

**AKDENİZ TARIMSAL ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ TOPRAKLARININ
SULAMA YÖNÜNDE BAZI FİZİKSEL VE HİDROLİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Dursun BÜYÜKTAŞ

Feridun HAKGÖREN

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

Özet: Bu çalışma, Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü topraklarının önemli fiziksel ve hidrolik özelliklerini belirlemek ve bu özellikler arasındaki ilişkileri saptayarak Enstitü topraklarında çalışacak araştırmacılara ve mevcut sulama durumuna ilişkin temel verileri sunabilmek amacıyla yapılmıştır.

Bu amaçla, DSI tarafından hazırlanmış Aşağı Aksu Projesi Aksu Ovası Detaylı Arazi Tasnif Haritasındaki toprak sınıflarına ve arazide yapılan çalışmalara göre beş ayrı yerde açılan toprak profillerinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınarak laboratuvara getirilmiş ve gerekli fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

**Determination of Soil Physical and Hydraulic
Properties in Akdeniz Agricultural Research Institute**

Abstract: In this study, it was aimed to determine the physical and hydraulic properties of soils of Institute of Akdeniz Agricultural Research and to prepare the basic data for the present irrigation conditions and for the future researchers who will study on the soils of the Institute.

To achieve the purpose, soil profiles were dug out in five different points considering the Detailed Soil Map of Aksu Plain prepared by D.S.I. According to the results of the field studies, disturbed and undisturbed soil samples from the profiles were taken and analyzed in the laboratory.

Giriş

Hızla artan dünya nüfusunun gıda maddesi ihtiyaçlarını karşılamak için yaygın bir biçimde araştırmalar yapılmaktadır. Dünya üzerinde tarım yapılabilecek alanlar belirli ve sınırlı olduğundan, yapılan araştırmalar, birim alandan alınacak verimin nasıl artırılacağı konusunda yoğunlaşmaktadır.

Ülkemizde, arazi kullanma kabiliyet sınıfına göre işleme elverişli arazi miktarı 26.3 milyon ha, işlenen araziler ise 27.7 milyon ha civarındadır (1). Görüldüğü gibi, ülkemizde işlenebilir arazi miktarı aşılmış olup, bundan sonra yeni tarım arazileri açılarak tarım arazisi kazanımı mümkün olamayacaktır. Bu nedenle ülkemiz açısından da, araştırmalar tarımsal verimliliği artırma konusuna yönelmekte, birim alandan alınacak kaliteli ürün miktarını artırmanın yolları aranmaktadır.

Sulama, iyi tohumluk, gübreleme, zararlılarla mücadele ve mekanizasyon gibi üretimi artırmaya yönelik önlemlerin iyi bir şekilde uygulanabilmesi için toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Toprağın fiziksel özelliklerinin gerek ekim döneminde gerek gelişme döneminde bitkiler üzerinde etkili bir faktör olduğu artık bilinen bir gerçektir.

Verimi artırıcı bazı uygulamaların yerine getirilmesine karşın, toprağın fiziksel özelliklerinden kaynaklanan kısıtlayıcı etmenler çoğu zaman verimin beklenen düzeye ulaşmasını engellemektedir. Bu durumda tohum yatağı ile gelişen bitkinin köklerinin yayıldığı toprağın katı-sıvı-gaz fazları arasındaki farklılıklar gelişme dönemi içerisinde bitkilerin beslenmesinde önemli düzeyde etkili olmaktadır (2).

Toprakta suyun tutulması ve hareketi, termodinamik prensiplere dayanan toprak su potansiyeli ile açıklanır (3). Termodinamik olarak bu enerji potansiyeli, toprak suyu ile standart su arasındaki özgül serbest enerji farkı olarak tanımlanır (4).

Toprak su potansiyeli, farklı toprak tekstürleri için, su içeriğine bağlı olarak eğrisel bir değişme göstermektedir. Araştırmalar toprak tekstürünün çoğu tarımsal toprakların su tutma kapasitelerini belirlemede oldukça etkili olduğunu göstermektedir (5).

Tarla kapasitesi, solma noktası ve kullanılabilir su kapasitesi olarak adlandırılan toprak nem sabiteleri, su gereksiniminin hesaplanması, sulama programlarının oluşturulması, bitkinin sulamaya olan tepkisinin tahmini ve arazi kullanımı için toprak uygunluğunun belirlenmesinde önemli parametrelerdir (6)

İdeal olarak düşünüldüğünde belli hacimdeki toprak, katı fazın strüktürü dolayısıyla içinde boşluklar bulundurur. Bunlara gözenek (porozite) denir ve makro ve mikro gözenek diye

ikiye ayrılır. Toprağın su tutma ve havalanması ile ilgili olarak makro ve mikro gözeneklerin eşit miktarda bulunmaları arzu edilir (7,8).

Makro gözenek olarak adlandırılan orta ve büyük gözeneklerin sürekli bir sistemde olmasının killi toprakların başlangıç drenajı için özel önemi vardır. Suya doygun topraklarda makro gözeneklerdeki su akışı yatay ve düşey olarak büyük değişiklik gösteren satüre hidrolik iletkenlikle karakterize edilir (9).

infiltrasyon suyun belirli bir zaman süresinde belirli bir yüzeyden toprak içerisine düşey olarak girme hızı olarak adlandırılır. infiltrasyonu, zamanın veya toprağa infiltre olan toplam suyun fonksiyonu olarak ifade eden bazıları ampirik bazıları ise teorik olarak geliştirilen çok sayıda eşitlik bulunmaktadır (10,11,12).

Materyal ve Metod

Çalışmada araştırma materyali olarak kullanılan toprak örnekleri Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü topraklarında, D.S.f. (13) tarafından yapılmış olan Aşağı Aksu Projesi Aksu Ovası Detaylı Arazi Tasnif Haritasındaki toprak sınıflarına uygun olarak 1993 yılında beş ayrı yerde açılan profillerden alınmıştır. Açılan profillerin hemen yanında infiltrasyon testleri de yapılmıştır.

Enstitü topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, açılan profillerin tekstürel katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınarak laboratuvara getirilmiş ve analiz için hazırlanmıştır (14).

Toprak örneklerinde, bünye Bouyoucos Hidrometre Metodu ile (15), özgül ağırlık piknometre yöntemi ile (16), hacim ağırlığı yapısı bozulmamış örnek alma silindirleri ile (16), porozite özgül ağırlık ve hacim ağırlığı değerlerinden hesaplama ile (17), farklı tansiyonlarda tutulan su miktarları poroz levhalı basınç aleti ve basınçlı membran aleti ile (18), hidrolik iletkenlik bozulmuş toprak örneklerinden sabit seviyeli permeametre yöntemi ile (19), karbonat miktarı Scheibler Kalsimetresi ile (20), organik madde miktarı Walkley-Black metodu ile, pH satürasyon süzüğünden cam elektrotlu pH-metre ile, elektriksel iletkenlik satürasyon süzüğünden cam elektrotlu elektriksel iletkenlik aleti ile belirlenmiş (18), toprakların infiltrasyon hızlarının belirlenmesinde ise çift silindirli infiltrometre yöntemi kullanılmıştır (21).

Bulgular ve Tartışma

Bünye

Toprak katmanlarının bünyeleri orta ince ve ince toprak sınıfına girmektedir. Silt miktarı % 27.98 ile % 50.28, kum miktarı % 13.52 ile % 35.52 ve kil miktarı % 22.84 ile %46.48 arasında değişiklik göstermektedir (Çizelge 1).

İncelenen örneklerde kil miktarının genelde yüksek olmasının toprakların strüktürel özellikleri üzerinde olumsuz bazı etkiler yapabileceği düşünülebilir. Fakat bölge topraklarının kireçce de zengin olması bu etkileri önemli ölçüde azaltmaktadır (22).

Özgül Ağırlık

Toprak örneklerinin özgül ağırlıkları 2.51 ile 2.74 arasında olup ortalama 2.64'tür (Çizelge 1). Görüldüğü üzere toprak örneklerinin özgül ağırlık değerleri arasında çok önemli farklar yoktur. Değişik toprak katmanlarında belirlenen özgül ağırlık değerleri arasında çok büyük farkların bulunmayışı bu toprakları oluşturan alüvyal materyalin bütün topraklar için aynı ve homojen olması ile açıklanabilir (23).

Hacim Ağırlığı

Toprak örneklerinin hacim ağırlığı değerleri 1.23 gr/cm³ ile 1.69 gr/cm³ arasında değişmektedir (Çizelge 1). Toprakların hacim ağırlığında, profil derinliği boyunca organik madenin azalması, agregatlaşmanın düşük olması, kök nüfuzunun ve üst tabakanın ağırlığı ile sıkışmanın sonucu olarak belirgin bir artış olmaktadır.

Aynı bünye sınıfına giren topraklarda da hacim ağırlığında farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu durum, organik madde, agregasyon durumu, profil katlarının sıkışması ve kültüvasyonun etkisi ile açıklanabilir (24).

Porozite

Özgül ağırlık ve hacim ağırlığı değerlerinden yararlanarak hesaplanan porozite değerleri % 36 ile % 51 arasında değişmektedir (Çizelge 1). Toprak örneklerinin poroziteleri genellikle, literatürde killi ve tınlı tekstürdeki topraklar için verilen sınır değerleri arasında kalmaktadır (17,25). Toprakların tekstür, organik madde ve sıkışma durumlarıyla bağlantılı olarak porozite değerleri, genellikle üst katlarda

Cizelge 1. Toprak Örneklerinin Fiziksel Analiz Sonuçları

Profil Katman No	Özgül Ağırlık ca	Hacim Ağırlığı gr/cm ³	Satürasyon rasyosu %	TK %	SN %	Kum %	Bünye Silt		Bünye Kıl %	Bünye Sınıfı	Gözeteklerin Dağılışı, %		Porozite %	Hidrolik İletkenlik ca/saat
							İ	İİ			Maba	Orta İnce		
1	0-28	2,70	1,405	55,03	30,97	14,49	23,88	47,64	28,48	Killi Tın	16,99	16,48	47,96	1,57
	28-70	2,69	1,580	41,17	34,88	21,16	17,88	47,15	34,96	Siltli Killi Tın	6,38	13,72	41,26	1,13
	70-120	2,67	1,600	41,22	33,82	18,23	27,88	28,48	43,64	Kil	6,25	15,59	40,07	1,75
	120-150	2,64	1,560	41,75	34,10	19,34	27,88	27,98	44,14	Kil	6,81	14,76	40,91	4,25
2	0-40	2,51	1,230	53,63	30,77	15,65	25,88	41,64	32,48	Killi Tın	20,23	15,12	51,00	2,22
	40-85	2,64	1,555	41,53	33,55	18,73	26,02	45,50	28,48	Killi Tın	7,55	14,82	41,10	2,81
	85-105	2,72	1,605	39,38	31,84	17,41	32,02	41,00	26,98	Tın	9,15	14,43	40,99	1,48
	105-150	2,60	1,550	42,58	31,05	16,06	32,52	46,50	20,98	Tın	9,33	14,99	40,38	1,67
3	0-43	2,67	1,525	43,94	39,76	26,78	13,52	40,00	46,48	Kil	3,12	12,98	42,88	0,62
	43-110	2,59	1,315	48,84	37,24	21,85	15,52	42,00	42,48	Siltli Kil	11,99	15,39	49,23	1,18
	110-150	2,65	1,350	47,78	37,35	20,26	14,52	47,28	38,20	Siltli Killi Tın	11,71	17,09	49,06	1,43
4	0-40	2,60	1,530	42,63	36,44	25,66	16,52	38,28	45,20	Kil	4,71	10,78	41,15	2,56
	40-80	2,74	1,375	44,68	34,43	20,26	14,52	50,28	35,20	Siltli Killi Tın	15,39	14,17	49,82	2,73
	80-137	2,58	1,500	42,53	32,57	21,17	18,52	48,28	33,20	Siltli Killi Tın	9,29	11,40	41,86	2,46
	137-150	2,60	1,425	45,95	36,12	22,52	13,52	47,28	39,20	Siltli Killi Tın	9,70	13,60	45,82	1,67
5	0-55	2,67	1,690	45,78	34,00	25,18	28,52	40,64	30,84	Killi Tın	2,70	8,82	36,70	0,84
	55-110	2,65	1,620	42,99	32,04	19,57	35,52	41,64	22,84	Tın	6,83	12,47	38,87	0,72

alt katlara oranla daha fazladır.

Gözeneklerin Büyüklüklerine Göre Dağılışı

Toprak-su-bitki ilişkileri yönünden, toplam poroziteden çok, gözeneklerin büyüklüklerine göre dağılımı önemlidir. Gözenekler büyüklüklerine göre sınıflandırıldığında kaba gözenek hacmi % 2.70 ile % 20.23, orta gözenek hacmi % 8.82 ile % 17.09 ve ince gözenek hacmi % 14.49 ile % 26.78 arasında değişmektedir (Çizelge 1).

Topraklarda makro (kaba) gözenek hacmi % 10'dan daha aşağı olduğunda bitkiler havasızlıktan zarar görür, gelişemez ve üretim azalır (7). Bu değer dikkate alındığında, araştırma alanı topraklarının kaba gözenek hacminin genellikle yeterli olmadığı görülmektedir. Bazı profillerin üst katmanlarında yeterli görünen kaba gözenek miktarı, hemen alt katmanlarda sıkışma nedeniyle oldukça azalmaktadır. Bu durum, kök gelişiminin aşağılara doğru yönelmesini engelleyebileceği gibi, suyun aşağı doğru hareketini azaltacağından, su toprağın üst tabakasında birikerek göllenmeye neden olabilir.

Toprakların Farklı Tansiyonlarda Tuttukları Nem Miktarı

Toprakların doygunluk ($pF=0$) ile devamlı solma noktası ($pF=4.2$) arasında çeşitli tansiyonlarda tuttuğu su miktarları belirlenmiştir. Toprakların tarla kapasitesi değerleri, hacim olarak, % 30.77 ile % 39.76 arasında; solma noktası değerleri ise % 14.49 ile % 26.78 arasında değişmektedir (Çizelge 1). Tarla kapasitesi ve solma noktası ile kil miktarı arasında pozitif, kum miktarı arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Araştırma alanı topraklarında kil içeriğinin artması ile kullanılabilir nemin azaldığı, silt içeriğinin artması ile yükseldiği gözlenmiştir. Elde edilen bulgular diğer bazı araştırmacıların (2,22,27,31) elde ettiği sonuçlarla büyük benzerlik göstermektedir.

Hidrolik İletkenlik

Toprak örneklerine ait hidrolik iletkenlik değerleri 0.62 cm/saat ile 4.25 cm/saat arasında değişmektedir (Çizelge 1). Topraklar hidrolik iletkenlik değerlerine göre sınıflandırıldığında (32), genellikle "orta yavaş" sınıfa girmektedir. Genel olarak, profil katmanlarında kaba gözenek miktarı arttığında hidrolik iletkenlik değeri de artmaktadır. Nitekim Southard ve Buol (33)'da toprakta satüre su hareketinde kaba gözeneklerin etkin olduğunu açıklamaktadırlar.

Bazı profillerin alt katmanlarında hidrolik iletkenliğin poroziteye bağılı olarak azaldığı görülmektedir. Bu durum, toprak profili boyunca suyun yavaş hareket etmesine ve hava geçirgenliğinin düşük olmasına neden olabilecektir (24). Profile giren ve profilde hareket eden suyun miktarını en az geçirgen olan horizonun permeabilitesi tayin edeceğinden (34), bu profillerin üst katmanlarında su birikmesi olabilecek ve bu da bitkiler için gelişmeyi engelleyeci bir faktör olacaktır. Bunu önlemek için, iyi bir yüzey drenaj sisteminin planlanması ve kaba gözenek miktarını artırıcı kültürel önlemlerin alınması yararlı olacaktır.

infiltrasyon

Araştırma alanın topraklarında belirlenen sabit infiltrasyon hızları, 0.60 cm/saat ile 2.45 cm/saat arasında bulunmuştur. infiltrasyon hızlarının bu değerlere ulaşmaya kadar geçen süre ise 240 dakika ile 360 dakika arasında değişmektedir. Araştırma alanı topraklarının infiltrasyon hızları genellikle "orta derecede yavaş" sınıfa girdiğinden yapılacak sulama uygulamalarında, su uygulama randımanını artıracak ve yüzey akış kaybını azaltacak bir sulama yönteminin seçilmesine özen gösterilmelidir.

Toprağa infiltre olan toplam su miktarını ifade eden denklemlerdeki ($D=K.t^n$) K ve n değerleri oldukça farklı bulunmuştur. Bunlardan K değeri 0.32 ile 1.18 arasında, n değeri ise 0.273 ile 0.613 arasında değişmektedir. Bu nedenle geliştirilen denklemlerin o deneme yerinin temsil ettiği dar saha için kullanılmasında fayda vardır. Toplam infiltrasyon denklemleri yardımıyla sulama zamanı ve her sulamada uygulanacak su miktarı hesaplanabilir.

Organik Madde

Toprak örneklerinin organik madde miktarları % 0.765 ile % 2.470 arasında değişmektedir (Çizelge 2). Toprakların organik madde miktarının yüzeyden derinlere doğru gittikçe azaldığı görülmektedir. Bu durum işlenen veya işlenmeyen toprakların her ikisinde de organik madde artıklarının yüzeyde birikmesi ile açıklanabilir.

Organik madde miktarları ile hacim ağırlığı değerleri arasında ters bir ilişki görülmektedir. Çünkü organik madde topraklarda granülasyonu düzenleyerek poroziteyi arttırmakta bunun da hacim ağırlığı üzerinde olumlu etkisi bulunmaktadır. Bu durum diğer bazı araştırmacıların verdiği sonuçlarla uyum göstermektedir (24,26,27).

Gizelge 2. Toprak Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Profil No	Katman Derinliği cm	pH (Sat.Ekst.)	Elektriksel İletkenlik (Sat.Ekst.) EC 25 °C, micahos/cm	Kireç %	Organik Madde %
1	0-28	7,37	538,4	29,27	1,885
	28-70	7,35	620,3	26,98	1,745
	70-120	7,70	808,4	27,69	1,225
	120-150	7,78	829,6	25,75	1,080
2	0-40	7,96	509,0	25,49	2,160
	40-85	7,98	296,4	25,02	1,325
	85-105	7,87	111,8	28,06	0,870
	105-150	7,60	345,2	29,35	0,765
3	0-43	8,05	451,4	24,95	2,470
	43-110	7,74	357,5	28,35	1,570
	110-150	7,89	474,6	29,44	1,460
4	0-40	7,91	722,0	25,68	2,165
	40-80	7,88	593,4	26,77	1,670
	80-137	7,89	549,5	27,79	0,980
	137-150	7,88	520,9	29,62	0,840
5	0-55	7,99	502,5	27,98	1,360
	55-110	8,04	500,7	32,66	0,915

Toprakların organik madde miktarlarının az olmasında iklim, uygulanan tarım şekli ve yeteri kadar organik madde kullanılmamasının etkili olduğu söylenebilir.

Kireç

Toprak örneklerinin kireç miktarları % 24.95 ile % 32.66 arasında değişiklik göstermektedir (Çizelge 2).

Profillerde alt katlara doğru gittikçe kireç miktarının genellikle arttığı görülmektedir. Akdeniz havzasının alüviyal topraklar grubuna giren araştırma alanı toprakları, dördüncü zamanda oluşmuş genç topraklar olduğundan yıkama ile kirecin alt katlara doğru gittiği söylenemez. Havzanın yukarı kısmının jeolojik materyali genellikle kalker kayası olduğundan, bunların ayrışma ürünleri olan havza alüviyal toprakları da genellikle kuvvetli kalkerlilik arz etmektedir (28).

Elektriksel İletkenlik

Toprak örneklerinin saturasyon ekstraktından saptanan elektriksel iletkenlik değerleri 0.1118 mmhos/cm ile 0.8296 mmhos/cm arasında değişmektedir (Çizelge 2). Toprakların elektriksel iletkenliğine dayanarak hesaplanan toplam tuz yüzdesi 0.00-0.15 arasında bulunmaktadır.

Araştırma alanı topraklarında genellikle fazla tuzluluk ve sodiklik zararının olmadığını, bu topraklarda yetiştirilen bitkilerin tuzluluk ve sodiklikten zarar görmeyeceğini söylemek mümkündür.

Toprak Reaksiyonu

Toprak örneklerinin saturasyon ekstraktından ölçülen pH değerleri 7.37 ile 8.05 arasında bulunmaktadır (Çizelge 2). Buna göre araştırma alanı toprakları genellikle orta derecede alkali toprak sınıfına girmektedir.

Kültür topraklarının pH değerleri 3 ile 10 arasında değişmektedir (29). Toprağın pH değeri 7'nin üzerinde olduğu takdirde, toprakta fazla miktarda CaCO_3 var demektir. Nitrojen, fosfor, potasyum, kükürt, kalsiyum ve magnezyum gibi bitki besin elementleri en fazla 6.5-7.0 pH değeri civarında çözümlü ve dolayısı ile yararlı durumdadırlar (30). Bu nedenle, pH değerleri 7.37'den 8.05'e kadar değişen araştırma alanı topraklarında, bitki besin elementlerinin yararlı formda tutulmaları sorun olabilecektir. Bunu önlemek için toprakla-

rın reaksiyonları, kükürt veya fizyolojik asit karakterli gübreler (amonyum sülfat) kullanılarak düşürülebilir.

Sonuç ve Öneriler

Araştırma sonuçlarına göre, Enstitü topraklarında daha iyi bir şekilde yararlanabilmek ve sulama uygulamalarında beklenen yararları sağlayabilmek için aşağıdaki öneriler sıralanabilir.

Araştırma alanında uygulanan sulama yöntemleri yüzey sulama yönteminin özel şekilleri olan uzun tava ve adi salma sulama yöntemidir. Ancak, ince bünyeli topraklarda tava yöntemi, kabuk oluşumuna neden olarak bitki çimlenmesini güçleştirdiği gibi, bu toprakların zaten düşük olan hava kapasitelerinin daha da azalmasına ve sonuçta bitki köklerinin havasızlıktan zarar görmesine neden olur. Bu nedenle, mekanizasyon durumu da dikkate alındığında karık sulama yöntemi diğer yüzey sulama yöntemlerinin yerini alabilir.

Toprakların yetersiz kaba gözenek miktarı derin toprak işleme, yeşil gübre ve çiftlik gübresi uygulanarak artırılmalıdır. Yeşil gübre ve çiftlik gübresinin toprağa verilmesi, organik maddece zayıf olan araştırma alanı topraklarının iyileştirilmesine de önemli etki edecektir.

Önemli bitki besin elementleri en fazla 6.5-7.0 pH değerinde yarayırlı olduğundan, pH değerleri araştırma alanı topraklarında kükürt veya fizyolojik asit karakterli gübreler uygulanarak düşürülebilir.

Sulama uygulamalarında yüksek infiltrasyon hızları ekonomik olmayan kısa akış uzunluklarını, yavaş infiltrasyon hızları ise büyük akış uzunluklarını gerektirir. Bu nedenle, sulama yöntemleri planlanırken araştırma alanı topraklarının infiltrasyon değerleri gözönünde bulundurularak sulama yöntemleri bu verilere göre planlanmalı, optimum akış uzunlukları arazide yapılacak deneylerle saptanmalı ve yüzey akış kayıpları azaltılarak sulama randımanları artırılmalıdır.

Araştırma alanının kuzey taraflarında taban suyu yazın dahi 100 cm'ye kadar yükselmektedir. Toprakların hidrolik iletkenlikleri genellikle "orta yavaş" olduğundan fazla suların tahliyesi için iyi bir yüzey drenaj sistemi planlanmalı ve mevcut drenaj tahliye kanallarının her yıl düzenli olarak bakımı yapılmalıdır.

Kaynaklar

1. Tekinel, O., Çevik, B., Oğuzer, V. Çukurova'da Kültür-
teknik Sorunları ve Çözüm Önerileri. Çukurova 1.Tarım
Kongresi, 9-11 Ocak 1991, Adana, 1991.
2. Yeşilsoy, M.Ş., Kırdar, C., Berkman, A., Sayın, M., Seyhan
Berdan ve Göksu Ovalarının Su Tutma Karakteristikleriyle
Diğer Fiziksel Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Doğa
Bilim Dergisi, D2, 8 (1), 73-85, 1984.
3. Bouma, J. Soil Survey and the Study of Water in Unsaturation
Soil. Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands,
107 s, 1977.
4. Hillel, D. Fundamentals of Soil Physics. Academic Press.
Inc. New York, 413 s, 1980a.
5. Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S., Papendick, R.
Estimating Generalized Soil-Water Characteristic from
Texture. Soil Sci. Soc. Am. J., 50, 1031-1036, 1986.
6. Dahiya, I.S., Dahiya, D.J., Ruhad, M.S., Karvasra, S.P.S.
Statistical Equations for Estimating Field Capacity,
Wilting Point and Available Water Capacity of Soils from
their Saturation Percentage. The Journal of Agricultural
Sciences, 110 (3), 515-520, 1988.
7. Yeşilsoy, M.Ş. Toprakta Katı, Sıvı ve Boşluk Fazlarının
Münasebeti ve Ziraatteki Önemi. Topraksu Dergisi, Sayı:
26, 27-33, Ankara, 1967.
8. Radulovich, R., Solarzano, E., Sollins, P. Soil Macropore
Size Distribution from Water Breakthrough Curves. Soil
Sci. Soc. Am. J., 53 (2), 556-559, 1989.
9. Messing, I. Estimation of the Saturated Hydraulic Conductivity
in Clay Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 53 (3), 665-
668, 1989.
10. Hillel, D. Application of Soil Physics. Academic Press.
Inc. New York, 385 s, 1980b.
11. Baver, L.D., Gardner, W.H., Gardner, W.R. Soil Physics.
John Wiley and Sons Inc. New York, 498 s, 1972.

12. Sönmez, K. Horton, Kostyakov ve Philip infiltrasyon eşitliklerinin Tarla Koşullarında Denenmesi. Atatürk Univ. Yay. 530, Atatürk Univ. Basımevi, Erzurum, 1980.
13. Anonim. Aşağı Aksu Projesi Aksu Ovası Detaylı Arazi Tasnif ve Sağ Sahil Drenaj Raporu Cilt II. D.S.T. Gn. Md. Etüd Raporları No: 17-569, Ankara, 1971.
14. Berkman, İ. Toprak Fizigi (Teksir). Atatürk Univ. Ziraat Fak. Toprak Bölümü, Erzurum, 86 s, 1968.
15. Black, C.A. Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy inc. Wisconsin, USA, 1965.
16. Yeşilsoy, M.Ş. Güzeliş, İ. Toprakta Özgül Ağırlık ve Hacim Ağırlığı Tayin Metodları. Tar. Bak. Toprak ve Gübre Araş. Enst. Tek. Yay., Sayı: 15, Ankara, 1969.
17. Brady, N.C. The Nature and Properties of Soils. Mac Millan Publishing Co. New York, 737 s, 1984.
18. Tüzüner, A. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı T.O.K.B. Köy Hiz. Gn. Md. Ankara, 375 s, 1990.
19. Klute, A. Methods of Soil Analysis, Part 1. America Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1986.
20. Çağlar, K.Ö. Toprak Bilgisi. Ankara Univ. Ziraat Fak. Yayınları, Sayı:10, 1949.
21. Slater, C.S. Cylindir Infiltrometer for Determining Rates of Infiltration. Soil Sci. Soc. Proc. 81, 457-460, 1957.
22. Özkan, A.İ. Polatlı Devlet Üretim Çiftliği Topraklarının Önemli Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ve Bu Özellikler Arasındaki İlişkiler. Ank. Univ. Zir. Fak. Yay. No: 625, Ankara, 1974.
23. Özdengiz, A. Iğdır Ovası Sulama Sebekesinin Bugünkü Durumu, Sebeye Dahilindeki Toprakların Sulama Yönünden Problemleri ve Çözüm Yolları Üzerinde Bir Araştırma. Atatürk Ü. Yay. No: 280, Ank. Ü. Basımevi, Ankara, 1970.
24. Hakgören, F. Yukarı Pasinler Ovası Toprak ve Su Kooperatif Sahasındaki Toprakların Sulama Yönünden Problemleri, Çözüm Yolları ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Erzurum, 188s, 1972

25. Munsuz, N. Toprak-Su ilişkileri. Ank. Univ. Ziraat Fak. Yay. No: 798, Ank. Univ. Basımevi, Ankara, 241 s, 1982.
26. Özbek, H. Ankara Çubuk Vadisi Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Ank.Üniv. Zir. Fak. Yay: 337, A.Ü. Basımevi, Ankara, 85 s, 1969.
27. Tuncay, H., Taysun, A., Okur, B., Uysal, H. Gediz Havzası Sulanabilir Alüviyal Topraklarında, Önemli Nem Konstantları ile Toprakların Diğer Fiziksel Özellikleri Arasındaki ilişkiler. Ege Ü. Zir. Fak. Derg, 28 (1), 49-64, 1991.
28. Anonim, Antalya Havzası Toprakları. K.i.B. Yay. No: 145, Topraksu Gn. Md. Yay. No: 235, Ankara, 178 s, 1970.
29. Ünal, H., Başkaya, H. Toprak Kimyası. Ank. Univ.Zir. Fak. Yay. No: 759, A.Ü. Zir. Fak. Basımevi, Ankara, 270 s,1981
30. Akalan, i. Toprak Bilgisi, Ankara Univ. Ziraat Fak. Yayınları: 878, 346 s, 1983.
31. Jamison, V.C., Kroth, E.M. Available Moisture Storage Capacity and Organic Matter Of Several Missouri Soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 22 (3), 189-192, 1958.
32. Horn, M.E. 1971. Estimating Soil Permeability Rates. J. of the Irrigation Drainage Division, 97, (IR2), 263-274, 1971.
33. Southard, R.J., Buol, S.W. Subsoil Saturated Hydraulic Conductivity in Relation to Soil Properties in the North Carolina Costal Plain. Soil Sc. Soc. Am. J., 52 (4), 1091-1094, 1988.
34. Yeşilsoy, M.Ş. Toprak Fiziksel Analizlerinin Pratik Değerleri (Çeviri). Topraksu Dergisi, Sayı:24, 27-34. 1966.