

TOPRAK SIKIŞMASINA BAĞLI FİZİKSEL ORTAM ÖZELLİKLERİNDEKİ ETKİLEŞİMLER

Bülent TURGUT¹, E.Lütfi AKSAKAL², Taşkın ÖZTAŞ³

¹Artvin Çoruh Üniv. Orman Fak. Peyzaj Mim. Böl.0800 Artvin, bturgut@artvin.edu.tr

²Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Toprak Böl. 25070, Erzurum, ekremaksakal@hotmail.com

³Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Toprak Böl. 25070, Erzurum, toztas@atauni.edu.tr

ÖZET

Toprağın mineral fazını oluşturan toprak fraksiyonlarının birim kütle içerisindeki karışım oranları ve paketlenme düzenleri toprağın toplam gözenek hacmi ve gözenek geometrisinde belirleyici olarak toprağın yapısal davranışları ve üretkenliğinde büyük bir öneme sahiptir. Toprak sıkışması, toprağın hidrolojik özellikleri ve üretkenlik parametrelerini olumsuz yönde etkileyen önemli bir fiziksel degradasyon sorunudur. Bu araştırma, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü (DATAE) Ilica Deneme İstasyonu arazisindeki hububat üretim alanlarında karşılaşılan toprak sıkışması probleminin penetrasyon ölçümleriyle ortaya konulması, incelenen toprak özellikleri bakımından sıkışmış ve sıkışmamış toprak tabakaları arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışma alanı K-G ve D-B yönlerinde 80m aralıklarla gridlere bölünmüş ve gridlerin çakıştığı 72 noktada penetrasyon testleri yapılarak toprak örnekleri alınmıştır. ANOVA test sonuçları, sıkışmamış (üst) toprak tabakası ile sıkışmanın tespit edildiği tabakada ölçülen penetrasyon direnci, kütle yoğunluğu, toprak nemi ve ortalama ağırlık çap değerleri arasında çok önemli düzeyde ($p<0,01$), agregat stabilitesi bakımından ise önemli ($p<0,05$) düzeyde farklılıkların mevcut olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Toprak sıkışması, penetrasyon direnci, kütle yoğunluğu, agregat stabilitesi

ABSTRACT

The amounts of soil fractions in a unit mass and their arrangement patterns have great importance on characteristics of soil structural behaviors and soil productivity due to their effects on total pore volume and pore geometry. Soil compaction is an important physical soil degradation problem because of its negative effects on soil hydrological properties and productivity characteristics. The objective of this study was to diagnose soil compaction problem in cereal production areas at the Eastern Anatolia Agricultural Research Institute (EAARI) by penetrometer measurements and to compare physical soil properties between compacted and non-compacted soil layers. The study area was gridded by 80 m intervals in the E-W and S-N directions and penetration measurements were taken and soil samples were collected at 72 intersection points of the grid system. The ANOVA test results indicated that there were very significant differences ($p<0,01$) in penetration resistance, bulk density, soil moisture content and mean weight diameter, and significant differences ($p<0,05$) in aggregate stability values of the compacted and non-compacted (top layer) soil layers.

Keywords: Soil compaction, penetration resistance, bulk density, aggregate stability

1. GİRİŞ

Toprak işleme aletlerinin boyutlarının ve tarla trafiğinin artması ve yönetim uygulamalarında ekim nöbetine yer verilmemesi gibi nedenlerden dolayı toprak sıkışması son yıllarda ciddi bir sorun olmaya başlamıştır (Kok et al. 1996). Günümüzde kullanılan tarım aletlerinin ağırlıkları tek başlarına bile toprakların sıkışması için yeterli bir sebep

olabilmektedir. Ağır makine kullanımından dolayı oluşmuş toprak sıkışması problemi yine toprak işleme uygulamaları ile giderilebilmektedir (National Research Council 1993).

Araç trafiğinin neden olduğu sıkışma, kütle yoğunluğu, gözenek dağılımı, gözenek devamlılığı, havalanma, mekaniksel özdirenç, porozite ve hidrolik iletkenlik gibi birçok önemli toprak özelliğine etki etmektedir (Panayiotopoulos et al. 1994; Flowers and Lal 1998; Radford et al., 2000; Richard et al. 2001; Pagliai et al. 2003; Hamza and Anderson 2005). Bu temel özelliklerdeki değişiklikler toprağın su tutmasını ve hidrolik iletkenlik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir, bu olumsuzluklar toprakta suyun infiltrasyonunda ve bitkiler tarafından kullanılabilen suyun depolanma kapasitesinde olumsuz etkiler doğurmaktadır. Sonuç olarak toprak sıkışması toprağın kalite parametreleri, çevre kalitesi ve bitki gelişimi üzerine olumsuz etkilere sahiptir (Kirkegaard et al. 1992, Zhang et al. 2006).

Sıkışmış topraklarda bitki kök gelişimi mekanik dirençten dolayı engellenmekte ve buna bağlı olarak toprak profili içerisinde kök dağılımı da düzensiz olmaktadır. Toprak sıkışması aynı zamanda gözeneklerin miktarlarını ve büyüklük dağılımlarını değiştirerek toprak içerisinde gaz değişimini de engellemektedir. Toprak havasında oksijen miktarındaki eksiklik ya da karbondioksit oranındaki fazlalık bitki köklerinin gelişimini ve fonksiyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Toprak havasındaki bu olumsuz durum mikrobiyal süreçle de birleşince besin elementlerinin yarayışlılığını azaltmakta ve toksik maddelerin oluşumunu hızlandırmaktadır. Tüm bu olumsuz koşullar ise kaçınılmaz olarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Hartge and Stewart, 1995).

Bu araştırma Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü (DATAE) Ilica Deneme İstasyonu arazisindeki hububat üretim alanlarında karşılaşılan toprak sıkışması probleminin penetrasyon ölçüleriyle belirlenmesi, üst toprak tabakası ve sıkışmış toprak tabakası arasında incelenen toprak özellikleri arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. MATERYAL ve METOT

Çalışmanın yürütüldüğü DATAE-Ilica Deneme İstasyonu Erzurum'un 15 km batısında yer almaktadır. Deneme istasyonuna ait koordinatlar UTM olarak 37S 681000E, 4424324N dir.

Çalışma alanı toprakları, alüvial ana materyal üzerinde oluşmuştur. Bu alanların tamamında toprak işlemeli tarım yapılmaktadır. Bu topraklar yakın zamana kadar yılın önemli bir kısmında suya doymuş olduğundan toprak oluşumu engellenmiş, Karasu kanalının açılmasına bağlı olarak suların çekilmesi ile mineralizasyon süreci hızlanmış ve toprak oluş faktörlerinin etkinliği artmıştır.

Özgül (2003) çalışma alanı topraklarında üç farklı litolojik kesiklik olduğunu saptamıştır. Yapılan profil incelemesinde sıkışmış toprak tabakasının hemen altında nispeten strüktür oluşumuna sahip 60-90 cm derinlikte tane iriliği farklı bir tabaka bulunmuştur. Bu tabakanın altında ise yine zayıf prizmatik strüktüre sahip bir birikme tabakası mevcut olup zayıf (B) olarak nitelendirilmiştir. Çalışma alanındaki ayırt edici horizonun albik horizon olduğu, toprakların ABD toprak taksonomisine göre entisol sırası, aquent alt sırası ve flavaquent büyük grubuna dâhil olduğu belirlenmiştir.

Toplam 440 da'lık alana sahip DATAE-Ilica Deneme İstasyonu arazisi, kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde 80 m aralıklarla gridlere bölünmüş ve gridlerin çakışma yerlerindeki 72 noktadan alt ve üst toprak tabakalarından örnekler alınmıştır. Penetrasyon

direnç değerleri 80cm'lik profil boyunca her 1cm'de dijital olarak kaydedilmiş ve veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ölçümlerde taban alanı 1 cm² olan koni şeklinde uç kullanılmıştır.

Çalışmada aynı tekstür sınıfında yer alan toprakların pH, kireç, organik madde, elektriki iletkenlik, agregat stabilitesi, agregat büyüklük dağılımı, kütle yoğunluğu ve nem içeriği gibi temel toprak parametreleri belirlenmiştir. Tanımlayıcı istatistik analizi ile veri setinde yer alan tüm toprak örnekleri için ortalama, standart sapma, minimum, maksimum, varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerleri hesaplanmış, incelenen toprak özellikleri bakımından üst toprak tabakası ve sıkışmış toprak tabakası arasındaki farklılıklar varyans analizi ile belirlenmiş ve çoklu karşılaştırma testi ile de gruplandırmalar yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

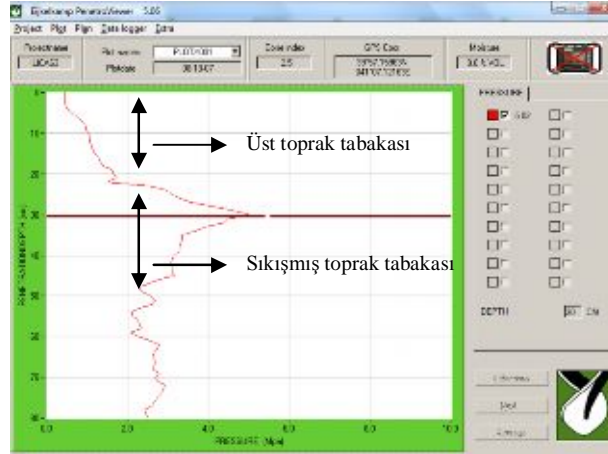
3.1. Tanımlayıcı İstatistik Sonuçları

İncelenen toprak özelliklerine ait ortalama (\bar{x}), standart sapma (σ), en düşük değer (min), en yüksek değer (max), tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. İncelenen toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

İncelenen toprak özelliği	\bar{x}	σ	Min.	Max.
Üst toprak penetrasyon direnci (MPa)	0.97	±0.46	0.16	1.90
Sıkışmış tabaka penetrasyon direnci (MPa)	4.18	±0.90	2.35	5.74
Üst tabaka toprak nemi (%)	10.60	±4.08	5.90	25.20
Sıkışmış tabaka toprak nemi (%)	20.37	±4.67	11.80	34.10
Üst tabaka kütle yoğunluğu (g cm ⁻³)	1.03	±0.08	0.85	1.20
Sıkışmış tabaka kütle yoğunluğu (g cm ⁻³)	1.42	±0.06	1.29	1.58
Üst tabaka agregat stabilitesi (%)	61.30	±17.7	26.00	94.00
Sıkışmış tabaka agregat stabilitesi (%)	51.1	±14.6	28.00	88.00
Üst tabaka ortalama ağırlık çap (mm)	4.11	±0.83	2.80	5.70
Sıkışmış tabaka ortalama ağırlık çap (mm)	5.38	±1.13	3.60	8.00

Penetrologger yardımıyla elde edilen grafikte toprak yüzeyi ile penetrasyon direncinin yükselmeye başladığı nokta arasındaki mesafe üst toprak tabakası olarak tanımlanmıştır (Şekil 1). Bu tabakada ölçülen penetrasyon direnç değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak üst toprak tabakası penetrasyon direnç değerleri belirlenmiştir. Sıkışmış toprak tabakası, penetrasyon direnci-toprak derinliği grafiğinde penetrasyon direncinin yükselmeye başladığı nokta ile sabit bir durum aldığı nokta arasındaki tabaka olarak tanımlanmıştır.



Şekil 1. Penetrasyon direnç grafiğinde üst ve sıkışmış tabakaların belirlenmesi

Yapılan varyans analizi sonuçları incelendiğinde penetrasyon direnç değerleri, toprak nemi, kütle yoğunluğu ve ortalama ağırlık çap değerleri bakımından üst toprak tabakası ve sıkışmış toprak tabakası arasındaki farklılık 0,01 seviyesinde önemli bulunmuşken, agregat stabilitesi bakımından farklılık ise 0,05 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2 İncelenen toprak özelliklerine ait F değerleri ve önem dereceleri

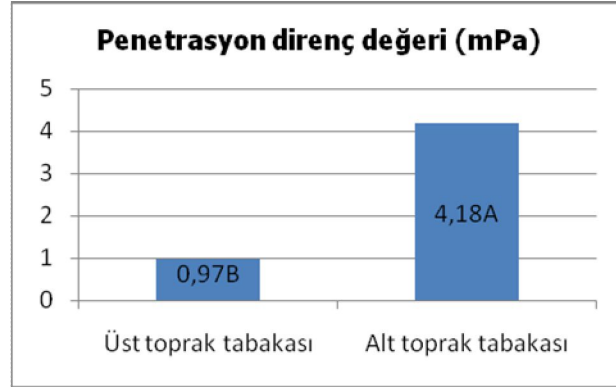
Toprak özelliği	F değeri
Penetrasyon direnç değerleri	461,1**
Toprak nemi	138,9**
Kütle yoğunluğu	602,1**
Agregat stabilitesi	7,3*
Ortalama ağırlık çap	36,1**

*: 0,05 seviyesinde önemli, **:0,01 seviyesinde önemli

3.2. Penetrasyon Direnç Değerleri

Üst toprak tabakası ve sıkışmış toprak tabakası arasında penetrasyon direnç değerleri arasındaki fark istatistikî anlamda önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Bu değerlere ait ortalamalar karşılaştırıldığında sıkışmış toprak tabakasına ait penetrasyon direnç değerleri ortalamasının (4.18 MPa) üst toprak tabakası penetrasyon direnç değerleri ortalamasından (0.97 MPa) daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 2).

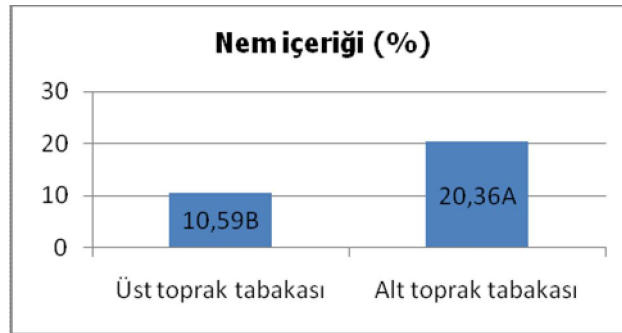
Penetrasyon direncinin alt toprak tabakasında fazla olması bir pulluk tabanının oluştuğuna işaret etmektedir. Turgut (2008) araştırma alanının tamamında bir pulluk tabanının var olduğunu bildirmektedir.



Şekil 2. Örnekleme tabakalarına göre penetrasyon direnç değeriindeki değışim (LSD:0,30)

3.3. Toprak Nemi

Ağırlık esasına göre tespit edilen toprak nem içerikleri, toprak tabakaları arasında istatistikî anlamda farklılık göstermiştir ($p<0,01$). Sıkışmış toprak tabakasındaki nem içeriği %20,3 iken bu değeri üst toprak tabakasında %10,6 olmuştur (Şekil 3).

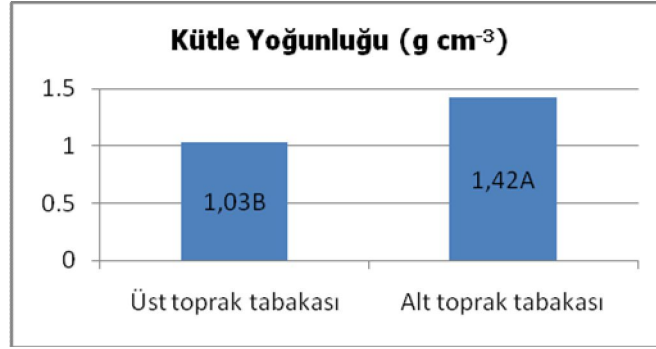


Şekil 3. Örnekleme tabakalarına göre nem oranlarındaki değışim (LSD:1,68)

Üst toprak tabakasında buharlaşmaya bağılı olarak nem miktarının düşük olması beklenen bir olaydır. Toprak sıkışması sonucunda gözeneklerin boyutları küçülmekte ve toprak suyu toprak profili boyunca serbest hareket edememektedir. Bunun sonucu olarak toprak daha uzun bir süre nemli kalmakta ve ısınması güçleşmektedir. İnfiltrasyon oranının düşmesine bağılı olarak yüzey akış ve erozyon zararı da artmaktadır (Anonymus 1996).

3.4. Kütle yoğunluğu

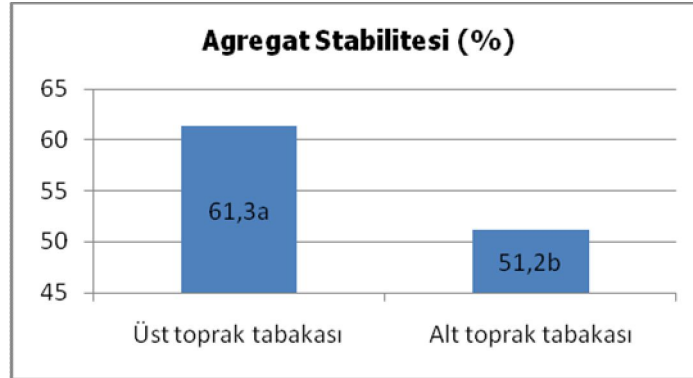
Üst toprak tabakası ve sıkışmış toprak tabakası arasında kütle yoğunluğu bakımından gözlenen farklılık istatistikî anlamda 0,01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Üst toprak tabakasındaki kütle yoğunluğu ortalaması $1,03 \text{ g cm}^{-3}$ iken bu değeri sıkışmış toprak tabakasında $1,42 \text{ g cm}^{-3}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4). Bu çalışma sonucuna benzer olarak araştırmacılar toprağın kütle yoğunluğunun toprak sıkışmasından dolayı %10 ile 20 arasında artabileceğini bildirmektedirler (Petersen et al. 1996).



Şekil 4 Örnekleme tabakalarına göre kütle yoğunluğundaki değışim (LSD:0,03)

3.5. Agregat Stabilitesi

Agregat stabilitesi bakımından toprak tabakaları arasındaki farklılık istatistikî anlamda 0,05 seviyesinde önemli bulunmuştur. Üst toprak tabakasına ait agregat stabilite değeri %61,3 iken bu değeri sıkışmış toprak tabakasında %51,2 olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

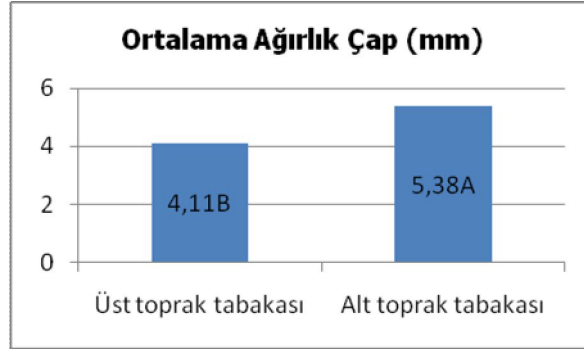


Şekil 5 Örnekleme tabakalarına göre agregat stabilitesindeki değışim (LSD:7,6)

Toprak strüktürünün granüller yapıdan levhasal yapıya dönüşmesi, toprak sıkışmasının görülebilir diğeri bir belirtisidir. Toprak strüktüründe meydana gelen bu değışiklik agregat stabilitesinde azalmayla sonuçlanmaktadır (Petersen et al. 1996).

3.6. Ortalama Ağırlık Çap

Yapılan analiz sonucunda en yüksek ortalama ağırlık çap (5,38 mm) sıkışmış toprak tabakasında bulunmuşken en düşük ortalama değeri (4,11 mm) ise üst toprak tabakasından elde edilmiştir (Şekil 6), tabakalar arasındaki bu fark istatistikî anlamda 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.



Şekil 6 Örnekleme tabakalarına göre ortalama ağırlık çap değerlerindeki değişim (LSD: 0,43)

Sıkışmış tabakaa ait toprak örnekleri alınırken, sıkışmadan kaynaklanan keseklerin oldukça sağlam yapılı olduğu gözlenmiştir. Mekanik analiz boyunca da bu kesekler parçalanmamış ve dolayısıyla bu tabakaa ait ortalama ağırlık çap değerleri yüksek çıkmıştır.

4. SONUÇ

Kil tekstür sınıfına dahil olan araştırma alanında buğday tarımı yapılmaktadır. Bu nedenle her yıl arazi belirli bir derinlikte (30cm) işlenerek tohum yatağı hazırlanmaktadır. Her yıl toprağın aynı derinlikte işlenmesi sonucunda derinlik bakımından yersel olarak değişkenlik gösterse de arazide bir taban taşı oluşumu ortaya çıkmıştır. Çalışmada sıkışmış toprak tabakası olarak isimlendirilen bu tabakasının toprak özellikleri, işlenen ve herhangi bir sıkışma belirtisi görülmeyen üst tabakadan farklılık göstermiştir.

Yapılan analizler sonucunda sıkışmış toprak tabakası penetrasyon direnci, toprak nemi, kütle yoğunluğu, ortalama ağırlık çap, organik madde miktarı, kireç içeriği ve pH sıkışmış toprak tabakalarında daha yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında sıkışmış toprak tabakasındaki agregat stabilitesi ise üst toprak tabakasından daha düşük olmuştur.

Bitki köklerinin uzayabilmeleri için köklerin uyguladıkları basıncın, toprağın gösterdiği dirençten büyük olması gerekmektedir bunun yanında köklere oksijen, su ve besin elementlerinin de sağlanması zorunludur. Misra et al. (1986), maksimum kök büyümesi durumunda köklerin 0,9-1,3 Mpa arasında bir basınç uyguladığını bildirmiştir. Bu çalışmada sıkışmış toprak tabakasında ölçülen ortalama penetrasyon direnç değerinin 4,18 Mpa olduğu göz önünde bulundurulduğunda bitkisel üretimde nasıl bir sorun oluşturacağı rahatlıkla tahmin edilebilecektir. Örneğin Bengough and McKenzie (1994) yüksek kök penetrasyon direnci durumunda kök uzama oranının düştüğünü; kök büyüme basıncının kök penetrasyon direncine eşit olduğu ya da küçük olduğu durumlarda ise kök uzamasının durduğunu belirtmişlerdir.

5. KAYNAKLAR

Anonymus, 1996. Soil Quality Resource Concerns: Compaction

http://soils.usda.gov/sqi/publications/files/sq_nin_1.pdf (13.10.2007).

Bengough, A.G., and C.J. McKenzie. 1994. Simultaneous Measurement of Root Force and Elongation of Seedling Pea Roots. J. Exp. Bot. 45:95–102

- Flowers, M.D., Lal, R., 1998. Axle Load and Tillage Effects on Soil Physical Properties and Soybean Grain Yield on a Mollic Ochraqualf in Orthwest Ohio. *Soil Till. Res.* 48, 21–35.
- Hamza, M.A., Anderson, W.K., 2005. Soil Compaction in Cropping Systems. A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Tillage Res.* 82, 121–145.
- Hartge, K.H., B.A. Stewart, 1995. *Soil Structure, Its Development and Function*, p:393. Lewis Publisher, New York.
- Karaman, M.R., A.R. Brohi, N.M. Müftüoğlu, T. Öztaş, M. Zengin, 2007. *Sürdürülebilir Toprak Verimliliği*. Detay yayıncılık, Ankara.
- Kirkegaard, J.A., SO, H.B., Troedson, R.J., Wallis, E.S., 1992. The Effect of Compaction on the Growth of Pigeonpea on Clay Soils. I. Mechanisms of crop response and seasonal effects on a Vertisol in a sub-humid environment. *Soil Tillage Res.* 24, 107–127.
- Kok, H., R.K. Taylor, R.E. Lamond, S. Kessen, 1996. *Soil Compaction Problems and Solutions*. www.oznet.ksu.edu/library/CRPSL2/AF115.pdf
- Misra, R.K., A.R. Dexter, and A.M. Alston. 1986. Penetration of Soil Aggregates of Finite Size: II. Plant roots. *Plant Soil* 95:59
- National Research Council, 1993. *Soil and Water Quality: An Agenda for Agriculture*. National Academic Press, Washington DC
- Özgül, M., 2003. *Erzurum Yöresinde Yaygın Olarak Bulunan Büyük Toprak Gruplarının Sınıflandırılması ve Haritalanması*. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Pagliai, M., Marsili, A., Servadio, P., Vignozzi, N., Pellegrini, S., 2003. Changes in Some Physical Properties of a Clay Soil in Central Italy Following the Passage of Rubber Tracked and Wheeled Tractors of Medium Power. *Soil Till. Res.* 73, 119–129.
- Panayiotopoulos, K.P., C.P. Papadopoulou and A. Hatjioannidou. 1994. Compaction and Penetration Resistance of an Alfisol and Entisol and Their Influence on Root Growth of Maize Seedlings. *Soil Tillage Res.* 31:323-337.
- Petersen, M., P. Ayers, D. Westfall, 1996. *Managing Soil Compaction*. www.ext.colostate.edu/PUBS/crops/00519.pdf (12.09.2007)
- Radford, B.J., Bridge, B.J., Davis, R.J., MCGarry, D., Pillai, U.P., Rickman, J.F., Walsh, P.A., Yule, D.F., 2000. Changes in the Properties of Vertisol and Responses of Wheat after Compaction with Harvester Traffic. *Soil Tillage Res.* 54, 155
- Richard, G., Cousin, I., Sillon, J.F., 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.
- Rowell, D.L., 1995. *Soil Science: Methods and Applications*. Longman Scientific and Technical, new York.
- Turgut, B., 2008. *Toprak Penetrasyon Direncine Etki Eden Toprak Özelliklerinin Yersel Değişim Paternlerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi*. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Zhang, S., H. Grip, L. Lövdahl, 2006. Effect of Soil Compaction on Hydraulic Properties of Two Loess in China. *Soil & Tillage Research* 90: 117-125