

## Hacim Ağırlığı ve Drenaj Sisteminin İnfiltrasyona Etkileri

Tekin Öztekin<sup>1</sup>

Selma Öztekin<sup>2</sup>

1- Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 60240, Tokat

2- Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 60240, Tokat

**Özet** Bu çalışmada alüvyal oluşumlu (Typic Ustifluent) Tokat-Kazova Tarım İşletmesi arazisinde üç ve 25-35 yıl önce döşenmiş ortalama 1.43 m derinlikli toprakaltı drenaj sistemleri ile yüzey toprağına ait hacim ağırlığının infiltrasyon hızına etkileri araştırılmıştır. Çift silindirik infiltrometreler kullanılarak, eski ve yeni dren hatları, bu hatların orta noktaları ve yeni hattın 4.75 metre mesafeli hat boyunca dörder adet infiltrasyon testleri yapılmıştır. Herbir test yerine ait yüzey toprağının hacim ağırlığının belirlenmesi için ise, test yerinin 1-1.5 metre ileri ve gerisinden birer adet bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Sonuçta, dren hatlarından mesafeye göre, toprakaltı drenajının infiltrasyonu fazla etkilemediği, fakat yüzey toprağının hacim ağırlığının infiltrasyonu orta derecede ve ters orantılı olarak (korelasyon katsayısı  $r = -0.698$ ,  $P < 0.003$ ) etkilediği bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Dren aralığı, drenaj sistemi, infiltrasyon, hacim ağırlığı

## Effects of Bulk Density and Drainage System on Infiltration

**Abstract:** In this study, the effects of subsurface drainage system and bulk density of surface layer on infiltration capacity were investigated in an alluvial soil (Typic Ustifluent) of Tokat-Kazova Agriculture Enterprise. Using double-ring infiltrimeters, infiltration capacities were measured at four distances from the drain line installed 3 years ago with average drain depth of 143 cm (0-, 4.75-, 18.75- and 37.5-m which is above drain line installed 25-35 years ago). Four measurements were performed for each distance. For bulk density determination of surface soils at the locations infiltration test performed, two undisturbed soil samples with 1-1.5-m forward and backward from the locations were taken. The results showed that the infiltration capacity was not much affected by the distances from the drain line, however, bulk density of surface layer affected the infiltration capacity with medium degree and negatively ( correlation coefficient  $r = -0.698$ ,  $P < 0.003$ )

**Keywords:** Drain spacing, drainage system, infiltration, bulk density

### 1. Giriş

Sulama ve drenaj sistemlerinin projelenmesinde gereksinim duyulan infiltrasyon değeri, genellikle zamanın sonsuza doğru ulaştığı durumda hemen hemen sabitleşen infiltrasyon hızı veya oranı olup, infiltrasyon kapasitesi deyimi ile ifade edilmektedir. Toprakaltı (kapalı) drenaj sistemi hem tarlanın hem de havzanın yüzey hidrolojisini ve su kalitesini etkilediği gibi; toprağın havalanmasını artırır (Lal and Taylor, 1969; 1970); bitki yetiştirme periyodunu uzatır; aşırı toprak suyu koşullarındaki toprak işlemenin olumsuz etkilerini azaltır; arazi üzerindeki trafiği kolaylaştırır; bitki gelişimini geciktiren bazı tuzlar gibi zehirleyici maddeleri toprak profilinden uzaklaştırır (Schwab et al., 1993); ayrıca azalan yarayışlı su ve artan infiltrasyon hızı (su tablası derinleştikçe infiltrasyon kapasitesinin artması ve dren hendeği hidrolik iletkenliğinin artmasından dolayı), yüzey akışı ve dolayısıyla erozyonu azaltır (Kao et al., 1998).

Toprak yüzeyindeki suyun toprağına geçişine (infiltrasyon) ve profil içindeki hareketine engel olan faktörler genellikle toprak yüzeyinde oluşan faktörler olmasına rağmen, bunlar toprak profilinin farklı derinliklerinde de oluşabilir (Schwab et al., 1993; Singer and Oster, 1984). Bir profildeki toprak katmanlarının (horizonlarının) infiltrasyon kapasitesi ise, katmandaki toprağın yapısına, bünyesine, hacim ağırlığına, mineralojisine, kimyasına ve katmanın nasıl oluştuğuna bağlıdır (Trout et al., 1992). Öte yandan düşük infiltrasyon kapasitesi, süreklilik göstermeyen büyük gözeneklerin noksanlığından ve büyük gözenekleri tıkayan ince toprak parçacıklarının ortamda olmasından kaynaklanmaktadır (Trout et al., 1992). Büyük gözenekler ise toprak işleme, alet tekerleği ile sıkıştırma, su damlasının hidrolik etkisi, yüzey akışın kesme kuvvet etkisi, yüklenmiş toprak zerrelere arasındaki kimyasal kuvvetlerin etkisi, zayıflamış toprak parçacık bağları üzerindeki yerçekimi kuvveti etkisi gibi faktörler aracılığı

ile ortadan kaldırılır (Trout et al., 1992). İnfiltrasyon hızını etkileyen önemli unsurlardan bazıları; toprağın ve toprak yüzeyini kaplayıcıların fiziksel karakteristikleri, killerin şişme durumu, arazi eğimi, toprak su içeriği, kaymak tabakası varlığı ve özellikleri, toprak işleme yöntemi, don durumu, nem seviyesi farkı, profilin katmanlılık durumu, toprak yüzeyinin sırlanma durumu, su sıcaklığı ve yağmur şiddetidir (Hillel, 1982).

Jin and Sands (2003), uzun dönemli DRAINMOD modeli simülasyon çalışması neticesinde, toprakaltı drenaj sistem unsurlarından dren aralığının azaltılmasının infiltrasyonu ve dren akışını önemli derecede arttırdığını ifade etmişlerdir. Rassam and Cook (2002) ise HYDRUS-2D modelini kullandıktan sonra, hem dren aralığının hem de dren derinliğinin azaltılmasının topraktan su transferini kolaylaştırdığını ifade etmişlerdir. Yukarıdaki araştırma sonuçlarının aksine, Fausey and Lal (1989) ve Lal and Fausey (1992), dren hattından mesafeye göre toprakaltı drenajının infiltrasyonu önemli bir ölçüde değiştirmedini vurgulamışlardır. Öte yandan, kumlu-kil bünyeli bir toprağı olan Finlandiya'daki bir tarlada ise Shipitalo et al. (2004), 1950'li yıllarda döşenen 1 m derinlikli bir drenaj sistemi üzerinde araştırma yapmışlar, çatlak ve yarıkların dren borusu üstündeki toprak bölgesinde diğer yerlere göre daha fazla olduğunu ve sonuçta infiltrasyon oranının dren borusu üzerindeki toprak bölgesinde, dren orta noktasına göre iki kat daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Hemminger et al. (1998) ise Ohio'da siltli tın bünyeli bir toprağı olan, 6.1 metre dren aralıklı ve 90 cm dren derinlikli bir drenaj sistemli tarlada, toprak fiziksel özelliklerinin dren hattından mesafeye göre değişip değişmediğini araştırmışlardır. Yazarlar, dren hattından mesafeye göre infiltrasyon kapasitesinde önemli ölçüde bir farklılık bulamamışlardır. Müller and Schindler (1992a) ise killi Oder nehri havzasında mol drenajı için toprak gevşetilen arazi kısmının, gevşetilmeyen kısma göre toprak su geçirgenliğini 10 yıl gibi uzun bir süre daha yüksek tuttuğunu bulmuşlardır. Aynı yazarlar (1992b), killi alüvyal toprağına sahip bir tarla çalışmasında ise dren hendeğindeki doğal dolgu toprağının komşu topraklara göre ortalama 12 yıl gibi bir süre daha iyi fiziksel parametreler (geçirgenlik, hava hacmi) gösterdiğini

bulmuşlar. Son olarak Kao et al. (1998) kuzey batı Fransa'daki çalışmaları sonucunda, toprakaltı drenajının dinamik depolama neticesinde daha iyi bir infiltrasyon kapasitesine izin verdiğini bulmuşlardır.

Flocker et al. (1958), kumlu tın bünyeli bir tarla üzerinde, traktör ve yüklü jip ile operasyonlar sonucu tarla yüzey toprağının hacim ağırlığını 1.22'den 1.58 g/cm<sup>3</sup>'e artırma ile meydana getirdikleri toprak sıkışmasının, infiltrasyon oranını düşürdüğünü bulmuşlardır. Benzer olarak, Gumbs and Warkentin (1972), şişen kil toprak örneklerini kolonlar halinde paketleyerek infiltrasyon ölçümleri yapmışlar, hacim ağırlığındaki küçük artışların su hareketi oranında göze çarpan derecede azalmalara neden olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, Meek et al. (1992), kumlu tın bünyeye sahip bir tarlada, hacim ağırlığının 1.6'dan 1.8 g/cm<sup>3</sup>'e yükselmesinin, infiltrasyon oranını %54 azalttığını ifade etmişlerdir. Özet olarak, arazi üzerine uygulanan trafik, hayvan otlama, bitki kökleri, toprak yönetimi, toprak işleme vb. faaliyetler sonucu yüzey toprağı sıkışır, hacim ağırlığı artar, infiltrasyon azalır (Radcliffe et al., 1988; Hillel, 1982, Meek et al., 1992; Dao, 1993). Bu olaylar silsilesi, işlenen bir toprakta mevsimsel olarak da bir değişim içersindedir.

Toprakaltı drenaj sistemi ile birlikte yüzey toprağı hacim ağırlığının, toprak fiziksel özelliklerinden infiltrasyon kapasitesine etkisi üzerine yapılmış fazla sayıda araştırma yoktur. Yukarıda değinildiği gibi var olanlarda ise çelişkili sonuçlar bulunmuştur. Ayrıca çalışmanın yürütüleceği yöre ve çevresindeki arazilerin tuzluluk, alkalilik ve drenaj yetersizliği gibi sorunları vardır (Saltalı, 1996; Taşova, 1997). Araştırma arazisinde, 1972-1982 yıllarında TOPRAKSU kurumu tarafından döşenmiş eski ve 2004 yılında bu eski hatların ortasına Köy Hizmetleri tarafından döşenmiş yeni toprakaltı drenaj sistemi mevcuttur. Ek olarak bu eski dren lateral hatları (kolektörler-toplayıcılar) arasındaki dren aralıklarına (75-100 m) nasıl karar verildiği bilgisine ulaşamamıştır. TOPRAKSU kurumu tarafından döşenen toprakaltı drenaj laterallerinin bir kısmının çalışmadığı, ayrıca yüzey drenajın da yetersiz olduğu, bu nedenle yağışlar ve sulamalar sonrası uzun süre yer yer olmak üzere toprak yüzeyinde su göllenmelerinin olduğu yöredeki çiftçiler tarafından da bildirilmiştir.

Bu çalışmanın amaçları, alüvyal, siltli tın bünyeli yüzey toprağı olan bir tarlada döşeli olan eski ve yeni toprak altı dren hatlarının, üzerlerindeki ve aralarındaki toprağın infiltrasyon kapasitesine etkileri ile yüzey toprağı hacim ağırlığının, ölçülen bu infiltrasyon değerlerine etkilerini araştırmaktır. Araştırmada, ayrıca yöre arazisi için bir problem olan drenaj yetersizliğinin çözümü için uygun dren aralığı belirlenmesine çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırmanın yürütüldüğü tarla, yaklaşık olarak 5400 da arazi varlığına sahip Kazova Tarım İşletmesi sınırları içerisinde yer almaktadır. İşletme, Karadeniz ve İç Anadolu bölgeleri arasındaki geçit bölgede ve yukarı Yeşilirmak havzasında yer almaktadır. İşletme arazisi, Tokat il merkezine 37, Turhal ilçe merkezine 6 km mesafede olup, Tokat-Turhal karayolu ortasından geçer ve güney güneybatı hududunu Yeşilirmak çevreler. Arazinin denizden yüksekliği 550 metredir. Araştırma sahasının iklimi, yarı kurak karakterli olup, Karadeniz iklimi ile İç Anadolu iklimi arasında geçit bir iklime sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Turhal ilçesi için uzun yıllık yağış ortalaması 413 mm'dir.

2004 yılında yapılan bir ön etüt çalışmasında, araştırma alanının bir kısmında künk lateral hatlarının, bir kısmında da drenflex hatlarının döşenmiş olduğu belirlenmiştir. Bu lateral hatlar arasında bazen 75 bazen de 100 metrelik dren aralığı ölçülmüştür. 2004 yılında, Köy Hizmetleri Tokat şubesi ve Devlet Su İşleri 72. Bölge Müdürlüğü, yöredeki drenaj yetersizliğinin nedeni olarak mevcut hatlar arasındaki dren aralığının fazla geniş tutulmuş olmasını ileri sürmüşlerdir. Daha sonra, bu kurumlar, mevcut hatlar arasına yeni hatlar yerleştirmeyi planlamış, ve Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden yeni hatlar arasında bırakılması gereken dren aralığının belirlenmesi konusunda yardım talep etmişlerdir. Bu talep doğrultusunda, araştırma alanında hakim olan toprak serilerinin (Oba ve Çaylı) yer aldığı arazi kısımlarından, 2 metre derinlikli 3 adet profil kazılmıştır. İşletme topraklarına ilişkin her toprak serisinin profil tanımlamaları Taşova (1997) tarafından yapılmıştır. Taşova (1997)'ya göre belirlenmiş her toprak katmanından yatay yönde olmak üzere 2'şer adet 5.1 cm çap ve 5

cm yükseklikteki 100 cm<sup>3</sup> hacimli çelik silindirler ile toplam 28 adet bozulmamış ve yine her katmandan 1-2 kg bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmamış toprak örnekleri, katmanların doygun koşullardaki yatay hidrolik iletkenliklerini belirlemek için kullanılmıştır. Bu örneklerin laboratuvarında sabit veya değişken su yükleri altındaki hidrolik iletkenlikleri, Klute and Dirksen (1986)'de verilen ilkeler izlenilerek belirlenmiştir. Katmanların suya doygun durumdaki hidrolik iletkenliklerini belirlemede daha etkin olan arazi yöntemlerinin (burgu deliği veya mevcut dren hatlarındaki debi-su tablası yüksekliği ilişkisinin kullanılması) uygulanamamasının nedeni; inceleme esnasında söz konusu alanların ekili olmasıdır. 2004 yılında yapılan ve bu makalede özetlenen dren aralığı belirleme çalışması sonucunda bulunan dren aralık değeri de dikkate alınarak, Köy Hizmetleri kendi değerlendirmesi sonucu eski toprakaltı dren lateral hatları ortasına ve bu eski hatlara paralel yeni hatların yerleştirilmesine karar verip yeni hatları 2004 yılında döşemeye başlamıştır. Dolayısıyla, araştırma alanında hali hazırda döşeli bulunan eski ve yeni toprakaltı drenaj lateral hatları arasındaki dren aralığı 37.5 veya 50 metredir.

Yörede gelecekteki sulama ve drenaj çalışmalarında da gerekli olur düşüncesiyle, katman topraklarının hacim ağırlık, bünye analizi, tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri de belirlenmiştir. Katman topraklarının hacim ağırlık değerleri, hidrolik iletkenlik belirleme için alınan bozulmamış toprak örnekleri kullanılarak ve Blake and Hartge (1986)'da verilen ilkeler takip edilerek belirlenmiştir. Her katmandan alınan bozulmuş toprak örnekleri kullanılarak katman topraklarının bünye analizi, solma noktası ve tarla kapasitesi değerleri belirlenmiştir. Bünye analizinde hidrometre yöntemi (Gee and Bauder, 1986), solma noktası ve tarla kapasitesinin belirlenmesinde ise basınçlı seramik levha yöntemi (Klute, 1986) kullanılmıştır.

Araştırmanın yapıldığı tarlanın genel eğimi doğu-batı istikametinde olup, %0-0.02 arasında değişmektedir. Araştırmada, bu testler için rastgele seçilen bir eski (1972-1982 yıllarında döşenen) hat ile ona komşu yeni (2004 yılında döşenen) hat arasındaki (dren aralığı 37.5 metre, ortalama dren derinliği 140 cm) yaklaşık

9.4 da'lık (37.5 x 250 metre) bir arazi alanı kullanılmıştır. Yeni hattın döşenmesinde görev alan Köy Hizmetleri mühendisleri, bu rasgele seçilen dren lateral hattının uzunluğunun yaklaşık 440 metre olduğunu; 100 mm çaplı beyaz renkli drenflex drenaj borusu kullanıldığını; hattın eğiminin yaklaşık %0.14 olduğunu (hattın başında yaklaşık 100 cm sonunda ise 160 cm dren derinliği kullanılmıştır); boruların yerleştirildiği hendeğin açılmasında kepçe genişliği 60 cm olan trençerin kullanıldığını; açılan bu hendeğe döşenen boru hattının yanlarının ve 15'er cm üst ve alt kısmının, 5-15 mm çaplı kırılmış ve yıkanmış çakıl malzemesinin (filtre malzemesi olarak) serildiğini ifade etmişlerdir. Hatlar tarlanın bitişiğindeki açık dren kanalına boşalmaktadır. Yeni hatların kanala çıkış noktalarında çıkış ağızları beton bloklar ile işaretlenmiş olup, eski hatların çıkış ağızları ancak drenaj borusunun veya borudan çıkan suyun çıktığı ağızında oluşturduğu ıslaklıktan belirlenebilmiştir. Yeni hattın arazi boyunca takip ettiği hat, bir helezon toprak burgusu ve dren sondaj mili ile dren borusu üzerine serilen çakıl dolgu materyalinin tetkiki sonucu belirlenmeye çalışılmıştır. Bulunan hattın arazide 2007 yılında yetiştiriciliği yapılan silajlık mısır bitki sıralarıyla hemen hemen paralel olduğu bulunmuştur. Bitki sıra aralığı 80 cm tutulmuş olup, bitkiler 500 m uzunluğunda açılan karıklar kullanılarak karık sulama yöntemi ile sulanmıştır. Arazideki infiltrasyon testleri sırasındaki izlenimlerimiz ve işletme mühendisi ile mülakatımız, arazi üzerindeki silajlık mısırın gerek hasat gerekse taşınımı sırasında yürütülen trafik işlemlerinin de hemen hemen bu sıralara paralel olarak yapıldığını ortaya koymuştur. 2007 yılı Eylül ayı başında silajlık mısırın hasadı gerçekleştirilmiş olup, ay sonuna doğru ise infiltrasyon testleri yapılarak, daha sonra bu test yerlerindeki yüzey toprağının hacim ağırlıkları ölçülmüştür.

İnfiltrasyon kapasitelerinin bulunması için yapılan infiltrasyon testleri, işletmenin Çaylı serisi toprağına sahip bir tarlada yapılmıştır. Bu test için 30 ve 60 cm çaplı iç içe geçmiş çift silindir infiltrometreler kullanılmıştır. Bu testte, Güngör ve Yıldırım (1989)'da verilen prensipler takip edilmiştir. Testlerde, 10 dakika ara ile üç, 15 ve 30 dakika ara ile ikişer, 60 dakika ara ile bir ve 120 dakika ara ile yeteri kadar (birbirini takip eden iki su düzeyi ölçüm

farkı 1 cm'den az oluncaya kadar) ölçüm yapılmıştır. Bu testler arazi üzerinde yeni ve eski dren lateral hatlarına paralel olarak ve dren laterallerinin boşaldığı açık drenaj kanalından 20, 90, 160 ve 230 m mesafelerde (70 m mesafe aralıklı olmak üzere 4 kez tekrarlanmış olup mesafelerdeki ortalama dren derinliği 143 cm'dir) yapılmıştır. Belirlenen bu mesafelerdeki ölçümler, yeni hat boyunca (0 m), yeni hattın 4.75 metre mesafeli hat boyunca (4.75 m), yeni ve eski hatların orta noktasında (18.75 m) ve eski hat boyunca (37.5 m) yapılmıştır. Özet olarak araştırma, 4 konulu (0 m, 4.75 m, 18.75 m ve 37.5 m) ve 70 metre mesafe ile 4 tekerrürlü (toplam 16 ölçüm) olup tesadüf blokları deneme tertiplidir. Bu infiltrasyon testlerinin yapıldığı her bir ölçüm yeri yüzey toprağının hacim ağırlığını belirlemek için, her bir ölçüm yerinin 1-1.5 m ileri ve gerisinden birer adet olmak üzere (toplam 32 adet), 5.1 cm çap ve 5.0 cm yükseklikteki 100 cm<sup>3</sup> hacimli çelik bozulmamış toprak örneği alma silindireleri ile toprak örnekleri alınmıştır. Bu toprak örneklerinin hacim ağırlıkları da yine Blake and Hartge (1986)'da verilen ilkeler takip edilerek belirlenmiştir. Önceden de ifade edildiği gibi, arazideki infiltrasyon ölçüm yerlerinin belirlenmesinde yeni dren lateralinden olan mesafe dikkate alınmış, ayrıca ölçüm yerlerinin aynı bitki sırası boyunca olmasına azami derecede dikkat edilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Kazova tarım işletme arazisinde yaygın olan Çaylı toprak serisine ilişkin açılmış profillerdeki toprak katmanlarına ait toprakların fiziksel özelliklerinden bünye dağılımı, bünye sınıfı, hacim ağırlıkları, tarla kapasitesi, solma noktası ve yatay doygun hidrolije ilişkin elde edilen ölçüm ortalama değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Profil katman topraklarının kum, silt ve kil yüzde değerleri incelendiğinde, genelde kum miktarında en derin katmana kadar bir azalış, buna karşılık silt miktarında ise son iki katmana kadar bir artış vardır. Son katmanın bir kum katmanı bunun üstündeki katmanın ise bir kil katmanı olduğu bulunmuştur. Toprak katmanlarındaki böyle ani farklılık yöre toprağının alüvyal kökenli olmasından kaynaklanmıştır. Kil katmanı toprağının elverişli su tutma kapasitesinin (tarla kapasitesi-solma noktası) yüksek, kum katmanı toprağının

tarla kapasitesinin düşük olması beklenen sonuçlardır. Hacim ağırlık değerleri dikkate alındığında ise yüzey katmanında bir sıkışmanın olabileceği dikkatimizi çekmiştir. Hidrolik iletkenlik değerlerini dikkate aldığımızda ise yüzey toprağının yine sıkışmadan kaynaklı düşük bir değere, kil ağırlıklı son katmandan bir önceki katmanın ise bir bariyer veya geçirimsiz katman olduğu (bir üstündeki katmanın hidrolik iletkenlik değerinden 66 kat daha düşük bir değere sahip ki sınır 10 kattır) bulunmuştur. İlk üç katmanın hidrolik iletkenlik değerleri dikkate alındığında, hidrolik iletkenliğin derinlikle arttığı söylenebilir. Bu durumda, bu toprak serisi için dren aralığının belirlenmesinde Ernst teorisi uygulanabilir (Ritzema, 1994). Netice olarak, alüvyal olan bu seri topraklarının alt katmanlarının hidrolik iletkenlikleri üst

katmanların hidrolik iletkenliklerine göre yüksek bulunmuş, bu koşuldan dolayı dren aralığının belirlenmesinde Ernst eşitliğine (Ritzema, 1994) yer verilmiştir. Bu eşitliğe ek olarak, dren aralığının bulunmasında ve modelleme çalışmalarında sık kullanılan Hooghoudt eşitliği de (Ritzema, 1994) kullanılmıştır. Bu serinin üst katmanlarının hidrolik iletkenlikleri, bu arazide sadece yüzey drenajının uygulanmasını gerektirecek kadar düşük bulunmamıştır. Neticede, yüzey ve toprakaltı drenaj sistemlerinin birlikte kullanılması gerektiği düşüncesindeyiz. Yüzey toprağının hidrolik iletkenliği arazi üzerindeki trafiği azaltarak ve 5-10 yılda bir derin toprak gevşetme ile artırılabilir. Ayrıca, toprakaltı drenaj boruları kil ağırlıklı geçirimsiz katmana yerleştirilebilir.

Tablo 1. Kazova tarım işletmesi arazisindeki Çaylı serisine ait toprakların bazı fiziksel özellikleri (veriler 4 değerinin ortalamasıdır)

Derinlik (cm)	Bünye Dağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	Tarla Kapasitesi <sup>‡</sup> (%)	Solma Noktası <sup>‡</sup> (%)	Hidrolik İletkenlik (cm/h)
	Kum	Silt	Kil					
0-20	25.6	41.5	32.9	CL	1.45	28.3	16.9	0.35
20-50	27.5	47.9	24.6	L	1.29	26.0	15.3	0.77
50-100	22.7	58.3	19.0	SiL	1.32	26.7	15.3	1.29
100-120	10.5	59.5	30.0	SiCL	1.35	33.7	22.6	0.66
120-145	4.9	26.0	69.1	C	1.32	40.7	24.0	0.01
145 +	73.5	18.2	8.3	SL	1.39	10.5	†	12.6

‡ : ağırlık yüzdesi cinsinden, † : eksik veri

Tablo 2’de bazı toprak fiziksel özellikleri verilen Oba serisi toprak özellikleri Çaylı serisine benzer sonuçlar vermiştir. Bu serinin katman (horizon) toprakları için solma noktası değerleri ölçülememiştir. Bu toprak serisinde de 2. ve 4. katmanlar geçirimsiz katmandır. 2. katmanın hidrolik iletkenliğinin düşük çıkması,

hacim ağırlığının yüksek çıkması, kil yüzdesinin yüksek olmaması, arazide pulluk taban taşının mevcut olabileceği sonucunu çıkarmıştır. 3. katman yine bir kum katmanı sayılabilecek miktarda yüksek kum ve düşük kil oranına sahiptir.

Tablo 2. Kazova tarım işletmesi arazisindeki Oba serisi toprakların bazı fiziksel özellikleri (değerler 2 değerinin ortalamasıdır)

Derinlik (cm)	Bünye Dağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	Tarla Kapasitesi <sup>‡</sup> (%)	Hidrolik İletkenlik (cm/h)
	Kum	Silt	Kil				
0-24	25.0	40.0	35.0	CL	1.41	26.7	2.32
24-40	21.9	43.1	35.0	CL	1.50	29.6	0.09
40-95	46.0	39.6	14.4	L	1.41	18.8	2.32
95-110	6.7	34.1	59.2	C	1.38	38.3	0.06
110 +	14.4	74.3	11.3	SiL	†	†	7.37

‡ : ağırlık yüzdesi cinsinden; † : eksik veri

Köy Hizmetleri kurumu, dren aralığının belirlenmesinde drenaj ölçütleri olarak; dren derinliğinin 180 cm; ovada yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan şeker pancarı bitkisi dikkate alınarak, optimum su tablası derinliğinin 120 cm; drenaj katsayısı olarak 3.4 mm/gün ve drenflex boru çapı olarak da 100 mm çaplı borunun kullanılmasını önermiştir. Çaylı serisi için dren aralığının belirlenmesinde Ernst eşitliği kullanıldığında, eşitlikte ihtiyaç duyulan suya doymuş düşey hidrolik iletkenlik yerine ölçülen yatay hidrolik iletkenlik değerleri (Tablo 1) kullanılmıştır. Sonuçta Çaylı serisi toprakları ve dikkate alınan drenaj ölçütleri için Ernst eşitliği kullanıldığında dren aralığı 27.5 m bulunmuştur. Genelde topraklarda, aynı katman içinde düşey iletkenlik yatay iletkenlikten daha yüksek (Dabney and Selim, 1987) olduğu için Ernst eşitliğinde düşey iletkenlikler yerine yatay iletkenliklerin kullanımı gerekenden daha dar dren aralığı vermiş olabilir. Çaylı serisi toprakları için Hooghoudt eşitliği kullanıldığında ise dren aralığı 25 m olarak bulunmuştur. Dren aralığı Oba serisi için ise, Ernst eşitliği ile 20 m, Hooghoudt eşitliği ile ise 22.5 m bulunmuştur. Serilerin dren borusu üstündeki toprak kalınlığı (185 cm) için katman kalınlıklı ağırlıklı ortalama hidrolik iletkenlik değerleri Oba serisi için 3.83 cm/h, Çaylı serisi için ise 3.65 cm/h olarak bulunmuştur. Bu verilere göre Oba serisi toprağı daha iletken gözüküyor, dolayısıyla bu seri için daha geniş dren aralığı değerleri beklenmektedir. Oba serisi için her iki eşitliğin de Çaylı serisine göre daha dar dren aralığı üretmesinin ana nedeni, Oba serisinin son katmanına ait hidrolik iletkenlik değerinin Çaylı serisinininkine göre daha düşük olması olabilir.

Araştırma arazisinin Çaylı serisi üzerinde yeni ve eski toprakaltı drenaj sistemlerinin yüzey toprağı infiltrasyonuna etkilerini araştırmak için yapılan infiltrasyon testleri sonucu bulunan infiltrasyon kapasite değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Dikkatimizi çeken ilk nokta, eski ve yeni drenaj hatlarının orta noktalarını takip eden hattaki (18.75 m) infiltrasyon kapasite değerlerinin, 4 ölçümde de en düşük değerler vermesi ve tüm 16 ölçüm sonuçları içindede en düşük 4 ölçümü oluşturmuş olmalarıdır. Minitab istatistik programının ANOVA testi ve *F*-istatistiğini kullanarak, konulardan 18.75 m konusunun diğerlerinden %7.7 önemlilik düzeyinde farklı olduğu bulunmuştur. Eski, yeni ve yeni hattan 4.75 m mesafeli hatlar boyunca ölçülen kapasite değerleri ile bu hatlardan olan mesafeler arasında bir ilişki bulunmadı. Ayrıca, ölçümlerin yapıldığı yerlerin açık drenaj kanalından mesafelerine göre, kapasite değerlerinde herhangi bir azalma veya artış eğilimi gözlenmemiştir. Konular için ortalama değerler dikkate alındığında, en yüksek değer (10.99) eski dren hattı üzerinde (37.5 m), ikinci yüksek değer (9.62) yeni dren hattından 4.75 m mesafedeki hatta ve üçüncü yüksek değer (3.47) ise yeni dren üstünde (0 m) bulunmuştur. Sonuç olarak, yeni dren hattı üzerindeki entansif tarım hat üzerindeki oturmayı 3 yıl gibi kısa bir sürede tamamlamış olabilir ve ölçülen infiltrasyon kapasitelerindeki farklılık arazinin toprakaltına dşeli dren hatlarından kısmen de olsa bağımsız olup başka faktörlerden kaynaklanmış olabilir. Bu faktörlerden birisinin ölçüm yerlerindeki yüzey toprağının hacim ağırlığındaki değişkenlik olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3. Yeni ve eski toprakaltı drenaj hatlarının üzerlerindeki (sırasıyla 0 m ve 37.5 m), yeni hattan 4.75 metre mesafedeki (4.75 m) ve orta ara noktalarındaki (18.75 m) toprakların infiltrasyon kapasiteleri (cm/h)

Açık Drenaj Kanalından Mesafe (m)	Yeni Toprakaltı Drenaj Lateral Hattından Mesafe			
	0 m	4.75 m	18.75 m	37.5 m
20	2.55	1.38	0.98	2.35
90	6.07	11.45	0.30	8.80
160	1.65	8.95	0.65	8.20
230	3.60	16.70	0.15	24.60
Ortalama	3.47	9.62	0.52	10.99

İnfiltrasyon kapasitesine yüzey toprağının hacim ağırlığının etkisini araştırmak amacıyla,

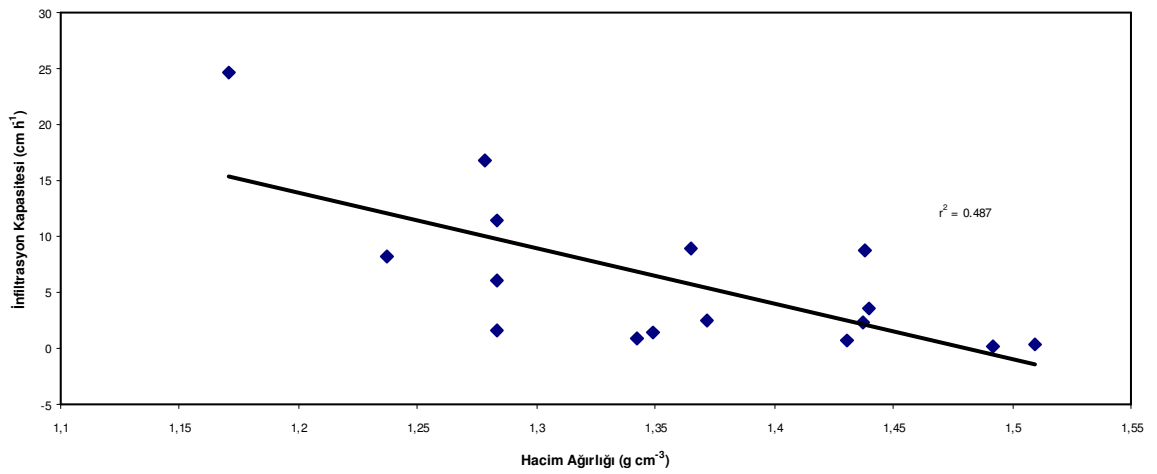
infiltrasyon testlerinin yapıldığı yerlerin 1-1.5 m ileri ve gerisinden alınan 2 şer adet 100 cm<sup>3</sup>

bozulmamış toprak örneklerinin hacim ağırlıkları Tablo 4'te verilmiştir. Tablonun son satırındaki ortalama değerler incelendiğinde, 18.75 m konu değerinin en yüksek hacim ağırlığına, diğer konuların ise hemen hemen eşit bir değere sahip olduğunu görüyoruz. Hacim ağırlığı değerleri için ANOVA testi sonucu bulunan *F*-istatistiği, konulardan 18.75 m konusunun diğerlerinden farklı olduğunu ve bu farkın %17.1 önemlilik seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Farklılığın bu önem düzeyinin yüksek çıkması, örnek sayısının düşük olmasından kaynaklanabilir. Sadece aynı konuda (18.75 m) (dren orta noktalarının birleştiği hat boyunca), hacim ağırlıklarının diğer konularından daha yüksek buna karşın infiltrasyon kapasitelerinin yine diğer konularından daha düşük çıkması, bize hatlar boyunca ölçülen infiltrasyon kapasitelerinin dren hatlarının yeni veya eski olmasına göre değil de ve hatta dren hatlarından

olan mesafe ile de değil de, daha çok yüzey toprağının hacim ağırlığı ile değiştiğini gösteriyor. Bundan dolayı ölçülen infiltrasyon kapasiteleri ve her bir infiltrasyon test yerinde ölçülen hacim ağırlıklarının ortalaması Şekil 1'de karşılıklı olarak işaretlenmiştir. Bu şekilden de görülebileceği gibi aralarında tam doğrusal olmasa da bir ilişkinin olduğu açıktır. Şeklin üzerinde determinasyon katsayısı ( $r^2 = 0.487$ ,  $P < 0.003$ ) değeri de verilmiştir. Bu değer ölçülen infiltrasyon kapasitesi değerleri ile hacim ağırlıkları arasındaki ilişkinin %50'ye yakın bir kısmının doğrusal olduğunu göstermektedir. Ek olarak ölçülen infiltrasyon kapasiteleri ve hacim ağırlıkları arasındaki ilişkinin derecesi korelasyon katsayısı ile ölçülmüş ve  $P < 0.003$  seviyesinde  $r = -0.698$  (korelasyon katsayısı) olarak bulunmuştur. Bu ilişkinin anlamı infiltrasyon kapasitesi, hacim ağırlığı ile orta derecede ve ters (negatif) ilişkilidir.

Tablo 4. İnfiltrasyon testlerinin yapıldığı yerlerin yüzey toprağının (0-10 cm) hacim ağırlıkları ( $\text{g/cm}^3$ )

Açık Drenaj Kanalından Mesafe (m)	Yeni Toprakaltı Drenaj Lateral Hattından Mesafe			
	0 m	4.75 m	18.75 m	37.5 m
20	1.39	1.52	1.33	1.37
	1.35	1.18	1.35	1.51
90	1.22	1.21	1.40	1.56
	1.35	1.35	1.62	1.32
160	1.44	1.40	1.49	1.31
	1.13	1.33	1.37	1.17
230	1.48	1.35	1.47	1.21
	1.40	1.21	1.51	1.13
Ortalama	1.34	1.32	1.44	1.32



Şekil 1. Tokat-Kazova tarım işletmesi Çaylı serisi üzerinde ölçülen infiltrasyon kapasiteleri ve hacim ağırlıkları arasındaki ilişki

#### 4. Sonuç

Tokat-Kazova tarım işletmesi arazisindeki Çaylı ve Oba toprak serileri için önerilebilecek toprakaltı drenaj sisteminde, lateraller 20-30 m ara ile döşenebilir. Ayrıca bu drenaj lateral boruları, serilere ait profillerdeki geçirimsiz katmanlara yerleştirilebilirler.

İnfiltrasyon kapasitesi ve hacim ağırlık ölçümleri silajlık mısır hasat sonrası yapılan araştırma arazisinde, 25-30 yıl ve 3 yıl önce döşenmiş ortalama 1.43 m derinlikteki dren hatlarından mesafeye göre toprakaltı drenaj

infiltrasyonu değiştirmemiştir. Bu sonuç, Fausey and Lal (1989), Lal and Fausey (1992) ve Hemminger et al. (1998) tarafından bulunan sonuçlarla örtüşmektedir.

Hatlar boyunca ölçülen infiltrasyon kapasite ve yüzey toprağı hacim ağırlık ortalama değerleri dikkate alındığında, hacim ağırlığındaki %8.5'lik artış, infiltrasyon kapasitesinde %93.5'lik bir azalışa neden olmuştur. Ayrıca, infiltrasyon kapasitesi, yüzey toprağının hacim ağırlığı ile ters orantılı olup aralarında orta derecede bir ilişki mevcuttur.

#### Kaynaklar

- Blake, G.R. and Hartge, K.H. 1986. Bulk Density, in: Methods of Soil Analysis, Part 1, ASA, SSSA, Wisconsin, ABD, Ed. By Klute, 363-376.
- Dabney, S.M. and H.M. Selim. 1987. Anisotropy of a Fragipan Soil: Vertical vs. Horizontal Hydraulic Conductivity, Soil Sci. Soc. Amer. J., 51, 3-6.
- Dao, T.H. 1993. Tillage and Winter Wheat Residue Management Effects on Water Infiltration and Storage, Soil Sci. Soc. Am. J., 57, 1586-1595.
- Fausey, N.R. and Lal, L. 1989. Drainage-Tillage Effects on Crosby Kokomo Soil Association in Ohio.II. Soil Temperature Regime and Infiltrability, Soil Tech., 2, 371-383.
- Flocker, W.J., VOMOCIL, J.A. and VITTUM, M.T. 1958. Response of Winter Cover Crops to Soil Compaction, Soil Sci. Soc. Proc., 22, 181-184.
- Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle-Size Analysis, in: Methods of Soil Analysis, Part 1, ASA, SSSA, Wisconsin, ABD, Ed. By Klute, 383-411.
- Gumbs, F.A. and Warkentin, B.P. 1972. The Effect of Bulk Density and Initial Water Content on Infiltration in Clay Soil Samples, Soil Sci. Soc. Proc., 36, 720-724.
- Güngör, Y. ve Yıldırım, O. 1989. Tarla Sulama Sistemleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1155, 371 s., Ankara.
- Hemminger, M.D., Lal, R., Fausey, N.R. and Ward, A.D. 1998. Physical and Hydrological Properties of an Aeric Fragiqualf as Affected by Distance from Drainline, in: Proc. of the 7th Ann. Drainage Symp. by ASAE, 419-428.
- Hillel, D., 1982. Introduction to Soil Physics, Academic Press, Inc., 364 s., California, ABD.
- Jin, C.-X. and Sands, G.R. 2003. The Long-Term Field-Scale Hydrology of Subsurface Drainage Systems in a Cold Climate. Transactions of the ASAE, 46, 1011-1021.
- Kao, C., Nedelec, Y. and Zimmer, D. 1998. Surface Runoff Mechanisms and Modeling in Subsurface Drained Fields, in: Proc. of the 7th Ann. Drainage Symp. by ASAE, 258-266.
- Klute, A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods, in: Methods of Soil Analysis, Part 1, ASA, SSSA, Wisconsin, ABD, Ed. By Klute, 635-662.
- Klute, A. and Dirksen, C. 1986. Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods, in: Methods of Soil Analysis, Part 1, ASA, SSSA, Wisconsin, ABD, Ed. By Klute, 687-734.
- Lal, R. and Fausey, N.R. 1992. Corn Yields, Soil Properties, and Drainage Effects on Crosby-Kokomo Soil, in: Proc. of the 6th Int. Drainage Symp., ASAE, 96-104.
- Lal, R. and Taylor, G.S. 1969. Drainage and Nutrient Effects on a Field Lysimeter Study. I. Corn Yield and Soil Conditions. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33, 937-941.
- Lal, R. and Taylor, G.S. 1970. Drainage and Nutrient Effects on a Field Lysimeter Study. II. Mineral Uptake by Corn. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34, 245-248.
- Meek, B.D., Rechel, E.R., Carter, L.M., DeTar, W.R. and Urie, A.L., 1992. Infiltration Rate of a Sandy Loam Soil: Effects of Traffic, Tillage and Plant Roots, Soil Sci. Soc. Am. J., 56, 908-913.
- Müller, L. and Schindler, U. 1992a. Durability of Agro-Ameliorative Measures on Mineral Lowland Soils with Heterogeneous Substrate and Hydrologic Conditions, in: Proc. of the 6th Int. Drainage Symp., ASAE, 112-118.
- Müller, L. and Schindler, U. 1992b. Subsoil Workability of Heavy Soils with Shallow Water Tables, in: Proc. of the 6th Int. Drainage Symp., ASAE, 244-250.
- Radcliffe, D.E., Tollner, E.W., Hargrove, W.L., Clark, R.L. and Golabi, M.H. 1993. Effect of Tillage Practices on Infiltration and Soil Strength of a Typic Hapludult Soil After Ten Years, Soil Sci. Soc. Am. J., 52, 798-804.
- Rassam, D.W. and Cook, F.J. 2002. Numerical Simulations of Water Flow and Solute Transport Applied to Acid Sulfate Soils, J. Irrig. and Drain. Engrg., 128, 107-115.
- Ritzema, H.P. 1994. Drainage Principles and Applications, ILRI Publication 16, 1125 s., Netherlands.
- Saltalı, K. 1996. Tokat Kazova Yöresi Topraklarında Tuz Dinamiği ve Sodikleşme Eğiliminin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 96 s., Tokat



- Schwab, G.O., Fangmeier, D.D., Eliot, W.J. and Frevert, R.K. 1993. Soil and Water Conservation Engineering, Wiley and Sons, 507 s., New York, ABD.
- Shipitalo, M.J., Nuutinen, V. and Butt, K.R. 2004. Interaction of Earthworm Burrows and Cracks in a Clayey, Subsurface-Drained Soil, Agriculture, Ecosystems & Environment, Applied Soil Ecology, 26, 209-217.
- Singer, M.J. and Oster, J.D. 1984. Water Penetration Problems in California Soils. Land, Air, and Water Resources Paper No. 10011, Dept. of Land, Air, and Water Resources. Univ. of California, Davis
- Taşova, H. 1997. Kazova Tarım İşletmesi Arazisinin Toprak Etüdü, Haritalanması ve Sınıflandırılması, Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 187 s., Tokat
- Trout, T.J., Sojka, R.E. and Okafor, L.I. 1992. Soil Management, in: Management of Farm Irrigation Systems., Edited by Hoffman et al., ASAE Monograph Number 9, 1040 s., Michigan, ABD.