

## **Buğday Tarımında Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi**

**Zeliha Bereket BARUT<sup>1</sup>, İsmail ÇELİK<sup>2</sup>, M. Murat TURGUT<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Adana

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Adana

e-posta: zbburut@cu.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 19.07.2010

Accepted (Kabul Tarihi): 17.08.2010

**Özet:** Bu çalışmada, Çukurova koşullarında buğday tarımında uygulanan geleneksel toprak işleme ve buna alternatif olabilecek korumalı toprak işleme sistemlerinin, bazı toprak özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Kil bünyeli bir toprakta 2006–2009 yılları arasında sürdürülen bu çalışmada, geleneksel toprak işleme (GT), azaltılmış toprak işleme (AT) ve doğrudan ekim (DE) yöntemleri kullanılmıştır. Bağımsız değişken olarak toprağın hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, hidrolik iletkenlik ve gözeneklilik parametreleri ele alınmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, geleneksel toprak işleme sistemleri korumalı işleme sistemlerine göre toprakların gözeneklilik değerlerini arttırmıştır. Toplam gözeneklilik değerlerinde geleneksel toprak işlemede %12–23, azaltılmış toprak işlemede %10 artış görülürken doğrudan ekimde %4-6 oranında azalma belirlenmiştir. Yöntemlerin hacim ağırlığı 0–10 cm'lik toprak katmanında artış göstermiş olup alt katmanlarda ise doğrudan ekim dışında diğer yöntemlerde azalma saptanmıştır. Hidrolik iletkenlik değerleri geleneksel ve azaltılmış toprak işleme sistemlerinde toprağın üst katmanlarında artış gösterirken, toprağın alt katmanları ve doğrudan ekimde azalma göstermiştir. Geleneksel işleme sistemlerine göre korumalı işleme sistemleri penetrasyon direncini önemli oranda arttırmış ve toprak sıkışmasına neden olmuştur. Penetrasyon direnci 0–45 cm derinlikte AT> DE>GT şeklinde bir sıralama izlemiştir.

**Anahtar kelimeler:** Toprak işleme, korumalı toprak işleme, toprak parametreleri, buğday

### **Effect of Different Tillage Methods on Some Physical Properties of the Soil in Wheat Production**

**Abstract:** In this study conducted in Çukurova Region, conventional tillage and alternative conservation tillage systems for wheat have been compared in terms of their effects on soil. The conventional tillage (CT), reduced tillage (RT) and direct seeding (DS) method were used in the study which was conducted in 2006-2009. The bulk density, penetration resistance, hydraulic conductivity and porosity were taken as independent variable. The results indicated that porosities of soils tilled with conventional methods were greater than that of conservational methods. The total porosity values of soils increased 12-23% in conventional tillage, 10% in reduced tillage, while decreasing 4-6% in no-tillage. There was an increase on bulk density in all tillage systems in 0-10 cm depth of the soil, but there was a decrease in deeper layers in all tillage systems except direct seeding. Hydraulic conductivity increased in top layers of the soil in conventional tillage and conservation tillage systems but decreased in deeper layers and in direct seeding method. The penetration resistance was significantly higher in conservation tillage system and this caused soil compaction. Penetration resistance was ranged as RT>DS>CT randomly.

**Key words:** Tillage, conservation tillage, soil parameters, wheat

## GİRİŞ

Toprak bozunumu, tüm dünyada tarımsal sürdürülebilirliği sınırlandıran ve toprakların üretim kapasitesini düşüren önemli bir çevresel sorun haline gelmiştir. Toprak bozunumu sorunu, toprak kalite parametrelerini oluşturan fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinden bir ya da birkaçının bozulması sonucu meydana gelmektedir. Bu bozunumun başında da aşırı veya yanlış toprak işleme yöntemleri gelmektedir.

Günümüzde, özellikle tarımda gelişmiş ülkelerde, korumalı toprak işleme sistemleri arasında yer alan azaltılmış toprak işleme ya da toprak işlemsiz tarım yöntemleri önem kazanmaya başlamıştır. Geleneksel toprak işleme sistemlerinde toprakların yoğun ve pullukla derin işlenmesi sonucu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde çok sayıda olumsuz etkilerle toprak ekosistemlerinde sorunlar oluşurken, korumalı ya da azaltılmış toprak işleme sistemlerinde hem çevre hem de toprak kalite özelliklerinde önemli olumlu gelişmeler elde edildiği bazı araştırmalarla ortaya konmaktadır.

Geleneksel pulluklu işlemeyle karşılaştırıldığında azaltılmış işleme koşullarında toprak organik madde içeriğinin arttığı, biyolojik özelliklerinin geliştiği, toprakta suyun daha fazla depolandığı, agregasyon ve agregat stabilitesinin arttığı ve erozyonun azaldığı bir çok araştırmayla saptanmıştır (Pagliai ve ark., 2004).

Bununla birlikte azaltılmış işlemenin veya no-till sistemlerin başarısının yerel toprak çeşidi ve özelliklerine, uygulanan toprak yönetim şekilleri ve iklim koşullarına da bağlı olduğu gerçeği unutulmamalıdır (Rasmussen, 1999; Amezketa, 1999).

Topraktaki havalanma düzeyi büyük ölçüde topraktaki toplam gözenek miktarına ve gözeneklerin dağılımına bağlıdır. Toprak havalanması ve gözenekliliğin de, toprak işlemeye bağlı olarak değiştiği birçok çalışmada ortaya konulmuştur. Toprak havası toprak fiziksel kalitesinin önemli bir ögesidir, çünkü toprakta biyolojik aktivite için büyük öneme sahip olan organizmalar için sürekli olarak oksijenin sağlanması gerekir.

Farklı toprak işleme sistemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, geleneksel toprak işleme koşullarında işlenmeyen ya da az işlenen koşullara göre topraklarda daha fazla miktarda makro, daha az miktarda ise mikro gözeneklerin oluştuğu saptanmıştır (Xu ve Mermoud, 2001). Buna benzer diğer çalışmalarda da işlenen topraklarda büyük gözeneklerin arttığı ve küçük gözeneklerin azalmasıyla gözenek büyüklük dağılımının bozulduğu belirtilmektedir (Chaney ve ark., 1985; Carter, 1992).

Pagliai ve ark. (2004), yaptıkları araştırmada aralarında azaltılmış ve minimum toprak işlemenin de yer aldığı alternatif toprak işleme koşullarında geleneksel toprak işlemeye göre topraklarda makro gözeneklilik daha yüksek ve bu gözeneklerin profil boyunca daha homojen bir dağılım gösterdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar alternatif toprak işlemedeki makro gözeneklerdeki artışı, iletkenliği sağlayan daha fazla sayıdaki uzun ve devamlı gözeneklere bağlamışlardır. Aynı araştırmacılar minimum işleme koşullarında agregatlar arasındaki mikro gözeneklerde de artış olduğunu saptamışlardır. Geleneksel işlemede agregatlar daha dayanıksız olmuş ve bu durum yüzey toprağında daha fazla sert kabuk oluşumuna yol açmıştır.

Geleneksel, azaltılmış ve no-till sistemlerin toprak infiltrasyonu ve hidrolik iletkenliği üzerindeki etkisi de farklı araştırmalarda çok farklı sonuçlar şeklinde belirlenmiştir. Uzun dönemli toprak işleme araştırmalarının çoğunda, no-till sistemlerdeki infiltrasyonun geleneksel işlemeye göre çok daha yüksek olduğu saptanmıştır (Golabi ve ark., 1995). Bunun da nedeni olarak toprak işlemsiz sistemlerde daha fazla makro gözeneklerin varlığına ve yağmur damlasının geleneksel toprak işlemede toprak yüzeyinde oluşturduğu geçirimsiz tabakanın oluşumuna dayandırılmaktadır (Edwards ve ark., 1988).

Heard ve ark. (1988) siltli-killi-tın bir topraktaki 10 yıllık farklı toprak işleme sonuçlarına göre, işlenen topraktaki doymuş hidrolik iletkenliğin işlenmeyen toprağa göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar işlenen topraklardaki yüksek hidrolik iletkenliği işlemeye bağlı olarak geniş veya büyük boşlukların sayısına ve çatlaklardan dolayı olduğunu rapor etmişlerdir. Wu ve ark. (1992) killi-tın ve siltli-tın topraklarda geleneksel, azaltılmış ve toprak işlemsiz sistemlerin doymuş hidrolik iletkenliğine etkisini araştırdıkları çalışmada, en yüksek değerler işleme yapılmayan topraklarda elde edilmiş olup, diğer iki işleme arasında önemli fark olmadığı saptanmıştır. Bhattacharyya ve ark. (2006)'nın yaptıkları 4 yıllık araştırmada doymuş hidrolik iletkenlik değerleri geleneksel işlemeye göre sıfır işlemede daha yüksek bulunmuştur.

Sharratt ve ark. (2006), farklı toprak işleme uygulamalarının toprak özelliklerine etkileri ile ilgili olarak 20 yıllık araştırma sonuçlarına göre, sıfır işleme koşullarında daha yüksek doymuş hidrolik iletkenlik değerleri saptanmıştır. Araştırmacılar bunun nedeni

olarak, sıfır işlemedeki daha yüksek makro porlar ve bu porların devamlılığında ileri geldiğini belirtmektedirler.

Mahboubi ve ark. (1993)'nin siltli-tınlı iki farklı topraktaki 28 yıllık araştırma sonuçlarına göre, çizel ve pullukla işlemeye göre sıfır işleme uygulamalarında, ortalama hidrolik iletkenlik önemli oranda daha yüksek bulunmuştur. Azooz ve Arshad (2001), siltli tın ve kumlu tın iki toprakta uzun dönemli geleneksel işleme ve no-till uygulamalarının hidrolik iletkenliğe etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada uzun dönemli no-till uygulamaları toprak gözenek yapısını ve gözenek devamlılığını bozmadan koruduğu için her iki toprak çeşidinde de geleneksel işlemeye göre no-till sistemde daha yüksek hidrolik iletkenlik elde edildiğini belirtmektedirler. Bu araştırmalara karşın Miller ve ark. (1998), Kanada'da tın ve killi tın iki toprakta yürüttükleri 26 yıllık araştırmada, geleneksel işlemeye göre no-till uygulamada daha düşük hidrolik iletkenlik elde edildiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Yeni Zelanda'da siltli tın bir topraktaki araştırmada, minimum işlemeye göre yoğun işleme makro por ( $r > 300 \mu\text{m}$ ) hacmini ve hidrolik iletkenliği azaltmıştır (Cresswell ve ark., 1993).

Toprağın fiziksel kalite parametrelerinden olan penetrometre direnci ve hacim ağırlığı değerlerinin, tarım topraklarındaki sıkışmanın derecesini ve sıkışmış katmanların varlığının belirlenmesinde en çok kullanılan iki parametre olduğu belirtilmektedir (Diaz-Zorita, 2000; Abu-Hamdeh, 2003).

Toprak direncinin ifadesinde kullanılan penetrometre direnci (MPa) aynı zamanda kök ve tohum sürgünü gelişmesine ve bitki verimine etkileri hakkında da önemli bilgiler verebilmektedir. Bitki kökleri toprak mekanik direncinin yüksek olduğu masif yapılı toprak katmanlarından olumsuz etkilenir. Toprak direnci yükseldikçe köklerin toprağa penetrasyonu azalmaktadır. Toprak mekanik direncindeki artma, köklerin toprağa nüfuzunu ve kök uzama oranını düşürmektedir. 700 kPa (7 bar) penetrometre direncinde, pamuk bitkisinin kök uzama oranı %50 azalmıştır. Kök uzamasını %50 oranında düşüren penetrometre direnci yarfıstığı bitkisi için 20 bar, bezelye için 11 bar olarak ölçülmüştür (Arkin ve Taylor, 1981).

Roscoe ve Buurman (2003), geleneksel toprak işleme ile işlemez sistemlerini karşılaştırdıkları araştırmada, geleneksel işlemede topraklarda önemli sıkışma ve hacim ağırlığında artışlar olduğu saptanmıştır. Birkas ve ark. (2004) toprak işleminin toprak kalitesine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, toprakların her yıl düzenli olarak pulluk veya diskli

aletlerle derin işlenmesi sonucunda, ilk 3 yıl içerisinde yüzeye yakın katmanlarda sıkışmaya neden olduğu, fakat bu sıkışmış katmanın genişlemesi ve daha alt katmanlara yayılmasının beşinci yıldan sonra olduğu belirtilmektedir.

Bu çalışmada, buğday tarımında geleneksel toprak işleme, azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim sistemlerinin bazı toprak özelliklerine olan etkileri incelenmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmanın yürütüldüğü Adana ilinde, Akdeniz iklim kuşağında yer alıp, kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçmektedir. İlin 30 yıllık ortalama iklim verilerine yıllık ortalama sıcaklığı 19.1°C, ortalama toplam buharlaşma miktarı 1536 mm, toplam yağış miktarı ise 670 mm olup, bu yağışın %75'i kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir (Anonim, 2009).

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazileri içerisinde bulunan deneme alanı, killi bünyeye sahip olup, çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiştir. 2006–2009 yılları arasında sürdürülen bu çalışmada, 3 farklı toprak işleme sistemi için 3 tekrarlı olmak üzere toplam 9 parsel üzerinde yürütülmüştür. Denemede parsellerinin her birinin genişliği 12 m, uzunluğu 40 m'dir. Araştırmada, geleneksel toprak işleme (GT), azaltılmış toprak işleme (AT) ve doğrudan ekim (DE) olmak üzere üç farklı toprak işleme sistemi uygulanmıştır:

1. GT: Anız yakımı + Kulaklı pulluk + Diskli tırmık (2 kez) + Tapan (2 Kez) + Ekim
2. AT: Anız parçalama + Rototiller + Tapan (2 Kez) + Ekim
3. DE: Anız parçalama + Herbisit uygulama + Ekim

AT ve DE sistemlerinde önceki ürün (mısır/soya) hasat edildikten sonra bu ürünlere ait anızların fazla olması nedeniyle toprak yüzeyindeki anızlar toplama makinası ile toplanıp parsellerden uzaklaştırıldıktan sonra geriye kalan anızlar sap parçalama aletiyle parçalanmış, GT parselinde ise önceki ürün artıkları yakılmıştır. Anız uygulamalarından sonra GT ve AT parsellerinde toprak işleme yapılarak ekim, DE parselinde ise yabancı ot ilaçlaması sonrası anızlı alanlara doğrudan ekim uygulanmıştır. Denemede kullanılan alet ve makinalara ilişkin teknik özellikler Çizelge 1' de sunulmuştur. Çizelgedeki iş derinliği ve ortalama çalışma hızları çalışma koşullarında elde edilen deneme değerleridir.

**Çizelge 1. Denemede Kullanılan Toprak İşleme Makinaları ve Teknik Özellikleri**

Makina adı	Ünite Sayısı	İş Genişliği (cm)	İş Derinliği (cm)	Ortalama Çalışma Hızı (km/h)
Döner kulaklı pulluk	5	150	33-35	6.73
Diskli Tırmık	20 diskli	210	13-15	7.75
Rotatiller	6 üniteli, 48 L bıçak	195	13-15	3.07
Düz Tapan	1	373	--	7.36
Normal ekim makinası	19 sıralı	2.50	2-3	8.53
Doğrudan ekim makinası	15 sıralı	210	2-4	7.92

Buğday gübrelemesinde toprak analiz sonuçları dikkate alınarak taban gübresi olarak, toprağa 9 kg da<sup>-1</sup> Azot ve 8 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, kardeşlenme döneminde ise üst gübre olarak amonyum nitrat gübresinden 9 kg da<sup>-1</sup> kullanılmıştır.

#### Toprak Analizleri

Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanının 0-30 cm'lik toprak tekstürel yapısının killi olduğu analizler sonucunda belirlenmiştir. Toprak analiz sonuçlarına göre, %18 kum, %32 silt ve %50 kil içeren deneme alanının, 8.76 g kg<sup>-1</sup> organik madde, 244 kg<sup>-1</sup> kireç, 7.82 pH değerine sahip olduğu saptanmıştır. Farklı toprak işleme sistemlerinin toprağın hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, hidrolik iletkenlik ve gözeneklilik parametrelerine etkilerini belirlemek amacıyla, araştırmanın yürütüldüğü 2006-2009 yılları arasında deneme başlangıcında ve her yıl ürünlerin hasadından sonra örnekleme ve parsellerde penetrasyon ölçümleri yapılmıştır. Penetrasyon dirençlerindeki değişimi belirlemek amacıyla parsellerde Eijkelkamp marka penetrolgler aletiyle (max.5000 kPa basınca ve 0-80 cm derinliğe kadar 1 cm aralıklarla ölçüm yapabilen) her parselin 6 ayrı noktasında ölçümler yapılmıştır.

Hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik ve gözeneklilik değerlerinin belirlenmesi için her parselin iki farklı noktasından olmak üzere 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinliklerinden 4 tekrarlı olarak 100 cm<sup>3</sup> hacimli çelik silindirler kullanılarak bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Strüktür analizleri için alınan bozulmuş toprak örnekleri herhangi sert bir darbeye maruz bırakılmadan sadece parmak uçları ile kuvvet uygulamadan dağıtılmış ve bu örnekler 8 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır duruma getirilmiştir. Alınan bozulmamış toprak örneklerinde makro ve toplam gözeneklilik durumu, Danielson ve Sutherland (1986)'a, toprakların hacim ağırlığı Blake ve Hartge

(1986)'ye, doymuş hidrolik iletkenlik ise Klute ve Dirksen (1986)'ın düşen yük metoduna göre yapılmıştır.

Toprak örnekleri ve penetrasyon direnci ölçümleri denemenin başlangıcında (2006) toprak işleme öncesi, 2007, 2008 ve 2009 verileri ise buğday hasadı sonrası haziran ayı içerisinde alınmıştır.

Farklı toprak işleme uygulamalarının toprağın bazı fiziksel özelliklerine olan etkisini istatistiksel olarak ortaya koymak için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. İşlemler SPSS (Version 10.0) bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Saptanan her toprak parametresinin parsellerdeki 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlikteki ortalamalar arası farklılıkları %5 önem seviyesinde TUKEY testi uygulanarak belirlenmiştir.

#### Araştırma Bulguları

##### Gözeneklilik

Deneme başlangıcında (2006) ve 2007 yılı hasat sonrası alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda gözeneklilik değerleri bütün parsellerde oldukça homojen bir dağılım göstermekte olup parseller arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (Çizelge 2). Toplam gözeneklilik değerleri derinliğe bağlı olarak denemenin başlangıcında en düşük 0.492 ile 2007 yılı için en yüksek 0.586 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> arasında değişmiştir. Havalanma gözenekleri olarak bilinen makro gözenekler bakımından da parseller arasında 2006 ve 2007 yılları için istatistiksel bir fark gözlenmemiş olup, değerler 0.132 ile 0.308 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> arasında değişim göstermektedir. Parsellerde saptanan makro gözeneklilik değerleri, tarım toprakları için sınır değer olarak verilen %10'luk değer üzerinde saptanmıştır. Bu değerler araştırma alanı topraklarında havalanma ile ilgili önemli bir sorun olmadığını göstermektedir. Havalanma gözenekleri profil boyunca %11-14'ün altına düşerse, toprakta su ve hava hareketleri açısından çeşitli problemler ortaya çıkabilmektedir (Hillel, 1980; Carter, 1990).

**Çizelge 2. Farklı toprak işleme yöntemlerinin yıllara göre gözeneklilik değerleri (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>)**

Yöntem	Derinlik (cm)	2006		2007	
		Toplam	Makro	Toplam	Makro
GT	0-10	0.542# ±0.023† a	0.213±0.024 a	0.533±0.031 a	0.192±0.036 a
	10-20	0.493±0.016 a	0.139±0.013 a	0.556±0.008 a	0.245±0.012 a
	20-30	0.492±0.013 a	0.132±0.015 a	0.550±0.003 a	0.233±0.018 a
AT	0-10	0.537±0.020 a	0.202±0.018 a	0.523±0.029 a	0.184±0.040 a
	10-20	0.509±0.015 a	0.175±0.039 a	0.540±0.015 a	0.227±0.008 a
	20-30	0.507±0.021 a	0.140±0.021 a	0.586±0.014 a	0.308±0.013 a
DE	0-10	0.534±0.015 a	0.187±0.013 a	0.559±0.020 a	0.226±0.066 a
	10-20	0.509±0.016 a	0.153±0.041 a	0.543±0.007 a	0.213±0.027 a
	20-30	0.513±0.015 a	0.141±0.007 a	0.554±0.045 a	0.234±0.041 a
Yöntem	Derinlik (cm)	2008		2009	
		Toplam	Makro	Toplam	Makro
GT	0-10	0.610±0.032 a&	0.269±0.020 a	0.608±0.015 a	0.270±0.017 a
	10-20	0.606±0.018 a	0.256±0.026 a	0.604±0.020 a	0.259±0.022 a
	20-30	0.603±0.021 a	0.248±0.032 a	0.598±0.013 a	0.248±0.006 a
AT	0-10	0.574±0.014 ab&	0.222±0.022 ab	0.589±0.016 a	0.228±0.004 ab
	10-20	0.557±0.017 ab	0.201±0.031 ab	0.562±0.031 a	0.198±0.040 a
	20-30	0.550±0.015 ab	0.193±0.016 ab	0.557±0.011 b	0.195±0.011 b
DE	0-10	0.495±0.038 b&	0.122±0.031 b	0.512±0.013 b	0.139±0.023 b
	10-20	0.478±0.055 b	0.100±0.051 b	0.485±0.027 b	0.110±0.018 b
	20-30	0.458±0.010 b	0.083±0.005 b	0.480±0.012 c	0.103±0.024 c

# : Üç parseldeki örneklerin ortalamasıdır.

† : Ortalamaların standart sapmasıdır.

& : Aynı sütun içerisinde yer alan aynı derinlikteki benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark  $p \leq 0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Denemenin ikinci ve üçüncü yılında hasat sonrası araştırma parsellerinden alınan bozulmamış toprak örneklerinden saptanan makro ve toplam gözeneklilik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 2). Toplam gözeneklilik bakımından her üç derinlikte de en yüksek değerler, toprakların geleneksel olarak derin ve fazla işlendiği GT'de elde edilirken en düşük değerler DE'de elde edilmiştir. Toplam gözeneklilik değerleri 0–10 cm derinliğinde 0.610 (GT) ile 0.495 (DE) cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> arasında değişmektedir. Bu değerler 10–20 cm'de 0.606 (GT) ile 0.478 (DE) cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> arasında bir dağılım gösterirken, 20–30 cm derinliğinde 0.603 (GT) ile 0.458 (DE) cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> arasında değişmektedirler. Bu verilerden de anlaşılacağı gibi incelenen 0-30 cm'lik toprak derinliğinde en yüksek makro porozite değerleri GT'de, en düşük değerler ise DE işleme konusunda elde edilmiştir. Bu bulgular en yüksek makro porların geleneksel olarak işlenen topraklarda, buna karşın en düşük makro porların ise toprakların hiç işlenmediği (DE) yöntemlerinde elde edildiğini göstermektedir.

Havalanma gözenekleri olan makro gözenekler bakımından da toprak işleme yöntemleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. Toplam gözenek verilerinde olduğu gibi makro gözenek verilerinde de her üç derinlikte en yüksek değerler toprakların geleneksel olarak derin ve fazla işlendiği GT'de elde edilirken en düşük değerler DE'de elde edilmiştir (Çizelge 2).

#### **Hidrolik iletkenlik**

Deneme başlangıcında (2006) ve 2007 yılı hasat sonrası alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda doymuş hidrolik iletkenlik değerleri bütün parsellerde oldukça homojen bir dağılım göstermekte olup aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (Çizelge 3). 2007 yılı için, araştırma alanı topraklarının doymuş hidrolik iletkenlik değerleri birbirine oldukça yakın olup yüzeyde (0-10 cm)  $7.03 \times 10^{-6}$  m sn<sup>-1</sup> (GT) ile  $10.60 \times 10^{-6}$  m sn<sup>-1</sup> (AT) arasında değişirken, 10-20 cm derinliğinde  $5.98 \times 10^{-6}$  m sn<sup>-1</sup> (DE) ile  $9.60 \times 10^{-6}$  m sn<sup>-1</sup> (AT) arasında değişmektedir. Bu değerler 20-30

cm derinliğinde  $4.23 \times 10^{-6} \text{ m sn}^{-1}$  (GT) ile  $7.58 \times 10^{-6} \text{ m sn}^{-1}$  (AT) arasında değişmektedir. 2006 yılı verileri incelendiğinde, doymuş hidrolik iletkenlik değerleri bütün parsellerde 10–20 cm derinlikte 0–10 ve 20–30 cm derinlikteki değerlere göre nispeten yüksek olduğu görünse de bütün derinliklerde ve parsellerde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 3). Araştırma alanının farklı toprak işleme uygulamaları yapılmadan önce gözeneklilik dağılımı bakımından oldukça homojen olması hidrolik iletkenliklerin de birbirine yakın olmasını sağlamıştır. Birinci yılın sonunda da bu durum devam etmiştir.

Denemenin ikinci ve üçüncü yılında hasat sonrası araştırma parsellerinden alınan toprak örneklerinden saptanan hacim ağırlığı değerleri arasında önemli istatistiksel ( $p \leq 0.05$ ) farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4). Hacim ağırlığı bakımından her üç derinlikte de en

yüksek değerler, DE’de elde edilirken en düşük değerler GT’de elde edilmiştir. Topraklarda sıkışmanın da bir göstergesi olarak değerlendirilen hacim ağırlığı değerleri 2008 ve 2009 yılları için 1.29 ile 1.43 g  $\text{cm}^{-3}$  değerleri arasında değişmektedir. Hacim ağırlığı değerleri bakımından bütün parsellerde yüzeiden alt katmanlara doğru bir artış göstermektedir. 0–10 cm derinliğinde 1.40 g  $\text{cm}^{-3}$  (DE) ile 1.29 g  $\text{cm}^{-3}$  (AT) arasında değişmektedir. Hacim ağırlığı değerleri 10–20 ve 20–30 cm derinliklerinde de yine en yüksek DE’de sırasıyla 2008 ve 2009 yılları için 1.41 g  $\text{cm}^{-3}$  ve 1.43 g  $\text{cm}^{-3}$  olarak saptanırken söz konusu derinlikte en düşük 1.30 g  $\text{cm}^{-3}$  ve 1.33 g  $\text{cm}^{-3}$  ile GT’ de çıkmıştır. Denemenin sonunda başlangıca göre en yüksek hacim ağırlığı artışı 0-10 cm derinlikte DE parselinde yaklaşık %13 olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 3. Farklı toprak işleme uygulamalarının yıllara göre doymuş hidrolik iletkenlik değerleri ( $\text{m sn}^{-1} \times 10^{-6}$ )**

Yöntem	Derinlik (cm)	2006	2007	2008	2009
Geleneksel İşleme (GT)	0-10	7.94#±2.38† a	7.03±2.26 a	9.47±0.05 a	9.39±0.14 a
	10-20	8.70±2.55 a	6.29±1.57 a	8.64±0.06 a	8.53±0.53 a
	20-30	7.66±2.53 a &	4.23±0.60 a	6.00±0.04 a	6.18±0.48 b
Azaltılmış Toprak İşleme (AT)	0-10	7.96±3.01 a	10.60±2.00 a	8.53±0.03 ab	8.47±0.09 ab
	10-20	8.54±2.71 a	9.60±1.92 a	7.99±0.09 ab	7.83±0.16 ab
	20-30	7.70±2.73 a &	7.58±1.54 a	5.93±0.03 a	6.07±0.36 b
Doğrudan Ekim (DE)	0-10	8.01±2.97 a	5.31±1.27 a	6.66±0.02 b	6.50±0.34 b
	10-20	9.05±2.80 a	5.98±0.64 a	6.15±0.02 b	6.31±0.28 b
	20-30	7.33±2.61 a &	4.38±2.00 a	5.72±0.03 a	5.80±0.16 b

# : Üç parseldeki örneklerin ortalamasıdır.

† : Ortalamaların standart sapmasıdır.

& : Aynı sütun içerisinde yer alan aynı derinlikteki benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark  $p \leq 0.05$  seviyesinde önemsizdir.

**Çizelge 4. Farklı toprak işleme uygulamalarının yıllara göre hacim ağırlığı ( $\text{g cm}^{-3}$ ) değerleri**

Yöntem	Derinlik (cm)	2006	2007	2008	2009
Geleneksel İşleme (GT)	0-10	1.22#±0.01†a	1.26±0.03 a	1.33±0.05 ab	1.32±0.02 b
	10-20	1.41±0.01 a	1.17±0.02 a	1.30±0.05 b	1.33±0.02 b
	20-30	1.44±0.07 a &	1.21±0.03 a	1.33±0.02 b	1.33±0.01 b
Azaltılmış Toprak İşleme (AT)	0-10	1.25±0.04 a	1.26±0.07 a	1.29±0.04 b	1.32±0.02 b
	10-20	1.30±0.05 b	1.23±0.03 a	1.31±0.04 b	1.33±0.02 b
	20-30	1.40±0.03 a &	1.12±0.04 a	1.35±0.05 ab	1.35±0.02 b
Doğrudan Ekim (DE)	0-10	1.24±0.03 a	1.18±0.07 a	1.40±0.01 a	1.40±0.01 a
	10-20	1.37±0.07 ab	1.22±0.03 a	1.41±0.01 a	1.43±0.01 a
	20-30	1.40±0.04 a &	1.21±0.07 a	1.41±0.02 a	1.43±0.02 a

# : Üç parseldeki örneklerin ortalamasıdır.

† : Ortalamaların standart sapmasıdır.

& : Aynı sütun içerisinde yer alan aynı derinlikteki benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark  $p \leq 0.05$  seviyesinde önemsizdir.

### **Penetrasyon direnci**

Araştırmanın başlangıcında parsellerdeki penetrasyon dirençlerine ilişkin verilere göre 0-10 cm derinliğinde araştırma parsellerindeki penetrasyon dirençleri arasında fark ( $p \leq 0.05$ ) olmayıp, bütün parseller benzer penetrasyon değerlerine sahiptir (Şekil 1a). Söz konusu şekilde görüldüğü gibi 0-5 cm'lik yüzey katmanında penetrasyon dirençleri 0.3 ile 0.6 MPa arasında değişirken, derinlikteki artışla birlikte penetrasyon değerlerinde de artışlar kaydedilmiş ve 40 cm toprak derinliğinde 1.35 MPa kadar çıkmıştır. Penetrasyon dirençleri incelendiğinde AT parseli hariç diğer parsellerin 25 ile 30 cm katmanı arasında penetrasyon direnç değerlerinde ani bir artışın olduğu görülmektedir. Bu durum özellikle de GT parsellerinde daha belirgin olarak görülmektedir. Bu bulgu bize bu derinlikte (25-30 cm) bir pulluk alt katmanının varlığına işaret etmektedir. AT parselinde ise bu durum 29-33 cm'de görülmektedir.

Araştırmanın birinci yılı sonunda (2007), 0-10 cm derinlikte en yüksek penetrasyon direncinin sırasıyla sıfır toprak işleme yoluyla doğrudan ekimin yapıldığı DE uygulamalarında saptanmıştır. Bu uygulamayı rototillerli azaltılmış toprak işleme (AT) izlemektedir. 0-10 cm derinlikte en düşük penetrasyon dirençleri sırasıyla geleneksel toprak işlemenin uygulandığı GT sisteminde elde edilmiştir (Şekil 1b). 10-20 cm derinlikteki penetrasyon dirençleri incelendiğinde, en yüksek değerler yine DE'de elde edilmiştir. Bu uygulamaları ise sırasıyla AT ve GT izlemektedir. 20-40 cm derinlikteki penetrasyon dirençleri incelendiğinde, aralarında önemli farklılıklar olmamakla birlikte yine en yüksek değerler DE ve AT'de saptanırken bu derinlikte yine en düşük değerler sırasıyla GE'de elde edilmiştir.

Farklı toprak işleme uygulamalarının başlatıldığı andan itibaren yaklaşık olarak iki yıl sonraki sonuçları yansıtan bulgular, toprak işleme uygulamalarının çoğunlukla etkili oldukları 0-30 cm derinlikte toprakların geleneksel yöntemlerle (GT) derin, parçalayıcı ve birden fazla kez toprak işlemenin yapılması durumunda topraklarda penetrasyon direncinin azaldığını göstermektedir (Şekil 1c). Buna karşılık toprak işlemenin olmadığı/çok az olduğu (DE) yada azaltıldığı (AT) koşullarda toprakların yüzey katmanında penetrasyon direncinin arttığı belirlenmiştir.

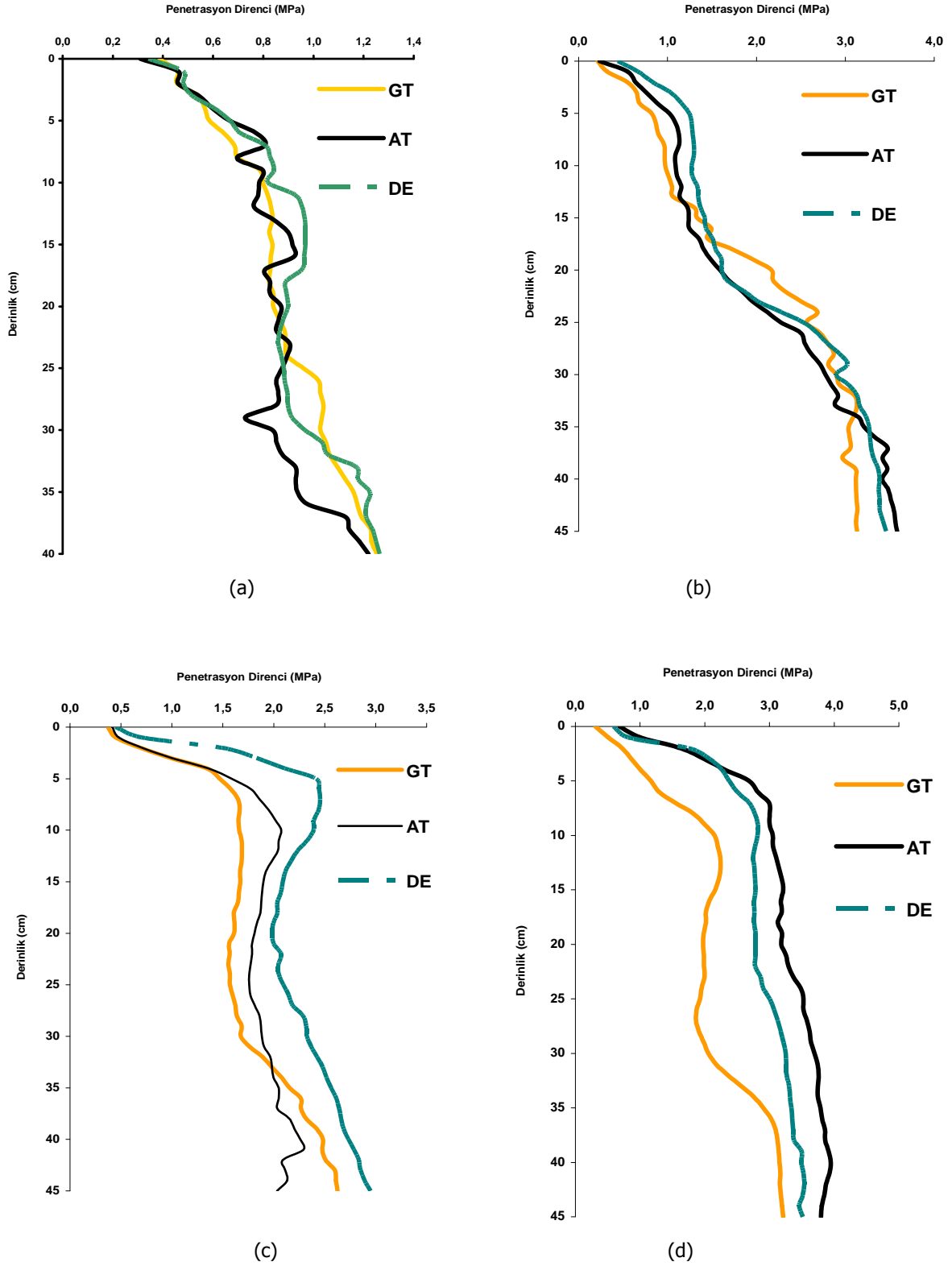
Toprak işleme ile toprak sıkışması arasındaki ilişkilere yönelik yapılan araştırmalarda birbirinden farklı sonuçlar belirlenmiştir. Araştırmaların çoğunda geleneksel ve derin işlenen topraklara göre işlenmiş ve minimum işleme koşullarında daha yüksek penetrasyon direnç değerleri saptanmıştır (Stewart ve Vyn, 1994; Varsa ve ark., 1997). Bu araştırmacıların

aksine Cassel ve ark. (1995) toprak işleme farklılıklarının penetrasyon direncini etkilemediğini belirtmişlerdir.

Araştırmanın sonunda (2009) elde edilen verilere göre, 0-10 cm derinlikte en yüksek ortalama penetrasyon direnci değerleri rototillerin kullanıldığı azaltılmış toprak işleme olan AT'de elde edilirken, bunu doğrudan ekimin yapıldığı DE izlemektedir. Ancak söz konusu bu derinlikte uygulamaları arasındaki fark önemsiz düzeyde olup (hangi değer olduğu çizelge halinde ayrıca verilse, istatistiksel olarak gözlemlememiz mümkün olabilir) (Lütfen penetrasyon direnci değerlerini 0-10, 10-20 ve 20-30 cm için çizelge halinde verelim.) birbirine yakın penetrasyon direnç değerleri elde edilmiştir. 0-10 cm derinlikteki en düşük penetrasyon değerleri ise geleneksel toprak işlemenin uygulandığı sistemde elde edilmiştir (Şekil 1d). 10-20 cm derinlikteki penetrasyon direnç değerleri incelendiğinde, 0-10 cm'deki sıralamaya benzer değerler bu katmanda da elde edilmiştir. Bu derinlikteki en yüksek penetrasyon direnç değerleri sırasıyla azaltılmış işleme sistemleri olan AT'de elde edilirken, en düşük değerler geleneksel işleme sistemi olan GT'de belirlenmiştir. Topraklarda sıkışmanın göstergelerinden birisi olan penetrasyon direnç değerleri 20-40 cm derinlikte de birbirinden farklı elde edilmiş olup, 0-10 ve 10-20 cm katmanlarındaki sıralamaya benzer saptanmıştır. 20-40 cm katmanındaki penetrasyon değerleri AT>DE>GT şeklinde belirlenmiştir (Şekil 1d).

Birçok araştırmada azaltılmış ve doğrudan ekim sistemlerinin geleneksel işleme sistemlerine göre toprakta sıkışmanın artmasına yol açtığını ortaya koysada, bazı araştırmalarda bunun tam tersi bulgular elde edilmiştir. Diğer bazı araştırmalarda da sıkışmanın göstergeleri olan hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci üzerinde işleme yöntemlerinin etkileri olmadığı yönünde bulgular elde edilmiştir. Hill ve Cruse (1985)'e göre mollisol (lütfen açıklayıcı olarak yazalım bu nedir?) bir topraktaki hacim ağırlığı üzerinde işlenmiş (no-till) ile geleneksel-derin işleme sistemleri arasında istatistiksel önemli bir farkın olmadığı belirtilmektedir. Benzer şekilde Ishaq ve ark. (2002) toprak hacim ağırlığı üzerinde toprak işleme yöntemlerinin istatistiksel olarak önemli bir etkisi gözlenmemiştir. İşleme sistemleri ile toprak sıkışması arasındaki bu ilişkinin farklı sonuçlar göstermesi, yetiştirilen bitki türlerinin farklılığı, toprak özellikleri, iklim karakteristikleri ve bunların karmaşık etkileşimlerinin bir sonucu olabilir (Rasmussen, 1999).

Buğday Tarımında Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi



Şekil 1. Farklı toprak işleme uygulamalarının 2006 (a), 2007 (b), 2008 (c) ve 2009 (d) yıllarına göre penetrasyon direnci değişimi; GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme ve DE: Doğrudan ekim



## TARTIŞMA ve SONUÇ

Buğday tarımında, geleneksel toprak işleme, azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim sistemlerinin bazı toprak özelliklerine olan etkilerinin incelendiği bu çalışmada, uygulanan toprak işleme sistemlerinin toprağın gözeneklilik, hidrolik iletkenlik, hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci gibi strüktürel özelliklerini değiştirdiği belirlenmiştir.

Geleneksel toprak işleme, AT ve DE sistemlerine göre toprakların toplam ve makro porozitesini arttırmıştır. En düşük gözeneklilik değerleri toprakların hiç işlenmediği DE yöntemlerinde elde edilmiştir. Deneme parsellerinin hacim ağırlığı verileri gözeneklilik değerleri ile ters orantı göstermiş olup en yüksek değerler, DE'de elde edilirken en düşük değerler GT'de elde edilmiştir.

Doymuş hidrolik iletkenlik verileri gözeneklilik değerleri ile benzer özellik göstermiş olup en yüksek

değerler, toprakların geleneksel olarak derin ve yoğun işlendiği GT'de elde edilirken en düşük değerler DE'de elde edilmiştir.

Geleneksel işleme sistemlerine göre korumalı işleme sistemleri penetrasyon direncini önemli oranda arttırmış ve toprak sıkışmasına neden olmuştur. Penetrasyon direnci 0–45 cm derinlikte: AT> DE>GT şeklinde belirlenmiştir.

Bu çalışmada ele alınan toprak parametrelerine göre Çukurova koşullarında buğday tohum yatağı hazırlığında geleneksel toprak işleme yönteminin diğer iki yöntemle göre daha uygun olduğu söylenebilir. Ancak hem ekolojik hem de ekonomik açıdan sürdürülebilir üretim sistemlerinin önem kazandığı günümüzde geleneksel toprak işleme yerine azaltılmış toprak işleme bir geçiş yöntemi olarak ilk aşamada düşünülebilir.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Abu-Hamdeh, N.H., Soil compaction and root distribution for okra as affected by tillage and vehicle parameters. *Soil Till. Res.* 74, 25-35, (2003).
- Amezket, E., Soil aggregate stability: a review. *J. Sustain. Agric.* 14, 83-151, (1999).
- Anonim. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Adana Meteoroloji İstasyonu. (2009).
- Arkin, G.F., Taylor, H.M. Modifying the root environment to reduce crop stress. An ASAE Monograph, Nr.4. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA. (1981).
- Azooz, R.H., Arshad, M.A., Soil water drying and recharge rates as affected by tillage under continuous barley and barley-canola cropping systems in northwestern Canada. *Can. J. Soil Sci.* 81, 45–52, (2001).
- Bhattacharyya, R., Prakash, V., Kundu, S., Gupta, H.S., Effect of tillage and crop rotations on pore size distribution and soil hydraulic conductivity in sandy clay loam soil of the Indian Himalayas. *Soil Till. Res.* 86, 129-140, (2006).
- Birkas, M., Jolankai, M., Gyuricza, C., Percze, A., Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil Till. Res.* 78, 185-196, (2004).
- Blake, G.R., Hartge, K.H., Methods of Soil Analysis. Bulk Density. Part 1, 2<sup>nd</sup> Edition, Physical and Mineralogical Methods. ed: Klute, A., Agronomy Monograph No. 9, ASA and SSSA, Madison, Pp: 363-375, (1986).
- Carter, M.R., Influence of reduced tillage system on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in humid climate. *Soil Till. Res.* 23, 361-372, (1992).
- Carter, M.R., Relative Measures of Soil Bulk Density to Characterize Compaction in Tillage Studies on Fine Sandy Loam. *Can. J. Soil Sci.*, 70, 425-433, (1990).
- Cassel, D.K., Raczowski, C.W., Denton, H.P., Tillage effects on corn production and soil physical conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, 1436-1443, (1995).
- Chaney, K., Hodgsson, D.R., Braim, M.A., The effects of direct drilling, shallow cultivation and ploughing on some soil physical properties in a long-term experiment on spring barley. *J. Agric. Sci. Camb.* 104, 125-133, (1985).
- Cresswell, H.P., Painter, D.J., Cameron, K.C., Tillage and water content effects on surface soil hydraulic properties and shortwave albedo. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 816-824, (1993).
- Diaz-Zorita, M., Effect of deep-tillage and nitrogen fertilization interactions on dryland corn (*Zea mays* L.) productivity. *Soil and Till. Res.* 54, 11-19, (2000).
- Danielson, R.E., Sutherland, P.L., Porosity. Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods, ed: Klute, A., 2<sup>nd</sup> Edition, Agronomy Monograph No.9, ASA and SSSA, Madison, WI, Pp: 443-461, (1986).
- Edwards, W.M., Norton, L.D., Redmond, C.E., Characterizing macropores that affect infiltration into nontilled soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 483-487, (1988).
- Golabi, M.H., Radcliffe, D.E., Hargrove, W.L., Tollner, E.W., Macropore effects in conventional tillage and no-tillage soils. *J. Soil Water Conserv.* 50, 205-210, (1995).
- Heard, J.R., Klaviviko, E.J., Mannering, J.V., Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soils under long-term conservation tillage in Indiana. *Soil Till. Res.* 11, 1-18, (1988).
- Hill, R.L., Cruse, R.M., Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 1270-1275, (1985).
- Hillel, D., Fundamentals of Soil Physics. Academic Press, Inc. Orlando, Florida. (1980). p. 412.

## Buğday Tarımında Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi

- Ishaq, M., İbrahim, M., Lal, R., Tillage effects on soil properties at different levels of fertilizer application in Punjab, Pakistan. *Soil Till. Res.* 68, 93-99, (2002).
- Klute, A., Dirksen, C., Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory methods. In: *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods.* (ed: A. Klute) Agr. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison WI. Pp: 687-734, (1986).
- Mahboubi, A., Lal, R., Fausey, N.R., Twenty-eight years of tillage effects on two soils on Ohio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 506-512, (1993).
- Miller, J.J., Kokko, E.G., Kozub, G.C., Comparison of porosity in a chernozemic clay loam soil under long-term conventional tillage and no-till. *Can. J. Soil Sci.* 78, 619-629, (1998).
- Pagliai, M., Vignozzi, N., Pellegrini, S., Soil structure and the effect of management practices. *Soil Till. Res.* 79, 131-143, (2004).
- Rasmussen, K.J., Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil Till. Res.* 53, 3-14, (1999).
- Roscoe, R., Buurman, P., Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. *Soil Till. Res.* 70,107-119, (2003).
- Sharratt, B., Zhang, M., Sparrow, S., Twenty years of conservation tillage research in subarctic Alaska II. Impact on soil hydraulic properties. *Soil Till. Res.* 91, 82-88, (2006b).
- Stewart, G.A., Vyn, T.J., Influence of high axle loads and tillage systems on soil properties and grain yield. *Soil Till. Res.* 29, 229-235, (1994).
- Varsa, E.C., Chong, S.K., Abolaji, J.O., Farquhar, D.A., Olsen, F.J., Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn (*Zea mays* L.) root growth and production. *Soil Till. Res.* 43, 221-230, (1997).
- Wu, L., Swan, J.B., Paulson, W.H., Randall, G.W., Tillage effects on measured soil hydraulic properties. *Soil Till. Res.* 25, 17-33, (1992).
- Xu, D., Mermoud, A., Topsoil properties as affected by tillage practices in North China. *Soil Till. Res.* 60,11-19, (2001).