

Rototiller İlerleme Hızının Toprak Sıkışması ve Bazı Toprak Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

İbrahim YÜKSEL¹ Davut AKBOLAT¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Isparta
Sorumlu yazar: davutakbolat@isparta.edu.tr

Geliş tarihi: 26.06.2019, Yayına kabul tarihi:17.09.2019

Özet: Bu çalışmada, rototiller ilerleme hızının toprak sıkışması ve bazı toprak fiziksel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla tohum yatağı hazırlığında rototillerin; 2 (A), 3 (B), 4 (C), ve 5 (D) km h⁻¹ ilerleme hızları faktör olarak denemede ele alınarak incelenmiştir. İlerleme hızları, sabit traktör motor ve kuyruk mili devirlerinde vites konumları değiştirilerek ayarlanmıştır. Denemede kullanılan rototiller bıçak tipi tarla tipi, L görünümü yapıya sahiptir. Denemede, toprak sıkışmasının göstergeleri olarak; toprak hacim ağırlığı, porozite, ortalama ağırlık çapı ve penetrasyon dirençleri belirlenmiştir.

Sonuçlara göre; toprak hacim ağırlıkları açısından uygulamalar arasındaki farkın önemli olmadığı bulunmuştur. Ortalama hacim ağırlıkları A, B, C ve D uygulamaları için sırasıyla 1.23, 1.18, 1.18 ve 1.24 g cm⁻³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca her bir toprak derinliği olan 0-10, 10-20 ve 20-30 cm için de uygulamalar arasında fark bulunmamıştır ($p<0.05$). Penetrasyon dirençleri (0-80 cm toprak derinliği) ortalamaları A, B, C ve D uygulamaları için sırasıyla 1.84, 1.83, 1.80 ve 1.85 MPa olarak saptanmış ve uygulamalar arasında fark bulunmamıştır. Ancak 0-20 cm toprak derinliğindeki penetrasyon dirençleri ise A, B, C ve D uygulamaları için sırasıyla 1.47, 1.24, 1.18 ve 1.29 MPa bulunmuş ve A uygulaması diğerlerinden daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Sonuç olarak, 0-20 cm toprak derinliğindeki penetrasyon dirençlerine göre rototiller ilerleme hızı arttıkça toprak sıkışması azalmış, ancak toprak hacim ağırlıkları sonuçlarına göre toprak sıkışması tespit edilememiştir.

Anahtar sözcükler: Rototiller, toprak sıkışması, penetrasyon direnci, hacim ağırlığı, ilerleme hızı

The Effect of Rotary Tiller Forward Velocity on Soil Compaction and Some Soil physical Properties

Abstract: In this study, the effect of rotary tiller forward velocity on soil compaction and some soil physical properties was investigated. For this purpose, rotary tiller used in seedbed preparation at 2 (A), 3 (B), 4 (C) and (D) forward velocity as treatment was used in this experiment. The forward velocity was adjusted by changing gearbox positions at a fixed engine and PTO revolution. The rotary tiller blade used in the experiment is a L-shaped form. In the research, as indicators of soil compaction; bulk density, porosity, mean weight diameter, and soil penetration resistance were determined.

According to the research results, it was found that the difference between treatments in terms of soil bulk density was not significant. The average soil bulk density for A, B, C, and D treatments were 1.23, 1.18, 1.18, and 1.24 g cm⁻³ respectively. In addition, there was no difference between the treatments for each soil depth of 0-10, 10-20, and 20-30 cm ($p<0.05$). Penetration resistance at 0-80 cm soil depth for A, B, C, and D treatments were found to be 1.84, 1.83, 1.80 ve 1.85 MPa respectively and difference between the treatments was not found significant. However, penetration resistance of 0-20 cm soil depth was found to be 1.47, 1.24, 1.18 ve 1.29 MPa for A, B, C, and D treatments and A treatment was higher than the others ($p<0.05$).

As a research result, soil compaction decreased with increasing the rotary tiller forward velocity according to penetration resistance at 0-20 cm soil depth. But soil compaction could not be determined according to results of soil bulk density.

Key words: Rotary tiller, soil compaction, penetration resistance, bulk density, forward velocity

Giriş

Tarımsal üretimde toprak, temel üretim kaynaklarından biridir. Sürdürülebilir bir üretim için toprak verimliliğinin devamlılığı gerekir. Toprak sıkışması toprağın verimliliğini kısıtlayan önemli etkenlerden biridir. Toprak sıkışması çeşitli dış etkenler nedeniyle yapı içindeki boşlukların azalması ve böylece toprak hacim ağırlığının artmasıdır. Bu dış etkenlerin en önemlileri, toprak işlemede kullanılan tarla yüzeyindeki mekanizasyon araçları trafiği, her yıl aynı derinlikte pulluk ile toprak işleme ve toprak işlemede kullanılan aletlerin özellikleridir.

Ürün yetiştirmek için ideal bir toprak hacimsel olarak %25 su, %25 hava ve %50 oranında mineral madde içermektedir. Hava ve su oranına gözenek hacmi denmekte, gözenek hacminin büyüklüğünün toprak sıkışıklığı ile ilişkili olduğu ve bir toprağın sıkışabilirliği, içerdiği nem içeriği ve kum, kil, silt ve organik madde miktarına bağlı olduğu bildirilmiştir (Uras ve Okursoy, 2006). Toprak sıkışıklığı, dış basınca bağlı olarak topraktaki boşluk oranının hızla azalarak toprak tanelerinin birbirine daha yakın olabilecek şekildeki istiflenme durumudur. Makinalı tarımda toprak sıkışıklığının temel kaynağı, yoğun tarla trafiğine bağlı olarak traktör tekerleri ile toprak arasındaki etkileşimdir (Özgöz ve Okursoy, 2001). Toprak sıkışması üzerine, tekerlek ağırlığı, geçiş sayısı ve ilerleme hızı etkisinin belirlendiği bir çalışmada; düşük ilerleme hızının toprağa değme süresini artırdığı ve böylece sıkışma için kriter olan düşey yükün uygulama süresini artırarak sıkışmayı artırdığı bildirilmiştir (Taghavifar and Mardani, 2014). Pulluk ile toprak işlemede traktör ilerleme hızının toprak fiziksel koşulları üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; koni indeksinin toprak derinliği ve ilerleme hızı artışı ile arttığı bildirilmiştir. Ayrıca, genellikle derinlik artışı ile hacim ağırlığı artmış ancak 15 cm toprak derinliğinde ilerleme hızı artışı ile hacim ağırlığının azaldığı bildirilmiştir (Ahaneku and Ogunjirin, 2005). Yapılan bir çalışmada, rototiller ile toprak işlemede ilerleme hızının bıçaklardaki aşınma üzerine etkisi belirlenmiştir. Çalışma sonucuna göre, düşük ilerleme hızlarında bıçakların toprağa

çarpma sayısının (197) yüksek, yüksek ilerleme hızında toprağa çarpma sayısının (82) ise daha düşük olması nedeniyle aşınmanın düşük hızlarda daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Ünal ve Tümsavaş, 2005). Rototillerin çalışma karakteristikleri gereğince, toprağın parçalanma derecesi bıçak uçları çizgisel hızları ile traktör ilerleme hızları arasındaki orana da bağlıdır (Dilmaç, 1984; Öz, 1979).

Bu çalışmada, rototillerin düşük ilerleme hızlarında işleyici bıçaklar toprağa daha fazla sayıda çarparak sıkışma etkisi yapacağı hipotezinden hareketle, sabit rotor devrinde ilerleme hızı değişimi ile toprak sıkışıklığı arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Deneme, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi'ne ait Araştırma Uygulama Çiftliğinde yürütülmüştür. Deneme alanı konumu; 37°84'02" doğu, 30°53'35" kuzey koordinatlarında ve rakım 1015 m'dir. Deneme alanı 0-23 cm derinlikteki toprak yapısı; %43 kum, %33.9 silt ve %23.1 oranında kil içeren, organik madde oranı ortalama %1.34 ve pH değeri 8.1 olan tınlı toprak bünyesine sahiptir. Topraklar; orta ve orta-ince bünyeli, derin, kireçli, tuzsuz, hafif ve orta derecede alkalın karakterlidir (Akgül ve Başyigit, 2005). Denemede kullanılan rototillerin özellikleri Çizelge 1'de aşağıda verilmiştir.

Denemede, rototilleri çalıştırmak için güç kaynağı olarak 66 kW gücünde çift çeker traktör kullanılmıştır.

Toprak sıkışmasının göstergelerinden biri olan penetrasyon direncinin belirlenmesinde Eijkelkamp Penetrologer (Model 06.15 Eijkelkamp. Giesbeck. The Netherlands) kullanılmıştır. Toprakta düşey yönde hareket eden cihaz, toprağın gösterdiği penetrasyon direncini diğer deyişle toprak sıkışıklığını ölçüp hafızasına kayıt yapmaktadır. Toprak penetrasyon direncini belirlemede kullanılan Penetrologer'in; hafızası 1500, kuvvet çözünürlüğü 1 N, maksimum penetrasyon direnci 1000 N, ölçüm derinliği 80 cm, derinlik çözünürlüğü 1 cm, GPS

doğruluğu 2.5 m'dir. Penetrologger 'ın kullanılan ucunun koni alanı 1 cm² ve uç açısı 60° 'dir. Penetrologger rotunun toprak içine batma hızı sabit ve 2 m s⁻¹'dir.

Toprak sıkışmasının bir diğer göstergesi olan hacim ağırlığının belirlenmesinde, 100 cm³ hacminde ve 5 cm yüksekliğindeki bozulmamış toprak örneği alma silindirleri kullanılmıştır.

Rototillerin farklı ilerleme hızlarında toprağı parçalama boyutlarının belirlenmesinde elek takımı ve sarsıcı kullanılmıştır. Bu amaçla; 32, 16, 8, 4, 2, 1,

0.5 ve 0.25 mm gözenek açıklığına sahip elek takımı kullanılmıştır.

Ayrıca toprak nemi ölçümü ve diğer ağırlık ölçümü için gerekli durumlarda 6 kg kapasiteli ve 0.01 gr hassasiyetindeki terazi kullanılmıştır.

Toprak nemi değerlerinin saptanarak buradan hacim ağırlığı ve porozite değerlerinin belirlenebilmesi için Nüve marka etüv kullanılmıştır. Toprak nemi için örnek almada Eijkelkamp marka toprak burgusu kullanılmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan rototillerin özellikleri

Table 1. Specifications of rotary tiller used in the research

Özellik Specifications	Değer Amount
İş genişliği (cm) Working width (cm)	200
Toplam işleyici bıçak sayısı (adet) Total blade number (time)	42
İşleyici bıçak şekli Blade type	L
Bir flanştaki bıçak sayısı (adet) Blade number on the one flange (time)	6
Rotor çapı (cm) Rotor diameter (cm)	46
Toplam ağırlık (kg) Total weight (kg)	850
Rotor devri (d d ⁻¹) Rotor revolution (d d ⁻¹)	212
Flanş sayısı (adet) Flange number (time)	7

Uygulamalar tesadüf parselleri deneme düzenine göre oluşturulan 2,5x40 m boyutlarındaki parsellere rastgele dağıtılmıştır. Bu amaçla her uygulama 3 tekerrür olmak üzere toplam 12 parsel kullanılmıştır.

Traktör ilerleme hızları sabit motor devirlerinde (2000 d d⁻¹) vites ve takviye konumları değiştirilerek; 2, 3, 4 ve 5 km h⁻¹ olarak seçilmiştir. İlerleme hızları, önce deneme alanı dışında süreölçer tutularak belirlenmiş ve daha sonra deneme parsellerinin işlenmesinde kullanılmıştır.

Farklı ilerleme hızlarında işlenen parsellerin, farklı yerlerinden rastgele cetvel ile 12 tekerrürlü olarak ölçülerek işleme derinlikleri belirlenmiştir.

Toprak hacim ağırlığının belirlenmesi için bozulmamış toprak örneği silindirleri kullanılarak her parselden iki noktadan olmak üzere her bir uygulama için 6 tekerrürlü örnekler alınmıştır. Örnekler 0-30 cm toprak derinliği olmak üzere; 0-10, 10-20 ve 20-30 cm toprak profili kullanılarak üç farklı derinlikten alınmıştır. Alınan örneklerin alt ve üstleri tesviye edilerek kapakları kapatılmış ve laboratuvara taşınmıştır. Alınan örneklerin laboratuvar testleri (24 saat süre ile 105 °C etüvde kurutma) Blake and Hartge (1986); Danielson ve Sutherland (1986) 'e göre yapılmıştır.

Uygulamalara bağlı olarak ortalama ağırlık çaplarını belirlemek için kullanılan

sarsıcı 50 Hz titreşimde 5 dakika olarak kullanılmıştır. Yaklaşık her tekerrür için alınan yaklaşık 500 gram toprak örneği laboratuvar ortamında bir hafta süreyle doğal olarak kurutulduktan sonra elek analizinde kullanılmıştır. Ortalama ağırlık çaplarının belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Gee et al. 1986).

$$MWD = \sum_{i=1}^n (X_i \times W_i) \quad (1)$$

Burada; MWD - ortalama ağırlık çapı (mm). X_i - her bir parçacığın çapı (mm). W_i - boyut aralığındaki parçacıkların ağırlığının toplam materyal örneği ağırlığına oranıdır. Rototiller bıçaklarının bir metre ilerleme doğrultusunda toprağa çarpma sayılarının bulunmasında kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$K = n \times z \times \frac{1}{60 \times v} \quad (2)$$

Burada; K- bıçakların bir metre uzunlukta toprağa çarpma sayısı (adet), n – rotor mili devir sayısı ($d \text{ min}^{-1}$), z – bir kesme düzlemindeki (flaş) bıçak sayısı (adet), v – traktör ilerleme hızı ($m \text{ s}^{-1}$)’dir. Sonuçların değerlendirilmesinde; ilerleme hızları SAS programında bağımsız değişken olarak ele alınmış, penetrasyon direnci, toprak hacim ağırlığı, toprak parçacık büyüklüğü değişkenleri ise bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. SAS (2002)

programındaki PDIFF komutu, toprak frezesi ilerleme hızına göre bağımlı değişken ortalamalarının önem derecelerini karşılaştırmak için kullanılmıştır. Önem derecesi olarak $p < 0.05$ seviyesi seçilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Denemede kullanılan rototillerin farklı ilerleme hızlarında bıçakların toprağa çarpma sayılarının bulunmasında 2 no ‘lu eşitlik kullanılarak bulunan çarpma sayıları Çizelge 2 ‘de aşağıda verilmiştir.

Çizelgeden görüleceği üzere ilerleme yönündeki bir metre uzunlukta çarpma sayıları, ilerleme hızları arttıkça azalmaktadır. Diğer deyişle düşük ilerleme hızlarında rototiller bıçakları toprağa daha fazla sayıda çarpmaktadır. Bu sonuçlar toprağın parçalanma derecesi ile de ilişkilidir. Traktör ilerleme hızı arttıkça daha büyük parçalar elde edilmektedir. Ayrıca çarpma sayıları ile topraktan koparılan dilim kalınlıkları birbiriyle ters bir ilişki içindedir.

Toprağa çarpma sayılarının toprak sıkışmasına etkisinin incelenmesinde denemede ele alınan parametrelerden biri toprak penetrasyon direncinin belirlenmesidir. Bu açıdan yapılan değerlendirmede, penetrologer kullanılarak işleme sonrası her uygulama üç tekerrürlü ve her tekerrür noktasından da üçer kayıt alınmıştır. Şekil 1 ‘de 0-20 cm toprak derinliğinde saptanan penetrasyon dirençleri verilmiştir.

Çizelge 2. Rototiller bıçaklarını toprağa çarpma sayıları ve topraktan koparılan dilim kalınlıklar

Table 2. The number of stroke of the rotary tiller blades to the soil and thickness of soil slices

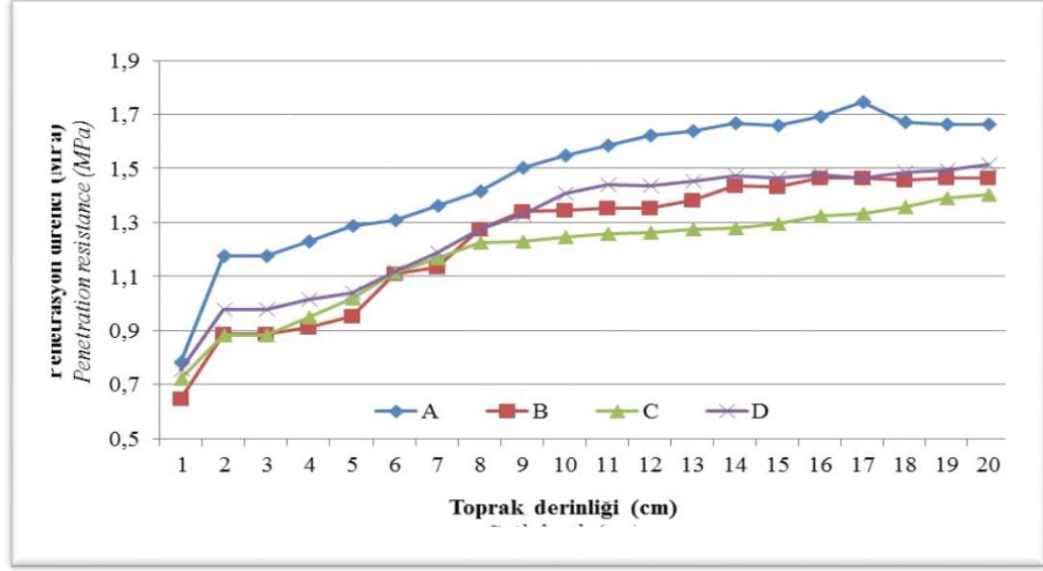
Uygulamalar Treatments	A	B	C	D
İlerleme hızı ($m \text{ s}^{-1}$) Forward speed ($m \text{ s}^{-1}$)	0.55	0.83	1.11	1.38
Çarpma sayısı (adet) Number of stroke (time)	39	26	19	15
Dilim kalınlığı (cm) Slice thickness (cm)	2.6	3.9	5.2	6.5

Elde edilen sonuçlara göre 0-20 cm toprak derinliğinde; A, B, C ve D uygulamaları için ortalama penetrasyon dirençleri sırasıyla.

1.47, 1.24, 1.18 ve 1.29 MPa olarak belirlenmiştir. Bu derinlikteki (0-20 cm) değerlendirme, rototillerin katalogda

bildirilen maksimum iş derinliği olduğu için özellikle ele alınmıştır. Ancak deneme sonrası iş derinliği ölçümlerinde tüm uygulama konularında ulaşılan en az ve en fazla iş derinlikleri 8 ile 17 cm arasında değişmiştir. Toprak işleme sonrası saptanan ortalama işleme derinlikleri A, B, C ve D uygulamaları için sırasıyla; 12.2, 10.2, 10.1

ve 9.5 cm olarak belirlenmiştir. İstatistiksel değerlendirmelerde, A uygulamasındaki toprak işleme derinliğinin diğer uygulamalardan daha yüksek ve istatistiksel olarak farklı ($p<0.05$) olurken, B,C ve D uygulamaları arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 1. Toprak penetrasyon direnci
Figure 1. Soil penetration resistance

Şekilden de görüleceği üzere, A uygulaması penetrasyon direncinin istatistiksel açıdan yapılan değerlendirmelerde B, C ve D uygulamaları penetrasyon dirençlerinden daha yüksek bulunmuştur. Diğer yandan B, C ve D uygulamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p<0.05$). Eğer D uygulaması değerlendirme dışı bırakılacak olursa görece olarak da olsa ilerleme hızı artışı ile penetrasyon direnci azalmaktadır. Uygulama D de ise ilerleme hızının artması ile iş derinliği kısmen azalmış ve bunun sonucunda penetrasyon direnci diğer uygulamalar gibi aynı düzeyde azalmayarak artmıştır.

Ortalama penetrasyon direnci 0-80 cm toprak derinliğinde A, B, C ve D uygulaması için sırasıyla; 1.84, 1.83, 1.80 ve 1.85 MPa olarak belirlenmiştir. Penetrasyon dirençleri açısından 0-80 cm toprak derinliğinde uygulamalar arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($p<0.05$). Uygulamalara bağlı

olarak 0-20 ve 0-80 cm toprak derinliğinde saptanan ortalama penetrasyon direnci değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. İki farklı toprak derinliği için ortalama penetrasyon direnci değerleri
Table 3. Average soil penetration resistance for two different soil depths

Uygulamalar Treatments	Toprak derinliği (cm) Soil depths (cm)	
	0-20 cm	0-80 cm
A	1,47 ^a	1,84 ^a
B	1,24 ^{bc}	1,83 ^a
C	1,18 ^c	1,80 ^a
D	1,29 ^b	1,85 ^a

Sütunlardaki aynı harfler arasındaki farklar önemsizdir ($p>0.05$).

Differences between the same letters in columns are insignificant ($p>0.05$).

Penetrasyon direnci ölçümlerinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde tüm uygulamalarda, toprak profil derinliği

artıkça penetrasyon direnci değerleri artmıştır. Bu sonuçlar daha önceden yapılan birçok çalışma ile uyumludur (Bozkurt ve Akbolat, 2016; Akbolat ve ark., 2009). Görece olarak, uygulamalara bağlı penetrasyon dirençlerinin ilk üç uygulamada (A, B, ve C) azalmasının, rototiller bıçaklarının toprağa çarpma sayısındaki azalmadan kaynaklanmış olabileceği, D uygulamasındaki penetrasyon direnci artışı

ise toprak işleme derinliğindeki azalmadan kaynaklanmış olabilir. D uygulamasında muhtemelen iş derinliğinin azalması gevşetilen toprak kitlesi miktarını azaltmış ve böylece penetrasyon direncinin artmasını sağlamıştır. Akbolat ve ark., (2009) 'a göre toprak işleme derinliği değişimi ile penetrasyon direnci değişmiştir. Uygulamalara bağlı olarak belirlenen toprak hacim ağırlıkları Çizelge 4 'de verilmiştir.

Çizelge 4. Uygulamalara bağlı toprak hacim ağırlıkları

Table 4. Soil bulk density depending on treatments

Uygulama Treatments	Toprak derinliği (cm) Soil depth (cm)			Ortalama (g cm ⁻³) Mean (g cm ⁻³)
	0-10	10-20	20-30	
A	1,07 ^d	1,19 ^{bcd}	1,42 ^{ab}	1,23
B	1,06 ^d	1,10 ^d	1,37 ^{abc}	1,18
C	1,00 ^d	1,12 ^d	1,40 ^{abc}	1,18
D	1,04 ^d	1,18 ^{cd}	1,50 ^a	1,24

Satır ve sütundaki aynı değerler arasındaki fark önemli değildir ($p < 0.05$).

Difference between the same letters in the row and column are insignificant ($p < 0.05$).

Toprak sıkışmasının ele alınan diğer göstergelerinden biri de rototillerin farklı ilerleme hızlarında belirlenen toprak hacim ağırlıklarıdır. Çizelge 4 'den de görüleceği üzere, bu açıdan yapılan değerlendirmelerde uygulamalar arasındaki ortalama değerlerde fark önemli bulunmamıştır ($p < 0.05$). Ancak tüm uygulamalarda derinlik artışı ile toprak hacim ağırlıkları artmıştır. Bu artışlar Bozkurt ve Akbolat (2016) 'ın çalışması ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca D uygulaması dışarıda tutulacak olunursa, ilerleme hızı artışı ile hacim ağırlığı tüm derinliklerde kısmi olarak azalmıştır. Fakat bu azalmalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Şekil 2 'de uygulamalara bağlı olarak toprak hacim ağırlıkları verilmiştir.

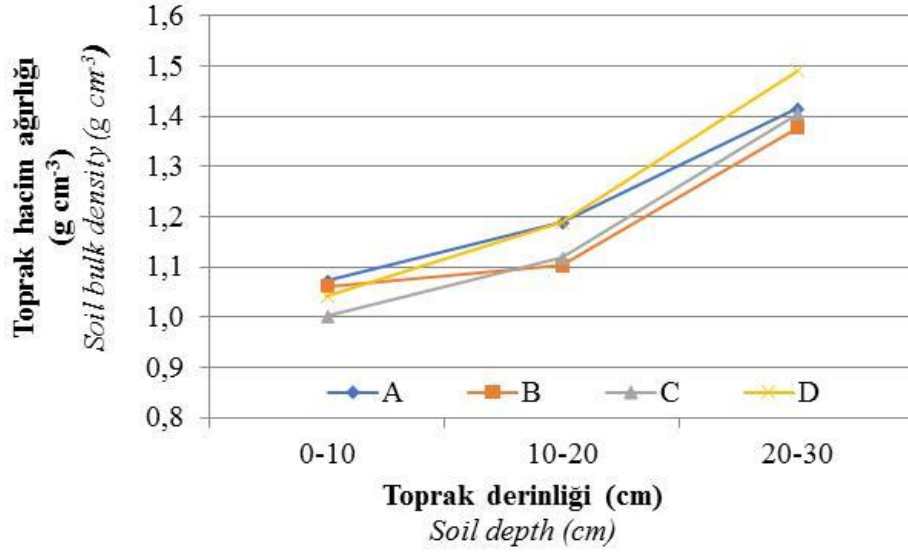
Toprak hacim ağırlığı ortalamaları A, B, C ve D uygulamaları için sırasıyla 1.23, 1.18, 1.18 ve 1.24 g cm⁻³ olarak bulunmuştur. Şekilden de görüleceği üzere derinliğe bağlı olarak uygulamalar birbirlerine oldukça yakındır. Bu sonuçlar, Akbolat ve ark. (2009) 'un aynı çiftlikte daha önce yaptıkları başka bir çalışmada belirlenen ve 1.10 ile 1.50 arasında bulunan hacim ağırlığı

değerleri ile oldukça benzerlik göstermektedir.

Toprak poroziteleri hacim ağırlıkları ile zıt ilişkiye sahip olduğu için uygulamalar ile porozite ilişkileri aynı sonuçları ortaya koymaktadır. Uygulamalara bağlı toprak porozite ortalamaları A, B, C ve D için sırasıyla %53.9, %55.6, %56 ve %53.3 olarak saptanmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p < 0.05$). Derinlik artışı ile porozite artmıştır. Ancak her bir derinlik kendi içinde karşılaştırıldığında uygulamalar arasında fark olmadığı saptanmıştır ($p < 0.05$).

Örneğin 0-10 cm derinlikte A, B, C ve D için toprak poroziteleri sırasıyla %60, %59.9, 62.20, ve %60.70'tir.

Rototiller ilerleme hızlarına bağlı olarak topraktan koparılan dilim kalınlıkları yapılan teorik hesaplamalardan anlaşıldığı üzere birbirinden farklıdır. Ayrıca bu durumu teyit etmek için, toprağı parçalama miktarı ve uygulamalara bağlı olarak karşılaştırma yapabilmek için ortalama ağırlık çapları (MWD) elek analizi yapılarak belirlenmiştir. Saptanan bu değerler Çizelge 5'te verilmiştir



Şekil 2. Toprak hacim ağırlıkları
Figure 2. Soil bulk density

Çizelge 5. Toprak ortalama ağırlık çapları
Table 5. Soil mean weight diameter

Elek çapı (mm) Sieve diameter (mm)	Uygulamalar Treatments			
	A	B	C	D
32	1.32	1.89	3.18	1.52
16	1.64	2.99	2.84	3.13
8	1.63	1.33	1.70	1.58
4	1.62	0.61	0.59	0.63
2	0.27	0.26	0.26	0.25
1	0.11	0.11	0.09	0.12
0.5	0.06	0.05	0.04	0.04
0.25	0.07	0.01	0.01	0.01
Ortalama Mean	0,71^a	0,91^b	1,09^c	0,91^b

GLM çoklu karşılaştırma testine göre, aynı satırdaki değerler arasında fark yoktur ($p < 0.05$).
According to GLM multi comparing test, there is no difference between letters in the same row ($p < 0.05$).

Çizelgeden görüleceği üzere ortalama ağırlık çapları, aynı çap grubunda ilerleme hızı arttıkça daha büyük toprak parçacıkları elde edilmiştir. Bu farklılıklar A, B ve C uygulamaları arasında belirgin olarak gözükmemektedir. Ortalamalar arasındaki bu farklılıklar %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu sonuçlar teorik olarak bulunan değerlerle uyumludur. Ancak D uygulaması teorik sonuçlarla uyumlu değildir. Bunun gerekçesi de iş derinliğindeki azalmaya bağlanabilir.

Deneme arazisinin yakınında daha önce yürütülen bir çalışmada, rototiller ile 3 farklı ilerleme hızlarında elde edilen toprak ortalama parça boyutları arasında farklılık elde edilirken elde edilen ortalama ağırlık çapları 0.4, 1.0 ve 1.5 m s⁻¹ için sırasıyla 0.16, 0.22 ve 0.30 mm olarak bulunmuştur (Bozkurt ve Akbolat, 2016). İlerleme hızının rototiller bıçaklarının toprağa çarpma sayılarını değiştireceği ve buna bağlı olarak artan çarpma sayısının toprakta sıkışmayı neden olacağından hareketle araştırma

kurgulanmıştır. Araştırma sonucuna göre 0-20 cm toprak derinliğinde rototiller ilerleme hızı 0.55 m s^{-1} olan A uygulamasında penetrasyon direnci diğer üç uygulamadan daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, başlangıçta kabul edilen öngörüyü kısmen doğrulamaktadır. İlerleme hızı 1.38 m s^{-1} olan D uygulamasında hem penetrasyon direncinin hem de toprak hacim ağırlığının ilk üç uygulamanın aksine artması toprak işleme derinliğindeki azalmadan kaynaklanmış olabilir. Daha kesin sonuçların elde edilmesi ancak laboratuvar ortamında toprak kanalı deneme düzeninde elde edilebilir. Bu sonuçlara göre rototiller kullanımında toprak sıkışıklığının azaltılabilmesi için, traktör çeki gücünün yeterli olması durumunda hedeflenen iş derinliğinden çok sapmamak koşuluyla ilerleme hızının artırılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Ahaneku, I. E. and Ogunjirin, O. A., 2005. Effect of tractor forward speed on sandy loam soil physical conditions during tillage. *Nigerian Journal of Technology*, 24 (1), 51-57.
- Akbolat, D., Evrendilek, F., Coskan, A. ve Ekinci, K., 2009. Quantifying soil respiration in response to short-term tillage practices: a case study in southern Turkey. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science*, 59 (1), 50-56.
- Akgül, M. ve Başyigit, L., 2005. Süleyman Demirel Üniversitesi Çiftlik arazisinin detaylı toprak etüdü ve haritalanması. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (3): 1-10.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In: Klute A ed. *Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods. Agronomy Monographs 9. American Society of Agronomy (ASA) and Soil Science Society of America (SSSA). Madison. Wisconsin, Pp. 363–375.*
- Bozkurt, Y. E. ve Akbolat, D., 2016. Toprak Frezesi ilerleme Hızının Toprakta Karbondioksit Emisyonu Üzerine Etkisi. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(2), 61-69.
- Danielson, R.E. and Sutherland, P.L., 1986. Porosity. In: Klute A ed. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Agronomy Monographs 9. American Society of Agronomy (ASA) and Soil Science Society of America (SSSA). Madison. Wisconsin. Pp. 443–461.*
- Dilmaç, M., 1984. *Toprak İşleme Aletlerinin Teori Hesap ve Konstrüksiyonu. Türkiye Ziraat Donatım Kurumu Mesleki Yayınları. Yayın No:36, Zonguldak.*
- Gee, G., W., Bauder, J. W. and Klute A., 1986. Particle-size analysis. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*, 383-411.
- Öz, İ.H., 1979. *Ziraat Makinaları. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası. Sayı: 1141. Gümüşsuyu/İstanbul.*
- Özgöz, E. ve Okursoy, R., 2001. Lastik Tekerlekli Traktörlerde Lastik Basıncının Toprak Sıkışıklığına Olan Etkilerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(4), 75-82.
- Taghavifar, H. and Mardani, A., 2014. Effect of velocity, wheel load and multipass on soil compaction. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13(1), 57-66.
- Uras, A. ve Okursoy, R., 2006. *Tarım Topraklarının Sıkışma Sorunları ve Çözüm Önerileri. Tarımsal Mekanizasyon 23. Ulusal Kongresi. 6-8 Eylül, Çanakkale, 51-55.*
- Ünal, H. ve Tümsavaş, Z., 2005. Toprak Frezesi Bıçaklarının Farklı Çalışma Hızlarındaki Aşınma Durumlarının İncelenmesi. *Uludağ Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 51-62.