

**FINDIK ZURUF KOMPOSTUNUN
SIKIŞTIRILMIŞ KİLLİ TINLI BİR
TOPRAĞIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ
YASEMİN BİROL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

**T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FINDIK ZURUF KOMPOSTUNUN SIKIŞTIRILMIŞ KİLLİ TINLI BİR TOPRAĞIN
FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YASEMİN BİROL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

**AKADEMİK DANIŞMAN
Doç. Dr. DAMLA BENDER ÖZENÇ**

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından 03/06/2010 tarihinde yapılan sınav ile Toprak Anabilim Dalı YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Damla Bender ÖZENÇ (Danışman)



Üye : Doç. Dr. Tayfun AŞKIN



Üye : Doç. Dr. Orhan DENGİZ



ONAY :

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

05/07/2010



Yrd. Doç. Dr. Beyhan TAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V-

FINDIK ZURUF KOMPOSTUNUN SIKIŞTIRILMIŞ KİLLİ TINLI BİR TOPRAĞIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışmada, findık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tınlı toprağın, saturasyon yüzdesi, pF1 ve pF1.7’de tutulan su miktarları, havalanma porozitesi, tarla kapasitesi, solma noktası, yarayışlı su, hidrolik iletkenlik, makro ve mikro por miktarı gibi bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre, killi tın toprakta, findık zuruf kompostunun beş farklı karışım oranı (%0, %1, %2,%3, %4, hacimsel olarak), 3 farklı nem düzeyi (hava kuru, tarla kapasitesinin %60’ı ve tarla kapasitesinin %75’i düzeyinde), 1 basınç düzeyi ve 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, toprakların nem düzeyleri arttıkça sıkışmanın etkisi artmıştır. Uygulanan zuruf kompostu dozlarının oranı arttıkça da, toprak özellikleri pozitif yönde etkilenmiştir. Tarla kapasitesinin %75’i düzeyinde nem içeren koşullardaki sıkıştırma ve toprağa %4 oranında findık zuruf kompostunun karıştırılması, toprağın saturasyon yüzdesi (%64.10), pF1 ve pF1.7’de tutulan su miktarları, havalanma porozitesi (%18.95), makro por miktarı (%29.57) ve solma noktası üzerine en fazla etkiyi sağlamıştır. Tarla kapasitesi değeri üzerine ise yine aynı nem düzeyindeki sıkışma etkili olmuş, %3’lük kompost uygulaması (%40.56) yeterli bulunmuştur. Toprağın yarayışlı su miktarı üzerine sadece findık zuruf kompost uygulamaları önemli olup, %4’lük doz uygulaması ile en yüksek değer (%3.90) elde edilmiştir. Diğer taraftan, killi tın toprağın hidrolik iletkenliği üzerine hava kuru durumda yapılan sıkışma uygulamaları (8.37cm.h⁻¹) daha etkili olmuş, ancak kompost dozlarının oranı arttığında bu değerde artış (6.24cm.h⁻¹, %4’lük doz) meydana gelmiştir. Toprağın makro por miktarındaki artışa bağlı olarak mikro por miktarında azalma meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıkışma, kompost, nem içerikleri, hidrolik iletkenlik

EFFECT OF HAZELNUT HUSK COMPOST ON PHYSICAL PROPERTIES OF COMPACTED A CALY-LOAM SOIL

ABSTRACT

In this study, effect of hazelnut husk compost on some physical properties as saturation percentage, pF1 and pF1.7 moisture contents, aeration porosity, field capacity, wilting point, available water content, hydraulic conductivity, macro and micro pore content were researched. Trial was carried out according to randomized parcels experimental design and clay loam soil, five different mixing ratio (0%, 1%, 2%, 3%, 4%, volumetrically), three different moisture levels (air dry, 60% of field capacity and 75% of field capacity levels), one pressure and three replications. According to the results obtained, when soils increased moisture levels, the effect of compaction increased. Also, with adding different rates of compost applications to the soil, this increase was positively affected. When soil was compacted at the 75% of field capacity moisture level and was mixed with the rate of 4% of hazelnut husk compost, the maximum effect provided on saturation percentage (64.10%), pF1 and pF1.7 water contents, aeration porosity (18.95%), macro pore content (29.57%) and wilting point of soil. The compaction at the same moisture level has been effective on the field capacity and the rate of 3% of compost application (40.56%) was found to be sufficient. Hazelnut husk compost applications were significant only on available water content of soil; the highest value (3.90%) was obtained with the rate of 4% of compost application. On the other hand, compaction at the air dry condition was more effective on hydraulic conductivity (8.37cm.h^{-1}) of clay loam soil. When the ratio of compost increased, this value (6.24cm.h^{-1} , the rate of 4%) increased. The amount of micro pore decreased depending on increasing the amount of macro pore of soil.

Key Words: Compaction, compost, moisture contents, hydraulic conductivity

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her safhasında çeşitli katkı, öneri, yardım ve desteği ile çalışmalarını yönlendiren danışmanım değerli hocam sayın Doç. Dr. Damla Bender ÖZENÇ'e, yine benden yardımlarını esirgemeyen OMÜ Toprak Ana Bilim Dalı öğretim üyesi değerli hocam Doç. Dr. Orhan DENGİZ'e tez çalışmalarımda yakın ilgi ve destek gösteren, yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarımda maddi ve manevi katkısı bulunan Arş. Gör. Akif Açıkgöz'e de en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ordu 2010

Yasemin BİROL

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1.1. Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler	20
Çizelge 3.1.2. Fındık zuruf kompostuna ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	21
Çizelge 3.1.3. Araştırmada Kullanılan Materyallerin Hacim Esasına Göre Karışım Oranları.....	22
Çizelge 4. 1.1.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi-tınlı bir toprağın saturasyon yüzdesi üzerine etkisi.....	26
Çizelge 4.1.2.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi-tınlı bir toprağın 1pF’de tutulan yüzde su miktarı üzerine etkisi.....	28
Çizelge 4.1.3.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi-tınlı bir toprağın 1.7pF’de tutulan yüzde su miktarı üzerine etkisi.....	29
Çizelge 4.2.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi-tınlı bir toprağın havalanma porozitesi üzerine etkisi.....	30
Çizelge 4.3.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi-tınlı bir toprağın tarla kapasitesindeki su miktarı üzerine etkisi.....	31
Çizelge 4.4.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi-tınlı bir toprağın solma noktasındaki su miktarı üzerine etkisi.....	32
Çizelge 4.5.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi-tınlı bir toprağın yarayışlı su miktarı üzerine etkisi.....	33
Çizelge 4.6.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi-tınlı bir toprağın hidrolik iletkenliği üzerine etkisi.....	34
Çizelge 4.7.1.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi-tınlı bir toprağın makropor dağılımı üzerine etkisi.....	35
Çizelge 4.7.2.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi-tınlı bir toprağın mikropor dağılımı üzerine etkisi.....	36

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	IV
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1 Materyaller.....	20
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1 Analiz Yöntemleri.....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
4.1. Rutubet Tansiyon Değerleri.....	25
4.1.1. Saturasyon Yüzdesi.....	25
4.1.2. 1 pF’de Tutulan Yüzde Su Miktarı.....	27
4.1.3. 1.7 pF’de Tutulan Yüzde Su Miktarı.....	28
4.2.Havalanma Porozitesi.....	29
4.3.Tarla Kapasitesi.....	30
4.4.Solma Noktası.....	32
4.5.Yarayışlı Su.....	32
4.6.Hidrolik İletkenlik.....	33
4.7.Makropor ve Mikropor.....	35
4.7.1. Makropor Miktarı.....	35
4.7.2. Mikropor Miktarı.....	36
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	38
KAYNAKLAR.....	39
EKLER.....	45

1. GİRİŞ

Optimal bir bitki gelişimi için, toprakların bitki besin elementi statüleri ve çeşitli kimyasal özelliklerinin yanında toprakta uygun bir hava-su dengesinin varlığı da gereklidir. Toprak gözeneklerinin büyüklük ve dağılımındaki değişimler topraktaki hava-su dengesini yönlendirmek suretiyle, bitki gelişimini olumlu ya da olumsuz şekilde etkilemektedir.

Bitki gelişmesi açısından toprağın fiziksel koşullarının uygun olmaması; toprak suyu, toprak havası, toprak sıcaklığı ve çimlenme açısından olumsuz bir etki meydana getirmektedir. Bu etki, kök gelişimi ve sürgün çıkışına karşı mekanik bir engellemeye neden olabilmektedir. Toprak ortamında mekanik engellemeye neden olan en önemli faktör, toprak yüzeyinde oluşan kaymak tabakası ve toprak işleme derinliği altında ortaya çıkan pulluk tabanı gibi toprak sıkışmasıdır. Tarım alanlarında sıkışma, üretim kapasitesinin ciddi bir biçimde azalmasına neden olduğundan, tarımsal açıdan önemli bir problemdir (Aksakal, 2003).

Tarım tekniğinin ilerlemesi ve modern makinelerin yaygınlaşması, günümüz tarımına büyük bir iş kolaylığı ile zaman kazanımı getirmiş ve çalışma verimliliği olumlu yönde etkilenmiştir. Buna paralel olarak, tarımda kullanılan tarım alet ve makinelerinin sayıları ve ağırlıklarında da hızlı bir artış olmuştur. Bunun sonucunda tarla trafiği çok yoğunlaşmış ve tarım topraklarında önemli bir sorun olan toprak sıkışması ortaya çıkmıştır.

Toprak sıkışması, dinamik bir yük veya basınç altında toprak tanelerinin tertiplenme tarzının bozularak birbirlerine daha yakın bir şekilde yeniden tertiplenmeleri suretiyle, porozite ile boşluk oranını azalması ve toprak hacim ağırlığının artması şeklinde tanımlanmaktadır. Sıkışma sonrasında, toplam porozite ve ortalama por büyüklüğü, bir başka ifade ile toprağın toplam hacmi azalmakta, toprak parçacıklarının birbirlerine yaklaşması ile toprağın dayanımı ve hacimsel yoğunluğu artmaktadır. Toprak sıkışması ile topraktaki makroporların azalması, bunların yerini mikroporların alması sonucunda bitki gelişimi ve köklerin toprağa yayılmaları azalır, topraktaki su ve hava hareketleri sınırlanır ve tohumun çimlenmesi yavaşlar. Sonuç olarak, toprağın yapısal özelliklerinin ve fonksiyonlarının değişmesi ile verimde düşüş meydana

gelmekte; ayrıca, toprağın işlenmesi de zorlaşmaktadır. (Kok ve ark., 1996; McBride ve ark., 1997; Kirişci, 1999b; Anonim, 2002).

Tarım arazilerinde sıkışmanın başlıca nedeni toprak işleme, ekim ve hasat alet ve makineleridir. Sıkışma derecesi, bu alet ve makineler ile toprağın özelliklerine bağlıdır. Alet ve makinelerin ağır veya hafif, toprağın kuru veya nemli, kaba veya ince tekstürlü olması, toprak işleme alet ve makinelerinin toprağı işleme tarzı ve etki süresi, toprak sıkışmasını etkileyen faktörlerdir.

Tarla trafiğı, toprak sıkışmasının temel faktörüdür. Traktör ve ekim makinesi gibi tarımsal araçların tekerlekleri en önemli sıkışma vasıtalarıdır. Özellikle nemin uygun olmadığı koşullarda toprakların işlenmesi veya hasat sonrası tarla yüzeyindeki bitkisel artıkların hayvanlara otlatılması şeklinde uzaklaştırılması önemli derecede toprak sıkışmasına yol açmaktadır.

Tarla trafiğı, bitkisel üretimin gerçekleştirildiğı ortamlarda çok sık makine kullanımını ifade eden bir kavramdır. Bir bitkisel üretim sezonunda, toprak işleme ve tohum yatağı hazırlamadan makineli ekime, ekimden bakım, ilaçlama ve gübreleme işlemleri ile hasat faaliyetlerine kadar geniş bir zaman süreci içerisinde yoğun makine kullanımının tarım toprakları üzerindeki sıkıştırma etkisi, yoğun tarla trafiğı olarak tanımlanmaktadır. Yoğun tarla trafiğı, toprak yüzeyinden başlayarak belirli bir derinliğe kadar olan katmanı, zamanla sıkıştıran ve bitkisel üretim için oldukça olumsuz olabilecek koşulları oluşturan bir faktördür.

Toprak sıkışması, toprak mukavemeti, hacim ağırlığı, gözeneklilik ve gözenek boyutu gibi fiziksel özellikleri etkilemektedir (Anonim, 1996). Orta ağır topraklarda hacim ağırlığı 1.5-1.6 g/cm³'ün üzerine çıktığında toprakta sıkışma olduğu kabul edilebilir. Bir toprakta ortalama olarak %50 olması gereken gözeneklilik oranı, %35 ve daha az olduğunda toprakta sıkışmaya bağlı olumsuz etkiler görülmeye başlanmaktadır (Bal, 1985).

Sıkışma, ülkemizde özellikle ağır bünyeli toprak yapısının yaygın olduğu bölgelerde çözümlenmesi gereken önemli sorunlardan birisidir (Korucu ve ark., 2003). Son yıllarda, ürün rotasyonundaki azalma, toprak işleme başta olmak üzere yapılan tarımsal üretim faaliyetleri sırasında kullanılan traktör ve makinelerin gerek kapasite ve gerekse ağırlık yönünden artan tarla trafiğı sıkışma problemini de beraberinde

getirmektedir (Kok ve ark.,1996). Topraklar veya toprak tabakaları tekstür durumlarına, rutubet durumlarına ve strüktür yapılarına bağlı olarak sıkışmaya uğrayabilirler (Munsuz, 1982).

Toprak strüktürü sıkışmada önemli bir rol oynar. Organik madde içeriği yüksek olan bir toprak, genellikle daha iyi bir strüktürel yapıya sahiptir. Bu nedenle, bu tür topraklar, organik madde içeriği düşük olan topraklardan sıkışmaya karşı daha dayanıklıdır. Bunun nedeni, organik maddenin etkisiyle daha büyük ve güçlü agregat oluşumuna yardım etmesidir. Sert ve düşük organik madde içeriğine sahip olan topraklar, gevşek, yoğun organik madde içeren topraklara göre daha fazla sıkışmaya maruz kalmaktadırlar.

Toprak idaresinde birinci işlemlerden birisi, mümkün olduğu kadar toprak sıkışmasını en aza indirmektir. İkinci işlem ise, toprak işleme ve araçların trafiği sonucu oluşan ve arzu edilmeyen ölçülere varan sıkışmayı düzeltmektir (Munsuz, 1982). Sıkışmanın önlenmesi veya azaltılabilmesi için en iyi yaklaşım, basınç yaratan işlemleri ortadan kaldırılmak veya asgariye indirmektir. Bilindiği gibi, toprak üzerinde aşırı oynamalar, aynı zamanda toprak strüktürünün bozulması ve verimin azalmasına neden olur.

Aşırı sürüm, toprak agregatlarının kırılmasına neden olarak zayıf strüktürlü ve yüksek sıkışma potansiyeline sahip bir yapıya dönüşmede etkili olmaktadır. Ürün artıkları, çeşitli atıklar ve atık yönetimi toprak strüktürünü ve dolayısıyla da sıkışmanın oluşma potansiyelini etkilemektedir. Yüzeyde bozulmamış yaprak atığı işlemleri, organik madde düzeyini koruyarak, organik madde içeriğinin artışına yardım etmektedir. Bu da strüktür gelişimi için yararlı ve gereklidir; dolayısıyla da sıkışmayı azaltıcı rol oynamaktadır. Bu nedenle, topraklarda organik materyalin korunması ve sürekliliğin sağlanması, toprak sıkışmasının önlenmesinde etkili bir yol olarak düşünülmektedir (Korucu ve ark., 2003).

Organik materyalin korunması ve sürekliliğinin sağlanması toprağa organik madde ilavesi ile mümkün olmaktadır. Organik madde, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine önemli etki yapar. Toprağın iyi bir strüktür kazanması, agregatların stabil hale gelmesi, toprağın su tutma kapasitesi, havalanması ve iyi tav durumunu muhafaza etmesi gibi fiziksel özellikler geniş ölçüde organik madde ile ilgilidir (Ertop,

2002). Günümüzde bu amaçla su yosunu, kan tozu, kemik unu, çay atığı, çöpler, evsel atıklar, hayvan gübreleri, fındık zurufu gibi değişik organik atıklar kullanılmaktadır (Eskici, 2004).

Fındık zurufu, fındık meyvesini dıştan saran, başlangıçta yeşil renkli bir bitki dokusudur. Hasat olumunda tabandan başlayarak sarımsı-kırmızımsı ya da kırmızımsı-kahverengi bir renk almaktadır ve harman yerlerinde ayıklama makineleri ile fındıktan ayrılmaktadır. Hasat sonunda 1 kg fındıktan yaklaşık 1/3 oranında kuru kabuklu fındık elde edilmekte ve 1/5 oranında kuru zuruf arta kalmaktadır. Ülkemizde fındık yetiştiriciliğinin yapıldığı alan miktarı yaklaşık olarak 500 000 ha olup, 2000- 2008 yılları arasındaki son yedi yıllık üretim ortalaması 510 000 ton kabuklu fındıktır ve her yıl ortalama 400 000 ton kuru fındık zurufu açığa çıkmaktadır (FAOSTAT, 2009). Karadeniz Bölgesi'nde her yıl çok fazla miktarlarda açığa çıkan bu materyalin çok az bir kısmı hayvan altlığı olarak kullanıldıktan sonra araziye geri verilmektedir. Geri kalan büyük kısmı ise ya yakılarak imha edilmekte ya da değerlendirilmeyen bir atık materyal şeklinde durmaktadır. Genelde değerlendirilmeyen ve işletmeler için sorun oluşturan bir materyal şeklinde bulunan fındık zurufu, bölgede değerlendirilmeyi bekleyen büyük bir potansiyel olarak durmaktadır. Hasat sonrası atığı halindeki fındık zurufunun kompostlandıktan sonra bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, organik bir materyal olarak kullanımı bakımından değerlendirilebilecek değerlere sahip olduğunu göstermektedir (Çalışkan ve ark., 1996; Özenç ve Çalışkan, 2001; Bender Özenç, 2005).

Toprak işleme yöntemleriyle meydana gelen toprak sıkışmasını azaltmak için uygulanan toprak idare yöntemlerinden birisi toprağın organik madde içeriğinin korunması ve devamlılığının sağlanmasıdır. Karadeniz Bölgesi'nde yoğun bir şekilde üretimi yapılan fındığın hasat artığı olarak açığa çıkan zurufun kompostlanmasıyla elde edilen organik materyalin değerlendirilmesi için, farklı oranlarda fındık zuruf kompostu karıştırılan ve farklı nem düzeyine sahip olan toprak örneklerine, yaklaşık olarak tarım alet ve makinelerinin tarla topraklarında oluşturduğu ortalama basınca eşdeğer bir basınç uygulanarak ortaya çıkan sıkışmanın, killi tın bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimleri izlemek amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER (LİTERATÜR ÖZETLERİ)

Topraklarda sıkışma ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu araştırma sonuçları, sıkışmanın bitki gelişimini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.

Zeinel- Abedine ve ark. (1979), ağırlık yükünden ileri gelen sıkışmanın etkisi ile toprağın hidrolik iletkenliğinde meydana gelen değişikliği araştırmak amacıyla yaptıkları tarla koşullarına benzer şekilde düzenlenmiş laboratuvar çalışmaları sonucunda, hidrolik iletkenlik (K) değerinin derinliğe bağlı olarak azaldığını ve bu azalmanın ana nedeninin ağırlık yükünden ileri gelen gözenek hacmi azalması olduğunu belirtmişlerdir.

Akalan ve Coşan (1980), yaptıkları araştırmada traktör tekerleklerinin toprağı sıkıştırdığını, üzerinden traktör geçirilmeyen kontrol parsellerde toprağın hacim ağırlığının 1.31 gr/cm^3 ve toplam boşlukların % 49.3 düzeyinde bulunduğunu, ancak sıkıştırılmış parsellerinde toprağın hacim ağırlığının 1.49 gr/cm^3 'e yükselirken toplam boşlukların % 42.3'e düştüğünü rapor etmişlerdir.

Conover ve Poole (1981), farklı oranlarda peat ve çam kabuğu karıştırılmış toprağa 0, 0.1, 0.2, 0.3 kg/cm^2 'lik basınç uygulamışlar ve basıncın artmasıyla kapillar olmayan boşluklar yüzdesinin azaldığını belirtmişlerdir.

Munsuz (1982), sıkışmış toprağın hidrolik iletkenliğinin, fazla poröz veya iyi agregatlaşmış toprağa nazaran daha az olduğunu, hidrolik iletkenliğin yalnızca toplam boşluklara bağlı olmayıp birinci derecede iletkenliği sağlayan gözeneklerin büyüklüğüne bağlı olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, sıkışmanın etkisi ile toprağın orijinal büyük gözeneklerinin sıkışarak orta büyüklüğe dönüştüğünü, sıkışmada agregatlar arasındaki küçük boşlukların etkisiz kaldığını, toplam boşluk ve özellikle büyük agregatlar arasındaki gözeneklerin hacminin azaldığını ifade etmiştir.

Marti (1983), farklı tipteki topraklarda yaptığı araştırma sonuçlarına göre, ıslak toprak koşullarında 10-15 cm'lik üst toprak katmanında yoğun traktör trafiği sonucunda beklenilenin dışında toplam boşlukların yükseldiğini ve hacim ağırlığının azaldığını, buna karşılık nemli toprak koşullarında aynı yoğunluktaki traktör trafiği ile toplam boşlukların azaldığını ve hacim ağırlığının arttığını bildirmiştir.

Munsuz ve Ayyıldız (1983), tarım alet ve makinelerinin toprakta oluşturduğu basınçlar nedeniyle meydana gelen toprak sıkışmasını araştırdıkları çalışmalarında, tınlı ve killi bünyedeki toprakta gyttja materyalini çeşitli oranlarda karıştırarak şu sonuçları bulmuşlardır. Her iki toprak çeşidine de gyttja materyalinin karıştırılması ile kontrole nazaran hacim ağırlığının düştüğünü saptamışlar ve tarım topraklarının organik madde ve su tutma kapasitesi yüksek olan materyallerin karıştırılması ile toprak sıkışmasının en az düzeye ineceğini rapor etmişlerdir.

Swinford ve Boevey (1984), yaptıkları denemede tarla toprağına 3.7t ve 5.7t'luk yüklerle uyguladıkları sıkıştırma işlemi sonucunda, toprağın hacim ağırlığının ortalama %5 arttığını, hava dolu boşluklar miktarının ise ortalama %40 azaldığını belirlemişlerdir.

Munsuz (1985)'a göre, topraklarda sıkışmanın önemli nedenlerinden birisi de, hayvanların uygun olmayan rutubet koşullarında otlatılmasıdır. Bu şekilde hayvan otlatma ile üst toprağın hacim ağırlığı 1.22 gr/cm³' den 1.43 gr/cm³' e yükselmiş ve buna bağlı olarak hava dolu gözenek hacmi %17.3' den %7.2'ye düşmüştür.

Ohu ve ark. (1985), turba yosununun sıkışmış toprakların fiziksel özelliklerine etkisini araştırmak üzere farklı düzeylerde turba yosunu içeren üç toprak tipinde sıkıştırma denemeleri yapmışlardır. Deneme sonucunda, sıkışmanın etkisiyle toprakların suyun girişine olan dirençlerinin arttığını, ayrıca yarayışlı su kapasitesi ve doymuş hidrolik iletkenliklerinde bir azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar organik maddenin genellikle sıkışmış bir toprağın su tutma kabiliyetini arttırdığını, yarayışlı su kapasitesini genişlettiğini, doymuş hidrolik iletkenliğini arttırdığını ve su girişine olan direnci azalttığını rapor etmişlerdir.

Voorhees ve ark. (1985), Batı Minnesota'daki tarla parsellerinde dikim öncesi teker trafiğinin toprak sıkışması ve "Era" yazlık buğday gelişimi üzerine etkilerini ölçmüşlerdir. Kontrollü teker trafiğinin uygulandığı denemede teker izli topraktaki buğday gelişiminin, teker izi olmayan topraktakinden daha iyi olduğunu ve verimin %53'e kadar arttığını gözlemişlerdir.

Barken ve ark. (1986), ıslak toprak üzerindeki traktör trafiğinin por hacmini azalttığını, büyük agregatlar (20 mm<) yüzdesini iki katına çıkardığını, buğday verimini yaklaşık %25 azalttığını ve denitrifikasyon yoluyla N kaybının arttığını bulmuşlardır.

Bu parametrelerin düşük toprak nem içeriğinde yapılan traktör trafiğinden etkilemediğini, traktör ağırlığının (1800 kg vs 4800 kg) sıkışmanın ölçülen parametreler üzerindeki etkisinde de önemli değişimlere neden olmadığını gözlemişlerdir.

Douglas ve Crawford (1991), çavdar çimi üretiminde gerçekleşen tarımsal işlemler ile oluşan sıkışmanın hacim ağırlığını önemli oranda artırdığını, ilkbahar trafiğinden sonra toprak hacim ağırlığında büyük artışların meydana geldiğini gözlemişlerdir. Nitrojen alımındaki azalmanın toprak yoğunluğu ve trafik miktarının artışıyla yakından ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Rusanov (1991), trafiğin ürün verimliliği ve toprak üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla çeşitli topraklarda yaptıkları araştırmada, sadece toprak sıkışmasının ortaya çıktığı yılda değil, takip eden yıllarda da ürün verimlerinde azalma meydana geldiğini rapor etmiştir. Ürün verimindeki değişimlerin çoğunlukla teker ve palet basıncının büyüklüğüne bağlı olduğunu belirtmiştir. Modern makine trafiğinin toprak struktürü bozulmasına ve toprağın kültivasyona karşı direncinde oldukça büyük bir artışa neden olduğunu bildirmiştir.

Çarman (1994), sıkışmış toprağın fiziksel özelliklerinde değişiklikler olduğunu, hacimsel yoğunluk kesme ve penetrasyon dirençlerinin arttığını, gözenekliliğin özellikle makro gözeneklerin azaldığını bildirmiştir.

Ekwue ve Stone (1995), toprak kıvamlılık limitlerine göre belirlenen farklı nem değerlerinde uyguladıkları sıkışma için 4 farklı dozda (% 0, 4, 8 ve 12 oranıyla) çiftlik gübresi ve peat ile karıştırılan iki Trinidadian toprağında 5, 15 ve 25 standart Proctor darbelerini kullanmışlardır. Organik maddenin sıkışmış tarımsal toprakların direnç özellikleri üzerine etkisinin organik materyalin tipine ve sıkışmadaki toprak nemi seviyesine bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Alakukku (1996)'ya göre, ağır römorklu traktörle yapılan 1 geçiş ve 4 tekrarlamalı geçiş, toprakları 0.4- 0.5 m derinlikte sıkıştırmış, pulluk katmanında meydana gelen sıkışma doğal süreçler ve toprak sürümü ile azalmıştır.

Baran ve ark. (1996), killi- tınlı tekstüre sahip bir toprağa 0.00, 0.21, 1.98 ve 3.95 kg/cm²'lik sıkıştırma basıncı uygulamanın ve % 0, 1, 2 ve 4 düzeylerinde organik materyalle karıştırmanın; toplam boşluklar yüzdesi, havalanma porozitesi, yarayışlı su miktarı ve su iletkenliği gibi fiziksel özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir.

%4'ten daha düşük düzeyde organik materyalle karıştırılan topraklarda tüm sıkıştırma düzeylerinde toprak özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiğini, toprakları sadece %4 oranında organik materyalle karıştırmanın yararlı su miktarı hariç diğer özelliklerini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Hansen (1996), farklı yöntemlerle toprağa uygulanan sığır gübresinin, toprak sıkışması üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Farklı gübre uygulama yöntemleri arasında, toplam verimde sadece küçük farklılıklar kaydetmiştir. Sıkışmanın verim üzerinde daha etkili olduğunu, toprak sıkışmasının hava dolu gözenek boşluğunu %12'den %7'ye düşürdüğünü ve toprak solucanı kitlesini ve sayısını azalttığını bildirmiştir.

Bender ve ark. (1997), farklı sıkıştırma sürelerinin (1, 2 ve 4 dakika) ve farklı sıkıştırma basınçlarının (0.00, 1.98 ve 3.00 kg/cm²) killi- tınlı tekstürlü bir toprağın bazı fiziksel özelliklerindeki değişimlere etkisini incelemiştir. Sıkışma süresinin artmasına bağlı olarak örneklerin toplam porozitelerinde istatistiksel olarak önemli bir azalış olduğunu, makro porozite ve su iletkenliği özelliklerindeki değişimin önemsiz bulunduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, yararlı su içeriklerinde ise ancak 3 kg/cm²'lik sıkıştırma düzeyinde önemli bir farklılık meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Gemtos ve Lellis (1997), iki farklı toprak tipi, iki farklı toprak su içeriği ve %1 oranındaki organik madde ilavesi ile yürüttükleri bir sera denemesinde, sıkışmanın pamuk ve şeker pancarı bitkilerinin birincil gelişimi ve yüzeye çıkışı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlar, şeker pancarının sıkışmaya pamuktan daha fazla duyarlı olduğunu göstermiştir. Sıkışmanın kök kuru madde miktarını azalttığını, artan organik maddenin sıkışma ile toprak hacim ağırlığında küçük bir artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Çıla (1999), toprak ve çiftlik gübresi ile hazırlanan karışımların farklı nem düzeyleri ve farklı sıkışma basınçları altında bazı fiziksel özellikleri ile basınç karşısındaki davranışlarını ortaya koymak için laboratuvar koşullarında yürüttüğü çalışmada, topraklara karıştırılan çiftlik gübresinin, topraklarda sıkışma eğilimini azalttığını, su ve hava permeabilitesini arttırdığını bildirmiştir.

Malkawi ve ark. (1999), toprağa 8 farklı oranda karıştırılan organik maddenin (peat), toprağın fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Organik madde içeriğinin artmasıyla toprağın plastiklik indeksinin azaldığını, organik

maddenin, toprakların optimum su içeriğinde artış ve maksimum kuru ağırlığında azalma meydana getirdiğini, bununla birlikte; organik maddenin toprağın sıkışabilirliğini azalttığını, ancak; çok az organik madde içeren toprakların sıkışabilirliğinin hala devam ettiğini gözlemişlerdir.

Kozłowski (1999), toprak sıkışmasının yüksek düzeylerinin bitki gelişimi ve verimi üzerine zararlı etkilerini araştırmıştır. Sıkışmanın genellikle toprak agregatlarında bozulma meydana getirdiğini, hacim ağırlığı, toprak porozitesi, havalanma ve infiltrasyon kapasitesini arttırdığını; aynı zamanda toprak direnci, toprak erozyonu ve yüzey su akışında artış meydana getirdiğini ve toprak strüktürünü değiştirdiğini bildirmiştir. Fark edilebilir toprak sıkışmasının bitkilerde fizyolojik difüzyona yol açtığını, ayrıca bitkilerdeki büyüme hormonlarının dengesinde ve miktarında değişimlere özellikle, absisik asit ve etilende artışlara neden olduğunu gözlemiştir. Hem toprakaltı hem de yüzey toprak sıkışması ile önemli mineral besinlerin absorpsiyonunun, çok sıkışmış toprakta gelişen bitkilerin fotosentez oranının, daha küçük yaprak alanlarının bir sonucu olarak toplam fotosentezin azaldığını rapor etmiştir.

Richard ve ark. (1999), geniş nem koşulları altındaki tarla trafiğinden (ekim, hasat vb.) sonra oluşan toprak sıkışmasını araştırdıkları çalışmalarında, strüktürel porozitenin tarla çalışmasının tipine ve traktör boyutuna bağlı olduğunu, strüktürel porozitenin, ekim ve hasat işlemlerine göre tohum- ekim hazırlığından sonra daha fazla olduğunu gözlemişlerdir. Teker geçişinde toprak su içeriği arttığında, strüktürel porozitenin lineer olarak azaldığını, sıkışmış bölgelerde toprak neminin hasat için $> 0.15\text{g.g}^{-1}$, ekim için $> 0.16\text{g.g}^{-1}$ ve tohum yatağı hazırlığı için $> 0.21\text{g.g}^{-1}$ arttığını belirtmişlerdir.

Şeker ve Işıldar (2000), kumlu tın tekstüre sahip toprağın yüzeyinden lastik tekerlekli bir traktör geçişinin, toprak profilindeki gözenekliliğe ve sıkışmaya etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, tarla kapasitesine yakın su içeriğine sahip toprak üzerinden farklı sayıda (1, 2 ve 4 geçişi) traktör geçişleri yapılarak, toprak profilinde meydana gelen gözeneklilik değişimlerini ve sıkışma durumlarını incelenmişlerdir. Traktör geçişinin, kontrol parseli ile kıyaslandığında, toprağın kütleli yoğunluğunu ve penetrasyon direncini artırdığını, toplam gözenekliliği, boşluk oranını, havalanma ve drenaj gözenekleri yüzdesini azalttığını belirtmişlerdir. 1 ve 2 defa traktör

geçişinin bitkiye faydalı suyun tutulduğu gözenek yüzdesini önemli ölçüde etkilemediğini, 4 defa traktör geçişinin ise bu değeri artırdığını gözlemişlerdir.

Yavuzcan (2000), 7 farklı toprak işleme sisteminin ve arkasından gelen tekerlek trafiğinin (22 kN aks yükü) toprağın mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine olan etkilerini incelemiştir. Çizel sistemlerindeki tekerlek trafiğinin sıkışma üzerindeki etkisinin geleneksel toprak işlemeye göre düşük olduğunu, toprak direnci ile yüksek oranda ilişkili olan tekerlek geçişi esnasında toprakta stres oluşumunun meydana geldiğini gözlemlemiştir. Her iki toprak işlemenin ve trafiğin etkisinin, agregat büyüklüğü farkına sebep olduğunu bildirmiştir.

Dijck ve Asch (2002), sık traktör trafiğini gerektiren bağ ve meyve bahçelerindeki sıkışma derecesini ve infiltrasyon üzerine toprak sıkışmasının etkilerini araştırmışlardır. Toprak altı sıkışmasının işlemeye değil teker yüküne bağlı olduğunu bildirmişler ve bağlardaki sürüm işlemleri bittikten sonraki 5 yıl içinde sıkışmayı hafifletmişlerdir. Yağış simülasyonu testleri ile inceledikleri alt toprak sıkışmasının, infiltrasyon üzerine etkisinin olmadığını gözlemişlerdir. Bağcılık ve meyve üretimine bağlı traktör trafiği sıklığının, tınlı topraklar üzerindeki yüzey akışını arttırmadığını belirtmişlerdir.

Duada ve Samari (2002), traktör trafiğinin neden olduğu toprak sıkışmasının börülce verimi üzerine olan etkisini, 5 farklı geçiş sayısının uygulandığı kumlu tınlı bir toprakta incelemiştir. Sonuçlar, artan traktör trafiğinin toprak kuru hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, toprak ve bitki nem içeriği ve bitki sap kalınlığını arttırdığını, bitki yüksekliğini de azalttığını göstermiştir. 555 kg/ha olan traktörün 20 geçişinden en düşük verim elde edilmişken, en yüksek tane verimi ortalama 276.5 kg/ha olan 1.37 MPa penetrasyon direnci ve ortalama 1.58Mg/m³ hacim ağırlığı ile 10 traktör geçişinde gözlenmiştir.

Yavuzcan ve ark. (2002), tipik İç Anadolu toprağında, genellikle mısır ve buğday üretiminde kullanılan çoğu tarım ekipmanlarıyla oluşan direnci araştırmışlardır. Her bir rotasyon için 3 farklı sürüm yöntemi ve benzer tarla işlemlerinin kullanıldığı araştırmada, daha fazla gevşemeye neden olan saban pulluğu ile yapılan sürümün toprak direncini azalttığını bulmuşlardır. Doğal süreçler ve makine trafiğinin önceden olduğu gibi benzer değerlerde, toprağın tekrar sıkışmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Alakukku ve ark. (2003), sıkışmayı önlemede önemli olan değişkenleri belirlemek için tarla trafiği nedeniyle alt toprak sıkışmasını ele almışlardır. Yüklü bir teker altında, topraktaki basıncın derinlikle birlikte azaldığını, uygulanan basıncın alt toprak kapasitesinden daha yüksek olduğunda, alt toprak sıkışması riskinin de fazla olduğunu gözlemlemişlerdir. Nemli koşullardaki yüksek basınçta uygulanan ağır teker yükleri ve teker izindeki pulluk sürümünün alt toprak sıkışmasının en önemli nedenleri olduğunu bildirmişlerdir. Alt toprak sıkışmasını engellemek için, makine ve ekipmanların lastik şişme basıncının düşük olması ve teker yüklerinin kontrol edilerek alt toprağın mevcut basıncının ayarlanması gerektiğini rapor etmişlerdir.

Defossez ve ark. (2003), kültürel işlemlerin tarımsal makinelerle oluşan toprak sıkışması üzerine etkilerinden dolayı, kültürel işlemlere ilişkin alınan kararlarda toprak su içeriğinin önemli bir faktör olduğunu bildirmişlerdir. İşlenmiş katmanda tekerle olan sıkışmanın, toprak su içeriği ile birlikte teker izi derinliğinde ve kuru hacim ağırlığında artışlar olduğunu rapor etmişlerdir.

Lipiec ve ark. (2003), Orta ve Doğu Avrupa'da yaptıkları araştırmada toprak, ürün tipi ve toprak ıslaklığı ile ilişkili olan toprak sıkışmasına karşılık olarak, kök gelişimi ve fonksiyonlarındaki varyasyonları incelemişlerdir. Toprak sıkışmasının, köklerin morfolojik ve anatomik modifikasyonları üzerine etkisinin olduğunu gözlemişlerdir.

Zeytin ve Baran (2003), fındık zurufu kullanarak kumlu tınlı ve killi tınlı toprakların bazı fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, agregat boyutu ve inkübasyon zamanına bağlı olarak kompostlanmış fındık zurufunun, suya dayanıklı agregat, hidrolik iletkenlik, toplam porozite ve makro por yüzdesini arttırdığını göstermiştir.

Eaton ve ark. (2004), yabancı çam gelişiminde organik maddenin, sıkışma ve vejetasyon kontrolünden etkilenebilen *Collembolan*'ın fazla olup olmadığını belirlemek için yaptıkları araştırmada, sıkışmanın *Collembolan* popülasyonunu önemli oranda etkilemediği, organik maddenin azalması ve vejetasyon kontrolünün genellikle *Collembolan* popülasyonunda önemli bir azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Horn (2004), toprak işleme çalışmalarından dolayı adım adım ilerleyen toprak bozulmasının, su ve rüzgar ile olan toprak erozyonu ve gaz emisyonunun, ürün

üretimini ve üründeki verim belirsizliğini etkilediğini bildirmiştir. Hacim ağırlığının zamanın etkilerine daha az duyarlı olduğunu; sıkışma öncesi stres, kayma mukavemeti ve hidrolik iletkenlik gibi materyal özelliklerinin zamana bağlı olarak değiştiğini bulmuştur. Korumalı işlemenin bir türü olan Horsch sistemi ile başlanan çalışmada, yaklaşık olarak 3 yıl sonra üst toprakta hidrolik iletkenlik ve toprak direncinin sırasıyla 500 cm.d^{-1} ve 50 kPa ' dan fazla arttığını, hatta geleneksel yolla işlenen araziler için uygun değerler ile kıyaslandığında hacim ağırlığının daha yüksek olduğunu gözlemiştir.

Bender Özenç (2005), killi tınlı toprak ve kompostlanmış fındık zurufundan elde edilen farklı fraksiyon ve oranlardaki karışımın, bitki yetiştirme ortamı olarak kullanımını araştırmıştır. Killi tınlı toprağa %8 oranında ilave edilen kaba fraksiyonun (2-4 mm ve 4-6.35mm) toprağın fiziksel özellikleri üzerinde, ince fraksiyonun da (0-2mm ve 2-4 mm) toprağın kimyasal özellikleri üzerinde daha iyi etkiler gösterdiğini belirtmiştir.

Hamza ve Anderson (2005), daha önce yapılan araştırmaların bir genelmesini yaptıkları çalışmalarında; aşırı mekanizasyon, yoğun ürün üretimi, kısa ürün rotasyonları, yoğun otlatma ve uygun olmayan toprak yönetiminin sıkışmaya neden olduğunu rapor etmişlerdir. Yine, düşük toprak organik madde içeriği ve yüksek toprak nem içeriğinde otlatma veya sürüm yapılmasının sıkışmayı şiddetlendirdiğini gözlemlemişlerdir. Toprak sıkışmasının toprak direncini artırdığını, toprağın fiziksel verimliliğini azalttığını ki bunun da ilave gübre gereksinimine ve üretim maliyetinin artmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu olumsuz etkilerin sıralanmasından sonra bitki gelişiminde azalmanın oluşması, toprağa daha düşük düzeyde organik madde girişine, besin döngüsü ve mineralizasyonun azalmasına ve kültivasyon aletlerinin aşındırma ve parçalama etkilerinin artmasına neden olduğu rapor edilmiştir.

Scott ve ark (2005), kum, silt ve kilin hakim olduğu topraklarda, kışlık buğday parsellerinin kenar ve orta sıraları arasındaki toprak ve bitki karakteristiklerindeki farklılıkları incelemişlerdir. Risk oluşumunu azaltmak amacıyla, tohum yatağında meydana gelen, kök gelişiminde önemli sınırlamalara neden olmayan toprak sıkışmasının, en uygun tarımsal uygulamaların belirlenmesine yönelik olan faaliyetlerin gerektiğini bildirmişlerdir.

Servadio ve ark. (2005), tek ve çift lastikli 2 farklı teker konfigürasyonu kullanılan bir traktörün aynı izdeki 1-4 geçişi ile oluşan sıkışmanın etkilerini durdurmak

amacıyla, önceden pulluk sürümü ve tırmık geçişi yapılan sürdürülebilir toprakta tarla çalışmaları yürütmüşlerdir. Makro porozitedeki (0- 0.10 m ve 0.11- 0.20 m derinlikte) azalmanın traktörün tek lastikli düzeneğini kapsayan uygulamalarda, çift lastikli düzenekteki uygulamalardan daha fazla olduğunu gözlemişlerdir. Farklı lastik düzeneği ile gerçekleşen traktör trafiğinin, hidrolik iletkenliği azalttığını, hidrolik iletkenlik, kapillar boşluklar ve toplam makroporozite arasında oldukça önemli ilişkiler olduğunu bulmuşlardır. Bununla birlikte, incelenen toprak katmanında, çift lastikli traktör geçişlerindeki toprak sıkışması derecesinin tek lastikli geçişlerdekine göre daha düşük olduğunu gözlemişlerdir.

Yavuzcan ve ark. (2005), 2 işleme sisteminin (geleneksel pullukla işleme ve azaltılmış çizel sürümü) kullanıldığı şeker pancarı hasadı süresince hacim ağırlığı, toprak direnci, porozite, doymun hidrolik iletkenlik ve hava geçirgenliğindeki değişimleri incelemişlerdir. Düşük ve yüksek toprak su koşullarında geleneksel pulluk sürümünün (CT) uygulandığı parsellerde gerçekleşen sıkışmanın, düşük nem koşullarındaki hacim ağırlığı değerlerini yüksek nem koşullarındaki değerlere göre daha az etkilediğini ve en belirleyici faktörün toprak su içeriği olduğunu gözlemişlerdir. Orta derecedeki toprak su içeriğinin, geniş çapta kaba por içeren porozite, hava geçirgenliği, toplam porozite ve hacim ağırlığı bakımından trafikten sonra daha iyi toprak koşulları sağladığını rapor etmişlerdir.

Botta ve ark. (2006), sıkışmış toprakta iki farklı sürüm derinliğinde fiziksel toprak özellikleri, kök gelişimi, ayçiçeği verimi ve trafik sıkışmasını incelemişlerdir. Derin sürüm işlemlerinden sonra penetrometre direncinin azaldığını ve ayçiçeği verimininse arttığını gözlemlemişlerdir. Alt toprak sıkışmasının sürgün gelişimi ve ürün verimini etkileyerek, ayçiçeğinin kök sisteminde değişimlere neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Chan ve ark. (2006), killi bir toprakta traktör teker trafiğinin agronomik sonuçlarını çalıştıkları denemede, derin işleme ile önceden oluşan alt toprak peninin giderilmesinden sonra, kontrollü trafik koşulları altında gerçekleşen traktör trafiğinden dolayı sıkışmanın tekrar ortaya çıktığını gözlemişlerdir. İkinci üretim yılında, teker izleri altında (0.05- 0.10 m derinlik) toprağın, en yüksek penetrometre direnci ve hacim ağırlığı ile en düşük havalanma porozitesi gösterdiğini gözlemişlerdir. Teker izleri

altındaki katmanda, kanola ve buğday kök gelişiminde önemli bir azalmanın olduğunu keşfetmişlerdir. Derin yırtma gibi kontrollü trafik sistemlerinin uygulanması ile topraklardaki sıkışma oranının yavaşlayacağını rapor etmişlerdir.

Li ve ark. (2006), sıfır işleme ve anız örtülü işlemeyi kapsayan 100 kW'lık traktör çalışmasının uygulandığı ağır killi bir toprakta, işleme ve trafiğin yüzey akışı, toprak suyu ve ürün yetiştirme üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sıfır işlemedeki yüzey akışı 31 mm'ye (% 15.7) düşerken, kontrollü trafik parsellerindeki ortalama yüzey akışının ise teker geçişi olan parsellerdeki yüzey akışından daha düşük (%36.3) olduğunu gözlemişlerdir.

Sidhu ve Duiker (2006), yol lastikleri veya 3 dingilli bir kamyon ile her yıl sıkıştırmanın uygulandığı işlemsiz ve sıraya işleme çalışmasında; mısır bitki popülasyonu, boyu ve verimi üzerine toprak sıkışmasının etkilerini araştırmışlardır. Toprak sadece 1 yıl boyunca yol lastikleri ile sıkıştırıldığında sıkışmanın devam etmediğini, toprağın 3 dingilli bir kamyon ile sıkıştırıldığında, birinci yılda üründe azalmanın olduğunu gözlemişlerdir. Her yıl yol lastikleri ile yapılan sıkışmanın ürün veriminde önemli azalmalar meydana getirdiğini bulmuşlardır. Sıkışmadan sonra yapılan sıraya işlemenin kontrole göre 1 yılda ürünü %17 artırdığını belirtmişlerdir. Ağır trafiğin devam etmesi ile ürün gelişiminde kayıpların olacağını rapor etmişlerdir.

Zhang ve ark (2006), sıkışma üzerine traktör ağırlığının etkisi, işleme ve traktör geçişi sayısının penetrasyon direnci üzerine etkisi ve sıkışmanın ürün verimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Düşük güçteki traktör ile yapılan işlemenin orta güçlü traktör işlemesine göre geçiş sayısının fazla olmasından dolayı daha fazla sıkışmış pulluk katmanı oluşturduğunu gözlemişlerdir. Penetrasyon direncinin buğday tarlasındaki trafik uygulamasından sonra, 5-14 cm derinlikte en yüksek değerler gösterdiğini bulmuşlardır. Traktör geçişi sayısının artmasıyla ürün veriminin azaldığını, sıkışmanın mısır ve yazlık buğdayda farklı verim kayıpları oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Ampoorter ve ark. (2007), iki kumlu orman toprağında penetrasyon direnci ve hacim ağırlığı üzerine patinaj trafiğinin etkilerini araştırmışlardır. Farklı patinaj devri sayısı uygulamasıyla oluşan farklı sıkışma düzeylerinde gerçekleştirilen çalışmada, bozulmamış yüzey (UD), teker izlerinin arası (BT) ve izlerin içinde (WT) hacim ağırlığı ve penetrasyon direncini ölçmüşlerdir. Hasat makinesinin tek geçişinin uygulandığı

WT'de UD ye göre, toprak profilinin 30 m den daha yukarisinda penetrasyon direnci ve hacim ağırlığının daha fazla artış gösterdiğini bulmuşlardır. 40 cm kalınlığındaki yığın atıkların olduğu yerlerden alınan ölçümlerin, sıkışma düzeyini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Çimen ve ark. (2007), toprak hümik asidi ve toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine kompostlanmış fındık zurufunun etkilerini belirlemek için yürüttükleri çalışmada, kompost uygulamasının toprak organik madde içeriğini 3 yılda %3.18'den %3.89'a çıkardığını bulmuşlardır. 5.37 olan toprak pH'sının kompost uygulamasından sonra 5.61'e çıktığını, hümik asit ve benzeri materyallerin N içeriği %2-6 olan hümik materyallerin beklenen oranda olduğunu bildirmişlerdir.

Mari ve ark. (2007), lastikli traktör (TW), paletli traktör (TC) ve sıkışmanın uygulanmadığı (C) killi tınlı bir toprakta yürüttükleri araştırmada toprak özellikleri, ürün kök gelişimi ve bitki büyümesi üzerine işleme makineleri trafiğinin (TMT) etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar, uygulamalar arasında oldukça önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, bitki boyu hasat zamanında $P \leq 0.01$ ve $P \leq 0.05$ düzeylerinde önemli farklılıklar gösterdiğini, TW1, TW2 ve TW3'de; TC1, TC2 ve TC3'dekinden daha uzun bitkiler üretildiğini bildirmişlerdir. Makine geçişlerinin büyüme parametrelerini önemli oranda etkilediğini ve en düşük kuru madde verimi ve diğer verim bileşenlerini verdiğini gözlemlemişlerdir. Toprak hacim ağırlığı, toprak direnci ve toprak neminin TC3 ve TW3 uygulamalarındakiler hariç, makine geçişleri altında genellikle arttığını rapor etmişlerdir.

Schäffer ve ark (2007), iki trafik denemesinin uygulandığı bir toprakta, kombine bir hasat makinesi ile ıslatılmış deneme alanı içinden ilk yılda iki ve takip eden yılda 10 geçişin yapıldığı çalışmada, aynı iz boyunca iki geçişin sadece zayıf sıkışma etkilerine neden olduğunu gözlemişlerdir. 10 geçişten sonra, derin teker izlerinin olduğunu ve kaba porozitenin alt toprağın aşağısında şiddetli derecede azaldığını ve ilave geçişlerin daha büyük ölçüde sıkışmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Bender Özenç ve Özenç (2008), fındık zuruf kompostu, çiftlik gübresi, peat ve tavuk gübresinin toprağın hacim ağırlığı, su tutma karakteristikleri, por oranı, strüktürel stabilite ve toprak organik karbonu gibi fiziksel özellikler üzerindeki kısa dönem etkilerini belirlemek için yürüttükleri araştırmada, pozitif etkilerin olduğunu

gözlemişlerdir. Fındık zuruf kompostunun toprağın hacim ağırlığını azalttığını, buna karşılık toprağın toplam porozitesini, tarla kapasitesindeki su tutma oranını ve toprağın solma noktasını arttırdığını belirlemişlerdir. Fındık zuruf kompostunun diğer organik materyallere nazaran C/N oranının yüksek olmasından dolayı toprağın strüktürel stabilitesi üzerine etkilerinin üçüncü yılda ortaya çıktığını, buna dayanarak organik gübre olarak 2 yıl sonra uygulanabileceğini önermişlerdir.

İç ve Gürsel (2008), yaptıkları çalışmada; tütün atığının kil, tın ve kum bünyeli toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Uygulanan tütün atığının toprakların pH (8.0), hacim ağırlığı (1.017 gr.cm^{-3}) değerlerini azalttığını; ortalama ağırlıklı çap (0.981 mm), agregat stabilitesi (%46.73), doymun hidrolik iletkenlik (44.975 cm.h^{-1}), elektriksel iletkenlik (4.129 dS.m^{-1}) ve organik karbon (%1.37) değerlerini ise önemli oranda arttırdığını saptamışlardır.

Bender Özenç ve Özenç (2009a), fındık zuruf kompostunun farklı dozlarının toprak geçirgenliği üzerine uzun dönem etkilerini değerlendirmek için yaptıkları araştırmada; hidrolik iletkenlik, su tutma kapasitesi, kullanılabilir su içeriği, makro-por ve mikro-por yüzdesi ve bazı toprak özelliklerini incelemişlerdir. Organik materyal uygulamalarının toprak hidrolik iletkenliğini artırdığını, ancak bu etkinin uzun vadede azaldığını tespit etmişlerdir. İlk yılda, kompost uygulamalarının belirlenen toprak özelliklerini düzelttiğini bildirmişlerdir.

Bender Özenç ve Özenç (2009b), hasat ürünü olan, tarımsal payı büyük fındık zurufunun komposta dönüştürülebileceğini ve organik gübre olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Doğal koşullar altında yürütülen 4 yıllık çalışmada, fındık zurufunun C/N oranını, organik madde içeriği, organik karbon yüzdesi, pH, elektriksel iletkenlik (EC), katyon değişim kapasitesi (CEC), toplam nitrojen (N), fosfor (P), potasyum (K) kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), manganez (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu) içeriğini incelemişlerdir. İkinci yıl doğal koşullar altında korunan fındık zurufunun yüksek C:N oranına sahip ve organik materyal olarak kullanıma elverişsiz olduğunu, üçüncü ve dördüncü yıllarda ayrışması tam olmasa da tarımda kullanılabilceğini bildirmişlerdir. Üstelik fındık zurufundaki besin elementi içeriğinin ayrışma periyodu süresince azaldığını, fakat organik materyal olarak kullanılması için değerlerin kabul edilebilir sınıra altına düşmediğini gözlemişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyaller

Denemede kullanılan toprak örneği, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama arazisinden, 0-20 cm derinlikten alınmış olup, killi tın bünyeye sahiptir. Organik materyal olarak İndore yöntemine göre kompostlanmış fındık zuruğu kullanılmıştır. Öncelikle materyallerin tanımlanması amacıyla temel bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış ve sonuçlar çizelgeler halinde aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.1.1, Çizelge 3.1.2).

Çizelge 3.1.1. Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Toprak Özellikleri	Analiz Sonucu
Tekstür Sınıfı	Killi tın
Hacim Ağırlığı (g.cm ⁻³)	1.20
Tarla Kapasitesi (%)	24.57
Solma Noktası (%)	13.77
Hidrolik İletkenlik (cm.h ⁻¹)	1.85
pH (1:2.5)	7.50
Total tuz (%)	0.04
CaCO ₃ (%)	2.4
Organik Madde (%)	2.19

Çizelge 3.1.2. Fındık zuruf kompostuna ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fındık zuruf kompostu	Analiz Sonucu
Hacim Ağırlığı (g.cm ⁻³)	0.16
Kolay Alınabilir Su (%)	23.87
Havalanma Kapasitesi (%)	31.85
Su Tamponlama Kapasitesi (%)	7.27
pH (1:3)	6.13
EC (dS.m ⁻¹)	0.888
Organik Madde (%)	74.25

Denemenin amacına göre, toprak örnekleriyle ve zuruf kompostu hacimsel olarak değişik oranlarda karıştırılarak farklı karışımlar hazırlanmıştır. Karışım oranları 1 dekar toprağa karıştırılan materyal miktarları temel alınarak belirlenmiştir.

Hazırlanan karışımlar hacimsel olarak şöyledir:

%100 Toprak (kontrol)

%99 toprak + %1 fındık zuruf kompostu

%98 toprak + %2 fındık zuruf kompostu

%97 toprak + %3 fındık zuruf kompostu

%96 toprak + %4 fındık zuruf kompostu

Hacim esasına göre hazırlanan karışımlarda kullanılan materyallerin miktarları Çizelge 3.1.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.1.3. Araştırmada kullanılan materyallerin hacim esasına göre karışım oranları

Karışım oranları	Karışımlar (%Hacim)	
	Toprak	Zuruf
0	80.0	-
1	79.2	0.8
2	78.4	1.6
3	77.6	2.4
4	76.8	3.2

3.2. Yöntem

Denemede kullanılan orta bünyeli toprak örneği ve organik materyal olarak kullanılan fındık zuruf kompostu kurutulduktan sonra, 4 mm'lik elekten elenmiş ve belirlenen oranlarda karıştırılarak çeşitli karışımlar hazırlanmıştır.

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş, tek toprak çeşidi, tek organik materyal, organik materyale ait 4 farklı karışım oranı, 1 basınç düzeyi, 3 farklı nem düzeyi ve 3 tekerrürlü olarak her muamelede bir kontrol uygulanarak yürütülmüştür. Toprak örneği içerisine hacim ağırlığı esasına göre %0, %1, %2, %3, %4 oranında zuruf kompostu ilave edilmiştir. Elde edilen karışımlar altları tülbentle bağlanmış yaklaşık 80 cm³'lük bozulmamış örnek alma kaplarına doldurulmuştur.

Deneme öncesi toprak örneğinin ve karışımların tarla kapasiteleri belirlenerek iki farklı nem düzeyi için örnekler, tarla kapasitelerinin %60'ı (N2) ve %75'i (N3) oranında nemlendirilmiştir. Nemlendirme işlemi laboratuvar koşullarında bir leğen içerisinde örneklerin alttan ıslatılarak kapillarite yoluyla doygun duruma getirilmesi ve doygun örneklerin kurumaya bırakılarak her gün belirli aralıklarla tartılması şeklinde yapılmıştır. Belirlenen nem düzeyine ulaşan örnekler 3 kg/cm²'lik basınca karşılık gelen 50 kg'lık bir ağırlık altında 15 dakika süreyle sıkıştırılmışlardır. Sıkıştırma işleminden

sonra tüm örnekler hava kuru nemdeki (N1) örneklerle birlikte tekrar su dolu bir leğen içerisine konulmuş ve sature hale getirilmiş ve bundan sonra işleme alınmışlardır.

Örneklerin sıkıştırılması için 3kg/cm^2 'lik basınç değerinin esas alınmasının nedeni, bu değerın çeşitli tarım alet ve ekipmanlarının tarla topraklarında oluşturdukları basınçların ortalamasına eşit bulunmasıdır (Munsuz, 1985).

3.2.1. Analiz Yöntemleri

Denemede kullanılan fındık zuruf kompostuna ait bazı özelliklerin belirlenmesinde kullanılan yöntemler aşağıda belirtilmiştir.

Hacim ağırlığı: 10cm tansiyona maruz bırakılan organik materyallerde De Boodt ve ark. (1973) tarafından belirtilen formül ile hesaplanarak belirlenmiştir.

Kolay alınabilir su yüzdesi: 10cm tansiyonda tutulan hacimsel su miktarından, 50cm tansiyonda tutulan hacimsel su miktarının çıkartılarak hesaplanmasıyla belirlenmiştir (De Boodt ve ark., 1973).

Havalanma Kapasitesi: Toplam gözenek hacminden, 10cm tansiyonda tutulan hacimsel su miktarının çıkartılmasıyla hesaplanarak belirlenmiştir (De Boodt ve ark., 1973).

Su tamponlama kapasitesi: 50cm tansiyonda tutulan hacimsel su miktarından 100cm tansiyonda tutulan hacimsel su miktarının çıkartılarak hesaplanmasıyla belirlenmiştir (De Boodt ve Verdonck, 1973).

pH: 1:3 organik materyal–saf su oranında hazırlanmış süspansiyonlarda pH-metre ile potansiyometrik olarak ölçülmesi yolu ile belirlenmiştir (Gabriels and Verdonck, 1992).

Elektriksel iletkenlik: 1:3 organik materyal–saf su oranında hazırlanmış süspansiyonlarda elektrik akımına karşı direncin ölçülmesi yolu ile belirlenmiştir (Gabriels and Verdonck, 1992).

Organik madde: $550\pm 25^\circ\text{C}$ ' de 4 saat süreyle yakılması ve organik madde kayıplarının % olarak fırın kuru ağırlık hesaplanmasına dayanan, kuru yakma yöntemiyle belirlenmiştir (DIN 11542, 1978).

Deneme toprağına ve karışımlara ait çeşitli özelliklerin belirlenmesinde kullanılan yöntemler aşağıda belirtilmiştir.

Tekstür: Hidrometre yöntemi (Bouyoucos 1951) ve tekstür üçgeni ile (Soil Survey Staff, 1951)

Hacim Ağırlığı: Hacmi bilinen örnek kabına alınan bozulmamış materyallerin fırın kuru ağırlıklarının toplam hacme bölünmesiyle, Blake ve Hartge (1986)'da belirtildiğı şekilde tespit edilmiştir.

Tarla kapasitesi (pF 2.54): Basınca dayanıklı seramik levhalar kullanılmak suretiyle, 1/3 atmosferde tutulan su miktarının ölçülmesi, Klute (1986)'da belirtildiğı şekilde yapılmıştır.

Solma noktası (pF 4.2): Basınca dayanıklı seramik levhalar kullanılmak suretiyle, bozulmamış toprak örneklerinin 15 atmosferde tuttuğı su miktarının ölçülmesi, Klute (1986)'da belirtildiğı şekilde yapılmıştır.

Yarayışlı Su: 1/3 atmosfer basınç altında toprakta tutulan su miktarından, 15 atmosfer basınç altında tutulan su miktarının çıkarılması esasına dayanan yöntemle (U.S.Salinity Lab. Staff, 1954) belirlenmiştir.

Serbest Karbonatlar: Seyreltik hidroklorik asitle muamele edilen topraktan çıkan CO₂'in ölçülmesi ve ölçülen CO₂ miktarından, karbonat miktarının hesaplanması esasına dayanan Scheibler kalsimetresiyle belirlenmiştir (Çağlar, 1958).

Toprak Reaksiyonu (pH): Saturasyon çamurunda ve 1:2.5 oranındaki karışımda hidrojen iyon aktivitesinin, pH-metre yardımıyla potansiyometrik olarak ölçülmesiyle saptanmıştır (U. S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Tuzluluk (Elektriksel İletkenlik): Suyla doymun toprakta ve 1:2.5 toprak-su karışımında elektriğı geçirmeye karşı olan direncin ölçülmesiyle belirlenmiştir (U. S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Organik Madde: Walkley-Black ıslak yakma yöntemiyle toprakta bulunan karbonun saptanması ve buradan organik madde miktarlarının hesaplanması Nelson ve Sommers (1982)'da belirtildiğı şekilde yapılmıştır.

Rutubet-Tansiyon Değerleri (pF 0, pF 1.0, pF 1.7): Suyla doymunluk örneklerin alttan ıslatılarak doymun hale getirilmesi, pF 1.0 ve pF 1.7 ise doymun örneklerde gerekli

tansiyonların yaratılması esasına dayanan yöntemle belirlenmiştir (De Boodt ve ark., 1973).

Havalanma Porozitesi: Organik materyallerin pF 0'daki suyla doygunluk değerlerinden, pF 1.7' de tutulan nem değerinin çıkarılmasıyla belirlenmiştir (Munsuz, 1982).

Makro Por: Toplam poroziteden (pF 0), 50 cm tansiyonda tutulan hacimsel su miktarının çıkarılması suretiyle bulunmuştur (Munsuz, 1982).

Mikro Por: Toplam poroziteden (pF 0), makro por miktarının çıkarılması suretiyle bulunmuştur (Munsuz, 1982).

Hidrolik İletkenlik: Bir hidrolik yük altında bulunan belirli kalınlıktaki toprak sütunun gözeneklerinden, birim zamanda hacim olarak geçen suyun ölçülmesi esasına dayanan sabit düzeyli su geçirgenlik seti ile saptanmıştır (Klute ve Dirksen, 1986).

3.2.2. İstatistiksel Analiz

Deneme sonunda elde edilen veriler "MSTATC" paket programında tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre varyans analizi ile analiz edilmiş ve istatistiksel olarak önemli bulunan uygulamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testinde yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölüm içerisinde, farklı oranlarda fındık züruf kompostu ilave edilen killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde (hava kuru (N1), tarla kapasitesinin %60'ı (N2) ve tarla kapasitesinin %75'i (N3) düzeyinde) sıkışma uygulanarak oluşturulan deneme faktörlerinin, toprağın rutubet-tansiyon değerleri (pF0, pF1 ve pF1.7), havalanma porozitesi, tarla kapasitesi, solma noktası, yarayıklı su içeriği, makro ve mikro por dağılımı ve hidrolik iletkenlik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. İncelenen bu parametreler üzerine her bir faktörün etkisi, ana faktörler ve ana faktörler arasında meydana gelen etkileşimler sırasında değerlendirilmiştir. Ana faktörler arasındaki farklılıklar büyük harfle, interaksiyonlar arasındaki farklılıklar ise küçük harflerle gösterilmiştir. Denemede elde edilen bulgular ve bunlarla ilgili tartışmalar ayrı başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

4.1. Rutubet-Tansiyon Değerleri

Toprak rutubet-tansiyon birimi basınç birimleri, cm su sütunu (cmSS) bazen de pF cinsinden ifade edilmektedir. pF, cm cinsinden belirtilen toprak rutubet tansiyonunun logaritmasıdır ve toprak neminin toprak taneleri tarafından tutulma gücü olarak tanımlanmaktadır. Topraklar tüm tansiyon düzeylerinde belirli miktarda su tutma kapasitesine sahiptir. Bu değerlerin belirlenmesi, tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi bakımından önem arz etmektedir. Bu bakımdan, topraklara ait rutubet değerleri için belirleyici noktaların belirli tansiyon düzeylerinde ölçülmesi gerekmektedir.

4.1.1. Saturasyon Yüzdesi

Gözenekleri tümüyle su ile dolmuş olan bir toprak sature (doygun) haldedir ve bu koşullarda toprakta bulunan nem miktarına saturasyon noktası denilmektedir. Saturasyon, topraklar için özellikle sulama açısından önemli rutubet değerlerinden birisidir.

Farklı oranlarda findık zuruf kompostu karıştırılan killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın toprağın saturasyon yüzdesi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Ek-A'da, saturasyon yüzdesine ait ortalama değerler Çizelge 4.1.1.1'de verilmiştir.

Denemeye ait verilerin değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlara göre, toprağın saturasyon yüzdesi üzerine, farklı oranlarda findık zuruf kompostu uygulamaları ve farklı nem düzeylerinde yapılan sıkışmanın etkileri önemli farklılıklar meydana getirmiştir. Ayrıca, ana faktörlerin etkileri birbirinden bağımsız olmayıp, kompost uygulamaları ve nem düzeyleri arasındaki interaksiyonun da istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Ek-A).

Çizelge 4. 1.1.1 Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın saturasyon yüzdesi üzerine etkisi

Nem	Doz					
	0	1	2	3	4	Ort.
N1	50.82d	50.99d	51.61d	52.40d	53.93cd	51.95 B
N2	51.35d	51.74d	52.17d	53.59cd	54.82bcd	52.73 B
N3	52.61d	53.53cd	60.26abc	62.28ab	64.10a	58.56 A
Ort.	51.59 B	52.09 B	54.68 AB	56.09 A	57.62 A	

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Doz için LSD ($p<0.01$)=4.403, Nem için LSD ($p<0.01$)=3.411, Doz X Nem için LSD ($p<0.01$)=7.627

**N1: Hava kuru durumdaki toprak, N2: Tarla kapasitesinin %60'ı düzeyinde nem içeriği,

N3: Tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeriği

Çizelge 4.1.1.1'de görüleceği gibi, toprağa zuruf kompostu uygulanması, saturasyon yüzdesini artırmıştır. Kontrol grubunda bu değer %51.59 iken, uygulanan doz miktarı arttıkça saturasyon değeri artmış, %4'lük kompost ilavesi ile en yüksek değer (%57.62) elde edilmiştir. Zeytin ve Baran (2003), findık zurufu kullanarak kumlu tınlı ve killi tınlı toprakların bazı fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, agregat boyutu ve inkübasyon zamanına bağlı olarak kompostlanmış findık

zurufunun suya dayanıklı agregat, hidrolik iletkenlik, toplam porozite ve makro por yüzdesinin arttığını göstermiştir. Bender Özenç (2005), kompostlanmış fındık zurufunun kaba (2-4 mm ve 4-6.35mm) ve ince fraksiyonlarının (0-2mm ve 2-4 mm) %8 oranında karıştırıldığı killi tınlı topraklarda, kaba fraksiyonun toprağın fiziksel özellikleri üzerinde, ince fraksiyonun da toprağın kimyasal özellikleri üzerinde daha iyi etkiler gösterdiğini belirtmiştir. Konu ile ilgili diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Munsuz ve Ayyıldız, 1983; Baran ve ark., 1996).

Ayrıca, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışma ile de toprağın saturasyon yüzdesinin arttığı görülmüştür. N1 durumunda nem içeren topraklarda saturasyon yüzdesi %51.95, N2 koşullarında nem içeren toprakların sıkıştırılması ile bu değer %52.73, N3 koşullarında nem içeren topraklarda ise %58.56'lık doygunluk elde edilmiştir. Defossez ve ark. (2003), kültürel işlemlerin tarımsal makinelerle oluşan toprak sıkışması üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, tekerle olan sıkışmanın toprağın su içeriği ile birlikte teker izi derinliğini ve kuru hacim ağırlığını artırdığını bildirmişlerdir.

Toprağa uygulanan kompost dozlarındaki artış, her üç nem düzeyinde de toprağın sıkıştırılmasına rağmen saturasyon yüzdesi üzerine olumlu etkiler yaparak, bu değeri arttırmıştır. Ancak, düşük nem düzeylerinde killi tın bir toprağın sıkıştırılmasında, toprağa zuruf kompostu karışması, toprağın saturasyon yüzdesi üzerine çarpıcı etkiler göstermemiştir. Çizelge 4.1.1'de görüleceği gibi, N1 ve N2 nem düzeyinde yapılan sıkıştırmada, kompost uygulamaları toprağın saturasyon değerini rakamsal olarak arttırmış, ancak uygulamalar arasında istatistiksel farklılık görülmemiştir. Özellikle N3 düzeyinde yapılan sıkıştırma işleminde fındık zuruf kompostunun sıkışmaya karşı olan etkisi %3'lük dozla kendini göstermiş (%62.28), %4'lük zuruf kompostu ilavesinin uygulanması ile en yüksek değer (%64.10) elde edilmiştir. Fındık zuruf kompostunun toprağın fiziksel özellikleri üzerine hem kısa dönemde hem de uzun dönemde olumlu etkiler yaptığı, Zeytin ve Baran (2003), Bender Özenç (2005), Bender Özenç ve Özenç (2009a) tarafından da bildirilmiştir. Munsuz ve Ayyıldız (1983), tarım topraklarına organik madde ve su tutma kapasitesi yüksek olan materyallerin karıştırılması ile toprak sıkışmasının en az düzeye ineceğini rapor etmişlerdir. Malkawi ve ark. (1999) yaptıkları çalışmaları organik maddenin optimum su içeriğinin arttırdığı, bununla birlikte organik maddenin toprağın sıkışabilirliğini

azalttığını, ancak; çok az organik madde içeren toprakların sıkışabilirliğinin hala devam ettiği yönündedir.

Toprağın saturasyon yüzdesi bakımından, tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeren koşullarda (N3) daha yüksek saturasyon yüzdesi değerlerinin elde edildiği, fındık zuruf kompostunun %4 oranında toprağa ilave edilmesinin de saturasyon yüzdesini artırmada yeterli bir oran olduğu belirlenmiştir.

4.1.2. pF1'de Tutulan Yüzde Su Miktarı

Farklı oranlarda fındık zuruf kompostu karıştırılan killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın, toprağın pF1'de tutulan yüzde su miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Ek-B'de, pF1'de tutulan yüzde su miktarına ait ortalama değerler Çizelge 4.1.2.1.'de verilmiştir.

Killi tın bir toprağa farklı oranlarda fındık zuruf kompostu uygulamaları ve farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın etkisi, toprağın pF1'de tutulan yüzde su miktarı üzerine önemli farklılıklar meydana getirmiştir.

Çizelge 4.1.2.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın pF1'de tutulan yüzde su miktarı üzerine etkisi

Nem	Doz					
	0	1	2	3	4	Ort.
N1	45.76	46.42	46.56	46.35	47.68	46.56 B
N2	45.94	43.91	44.93	45.54	47.56	45.58 B
N3	49.43	49.74	53.12	53.27	53.24	51.76 A
Ort.	47.05 B	46.69 B	48.21 AB	48.39 AB	49.50 A	

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Doz için LSD ($p < 0.05$)=1.730, Nem için LSD ($p < 0.01$)=1.804

**N1: Hava kuru durumdaki toprak, N2: Tarla kapasitesinin %60'ı düzeyinde nem içeriği,

N3: Tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeriği

Çizelge 4.1.2.1 incelendiğinde, toprağın zuruf kompostu uygulanmasına bağlı olarak tutulan su miktarı artmış, bu değer kontrol grubunda %47.05 iken, %4'lük doz uygulaması ile %49.50'a çıkmış ve en etkili doz olarak bulunmuştur. Bu bulgu, organik madde ilavesinin toprakların su tutma kapasitelerini artırmasını sağlaması bakımından beklenen bir sonuçtur. Tarım topraklarında tarla trafiği sonucunda meydana gelen sıkışmayı azaltmak, topraklara organik madde ve su tutma kapasitesi yüksek olan materyallerin karıştırılması ile mümkündür (Munsuz ve Ayyıldız, 1983). Aynı zamanda organik madde ilavesi toprakların fiziksel özelliklerini iyileştirdiği gibi su tutma kapasitelerini de artırmaktadır.

Deneme sonucunda elde edilen verilere göre, artan nem içeriğine bağlı olarak uygulanan sıkışma ile pF1'de tutulan yüzde su miktarında artış meydana geldiği görülmüştür. Hava kuru (N1'de %46.56) ve tarla kapasitesinin %60'ı düzeyinde (N2'de %45.58) nem içeren topraklara uygulanan sıkıştırma ile toprakların tuttuğu nem düzeylerinde farklılık yaratmamış; ancak toprağın nem içeriği tarla kapasitesinin %75'i düzeyine (N3) çıkartıldığında uygulanan sıkışma ile nem içeriği %51.76'ya çıkmıştır. Artan nem düzeylerinde yapılan sıkışma işlemi, kapillar olmayan boşluklarda meydana gelen azalmayla birlikte nem içeriğinde artışa neden olmasından kaynaklanmaktadır. Topraklar veya toprak tabakaları tekstür durumlarına, rutubet durumlarına ve strüktür yapılarına bağlı olarak sıkışmaya uğrayabilirler (Munsuz, 1982). Alakukku ve ark. (2003), nemli koşullardaki yüksek basınçta uygulanan ağır teker yükleri ve teker izindeki pulluk sürümünün alt toprak sıkışmasının en önemli nedeni olduğunu bildirmişlerdir. Yavuzcan ve ark. (2005), farklı işleme sistemlerinin kullanıldığı çalışmada, hacim ağırlığı değerleri üzerinde en belirleyici faktörün toprak su içeriği olduğunu gözlemişlerdir. Orta derecedeki toprak su içeriğinin geniş çapta kaba por içeren porozite, hava geçirgenliği, toplam porozite ve hacim ağırlığı bakımından trafikten sonra daha iyi toprak koşulları sağladığını rapor etmişlerdir.

Sonuç olarak, fındık zuruf kompostu uygulamalarının pF1'de tutulan su miktarı üzerine artan dozlarının etkisinin düzenli olduğu ve pF1'de tutulan su miktarının en fazla olduğu koşul olan N3 durumunda ve %4'lük zuruf kompostu uygulamasıyla elde edildiği görülmektedir.

4.1.3. pF1.7' de Tutulan Yüzde Su Miktarı

Farklı oranlarda findık zuruf kompostu karıştırılan killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın, toprağın pF1.7' de tutulan yüzde su miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Ek-C'de, pF1.7'de tutulan yüzde su miktarına ait ortalama değerler Çizelge 4.1.3.1'de verilmiştir.

Denemeye ait verilerin değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlara göre, pF1.7' de tutulan yüzde su miktarı üzerine, farklı oranlarda findık zuruf kompostu uygulamaları ve farklı nem düzeylerinde yapılan sıkışmanın etkileri önemli farklılıklar meydana getirmiştir (Ek-C).

Çizelge 4.1.3.1. Findık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın pF1.7' de tutulan yüzde su miktarı üzerine etkisi

Nem	Doz					
	0	1	2	3	4	Ort.
N1	38.46	38.36	38.66	39.19	40.61	39.06 B
N2	40.35	39.20	39.95	40.45	41.02	40.19 B
N3	41.90	43.13	43.16	44.40	45.11	43.54 A
Ort.	40.24 B	40.23 B	40.60 AB	41.35 AB	42.25 A	

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Doz için LSD ($p<0.05$)= 1.928, Nem için LSD ($p<0.01$)= 2.011

**N1: Hava kuru durumdaki toprak, N2: Tarla kapasitesinin %60'ı düzeyinde nem içeriği,

N3: Tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeriği

Findık zuruf kompostunun artan dozlarla uygulandığı koşullarda pF1.7' de tutulan yüzde su miktarının arttığı görülmektedir. Bu değer, findık zuruf kompostu uygulanmayan topraklarda %40.24 iken, %3'lük doz uygulaması ile kompostun etkisi görülmeye başlanmış (%41.35), %4'lük doz uygulaması ile nem değeri %42.25 olarak bulunmuştur. Findık zuruf kompostu, yüksek organik madde miktarına sahip bir materyaldir. Dolayısıyla, toprağa karıştırılma oranı arttıkça, toprakların nem içeriğinde

de artış meydana gelmiştir. Topraklara ilave edilen organik maddenin toprakların su tutma kapasitesini arttırdığını bildiren birçok çalışma mevcuttur (Ohu ve ark., 1985; Munsuz ve Ayyıldız, 1983; Bender ve ark., 1997; Malkawi ve ark., 1999). Bender Özenç ve Özenç (2009a), fındık zuruf kompostunun farklı dozlarının hidrolik iletkenlik, su tutma kapasitesi, kullanılabilir su içeriği, makro ve mikro por yüzdesi ve bazı toprak özelliklerini düzelttiğini, ancak bu etkinin uzun vadede azaldığını tespit etmişlerdir.

Artan nem düzeylerinde uygulanan toprak sıkışması, pF1.7’de tutulan yüzde su miktarını artırmıştır. N1 durumda nem içeren topraklarda %39.06, N2 koşullarında nem içeren topraklarda %40.19, N3 koşullarında ise pF1.7’ de tutulan yüzde su miktarı değerinin %43.54 olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1.3.1). İncelenen bu parametrede de, daha önce bahsedilen sonuçlara bağlı olarak artışlar meydana gelmiştir. Hansen (1996), toprak sıkışmasının hava dolu gözenek boşluğunu %12’den %7’ye düşürdüğünü ve toprak solucanı kitlesini ve sayısını azalttığını bildirmiştir. Çila (1999), topraklara karıştırılan çiftlik gübresinin, topraklarda sıkışma eğilimini azalttığını, su ve hava permeabilitesini arttırdığını bildirmiştir.

Topraklarda, pF1.7’ de tutulan yüzde su miktarı bakımından, artan nem düzeylerinde (N3) meydana gelen sıkışma sonucunda daha yüksek nem değerleri elde edildiği, fındık zuruf kompostunun %4 oranında toprağa ilave edilmesinin de tutulan su miktarını artırmada etkili oranlar olduğu belirlenmiştir.

4.2. Havalanma Porozitesi

Traktör tekerleklerinin etkisi ile 50 μ ’dan büyük porlar azalmakta, infiltrasyona karşı dirençte artış görülmekte ve ağır bünyeli topraklarda sıkışma sonucu verimde önemli ölçüde azalma meydana gelmektedir. Bunun nedeni şüphesiz havalanma boşluklarının azalması ile ilgilidir. Toprakta sıkışma sonucu havalanma boşluklarının oranı %8’in altına düştüğünde toprak içinde yaşam güçleşmektedir. Toprak sıkışmasının toprağın hacim ağırlığını artırdığı ve hava dolu boşluklarını azalttığı birçok araştırmacı tarafından (Munsuz 1982; Swinford ve Boevey 1984; Chan ve ark. 2006) ortaya konulmuştur.

Fındık zuruf kompostunun değişik oranlarda karıştırıldığı killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın toprağın havalanma porozitesi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Ek-D’de, havalanma porozitesine ait ortalama değerler Çizelge 4.2.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.2.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın havalanma porozitesi üzerine etkisi

Nem	Doz					
	0	1	2	3	4	Ort.
N1	12.35bcd	12.62bcd	12.93abcd	13.21abcd	13.31abcd	12.89 B
N2	11.00cd	12.54bcd	12.21bcd	13.13abd	13.81abcd	12.53 B
N3	10.70d	10.40d	17.09abc	17.88ab	18.95a	15.00 A
Ort.	11.35 B	11.85 AB	14.08 AB	14.73 AB	15.35 A	

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Doz için LSD ($p<0.01$)=3.623, Nem için LSD ($p<0.05$)= 2.084, Doz X Nem için LSD ($p<0.01$)=6.275

**N1: Hava kuru durumdaki toprak, N2: Tarla kapasitesinin %60’ı düzeyinde nem içeriği,

N3: Tarla kapasitesinin %75’i düzeyinde nem içeriği

Denemeden elde edilen verilerin sonucuna göre, farklı dozda uygulanan fındık zuruf kompostunun artan doz uygulamasına paralel olarak havalanma porozitesini artırdığı gözlenmiştir. Kontrol uygulamasında havalanma porozitesi değeri %11.35 iken, artan zuruf miktarı uygulamasına bağlı olarak havalanma porozitesi değerleri sırasıyla %11.85, %14.08, %14.73 ve en iyi bulgu %15.35 ile %4’lük doz uygulamasında elde edilmiştir. Bender Özenç ve Özenç (2008), fındık zuruf kompostu, çiftlik gübresi, peat ve tavuk gübresinin hacim ağırlığı, su tutma karakteristikleri, por oranı, strüktürel stabilite ve toprak organik karbonu gibi toprağın fiziksel özellikleri üzerindeki kısa dönem etkilerini belirlemek için yürüttükleri araştırmada pozitif etkilerin olduğunu gözlemişlerdir.

Nemli toprak koşullarında gerçekleştirilen yoğun traktör trafiği ile toplam boşluklar azalmakta ve topraklar sıkışmaktadır (Marti, 1983; Barken ve ark., 1986).

Ancak Çizelge 4.2.1’de görüleceği gibi, beklenenin aksine artan nem düzeyine rağmen, sıkıştırmanın gerçekleştirildiği topraklarda havalanma porozitesi değerlerinde fındık zuruf kompostuna bağlı olarak bir artış söz konusudur. N1 durumda nem içeren topraklarda uygulanan sıkıştırma işleminde havalanma porozitesi değeri %12.89 elde edilmişken, bu değer N3 durumda nem içeren topraklarda ise %15.00’e çıkmıştır.

Bu kısma kadar açıklanan her bir ana faktörün, havalanma porozitesi üzerine olan etkilerinin birbirlerinden bağımsız olamadığı da belirlenmiştir. Buna göre, havalanma porozitesi üzerine kompost dozları x nem düzeyleri interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür (Ek-D). Kompost dozu x nem düzeyi interaksiyonunda, fındık zuruf kompostu uygulanmayan hem hava kuru (N1) hem de tarla kapasitesinin %60’ı düzeyinde nem içeren koşullarda (N2) yapılan sıkıştırma uygulamalarında, toprağın havalanma boşlukları düşük düzeylerde kalmıştır. Tarla kapasitesinin %75’i düzeyinde nem içeren (N3) koşullarda %2 ve %3 ‘lük doz uygulamaları ile toprağın havalanma porozitesi değerleri %17.09 ve %17.88 olarak bulunmuş, %4’lük doz uygulamasıyla en yüksek havalanma porozitesi değeri (%18.95) elde edilmiştir (Çizelge 4.2.1). Ekwue ve Stone (1995), organik maddenin sıkışmış tarımsal toprakların direnç özellikleri üzerine etkisinin organik materyalin tipine ve sıkışmadaki toprak nemi seviyesine bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Ortama ilave edilen zuruf kompostunun topraklardaki strüktürel yapıyı etkilemesi nedeniyle, nem içeriğinin artmasına karşılık yapılan sıkıştırma uygulamaları, havalanma porozitesi üzerinde olumsuz etki yaratmamıştır. Fındık zuruf kompostu %30.75 ile yüksek havalanma kapasitesine sahip bir materyaldir (Çizelge 3.1.2). Bu nedenle, hem de organik bir atık olması ile birlikte, artan nem koşullarında sıkışmanın beklenen olumsuz etkisini önlediği söylenebilir.

Sonuç olarak, fındık zuruf kompostu uygulamalarının havalanma porozitesi miktarı üzerine artan dozlarının etkisinin düzenli olduğu ve N3 nem düzeyinde sıkışma uygulandığında toprağa %4’lük zuruf kompostu karıştırılması, havalanma porozitesi miktarı için en etkili uygulama olduğu söylenebilir.

4.3. Tarla Kapasitesi

Toprakların tarla kapasitesinde tuttukları su miktarı agregasyon durumuna, tekstür ve gözeneklerin geometrisine bağlı olarak değişimler göstermektedir. Toprak sıkışması da tarla kapasitesinde tutulan su miktarı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Sıkışmaya karşı dayanıklı topraklarda tarla kapasitesi değerlerindeki değişimler daha az olmaktadır. Sıkışma işleminin gerçekleştiği anda, başlangıçta gevşek durumdaki topraklarda makro porların miktarı azalırken, orta büyüklükteki porların miktarında artış meydana gelir, dolayısıyla tarla kapasitesi değerlerinde de bir artış söz konusu olmaktadır. Sıkışmanın daha ileri düzeyde olması ise tarla kapasitesi değerleri beklenilenin aksine daha çok düşecektir.

Farklı oranlarda fındık zuruf kompostu karıştırılan killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın toprağın üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Ek-E’de, tarla kapasitesine ait ortalama değerler Çizelge 4.3.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.3.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın tarla kapasitesindeki su miktarı üzerine etkisi

Nem	Doz					
	0	1	2	3	4	Ort.
N1	34.63g	35.24fg	35.95efg	36.73def	38.23cd	36.15C
N2	35.40efg	36.90de	37.80cd	38.61c	40.43a	37.83B
N3	37.62cd	37.64cd	38.78bc	40.56a	40.24ab	38.97A
Ort.	35.88D	36.59CD	37.51BC	38.63AB	39.63A	

**Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Doz için LSD ($p<0.01$)=1.244, Nem için LSD ($p<0.001$)= 0.9637, Doz X Nem için LSD ($p<0.05$)=1.600

**N1: Hava kuru durumdaki toprak, N2: Tarla kapasitesinin %60’ı düzeyinde nem içeriği,

N3: Tarla kapasitesinin %75’i düzeyinde nem içeriği

Deneme sonucunda elde edilen verilere göre, toprağın tarla kapasitesi üzerine, farklı oranlarda findık zuruf kompostu uygulamaları ve farklı nem düzeylerinde yapılan sıkışmanın etkileri önemli farklılıklar meydana getirmiştir.

Findık zuruf kompostunun artan dozlarda toprağa karıştırılması ile toprakların tarla kapasitesi değerlerinin değiştiği görülmüştür. Zuruf kompostu uygulanmayan topraklarda tarla kapasitesi değeri %35.88 olurken, artan dozlar düzenli bir artış sağlamış ve %4'lük dozda en yüksek değerin (%39.63) elde edildiği görülmüştür. Bender Özenç ve Özenç (2008), farklı organik materyallerin toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, kullandıkları organik materyallerden findık zuruf kompostunun toprağın tarla kapasitesindeki su tutma oranını ve solma noktası düzeyinde tutulan nem miktarını artırdığını belirtmişlerdir. Yapılan birçok çalışma (Ohu ve ark., 1985; Ekwue ve Stone, 1995; Bender Özenç ve Özenç, 2009a; Yılmaz ve Alagöz, 2008) göstermektedir ki, organik madde toprakların birçok fiziksel ve kimyasal özelliği üzerine olumlu etki meydana getirmektedir. Organik maddenin hacim ağırlığının düşük olması ve agregat stabilitesini arttırması nedeniyle, topraklarda sıkışma ve hacim ağırlığı değerlerinde düşüş, porozite miktarında infiltrasyon oranında ve tarla kapasitesi düzeyindeki toprak su miktarında önemli artışlar meydana getirmektedir.

Nemli topraklarda gerçekleştirilen tarla trafiği işlemlerinde topraklarda sıkışma meydana gelmektedir. Tarla işlemleri, topraklar tarla kapasitesi düzeyinde nem içerdikleri zaman yapılmalıdır. Bu durumda topraklarda daha az sıkışma meydana gelir. Çizelge 4.3.1.1'den görüleceği gibi, nem içeriği yüksek koşullarda (N3) yapılan sıkıştırma işleminde toprağın tuttuğu su miktarı (%38.97) artmıştır. Bunun nedeninin, nemli koşullardaki sıkıştırmanın, topraktaki makro por miktarını azaltırken, mikro por miktarını arttırmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Richard ve ark.(1999), teker geçişinde toprak su içeriği arttığında strüktürel porozitenin lineer olarak azaldığını, sıkışmış bölgelerde toprak neminin arttığını keşfetmişlerdir. Barken ve ark. (1986), ıslak toprak üzerindeki traktör trafiğinin por hacmini azalttığını, düşük toprak nem içeriğinde yapılan traktör trafiğinden ise etkilenmediğini bildirmiştir.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan anlaşılacağı gibi, tarla kapasitesi ana faktörlerin etkileşimine bağlı olarak farklılık göstermektedir ve bu etkileşimin yarattığı

farklılıkların istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Ek- E). Çizelge 4.4.1'de de görüldüğü gibi, hava kuru durumda (N1) iken yapılan toprak sıkıştırmasının, tarla kapasitesi değeri üzerine fazla etkisi olmamış, ayrıca, bu koşullarda toprağa karıştırılan zuruf kompost dozlarının da, etkisi dikkat çekici düzeylere çıkmamıştır. Buna karşılık, toprağın nem içeriği artırılarak yapılan sıkıştırma işlemlerinde (N2 ve N3), kompost dozlarının etkileri daha net olarak ortaya çıkmıştır. N2 durumda nem içeren koşullarda fındık zuruf kompostunun %4'lük doz uygulamasında, toprağın tarla kapasitesi %40.43 bulunmuş, N3 durumunda nem içeren koşullarda da, fındık zuruf kompostunun %3'lük ve %4'lük doz uygulamalarında en yüksek (%40.56 ve %40.24) tarla kapasitesi değerleri elde edilmiştir. Tarım topraklarında sürüm için en belirleyici faktör toprak su içeriğidir. Fındık zuruf kompostu ile organik madde düzeyi korunarak, strüktür gelişimi için yararlı bir ortam sağlamıştır; dolayısıyla da kompost uygulamaları sıkışmayı azaltıcı rol oynamaktadır. Bu nedenle, topraklarda organik materyalin korunması ve sürekliliğin sağlanması, toprak sıkışmasının önlenmesinde etkili bir yol olarak düşünülmektedir. Düşük ve yüksek derecedeki toprak su içeriklerinde yapılan sürümler toprağın fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilemekte iken, orta derecedeki toprak su içeriğinde gerçekleştirilen tarımsal işlemler ile geniş çapta kaba por içeren porozite, hava geçirgenliği ve toplam porozite bakımından daha iyi toprak koşulları elde edilmektedir (Yavuzcan ve ark., 2005).

Tarla kapasitesi bakımından, N3 durumda nem içeren koşullarda yapılan sıkışma ve fındık zuruf kompostunun %3 oranında toprağa ilave edilmesi ile en iyi tarla kapasitesi (%40.56) değeri elde edildiği belirlenmiştir.

4.4. Solma Noktası

Farklı oranlarda fındık zuruf kompostu karıştırılan killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın toprağın solma noktası yüzdesi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Ek-F'de, solma noktası yüzdesine ait ortalama değerler Çizelge 4.4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.4.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın solma noktasındaki su miktarı üzerine etkisi

Nem	Doz					
	0	1	2	3	4	Ort.
N1	35.51	32.09	32.66	33.37	34.68	32.86 B
N2	32.62	33.57	34.05	35.10	36.46	34.36 A
N3	34.82	34.49	35.57	36.68	35.98	35.50 A
Ort.	32.98 C	33.38 BC	34.09 ABC	35.05 AB	35.71 A	

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Doz için LSD ($p<0.01$)=1.834, Nem için LSD ($p<0.01$)=1.420

**N1: Hava kuru durumdaki toprak, N2: Tarla kapasitesinin %60'ı düzeyinde nem içeriği,

N3: Tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeriği

Çizelge 4.4.1 incelendiğinde, farklı oranlarda fındık zuruf kompostu uygulamalarının, killi tın toprağın solma noktası değerlerini, uygulanan dozlara bağlı olarak düzenli bir şekilde artırdığı gözlenmiştir. Kompost uygulanmayan topraklarda solma noktası değeri %32.98 iken, artan doz miktarına bağlı olarak bu değer sırasıyla %33.38, %34.09, %35.05 ve %35.71 olarak bulunmuştur. %4 oranında zuruf uygulaması en etkili doz olarak belirlenirken, %3 ve %4'lük doz uygulamaları arasında önemli bir fark görülmemektedir. Bu sonuç, diğer incelenen parametrelerle uyumlu olup, beklenen bir bulgudur. Bilindiği gibi, topraklara ilave edilen organik materyaller toprakların fiziksel özelliklerini olumlu yönde etkilemekte ve solma noktasında tutulan nem değerini de artırmaktadır. Benzer bulgu, Bender Özenç ve Özenç (2008) tarafından da belirlenmiştir. Ayrıca, Çalışkan ve ark., (1996), Özenç ve Çalışkan, (2001), hasat sonrası atığı halindeki fındık zurufunun kompostlandıktan sonra bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, organik bir materyal olarak kullanımı bakımından değerlendirilebilecek değerlere sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Farklı nem düzeyinde uygulanan sıkışmanın etkisi incelendiğinde ise, solma noktası değerleri N1 durumda nem içeren topraklarda %32.86, N2'de %34.36 ve N3 durumdaki topraklarda ise %35.50 olmuştur. Hamza ve Anderson (2005), aşırı

mekanizasyon, yoğun ürün üretimi, kısa ürün rotasyonları, yoğun otlama ve uygun olmayan toprak yönetiminin sıkışmaya neden olduğunu, düşük miktarda organik madde içeren ve yüksek nem düzeyindeki topraklarda yapılan otlama veya sürümün sıkışmayı şiddetlendirdiğini bildirmişlerdir. Teker trafiğine uğrayan topraklarda porozite azalırken, toprak neminde artış meydana gelmektedir (Richard ve ark., 1999). Zuruf kompostunun yüksek organik madde miktarı ve su tutma kapasitesine sahip olması (Çizelge 3.1.2), sıkışmaya rağmen suyun topraktan uzaklaşmasını önlemiş ve toprağın solma noktasında tuttuğu nem miktarında artış olmasını sağlamıştır. Organik madde içeriği yüksek olan bir toprak, genellikle daha iyi bir strüktürel yapıya sahiptir. Bu nedenle, bu tür topraklar, organik madde içeriği düşük olan topraklardan sıkışmaya karşı daha dayanıklıdır. Bunun nedeni, organik maddenin etkisiyle daha büyük ve güçlü agregat oluşumuna yardım etmesidir.

Toprakların solma noktası değerleri bakımından, tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeren (N3) koşullarında yapılan sıkışma ile fındık zuruf kompostunun %4 oranında ilave edilmesi, solma noktası içeriğinde daha yüksek değerler elde edileceği belirlenmiştir.

4.5. Yarayışlı Su

Bitkiler yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için suya ihtiyaç duyarlar ve suyu kökleri aracılığıyla topraktan alırlar. Bitkilerin topraktan alabildikleri su “yarayışlı su” olarak adlandırılır. Yarayışlı su, toprakta tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki gerilimle tutulan sudur. Kültür bitkileri yetiştirme periyodu boyunca yarayışlı suya ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden toprakların yarayışlı su tutma kapasitesi, verimlilik açısından çok önemlidir (Yılmaz ve Alagöz, 2008).

Farklı oranlarda fındık zuruf kompostu karıştırılan killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın toprağın yarayışlı su miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Ek-G’da, yarayışlı su miktarına ait ortalama değerler Çizelge 4.5.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.5.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın yarayışlı su miktarı üzerine etkisi

Nem	Doz					
	0	1	2	3	4	Ort.
N1	3.11	3.15	3.29	3.35	3.55	3.29
N2	2.78	3.32	3.78	3.51	3.90	3.46
N3	2.80	3.15	3.21	3.88	4.26	3.46
Ort.	2.90 B	3.21 AB	3.43 AB	3.58 AB	3.90 A	

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Doz için LSD ($p < 0.05$)=0.9477

**N1: Hava kuru durumdaki toprak, N2: Tarla kapasitesinin %60'ı düzeyinde nem içeriği,

N3: Tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeriği

Çizelge 4.5.1 incelendiğinde, toprakların yarayışlı su miktarı değerleri üzerine farklı nem düzeylerinde yapılan sıkışmaların etkisi görülmezken, sadece fındık zuruf kompostu uygulamalarının etkisi önemli farklılıklar meydana getirmiştir. Fındık zuruf kompostu uygulanmayan topraklarda elde edilen yarayışlı su miktarı %2.90 iken, artan dozlara bağlı olarak bu değerde artış meydana gelmiş, %4'lük doz uygulamasında %1'lik artış ile bu değer %3.90 olmuştur. Uygulamalar arasında çok önemli farklılıklar olmamakla birlikte, yarayışlı su miktarı için %4'lük kompost uygulaması en etkili doz olarak bulunmuştur. Baran ve ark. (1996), %4'ten daha düşük düzeyde organik materyal karıştırılan killi tın topraklarda tüm sıkıştırma düzeylerinde toprak özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiğini, sadece %4 oranında organik materyal ilavesinin yarayışlı su miktarı hariç diğer özellikleri olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Ohu ve ark. (1985), sıkışmanın gerçekleştiği topraklarda yarayışlı su kapasitesi ve doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinde azalma meydana geldiğini; topraklara ilave edilen organik maddenin genellikle sıkışmış bir toprağın su tutma kabiliyetini arttırdığını, yarayışlı su kapasitesini genişlettiğini bildirmişlerdir.

Yukarıdaki bölümlerde açıklandığı gibi, tarla kapasitesi ve solma noktası düzeyinde tutulan nem miktarları üzerine yapılan uygulamaların etkileri benzer bulunmuştur. Yani, hem fındık zuruf kompost uygulamaları hem de farklı nem

düzeylerinde yapılan sıkıştırma uygulamaları, bu nem değerlerinde artışa neden olmuştur. Dolayısıyla, bu iki parametre arasındaki fark olarak tanımlanan yarayışlı su miktarı üzerine, fındık zuruf kompost uygulamalarının etkisinin ön plana çıktığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, fındık zuruf kompost uygulamalarının yarayışlı su miktarı üzerine artan dozlarının etkisinin genel olarak düzenli olduğu ve en etkili dozun %4'lük uygulamanın olduğu görülmektedir.

4.6. Hidrolik İletkenlik

Farklı oranlarda fındık zuruf kompostu karıştırılan killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkıştırmanın toprağın hidrolik iletkenlik üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Ek-H'da, hidrolik iletkenliğe ait ortalama değerler Çizelge 4.6.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.6.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın hidrolik iletkenliği (cm.h⁻¹) üzerine etkisi

Nem	Doz					
	0	1	2	3	4	Ort.
1	7.02	7.12	7.38	9.90	10.41	8.37A
2	1.99	2.08	2.93	3.41	4.14	2.91B
3	1.72	2.42	2.78	3.15	4.17	2.85B
Ort.	3.57B	3.87AB	4.36AB	5.49AB	6.24A	

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Doz için LSD (p<0.01)=2.553, Nem için LSD (p<0.01)=1.978

**N1: Hava kuru durumdaki toprak, N2: Tarla kapasitesinin %60'ı düzeyinde nem içeriği,

N3: Tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeriği

Çizelge 4.6.1'de görüleceği gibi, toprağa artan miktarlarda zuruf kompostu ilave edildikçe artan zuruf kompostu miktarına bağlı olarak hidrolik iletkenlik değerlerinde bir artış söz konusudur. Zuruf kompostu uygulanmayan kontrolde hidrolik iletkenlik

değeri 3.57cm.h^{-1} iken, bu değer %3 oranında fındık zuruf kompostu karıştırılan topraklarda 5.49cm.h^{-1} , %4'lük doz uygulaması ile 6.24cm.h^{-1} yükselmiştir. Bununla birlikte, %1 ve %2 ve %3'lük doz uygulamaları arasında istatistiki olarak bir fark görülmemektedir. Organik madde ilavesi, diğer toprak özelliklerinde de olduğu gibi toprağın hidrolik iletkenlik değerini de artırmıştır. Fındık zuruf kompostunun hidrolik iletkenlik üzerine olumlu etkileri Zeytin ve Baran (2003) ile Bender Özenç ve Özenç (2009a) tarafından da bildirilmiştir. İçsel ve Gürsel (2008) kil, tın ve kum bünyeli topraklara uyguladıkları tütün atığının, toprakların pH ve hacim ağırlığı değerlerini azalttığını; agregat stabilitesi, doymuş hidrolik iletkenlik, elektriksel iletkenlik ve organik karbon değerlerini ise önemli oranda arttırdığını saptamışlardır.

Farklı nem düzeylerinde yapılan sıkışma uygulamaları da, killi tın toprağın hidrolik iletkenlik değerleri üzerinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir. Çizelge 4.6.1'de görüleceği üzere, artan nem düzeylerinde sıkışmanın etkisi artmış ve de toprağın hidrolik iletkenliği azalmıştır ki bu da beklenen bir sonuçtur. Zeinel- Abedine ve ark. (1979), ağırlık yükünden dolayı meydana gelen sıkışmanın, derinliğe bağlı olarak hidrolik iletkenlik değerini azalttığını ve bunun ana nedeninin mikro por miktarındaki azalma olduğunu bildirmişlerdir. İleriki bölümlerde de görüleceği üzere, sıkışma uygulamaları ile toprağın mikro por miktarında azalma meydana gelmesi, incelenen parametreler arasında da uyum olduğunu göstermektedir. Horn (2004), toprak işleme çalışmalarından dolayı ilerleyen toprak bozulmasının zamana bağlı etkilerinin, hacim ağırlığında az duyarlı olduğunu; sıkışma öncesi stres, kayma mukavemeti ve hidrolik iletkenlik gibi materyal özelliklerin zamana bağlı olarak değiştiğini bulmuştur. Farklı oranlarda kompost uygulamaları ile artan nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın etkileşimi istatistiksel olarak önemli olmamasına rağmen, kompost dozu arttığında, her nem düzeyindeki sıkışma uygulamalarında, toprağın hidrolik iletkenlik değerlerinde artış görülmektedir (Çizelge 4.6.1.). Malkawi ve ark. (1999), toprağa artan dozlarla karıştırılan organik maddenin toprağın sıkışabilirliğini azalttığını, Ohu ve ark. (1985), topraklara ilave edilen organik maddenin genellikle sıkışmış bir toprağın doymuş hidrolik iletkenliğini arttırdığını ve su girişine olan direnci azalttığını rapor etmişlerdir.

Killi tın toprağın hidrolik iletkenlik değeri üzerine, fındık zuruf kompostunun %4'lük doz uygulaması önemli artışlar sağlamış, hava kuru durumda yapılan sıkışma uygulaması ile bu özellik en yüksek değerde bulunmuştur.

4.7. Makro ve Mikro Por

Makro ve mikro porların bitkilerin özellikle gelişme dönemlerinde beslenmeleri, havalanma ve toprak suyu içinde suyun hareketinde önemli şekilde etkili olmasının yanında, değişik toprak suyu gerilimlerinde tutulabilen su içerikleri sulu tarım uygulamalarında önemli temel verileri oluşturmaktadır.

Organik madde ilavesinin makro por ve mikro por oranlarında önemli oranda değişiklik meydana getirmektedir. Fashkami (1992) göre, toprağa ilave edilen organik madde miktarı arttıkça karışımların toplam porozite, havalanma porozitesi ile makro porozite değerleri artmakta, mikro porozite değerleri ise azalmaktadır. Benzer olarak konu ile ilgili pek çok araştırma mevcuttur (Munsuz, 1982; Barken ve ark., 1986; Alakukku, 1996; Zeytin ve Baran, 2005; Bender Özenç ve Özenç, 2008).

4.7.1. Makro Por Miktarı

Farklı oranlarda fındık zuruf kompostu karıştırılan killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın toprağın makro por miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Ek-I'da, makro por miktarına ait ortalama değerler Çizelge 4.7.1.1'de verilmiştir.

Denemeye ait verilerin değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlara göre, toprağın makro por miktarı üzerine, farklı oranlarda fındık zuruf kompostu uygulamalarının etkileri %1 düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir. Ayrıca, ana faktörlerin etkileri birbirinden bağımsız olmayıp, kompost uygulamaları ve nem düzeyleri arasındaki interaksiyonun da istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Ek-I).

Çizelge 4.7.1.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın makro por dağılımı üzerine etkisi

Nem	Doz					
	0	1	2	3	4	Ort.
N1	24.32ab	24.76ab	25.06ab	25.19ab	24.69ab	24.80
N2	21.27ab	24.20ab	23.42ab	24.51ab	25.05ab	23.69
N3	20.17ab	19.42b	28.34ab	28.70ab	29.57a	25.24
Ort.	21.92B	22.79AB	25.60AB	26.13A	26.44A	

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Doz için LSD ($p<0.05$)=4.089, Doz X Nem için LSD ($p<0.01$)=9.536

**N1: Hava kuru durumdaki toprak, N2: Tarla kapasitesinin %60'ı düzeyinde nem içeriği,

N3: Tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeriği

Çizelge 4.7.1.1'den de görüleceği üzere, zuruf kompostu uygulanmayan ve %1'lik doz uygulaması yapılan topraklarda makro por miktarı sırasıyla %21.92 ve %22.79 bulunurken, artan dozlarla birlikte düzenli bir artış meydana gelmiştir. Artan dozlara bağlı olarak, %2'lik, %3'lük ve %4'lük dozda sırasıyla en yüksek makro por miktarı değerlerinin (%25.60, %26.13, %26.44) elde edildiği, rakamlar arasında farklılıklar olsa da istatistiki olarak aralarında bu farkın önemli olmadığı görülmektedir. Zeytin ve Baran (2003), agregat boyutu ve inkübasyon zamanına bağlı olarak kompostlanmış fındık zurufunun toprakların toplam porozite ve makro por yüzdesini arttığını bildirmişlerdir. Bender Özenç ve Özenç (2009a), fındık zuruf kompost uygulamalarının uzun dönemde toprakların hidrolik iletkenlik, su tutma kapasitesi, kullanılabilir su içeriği, makro-por ve mikro-por yüzdesi ve bazı toprak özelliklerini düzelttiğini bildirmişlerdir. Konu ile ilgili birçok (Munsuz ve Ayyıldız, 1983; Ohu ve ark., 1985; Baran ve ark., 1996) araştırma gerçekleştirilmiş ve benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Diğer yandan, kompost dozları ile farklı nem düzeylerindeki sıkışmanın birlikte etkileşimine göre, %2 oranında zuruf kompostu uygulamalarına kadar, toprağın makro por miktarında sıkışmaya bağlı olarak azalma meydana gelmiştir. Sıkışma ile toprak tanelerinin dizilimi bozularak birbirlerine daha yakın bir şekilde düzenlenmekte, buna

bağlı olarak da porozite ile boşluk oranı azalmakta ve ortalama por büyüklüğünde de azalmalar meydana gelmektedir. Toprak sıkışmasının, toprağın kapillar olmayan boşluklarında azalma meydana getirdiği birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir. Conover ve Poole (1981), farklı oranlarda peat ve çam kabuğu karıştırılmış toprağa farklı basınçlar uygulamışlar ve basıncın artmasıyla kapillar olmayan boşluklar yüzdesinin azaldığını belirtmişlerdir. Chan ve ark. (2006), killi bir toprakta derin işleme ile alt toprak sıkışması giderildikten sonra yapılan kontrollü trafikten dolayı sıkışmanın tekrar ortaya çıktığını, teker izleri altında toprağın en yüksek penetrometre direnci ve hacim ağırlığı ile en düşük havalanma porozitesi gösterdiğini gözlemişlerdir. Benzer bulgular Servadio ve ark. (2005), Schäffer ve ark. (2007) tarafından da rapor edilmiştir. Ancak, toprağa ilave edilen zuruf kompost oranı arttığında, artan nem düzeylerindeki sıkışmaya rağmen toprağın makro por miktarında artış meydana geldiği görülmüştür. Tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeren koşullarda yapılan sıkışma uygulamasında, %2 oranında kompost ilavesi (%28.34) ile artış meydana gelmeye başlamış, özellikle %3 ve %4 oranındaki dozlarda %28.70 ve %29.57 ile kompostun etkisi dikkat çekecek düzeylere çıkmıştır. En etkili doz, %4 olarak bulunmuştur. Fındık zuruf kompostunun yüksek havalanma kapasitesine sahip organik bir materyal olması, toprağa ilave edilen oranın artmasıyla etkisi ön plana çıkmıştır. Yavuzcan ve ark. (2005), farklı işleme sistemlerinin kullanıldığı çalışmada, orta derecedeki toprak su içeriğinin geniş çapta kaba por içeren porozite, hava geçirgenliği, toplam porozite ve hacim ağırlığı bakımından trafikten sonra daha iyi toprak koşulları sağladığını rapor etmişlerdir. Topraklardaki toplam boşluklar özellikle hava dolu boşluklar hacmi azaldığında topraklar sıkışmış olarak kabul edilmekte ve bunun sonucu olarak toprak sıkı ve gözenekler küçük olduğu için havalanma engellenmektedir (Munsuz,1985). Topraklarda meydana gelen sıkışmayı azaltmak ve havalanma boşluklarını artırmak, topraklara organik materyal ilavesi ile mümkün olmaktadır (Ekwue ve Stone, 1995; Çila, 1999; Munsuz ve Ayyıldız, 1983).

Toprağın makro por miktarı üzerine, artan nem koşullarında yapılan sıkışma uygulamalarının olumsuz etkisinin giderilmesi için, fındık zuruf kompostunun %4 oranında ilave edilmesi makro por miktarında en yüksek değere ulaşılmasında etkili doz olduğu söylenebilir.

4.7.2. Mikro Por Miktarı

Farklı oranlarda fındık zuruf kompostu karıştırılan killi tın bir toprağa, farklı nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın toprağın mikro por miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Ek-İ'de, mikro por miktarına ait ortalama değerler Çizelge 4.7.2.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.7.2.1. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın mikro por dağılımı üzerine etkisi

Nem	Doz					
	0	1	2	3	4	Ort.
N1	75.68ab	75.24ab	74.94ab	74.80ab	75.31ab	75.20
N2	78.73ab	75.80ab	76.58ab	75.49ab	74.94ab	76.31
N3	79.83ab	80.58a	71.66ab	71.30ab	70.42b	74.76
Ort.	78.08A	77.21AB	74.39AB	73.86B	73.56B	

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Doz için LSD ($p < 0.05$)=4.089, Doz X Nem için LSD ($p < 0.01$)=9.536

**N1: Hava kuru durumdaki toprak, N2: Tarla kapasitesinin %60'ı düzeyinde nem içeriği,

N3: Tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde nem içeriği

Çizelge 4.7.2.1'de görüleceği gibi, killi tın toprağa ilave edilen fındık zuruf kompostunun sıkışma işlemine rağmen mikro por miktarında azalma meydana gelmiştir. Fındık zurufu uygulanmayan koşullardaki mikro por yüzdesi (%78.08), fındık zuruf kompostunun farklı dozlarının uygulandığı koşullardaki değerlere göre daha yüksektir. Bunun yanı sıra, fındık zuruf kompostunun %3 ve %4'lük dozları ile elde edilen mikro por miktarı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemektedir. Fındık zuruf kompostunun bu etkisi göreceli bir azalmadır. Yani, bir önceki bölümde açıklandığı gibi, kompost uygulamaları killi tın toprakta makro por miktarını artırmış, bu nedenle de toprağın mikro por miktarında azalma meydana

gelmiştir. Topraklarda makro ve mikro porlar birbirleriyle doğrudan ilişkilidir ki, birinin miktarının artması ile diğerinde azalma meydana gelecektir.

Diğer yandan, killi tın toprağın mikro por miktarı üzerine artan nem düzeylerinde uygulanan sıkışmanın etkisi önemsiz olurken, farklı oranlarda kompost uygulamaları ile farklı nem düzeylerinde yapılan sıkışmanın etkileşimi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir. Çizelge 4.7.2.1'de görüleceği gibi, yapılan uygulamaların mikro por üzerinde meydana getirdiği etkiler, özellikle düşük nem düzeylerinde (N1 ve N2) düzenli olmadığı görülmüş, mikro porda meydana gelen azalmada kompost uygulamaları etkili olamamıştır. Yukarıda da bahsedildiği gibi, bu etki toprağın makro por miktarındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Tarla kapasitesinin %75'i düzeyinde (N3) nem içeren koşullarda yapılan sıkışma işleminde toprağa %1 oranında fındık zuruf kompostunun uygulanması ile mikro por miktarı %80.58 olarak bulunmuştur. Servadio ve ark. (2005), farklı teker düzeneklerine sahip farklı sayıdaki traktör geçişlerini toprak özellikleri üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, teker yükünün artması ile makro porozite miktarının daha fazla azaldığını, kapillar boşluklar ve toplam makro porozite arasında oldukça önemli korelasyonlar olduğunu bildirmişlerdir.

Topraklarda hava dolu gözenekler (makro por) ile suyun tutulduğu gözenekler (mikro por) arasında ters orantı bulunmaktadır. Bir parametrenin artması diğer parametrenin azalmasına neden olmaktadır. Sıkıştırma işleminin uygulandığı killi tın toprağa farklı oranlarda uygulanan fındık zuruf kompostunun etkisi makro por miktarını artırıcı yönde olduğundan dolayı mikro por oranında meydana gelen azalma beklenen bir durumdur. Dolayısıyla, fındık zuruf kompostunun mikro por miktarı üzerinde herhangi bir etkisinin söz konusu olmadığı, sıkışmanın etkisinin daha net ortaya çıktığı söylenebilir. Şeker ve Işıldar (2000), kumlu tın tekstüre sahip toprağın yüzeyinden farklı sayıdaki traktör geçişlerinin toprağın kütleli yoğunluğunu ve penetrasyon direncini artırdığını, toplam gözenekliliği, boşluk oranını, havalanma ve drenaj gözenekleri yüzdesini azalttığını gözlemişlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Laboratuar koşullarında yürütülen bu çalışmada, farklı oranlarda findık zuruf kompostu karıştırılan (%0, %1, %2, %3, %4) ve farklı nem düzeyine (hava kuru (N1), tarla kapasitesinin %60'ı (N2) ve tarla kapasitesinin %75'i (N3)) sahip olan toprak örneklerine, yaklaşık olarak tarım alet ve makinelerinin tarla topraklarında oluşturduğu ortalama basınca eşdeğer bir basınç uygulanarak ortaya çıkan sıkışmanın, killi tın bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler incelenmiştir.

Yapılan analizler ve değerlendirmeler sonucunda, toprağın saturasyon yüzdesinin N3 durumda nem içeren koşullarda yapılan sıkışmayla daha yüksek (%58.56) olduğu, findık zuruf kompostunun %4 oranında toprağa ilave edilmesinin de saturasyon yüzdesini artırmada yeterli bir oran olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar, pF 1'de ve pF 1.7'de tutulan yüzde su miktarlarında da elde edilmiştir. pF1 ve pF1.7'de tutulan su miktarları için, tarla kapasitesinin %75'i nem içeren düzeylerde yapılan sıkışma ile toprağa %4'lük zuruf kompostu uygulamasıyla en yüksek nem içeriklerinin elde edildiği belirlenmiştir.

Killi tın bir toprağın havalanma porozitesi değerinin, artan nem düzeylerindeki sıkışmanın ve findık zuruf kompostunun artan dozlarının etkisi ile arttığı belirlenmiştir. Yapılan uygulamalardan, tarla kapasitesinin %75'i nem düzeyinde sıkışan killi tın bir toprağa %4 oranında findık zuruf kompostunun ilave edilmesi havalanma porozitesi üzerine en etkili uygulama olduğu belirlenmiştir. Tarla kapasitesi içeriği ana faktörlerin etkileşimine bağlı olarak farklılık göstermiş olup, artan nem düzeyi uygulamalarının tarla kapasitesini artırdığı, ayrıca findık zuruf kompostunun farklı dozlarda ilave edilmesinin olumlu yönde etkilediği görülmüştür. N3 durumda nem içeren koşullarda %3 oranında findık zuruf kompostunun killi tın bir toprağa ilave edilmesinin tarla kapasitesinde tutulan su miktarı içeriğini artırması bakımından yeterli olduğu görülmüştür. Benzer sonuçlar, killi tın toprağın solma noktası içeriğinde de elde edilmiştir. N3 durumda nem içeren koşullarda solma noktası değerinin en fazla (%35.50) olduğu, ayrıca toprağa ilave edilen findık zuruf kompostunun %4'lük dozunun en etkili doz olduğu görülmektedir. Farklı nem düzeylerinde yapılan sıkışmanın tarla kapasitesi ve solma noktası değerlerinde meydana getirdiği benzer

etkileşimden dolayı toprakların yarayışlı su miktarı değerleri üzerine nemin etkisi görülmezken, fındık zuruf kompostu uygulamalarının etkisi önemli farklılıklar meydana getirmiş, toprağa %4 oranında ilave edilen fındık zuruf kompostunun yarayışlı su miktarı için en etkili doz uygulaması olduğu belirlenmiştir.

Diğer incelenen bir parametre olan hidrolik iletkenlik değeri üzerine, artan nem düzeylerinde yapılan sıkışma uygulamalarının ve farklı dozlarda toprağa ilave edilen fındık zuruf kompostunun etkileri önemli bulunmuştur. Burada, diğer bulgulardan farklı olarak, kuru durumda yapılan sıkışma ile en yüksek hidrolik iletkenlik değeri (8.37) elde edilmiştir. Bununla birlikte, fındık zuruf kompostunun %3 ve %4 oranında toprağa ilave edilmesinin hidrolik iletkenlik değeri için önemli artışlar sağladığı gözlenmiştir. Toprağın makro por miktarı değerleri incelendiğinde, artan nem düzeylerinin makro por miktarı üzerindeki etkisi önemli bulunmazken, fındık zuruf kompostunun artan dozlarının makro por miktarını artırıcı yönde olduğu görülmektedir. Bu nedenle, toprağın makro por miktarı için, artan nem koşullarında yapılan sıkışma uygulamalarının olumsuz etkilerinin giderilmesi bakımından, fındık zuruf kompostunun %4 oranında ilave edilmesi etkili bir uygulama olacaktır. Fındık zuruf kompostunun etkilerinin mikro por miktarı üzerinde artırıcı etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Bunun nedenin, organik materyal olarak toprağa ilave edilen fındık zuruf kompostunun makro por miktarında artırıcı yönde olmasından dolayı mikro por miktarında meydana getirdiği azalmanın olduğu söylenebilir.

Tüm bulguların değerlendirilmesi sonucunda, toprak işleme bakımından genel olarak tarla kapasitesinin %75'i nem içeren koşullarda yapılan sıkışmanın daha uygun olduğu, organik materyal olarak kullanılan fındık zuruf kompostu uygulamalarında ise, %4'lük dozun değerlendirilen kriterler için uygun bir oran olduğu bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Akalan, İ. ve Coşan, M. 1980. Lastik Tekerlekli Bir Traktörün Çeşitli Nemlilik Koşullarındaki Toprağın Sıkışmasına Etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı 1979, Cilt:29, Fasikül: 1'den Ayrı Basım. A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Aksakal, L.E. 2003. Polivinilalkolün (PVA) Toprak Sıkışması Parametreleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tez Çalışması. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, Erzurum.
- Alakukku, L. 1996. Persistence of Soil Compaction Due to High Axle Load Traffic. II. Long-Term Effects on The Properties of Fine-Textured and Organic Soils. Agricultural Research Centre of Finland, Institute of Crop and Soil Science, Jokioinen. Soil and Tillage Research, Vol.37, i.4, p. 223-238, Finland.
- Alakukku, L., Weiskopf, P., Chamen, W.C.T., Tijink, F.G.J., Van Der Linden, J.P., Pires, S., Sommer, C., Spor, G. 2003. Prevention Strategies For Field Traffic-Induced Subsoil Compaction: A Review Part 1. Machine/Soil interactions Soil & Tillage Research, 73: 145–160.
- Ampoorter, E., Goris, R., Cornelis, W.M. ve Verheyen, K. 2007. Impact of Mechanized Logging on Compaction Status of Sandy Forest Soils. Forest Ecology and Management, Vol 241, i. 1-3, p:162-174.
- Anonim, 1996. Soil Compaction and Conservation Tillage. College of Agricultural Sciences Cooperative Extension. Conservation Tillage Series, Number Three.
- Anonim, 2002. www.extension.umn.edu/distribution/cropsystms/components/7400_02.html Compaction.
- Bal, H. 1985. Toprak Sıkışması, Sorunları ve Çözüm Yolları. Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi, 20- 22 Mayıs 1985, s: 131–138, Adana.
- Baran, A., Bender, D. ve Özkan, İ. 1996. Organik Topraklar Karıştırmanın Killi Tınlı Bir Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerinde Sıkışma ile Oluşan Değişimlere Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2(4) 81- 85.
- Barken, L.R., Bosresen, T. ve Njoss, A. 1986. Effect of soil Compaction by Tractor Traffic on Soil Structure, Denitrification and Yield of Wheat (*Triticum Aestivum* L.). Dep. Microbiol., Agric. Univ. Norway, N-1432, Ås-NLH, Norway. European Journal of Soil Science, UK. Volume 38, Issue 3, Pages: 541 – 552.

- Bender, D., Baran, A. ve Özkan, İ. 1997. Farklı Sıkıştırma sürelerinin Killi Tınlı Bir Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerindeki Değişimlere Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3(2) 377-381.
- Bender Ö., D. 2005. Usage of Hazelnut Husk Compost as Growing Medium. Proceedings of The Sixth International Congress on Hazelnut. Acta Hort. 686:309-319.
- Bender Özenç, D. ve Özenç, N. 2008. Short-Term Effects of Hazelnut Husk Compost And Organic Amendment Applications on Clay Loam Soil. Compost Science & Utilization. Vol. 16, No.3, pp. 192-199.
- Bender Özenç, D. ve Özenç, N. 2009a. Long-Term Effects Of Hazelnut Husk Compost Applications On Soil Permeability. Proceedings of the 7th International Congress on Hazelnut. Acta Horticulturae 845:399-406.
- Bender Özenç, D. ve Özenç, N. 2009b. Determination of Hazelnut Husk Decomposition Level and of The Content of Some Plant Nutrient Elements Under Natural Conditions. Proceedings of the 7th International Congress on Hazelnut. Acta Horticulturae, 845:323-330.
- Blake, G.R., and Hartge, K.H. 1986. Bulk Density in: Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods. (Ed: A. Klute) Agronomy Monograph no. 9, pp. 363-375.
- Bouyoucos, G. J. 1951. A Recalibration of The Hydrometer Method For Making Mechanical Analyses of Soils. Argon. J. 43: 424- 438.
- Botta, G.F., Jorajuria, D., Balbuena, R., Ressia, M., Ferrero, C., Rosatto, H. ve Tourn, M. 2006. Deep Tillage and traffic Effects on Subsoil Compaction and Sunflower (*Helianthus annus L.*) Yields. Soil and Tillage Research 91, p: 164- 172.
- Chan, K.Y., Oates, A., Swan, A.D., Hayes, R.C., Dear, B.S. ve Poples, M.B. 2006. Agronomic Consequences of Tractor Wheel Compaction on a Clay Soil. Soil and Tillage Research 89: 13- 21.
- Conover, C.A. ve Poole, R.T. 1981. Effect of Soil Compaction on Physical properties of Potting Media and Growth of *Pilea Pubescens* Liebm. Silver Tree Journal of The Aler. Society for Horticultural Science 106(5) 604- 607.
- Çağlar, K.Ö. 1958. Toprak İlimi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 10.
- Çalışkan, N., Koç, N., Kaya, A. ve Şenses, T. 1996. Fındık Zurufundan Kompost Elde Edilmesi. Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Sonuç Raporu 41 s., Giresun

- Çarman, K. 1994. Tractor Forward Velocity and Tire Load Effects on Soil Compaction. *Journal of Terramechanics*, Volume 31, Issue 1, P: 11- 20.
- Çıla, M. 1999. Sıkıştırmanın Çiftlik Gübresi İle Hazırlanan Toprak Harçlarının Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tez Çalışması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Çimen, F.; Ok, S., S.; Kayran, C.; Demirci, S.; Bender, Ö.D.; Ozenc, N. 2007. Characterization Of Humic Materials Extracted From Hazelnut Husk And Hazelnut Husk Amended Soils. *Biodegradation* ISSN 0923-9820 Vol. 18, No 3, Pp. 295-301 [7 Page(S) (Article)] (3/4 p.)
- De Boodt, M., Verdonck, O., ve Cappaert, I. 1973. Method For Release Curve Organic Substrates. *Proceeding Symposium Artificial Media in Horticulture* 2054-2062.
- De Boodt, M. ve Verdonck, O. 1973. The Physical Properties Of The Substrates İn Horticulture. *Acta Hort* 26:37-44.
- Defosse, P., Richard, G., Boizard, H. ve O'Sullivan, M.F. 2003. Modeling Change in Soil Compaction Due to Agricultural Traffic as Function of Soil Water Content. *Science Direct, Geoderma* 116: 89-105.
- DIN 11542, 1978. Torf für Garbenbau und Landwirtschaft. Germany.
- Dijk, S.J.E. ve Asch, Th. W.J. 2002. Compaction of Loamly Soils Due to Tractor Traffic in Vineyards and Orchards and Its Effects on Infiltration in Southern France. *Soil and Tillage Research* 63: 141- 153.
- Douglas, J.T. ve Crawford, C.E. 1991. Wheel- Induced Soil Compaction Effects on Ryegrass Production and Nitrogen Uptake. *Grass and Forage Science*, Vol. 46, i.5, p.405- 416.3
- Duada A. ve Samari, A. 2002. Cowpea Yield Response to Soil Compaction Under Tractor Traffic on a Sandy Loam Soil in The Semi- Arid Region of Northern Nigeria. *Soil and Tillage Research* 68: 17- 22.
- Eaton, R.J., Barbercheck, M., Buford, M. ve Smith, W. 2004. Effects of Organic Matter Removal, Soil Compaction, and Vegetation Control on Collembolan Populations. *Science Direct Pedobiologia* 48: 121- 128
- Ekwue, E.I. ve Stone, R.J. 1995. Organic Matter Effects on The Strength Properties of Compacted Agricultural Soils. *American Society of Agricultural Engineers* vol. 38, n2, pp. 357-365 (29 ref.).
- Eskici, Y. 2004. Toprağın Gıdası: Organik Atıklar. www.buğday.org/article.php

- Ertop, S. 2002. Organik Madde Nedir, Topraktaki Organik Maddenin Toprağın Organik Maddesini Arttırma Yolları Nelerdir. Tez Çalışması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- FAOSTAT, 2009. FAO Veri Tabanı. Türkiye'nin FAO Verilerine Göre Yıllar İtibariyle Sert Kabuklu Meyve Üretimi.
- Fashkami, N. R. 1992. Peat, Perlit Ve Zeolit'in Toprak Kompaksiyonuna Etkisi. Yüksek Lisans Tez Çalışması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Gabriels, R. ve Verdonck, O. 1992. Reference Methods For Analysis of Compost. In: Composting and Compost Quality Assurance Criteria. pp.173-183.
- Gemtos T.A. ve Lellis, Th. 1997. Effects of Soil Compaction, Water and Organic Matter Contents on Emergence and Initial Plant Growth of Cotton and Sugar Beet. Journal of Agricultural Engineering Research v. 66, i. 2, p: 121- 134.
- Hamza, M.A. ve Anderson, W.K. 2005. Soil Compaction in Cropping Systems A Review of The Nature, Causes and Possible Solutions. Soil and Tillage Research 82:121- 145.
- Hansen, S. 1996. Effects of Manure Treatment and Soil Compaction on Plant Production of a Dairy Farm System Converting to Organic Farming Practice. Agriculture, Ecosystems & Environment Volume 56, issue 3, p: 173- 186.
- Horn, R. 2004. Time Dependence of Soil Mechanical Properties and Pore Functions for Arable Soils. Soil Science Society of America J. 68: 1131-1137.
- İç, S. ve Gürsel, C. 2008. Tütün Atığının Farklı Bünyeli Toprakların Bazı Kimyasal Ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi. OMÜ Zir. Fak. Dergisi 23(2):104-109.
- Kirişçi, V. 1999. Pulluk Tabanı ve Dipkazan Kullanımı. Cine Tarım Dergisi. Sayı:17, Adana.
- Klute,A. ve Dirksen, C. 1986. Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Properties, Amer., Society, Agronomy, Monograph 9, 2 nd ed. Madison, Wisc., USA.
- Kok, H., Taylor, R.K. ve Lamond, R.E. 1996. Soil Compaction Problem and Solution. July www.oznet.ksu.edu/library/CRPL2/AF115.pdf
- Korucu, T., Kirişçi, V. ve Selvi, K.Ç. 2003. Toprak Sıkışmasını Azaltmaya Yönelik Traktör ve Makine Kullanımı İlkeleri. Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, 3-5 Eylül 2003. S:172-178, Konya, Türkiye.

- Kozłowski, T.T. 1999. Soil Compaction and Growth of Woody Plants Scandinavian Journal of Forest Research, Volume 14, Issue 6, pages 596 – 619.
- Kuht, J. ve Reintam, E. 2004. Soil Compaction Effect on Soil Physical Properties and The Content of Nutrients in Spring Barley (*Hordeum Vulgare L.*) and Spring Wheat (*Triticum Aestivum L.*). *Agronomy Research* 2(2), 187- 194.
- Li, Y.X., Tullberg, J.N. ve Freebairn, D.M. 2006. Wheel traffic and Tillage Effects on Runoff and Crop Yield. *Soil and Tillage Research* 97: 282- 292.
- Lipiec, J., Medvedev, V.V., Birkas, M., Dumitru, E., Lyndina, T.E., Rouseva, S. ve Fulajtar, E. 2003. Effect of Soil Compaction on Root Growth and Crop Yield in Central and Eastern Europe. *International Agrophysics, Int. Agrophysics*, 17: 61–69.
- Malkawi, A., Alawneh, A. ve Abu-Safaqah, O. 1999. Effects of Organic Matter on The Physical and The Physicochemical Properties of An Illitic Soil. *Applied Clay Science* 14:257- 278.
- Mari, G.R., Changying, Ji, Jun, Z. ve Bukhari, S.F. 2007. Effect of Tillage Machinery Traffic on Soil Properties, Corn Root Development and Plant Growth *International Commission of Agricultural Engineering*, v. 8.
- Marti, M. 1983. Effects of Soil Compaction and Lime on Yield and Soil Parameteres on Three Silty Clay Loam Soils in South Eastren Norway. *SCIENIFICRE Ports of the Agricultural University of Norway*. Vol. 62, No: 24.
- McBride, R.A., H.Martin ve B.Kennedy 1997. Soil Compaction. Ministry of Agriculture and Food. <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/88-082.htm>
- Munsuz, N. 1982. Toprak-Su İlişkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:798, Ders Kitabı: 221, 241 s.
- Munsuz, N. 1985. Toprak Mekaniği ve Teknolojisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, 527. Ders Kitabı 260, 118- 145.
- Munsuz, N. ve Akyıldız, R. 1983. Afşin- Elbistan Linyit Havzası Gytja'larının Killi ve Tınlı topraklarda Kompaksiyon Etkisi. TÜBİTAK VII. Bilim Kongresi, TAOG Tebliği.
- Nelson, D.W. ve Sommers, L.E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd Edition, Number 9 (Part 2) in series. pages: 539-579. American Society of Agronomy, Madison, WI.

- Ohu, J. O., Ragharan, C.S.V. ve Mckyes, E. 1985. Peatmoss Effecet on the Physical and Hydraulic Characteristics of Compacted Soils. American Society of Agricultural Engineers 28(2) 420- 424.
- Özenç, N. ve Çalışkan, N. 2001. Effect of husk compost on hazelnut yield and quality. Proceedings of the Fifth International Congress on Hazelnut, Acta Horticulturae, 556: 559-566.
- Richard, G., Boizard, H., Roger-Estrade, J., Boiffin, J. and Guérif, J. 1999. Field Study of Soil Compaction Due to Traffic in Northern France: Pore Space and Morphological Analysis of The Compacted Zones. Soil & Tillage Research 51: 151- 160, France.
- Rusanov, V.A. 1991. Effects of Wheel and Track Traffic on The Soil and on Crop Growth and Yield. Soil & Tillage Research v. 19, i. 2-3, p: 131- 143.
- Schäffer, B. Attinger, W. ve Schulin, R. 2007. Compaction of Restored Soil By Heavy Agricultural Machinery. Soil Physical and Mechanical Aspects. Soil and Tillage Research 93: 28- 43.
- Scott, D.I., Tams, A.R., Berry, P.M ve Mooney, S.J. 2005. The Effects of Wheel-Induced Soil Compaction on Anchorage Strength and Resistance to Root Lodging of Winter Barley (*Hordeum Vulgare L.*). Soil and Tillage Research 82: 147- 160.
- Servadio, P., Marsili, A., Vignozzi, N., Pellegrini, S. ve Pagliai, M. 2005. Effects on Some Soil Qualities in Central Italy Following The Passage of Four Wheel Drive Tractor Fitted With Single And Dual Tires. Soil & Tillage Research 84 (2005) 87–100
- Sidhu, D. ve Duiker, W.S. 2006. Soil Compaction in Conservation Tillage: Crop Impacts. American Society of Agronomy, J 98:1257- 1264.
- Swinford, J.M. ve Boevey, T.M.C. 1984. The Effect of Soil Compaction Due To Infield Transport on Ration Cane Yields and Soil Physical Characteristics. Proceedings. South African Sugar Technologists. Association, No: 58, 198- 203.
- Şeker, C. ve Işıldar, A.,A. 2000. Tarla Trafığının Toprak Profilineki Gözenekliliğe ve Sıkışmaya Etkisi. Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi, 24 (1), 71- 77.
- Tabiehzad, H. 1988. Farklı Tekstüre Sahip Toprakların Kimi Fiziksel Özelliklerine Sıkışmanın Etkileri. Yüksek Lisans Tez Çalışması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı, Ankara.
- U.S. Soil Survey Staff, 1951. Soil Survey Manual U.S. Department Agriculture Handbook, U.S. Government Printing Office Waschington, No. 18.

- U.S. Salinity Lab. Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils U.S. Government Handbook No: 60, Printing Office, Washington.
- Voorhees, W.B., Evans, S.D. ve Warnes, D.D. 1985. Effect of Preplant Wheel Traffic on Soil Compaction, Water Use and Growth of Spring Wheat. Soil Sci. Soc. Am J 49:215- 220.
- Yavuzcan, H.G. 2000. Wheel Traffic Impact on Soil Conditions as Influenced by Tillage System in Central Anatoila. Soil and Tillage Research 54: 129- 138.
- Yavuzcan, H.G., Vatandaş, M. ve Gürhan, R. 2002. Soil Strenght as Affected by Tillage System and Wheel Traffic in wheat- Corn Rotation in Central Anatolia. Journal of Terramechanics 39: 23- 34.
- Yavuzcan, H.G., Matthies, D. ve Auernhammer, H. 2005. Vulnerability of Bavarian Silty Loam Soil to Compaction Under Heavy Wheel Traffic: Impact of Tillage Method and Soil Water Content. Soil and Tillage Research, Vol.84, i.2, p.200-215.
- Yılmaz, E. ve Alagöz, Z. 2008. Organik Madde Toprak Suyu İlişkisi. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 1 (2): 15-21, ISSN:1308-0040. www.nobel.gen.tr.
- Zeinel- Abedine, I.A., Shawky, M.E. ve El- Samevouny, I.M. 1979. Load a Preliminary Study of The Effect of Weight on Some Soil Properties I. Hydraulic Conductivity. Research of Bullettin Faculty of Agriculture, Ain Shams University, No. 1211, 23 PP.
- Zeytin, S. ve Baran, A. 2003. Influences of Composted Hazelnut Husk on Some Physical Properties of Soils. Bioresource Technology, Vol. 88, i.3, p. 241- 244.
- Zhang, X.Y., Cruse, R.M., Sui, Y.Y. ve Jhao, Z. 2006. Soil Compaction Induced by Small Tractor Traffic in Northeast China. Soil & Water Management & Conservation. Soil Sci. Soc. Am. J 70:613- 619.

EKLER

EK A. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın saturasyon yüzdesi üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
A	2	390.779	195.389	50.8022**
B	4	238.340	59.585	15.4924**
AB	8	129.805	16.225	4.2188**
Hata	30	115.382	3.846	
Genel	44	874.308		

** işaretli değer %1 düzeyinde önemlidir.

EK B. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın pF1’de tutulan yüzde su miktarı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
A	2	331.656	165.828	48.2918**
B	4	45.507	11.377	3.3131*
AB	8	29.565	3.696	1.0762
Hata	30	103.036	3.434	
Genel	44	509.642		

* ve ** işaretli değerler %5 ve %1 düzeylerinde önemlidir.

EK C. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın pF1.7'de tutulan yüzde su miktarı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
A	2	163.015	81.507	59.1797**
B	4	26.884	6.721	4.8799**
AB	8	7.416	0.927	0.6730
Hata	30	41.319	1.337	
Genel	44	238.633		

** işaretli değer %1 düzeyinde önemlidir.

EK D. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın havalanma porozitesi üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
A	2	53.363	26.682	10.2515**
B	4	113.783	28.446	10.9293**
AB	8	105.190	13.149	5.0520**
Hata	30	78.081	2.603	
Genel	44	350.418		

** işaretli değer %1 düzeyinde önemlidir.

EK E. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın toprağın tarla kapasitesindeki su miktarı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
A	2	60.028	30.014	97.8058**
B	4	82.463	20.616	67.1794**
AB	8	6.840	0.855	2.7862*
Hata	30	9.206	0.307	
Genel	44	158.538		

* ve ** işaretli değerler %5 ve %1 düzeyinde önemlidir.

EK F. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın toprağın solma noktasındaki su miktarı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
A	2	52.740	26.370	39.5553**
B	4	46.294	11.573	17.3603**
AB	8	7.299	0.912	1.3687
Hata	30	20.000	0.667	
Genel	44	126.334		

** işaretli değer %1 düzeyinde önemlidir.

EK G. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın toprağın yarayışlı su miktarı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
A	2	0.279	0.139	0.4321
B	4	5.178	1.294	4.0102*
AB	8	1.755	0.219	0.6798
Hata	30	9.683	0.323	
Genel	44	16.895		

* işaretli değer %5 düzeyinde önemlidir.

EK H. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın toprağın hidrolik iletkenliği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
A	2	301.027	150.514	116.3976**
B	4	45.430	11.358	8.7832**
AB	8	6.975	0.872	0.6742
Hata	30	38.793	1.293	
Genel	44	392.226		

** işaretli değer %1 düzeyinde önemlidir.

EK I. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın bir toprağın makro por dağılımı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
A	2	19.239	9.619	1.6000
B	4	154.763	38.691	6.4354**
AB	8	172.452	21.556	3.5854**
Hata	30	180.366	6.012	
Genel	44	526.820		

** işaretli değer %1 düzeylerinde önemlidir.

EK İ. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tın toprağın mikro por dağılımı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
A	2	19.239	9.619	1.6000
B	4	154.763	38.691	6.4354**
AB	8	172.452	21.556	3.5854**
Hata	30	180.366	6.012	
Genel	44	526.820		

** işaretli değer %1 düzeyinde önemlidir.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yasemin BİROL

Doğum Yeri: Çarşamba

Doğum Tarihi: 17.10.1984

Medeni Hali: Bekar

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Çarşamba da tamamladı (1998-2001)

Lisans: Karadeniz Teknik Üniversitesi Ordu Ziraat Fakültesi (2002–2006)

Yüksek Lisans: Ordu Üniversitesi/Toprak Anabilim Dalı (2007- 2010)

İletişim Bilgileri: yaseminbirol55@windowslive.com