine göre çalışma şeması.

Figure 1. Schematic setup of the ICW laboratory permeameter according to the constant head method.

$$K_{20} = K_T \left(\frac{N_T}{N_{20}} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Eşitlik 2'de;

- K_{20} = 20 °C'deki hidrolik iletkenlik
- K_T = T sıcaklığında ölçülen hidrolik iletkenlik
- N_T = T sıcaklığında suyun viskozitesi
- N_{20} = 20 °C sıcaklığında suyun viskozitesi.

ICW permeametrelerinde sabit seviyeli yöntemle göre toprakların hidrolik iletkenlikleri (K) tayin edilirken potansiyometrik yükler 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 mm olarak belirlenmiştir. Ölçümler iki ayrı uygulama şeklinde yapılmıştır.

A. Uygulaması : Bu uygulamada her toprak tipi için 30'ar örnek kullanılmıştır. Permeametreye yerleştirilen örneklere sırayla 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 mm potansiyometrik yükler uygulanmış ve her potansiyometrik yükte 4 saat süren ölçüm sonunda hidrolik iletkenlikler bulunmuştur. Başka bir ifadeyle bu uygulamada toprak örnekleri, günde en fazla dört ölçüm yapılması durumunda iki gün (48 saa) permeametrede kalmıştır. Daha sonra permeametreden çıkarılan örneklerin basınç levhasında tarla kapasiteleri tayin edilmiştir.

B. Uygulaması : Bu uygulamada da potansiyometrik yükler yine 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 mm olarak alınmış ancak her yükte 30 örneğin hidrolik iletkenlik ölçümlerinden hemen sonra örnekler permeametreden çıkarılmış ve tarla kapasiteleri tayin edilmiştir. Bu uygulamada toprak örnekleri permeametrede sadece 4 saat tutulmuş yük artırıldığında permeametreye yeni bir 30 toprak örneği yerleştirilmiştir. Yani bu uygulamada her toprak tipi için toplam $30 \times 7 = 210$ adet toprak örneği kullanılmıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Araştırmadan elde edilen sonuçlar (hidrolik iletkenlik ve tarla kapasitesi değerleri) ortalamalar olarak Tablo 2'de verilmiştir. Buna bağlı olarak toprakların hidrolik iletkenlik değerleri ile potansiyometrik yükler arasındaki ilişkiler Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2'deki sonuçlar kullanılarak yapılan istatistik analizler (Kovaryans analizi) A ve B uygulamaları arasında çok önemli düzeyde ($P < 0.01$) fark bulunmuştur. Şekil 2'deki ilişkilerden açıkça görülmektedir ki; A-uygulamasında toprak bünyesi incelidikçe potansiyometrik yükün artışı hidrolik iletkenliği azaltmış, B-uygulamasında ise bünyeye bağlı olmaksızın potansiyometrik yükün artışı hidrolik iletkenliği değiştirmemiştir.

Tüm potansiyometrik yüklerde aynı örneklerin kullanıldığı A-uygulamasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

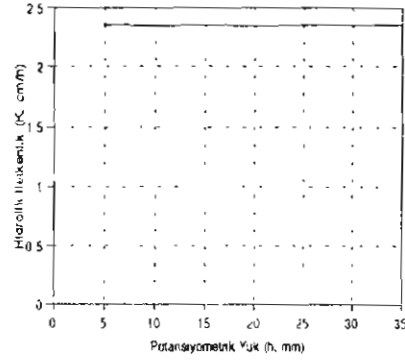
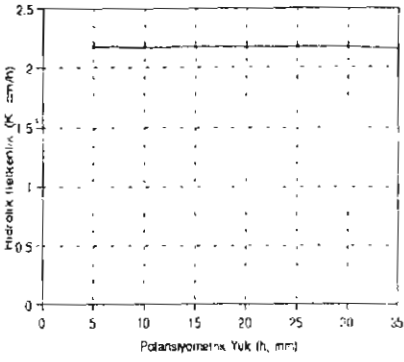
1. Kaba bünyeli toprakta potansiyometrik yük ile hidrolik iletkenlik arasındaki ilişki ($P < 0.05$) düzeyinde önemsiz bulunmuştur. Tablo 2 ve Şekil 2'den de görüleceği gibi potansiyometrik yüklerin artmasına karşılık hidrolik iletkenlikte önemli bir değişim olmamıştır.

2. Orta ve ince bünyeli topraklarda kaba bünyeli topraklardan farklı olarak, artan potansiyometrik yükler belli bir değerden sonra hidrolik iletkenliğin düşmesine neden olmuştur. Hidrolik iletkenliğin bu düşüşü istatistik olarak ($P < 0.01$) düzeyinde çok önemli bulunmuştur.

Tablo 2. Toprakların Farklı Potansiyometrik Yüklerdeki (h) Hidrolik İletkenlik (K) ve Tarla Kapasiteleri (Pw) Değerleri.
Table 2. Hydraulic Conductivity of Soils in Different Potentiometric Heads and Field Capacity Values.

Toprak Tipi	A - UYGULAMASI (A-TREATMENT)											Tarla Kapasitesi Field Capacity
	Hidrolik İletkenlik (K), cm/h (Hydraulic conductivity)											
	Yükler											
	h=5 mm	h=10 mm	h=15 mm	h=20 mm	h=25 mm	h=30 mm	h=35 mm					
Kaba büniteli Coarsa texture	2.168	2.163	2.167	2.167	2.168	2.166	2.156					10.27
Orta büniteli Medium texture	0.323	0.321	0.322	0.321	0.320	0.313	0.215					29.84
İnce büniteli Fine texture	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.031	0.018					40.20

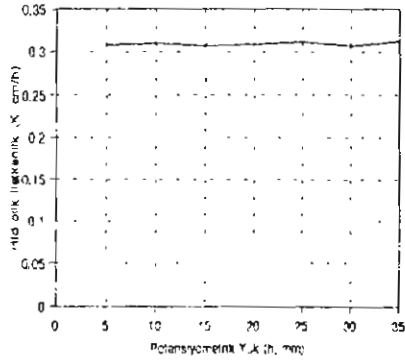
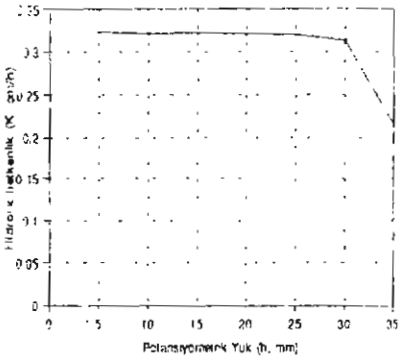
Toprak Tipi	B - UYGULAMASI (B-TREATMENT)											Tarla Kapasitesi Field Capacity	
	Yükler												
	h=5 mm	h=10 mm	h=15 mm	h=20 mm	h=25 mm	h=30 mm	h=35 mm						
Kaba büniteli Coarsa texture	9.85	2.351	9.86	2.356	9.83	2.348	9.88	2.354	9.81	2.355	9.85	2.356	9.84
Orta büniteli Medium texture	28.95	0.310	29.05	0.307	28.92	0.309	28.96	0.312	28.89	0.307	28.93	0.313	28.97
İnce büniteli Fine texture	38.81	0.040	38.74	0.037	38.77	0.036	38.83	0.039	38.72	0.037	38.86	0.040	38.68



Kaba Bünyeli Toprak

A Uygulaması

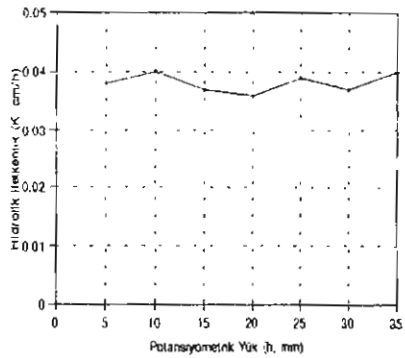
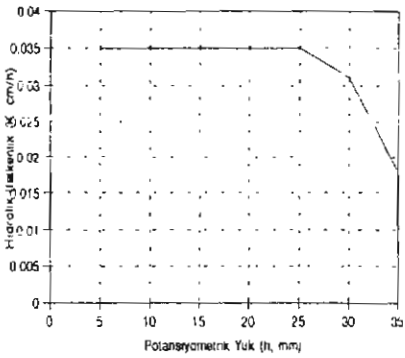
B Uygulaması



Orta Bünyeli Toprak

A Uygulaması

B Uygulaması



İnce Bünyeli Toprak

Şekil 2. Toprakların hidrolik ilekenlikleri ile potansiyometrik yükler arasındaki ilişkiler.

Figure 2. Relationship between hydraulic conductivity and potentiometric heads.

3. Orta bünyeli toprakta 30 mm'lik potansiyometrik yüke kadar hemen hemen sabit seyreden hidrolik iletkenlik değeri bu yükten sonra düşmeye başlamıştır.

4. İnce bünyeli toprakta potansiyometrik yükün etkisi daha açık bir şekilde görülmüştür. Hidrolik iletkenlik değerinin düşüşü 25 mm'lik potansiyometrik yükte başlamış ve giderek daha çok düşmüştür.

A- uygulamasında toprak örneklerinin permeametrede 48 saat kalmış olmaları nedeniyle özellikle mikro gözeneklerin fazla olduğu ince ve orta bünyeli topraklarda küçük gözeneklerin mantar ve diğer mikrofloranın gelişmesi sonucu tıkanmış olması olasıdır. Klute (1969), toprak örneklerinin uzun süre su içerisinde bırakılması durumunda mikrobiyal aktivite sonucu gözeneklerin tıkanması nedeniyle hidrolik iletkenliğin azalacağını belirtmiştir. Yine aynı uygulamada, toprak örneklerinde uzun süre (48 saat) su akışı olduğundan ince ve orta bünyeli topraklardaki küçük taneciklerin (kil) yer değiştirerek gözenekleri tıkanması hidrolik iletkenliği düşürmüş olabilir. Sillanpa (1959), laboratuvarda yapılan hidrolik iletkenlik ölçümlerinde, mikroerozyon süreci sonucunda gevşek ve küçük taneciklerin sürüklenerek küçük gözenekleri tıkaabileceğini ve bundan dolayı hidrolik iletkenliğin düşeceğini bildirmiştir. Kaba bünyeli toprakta kil içeriğinin oldukça düşük (% 8.6), porozitenin diğer topraklara göre daha az (% 46) ve gözeneklerin genellikle kaba olması nedeniyle bu toprakta mikroerozyon ve mikrobiyal aktivitenin hidrolik iletkenlik üzerine etkisi olmamıştır.

Toprak örneklerinin uzun süre suda kalmaları ve yüksek potansiyometrik yüklerin oluşturduğu hızlı su akışı sonucu mikroerozyonla toprak yapısı az da olsa bozulmaktadır. Çünkü A uygulamasında, hidrolik iletkenlik ölçümlerinden sonra yapılan tarla kapasitesi (P_w) değerlerinin başlangıç değerlerinden yüksek çıkması bu düşüncüyü doğrulamaktadır. Bu amaçla, araştırmada kullanılan toprakların bozulmuş ve bozulmamış formlarında kütle yoğunluğu, porozite ve tarla kapasitesi ölçümleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3'ten çıkan sonuç; bozulmuş toprakların kütle yoğunlukları ile tarla kapasiteleri artmış, porozitelerinin ise azalmış olmasıdır. Bu sonuçlar için yapılan istatistikî analizler çok önemli düzeyde ($P < 0.01$) farkın olduğunu ortaya çıkarmıştır. A-uygulamasında, orta ve ince bünyeli topraklarda hidrolik iletkenliğin azalmasının nedeni toprak yapısının kısmen bozularak gözeneklerin tıkanmış ve gözenek oranının azalmış olmasıdır.

Her potansiyometrik yükte farklı örneklerin kullanıldığı B-uygulamasında, her üç toprakta da potansiyometrik yük artışı ile hidrolik iletkenlik arasında istatistikî yönden önemli bir fark bulunmamıştır. Bu uygulamada toprak örneklerinin permeametrede kalma süresi diğer uygulamaya göre çok kısa (4 saat) olduğundan hidrolik iletkenliği azaltıcı faktörler (mikroerozyon ve mikrobiyal aktivite) etkili olmamıştır. Diğer yandan Tablo 2'den de açıkça görüleceği gibi B-uygulamasında, her potansiyometrik yük uygulamasından sonra yapılan tarla kapasitesi değerlerinde istatistikî yönden önemli bir değişimin olmaması da önemli bir bulgudur. Sonuç olarak B- uygulamasında örneklerin suda kalma sürelerinin az olması toprak

yapısındaki herhangi bir bozulmayı önlemiştir. Böylece artan potansiyometrik yükler toprakların hidrolik iletkenliğini değiştirmemiştir.

Tablo 3. Araştırmada Kullanılan Bozulmuş ve Bozulmamış Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel Özellikleri.

Table 3. Some physical properties of disturbed and undisturbed soil samples used.

Toprak Tipi Soil type	Küde yoğunluğu (gr/cm ³) Bulk density		Porozite Porosity (%)		Tarla Kapasitesi (Pw) Field capacity	
	Bozulmamış Undisturbed	Bozulmuş Disturbed	Bozulmamış Undisturbed	Bozulmuş Disturbed	Bozulmamış Undisturbed	Bozulmuş Disturbed
	Kaba Bünyeli (Coarse texture)	1.42	1.55	46	41.5	9.85
Orta Bünyeli (Medium texture)	1.20	1.32	54	50	28.95	33.42
İnce Bünyeli (Fine texture)	1.13	1.27	58	52	38.77	47.53

Bu araştırmadan elde edilen bulgulara dayanarak bu konuda çalışan araştırmacılara önerilecek bilgiler şunlardır.

Laboratuvarında sabit seviyeli permeametre yöntemiyle bozulmamış toprak örneklerinde yapılan hidrolik iletkenlik ölçümlerinde;

1. Örneklerin su içinde kalma sürelerinin 20 saati geçmemesi durumunda potansiyometrik yükün yüksek tutulması hidrolik iletkenlik üzerine herhangi bir etki yapmamaktadır.

2. Örneklerin su içinde 20 saat'den fazla kalmaları durumunda potansiyometrik yükün yüksek tutulması (orta ve ince bünyeli topraklarda) hidrolik iletkenliğin azalmasına neden olmaktadır.

3. Kaba bünyeli topraklarda her ne kadar yüksek potansiyometrik yükler hidrolik iletkenliği etkilemese bile bu toprakların geçirgenliklerinin yüksek olması nedeniyle düşük potansiyometrik yüklerin (5 mm) kullanılması, yeterli olacaktır. Kessler ve Oosterbaan (1974) fazla geçirgen topraklar için potansiyometrik yükü 2 mm önermişlerdir.

4. İnce bünyeli topraklarda geçirgenlik düşük olduğundan küçük potansiyometrik yüklerde ölçüm süresi uzayacağından potansiyometrik yükler yüksek tutulmalıdır. Kessler ve Oosterbaan (1974)'ın önerdiği 20 mm değeri ise geçirgenliği çok düşük ağır killi topraklar için yetersizdir. Bu nedenle ağır killi topraklar için belli bir ölçüm süresinde permeametreinin

büretlerinde ölçüm yapılabilecek kadar yeterli suyun toplanabilmesi için potansiyometrik yüklerin 20 mm'nin üzerinde tutulması gerekli olacaktır.

5. Orta bünyeli topraklarda bu iki limit değer arasındaki potansiyometrik yüklerde (10-15 mm) hidrolik iletkenliğin tespit edilmesi gerekir.

KAYNAKLAR

- Bloomsburg, G.L., A.T. Corey, 1964. Diffusion of Entrapped Air From Porous Media. Hydrology Paper No: 5. Colorado State University, Fort Collins, Colo.
- Bolz, R.E., G.L. Tuve, 1970. Handbook of Applied Engineering Science. The Chemical Rubber Co. 18901 Cranwood Parkway, Ohio.
- Childs, E.C., 1957. The Physics of Land Drainage. Agron., 7: 1-78 ASA, Wisconsin.
- Dane, J.H., A. Klute, 1977. Salt Effects on the hydraulic properties of a swelling soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 41: 1043-1049.
- de Wiest, R.J.M., 1967. Geohydrology. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Frenkel, H., J.O. Geortzen, J.D. Rhoades, 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage and electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J., 42: 32-39.
- Gemalmaz, E., 1987. Arazide Ölçülmüş Hidrolik İletkenlik Değerlerinin Varyansı ile Örneklenen Toprak Hacmi Arasındaki İlişki Üzerine Bir Araştırma (Yayınlanmamış). Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Kültürteknik Bölümü, Erzurum.
- Gemalmaz, 1993. Drenaj Mühendistiği. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 317, Erzurum.
- Kessler, J., R.J. Oosterbaan, 1974. Determining hydraulic conductivity of soils (Surveys and investigations) ILRI, 3: 253-296.
- Klute, A., 1969. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. Agron., 9: 210-211.
- Klute, A., 1986. Methods of Soil Analysis. Physical and Mineralogical Methods. Number 9. (Part I). American Society of Agronomy Madison, Wisconsin, USA.
- Luthin, J.N., 1966. Drainage Engineering. John Wiley and Sons, New York.
- McWhorter, D.B., D.K. Sunada, 1977. Ground-water Hydrology and Hydraulics. Water Resour. Pub., Fort Collins, Colorado.
- Nightingale, H.I., W.C. Bianchi, 1970. Rapid measurement of hydraulic conductivity changes in slowly permeable soils. Soil Sci., 110 (4): 221-228.
- Park, C.S., G.A. O'Connor, 1980. Salinity effects on hydraulic properties of soils. Soil Sci., 130 (3): 167-174.
- Page, A.L., R.H. Miller, D.R. Keeney, 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. ASA, SSSA, Agronomy Series No: 9, Madison, USA.
- Reeve, R.C., 1957. Factors Which affect permeability. Agron., 7: 404-413.

- Shainberg, I., J.D. Rhoades, R.J. Prather, 1980. Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 273-277.
- Shainberg, I., J.D. Rhoades, D.L. Suarez, R.J. Prather, 1981. Effect of mineral weathering on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 287-291.
- Sillanpaa, M., 1959. Comparison of some field methods of measuring hydraulic conductivity of soils. *Acta Agricultura Scandinavica* 9: 59-68.
- Suarez, D.L., J.D. Rhoades, R. Lavado, C.M. Grieve, 1984. Effect of pH on saturated hydraulic conductivity and soil dispersion. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 50-55.
- USDI, 1978. *Drainage Manuel*. US Gov. Print. Office, Washington.