

Geleneksel ve Azaltılmış Toprak İşleme Şartlarına Bağlı Olarak Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi

Emrah KUŞ¹, Yıldırım YILDIRIM²

ÖZET: Bu çalışmada, geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemleri ile toprak işleme öncesi şartlara bağlı olarak toprağın nem içeriği, toprak direnci, toprağın hacim ağırlığı ve toprak porozitesi değerleri saptanmıştır. Ayrıca geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerine bağlı olarak toprak parçacık büyüklük dağılımı, toprak parçacıklarının ortalama ağırlıklı çapı ve tarla yüzey pürüzlülük oranının değişimi belirlenmiştir. Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, en düşük hacim ağırlığı ve en yüksek porozite değerleri azaltılmış toprak işleme yönteminde elde edilmiştir. Toprak işleme yöntemi, pürüzlülük oranını çok önemli düzeyde ($P<0.01$) etkilemiştir. Ortalama ağırlıklı çap bakımından geleneksel toprak işleme yönteminde daha büyük çaplı parçacıklar elde edilmiştir. Toprak işleme yönteminden kaynaklanan toprağın sıkışma oranı, genel olarak azaltılmış toprak işleme yönteminde daha fazla artış göstermiştir. En düşük penetrasyon direnci değeri 0.08 MPa ile azaltılmış toprak işleme, en büyük değer ise 2.56 MPa ile işlenmemiş alanda elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, yüzey pürüzlülük oranı, toprak işleme, toprak parçacık büyüklüğü

Determination of Some Soil Characteristics Depending on Conventional and Reduced Tillage Circumstances

ABSTRACT: In this study, moisture content of soil, soil resistance, bulk density of soil, and soil porosity values were identified depending on circumstances before tillage process by conventional and reduced tillage methods. Distribution of soil particle size, mean weight based diameter of soil particles, and the change in roughness rate of field surface were also determined based on traditional and reduced tillage methods. Trials were conducted according to factorial regulation in randomized parcels. According to results of the study, the lowest bulk density and the highest porosity were obtained from reduced tillage method. Tillage method very significantly ($P<0.01$) influenced roughness rate. Particles with greater diameter were obtained in conventional tillage method in terms of mean weighted diameter. Compression ratio of soil arising from tillage method generally increased more in reduced tillage method. The lowest penetration resistance was obtained in reduced tillage with 0.08 MPa, the highest value was obtained in the uncultivated area with 2.56 MPa.

Keywords: Bulk density, penetration resistance, roughness rate, soil particle size, soil tillage

¹ Emrah KUŞ (0000-0001-6880-5591), Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, Iğdır, Türkiye

² Yıldırım YILDIRIM (0000-0002-2497-119X), Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Emrah KUŞ, emrah.kus@igdir.edu.tr

GİRİŞ

Toprak işleminin temel amacı toprağın yapısını değiştirmektir (Raney and Zingg, 1957). Bu nedenle toprak işleme, üretim teknolojisine adapte olan toprağın üst katmanına uygulanan mekanik etkilerin bir dizisi olarak tanımlanır (Krause et al., 1984). Toprağın yapısının değiştirilmesiyle direnci düşen toprak parçacığı, rüzgar ve su ile erozyona uğrayabileceği gibi, tohumun çimlenmesi ve kültür bitkisinin büyümesi için gerekli şartların bitki lehine oluşmasını da sağlayabilmektedir (Ülger ve ark., 2002).

Doğal veya kültürel işlemlerin etkisi sonucunda yapısı değişen toprak, birçok faktörün etkisinde kalarak farklı tarla yüzeylerinin oluşmasına ve toprağın fiziksel özelliklerinin değişmesine neden olmaktadır. Toprak işleme alet ve makinasının da etki ettiği bu durum toprağın dinamik özelliğidir (Guillobez and Arnaud, 1998). Toprağın bu özelliği ile bitkinin çimlenmesini ve gelişimini etkileyen toprak yüzey pürüzlülüğü, hacim ağırlığı, porozite, toprak parçacık büyüklüğü ve penetrasyon direnci değişebilmektedir. Yapılan bir çalışmada farklı toprak işleme sistemlerinin, toprağın nem içeriği, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, toprak parçacığının ortalama ağırlıklı çapı ve yüzey pürüzlülüğü üzerine farklı etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Çarman, 1997).

Toprağın kuru veya çok nemli olması iyi bir toprak işlemeye engeldir. Çünkü toprak işlemede yüzey şartlarını ve agregat yapısını etkileyen en önemli faktör toprak nem içeriğidir (Lyles and Woodruff, 1962; Ojeniyi and Dexter, 1979). Hem kuru hem de nemli toprakların işlenmesinde iyi bir parçalanmanın gerçekleşmemesi toprak parçacık büyüklüğünün artmasına neden olmaktadır (Ülger ve ark., 2002).

Toprağın yüzey pürüzlülüğü, doğal veya kültürel işlemlerden dolayı yüzeyde meydana gelen değişimin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Toprak yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli etmenlerden biri toprak işleme aletidir. Romkens and Wang (1987) toprak işleme aletinin, toprağın yüzey düzgünlüğünü sağlamada, tohum yatağı hazırlamada, erozyonu ve yağışlarla gelen su akışını kontrol etmede önemli bir faktör olduğunu bildirmişlerdir.

Hacim ağırlığı ve porozite yine toprak işlemeyle değişebilen parametrelerdir. Bu iki parametre birbiriyle zıt bir ilişki içerisinde. Birinin artması diğersinin azalması anlamına gelmektedir. Toprak porozitesinin değişmesiyle, toprağın en önemli fiziksel özelliklerinden olan su tutma kapasitesi, su geçirgenliği, kapillarite ve ısınma niteliği değişebilmektedir (Ülger ve ark., 2002). Çarman, (1997) hacim ağırlığı ve porozitenin toprak işleme aletine göre değiştiğini bildirmiştir. Bauder et al. (1985) ise 22 cm derinlikte toprak işleme sisteminin porozite ve nem içeriğine herhangi bir etkisinin olmadığını, ancak toprak işleme ve tarladaki araç trafiğinin hacim ağırlığı ve penetrasyon direncine önemli ölçüde etki yaptığını bildirmişlerdir. Erbach (1987) işlenmiş topraklarda hacim ağırlığının genel olarak 0.9 – 1.8 Mg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Toprak işleme aleti ve toprağın işleyiş özelliğine göre değişen toprak parçacık büyüklüğü ve sıkışma durumu; toprağın havalanmasını, tohum ile temasını, su tutma kapasitesini, çimlenmeyi ve bitki kök gelişimini etkilemektedir. Bouaziz and Bruckler (1989) toprağın parçalanma oranına etkili faktörleri, toprak tipi, işleme zamanındaki nem içeriği, toprak işleme aletinin tipi ve özellikleri ve tarla trafiği olarak belirtmişlerdir. Tarladaki araç trafiğinin neden olduğu sıkışma, topraktaki gözenek dağılımını, havalanmayı, mekanik direnci ve bitkinin gelişimini olumsuz etkilemektedir (Richard et al., 2001; Zhang et al., 2006). Önal (2011) toprak sıkışmasının önlenmesi için geleneksel toprak işleme yerine koruyucu toprak işleme sistemlerinin kullanılarak tarladaki araç trafiğinin azaltılması gerektiğini bildirmiştir.

Toprak agregatlarının parçalanma düzeyi, toprağın kuru veya yaş olmasına bağlı olduğu gibi toprak işleme aletine bağlı olarak da değişebilmektedir. Lal ve ark., (1994) azaltılmış toprak işlemeyle elde edilen toprak agregasyonunun geleneksel toprak işlemeyle elde edilenden daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Çarman (1997) farklı toprak işleme aletleriyle yaptığı çalışmada en küçük ortalama ağırlıklı çap ve yüzey pürüzlülüğünün yatay milli freze ile elde edildiğini bildirmiştir. Dan (1963) toprak kuru iken yapılan işlemede ortalama ağırlıklı çapın düştüğünü, Harris et al., (1966) ise topraktaki belirli bir nem düzeyinin toprak parçacıklarına olumlu etki yaptığını belirtmişlerdir. Ayrıca Adam and Erbach (1992) düşük ve yüksek nem değerlerinde toprak parçacık boyutlarının arttığını

saptamışlardır. Lyles and Woodruff (1962) ise toprak işleme esnasındaki toprak nem oranının, parçacık oluşumu üzerinde büyük etkisinin olduğunu; düşük nem oranının, yüksek nem oranına göre daha fazla dirence sahip toprak parçacıklarının oluşmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Toprak parçacık büyüklüğü ile ilgili farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, en iyi bitki gelişimi, 1-10 mm çap aralığındaki toprak parçacık boyutlarıyla oluşturulan tohum yatağında elde edilmektedir (Johnson and Taylor 1960; Russell 1961; Jain and Agrawal 1970; Ahmad 1983; Logsdon et al. 1987; Adam and Erbach 1992; Braunack, 1995; Ülger ve ark, 2002).

Geleneksel toprak işlemenin temel aleti olan pulluk, azaltılmış toprak işlemede kullanılan aletlere göre, daha fazla enerji gereksinmesi, toprak nem kaybının yüksek olması ve tarla yüzey pürüzlülüğünün fazla olması gibi dezavantajlarına rağmen ülkemizde halen yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle geleneksel ve azaltılmış

toprak işleme yöntemlerinde kullanılan bazı toprak işleme aletlerinin toprağa olan etkileri sonucunda, toprağın bazı fiziksel özelliklerinin değişimi ile ilgili karşılaştırmalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Alanı Özellikleri

Araştırma Erzurum ilinde, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Yayım Merkezi Müdürlüğü Üretim Alanı'nda (39°54' Kuzey ve 41°13' Doğu, rakım 1890 m) 2011 ve 2012 üretim periyodunun mayıs ve haziran aylarında yürütülmüştür. Mayıs ve haziran aylarının sıcaklık, yağış ve nem değerleri Çizelge 1'de verilmiştir (Anonim, 2013). Araştırma alanları tarla I (2011) ve tarla II (2012) olarak adlandırılmıştır. Bu alanlarda önceki yıl herhangi bir işlem yapılmamıştır. Araştırma alanlarına ait bazı toprak özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma bölgesine ait bazı ortalama iklim verileri

	Mayıs		Haziran	
	2011	2012	2011	2012
Yağış, mm	113	80	61	9
Sıcaklık, °C	10	11	15	16
Nem, %	70	68	63	58

Çizelge 2. Araştırma alanlarına ait bazı toprak özellikleri

Toprak Özellikleri	Tarla I	Tarla II
Kum (%)	39.23	39.11
Kil (%)	35.36	37.80
Silt (%)	25.41	23.09
Tekstür sınıfı	Tın	Tın
pH (%)	7.26	7.62
Organik madde (%)	0.73	1.01

Denemelerin Düzenlenmesi ve Yürütülmesi

Araştırmada, toprak fiziksel özelliklerinin etkilerini belirlemek için gerçekleştirilen toprak işleme yöntemleri aşağıda verilmiştir. (Şekil 1);

- Geleneksel toprak işleme (GTİ), kulaklı pulluk + diskli tırmık + sürgü
- Azaltılmış toprak işleme (ATİ), dikey rotorlu freze + dönel tırmık



Şekil 1. Toprak işleme yöntemleri; pulluk (a), diskli tırmık ve sürgü (b), dik freze ve dönel tırmık (c)

Denemeler, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her bir tarla, boyu 40 m ve genişliği 3 m olan 54 parsel bölünmüştür. Bu parsellerin 27'sinde geleneksel, diğer 27'sinde ise azaltılmış toprak işleme yapılmıştır. Toprak işleme derinliği, geleneksel yöntemde 25 cm, azaltılmış yöntemde ise 12 cm olarak gerçekleştirilmiştir.

Toprağın Fiziksel Özellikleri

Toprak işleme aletlerinden etkilenen toprağın, parçacık büyüklük dağılımını belirlemek için elek analizi yapılmıştır (Şekil 2). Toprak işlemeden hemen sonra, geleneksel toprak işleme parsellerinden 0-20 cm ve azaltılmış toprak işleme parsellerinden ise 0-10 cm derinlikten kürek yardımıyla üç tekerrürlü olarak alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında yaklaşık 3 ay süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan örnekler delik çapları 63, 32, 16, 8, 4, 2 ve 1 mm olan elek

grubuyla elenerek, toprak örnekleri 8 ayrı fraksiyona ayrılmıştır (Anonymous 1974; Skidmore and Layton 1992; Eghball et al., 1993). Eleme işleminde titreşim süresi ve frekansı ayarlanabilen mekanik EFE-2001 S marka elek sarsıcı kullanılmıştır (Eghball et al., 1993). Ön denemeler gerçekleştirilerek toprak örneklerinin ufalanmaması ve geçmesi gereken parçacıkların elek üstünde kalmaması için titreşim frekansı 20 Hz ve eleme süresi 120 s olarak belirlenmiştir. Eleme işleminden sonra her bir tekerrüre ait tartım miktarlarının yüzde değerleri hesaplanmıştır. Toprak parçacık büyüklüklerinin oransal dağılımı, iyi bir bitki çıkışı ve gelişiminin sağlandığı çap aralığı dikkate alınarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca tüm çap gruplarını bir arada değerlendirme olanağı veren toprak parçacıklarının ortalama ağırlıklı çap değerleri Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Adam and Erbach, 1992).



Şekil 2. Toprak örnekleri ve elek sarsıcı

$$MWD = \sum x_i \cdot w_i \quad (1)$$

MWD : Toprak parçacıklarının ortalama ağırlıklı çapı, mm

x_i : Eleme işleminde ayrılan i 'nci partikül büyüklük grubunun ortalama çapı, mm

w_i : Analiz edilen örneğin i 'nci ölçü bölgesindeki parçacıkların ağırlığı, g

Toprak hacim ağırlığı ve porozitesinin belirlenmesinde hacmi 100 cm³ olan toprak alma silindirlerinden faydalanılmıştır. Bu silindirler ile her parselden 0-5, 5-10 ve 10-15 cm derinliklerden üç tekrerrülü olarak toprak örnekleri alınmıştır. Toprak

örneklerinin yaş ve fırın kuru ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır. Toprak örneklerinin net kuru ağırlıkları dikkate alınarak hacim ağırlığı ve porozite değerleri aşağıda verilen Eşitlik 2 ve 3 yardımıyla hesaplanmıştır (Erbach, 1987).

$$P_b = \frac{W_k}{V} \quad (2)$$

$$PO = \left(1 - \left(\frac{P_b}{P_p} \right) \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Eşitlikte;

P_b : Hacim ağırlığı, g cm⁻³

W_k : Fırın kuru ağırlık, g

V : Örnek alma silindirinin hacmi, cm³

PO : Porozite, %

P_p : Toprağın özgül ağırlığı, 2.65 g cm⁻³

Toprak penetrasyon direncinin ölçülmesinde, koni uç açısı 60° olan analog göstergeli, Eijkelkamp marka bir penetrometreden yararlanılmıştır. Penetrometre, 50 cm boyundaki dört adet uzatma milinden oluşup, 5'er cm bölümlere ayrılarak 100 cm derinliğe kadar ölçüm yapabilmektedir. Farklı toprak sertliklerini ölçebilmek için koni taban alanı, 1, 2, 3.33 ve 5 cm² olan ve kN

olarak ölçüm yapan dört farklı uç bulunmaktadır. Toprak penetrasyon direncini saptamak için toprak işlemeden önce ve sonra, 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 ve 20-25 cm derinliklerde, 1 cm² koni taban alanına sahip uç ile ölçümler yapılmıştır (Say ve Işık, 1996; Şeker, 1999). Elde edilen veriler değerlendirilerek toprak penetrasyon dirençleri belirlenmiştir (Eşitlik 4).

$$PD = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Eşitlikte;

PD : Penetrasyon direnci, kN cm⁻²

F : Penetrometre göstergesinden okunan değer, kN

A : Uç koni taban alanı, cm²

Tarla yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde yaygın olarak zincir ve profilograf yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada daha pratik ve uygulanabilirliği kolay olan zincir yönteminden faydalanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü belirlenmesinde

$$R = \left(1 - \left(\frac{L_2}{L_1} \right) \right) \cdot 100$$

(5)

Eşitlikte;

R : Yüzey pürüzlülüğü, %

L_1 : Düz yüzeydeki zincir uzunluğu, cm

L_2 : Pürüzlü yüzeydeki zincir uzunluğu, cm

Toprak nem değerlerinin belirlenmesinde nem değerini yüzde (%) olarak veren TDR 300 (Time Domain Reflectometry) nem ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazın göstergesinde kullanılan prob boyu, ölçüm sayısı, anlık nem ölçüm değeri ve ortalama nem değeri yüzde (%) olarak verilmektedir. TDR 300 cihazı 12 ve 20 cm uzunluklarında iki ölçüm probuna sahiptir. Nem ölçümleri, 12 cm'lik prob kullanılarak her parselden dört tekerrürlü olacak şekilde iki günde bir gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Yöntem

Her bir parametre için elde edilen hesap değerlerine, SPSS paket programında varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır. Bu testler sonucunda, azaltılmış ve geleneksel toprak işleme yöntemlerinin, toprağın nem içeriği, penetrasyon direnci, hacim ağırlığı, porozitesi, agregat büyüklüğü ve tarla yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı toprak işleme yöntemlerinin hacim ağırlığı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, toprak işlemeden önce ve sonra 0-5, 5-10 ve 10-15 cm derinliklerde yapılan ölçümlerden elde edilen değerlere uygulanan varyans analizi testinde toprak

özellikleri belli olan bir zincir kullanılmıştır (Saleh, 1993). Ölçümler toprak işlemeye dik yönde ve her parselden 4 tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Her bir tekerrüre ait ölçüm değerleri Eşitlik 5'te kullanılarak pürüzlülük oranı belirlenmiştir.

işleme yönteminin hacim ağırlığı üzerindeki etkisi önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Gruplar arasındaki farklılığı ortaya koymak amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 3'te, bu değerlerin değişimi ise Şekil 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3'e göre, tarla I'de bütün ölçüm derinliklerinde, tarla II'de ise 0-5 cm'de yapılan ölçümlerde, toprak işleme öncesinde (TİÖ) elde edilen hacim ağırlığı değerleri ile GTİ yönteminden elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. İki tarlada da 0-5 cm derinlikte ATİ'den elde edilen değerlerin, TİÖ ve GTİ'den elde edilen değerlerden istatistiki olarak farklı olduğu tespit edilmiştir. Tarla I'de 5-10 cm ve 10-15 cm ölçüm derinliklerinde, TİÖ ve GTİ hacim ağırlığı değerleri ile GTİ ve ATİ hacim ağırlığı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmazken, TİÖ ile ATİ değerleri arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Tarla II'de ise 5-10 cm ve 10-15 cm ölçüm derinliklerinde TİÖ ile GTİ ve TİÖ ile ATİ değerleri arasındaki farkın önemli, GTİ ve ATİ değerleri arasındaki farkın ise önemsiz olduğu saptanmıştır. 10 cm'den sonra tarla I'de ATİ'de elde edilen hacim ağırlığı değerlerinin GTİ'deki hacim ağırlığı değerlerine yakın, tarla II'de ise geçtiği görülmektedir (Şekil 3). Bu durum ATİ'de 10 cm derinlikten sonra toprağın işlenmemiş olabileceği bilgisini vermektedir.

Çizelge 3. Toprak işleme yöntemlerine bağlı olarak hacim ağırlığı değerleri (g cm^{-3})

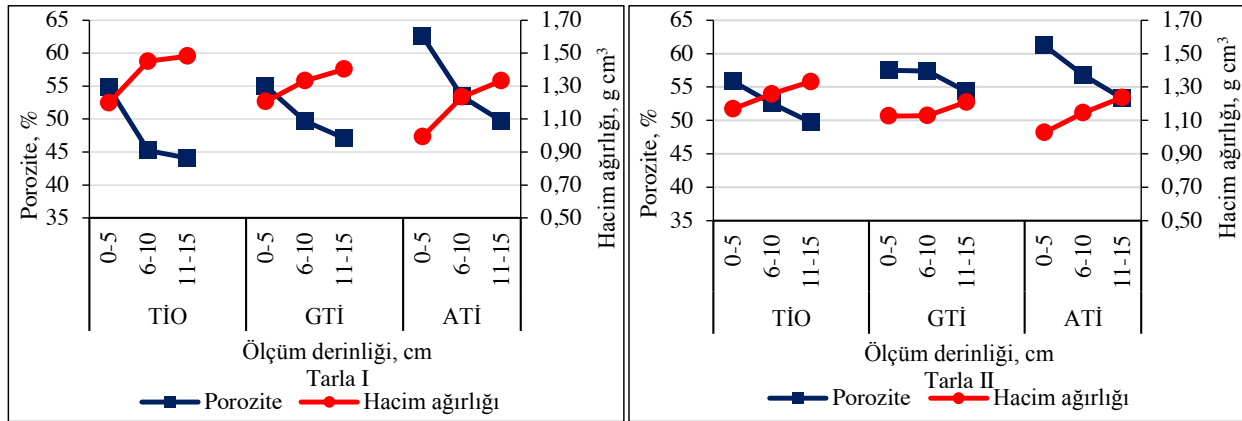
Toprak İşleme Yöntemi	Tarla I			Tarla II		
	Ölçüm derinliği, cm			Ölçüm derinliği, cm		
	0-5	5-10	10-15	0-5	5-10	10-15
TİÖ**	1.20a*	1.45a	1.48a	1.19a	1.28a	1.35a
GTİ	1.18a	1.33ab	1.40ab	1.13a	1.13b	1.21b
ATİ	0.99b	1.25b	1.33b	1.03b	1.14b	1.24b

* : Herbir ölçüm derinliğinde toprak işleme yöntemlerinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.05$ olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemsizdir

** : TİÖ: Toprak işleme öncesi, GTİ: geleneksel toprak işleme, ATİ: azaltılmış toprak işleme

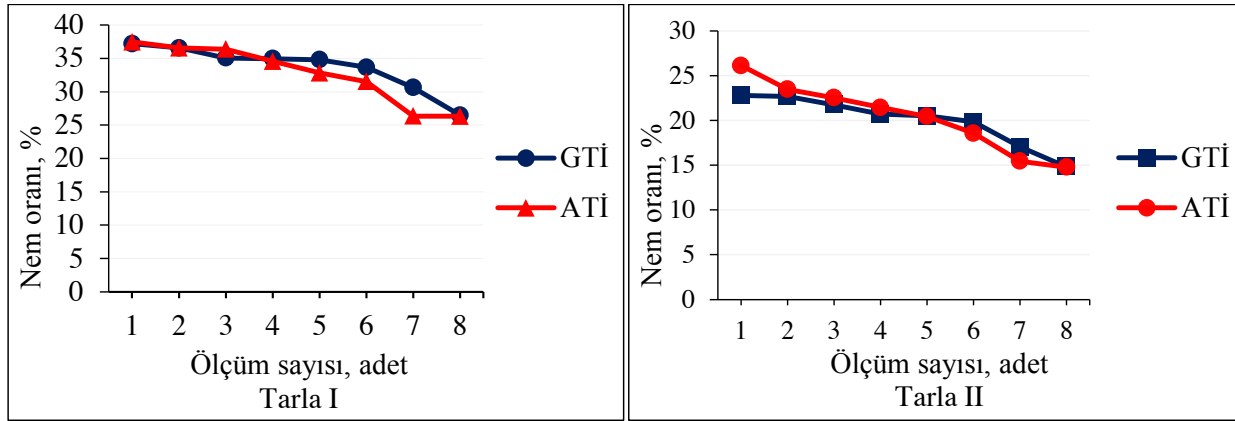
Bilindiği üzere hacim ağırlığı değerlerinin artması topraktaki boşluk oranının (porozite) azalmasına neden olur. Deneme alanlarında hacim ağırlığı değerlerinin artmasına bağlı olarak porozite değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Buna göre toprak işleme öncesi yapılan ölçümlerde hacim ağırlığı daha yüksek olduğu için porozite değerleri en düşük değerlerde gerçekleşmiştir. Daha yumuşak

ve gevşek bir tarla toprağının bırakıldığı azaltılmış toprak işlemede ise en yüksek porozite değerleri elde edilmiştir. Ancak ölçüm derinliğinin 10 cm ve üzerinde olması durumunda porozite değerleri, geleneksel toprak işlemeden elde edilen değerlerin altında kalmıştır. Azaltılmış toprak işlemede toprak işleme derinliğinin az olması bu durumun ortaya çıkmasına neden olmuştur.

**Şekil 3.** Hacim ağırlığı ve porozite değerlerinin değişimi

GTİ ve ATİ deneme alanlarında ölçülen nem değerlerinin değişimi Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4'e göre, tarla I'de ölçülen nem değerlerinin geleneksel ve azaltılmış toprak işleme şartlarında başlangıç ve bitiş ölçümlerinde birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Başlangıçta her iki toprak işleme yönteminde çok yakın değerler ile azalış gösteren nem değerlerinde, 4. ölçümden sonra azaltılmış toprak işleme şartlarında daha fazla azalış gerçekleşmiştir. Nem değerlerinde başlangıç ölçümü ile bitiş ölçümü arasında meydana gelen azalış oranı, geleneksel toprak işlemede yaklaşık %29 iken, azaltılmış toprak

işlemede yaklaşık %30 oranında tespit edilmiştir. Tarla II'de ise, başlangıç nem değerleri azaltılmış toprak işlemede daha fazla iken, son nem ölçümlerinde bu değerler birbirine çok yakın değerlerde ölçülmüştür. Nem değerlerinde başlangıç ölçümü ile bitiş ölçümü arasında meydana gelen azalış oranı GTİ'de yaklaşık %35 iken, ATİ'de yaklaşık %43 oranında gerçekleşmiştir. Azaltılmış toprak işlemede daha fazla gerçekleşen nem kaybının, geleneksel toprak işlemeye göre daha gevşek bir toprağın oluşması ve daha yüksek olan boşluk oranı (porozite) değerlerinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Nem değerlerinin değişimi

Toprak işleme yönteminin penetrasyon direncine olan etkisini belirlemek için 0-25 cm arasında beş farklı derinlikte yapılan ölçüm değerlerine varyans analizi testi uygulanmıştır. Bu testin sonucuna göre, tarla I'de toprak işleme yöntemi etkisinin 0-5 cm derinlikte çok önemli ($P<0.01$), 5-10 cm'de önemli ($P<0.05$), 10-15, 15-20 ve 20-25 cm derinliklerde ise önemsiz ($P>0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Tarla II'de ise toprak işleme yöntemi etkisinin bütün derinliklerde yapılan ölçümlerde çok önemli ($P<0.01$) olduğu saptanmıştır. Derinlikler arasında fark olup olmadığını belirlemek için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4'te, bu değerlere ilişkin grafik ise Şekil 5'te gösterilmiştir.

Bütün muamelelerde ölçüm derinliğinin artmasıyla penetrasyon direnci artmıştır. Tarla I'de 0-10 cm arasında yapılan ölçümlerde TİÖ ile GTİ değerleri arasında, 10 cm derinlikten sonra ise TİÖ, GTİ ve ATİ değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı saptanmıştır. Ölçüm derinliği 0-5 ve 5-10 cm iken ATİ'de elde edilen değerlerin istatistiksel olarak diğer yöntemlerden hem farklı olduğu hem de toprak direncinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Tarla II'de geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerinde yapılan penetrasyon direnci değerleri arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark saptanmazken, TİÖ'de yapılan ölçümlerin, GTİ ve ATİ'den farklı olduğu belirlenmiştir.

Ölçüm derinliğinin artmasıyla penetrasyon direncinde en büyük artış oranı ATİ'de gerçekleşmiştir. Bununla birlikte 0-25 cm ölçüm aralığındaki derinliklerde en yüksek penetrasyon direnci değerleri bütün muamelelerde toprak işleme öncesinde elde edilmiştir. Hacim ağırlığı değerlerinde olduğu gibi

burada da 10 cm derinlikten sonra ATİ'de elde edilen penetrasyon direnci değerlerinin GTİ'de elde edilen değerlerden daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bu farkın nedeninin ATİ'de yüzeye yakın derinliklerde (0-10 cm) yumuşak topraktan dolayı düşük penetrasyon, alt derinliklerde (10-25) ise işlenmemiş toprağın neden olduğu yüksek penetrasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca traktör-freze ikilisinin ağırlığından dolayı 10 cm'nin altındaki tabakada sıkışıklığa katkı yaptığı düşünülmektedir. Şeker ve Işıldar (2000), traktör tekerleği ile sıkıştırma sonucunda penetrasyon direnci değerlerinin 10 cm'den sonraki derinlikte artış olduğunu saptamıştır. Ayrıca sığ derinliklerde saptanan düşük toprak penetrasyon değerleri düşük hacim ağırlığının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber deneme alanlarında yapılan bütün ölçümlerde penetrasyon direnci değerlerinin Busscher and Sojka (1987) tarafından bildirilen 3 MPa sınır değerinin altında kaldığı saptanmıştır.

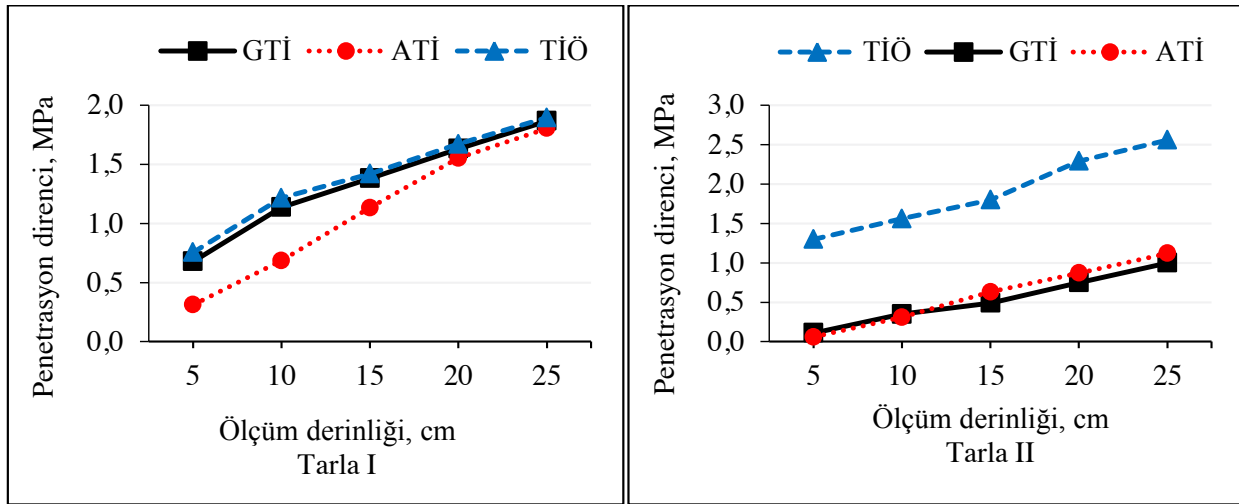
Şekil 5'te verilen penetrasyon direncine ait grafiklere göre, deneme alanlarında en yüksek penetrasyon direnci değerleri TİÖ'de elde edilmiştir. Tarla I'de TİÖ ve GTİ değerleri, tarla II'de ise GTİ ve ATİ değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Tarla II'de ise başlangıçta geleneksel toprak işlemede belirlenen değerler azaltılmış toprak işlemeye oranla daha yüksek iken, 10 cm ölçüm derinliğinden sonra azaltılmış toprak işlemede belirlenen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Tarla I'de, özellikle toprak işleme öncesi ve geleneksel toprak işleme ile elde edilen penetrasyon direnci değerlerinin birbirine çok yakın olması, toprak işlemeden sonra ve penetrasyon direnci ölçümünden önce yağın yağmurla meydana gelen toprak sıkışıklığından

kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Şeker (1999) yüksek porozite değerlerinin penetrasyon direncini azalttığını bildirmiştir. Bu çalışmada da porozite değerlerinin artmasıyla penetrasyon direncinin azalması belirtilen sonuçlar tarafından desteklenmektedir.

Çizelge 4. Farklı toprak işleme yöntemlerine bağlı olarak penetrasyon direnci değerleri (MPa)

Ölçüm Derinliği, cm	Tarla I			Tarla II		
	TiÖ	GTİ	ATİ	TiÖ	GTİ	ATİ
0-5	0.76a*	0.73a	0.17b	1.30a	0.13b	0.08b
5-10	1.00a	0.97a	0.68b	1.56a	0.39b	0.49b
10-15	1.37a	1.28a	1.27a	1.80a	0.50b	0.83b
15-20	1.67a	1.41a	1.92a	2.29a	0.74b	1.06b
20-25	1.89a	1.64a	2.17a	2.56a	1.00b	1.36b
0-25 cm Artış Oranı, %	148.7	124.7	1176.5	96.9	669.2	1600

*: Her bir ölçüm derinliğinde toprak işleme yöntemlerinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklar P<0.05 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemsizdir.



Şekil 5. Toprak penetrasyon direncinin değişimi

Çizelge 5. Toprak parçacıkları (agregatları) büyüklük dağılımları

Toprak İşleme Yöntemi	Parçacık çap gruplarına göre dağılım oranları (%)							
	Tarla I				Tarla II			
	<1 mm	1-8 mm	>8 mm	MWD**	<1 mm	1-8 mm	>8 mm	MWD
GTİ	11.57b*	14.26b	74.17a	33.05	20.45b	21.68b	57.88a	23.81
ATİ	17.82a	18.66a	63.53b	23.95	30.97a	35.69a	33.35b	9.96

* : Her bir çap grubunda toprak işleme yöntemlerinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklar P<0.05 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemsizdir.

** : Toprak parçacıklarının ortalama ağırlıklı çapı

Toprak işleme aletinin toprağı parçalama derecesini belirlemek için eleme işleminden sonra elde edilen % değerlere uygulanan varyans analizi testinde, toprak işleme aletinin toprağın parçalanmasına çok önemli ($P<0.01$) düzeyde etki ettiği belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde bitki gelişimi için en uygun agregat çap aralığı 1-10 mm arası kabul edilebilir. Bu çalışmada çapı 8 mm'den küçük olan agregat oranı tarla I'de, GTİ ve ATİ'de sırasıyla %26 ve %36 iken, tarla II'de, sırasıyla %42 ve %67'dir (Çizelge 5). Bitki gelişimine uygun parçacıkların tarla II'de daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu

durum ortalama ağırlıklı çap (MWD) değerlerini etkilemiştir. Örneğin, MWD değerlerinin tarla I'de daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, MWD değerleri, 8 mm'den büyük çaplı agregat oranlarının fazla olması nedeniyle ATİ'ye oranla GTİ'de daha yüksek değerlerde bulunmuştur. İki denemede de en küçük MWD değerleri azaltılmış toprak işleme yönteminde saptanmıştır. Yatay frezenin, kulaklı pulluğa göre daha küçük toprak agregatları meydana getirdiğinin daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmesi bu araştırmanın sonuçlarını desteklemektedir (Adam and Erbach, 1992; Çarman, 1997; Yavuzcan, 2000).

Çizelge 6. Toprak işleme yöntemlerine bağlı olarak pürüzlülük oranı değerleri (%)

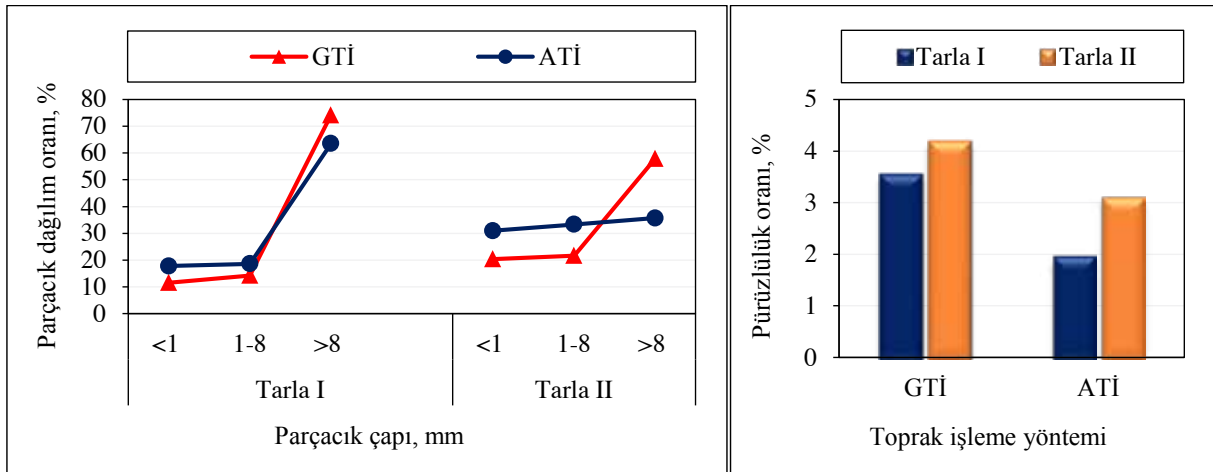
Toprak İşleme Yöntemi	Pürüzlülük oranı değerleri, %	
	Tarla I	Tarla II
Geleneksel toprak işleme	2.53a*	4.17a
Azaltılmış toprak işleme	1.95b	3.08b

*: Herbir deneme alanında toprak işleme yöntemlerinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemsizdir.

Tohum yatağı hazırlamada diğer önemli bir husus tarla yüzey pürüzlülüğüdür (Çizelge 6). Toprak işleme aletlerinin toprağın yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini saptamak amacıyla yapılan varyans analizi testinde, toprak işleme aletinin yüzey pürüzlülüğünü iki tarlada da çok önemli ($P<0.01$) düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca GTİ ve ATİ'den elde edilen

yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu saptanmıştır.

GTİ'de elde edilen pürüzlülük oranları daha yüksek değerlerde gerçekleşmiştir. Bu durum, toprak işleme aletinden dolayı GTİ'de 8 mm'den büyük çaplı parçacık oranlarının fazla olmasıyla açıklanabilir.



Şekil 6. Parçacık büyüklük dağılım oranı ve tarla yüzeyi pürüzlülük oranının değişimi

SONUÇ

Geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerinde kullanılan toprak işleme aletlerinin toprağın fiziksel özelliklerine önemli düzeyde etkileri olduğu bu çalışmayla tespit edilmiştir. Azaltılmış toprak işlemede kullanılan frezenin daha yumuşak bir tarla yüzeyi bıraktığı ve bu nedenle de işleme

derinliğine kadar penetrasyon direncinin daha düşük değerlerde gerçekleştiği belirlenmiştir. Geleneksel toprak işleme ile bütünleşmiş olan pullukla yapılan toprak işlemede ise azaltılmış toprak işlemeye göre, daha büyük agregatlar, yüksek pürüzlülük oranları, yüksek penetrasyon direnci ve daha küçük porozite değerleri elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Adam KM, Erbach DC, 1992. Secondary tillage tool effect on soil aggregation. *Transactions of the ASAE* 35(6), 1771- 1776.
- Ahmad D, 1983. Rotary tillage-past and present. *Pertentika*, 6: 55-67.
- Anonim, 2013. T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Erzurum Bölge Müdürlüğü Raporları.
- Anonymous, 1974. Standart test method for particle size analysis of soil. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.
- Bauder JW, Randall GW, Schuler RT, 1985. Effects of tillage with controlled wheel traffic on properties and root growth of corn. *J. Soil Water Conser.* 49: 382-385.
- Bouaziz A, Bruckler L, 1989. Modeling wheat seedling growth and emergence: I. Seedling growth affected by soil water potential. *Soil Soc. Am. J.* 53: 1832-1838.
- Braunack MV, 1995. Effect aggregate size and soil water content on emergence of soybean (*glycine max*, L. merr.) and maize (*zea mays*, L.). *Soil and Tillage Research*, 33: 149-161.
- Busscher WJ, Sojka RE, 1987. Enhancemant of subsoiling effect on soil strength by conservational tillage. *Transactions of the ASAE*, 30(4): 888-892.
- Çarman K, 1997. Effect of different tillage systems on soil properties and wheat yield in Middle Anatolia. *Soil & Tillage Research* 40: 201-207.
- Dan HL, 1963. The effect of tillage operations on bulk density and other physical properties of the soil. Unpublished Ph.D. thesis. Library, Iowa State University, Ames, Iowa. 191 s.
- Eghball B, Mielke LN, Calvo GA, Wilhelm WW, 1993. Fractal description of soil fragmentation for various tillage methods and crop sequences. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57: 1337-1341.
- Erbach DC, 1987. Measurement of soil bulk density and moisture. *Transactions of the ASAE* 30(4): 922-929.
- Guillobez S, Arnaud M, 1998. Regionalized soil roughness indices. *Soil&Tillage Research*, 45: 419-432.
- Harris RF, Chester G, Allen ON, 1966. Dynamics of soil aggregation. In *Advances in Agron.*, 18. edition A. G. Norman, 107-169. New York: Academic Press.
- Jain NK, Agrawal JP, 1970. Effect of clod size in the seedbed on development and yield of sugarcane. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.*, 34: 795-797.
- Johnson WH, Taylor GS, 1960. Tillage treatment for corn on clay soils. *Transactions of the ASAE* 3(2): 4-7.
- Krause R, Lorez R, Hoogmood WB, 1984. Soil tillage in the tropics and subtropics, *Duetsche Gesellschaft fur Zusammenarbeit*, Germany. 319 p.
- Lal R, Mahboubi AA, Fausey NR, 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 517-522.
- Logsdon SD, Parker JC, Reneau RB, 1987. Root growth as influenced by agregate size. *Plant and Soil*, 99: 267-275.
- Lyles L, Woodruff NP, 1962. How moisture and tillage affect cloddiness for wind erosion control. *Agric. Eng.*, 42(3): 150-153.
- Ojeniyi SO, Dexter AR, 1979. Soil factors affecting the macrostructure produced by tillage. *Transactions of the ASAE* 22(2): 339-343.
- Önal İ, 2011. Ekim Bakım Gübreleme Makinaları. IV. Baskı, İzmir. 611 s.
- Raney WA, Zingg AW, 1957. Principles of tillage. *The Yearbook of Agriculture*. USD A, Washington, DC.
- Richard G, Cousin I, Sillon JF, Bruand A, Gue'rif J, 2001. Effect of compaction on the porosity of a silty soil: Influence on unsaturated hydraulic properties. *Eur. J. Soil. Sci.* 52: 49-58.
- Romkens MJM, Wang JY, 1987. Soil roughness changes from rainfall. *Transaction of the ASAE* 30(1): 101-107.
- Russell EW, 1961. *Soil Conditions and Plant Growth*. London: Longmans, Green & Company.
- Saleh A, 1993. Soil surface roughness measurement: chain method. *J. Soil Water Conserv.*, 48: 527-529.
- Say SM, Işık A, 1996. Penetrasyon direncinin toprak koşulları ile değişiminin belirlenmesi üzerine bir araştırma. 6. Uluslar Arası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, Ankara.
- Skidmore EL, Layton JB, 1992. Dry soil aggregate stability as influenced by selected soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 56(2): 557-561.
- Şeker C, 1999. Penetrasyon direnci ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3): 583-588.
- Şeker C, Işıldar AA, 2000. Tarla trafiğinin toprak profilindeki gözenekliliğe ve sıkıştırılmaya etkisi. *Turk J. Agriculture and Forestry*, 24: 71-77.
- Ülger P, Güzel E, Kayışoğlu B, Eker B, Akdemir B, Pınar Y, Bayhan Y, Sağlam C, 2002. *Tarım Makinaları İlkeleri*. T.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 29. Fakülteler Matbaası, 2. Baskı İstanbul. 435 s.
- Yavuzcan HG, 2000. Wheel traffic impact on soil conditions as influenced by tillage system in Central Anatolia. *Soil & Tillage Research* 54: 129-138.
- Zhang S, Grip H, Lövdahl L, 2006. Effect of soil compaction on hydraulic properties of two loess in China. *Soil & Tillage Research* 90: 117-125.