

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FINDIK ZURUFU KOMPOSTUNUN TOPRAK MEKANİKSEL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

EBRU İSLAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2016

TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ebru İSLAM tarafından hazırlanan ve Prof. Dr. Tayfun AŞKIN danışmanlığında yürütülen “Fındık Zurufu Kompostunun Toprak Mekaniksel Özellikleri Üzerine Etkisi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 11/03/2016 tarihinde oy birliği ile Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Tayfun AŞKIN

Başkan : Prof. Dr. Coşkun GÜLSER
: Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İmza : 
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Ceyhan TARAKÇIOĞLU
: Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İmza : 
Ordu Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Tayfun AŞKIN
: Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İmza : 
Ordu Üniversitesi

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun..14/04/2016...tarih ve 2016/182...sayılı kararı ile onaylanmıştır.

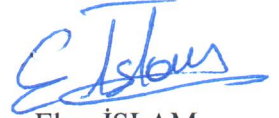
18./04/2016

Enstitü Müdürü
Doç. Dr. Kürşat KORKMAZ



TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.


Ebru İSLAM

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

FINDIK ZURUFU KOMPOSTUNUN TOPRAK MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ebru İSLAM

Ordu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, 2016
Yüksek Lisans Tezi, 60s.

Danışman: Prof. Dr. Tayfun AŞKIN

Bu çalışmanın amacı; atık fındık zurufundan biyoteknolojik tekniklerle elde edilen kompostun, toprakların bazı mekaniksel özellikleri üzerine etkisini, farklı toprak tekstürlerinde (Cumhuriyet, kumlu tın ve Akçatepe, killi tın tekstüre sahip) ve farklı örnekleme zamanlarında araştırmaktır.

Çalışmada kompostlanmış atık fındık zurufu; toprakların organik madde kapsamını 0, % 0.5 (1.25 ton da⁻¹), % 1 (2.5 ton da⁻¹), % 2 (5 ton da⁻¹), % 3 (7.5 ton da⁻¹) ve % 4 (10 ton da⁻¹) oranında artıracak şekilde 6 uygulama dozunda ve 3 tekrarlamalı olarak kullanılmıştır. Fındık zurufu kompostu 23 Kasım 2012 tarihinde, Cumhuriyet (kumlu tın) ve Akçatepe (killi tın) deneme arazilerine toprağa çapa ile karıştırılarak uygulanmıştır. Toprak örnekleri araziden 4 farklı örnekleme döneminde üç ay ara ile (I, 31 Mart 2013; II, 30 Haziran 2013; III, 01 Ekim 2013 ve IV, 31 Aralık 2013) alınmış ve bazı fiziksel, kimyasal ve mekaniksel toprak özellikleri tespit edilmiştir. Her bir deneme 18 parselden (ocak), toplam deneme ise 36 parselden oluşmuştur. Araştırmada toprakların mekaniksel özellikleri üzerine işaret eden bazı mekaniksel özellikleri (Likit Limit, Plastik Limit, Plastiklik İndeksi, Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE-çubuk, COLE-kesek), Büzülme Limit, Yüzde büzülme, Hacimsel Değişme, Büzülme Oranı, Doğrusal Büzülme, Serbest Şişme İndeksi) incelenmiştir.

Çalışma sonucunda; atık fındık zurufu uygulaması, kontrole göre toprakların likit limit, plastik limit ve plastiklik indeksini artırmıştır.

Örnekleme zamanları dikkate alındığında; toprakların likit limit, plastik limit, ve plastiklik indeksi değerlerinde I. örnekleme döneminden (ilkbahar) IV. örnekleme dönemine (kış) doğru azalmalar görülmüştür.

COLE-çubuk değerleri örnekleme zamanlarına bağlı olarak değişiklik göstermemiştir. Ancak toprak tekstürleri ve atık fındık zurufu uygulama dozları, toprakların doğrusal uzama katsayısı değerlerinde farklılıklar meydana getirmiştir.

Topraklara fındık zurufu kompostu uygulaması, toprakların büzülme limiti ve yüzde büzülme değerlerini istatistiksel anlamda etkilememiştir.

Anahtar Kelimeler: Fındık Zurufu, Kompost, Organik Madde, Toprakların Mekaniksel Özellikleri

ABSTRACT

THE EFFECT OF HAZELNUT HUSK COMPOST ON SOIL MECHANICAL PROPERTIES

Ebru İSLAM

University of Ordu
Institute for Graduate Studies in Soil Science and Plant Nutrition Department
2016
MSc. Thesis, 60p.

Supervisor: Prof. Dr. Tayfun AŞKIN

The aim of this study was to investigate the effect of hazelnut husk compost prepared by biotechnologic techniques on some soil mechanical properties in different soil texture (Cumhuriyet, sandy loam and Akçatepe, clay loam in soil texture) and different sampling time.

In this study, hazelnut husk compost was used to increase of soil organic matter content as 0, 0.5% (1.25 ton da⁻¹), 1% (2.5 ton da⁻¹), 2% (5 ton da⁻¹), 3% (7.5 ton da⁻¹) and 4% (10 ton da⁻¹) with three replications. The hazelnut husk compost was applied to Cumhuriyet (sandy loam soil) and Akçatepe (clay loam soil) hazelnut orchard at 23 November 2012 with using an anchor. The soil samples were taken at four different time (I, 31 March 2013; II, 30 June 2013; III, 01 October 2013 and IV, 31 December 2013), to determine some soil physical, chemical and biological properties. Our study consists of 36 plots and each location has 18 plots. Some soil physical (aggregate stability, bulk density, field capacity, and permanent wilting point and saturated hydraulic conductivity), chemical (organic matter content, nitrogen, pH, electrical conductivity and exchangeable cations such as; calcium, potassium, sodium and magnesium) and mechanical (liquid limit, plastic limit, plasticity index, COLE-rod, COLE-clod, shrinkage limit, shrinkage ratio, linear shrinkage, volume change, free swelling index, percentage shrinkage) properties were investigated.

The soil liquid limit, plastic limit and plasticity index were increased by hazelnut husk compost application compared with the control in each soil.

Considering of sampling periods; liquid limit, plastic limit and plasticity index values decreased from the first sampling to the fourth sampling time, shrinkage ratio increased towards the first sampling to the fourth sampling time.

Hazelnut husk compost did not significantly effect the soil shrinkage limit and shrinkage percentage statistically.

Key Words: Hazelnut Husk, Compost, Organic Matter, Soil Mechanical properties.

TEŞEKKÜR

Çalışmam boyunca her türlü bilgiyi bana sağlayan, desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Tayfun AŞKIN' a teşekkür ederim.

Deneme materyali olarak kullandığım fındık zurufu kompostunun yapımında emeği geçen ve araştırmamda kullanabilmem için katkı sağlayan Sayın Doç. Dr. Rıdvan KIZILKAYA' ya teşekkür ederim.

1190698 no'lu TÜBİTAK projesi kapsamında hazırlanan atık fındık zurufu kompostunu tez çalışmamda deneme materyali olarak kullanmama olanak sağlayan TÜBİTAK' a bilhassa teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitim sürecinde her konuda kendisinden destek aldığım değerli hocam Sayın Dr. Serkan İÇ' e teşekkür ederim.

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde görev yapan bütün personele teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında manevi desteğini esirgemeyen Araştırma Görevlisi arkadaşım Sezen KULAÇ' a, Araştırma Görevlisi Serkan UZUN' a, Ziraat Yüksek Mühendisi Saliha ARTAN' a ve Ziraat Mühendisi Zeynep EVGİN' e teşekkür ederim.

Labaratuvar çalışmalarım süresince yardımını ve desteğini esirgemeyen Müzik ve Sahne Sanatları Fakültesi, Müzik Bölümü Lisans Öğrencisi Mehmet VARLI' ya teşekkür ederim.

Tez aşamasında destek ve teşvik eden yol arkadaşım Biyolog Hayriye Bengisu ELLİBEŞ' e teşekkür ederim.

Analizlerim için bana ev sahipliği yapan Fatsa Ziraat Odası Toprak Analiz Labaratuvarı, Labaratuvar sorumlusu Aslıhan KÜÇÜK ve Labaratuvar teknik elemanı Nur Ezgi EKİZ' e teşekkür ediyorum.

Hayatım boyunca hep yanımda olan maddi manevi desteğini benden esirgemeyen annem Havva İSLAM' a, babam Salih İSLAM' a, ağabeylerim Fatih İSLAM ve Beytullah İSLAM' a ve kardeşim Sabiha İSLAM' a sonsuz teşekkür ederim.

Ebru İslam

2016

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜRLER	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
EK LİSTESİ	IX
ÇİZELGELER LİSTESİ	X
SİMGELER ve KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Toprak Mekaniği	4
2.2. Atterberg Limitleri	5
2.2.1. Likit Limit	5
2.2.2. Plastik Limit	6
2.2.3. Plastiklik İndeksi	8
2.3. Şişme ve Büzülme Limitleri	8
3. MATERYAL ve METOT	11
3.1. Materyal	11
3.1.2. Deneme Arazilerinin Toprak Özellikleri	12
3.2. Metot	13
3.2.1. Toprak Analizleri.....	14
3.2.1.1. Toprak Reaksiyonu	14
3.2.1.2. Elektriksel İletkenlik	14
3.2.1.3. Organik Madde	14
3.2.1.4. Toplam N	14
3.2.1.5. Değişebilir Na, K, Ca, Mg	15
3.2.1.6. Tarla Kapasitesi	15
3.2.1.7. Solma Noktası	15
3.2.1.8. Likit Limit	15
3.2.1.9. Plastik Limit	15
3.2.1.10. Plastiklik İndeksi.....	15
3.2.1.11. Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE-Çubuk)	15
3.2.1.12. Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE-Kesek)	16

3.2.1.13.	Büzülme Limiti	16
3.2.1.14.	Yüzde Büzülme	17
3.2.1.15.	Büzülme Oranı	17
3.2.1.16.	Hacimsel Değişme	17
3.2.1.17.	Doğrusal Büzülme	18
3.2.1.18.	Serbest Şişme İndeksi	18
3.2.2.	İstatistiksel Analizler	18
4.	BULGULAR ve TARTIŞMA.....	19
4.1.	Toprakların Mekaniksel Özellikleri	19
4.1.1.	Attarberg Limitleri	19
4.1.1.1.	Likit Limit	19
4.1.1.2.	Plastik Limit	23
4.1.1.3.	Plastiklik İndeksi	26
4.1.2.	Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE-Çubuk)	30
4.1.3.	Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE-Kesek)	33
4.1.4.	Büzülme Limiti	35
4.1.5.	Yüzde Büzülme	37
4.1.6.	Büzülme Oranı	39
4.1.7.	Hacimsel Değişme	41
4.1.8.	Doğrusal Büzülme	44
4.1.9.	Serbest Şişme İndeksi	46
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER	49
6.	KAYNAKLAR	51
EKLER	56
ÖZGEÇMİŞ	60

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1.	Cumhuriyet Mahallesi ve Akçatepe Mahallesi deneme arazileri	11
Şekil 4.1.	Lokasyonlar x uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun likit limit üzerine etkisi	19
Şekil 4.2.	Likit Limit üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması	20
Şekil 4.3.	Lokasyonlar x uygulama dozları interaksiyonunun likit limit üzerine etkisi	21
Şekil 4.4.	Likit limit üzerine lokasyon x dönem interaksiyonunun etkisi	22
Şekil 4.5.	Likit limit üzerine atık fındık zurufu kompostu uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun etkisi	22
Şekil 4.6.	Lokasyonlar x uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun plastik limit üzerine etkisi	23
Şekil 4.7.	Plastik limit üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması	24
Şekil 4.8.	Lokasyonlar x uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun Plastik limit üzerine etkisi	25
Şekil 4.9.	Plastik limit üzerine lokasyonlar x dönemler interaksiyonunun etkisi	26
Şekil 4.10.	Plastik limit üzerine atık fındık zurufu kompostu uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun etkisi	26
Şekil 4.11.	Plastiklik indeksinin üzerine lokasyonlar x dönemler x uygulama dozları interaksiyonunun etkisi	27
Şekil 4.12.	Plastiklik indeksinin üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması	28
Şekil 4.13.	Lokasyonlar x uygulama dozları interaksiyonunun plastiklik indeksi üzerine etkisi	29
Şekil 4.14.	Plastiklik indeksi üzerine lokasyon x dönem interaksiyonunun etkisi	29
Şekil 4.15.	Plastiklik indeksi üzerine atık fındık zurufu kompostu uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun etkisi	30
Şekil 4.16.	Lokasyon x uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun COLE-çubuk üzerine etkisi	31
Şekil 4.17.	COLE-çubuk üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması	31
Şekil 4.18.	Lokasyonlar x uygulama dozları interaksiyonunun COLE-çubuk üzerine etkisi	32

Şekil 4.19.	COLE-kesek üzerine toprak tekstürünün, atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması.....	33
Şekil 4.20.	COLE-kesek üzerine lokasyonlar x uygulama dozları interaksiyonunun etkisi	34
Şekil 4.21.	COLE-kesek üzerine lokasyon x dönem interaksiyonunun etkisi.....	35
Şekil 4.22.	Büzülme limiti üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması	36
Şekil 4.23.	Büzülme limiti üzerine lokasyon x dönemler interaksiyonunun etkisi	37
Şekil 4.24.	Yüzde büzülme üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması	38
Şekil 4.25.	Yüzde büzülme üzerine lokasyonlar x uygulama dozları interaksiyonunun etkisi	39
Şekil 4.26.	Büzülme oranı üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması	40
Şekil 4.27.	Büzülme oranı üzerine uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun etkisi	41
Şekil 4.28.	Büzülme oranı üzerine lokasyonlar x dönemler interaksiyonunun etkisi ...	41
Şekil 4.29.	Hacimsel değişme üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması	42
Şekil 4.30.	Lokasyonlar x uygulama dozları interaksiyonunun hacimsel değişme üzerine etkisi	43
Şekil 4.31.	Hacimsel değişme üzerine lokasyon x dönemler interaksiyonunun etkisi ...	43
Şekil 4.32.	Doğrusal büzülme üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması	44
Şekil 4.33.	Lokasyonlar x uygulama dozları interaksiyonunun doğrusal büzülme üzerine etkisi	45
Şekil 4.34.	Doğrusal büzülme üzerine lokasyon x dönemler interaksiyonunun etkisi ..	46
Şekil 4.35.	Serbest şişme indeksi üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması.....	47
Şekil 4.36.	Serbest şişme indeksi üzerine lokasyon x dönemler interaksiyonunun etkisi	48

EK LİSTESİ

<u>Ek No</u>		<u>Sayfa</u>
EK 1.	Likit limit değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	56
EK 2.	Plastik limit değerlerine ait varyans analiz sonucuarı.....	56
EK 3.	Plastiklik indeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	56
EK 4.	COLE-çubuk değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	57
EK 5.	COLE-kesek değerlerine ait varyans analiz sonuçları	57
EK 6.	Büzülme limiti değerlerine ait varyans analiz sonuçları	57
EK 7.	% Büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçları	58
EK 8.	Büzülme oranı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	58
EK 9.	Hacimsel değişme değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	58
EK 10.	Doğrusal büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	59
EK 11.	Serbest şişme indeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	59

ÇİZELGELER LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1.	Akçatepe ve Cumhuriyet arazilerine ait bazı fiziko-kimyasal ve mekaniksel toprak özellikleri.....	12
Çizelge 3.2.	Arazi denemelerine ait plan	13



SİMGELER ve KISALTMALAR

Ca	:	Kalsiyum
CaCO₃	:	Kalsiyum Karbonat
CL	:	Clay loam (Killi tın)
cm	:	Santimetre
cm³	:	Santimetreküp
cmol	:	Santimol
COLE-çubuk	:	Doğrusal Uzama Katsayısı
COLE-kesele	:	Doğrusal Uzama Katsayısı
da	:	Dekar
dS	:	Desi Siemens
EC	:	Elektriksel İletkenlik
g	:	Gram
K	:	Potasyum
kg	:	Kilogram
LL	:	Likit Limit
Mg	:	Magnezyum
m	:	Metre
mg	:	Miligram
mm	:	Milimetre
N	:	Azot
Na	:	Sodyum
NH₄OAc	:	Amonyum asetat
OM	:	Organik madde
P	:	Fosfor
pH	:	Ortamda bulunan H ⁺ konsantrasyonunun negatif logaritması
Pİ	:	Plastiklik İndeksi
PL	:	Plastik Limit
R	:	Büzölme Oranı
S	:	Büzölme Limiti
SL	:	Sandy loam (Killi tın)
SŞİ	:	Serbest Şişme İndeksi
Sv	:	Hacimsel Değişme
t	:	Ton
%	:	Yüzde

1. GİRİŞ

Toprak; yeryüzüne çıkmış çeşitli kayalar, mineraller ve organik ana materyallerin uzun zaman süresince, iklim, bitki örtüsü ve topografya koşulları altında, fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin etkisiyle parçalanması ve ayrışması sonucu oluşan, içerisinde geniş bir canlı topluluğu barındıran, bitkilere durak yeri ve besin kaynağı olan, gözenekli doğal bir canlıdır.

Toprak biliminin bir dalı olan toprak mekaniği, kendisine uygulanan kuvvetler altında toprağın göstereceği davranışlarla ilgilenmektedir. Başlangıçta, zemin mekaniği konularıyla benzer konuları içermesine rağmen, modern tarım tekniklerinin uygulanması ve makineli tarımın artması sonucu 'Tarımsal Toprak Mekaniği' ayrı bir bilim dalı olarak gelişmiş ve bugünkü yerini almıştır. Toprak mekaniği toprakların sürtünmesi, kayma gerilmeleri, adhezyon ve kohezyon, kesme dirençleri, sıkışma, şişme ve büzülmesi, yük altındaki gerilmeleri ve toprağın kıvamını incelemektedir (Munsuz, 1985).

Toprak mekaniği inşaat mühendisleri tarafından zemin mekaniği olarak ifade edilmektedir. Zemin ve toprak çoğu kez eş anlamlı olarak kullanılsa da gerçekte öyle değildir. İnşaat mühendisliğinde zemin, bitkisel üretim için kullanılan genetik toprak gövdesinden ziyade, toprak solumunun altındaki ana materyal veya ana kayayı ifade etmektedir. Dolayısıyla, zemin üzerinde bulunan kalınlığı birkaç cm'den birkaç m'ye kadar değişebilen, organik madde içeriği nispeten yüksek toprak gövdesi, inşaat mühendislerinden çok agronomistlerin ve toprak bilimcilerinin ilgi alanına girmektedir. Sonuç itibarıyla, mekaniksel kuvvetler altında özellikle bitki kök bölgesindeki toprağın davranış karakteristiklerini toprak fiziği, mekanik ve hidrolik prensipleri dahilinde inceleyen bilim dalı tarımsal toprak mekaniği olarak adlandırılmaktadır (Munsuz, 1985).

Tarımsal toprak mekaniği, toprağın mekaniksel özellikleri ile fiziksel durumu arasındaki ilişkileri göz önünde tutarak, toprağın sıkışabilirliği, strüktürel deformasyonu ve gerilim direnci arasındaki ilişkileri konu edinir. Toprak deformasyonunun en tipik örneği, basınç veya yük altında toprağın sıkışmasıdır. Bu kapsamda en yoğun ilgi, tarım makineleri ve toprak işleme aletlerinin toprak sıkışması ve toprağın dağılma-parçalanma mekaniği üzerine etkisi ile toprak

agregatlarının yağmur damlası ve mekaniksel basınç altında kırılmaya karşı dirençlerinin belirlenmesi konularında gösterilmektedir. Bununla birlikte; toprağın tane ve gözenek büyüklük dağılımları, katı, sıvı ve gaz fazları arasındaki etkileşimler, strüktür, geçirgenlik, kıvam limitleri, şişme ve büzülme potansiyeli, plastiklik, adezyon ve kohezyon, sıkışma, konsolidasyon, kesme direnci, çekme gerilimi, deformasyon ve şev stabilitesinin sağlanması ile ilgili çalışmalarda, tarımsal toprak mekaniği kapsamında yer almaktadır. Ayrıca, tarımsal toprak mekaniğinde toprağa uygulanan kuvvetler arasında su ve rüzgâr tarafından oluşan dinamik etkiler de dikkate alınmaktadır. Dolayısıyla, toprak mekaniği erozyonla ilgili çalışmalarda da ihtiyaç duyulan önemli bir bilim dalıdır (Öztaş, 2012).

Toprakta bitki kök ve gövde gelişimini etkileyen mekaniksel davranışların bilinmesi, tarımsal yönetim uygulamalarında gerekli önlemlerin alınması bakımından önemlidir (Canbolat ve Öztaş, 1997).

Şişme büzülme süreci içinde toprak porlarındaki suyun buharlaşması ve profil derinliğinde ortaya çıkan çatlamlar, bitki köklerinin zarar görmesine, toprağın su ve hava dengesinin bozulmasına, nem kaybının artmasına, sulama suyunun etkinliğinin azalmasına ve toprağın strüktürel durumunun kötüleşmesine de yol açabilir (Sönmez ve Öztaş, 1988).

Toprağın şişme-büzülme potansiyelinin değerlendirilmesinde, hacimsel büzülme ve doğrusal büzülme değerlerinden istifade edilebilir. Toprak nem içeriğindeki değişimlerin sebep olduğu şişme-büzülme veya toprak kütleindeki hacimsel değişim, toprakta mevcut kil mineralinin tipi ile yakın bir ilişki içerisindedir (Mbagwu ve Abbeh, 1998).

Kuruma sonrasında birçok tarla toprağının yüzeyinde büzülme sonucu ortaya çıkan çatlaklara rastlanılmaktadır. Montmorillonit gibi, genişleyebilen kafes yapıya sahip kil minerallerini içeren topraklar, belirli düzeylerde büzülme gösterebilmektedir. Kurak dönemlerde büzülme sonrası, toprak yüzeyinden başlayarak profil derinliğinde devam eden geniş ve derin çatlaklar, toprakta hem nem kaybının artmasına ve hem de toprağın, aşırı derecede sertleşmesine neden olmaktadır (Olsen ve Haugen, 1998).

Atterberg limitleri, toprağın kil içeriği, hakim kil minerali çeşidi, değişebilir kationların cinsi ve organik madde miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Head, 1984).

Organik madde, toprak mikro organizmalarının besin kaynağı olup, toprağın fiziksel ve biyolojik özellikleri ile verimliliğini önemli derecede etkilemekte ve toprağın su tutma kapasitesini de arttırmaktadır. Toprağın daha iyi havalanmasını ve ısınmasını sağlayan toprak organik maddesi, aynı zamanda toprak strüktürünü de şekillendirir. Toprak organik maddesi, çoğu bitki besin elementlerinin iyi bir deposu olup, toprak mikroorganizmalarının aktivesi ile sıkı bir ilişki içerisindedir (Ergene, 1982; Andiç, 1993).

Toprakların organik madde miktarı ile kıvam limitleri ve arazi kullanımı arasında çok yakın bir ilişki bulunmaktadır. Tarım arazilerinde işlemeye bağlı olarak organik madde statüsü değişmekte ve bu durum kıvam limitlerini de etkilemektedir. Yapılan pek çok çalışmada toprak organik madde içeriklerindeki artışa bağlı olarak kıvam limitlerinin de arttığı ortaya konulmuştur (Demiralay ve Güresinli, 1979; Canqui ve ark., 2005).

Organik materyalin korunması ve sürekliliğinin sağlanması, toprağa ancak organik madde ilavesi ile mümkün olmaktadır. Organik madde, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine önemli etkiler yapmaktadır. Toprağın iyi bir strüktür kazanması, agregatların stabil hale gelmesi, toprağın su tutma kapasitesinin artması, daha iyi havalanması ve iyi bir tav durumunu muhafaza etmesi gibi fiziksel özellikler, geniş ölçüde toprak organik maddesi ile ilişkilidir (Ertop, 2002). Günümüzde bu amaçla su yosunu, kan tozu, kemik unu, çay atığı, çöpler, evsel atıklar, hayvan gübreleri, fındık zuru gibi değişik kökenli organik atıklar rahatlıkla kullanılabilir (Eskici, 2004).

Bu çalışmanın amacı; biyoteknolojik tekniklerle atık fındık zurufundan elde edilen kompostun, toprakların bazı mekaniksel özellikleri üzerine etkisini, farklı toprak tekstürlerinde (Cumhuriyet, kumlu tın ve Akçatepe, killi tın tekstüre sahip) ve farklı örnekleme zamanlarında araştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Toprak Mekaniği

Toprak mekaniği, mühendislik mekaniğinin önemli bir kolu olup, mekaniksel kuvvetler altında toprakların davranış şekillerini tanımlar. En genel ifadesiyle, toprak mekaniği toprak gövdesinin denge ve hareket bilimidir (Verruijt, 2011).

Toprağın mühendislik özelliklerinin toprak bileşenlerine bakılarak kantitatif olarak belirlenmesi, günümüz bilgi ve teknolojik olanakları dahilinde mümkün değildir. Ancak, toprağın kendisine uygulanan kuvvet altında davranış şeklinin toprağın mineralojik oluşumuna bağlı olduğu iyi bilinmektedir. Ayrıca, toprakların mühendislik özelliklerini etkileyen fiziko-kimyasal nitelikteki olayların, toprak parçacıklarını bir arada tutan atomik ve moleküler bağların, fazlar arasında dengelenmemiş güçlerin, kilin kristal yapısının ve yüzey karakteristiklerinin doğasını da iyi analiz etmek gerekmektedir (Mitchell, 1976).

Toprak mekaniği, toprağın tarımdan çok mühendislik amaçlı kullanılmasına bağlı olarak gelişen, genç bir bilim dalıdır. Mekanik kurallarının eski zamanlarda yapı inşaatında kullanıldığı bilinmekle birlikte, toprak mekaniği konusundaki en önemli gelişmeler 1900'lü yıllarda gerçekleşmiştir. Yüzyılın başlarında, Atterberg kıvam limitlerini tanımlamış (1911), Terzaghi konsolidasyon teorisini geliştirmiş (1923), Proctor zeminin sıkıştırılması ile ilgili prensipleri açıklamış (1932) ve Casagrande ise 1932'de likit limitin belirlenmesinde kullanılan ve kendi adıyla anılan aleti geliştirmiştir. Toprak mekaniğinin temel prensipleri Karl Terzaghi ile birlikte anılmaktadır. Modern toprak mekaniğinin babası olarak kabul edilen Karl Terzaghi, toprak mekaniği teorisinin esasını oluşturan gözenek su basıncının toprak davranışı üzerine etkilerini açıklamıştır (Terzaghi ve Peck, 1967).

Toprak mekaniği konusunda bilimsel araştırmaların ve araştırmacıların birlikte hareketine ortam ve oluşum hazırlayan Uluslararası Toprak Mekaniği ve Temel Mühendisliği Birliği "The International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering (ISSMFE)" 1936 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde kurulmuştur. Toprak mekaniği ve geoteknik konusunda uluslararası düzeyde ilk bilimsel toplantı 1936 yılında ABD Harvard-Massachusetts de düzenlenmiştir. Birliğin XV. uluslararası bilimsel toplantısına ise 2001 yılında İstanbul ev sahipliği yapmıştır.

Toprak mekaniğinin ülkemizde gelişmesine öncülük eden bilim adamı olarak Prof. Dr. Hamdi Peynircioğlu gösterilmektedir (Uzuner, 2001). Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi ise 1975 yılında kurulmuştur.

2.2. Atterberg Limitleri

Gravmetrik su içeriğine bağlı olarak Atterberg, (1911), kıvam limitlerini üç bölümde tanımlamıştır. Bunlar; büzülme limiti, alt lastik veya plastik limit ve üst plastik veya likit limit olmak üzere ince taneli zeminlerin sınıflandırılması için kullanmıştır. Büzülme limiti, katı ve yarı katı durumlar arasındaki sınır; plastik limit, yarı katı ve plastik durumlar arasındaki sınır ve likit limit ise sıvı halden plastik durum arasındaki sınır olarak ifade edilmiştir (Casagrange, 1932; Archer, 1975; PCA, 1992; Campbell, 2001; Das, 2006; McBride, 2008).

2.2.1. Likit Limit

Toprakların mekaniksel özelliklerinden biri olan likit limit; toprağın akmaya başladığı andaki nem içeriğini ifade eder. Atteberg limitleri ile ilgili olarak ülkemizde çok fazla çalışma olmamasına rağmen, toprakların işlenmesi, arazi kullanımı ve toprak yönetiminde, toprakların kimyasal ve fiziksel özellikleriyle likit limit değerleri arasındaki ilişkilerin önem taşıdığı bilinmektedir.

Toprakların likit limit (LL) değerleri yaklaşık olarak 10-100, plastik limit (PL) değerleri ise 0-60 arasında değişmektedir. Düşük LL ve PL değerine sahip ve parçacık büyüklüğü geniş dağılım gösteren topraklar, yüksek kütle yoğunluğuna sıkıştırılabilirler ve davranışları da kararlıdır (Lambe ve Whitman, 1969; Özdemir, 1998).

Demiralay ve Güresinli, (1979), Erzurum Ovası topraklarının kıvam limitleri ve sıkışabilirlikleri üzerine yaptıkları bir araştırmalarında; toprakların LL değerlerine göre % 30'dan düşük olduğunda "az"; % 30-50 arasında olduğunda "orta" ve %50'den fazla olduğunda ise "yüksek" derecede plastikliğe sahip olacaklarını ifade etmişlerdir.

Kara ve ark., (1993), OMÜ Kampüs alanında yer alan toprak serilerine ait yüzey horizonlarının tamamında smektit grubu kil mineralinin bulunduğunu bildirmişlerdir.

Seri topraklarında LL ve PL değerlerinin yüksek olmasının muhtemelen smektit grubu kil tipi ve toplam kil miktarının fazla olmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Gülser ve Candemir, (2004), topraklara ilave edilen organik madde ile kıvam limitlerinde olası değişiklikleri ortaya koymak üzere yürüttükleri çalışmalarında, toprak organik maddesi ile kıvam limitlerinden LL ve PL arasında pozitif bir ilişki belirlemişler.

Gülser ve Candemir, (2006), yapmış oldukları bir çalışmada OMU Kurupelit Kampus alanında bulunan toprak serilerinde toprak işlemesine bağlı olarak, en yüksek likit limit (% 88.7) ve plastik limit (% 42.3) değerlerini Oyumca serisinde; en düşük LL (% 57.6) ve PL (% 30.1) değerlerini ise Aksu serisi topraklarında belirlenmiştir. Çalışmalarında LL değerlerinin tamamının % 50'den fazla olması nedeniyle tüm serilerde yer alan toprakların yüksek plastikliğe sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Yakupoğlu ve Özdemir, (2006), farklı düzeylerde erozyona uğramış topraklara, biyokatı ve çay atığını farklı dozlarda uygulayarak, mekaniksel özelliklerindeki değişimi ortaya koymak üzere yürüttükleri bir çalışmada; toprakların ince bünyeli olduğu orta düzeyde organik madde içerdiğini, sonuçta organik materyal ilavelerinin toprakların likit limit (LL) ve plastik limit (PL) değerlerini önemli ölçüde artırdığı saptamışlardır. Topraklarda artan erozyon düzeyine göre likit limit ve plastik limit değerlerinde düşüşler olduğunu, organik artıkların uygulanmasından sonra bu değerlerde artışlar olduğunu ifade etmişler, meydana gelen bu artışların likit limit için artan erozyon düzeylerine, atık çeşidine ve uygulanan doza; plastik limit için kil minerali çeşidine, kil içeriğine, değişebilir katyon cinsine ve organik madde miktarına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

2.2.2. Plastik Limit

Plastik limit, daha çok toprak işleme açısından en uygun nemin ifadesini gösterir. Diğer bir ifadeyle; elin ayası altında toprağı yuvarladığımızda oluşan iplik şeklindeki yapının çatlamaya başladığı andaki nem durumunu ifade etmektedir.

Toprakların kireç miktarı arttıkça, az plastik veya plastik olmayan topraklarda likit limit ve plastik limit artmakta ve plastiklik indeksi azalmakta; çok plastik topraklarda ise likit limit azalmakta ve plastik limit artmaktadır (Atanur, 1973).

Mbagwa ve Abeh, (1998), Kanada'nın Güney Saskatchewan ve Nijerya'nın tropikal bölge topraklarında; LL, PL, PI ve kil içeriği arasında önemli pozitif ilişkiler olduğunu bildirmişlerdir.

Toprağın LL ve PL seviyesindeki su içerikleri, farklı amaçlı kullanımlar için yararlı olabilmektedir. Söz konusu limitler uygun bir kıvam ölçüğünde tarla kapasitesi ve solma noktasını gösterebilir ve faydalı suyu ifade edebilirler. Tarımda PL değeri, toprak işleme zamanının belirlenmesinde iyi bir indeks olarak kabul edilmektedir. Pratik olarak toprak işleme PL değerinin altında ancak ona yakın nem içeriğinde yapılmalıdır (Marshall ve ark., 1996; Özdemir, 1998).

Bhushan ve Sharma, (2002), organik atık kullanarak kıvam limitlerini araştırdıkları bir çalışma sonucunda; toprağa organik atık ilavesinin, PL değerini önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir.

Blanco-Canqui ve ark., (2006) kulaklılaralıklarla sürülmüş sürekli mısır, sürülmemiş sürekli mısır olmak üzere beş arazi kullanım yönetimi üzerine bitki artıklarının ve organik madde uygulamasının etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, sürülmemiş sığır gübresi uygulaması ve mera ve orman sistemleri ile sürekli mısır, hiçbir işlem uygulamadan toprak parçacık yoğunluğunun en düşük değerini ve OM, LL, PL ve PI değerlerinin yüksek olduğunu göstermişlerdir. Toprak kıvam limitlerinde görülen önemli farklılıkların çoğunlukla yönetim sistemlerinin organik karbon değerleri değişimi üzerindeki etkisine atfedilmiştir.

Gülser ve Candemir, (2006), OMÜ Kurupelit kampusünde yer alan toprak serilerinde en uygun toprak işleme için maksimum nem içeriği, kıvam indeksinin yaklaşık 1.0'e eşit olmasını sağlayan tarla kapasitesindeki nem değerleri veya PL'in % 90'ındaki nem değerleri olarak belirlenmiştir.

Seybold ve ark., (2008), kil içeriği, katyon değişim kapasitesiyle likit limit ve Plastiklik indeksi arasındaki ilişkilerinin oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Keller ve Dexter, (2012), farklı organik madde ile kil içeriğine sahip, farklı

ülkelerden sağladıkları toprak veritabanı kullanarak, LL, PL ve PI arasında önemli pozitif ilişkiler olduğunu bildirmişlerdir.

2.2.3. Plastiklik İndeksi

Plastiklik indeksi, likit limit ile plastik limit arasındaki sayısal farktan elde edilir ($PI=LL-PL$) ve toprağın mekaniksel özelliklerine bağlı olarak çatlama olmadan, plastiklik terse döndürülemez. Toprak yarı katı halde iken, gevrek ve kırılğan davranış şekli gösterir (Campbell, 2001; Das, 2006; McBride, 2008; Keller ve Dexter, 2012).

Odell ve ark., (1960), yapmış oldukları bir çalışmalarında; organik madde, montmorillonit kil tipinde ve kil fraksiyonu miktarının LL ve PI üzerine önemli etkilere sahip olduğunu göstermişlerdir.

Gülser ve Candemir, (2006), gerçekleştirdikleri çalışmalarında; likit limit (LL) ve plastiklik indeksi (PI) değerlerine göre bütün toprakları, fazla plastik inorganik killer grubunda sınıflandırmışlar, topraklarının PI değerleri % 27.44 ile % 47.22 arasında değişmiş ve Aksu < Kurupelit < Müzmüllü < Oyumca < İncesu sıralamasıyla artmıştır. Geniş PI değerlerine sahip İncesu ve Oyumca serilerindeki toprakları çok ıslakken işlendiklerinde, balçıklaşma tehlikesi göstereceklerini bildirmişlerdir.

2.3. Şişme ve Büzülme Limitleri

Tarımsal toprak mekaniği, toprakta şişme ve büzülme sürecini de inceleyen bir bilim dalı olarak karşımıza çıkar. Doygun ve sıkışabilen bir toprakta su buharlaştığı zaman, hacim azalması veya büzülme olayı meydana gelir. Büzülme limiti, gözenek suyunda daha fazla buharlaşmanın meydana gelmesi esnasında, hacimde bir azalmanın meydana gelmediği andaki su miktarıdır (Munsuz, 1985).

Toprak mekaniksel ve fiziksel özelliklerin yorumlanması, kayma direnci, sıkıştırılabilirlik, büzülme ve şişme potansiyeli özellikleri için bilgi sağlar (Archer, 1975; Wroth ve Wood, 1978; Campbell, 2001; McBride, 2008; Seybold ark., 2008). Toprağın su içeriği ile ilgili veriler, aynı zamanda zeminin mühendislik uygulamaları içinde gereklidir (örneğin, bina ve yol inşaatında olduğu gibi). Ayrıca bu limitler ve indeksler; sıkıştırma ve tarım uygulamalarıyla ilişkili olarak toprakları sınıflandırmak (Soane ve ark., 1972; Campbell, 2001), faydalı su içeriği (Campbell, 2001; Dexter ve

Bird, 2001; Keller ve ark., 2007; Mosaddeghi ve ark., 2009), ve toprak-makine etkileşimleri için de önemlidir (Campbell, 2001).

Schafer ve Singer, (1976), toprakların şişme ve büzülme değerlerine ilişkin olarak yaptıkları bir çalışma sonucunda; COLE-çubuk değerinin doğrusal uzama hakkında bilgi verdiğini açıklamışlardır. COLE-çubuk ve hacimsel değişme (Sv) değerleri ile toprak organik maddesi arasında önemli ilişkiler bulunduğunu belirtmişlerdir.

Sönmez, (1981), yapmış olduğu bir çalışmada; toprağa organik madde uygulamasına bağlı olarak COLE-çubuk değerlerinde istatistiksel anlamda önemli bir azalmanın olduğunu ortaya koymuştur.

Sönmez, (1981), çiftlik gübresinin toprakların yüzde büzülme, büzülme limiti, büzülme oranı ve doğrusal uzama katsayısı değerleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında; yüzde büzülme, büzülme oranı ve COLE-çubuk değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir azalmanın, büzülme sınırı değerinde ise bir artışın olduğunu bildirmiştir.

Canbolat ve ark., (1998), Erzurum-Daphan ovası topraklarının mekaniksel özellikleri ile pedolojik özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek ve toprağın mekaniksel özelliklerinin tarımsal yönden önemini değerlendirmek amacıyla yürüttükleri araştırmalarında; ova topraklarının yüksek derecede şişme-büzülme tehlikesine sahip olduğunu, yüksek plastiklik gösterdiğini, mekaniksel kuvvetlere ve suyun gevşetici-dispersleştirici etkisine karşı ise dirençli olduğunu ifade etmişlerdir.

Yakupoğlu ve Özdemir, (2006)'da yapmış oldukları bir çalışmada; topraklara uygulanan organik atıkların doğrusal uzama katsayısı (COLE-çubuk) ve hacimsel değişme (Sv) değerlerini önemli ölçüde düşürdüğünü görmüştür. Toprağa ilave edilen organik atıkların toprak özelliklerine bağlı olarak şişme-büzülme potansiyellerini de önemli ölçüde düşürdüğünü, bu nedenle özellikle şişme büzülme potansiyeli yüksek olan Vertisol ordosuna dâhil olan topraklarda şişme-büzülme zararlarının azaltılması ve bitkisel üretimin artırılması bakımından organik atık ilavesinin önem taşıdığını bildirmişlerdir.

Gülser ve Candemir, (2006)'ya göre; İncesu ve Kurupelit serilerindeki topraklar, smektit grubu kil mineralince daha zengin olmaları nedeniyle, diğer serilerdeki topraklara göre daha yüksek büzülme limiti ve hacimsel büzülme değerleri

göstermişlerdir. Araştırmacılar, COLE-çubuk değerlerine göre İncesu, Oyumca ve Kurupelit serilerindeki toprakları çok yüksek, Müzmüllü ve Aksu Serilerindeki toprakları ise yüksek şişme-büzülme potansiyeline sahip olarak nitelendirmişlerdir.

Bektaş, (2012), Erzurum İli Tekman ilçesinde farklı arazi kullanımını altındaki toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özelliklerini karşılaştırmak amacıyla yapmış olduğu çalışmada; toprakların COLE-çubuk değerlerinin farklı bitkilerin yetiştirildiği topraklardaki COLE-çubuk içerisinde, en yüksek değerini mera toprağında tespit ederken, en düşük değeri ise yonca toprağında saptamıştır. Topraklarda yüzde büzülme değerleri ise en yüksek çayır toprağında belirlenirken, en düşük değer yonca toprağında belirlenmiştir. İnceleme alanı topraklarının yüzde büzülme değerleriyle, COLE-çubuk değerlerinin doğru orantılı olarak değiştiği; toprakların hacimsel büzülme değerleri açısından, farklı bitkilerin yetiştirildiği topraklarında en yüksek değer çayır toprağında ölçülürken, en düşük değer ise yonca toprağında belirlendiği, en yüksek doğrusal büzülme değerinin mera, çavdar ve buğday toprağında ölçülürken, en düşük değer çayır ve korunga toprağında kaydedildiği ifade edilmiştir. Farklı bitkilerin yetiştirildiği topraklarda serbest şişme indeksi değerlerinde en yüksek serbest şişme indeksi değerinin buğday toprağında, en düşük değer ise çavdar toprağında ölçüldüğü, dolayısıyla, çalışma yöresinde toprak kayıplarını önlemek için yem bitkileri ekiliş alanlarının artırılması ve uygun toprak işleme yöntemiyle ve bitki yönetimiyle organik atıkların toprağa karışımının sağlanması ve toprak yapısının iyileştirilmesi yönünde amenajman uygulamalarının yapılmasının büyük önem taşıdığı bildirilmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında, 1190698 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında hazırlanan atık fındık zurufunun mikrobiyal biyoteknolojik yöntemlerle elde edilen kompostu organik materyal olarak kullanılmıştır. Arazi denemesi şeklinde iki farklı toprak tekstürüne sahip arazide (Akçatepe Mahallesi ve Cumhuriyet Mahallesi), yürütülen bu çalışmada; atık fındık zurufu kompostunun farklı uygulama dozları, toprakların organik madde içeriklerini 0 (kontrol), % 0.5 (1.25 ton da-1), % 1 (2.5 ton da-1), % 2 (5 ton da-1), % 3 (7.5 ton da-1) ve % 4 (10 ton da-1) oranında artıracak şekilde seçilmiştir. Atık fındık zurufu kompostu, Ordu ili Altınordu ilçesi Akçatepe ve Cumhuriyet Mahallesi'nde yer alan deneme bahçelerindeki fındık ocaklarına, 23 Kasım 2012 tarihinde halka biçiminde 50-60 cm genişlikte banda olacak şekilde ve 10-15 cm toprak derinliğinde çapalanmak suretiyle toprakla nispeten tekdüze olacak şekilde uygulanmıştır.

Toprak tekstürü killi tın (CL) olan arazi, Ordu ili Akçatepe Mahallesi'nde bir fındık bahçesi ve tekstürü kumlu tın (SL) olan arazi ise, Ordu ili Cumhuriyet Mahallesi'nde uygulama bölgesidir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Cumhuriyet Mahallesi (solda) ve Akçatepe Mahallesi (sağda) deneme arazileri

İlkbahar (I, 31 Mart 2013), yaz (II, 30 Haziran 2013), sonbahar (III, 01 Ekim 2013) ve kış (IV, 31 Aralık 2013) mevsimlerinde olmak üzere dört farklı örnekleme zamanı bir faktör olarak seçilmiştir. Denemeler, tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüş ve bu durumda toplam deneme büyüklüğü, $2 \times 6 \times 4 \times 3 = 144$ olmuştur.

3.1.2. Deneme Arazilerinin Toprak Özellikleri

Deneme arazilerindeki topraklara atık fındık zurufu kompostu uygulanmadan önce alınan toprak örneklerinde, bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri belirlenmiş ve Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Akçatepe ve Cumhuriyet deneme arazilerindeki topraklara ait bazı fiziko kimyasal özellikleri

	Cumhuriyet	Akçatepe
Koordinat:	37T 413523 E; 4537029 N	37T 411638 E; 4534765 N
% kum	76.1	33.6
Tekstür % silt	9.6	27.9
% kil	14.3	38.5
Tekstür sınıfı	Kumlu tın (SL)	Killi tın (CL)
Toprak reaksiyonu-pH (1/2.5)	6.23	6.69
Elektriksel İletkenlik (dS m ⁻¹) (1/2.5)	0.04	1.43
Kireç (CaCO ₃), %	0.87	5.23
Organik madde, %	1.41	2.58
Toplam N, %	0.113	0.196
Alınabilir P, mg kg ⁻¹	7.21	15.39
Değişebilir Na, cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	0.19	0.33
Değişebilir K, cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	0.22	0.44
Değişebilir Ca, cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	13.08	39.90
Değişebilir Mg, cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	3.97	1.26
Tarla Kapasitesi, %	24.90	44.5
Solma Noktası, %	16.2	38.0
Yararlı Su Kapasitesi, %	8.70	6.50
Mekaniksel Özellikler		
Likit Limit, %	26.80	64.57
Plastik Limit, %	24.02	51.02
Plastiklik İndeksi, %	2.78	13.55
COLE-çubuk	0.05	0.17
COLE-kesek	0.14	0.38
Büzülme Limiti, %	22.92	22.86
Yüzde Büzülme, %	33.10	61.83
Büzülme Oranı	1.63	1.78
Hacimsel Değişme, %	49.48	162.0
Doğrusal Büzülme, %	15.54	27.46
Serbest Şişme İndeksi	0.26	0.35

Kumlu tın tekstür sınıfına sahip Cumhuriyet deneme arazisi dikkate alındığında; deneme alanı toprakları hafif asit reaksiyona sahiptir, elektriksel iletkenlik değeri oldukça düşüktür, tuzluluk problemi de bulunmamaktadır. Kireç (CaCO_3) içeriği çok düşük seviyededir. Yine bu arazideki toprakta; organik madde içeriği, toplam azot içeriği ve alınabilir fosfor içeriği de düşük seviyededir. Değişebilir sodyum ve değişebilir potasyum içeriği düşük seviyede, değişebilir magnezyum ve değişebilir kalsiyum içeriği ise yüksek seviyededir (Kacar, 1994).

Killi tın tekstür sınıfına sahip Akçatepe deneme arazisi toprağı dikkate alındığında; deneme alanı topraklar nötr toprak reaksiyonuna sahiptir ve elektriksel iletkenlik değerinde toprak tuzsuz sınıfına girecek şekilde düşüktür. Kireç içeriği (CaCO_3) orta seviyededir. Akçatepe deneme arazisi toprağının organik madde içeriği, toplam azot içeriği, alınabilir fosfor içeriği orta seviyededir (Kacar, 1994)

3.2. Metot

İki farklı alanda arazi denemesi şeklinde yürütülen bu çalışmada kullanılan deneme planı Çizelge 3.2.' de verilmiştir. Denemelerde, mikrobiyal biyoteknolojik teknikle kompostlanmış atık fındık zurufunun artan dozları karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.2. Arazi denemelerine ait plan

Lokasyonlar	Atık Fındık Zurufu Kompostu Uygulama Dozları		
	I. Tekerrür	II. Tekerrür	III. Tekerrür
Cumhuriyet (SL)	0 (kontrol)	0 (kontrol)	0 (kontrol)
	1.25 t da ⁻¹	1.25 t da ⁻¹	1.25 t da ⁻¹
	2.5 t da ⁻¹	2.5 t da ⁻¹	2.5 t da ⁻¹
	5 t da ⁻¹	5 t da ⁻¹	5 t da ⁻¹
	7.5 t da ⁻¹	7.5 t da ⁻¹	7.5 t da ⁻¹
	10 t da ⁻¹	10 t da ⁻¹	10 t da ⁻¹
Akçatepe (CL)	0 (kontrol)	0 (kontrol)	0 (kontrol)
	1.25 t da ⁻¹	1.25 t da ⁻¹	1.25 t da ⁻¹
	2.5 t da ⁻¹	2.5 t da ⁻¹	2.5 t da ⁻¹
	5 t da ⁻¹	5 t da ⁻¹	5 t da ⁻¹
	7.5 t da ⁻¹	7.5 t da ⁻¹	7.5 t da ⁻¹
	10 t da ⁻¹	10 t da ⁻¹	10 t da ⁻¹

Kompostlanmış atık fındık zuru uygulanan deneme arazilerinden, kompostun uygulandığı 23 Kasım 2012 tarihten itibaren üçer aylık dönemlerde 31 Mart 2013 (I;3 ay); 30 Haziran 2013 (II; 6 ay); 01 Ekim 2013 (III; 9 ay) ve 31 Aralık 2013 (IV; 12 ay) tarihinde olmak üzere dört kez alınan toprak örneklerinde, mekaniksel analizler laboratuvar ortamında elde edilen veriler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

3.2.1. Toprak Analizleri

Araziden alınan toprak örnekleri, hava kuru hale gelinceye kadar gölgede temiz bir zemin üzerinde bekletilmiş, kalın bitkisel artıkları ve kaba kısımları temizlendikten sonra 2 mm elek açıklığına sahip bir test eleğinden geçirildikten sonra analiz için kapalı kutularda muhafaza edilmiştir.

Kıvam limitleri; likit limit, plastik limit ve plastiklik indeksi 0.42 mm (40.No)'lu elekten geçirilen ince toprak materyali üzerinde tayin edilmiştir.

3.2.1.1. Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprakların pH değerleri 1: 2.5 oranındaki toprak: saf su (w/v) karışımının iki saat süreyle mekanik bir çalkalayıcıda çalkalanması ve bir müddet bekleme süresi sonunda, nispeten berraklaşan kısımda cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmesi suretiyle saptanmıştır (Bayraklı, 1987).

3.2.1.2. Elektriksel İletkenlik

Toprakların EC değerleri, pH ölçümü için hazırlanan 1: 2.5 oranındaki toprak: saf su (w/v) süspansiyonlarında elektriksel iletkenlik aleti ile ölçülmüştür (Bayraklı, 1987).

3.2.1.3. Organik Madde

Toprakların organik madde içerikleri, Walkey-Black yaş yakma yöntemi izlenerek titrimetrik olarak belirlenmiş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Kacar, 1994).

3.2.1.4. Toplam N

Kjeldahl yöntemi ile (Rowell, 1996)'ya göre belirlenmiştir.

3.2.1.5. Değişebilir Na, K, Ca, Mg

Toprak örnekleri 1 N nötr NH₄OAc ile ekstrakte edilmiş, değişebilir Na ve K fleymfotometre ile Ca ve Mg ise EDTA ile titrimetrik olarak saptanmıştır (Sağlam, 1997).

3.2.1.6. Tarla Kapasitesi

Toprak örneklerinin tarla kapasitesindeki (1/3 atmosfer) rutubet içerikleri ağırlık esasına göre (%) olarak “basınç tablalı toprak nemi tayin cihazı” nda belirlenmiştir (Klute, 1986).

3.2.1.7. Solma Noktası

Toprak örneklerinin solma noktasındaki (15 atmosfer) rutubet içerikleri esasına göre (%) olarak “basınç tablalı toprak nemi tayin cihazı”nda belirlenmiştir (Klute, 1986).

3.2.1.8. Likit Limit (LL)

Toprak örneklerinde likit limit (LL) değerleri ‘Casagrande’ aleti kullanılarak tayin edilmiş ve sonuçlar ağırlık yüzdesi cinsinden nem olarak ifade edilmiştir (Sowers, 1965).

3.2.1.9. Plastik Limit (PL)

Nemli toprağın 3 mm’lik iplikler haline getirilmesi esnasında, bu ipliklerin kopmaya başladığı anda sahip olduğu nem miktarı PL olarak belirlenmiştir (Sowers,1965).

3.2.1.10. Plastiklik İndeksi (PI)

Likit limit ve plastik limit değerleri arasındaki sayısal farktan hesaplanmıştır (Sowers,1965).

$$PI = LL - PL \quad (LL > PL) \quad (3.1)$$

3.2.1.11. Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE-çubuk)

Bu katsayı, doygunluktan biraz daha az nem düzeyinde iken balçıklaştırılan topraktan, bir şırınga yardımıyla elde edilen 1 cm çapında ve 6-10 cm uzunluğundaki çubukların, 48 saat süreyle havada kurutulduktan sonraki uzunluklarının

ölçülmesiyle ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesapla bulunmuştur (Schafer ve Singer, 1976).

$$\text{COLE-çubuk} = (L_m - L_d) / L_d \quad (3.2)$$

Burada;

L_m : Nemli haldeki çubuğun uzunluğu (cm),

L_d : Kuru haldeki çubuğun uzunluğu (cm).

3.2.1.12. Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE-kese)

Bu değer, üç eksen boyunca meydana gelebilecek olan boyutsal değişimlerin birbirine eşit olacağı varsayımıyla ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla ifade edilmiştir (Grossman ve ark., 1968).

$$\text{COLE-kese} = \sqrt[3]{\frac{V_m}{V_d}} - 1 \quad (3.3)$$

Burada;

V_m : Nemli toprak keseğinin hacmi (cm³),

V_d : Kuru toprak keseğinin hacmi (cm³).

3.2.1.13. Büzülme Limiti (S)

Bu değer, doygunluktan biraz daha az nem düzeyindeyken hazırlanan toprak macununun, bir buharlaştırma kabı içerisinde hava kabarcığı kalmayacak biçimde paketlenmesi, üzeri düzlendikten sonra fırında kurutulması ve aşağıdaki eşitliğin kullanılması ile elde edilmiştir (ASTM, 1974).

$$\text{Büzülme Limiti} = w - [(V - V_o) / W_o]100 \quad (3.4)$$

Burada;

w : Yaş toprağın nem içeriği (%),

V : Yaş toprağın hacmi (cm³),

V_o : Fırın kuru toprak kalıbının hacmi (cm³),

W_o : Fırın kurusu toprak kalıbının kütlesi (g)

3.2.1.14. Yüzde Büzülme

Bu değer, doyguluktan biraz daha az nem düzeyinde olan hazırlanan toprak macununun, iç boyutları 3.5 cm × 7 cm × 1 cm olan biriket kalıplarına aktarılıp, fırında kurutulmasıyla ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmuştur (Ferry ve Olsen, 1975).

$$\text{Yüzde Büzülme} = [(V_m - V_b) / V_m] \times 100 \quad (3.5)$$

Burada;

V_m : Yaş toprak örneğinin bulunduğu biriket kalıbının hacmi (cm^3),

V_b : Fırın kurusu hale gelmiş biriketinin hacmi (cm^3).

Biriket kalıbının ve biriketinin hacmi, taban alanının yükseklikle çarpılmasıyla elde edilmiştir.

3.2.1.15. Büzülme Oranı (R)

Bu oran aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (ASTM, 1974).

$$\text{Büzülme Oranı} = W_o / V_o \quad (3.6)$$

Burada;

W_o : Fırın kurusu toprak kalıbının kütlesi (g),

V_o : Fırın kurusu toprak kalıbının hacmi (cm^3).

3.2.1.16. Hacimsel Değişme (S_v)

Bu değer aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (ASTM, 1974).

$$\text{Hacimsel Değişme} = (W_1 - S_L) / S_R \quad (3.7)$$

Burada;

W_1 : Toprak macununun başlangıçtaki nem içeriği (%),

S_L : Büzülme Limiti (%),

S_R : Büzülme Oranı.

3.2.1.17. Doğrusal Büzülme

Bu değer aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (ASTM, 1974).

$$\text{Doğrusal Büzülme} = 100 \times \left(1 - \sqrt[3]{\left(\frac{100}{V_s} + 100\right)}\right) \quad (3.8)$$

Burada;

V_s : Hacimsel Değişme (%).

3.2.1.18. Serbest Şişme İndeksi (SŞİ)

Bu indeks, yaklaşık 8 g kütlede toprağın 5 cm³ hacmindeki kap içerisinde istiflenmesi ve üzeri tesviye edildikten sonra su içerisine daldırılıp bir gece süreyle serbest şişmeye bırakılması, şişerek kap dışına çıkan kesimin fırında kurutulması ve aşağıdaki eşitliğin kullanılması ile hesaplanmıştır (Ross,1978).

$$\text{Serbest Şişme İndeksi} = W / W_o - W \quad (3.9)$$

Burada;

W : Şişerek kap dışında taşan kesimin fırın kurusu ağırlığı (g),

W_o : Kap içerisine istiflenen toprağın başlangıçtaki fırın kurusu ağırlığı (g).

3.2.2. İstatistiksel Analizler:

Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara ait istatistiksel değerlendirmeler (tanımlayıcı istatistikler, varyans analizleri, çoklu karşılaştırmalar), Minitab bilgisayar paket programı yardımıyla yapılmıştır. Çoklu karşılaştırmalarda, varyans analizi sonuçlarına göre Tukey testi kullanılmıştır (Minitab Inc., 2013).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

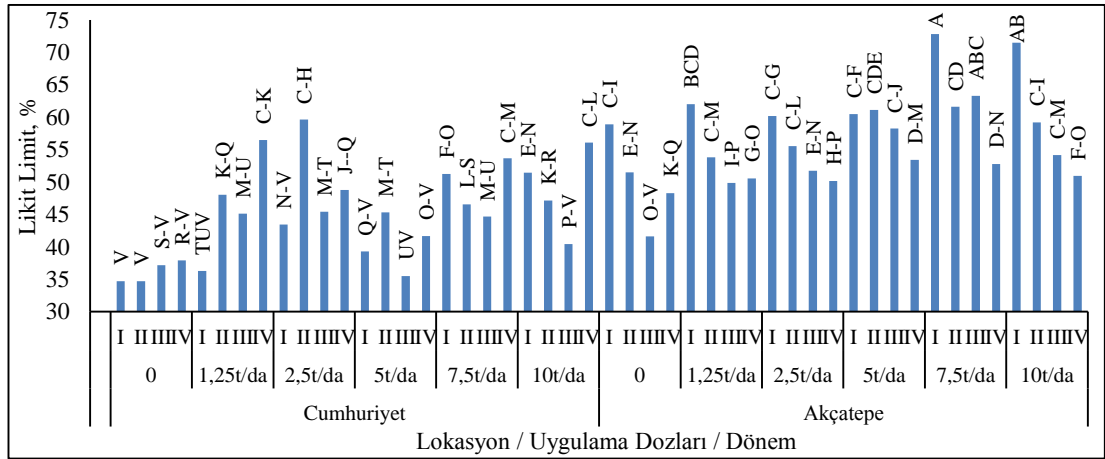
4.1. Toprak Mekaniksel Özellikleri

4.1.1. Atterberg Limitleri

4.1.1.1. Likit Limit

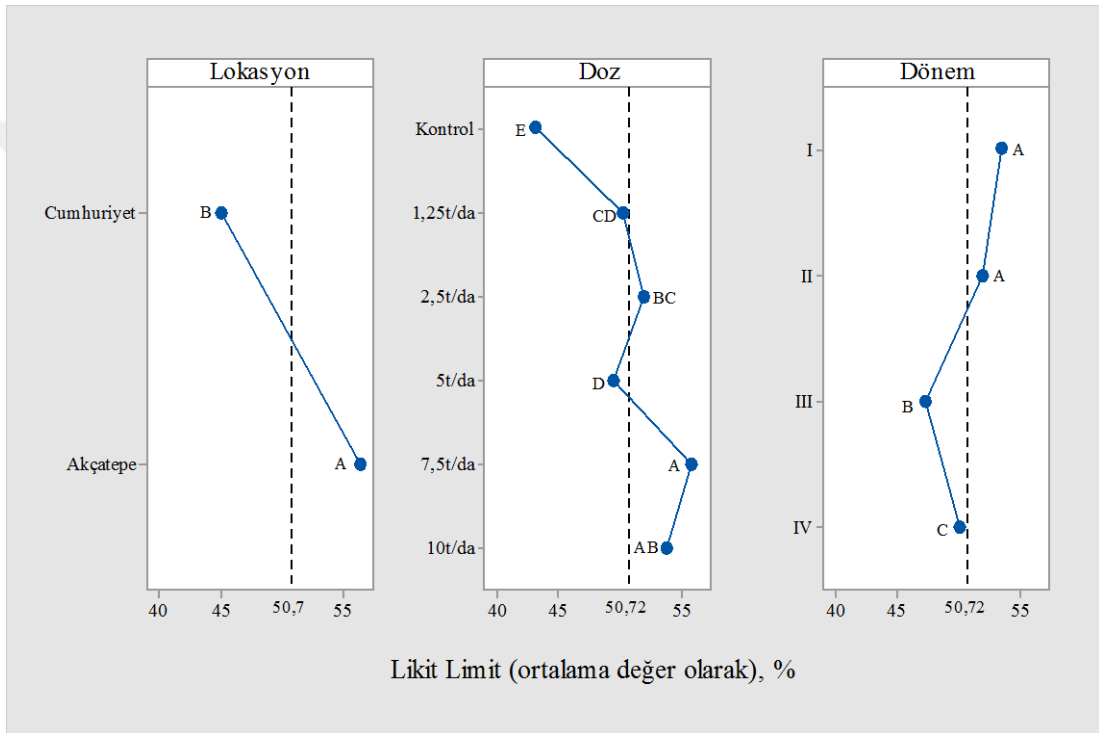
Toprağa fazla su verilmesi durumunda, toprağın bir sıvı gibi davranmaya başlaması, kesme direncini kaybetmesi ve toprağın akmaya başlaması anındaki nem içeriği likit limit olarak adlandırılır. Bazı kaynaklarda akışkanlık sınırı olarak da tanımlanmıştır. Likit limit, toprağı oluşturan parçacıkların yüzey yük yoğunluğuna, yüzey alanın hacmine veya tanelerin şekline, minerolojik bileşimine ve organik madde içeriğine bağlıdır (Head, 1984; Munsuz, 1985).

Akçatepe ve Cumhuriyet deneme arazilerinden dört ayrı tarihte alınan toprak örneklerinden elde edilen likit limit değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 1' de verilmiştir. Fındık zurufu kompostunun lokasyonlar, uygulama dozları ve örnekleme zamanları açısından toprakların likit limit değerleri üzerine etkisi, istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($P<0.01$) (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Lokasyonlar x uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun likit limit üzerine etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.01$ düzeyinde önemlidir).

Toprakların tekstürleri dikkate alındığında; kumlu tın (Cumhuriyet) ve killi tın (Akçatepe) tekstüre sahip deneme arazilerindeki likit limit değerleri birbirlerinden farklı elde edilmiş ve istatistiksel anlamda çok önemli ($P<0.01$) olarak nitelendirilmiştir. Killi tın tekstüre sahip deneme arazisindeki (Akçatepe) ortalama likit limit değeri % 56.4 ve kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) ise % 45 olarak saptanmıştır. Bu durum, Akçatepe deneme arazisindeki toprağın kil içeriğinin yüksek ve dolayısıyla su tutma kapasitesinin daha yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir (Şekil 4.2).



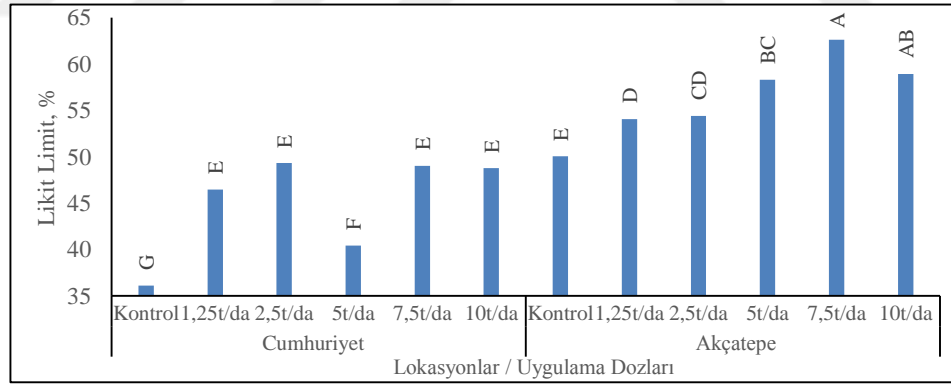
Şekil 4.2. Likit limit değerleri üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık findeği kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.01$ düzeyinde önemlidir).

Bektaş, (2012), yapmış olduğu bir çalışmada; killi tın toprak tekstürüne sahip çayır toprağında likit limit (LL) değerini % 79.5 ve kumlu tın tekstüre sahip yonca toprağında ise % 42.8 bulmuştur. Araştırmacı, çayır toprağındaki organik madde içeriğini yonca toprağındakinden daha yüksek elde etmiş, likit limit değerlerinin organik madde içeriği ve kil miktarıyla pozitif ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Örnekleme zamanları dikkate alındığında en yüksek likit limit değeri % 53.5 olarak I. dönemde elde edilirken, en düşük değer ise % 47.3 olarak III. dönemde elde edilmiştir (Şekil 4.2).

Atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının deneme topraklarının likit limit değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($P<0.01$) (EK 1). Toprak örneklerinin, organik madde içeriği arttıkça likit limit değerlerinde de artış olduğu saptanmıştır (Şekil 4.2). Yakupoğlu ve Özdemir, (2006), benzer bulgular elde etmiştir.

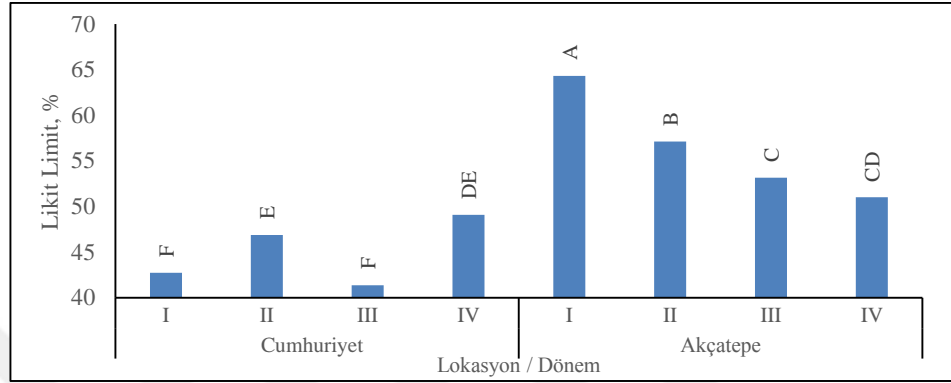
Lokasyon x uygulama dozu interaksyonunda en yüksek likit limit değeri % 62.5 Akçatepe deneme arazisinde 7.5 t da⁻¹'da, en düşük likit limit değeri ise % 36.1 Cumhuriyet deneme arazisinde kontrol grubundan elde edilmiştir. Ortalama likit limit değerleri arasındaki fark istatistiksel anlamda $P<0.01$ düzeyinde çok önemli nitelendirilmiştir. Lokasyon x uygulama dozu interaksyonunda elde edilen likit limit değerinin Akçatepe deneme arazisinde en yüksek bulunması, deneme arazisinin yüksek kil içeriğine sahip olması ve uygulama dozu arttıkça organik madde içeriğinin de artmasından kaynaklanmış olabilir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Likit limit değerlerinin lokasyonlar x uygulama dozları interaksyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.01$ düzeyinde önemlidir).

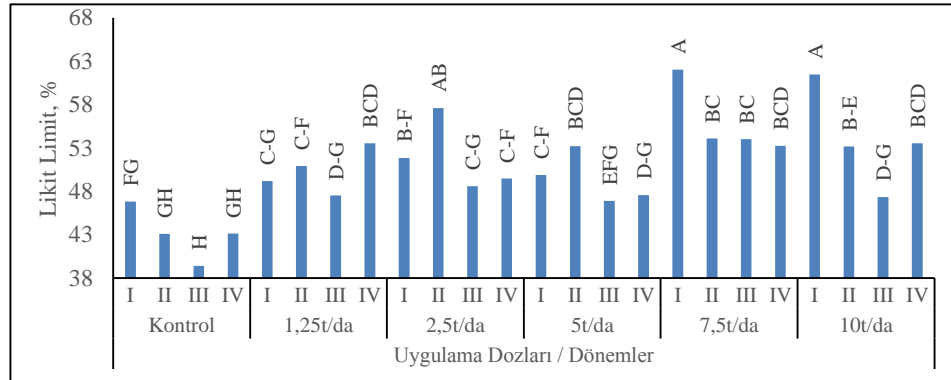
Demiralay ve Güresinli, (1979), yaptıkları çalışmada LL değerlerine göre % 30'dan düşük olduğunda "az" % 30-50 arasında olduğunda "orta" ve % 50' den fazla olduğunda ise yüksek derecede plastikliğe sahip olarak değerlendirmişlerdir. Uygulanan fındık zurufu kompostu toprak örneklerinin ortalama likit limit değerlerinin % 50'nin üzerinde olmasına neden olmuş ve bu durumda yüksek derecede plastik olabilecekleri ifade edilmiştir.

Lokasyon x dönem interaksyonunda, en yüksek likit limit değeri killi tın tekstüre sahip olan (Akçatepe) arazisinde I. örnekleme döneminde (% 64.3), en düşük likit limit değeri ise kumlu tın tekstüre sahip olan Cumhuriyet arazisinde III. örnekleme döneminde (% 41.4), elde edilmiş ve istatistiksel olarak $P<0.01$ düzeyinde çok önemli nitelendirilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Likit limit üzerine lokasyon x dönem interaksyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.01$ düzeyinde önemlidir).

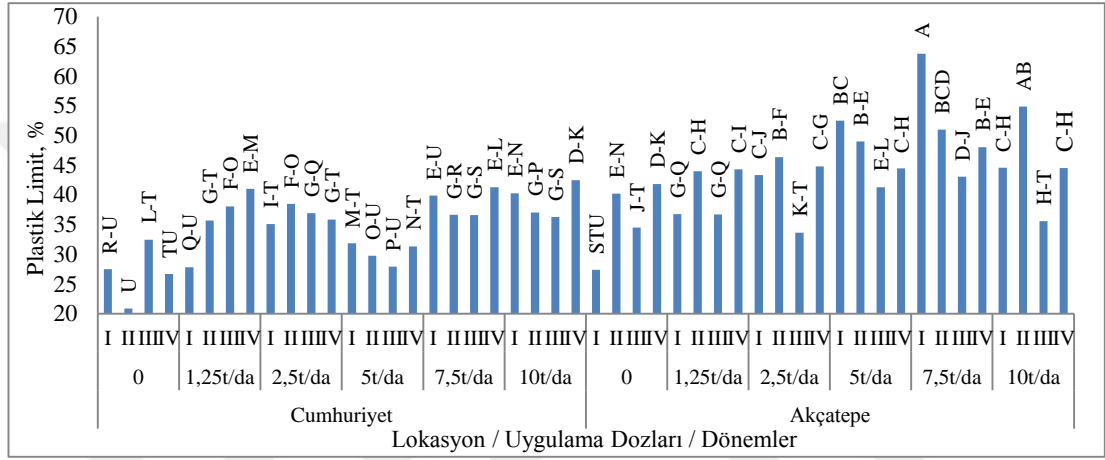
Uygulama dozu x dönem interaksyonunda en yüksek likit limit değerleri (% 61.5) 7.5 ve 10 t da⁻¹ uygulama dozlarında ve I. örnekleme döneminde, en düşük likit limit değeri de (% 39.4) kontrol grubu III. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.5) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) bulunmuştur (EK1).



Şekil 4.5. Likit limit değerleri üzerine atık fındık zuru kompostunun uygulama dozları x dönemler interaksyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.01$ düzeyinde önemlidir).

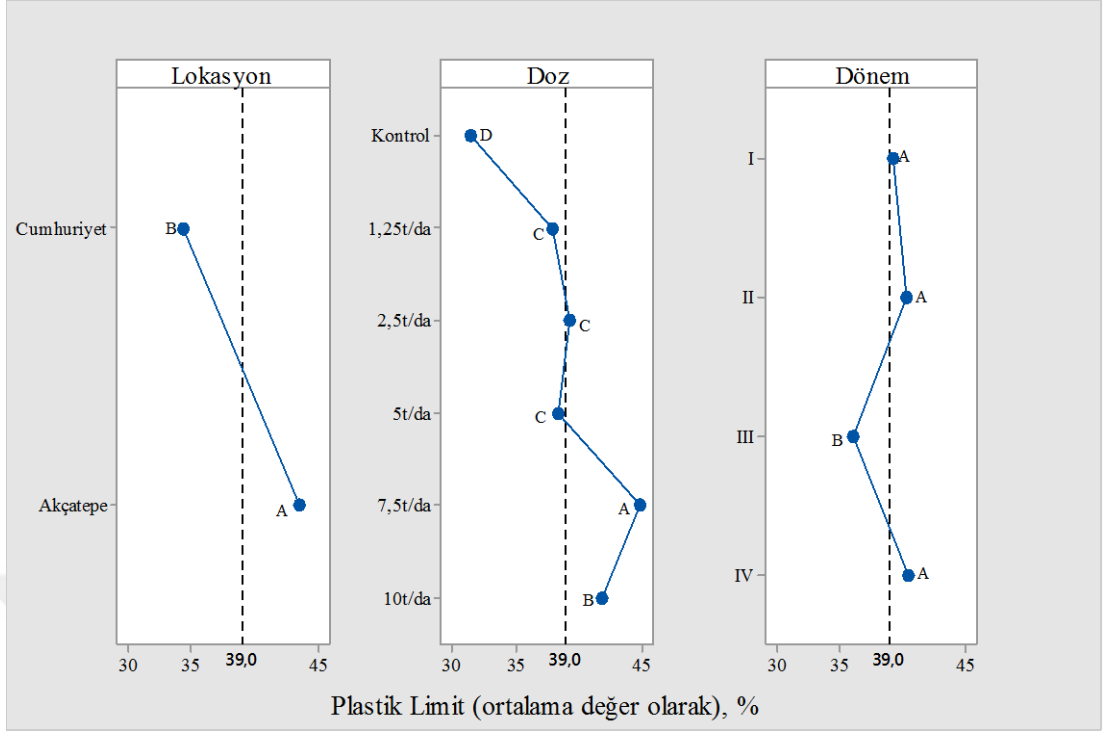
4.1.1.2. Plastik Limit

Toprak macunun elin ayası altında iplikçikler şeklinde yuvarlanırken yaklaşık 3 mm çapında ipliklerinin parçalanmaya başladığı andaki minimum nem miktarı, plastik limit olarak adlandırılır. Akçatepe ve Cumhuriyet deneme arazilerinden dört farklı dönemde alınan toprak örneklerinden elde edilen plastik limit değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 2’de verilmiştir. Atık fındık zuru kompostunun uygulama dozları, örnekleme zamanları ve farklı tekstür sınıflarının plastik limit üzerine etkisi istatistiksel anlamda çok önemli olarak ($P<0.01$) nitelendirilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Lokasyonlar x uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun plastik limit üzerine etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.01$ düzeyinde önemlidir).

Toprakların tekstürü dikkate alındığında; kumlu tın (SL) tekstüre sahip deneme arazisinde ortalama plastik limit değeri (% 34.5), killi tın (CL) tekstüre sahip deneme arazisindeki plastik limit değerinden (% 43.6) daha düşük bulunmuş olup (Şekil 4.7) ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel bakımdan çok önemli ($P<0.01$) olduğu nitelendirilmiştir.



Şekil 4.7. Plastik limit değerleri üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.01$ düzeyinde önemlidir).

Toprak tekstürleri değerlendirildiğinde; plastik limit değerleri killi tın tekstüre sahip Akçatepe deneme arazisinde daha yüksek elde edilmiş ve bunun sebebi olarak topraklarda kil miktarının yüksek olması gösterilmiştir.

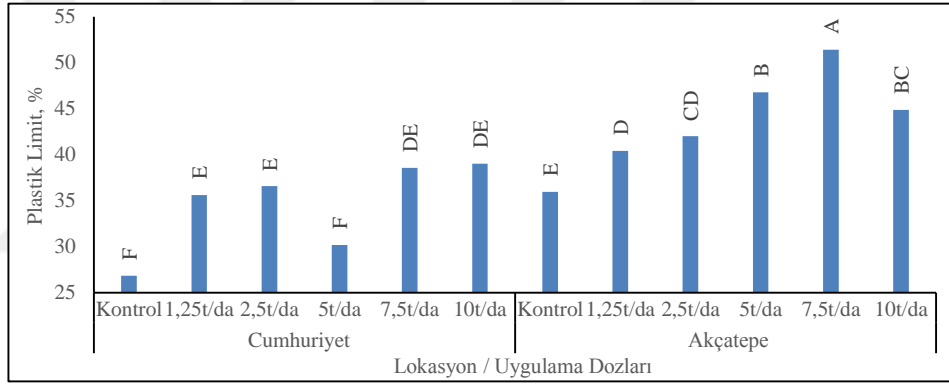
Fındık zurufu kompostu uygulama dozları dikkate alındığında; en yüksek plastik limit (% 45.1) 7.5 t da^{-1} uygulama dozunda, en düşük plastik limit ise (% 31.4) kontrol grubunda elde edilmiştir (Şekil 4.7) ve bu değerler arasındaki fark, istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Bhsuhan ve Sharma, (2002), organik atık ilavelerinin PL değerlerini artırdığını bildirmiştir.

Örnekleme zamanları dikkate alındığında; Cumhuriyet ve Akçatepe deneme arazilerinden alınan topraklarda en yüksek plastik limit değeri (% 40.5) IV. örnekleme döneminde, en düşük plastik limit değeri (% 36.1) ise III. örnekleme döneminde bulunmuş ve ortalama plastik limit değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) olarak nitelendirilmiştir (Şekil 4.7).

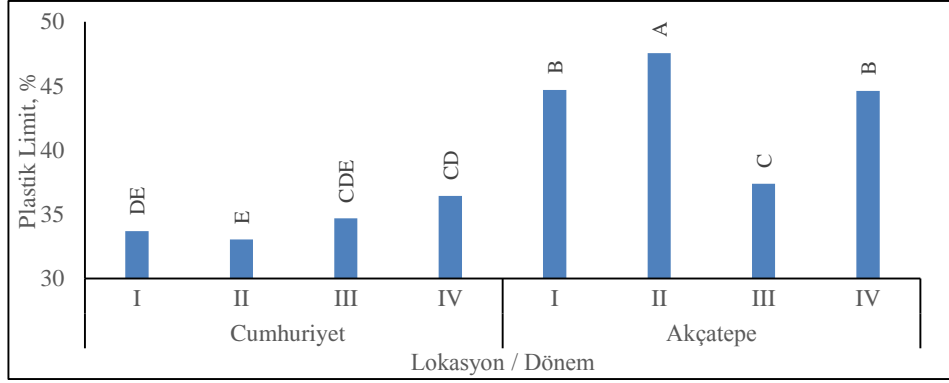
Canbolat ve Öztaş, (1997), yapmış oldukları bir çalışmada; toprakların organik madde içeriği ile kil miktarı arasında LL ve PL değerleri için pozitif ilişkiler saptarken, kum içeriği ile LL ve PL değerleri arasındaki ilişkinin negatif olduğunu tespit etmişlerdir.

Lokasyon x uygulama dozları interaksyonunda en yüksek PL değeri (% 51.4) Akçatepe deneme arazisinde 7.5 t da⁻¹ elde edilmiş, en düşük PL değeri (% 26.9) ise Cumhuriyet deneme arazisinde kontrol grubundan elde edilmiştir. Ortalama plastik limit değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Şekil 4.8). Uygulanan fındık zurufu kompostunun miktarı arttıkça toprak organik miktarı artmış ve bu durumun plastik limit değerlerinde artışa neden olduğu ifade edilmiştir. Organik madde ve kil miktarındaki artışa bağlı olarak plastik limit değerlerinin de daha yüksek elde edilebileceği söylenebilir.



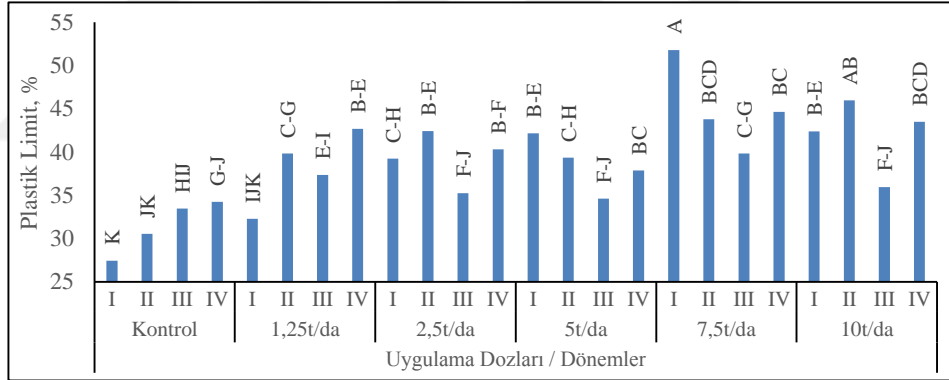
Şekil 4.8. Lokasyon x uygulama dozları interaksyonunun plastik limit üzerine etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark P<0.01 düzeyinde önemlidir).

Lokasyon x dönem interaksyonunda plastik limit değeri, killi tın tekstüre sahip olan Akçatepe deneme arazisinde II. örnekleme dönemine ait en yüksek % 47.5 iken, en düşük değeri kumlu tın tekstüre sahip olan Cumhuriyet arazisinde II. örnekleme döneminde % 33.1 elde edilmiş ve istatistiksel anlamda P<0.01 düzeyinde çok önemli olarak nitelendirilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Lokasyon x dönem interaksiyonun plastik limit üzerine etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir).

Uygulama dozu x dönem interaksiyonunda en yüksek plastik limit değeri (% 51.8) 7.5-10 t da⁻¹ uygulama dozlarında ve I. örnekleme döneminde, en düşük plastik limit değeri de (% 27.4) kontrol grubu I. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.10) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur (EK2).

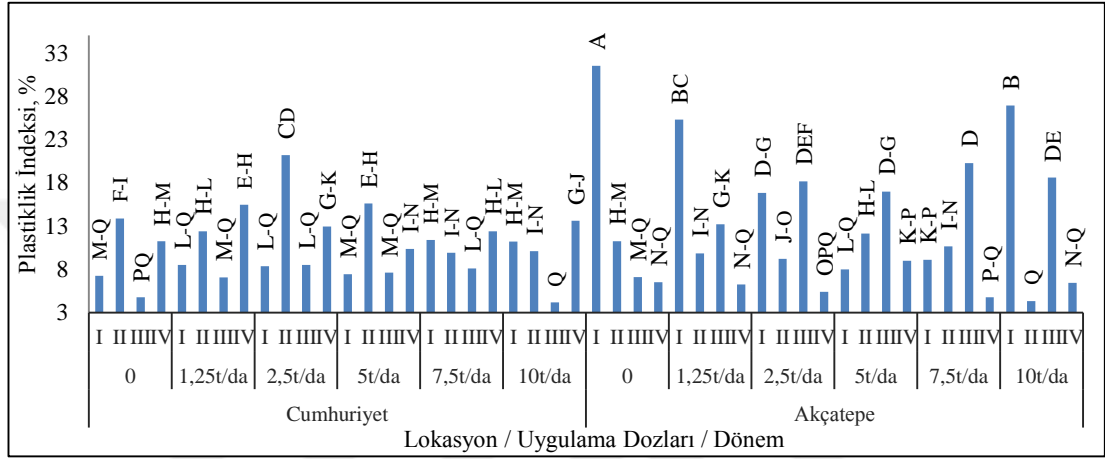


Şekil.4.10. Plastik limit değerleri üzerine atık fındık zuru kompostunun uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir).

4.1.1.3. Plastiklik İndeksi

Plastiklik indeksi, likit limit ve plastik limit arasındaki farkın hesaplanmasıyla elde edilir. Likit limit değeri, plastik limit değerinden daima büyük bir değer olmaktadır. Akçatepe ve Cumhuriyet deneme arazilerinden dört farklı dönemde alınan toprak örneklerinden elde edilen plastiklik indeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 3'de verilmiştir.

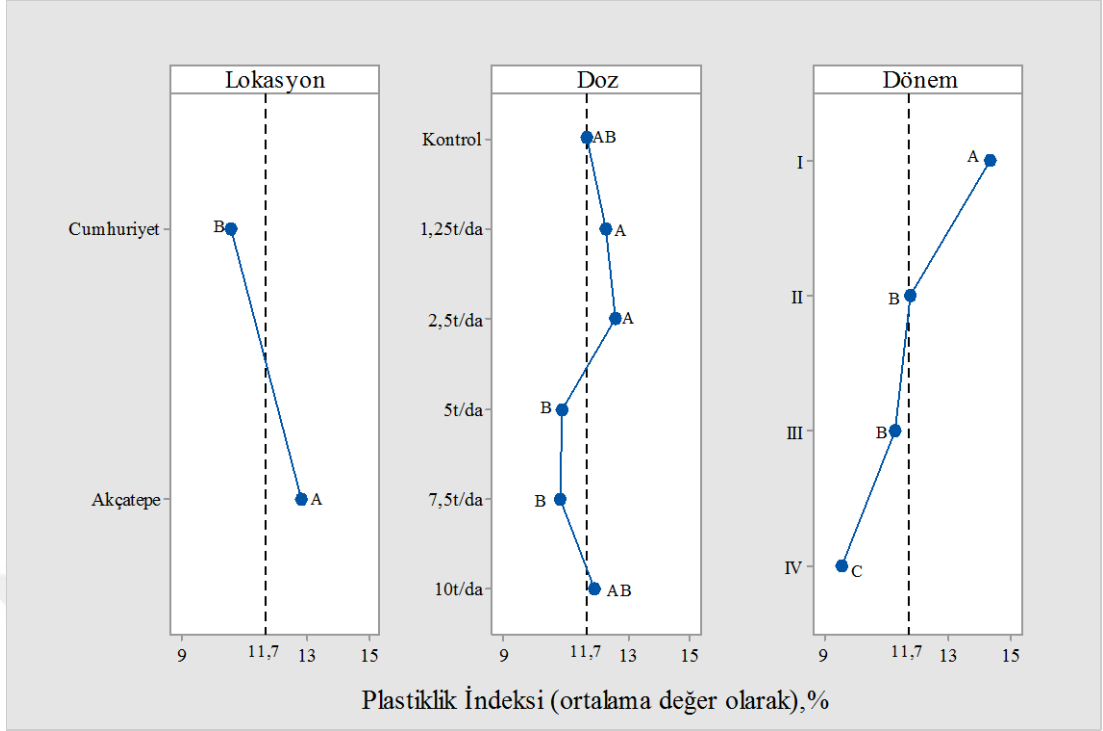
Lokasyon x uygulama dozu x dönem interaksyonunun plastiklik indeksine etkisi değerlendirildiğinde; en yüksek plastiklik indeksi (% 31.5) killi tın tekstüre sahip Akçatepe deneme arazisinde yer alan kontrol grubunda ve I. örnekleme döneminde hesaplanırken, en düşük plastiklik indeksi değeri ise (% 4.2) kumlu tın tekstüre sahip Cumhuriyet deneme arazisinde, uygulama dozu 10 t da⁻¹ olan ve III. örnekleme döneminde hesaplanmış ve değerler arasındaki farklar istatistiksel anlamda çok önemli olarak (P<0.01) nitelendirilmiştir (EK 3) (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Lokasyonlar x uygulama dozları x dönemler interaksyonunun plastiklik indeksi üzerine etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar P<0.01 düzeyinde önemlidir).

Toprak tekstürleri dikkate alındığında; killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde elde edilen plastiklik indeksi değeri (% 12.8), kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde elde edilen plastiklik indeksi (% 10.6) değerinden daha yüksek olmuştur (Şekil 4.12) ve ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur (P<0.01).

Fındık zurufu kompostunun uygulama dozları arasında en yüksek plastiklik indeksi değeri (% 12.6) kompostun 2.5 t da⁻¹ uygulama dozunda, en düşük plastiklik indeksi değeri (% 10.8) ise kompostun 7.5 t da⁻¹ dozundan elde edilmiş (Şekil 4.12) ve bu değerler arasındaki fark, istatistiksel olarak çok önemli (P<0.01) şeklinde nitelendirilmiştir.

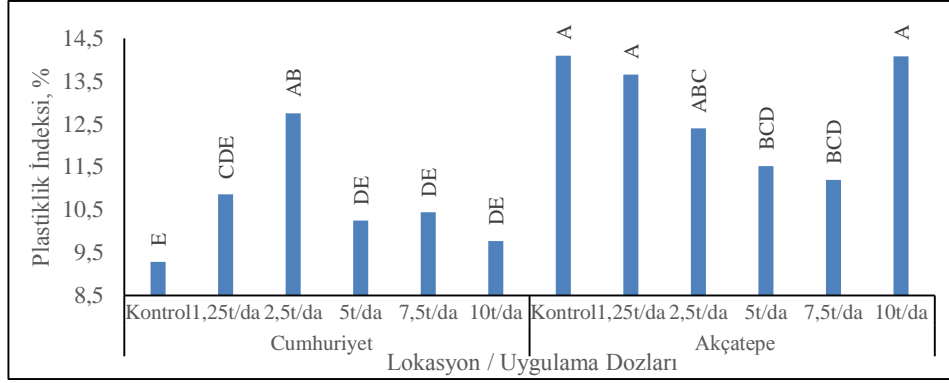


Şekil 4.12. Plastiklik indeksi üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir).

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; en yüksek plastiklik indeksi değeri (% 14.3) I. örnekleme döneminde, en düşük plastiklik indeksi değeri ise (% 9.5) IV. örnekleme döneminde elde edilmiş ve dönemler ortalama değerlere göre karşılaştırıldığında; plastiklik indeksi değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli ($P < 0.01$) olmuştur (Şekil 4.12).

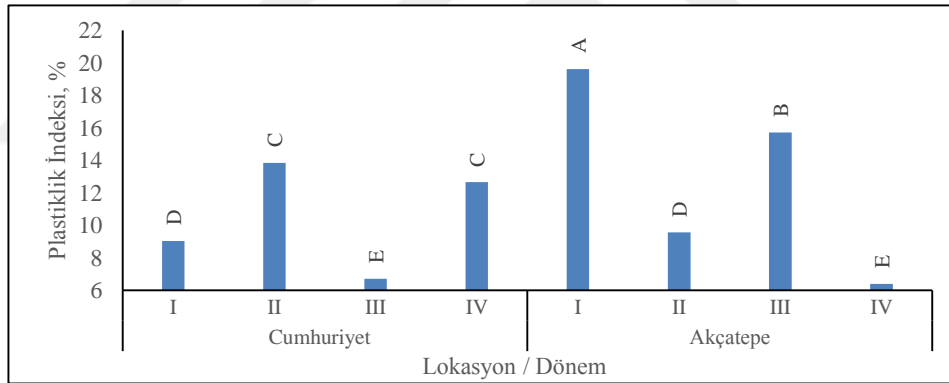
Çağlar (2009), çalışmasında farklı tekstür sınıflarına ait (kum, silt, kil) toprakların LL, PL ve PI değerlerini incelemiş ve kil miktarındaki artışa bağlı olarak, LL ve PI değerleri yüksek elde edilirken, kum miktarındaki artışa bağlı olarak PL değerlerinde azalmalar meydana geldiğini ifade etmiştir.

Lokasyon x uygulama dozu interaksiyonunda en yüksek plastiklik indeksi (% 14.1) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Akçatepe) ve kontrol grubunda, en düşük plastiklik indeksi (% 9.28) ise kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) kontrol uygulamasında elde edilmiş (Şekil 4.13) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur.



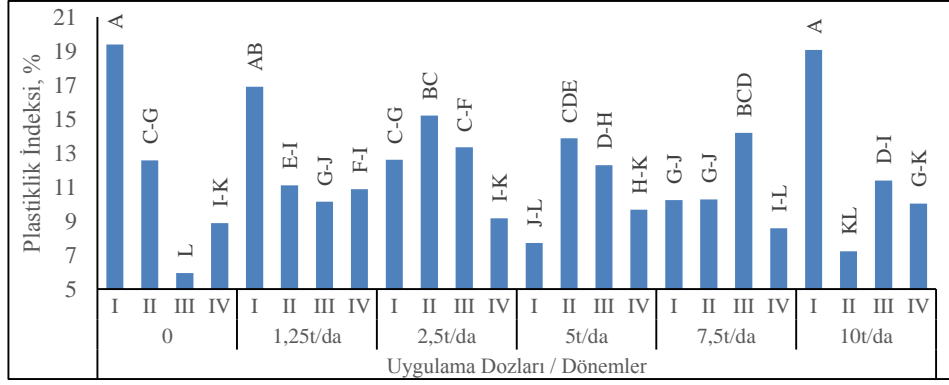
Şekil 4.13. Plastiklik indeksi değerleri üzerine lokasyonlar x uygulama dozları interaksiyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir).

Lokasyon x dönem interaksiyonunda en yüksek plastiklik indeksi (% 19.6) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde I. örnekleme döneminde, en düşük plastiklik indeksi (% 6.4) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde IV. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.14) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur.



Şekil 4.14. Plastiklik indeksi değerleri üzerine lokasyon x dönemler interaksiyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir).

Uygulama dozu x dönem interaksiyonunda en yüksek plastiklik indeksi (% 19.4) fındık zurufu kompostunun kontrol dozunda ve I. örnekleme döneminde, en düşük plastiklik indeksi değeri ise (% 5.94) kontrol uygulaması ve III. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.15) ve bu değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli ($P < 0.01$) şeklinde nitelendirilmiştir.

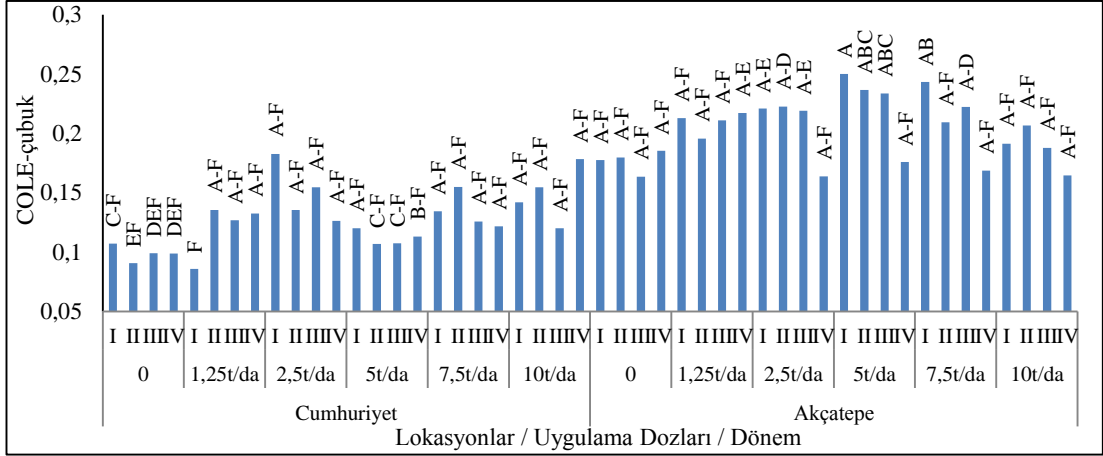


Şekil 4.15. Plastiklik indeksi değerleri üzerine uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir).

4.1.2. Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE-çubuk)

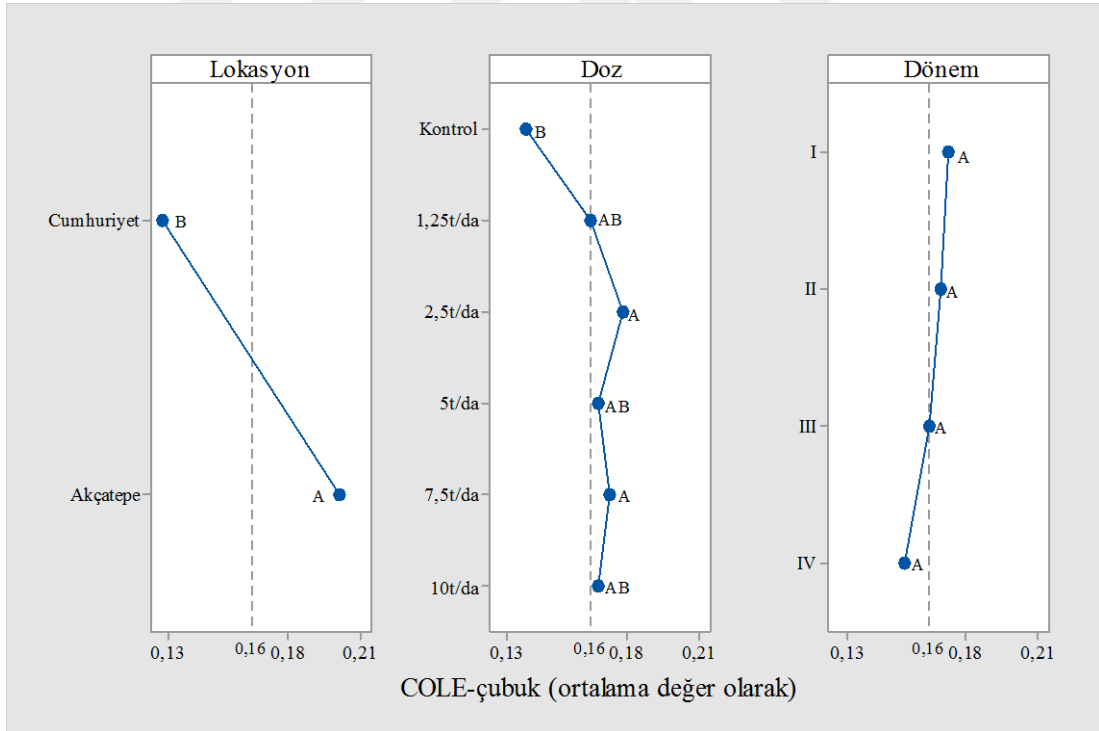
COLE-çubuk, tarımsal toprak mekaniğinde toprak örneklerinin şişme büzülme ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada; dört ayrı dönemde alınan toprak örneklerinin COLE-çubuk değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 4'te verilmiştir.

Bu çalışmada lokasyon x uygulama dozları x dönem interaksiyonunda en yüksek COLE-çubuk değeri (0.25) killi tın tekstüre sahip Akçatepe arazisi I. örnekleme döneminde ve 5 t da^{-1} uygulama dozunda, en düşük COLE-çubuk değeri ise (0.09) kumlu tın tekstüre sahip Cumhuriyet arazisi I. örnekleme döneminde ve kontrol grubunda hesaplanmış ve bu değerler arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.16) (EK 4).



Şekil 4.16. COLE-çubuk değerleri üzerine lokasyonlar x uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun etkisi.

Toprakların tekstürleri dikkate alındığında; killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde COLE-çubuk değerleri (0.20), kumlu tın tekstüre sahip arazisindeki COLE-çubuk değerlerinden (0.13) daha yüksek olduğu saptanmış (Şekil 4.17) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($P < 0.01$).



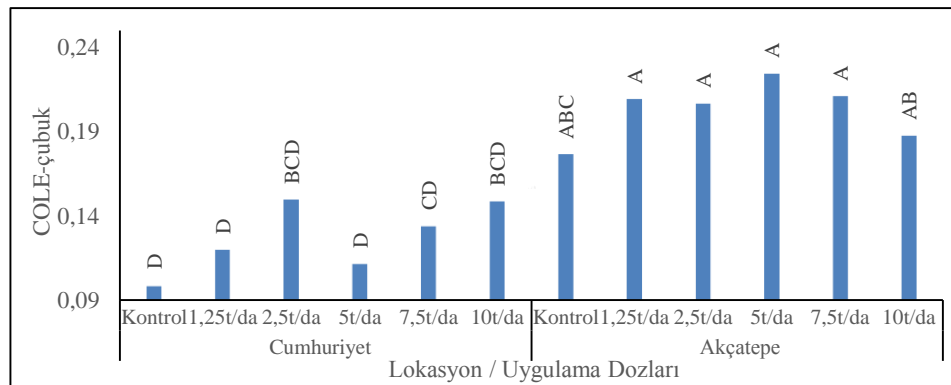
Şekil 4.17. COLE-çubuk değerleri üzerine lokasyonların (toprak tekstürünün), atık fındık zurufu kompostu uygulama dozlarının ve dönemlerin ana etkilerinin karşılaştırılması (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir).

Atık fındık zuru kompostunun uygulama dozları arasında en yüksek COLE-çubuk değeri (0.18) 2.5 t da⁻¹ uygulama dozunda, en düşük COLE-çubuk değeri ise (0.14) kontrol uygulamasında elde edilmiş (Şekil 4.17) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinden (Cumhuriyet) ve killi tın tekstüre sahip deneme arazisinden (Akçatepe) alınan topraklarda en yüksek COLE-çubuk değeri (0.17) I. örnekleme döneminde, en düşük COLE-çubuk ise (0.16) IV. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.17) ve istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Bektaş, (2012), Erzurum İli Tekman ilçesinde farklı arazi kullanımı altındaki toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini karşılaştırmak amacıyla yapmış olduğu çalışmada; farklı bitkilerin yetiştirildiği topraklardaki en yüksek COLE-çubuk değerini mera toprağında tespit ederken, en düşük değer ise yonca toprağında olduğunu saptamıştır. Bu duruma sebep olarak; mera toprağındaki kil içeriğinin fazlalığını göstermiştir.

Lokasyon x uygulama dozu interaksyonunda en yüksek COLE-çubuk değeri (0.22) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde 5 t da⁻¹ uygulama dozunda, en düşük COLE-çubuk değeri ise (0.10) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde kontrol uygulamasından elde edilmiş (Şekil 4.18) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).

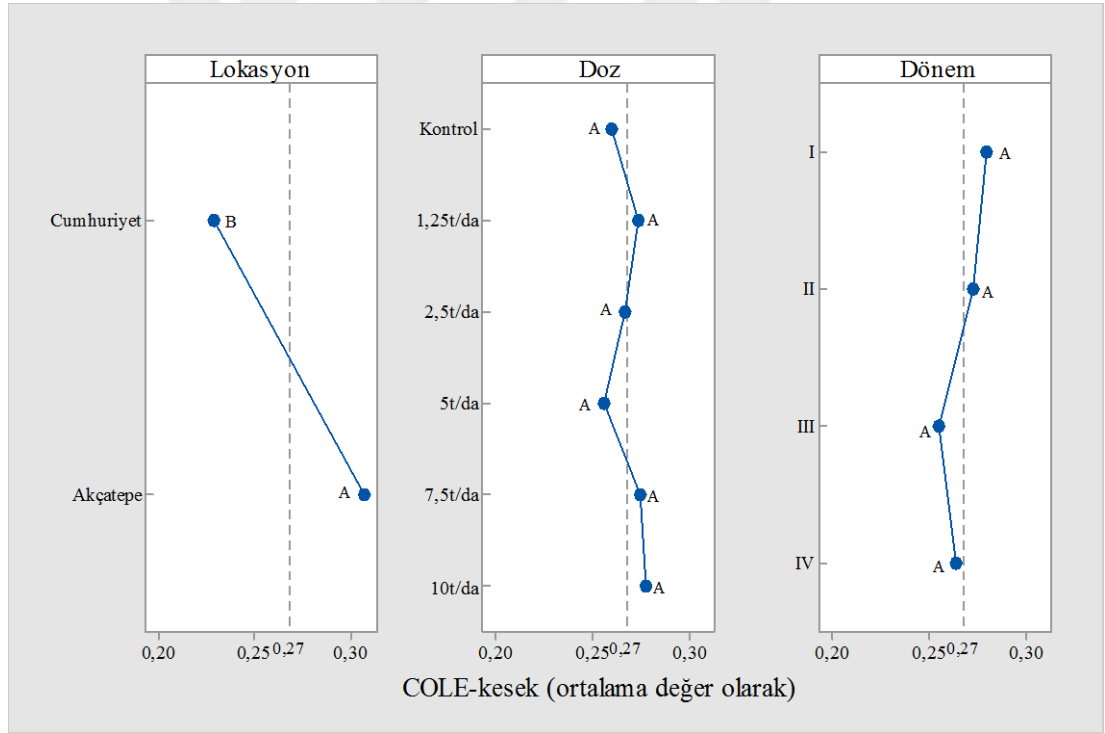


Şekil 4.18. COLE-çubuk değeri üzerine lokasyonlar x uygulama dozları interaksyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar P<0.05 düzeyinde önemlidir).

4.1.3. Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE-kesek)

Yapılan bu çalışmada; dört ayrı dönemde alınan toprak örneklerinin COLE-kesek değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 5’te verilmiştir. Lokasyon x uygulama dozları x dönem interaksiyonunda en yüksek COLE-kesek değeri (0.37) killi tın tekstüre sahip Akçatepe arazisi I. örnekleme döneminde ve 1.25 t da⁻¹ uygulama dozunda; en düşük COLE-kesek değeri ise (0.18) kumlu tın tekstüre sahip Cumhuriyet arazisi I. örnekleme döneminde ve 5 t da⁻¹ uygulama dozunda hesaplanmış ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (EK 5).

Toprakların tekstürü dikkate alındığında, killi tın (CL) tekstüre sahip deneme arazisindeki COLE-kesek değeri (0.31) kumlu tın (SL) tekstüre sahip deneme arazisindeki COLE-kesek değerinden (0.23) daha yüksek elde edilmiş ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur (P<0.01) (Şekil 4.19).

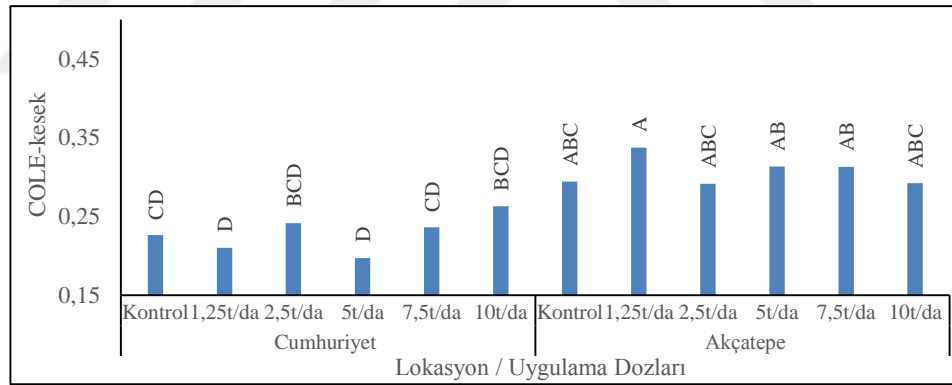


Şekil 4.19. COLE-kesek değeri üzerine toprak tekstürünün (ortalamalar arasındaki fark P<0.01 düzeyinde önemli), atık fındık zurufu kompostu (uygulama dozlarının arasındaki fark önemsiz) ve dönemlerin (ortalamalar arasındaki farklar önemsiz) ana etkilerinin karşılaştırılması.

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; Cumhuriyet ve Akçatepe deneme arazilerinden alınan topraklarda en yüksek COLE-kesek değeri (0.28) I. örnekleme döneminde, en düşük COLE-kesek değeri ise (0.26), III. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.19) ancak bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

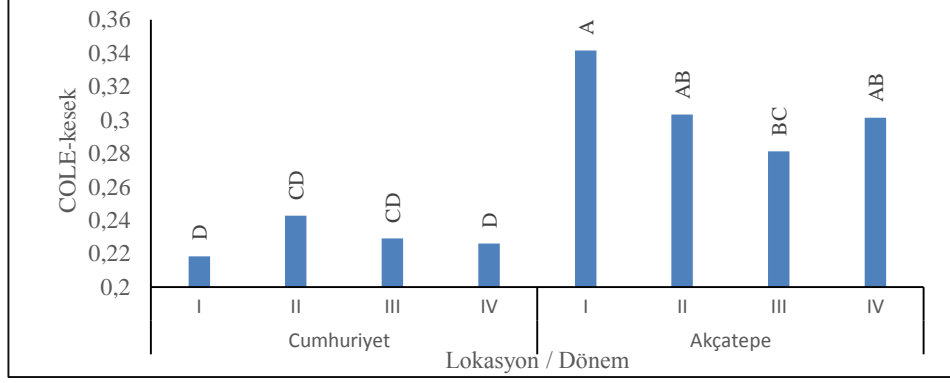
Atık fındık zurufu kompostunun uygulama dozları arasında en yüksek COLE-kesek değeri (0.28) kompostun 10 t da⁻¹ uygulama dozunda, en düşük COLE-kesek değeri ise (0.26) kompostun 5 t da⁻¹ uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.19) ancak COLE-kesek değerleri arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur.

Lokasyon x uygulama dozu etkisi dikkate alındığında; en yüksek COLE-kesek değeri (0.34) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde 1.25 t da⁻¹ atık fındık zurufu uygulama dozunda, en düşük COLE-kesek değerleri ise (0.20) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde 5 t da⁻¹ atık fındık zurufu uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.20) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).



Şekil 4.20. COLE-kesek değerleri üzerine lokasyonlar x uygulama dozları etkisinin etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar P<0.05 düzeyinde önemlidir).

Lokasyon x dönem etkisinde en yüksek COLE-kesek değeri (0.34) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Akçatepe) I. örnekleme döneminde, en düşük COLE-kesek değeri ise (0.22) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) I. örnekleme döneminde elde edilmiş ve COLE-kesek değerlerine ait ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05) (Şekil 4.21).

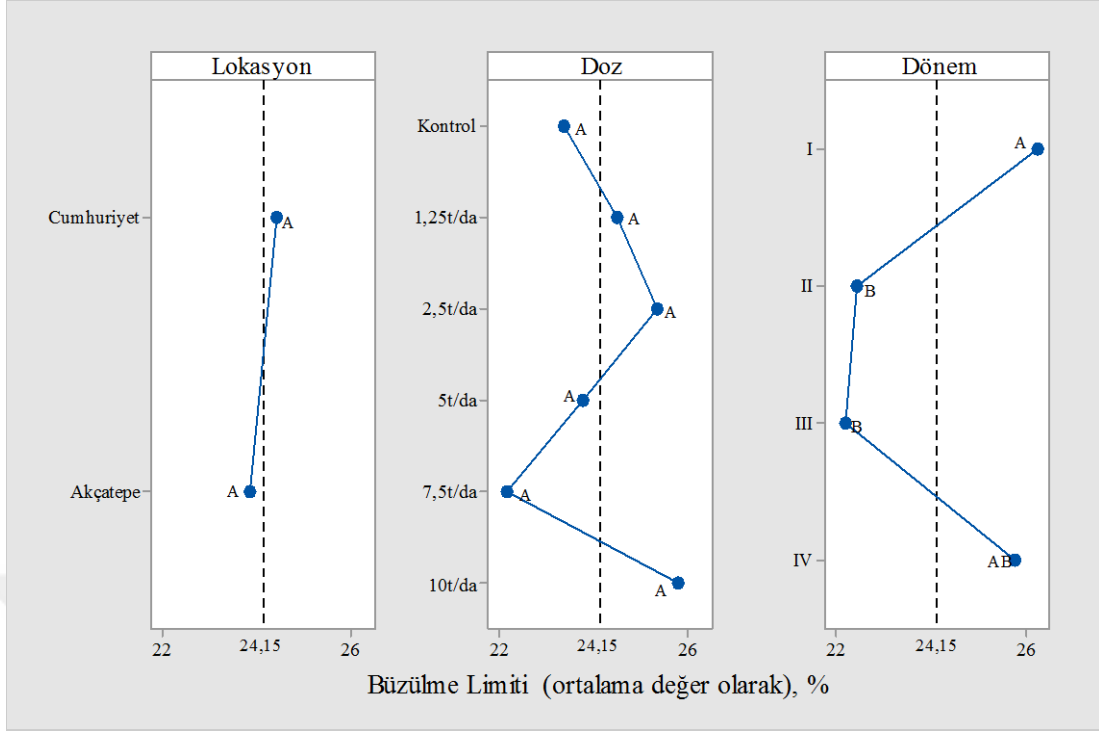


Şekil 4.21. COLE-kesekek değerleri üzerine lokasyon x dönemler interaksyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.05$ düzeyinde önemlidir).

4.1.4. Büzülme Limiti

Toprak örneklerinin büzülme limiti değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 6' da verilmiştir. Bu çalışmada lokasyon x uygulama dozları x dönem interaksyonunda en yüksek büzülme limiti değeri (% 33.9) kumlu tın tekstüre sahip Cumhuriyet arazisi I. örnekleme döneminde ve 2.5 t da^{-1} kompost uygulama dozunda, en düşük değer ise (% 15.5) kumlu tın tekstüre sahip Cumhuriyet arazisi I. örnekleme döneminde ve 1.25 t da^{-1} uygulama dozunda hesaplanmış ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

Toprakların tekstürü dikkate alındığında; kumlu tın (SL) tekstüre sahip deneme arazisindeki büzülme limiti değeri (% 24.1), killi tın (CL) tekstüre sahip deneme arazisindeki büzülme limiti değerinden (% 23.9) daha yüksek elde edilmiş ancak değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.22).

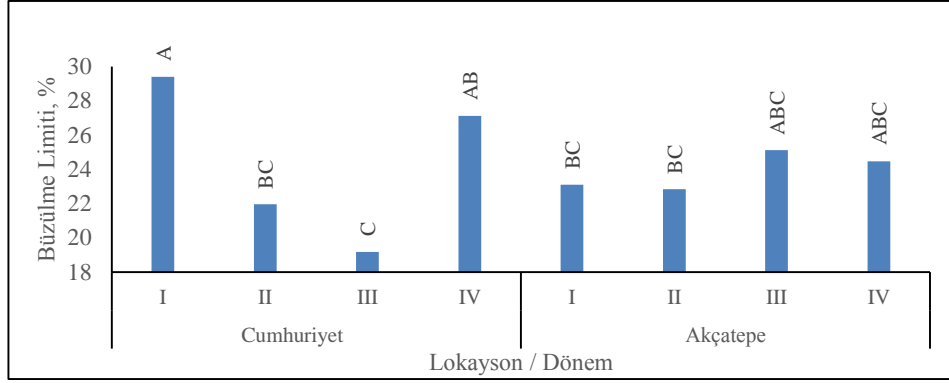


Şekil 4.22. Büzülme limiti değeri üzerine toprak tekstürünün (ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz), atık fındık zurufu kompostu (uygulama dozlarının arasındaki fark önemsiz) ve dönemlerin (ortalamalar arasındaki fark $P < 0.01$ düzeyinde önemli) ana etkilerinin karşılaştırılması.

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; Cumhuriyet ve Akçatepe deneme arazilerinden alınan topraklarda en yüksek büzülme limiti değeri (% 26.3) I. örnekleme döneminde, en düşük değer ise (% 22.1) III. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.22) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($P < 0.01$).

Atık fındık zurufu kompostunun uygulama dozları arasında en yüksek büzülme limiti değeri (% 25.8) kompostun 10 t da^{-1} uygulama dozunda, en düşük büzülme limiti değeri ise (% 22.1) 7.5 t da^{-1} uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.22) ancak büzülme limiti değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Lokasyon x dönem interaksiyonunda en yüksek büzülme limiti değeri (% 29.4) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) I. örnekleme döneminde, en düşük büzülme limiti değeri ise (% 19.1) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) III. örnekleme döneminde elde edilmiş ve büzülme limiti değerlerine ait bu ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($p < 0.01$) (Şekil 4.23)

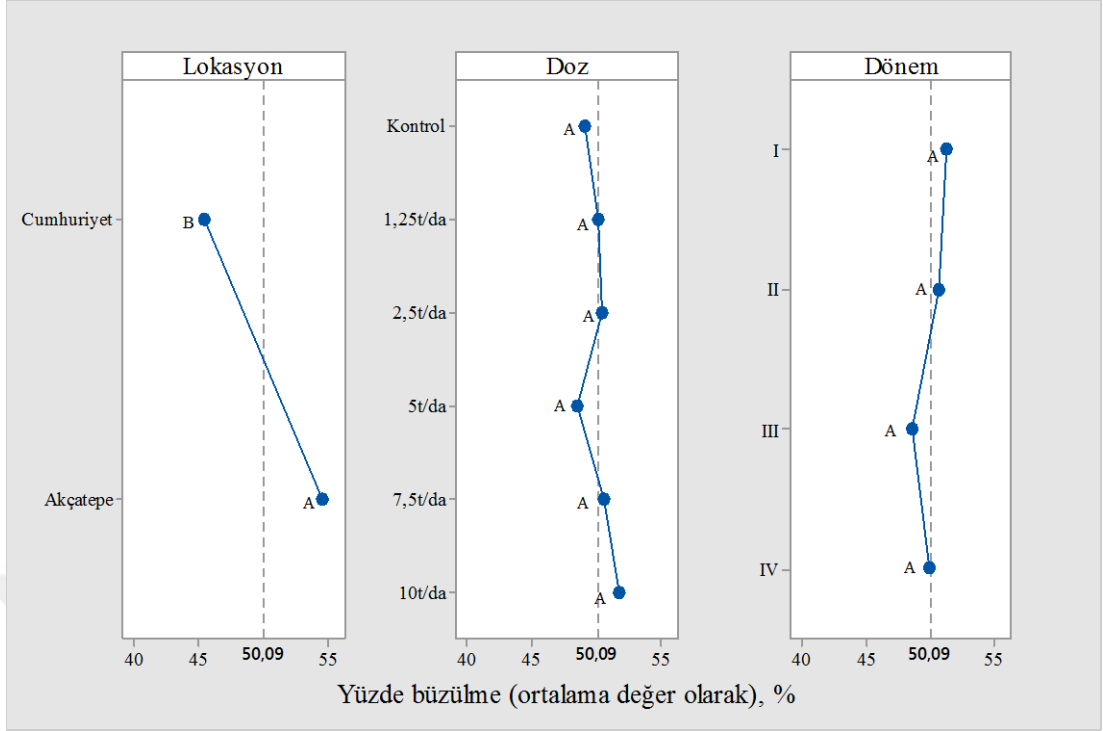


Şekil 4.23. Büzülme limiti üzerine lokasyon x dönemler interaksyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir).

4.1.5. Yüzde Büzülme

Toprak örneklerinin yüzde büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 7’de verilmiştir. Bu çalışmada lokasyon x uygulama dozları x dönem interaksyonunda en yüksek yüzde büzülme değeri (% 61.2) killi tın tekstüre sahip Akçatepe arazisi I. örnekleme döneminde ve kompostun 1.25 t da^{-1} uygulama dozunda, en düşük değer ise (% 38.2) kumlu tın tekstüre sahip Cumhuriyet arazisi I. örnekleme döneminde ve 5 t da^{-1} uygulama dozunda hesaplanmış ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (EK 7).

Toprakların tekstürü dikkate alındığında; killi tın (CL) tekstüre sahip deneme arazisindeki yüzde büzülme değeri (% 54.7), kumlu tın (SL) tekstüre sahip deneme arazisindeki yüzde büzülme değerinden (% 45.4) daha yüksek elde edilmiş ve ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur (Şekil 4.24) (EK 7).



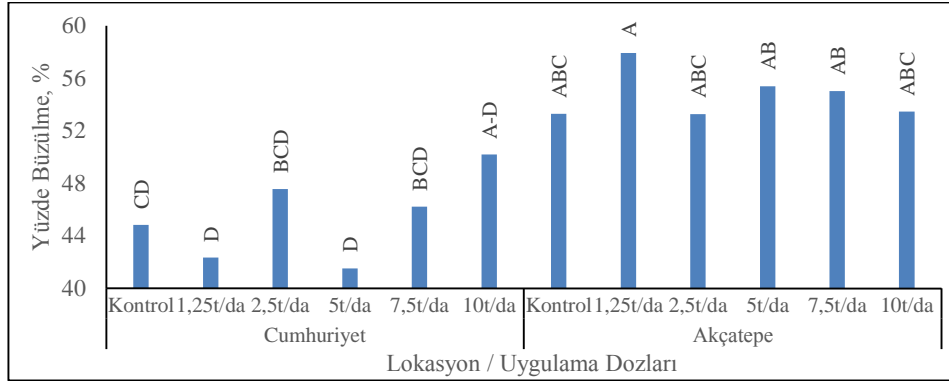
Şekil 4.24. Yüzde büzülme değeri üzerine toprak tekstürünün (ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli $P < 0.01$), atık fındık zurufu kompostu (uygulama dozlarının arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz) ve dönemlerin (ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz) ana etkilerinin karşılaştırılması.

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; Cumhuriyet ve Akçatepe deneme arazilerinden alınan topraklarda en yüksek yüzde büzülme değeri (% 51.3) I. örnekleme döneminde, en düşük değer ise (% 48.5) III. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.24) ancak bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Atık fındık zurufu kompostunun uygulama dozları arasında en yüksek yüzde büzülme değeri (% 51.8) kompostun 10 t da^{-1} uygulama dozunda, en düşük yüzde büzülme değeri ise (% 48.5) 5 t da^{-1} uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.24) ancak yüzde büzülme değerleri arasındaki bu farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Lokasyon x uygulama dozu etkileşimini dikkate alındığında; en yüksek yüzde büzülme değeri (% 57.9) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Akçatepe) ve kompostun 1.25 t da^{-1} uygulama dozunda, en düşük yüzde büzülme değeri ise (% 41.5) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) kompostun 5 t da^{-1}

uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.25) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

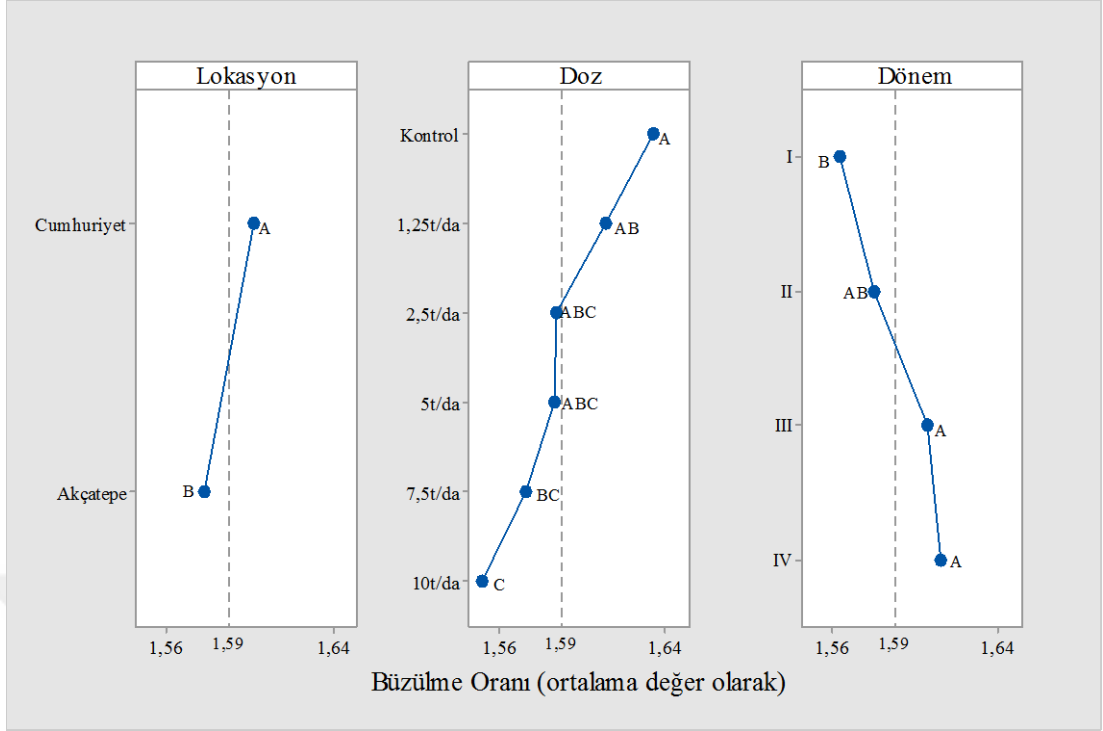


Şekil 4.25. Yüzde büzülme değeri üzerine lokasyon x uygulama dozları interaksiyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemlidir).

4.1.6. Büzülme Oranı

Toprak örneklerinin büzülme oranı değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 8'de verilmiştir. Bu çalışmada lokasyon x uygulama dozları x dönem interaksiyonunda en yüksek büzülme oranı değeri (1.70) kumlu tın tekstüre sahip Cumhuriyet arazisi I. örnekleme dönemi ve kontrol grubunda; en düşük büzülme oranı değeri ise (1.44) killi tın tekstüre sahip Akçatepe arazisi II. örnekleme döneminde ve kompostun 1.25 t da⁻¹ uygulama dozunda hesaplanmış, ancak bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (EK 8).

Toprakların tekstürü dikkate alındığında; kumlu tın (SL) tekstüre sahip deneme arazisindeki büzülme oranı değeri (1.60), killi tın (CL) tekstüre sahip deneme arazisindeki büzülme oranı değerinden (1.58) daha yüksek elde edilmiş ve değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.26).

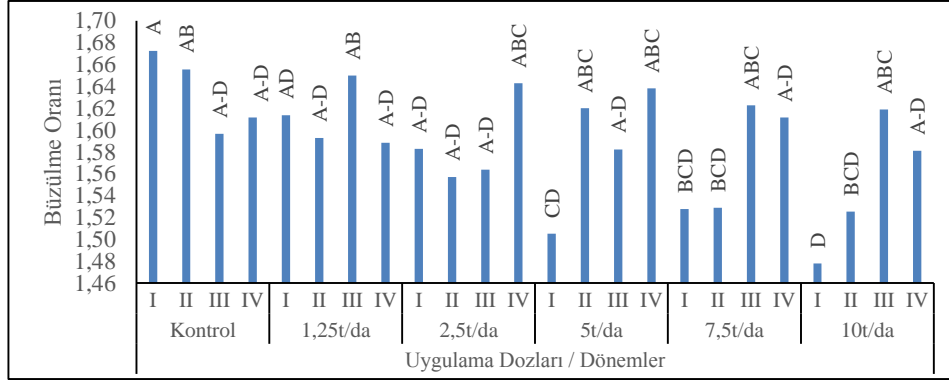


Şekil 4.26. Büzülme oranı değeri üzerine toprak tekstürünün (ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli), atık fındık zurufu kompostu (uygulama dozlarının arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli $P<0.01$) ve dönemlerin (ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli $P<0.01$) ana etkilerinin karşılaştırılması.

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; Cumhuriyet ve Akçatepe deneme arazilerinden alınan topraklarda en yüksek büzülme oranı değeri (1.61) IV. örnekleme döneminde, en düşük değeri ise (1.56) I. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.26) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) bulunmuştur.

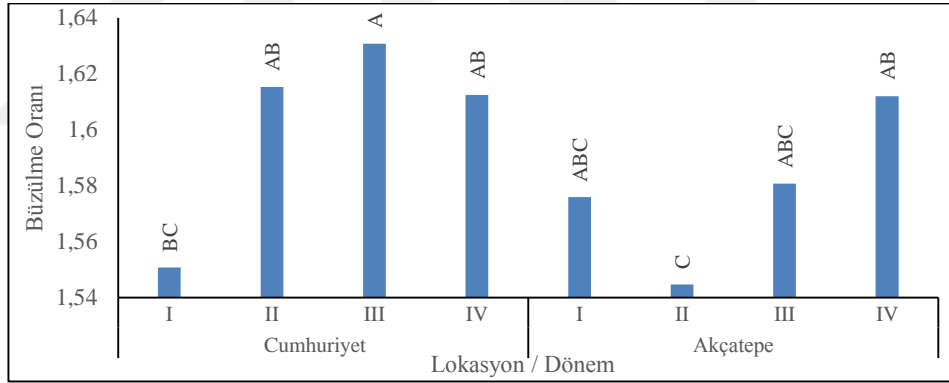
Atık fındık zurufu kompostunun uygulama dozları arasında en yüksek büzülme oranı değeri (1.63) kontrol grubunda, en düşük büzülme oranı değeri ise (1.55) kompostun 10 t da^{-1} uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.26) ve büzülme oranı değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Uygulama dozu x dönem interaksiyonunda en yüksek büzülme oranı değeri (1.67) atık fındık zurufu kompostunun kontrol grubunda ve I. örnekleme döneminde, en düşük büzülme oranı değeri ise (1.48) kompostun 10 t da^{-1} uygulama dozunda ve I. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.27) ve bu değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) bulunmuştur.



Şekil 4.27. Büzülme oranı üzerine uygulama dozları x dönemler interaksiyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.01$ düzeyinde önemlidir).

Lokasyon x dönem interaksiyonunda en yüksek büzülme oranı değeri (1.63) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) III. örnekleme döneminde, en düşük büzülme oranı ise (1.54) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Akçatepe) II. örnekleme döneminde elde edilmiş ve büzülme oranı değerlerine ait ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) bulunmuştur (Şekil. 4.28).

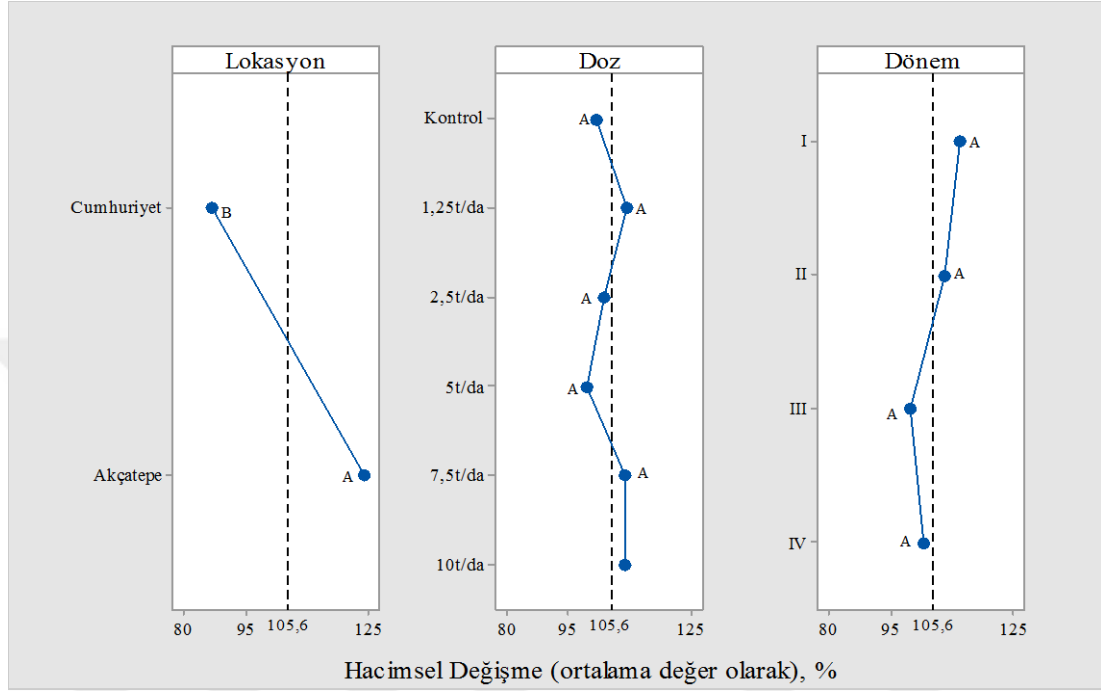


Şekil 4.28. Büzülme oranı üzerine lokasyon x dönem interaksiyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.01$ düzeyinde önemlidir).

4.1.7. Hacimsel Değişme

Toprak örneklerinin hacimsel değişme değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 9'da verilmiştir. Bu çalışmada lokasyon x uygulama dozları x dönem interaksiyonunda en yüksek hacimsel değişme değeri (% 157.9) killi tın tekstüre sahip Akçatepe arazisi I. örnekleme döneminde ve 1.25 t da^{-1} uygulama dozunda, en düşük hacimsel değişme değeri ise (% 62.5) kumlu tın tekstüre sahip Cumhuriyet arazisi I. örnekleme döneminde ve 5 t da^{-1} uygulama dozunda hesaplanmış, ancak bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (EK 9).

Toprakların tekstürü dikkate alındığında; killi tın tekstüre sahip deneme arazisindeki hacimsel değişme değeri (% 124.3), kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisindeki hacimsel değişme değerinden (% 86.9), daha yüksek elde edilmiş (Şekil 4.29) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli ($P<0.01$) bulunmuştur.



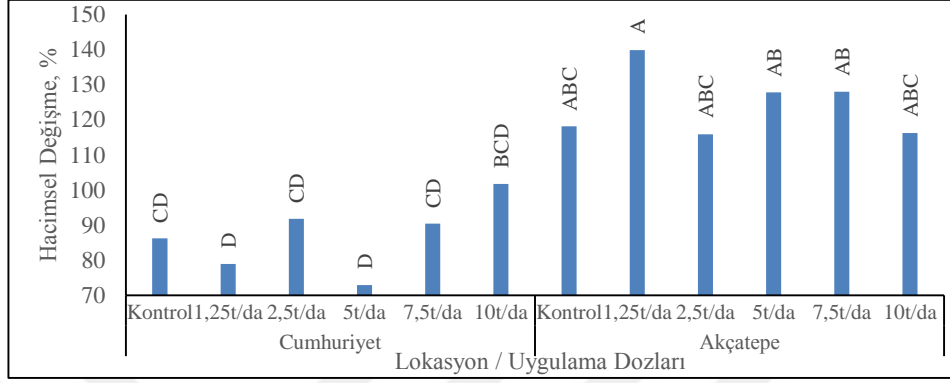
Şekil 4.29. Hacimsel değişme değeri üzerine toprak tekstürünün (ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak $P<0.01$ düzeyinde önemli), atık fındık zürufu kompostu (uygulama dozlarının arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz) ve dönemlerin (ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz) ana etkilerinin karşılaştırılması.

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; Cumhuriyet ve Akçatepe deneme arazilerinden alınan topraklarda en yüksek hacimsel değişme değeri (% 111.9) I. örnekleme döneminde, en düşük hacimsel değişme değeri ise (% 99.5) III. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.29) ancak bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Atık fındık zürufu kompostunun uygulama dozları arasında en yüksek hacimsel değişme değeri (% 109.4) 1.25 t da^{-1} , en düşük hacimsel değişme değeri ise (% 99.9) 5 t da^{-1} uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.29) ancak hacimsel değişme değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

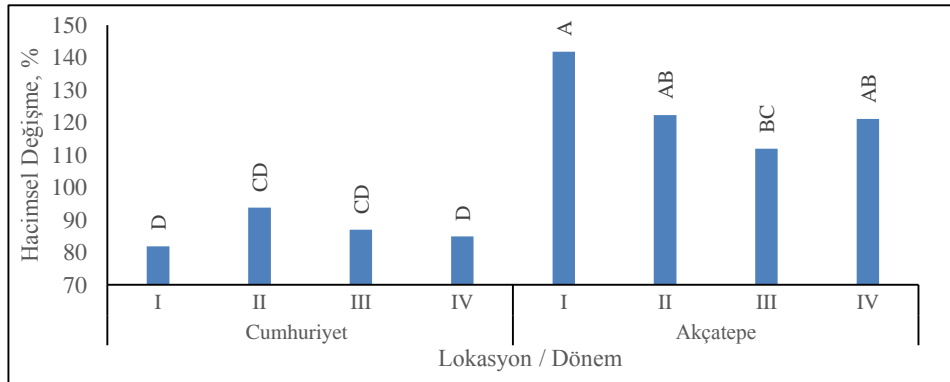
Lokasyon x uygulama dozu interaksyonu dikkate alındığında; en yüksek hacimsel değişme değeri (% 139.9) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Akçatepe) ve

kompostun 1.25 t da⁻¹ uygulama dozunda, en düşük değeri ise (% 72) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) kompostun 5 t da⁻¹ uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.30) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur.



Şekil 4.30. Hacimsel değişme üzerine lokasyon x uygulama dozları interaksiyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar P<0.05 düzeyinde önemlidir).

Lokasyon x dönem interaksiyonunda en yüksek hacimsel değişme değeri (% 141.9) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde I. örnekleme döneminde, en düşük değeri ise (% 81.9) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde I. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil. 4.31) ve hacimsel değişme değerlerine ait ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur.

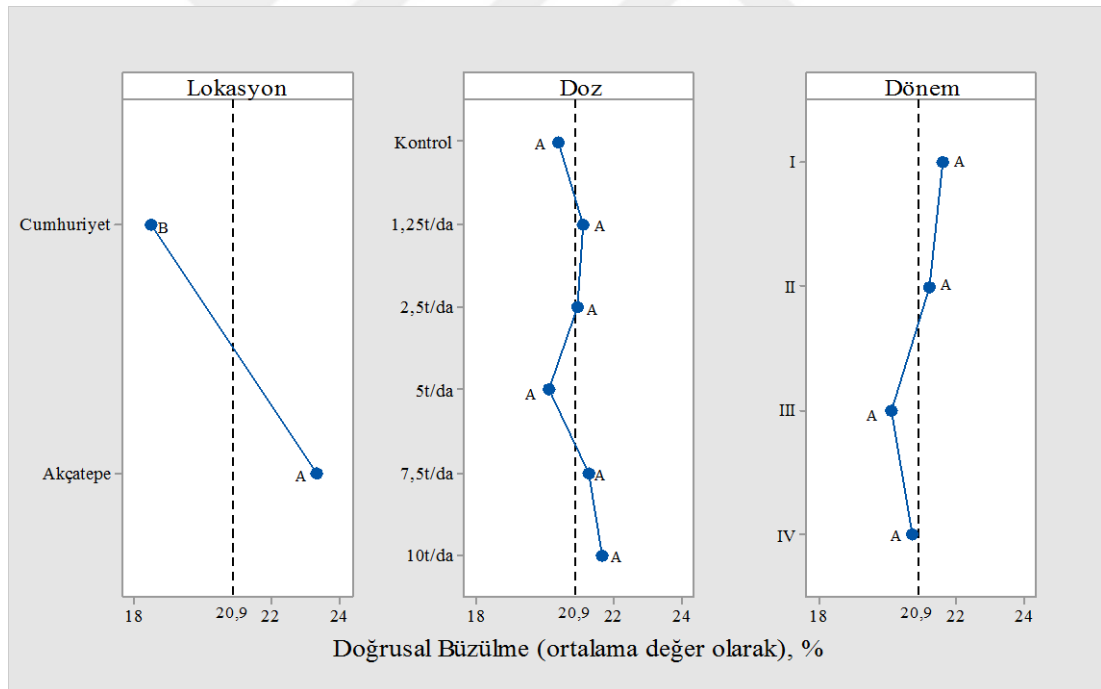


Şekil 4.31. Hacimsel değişme üzerine lokasyon x dönem interaksiyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farkları P<0.05 düzeyinde önemlidir).

4.1.8. Doğrusal Büzülme

Toprak örneklerinin doğrusal büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 10'da verilmiştir. Bu çalışmada lokasyon x uygulama dozları x dönem interaksyonunda en yüksek doğrusal büzülme değeri (% 27.1) killi tın tekstüre sahip Akçatepe arazisi I. örnekleme döneminde ve kompostun 7.5 t da⁻¹ uygulama dozunda, en düşük doğrusal büzülme değeri ise (% 14.9) kumlu tın tekstüre sahip Cumhuriyet arazisi I. örnekleme döneminde ve kompostun 5 t da⁻¹ uygulama dozunda hesaplanmış, ancak bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (EK 10).

Toprakların tekstürü dikkate alındığında; killi tın (CL) tekstüre sahip deneme arazisindeki doğrusal büzülme değeri (% 23.4), kumlu tın (SL) tekstüre sahip deneme arazisindeki doğrusal büzülme değerinden (% 18.5) daha yüksek elde edilmiş (Şekil 4.32) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli (P<0.01) bulunmuştur.

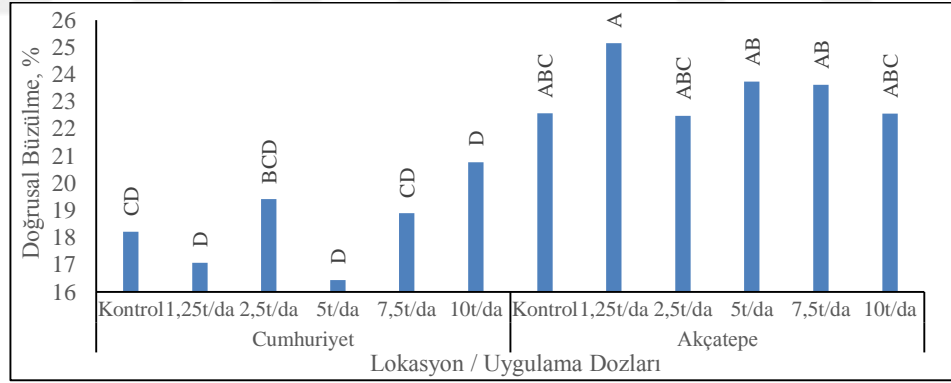


Şekil 4.32. Doğrusal büzülme değeri üzerine toprak tekstürünün (ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak P<0.01 düzeyinde önemli), atık fındık zurufu kompostu (uygulama dozlarının arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz) ve dönemlerin (ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz) ana etkilerinin karşılaştırılması.

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; Cumhuriyet ve Akçatepe deneme arazilerinden alınan topraklarda en yüksek doğrusal büzülme (% 21.6) I. örnekleme döneminde, en düşük değeri ise (% 20.1) III. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.32) ancak bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (EK 10).

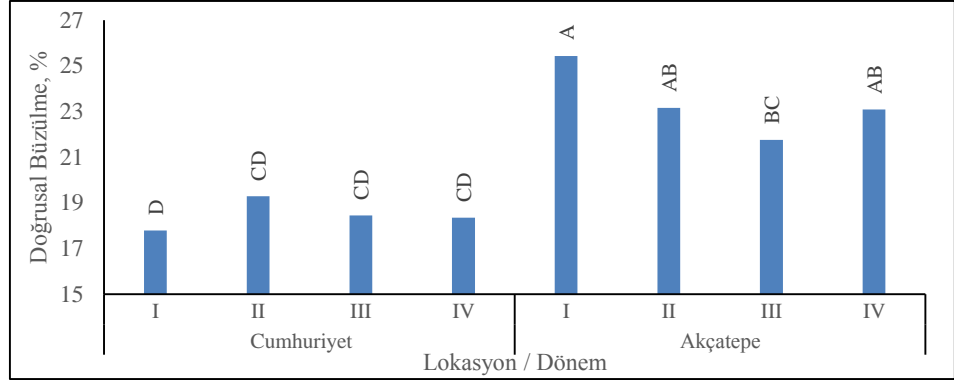
Atık fındık zürufu kompostunun uygulama dozları arasında en yüksek doğrusal büzülme değeri (% 21.7) kompostun 10 t da⁻¹, en düşük doğrusal büzülme değeri ise (% 20.1) kompostun 5 t da⁻¹ uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.32) ancak doğrusal büzülme değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (EK 10).

Lokasyon x uygulama dozu interaksyonu dikkate alındığında; en yüksek doğrusal büzülme değeri (% 25.1) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Akçatepe) ve 1.25 t da⁻¹ atık fındık zürufu uygulama dozunda, en düşük doğrusal büzülme değeri ise (% 16.4) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) 5 t da⁻¹ uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.33) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).



Şekil 4.33. Doğrusal büzülme üzerine lokasyon x uygulama dozları interaksyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar P<0.05 düzeyinde önemlidir).

Lokasyon x dönem interaksyonunda en yüksek doğrusal büzülme değeri (% 25.4) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Akçatepe) I. örnekleme döneminde, en düşük doğrusal büzülme değeri ise (% 17.8) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) I. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.34) ve doğrusal büzülme değerlerine ait ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01).

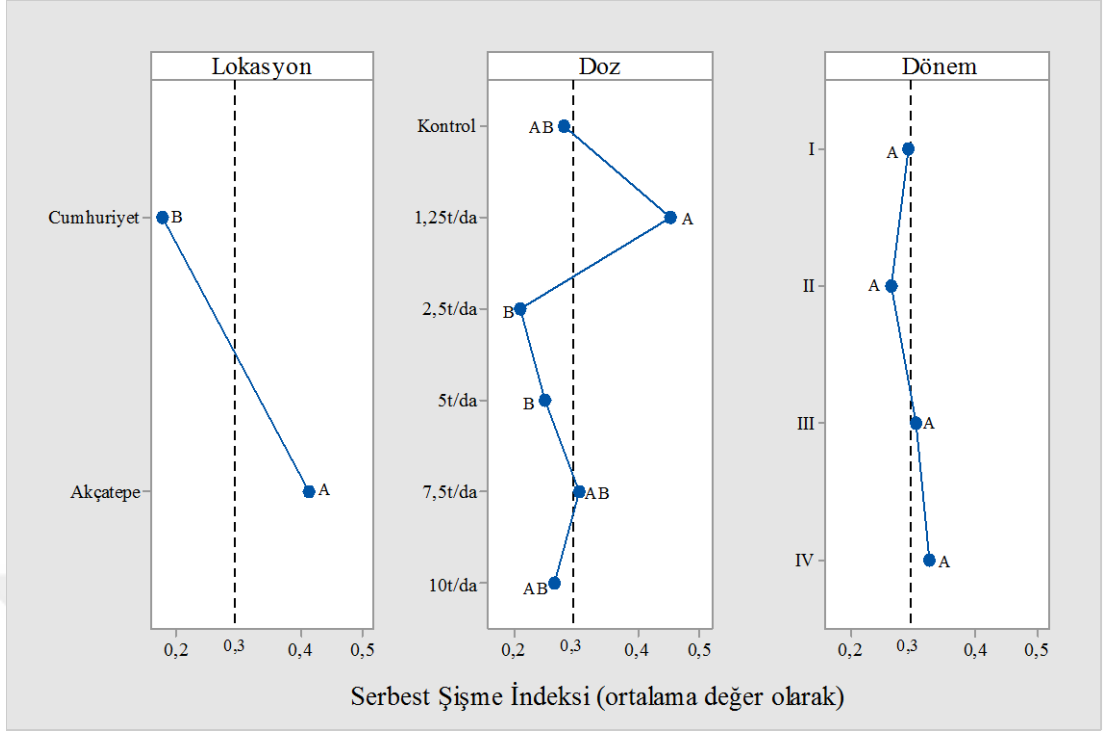


Şekil 4.34. Doğrusal büzülme üzerine lokasyon x dönem etkisinin etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar $P < 0.05$ düzeyinde önemlidir).

4.1.9. Serbest Şişme İndeksi (SŞİ)

Toprak örneklerinin serbest şişme indeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları EK 11’de verilmiştir. Bu çalışmada, lokasyon x uygulama dozları x dönem etkisinde en yüksek serbest şişme indeksi değeri (0.88) killi tın tekstüre sahip Akçatepe arazisi III. örnekleme döneminde ve kompostun 1.25 t da^{-1} uygulama dozunda, en düşük serbest şişme indeksi değeri ise (0.08) kumlu tın tekstüre sahip Cumhuriyet arazisi IV. örnekleme döneminde ve 1.25 t da^{-1} uygulama dozunda hesaplanmış, ancak bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (EK 11).

Toprakların tekstürü dikkate alındığında; killi tın (CL) tekstüre sahip deneme arazisindeki serbest şişme indeksi değeri (0.41), kumlu tın (SL) tekstüre sahip deneme arazisindeki serbest şişme indeksi değerinden (0.18) daha yüksek elde edilmiş (Şekil 4.35) ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur.

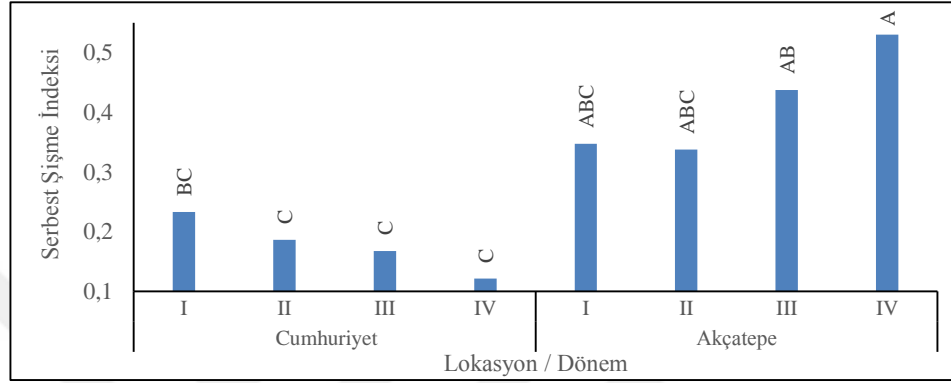


Şekil 4.35. Serbest şişme indeksi değeri üzerine toprak tekstürünün (ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak $P<0.01$ düzeyinde önemli), atık fındık zurufu kompostu (uygulama dozlarının arasındaki fark istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli) ve dönemlerin (ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz) ana etkilerinin karşılaştırılması.

Örnekleme zamanları değerlendirildiğinde; Cumhuriyet ve Akçatepe deneme arazilerinden alınan topraklarda en yüksek serbest şişme indeksi (0.33) IV. örnekleme döneminde, en düşük serbest şişme indeksi ise (0.26) III. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.35) ancak bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (EK 11).

Atık fındık zurufu kompostunun uygulama dozları arasında en yüksek serbest şişme indeksi değeri (0.45) kompostun 1.25 t da^{-1} uygulama dozunda, en düşük serbest şişme indeksi değeri ise (0.21) kompostun 2.5 t da^{-1} uygulama dozunda elde edilmiş (Şekil 4.35) ve bu değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur.

Lokasyon x dönem interaksyonunda en yüksek serbest şişme indeksi değeri (0.53) killi tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Akçatepe) IV. örnekleme döneminde, en düşük serbest şişme indeksi değeri ise (0.12) kumlu tın tekstüre sahip deneme arazisinde (Cumhuriyet) IV. örnekleme döneminde elde edilmiş (Şekil 4.36) ve serbest şişme indeksi değerlerine ait ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur.



Şekil 4.36. Serbest şişme indeksi üzerine lokasyon x dönem interaksyonunun etkisi (Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemlidir).

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada; iki farklı lokasyonda, biyoteknolojik teknikler ile kompostlanmış fındık zurufu kompostu artan dozlarda fındık bahçesi topraklarına uygulanmış, farklı dönemlerde alınan toprak örneklerinde bazı mekaniksel özellikler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; lokasyonlarda kil içeriğine bağlı olarak likit limit, plastik limit, plastiklik indeksi, COLE-çubuk, COLE-kesek, yüzde büzülme, büzülme oranı, hacimsel değişme, doğrusal büzülme ve serbest şişme indeksi değerlerinde farklılıklar gözlenmiş, sadece büzülme limiti değerlerinde fark gözlenmemiştir.

Artan dozlarda uygulanan fındık zurufu kompostu, organik madde miktarının artışına bağlı olarak likit limit, plastik limit, plastiklik indeksi, COLE-çubuk, büzülme oranı, serbest şişme indeksi değerlerini artırmıştır. COLE-kesek, büzülme limiti, yüzde büzülme, hacimsel değişme, doğrusal büzülme değerlerini ise çok fazla etkilememiştir. Toprak örneklerinin likit limit, plastik limit ve plastiklik indeksi değerlerinin organik madde miktarı ve kil miktarıyla doğru orantılı olarak artış göstermesi beklenen bir durumdur.

Çalışmada seçilen toprak mekaniksel özellikleri, örnekleme dönemleri bakımından ele alındığında; likit limit, plastik limit ve plastiklik indeksi değerlerinin I. örnekleme döneminden IV. örnekleme dönemine doğru azalmalar olduğu söylenebilir. Diğer mekaniksel özellikler ise dönemler bakımından düzensiz farklılıklar göstermiştir.

Fındık bahçesi topraklarına artan dozlarda uygulanan kompost, sadece toprakların organik madde kapsamını artırmakla kalmayıp, onların mekaniksel özellikleri üzerine de olumlu etkileri olmuştur. Toprakların mekaniksel özelliklerini istenilen düzeyde tutabilmek için kompost dozu olarak 7.5 t da⁻¹ tavsiye edilebilir.

Ülkemizde bilhassa Karadeniz Bölgesi'nde yaygın olarak fındık yetiştiriciliği yapılan topraklarda topoğrafik yapının oldukça dik eğim göstermesi ve toprak derinliğinin de yetersiz olması, bölge topraklarının sürdürülebilir kullanımının önünde en büyük engel olarak gözükmektedir. Fındık hasadının atığı olarak karşımıza çıkan zurufun, iyi bir organik madde kaynağı olması, yöre topraklarının organik madde kapsamının artırılmasında kullanılabileceğine işaret etmektedir. Böylece hem topraklarda organik maddenin devamlılığı sağlanmış olacak, hem de toprakların su

tutma kapasiteleri de artırılmış olacaktır. Bu çalışmada bilhassa Atterberg limitlerinde elde edilen sonuçlar bu fikri destekleyecek niteliktedir.

Yıllara bağılı olarak değişiklik göstermekle birlikte, yaklaşık olarak 500 000 ton yıl⁻¹ fındık zurufunun bir atık kaynak olduğunu gözönüne alırsak; toprak sıkışmasının önlenmesinde, toprakların işlenmesindeki uygun nem aralığının belirlenmesinde, iyi bir bitki kök gelişimin sağlanmasında, toprakların su tutma ve iletme kapasitelerinin arzu edilen düzeylere getirilmesinde, erozyonun denetim altına alınmasında ve toprak sağlığı ve kalitesinin sürdürülebilirliğinde rahatlıkla kullanılabileceğini ifade edebiliriz.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar; fındık yetiştiriciliği yapılan benzer tekstüre sahip topraklarda kullanılacak nitelikte olup, toprak kalitesi ve sağlığının anahtar göstergesi olan organik maddenin devamlılığının sağlanmasında fındık zurufu kompostunun da yörede değerlendirilmesi gerekliliğine ışık tutabilecek niteliktedir.

KAYNAKLAR

- Andiç, C. 1993. Tarımsal ekoloji. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Notları No:106, Erzurum.
- Archer, J.R. 1975. Soil consistency. In: Soil physical conditions and crop production. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Technical Bulletin 29. London: HMSO. 289-297 pp.
- ASTM, 1974. Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials. Part 19, 90-92.
- Atanur, A. 1973. Kireç stabilizasyonu ve yol yapımındaki tatbikatı. Bayındırlık Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Yayın No:208.
- Bayraklı, F. 1987. Toprak ve bitki analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Yayın No:17, Samsun.
- Bektaş, R.A. 2012. Erzurum Tekman yöresinde farklı arazi kullanımı altındaki toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özellikleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Erzurum.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R., Post, M. 2006. Organic carbon influences on soil particle density and rheological properties. Soil Science Society of America Journal, 70: 1407-1414.
- Campbell, D.J. 2001. Liquid and plastic limits. Soil and environmental analysis, physical methods. Ed.: Smith K.A., Mullins, C.E., Dekker Inc.: New York, pp: 349-375.
- Canbolat, M.Y., Öztaş T. 1997. Toprağın kıvam limitleri üzerine etki eden bazı faktörler ve kıvam limitlerinin tarımsal yönden değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 28 (1): 120-129.
- Canbolat, M.Y., Öztaş T., Akgül M., Barik K. 1998. Erzurum Daphan ovası topraklarının mekaniksel özellikleri. Doğu Anadolu Tarım Kongresi, 14-18 Eylül 1998, Erzurum.
- Canqui, H.B., Lal, R., Owens, B., Post, W. M., Izaurralde, R. C. 2005. Mechanical properties and organic carbon of soil aggregates in the Northern Appalachians. Soil Science of American Journal. 69: 663.
- Casagrande, A. 1932. Research on the Atterberg limits of soils. Public Roads, 13: 121-130.

- Çağlar, M. 2009. Farklı tekstür sınıfındaki toprakların toprak mekaniği ve mühendislik özelliklerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Çepel, N. 1985. Toprak fiziği, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3313, O. F. Yayın No: 374, İstanbul.
- Das, B.M. 2006. Principles of geotechnical engineering. Stamford, CT: Thomson Learning College.
- Demiralay, İ., Güresinli, Y.Z. 1979. Erzurum ovası topraklarının kıvam limitleri ve sıkışabilirliği üzerinde bir araştırma. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Notları No: 10(1-2):77-93.
- Dexter, A.R., Bird, N.R.A. 2001. Methods for predicting the optimum and the range of water contents for tillage based on the water retention curve. Soil & Tillage Research, 57: 203-212.
- Ergene, A. 1982. Toprak biliminin esasları. Atatürk Üniversitesi, Basımevi, Erzurum.
- Ertop, S. 2002. Organik madde nedir. Topraktaki organik maddenin toprağın organik maddesini artırma yolları nelerdir. Tez çalışması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Eskici, Y. 2004. Toprağın gıdası: Organik atıklar. www.bugday.org/article.php (Erişim tarihi: 15.08.2015).
- Ferry, D.M., Olsen R.A. 1975. Orientation of clay particles as it relates to crusting of soil. Soil Science, 120: 365-375.
- Gülser, C., Candemir, F. 2004. Changes in Atterberg limits with different organic waste applications. Proceedings of The International Soil Congress."Natural Resource Management for Sustainable Development". Erzurum, Turkey.
- Gülser, C., Candemir, F., 2006. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Kampüs topraklarının bazı mekaniksel özellikleri ve işlenebilirlikleri. O.M.Ü Ziraat Fakültesi Dergisi, Samsun, 21(2): 213-217.
- Grossman, R.B., Brasher, B.R., Franzmeir, D.P., Walker, J.K. 1968. Linear extensibility as calculated from natural clod bulk density measurements. Soil Science Society of America Proceedings, 32: 570-57.
- Head, K. H. 1984. Manual of soil laboratory testing. Volume 1: Soil classification and compaction tests. ISBN, 0-7273-1302-9. Biddles Ltd, Guildford, Surrey.

- Kacar, B., 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3 Ankara.
- Kara, E.E., Apan, M., Korkmaz, A., Gülser, C., Kara, T. 1993. Ondokuz Mayıs Üniversitesi yerleşim sahası topraklarının etüt ve haritalanması, sulama yönünden özelliklerini belirlenmesi. O.M.Ü. proje sonuç raporu (Z-073), Samsun.
- Keller, T., Arvidsson, J., Dexter, A.R. 2007. Soil structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil. *Soil & Tillage Research*, 92: 45-52.
- Keller, T., Dexter, A.R. 2012. Plastic limits of agricultural soils as functions of soil texture and organic matter content. *Soil Research*, 50: 7-17.
- Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. In A. Klute (ed.), *Methods of soil analysis, part I, second edition*, Agron. Monogr. p: 635-662, 9 ASA and SSSA, Madison, WI.
- Lambe, T.V., Whitman, R.V. 1969. *Soil Mechanics*. Wiley. New York.
- Marshall, T.J., Holmes, J., Rose, C.V. 1996. *Soil physics*. Cambridge University Press ISBN 0-521- 45151-5.
- Mbagwa J.S.C., Abeh O.G. 1998. Prediction of engineering properties of tropical soils using intrinsic pedological parameters. *Soil Science*, 163: 93-102.
- McBride, R.A. 2008. Soil consistency and lower plastic limits. In: Carter M.R, Gregorich EG (eds.), *Soil sampling and methods of analysis*, 2nd edition, Chapter n58, CRC Press. 761-769 pp.
- Mitchell, J.K. 1976. *Fundamentals of soil behavior*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.422 pp.
- Minitab, Inc. 2013. *Minitab 17.1 (Computer Software)*. State College, PA: Minitab, Inc.
- Mosaddeghi, M.R., Morshedizad, M., Mahboubi, A.A. 2009. Laboratory evaluation of a model for soil crumbling for prediction of the optimum soil water content for tillage. *Soil & Tillage Research*, 105: 242-250.
- Munsuz, N. 1985. *Toprak mekaniği ve teknolojisi*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 922. Ders Kitabı, Ankara, 7-8s.
- Munsuz, N. 1985. *Toprak mekaniği ve teknolojisi*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 922. Ders Kitabı, Ankara, 100s.

- Odell, R.T., Thornburn, T.H., McKenzie, L.J. 1960. Relationships of Atterberg limits to some other properties of Illinois soils. Soil Science Society of America Proceedings, 24: 297-300.
- Olsen, P.A., Haugen, L.E. 1998. A New model of the shrinkage characteristic applied to some Norwegian soils. Geoderma, 83: 67-81.
- Öztaş, T. 2012. Tarımsal toprak mekaniği ve teknolojisinin gelişimi, kapsam ve önemi. Toprak bilimi ve bitki besleme dergisi, 1(1): 4-5s.
- Özdemir, N. 1998. Toprak fiziği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No:30, Samsun.
- PCA, 1992. PCA Soil Primer. (Portland Cement Association: Skokie, IL)
- Ross, G. J. 1978. Relationships of specific surface area and clay content to shrink-swell potential of soils having different clay mineralogical compositions. Canadian Journal of Soil Science, 58: 159-166.
- Rowell, D.L. 1996. Soil Science: Methods and applications. Longman, UK.
- Sağlam, T., 1997. Toprak ve suyun kimyasal analizleri. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Yayın No: 189, Tekirdağ, 1-164s.
- Seybold, C.A., Elrashidi, M.A., Engel, R.J. 2008. Linear regression models to estimate soil liquid limit and plasticity index from basic soil properties. Soil Science, 173: 25-34.
- Schafer, W.M., Singer, M.J. 1976. A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes. Soil Science Society of America Journal, 40: 805-806s.
- Sönmez, K. 1981. Ahır gübresinin killi toprağın büzülme özelliği üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(2-3): 31-37s.
- Sönmez, K., Öztaş T. 1988. Iğdır Ovası yüzey topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mekaniksel özellikleri arasındaki ilişkiler. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (1-4): 145-153s.
- Soane, B.D., Campbell, D.J., Herkes, S.M. 1972. The characterization of some scottish arable topsoils by agricultural and engineering methods. Journal of Soil Science, 23: 93-104.
- Sowers, G.F. 1965. Consistency method of soil analysis. Part I. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin USA, 394-397s.
- Terzaghi, K., Peck, R.B. 1967. Soil mechanics in engineering practice. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 729 pp.

Uzuner, A. A. 2001. Çözümlü problemlerle temel zemin mekaniği. Teknik Yayınevi Mimarlık, Mühendislik Yayınları, Ankara, 5. Baskı, 412s.

Verruijt, A. 2011. Soil mechanics. Delft University of Technology. (Screen version from <http://geo.verruijt.net/>.) 331 pp.

Worth, C.P., Wood D.M. 1979. The correlation of index properties with some basic engineering properties of soils. Canadian Geotechnical Journal, 15: 137-145

Yakupoğlu, T., Özdemir, N. 2006. Erozyona uğramış topraklarda organik atık uygulamalarının bazı mekaniksel özelliklere etkisi. O.M.Ü Ziraat Fakültesi Dergisi, Samsun, 21(2):173-178.



EK LİSTESİ

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F Değeri	P Değeri
Lokasyon**	1	4657.9	4657.92	551.03	0.000
Doz **	5	2336.2	467.23	55.27	0.000
Dönem**	3	785.4	261.79	30.97	0.000
Lokasyon x Doz**	5	654.8	130.97	15.49	0.000
Lokasyon x Dönem**	3	1748.8	582.92	68.96	0.000
Doz x Dönem**	15	860.7	57.38	6.79	0.000
Lokasyon x Doz x Dönem*-	15	796.8	53.12	6.28	0.000
Hata	96	811.5	8.45		
Toplam	143	12652.0	53.12		

** : P<0.01 ; * : P<0.05; ös: P>0.05

EK 1. Likit Limit değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	P değeri
Lokasyon**	1	2988.4	2988.42	398.02	0.000
Doz**	5	2487.7	497.55	66.27	0.000
Dönem**	3	457.2	152.41	20.30	0.000
Lokasyon x Doz**	5	678.0	135.59	18.06	0.000
Lokasyon x Dönem**	3	663.8	221.27	29.47	0.000
Doz x Dönem**	5	1182.2	78.81	10.50	0.000
Lokasyon x Doz x Dönem**	15	684.6	45.64	6.08	0.000
Hata	96	720.8	7.51		
Toplam	143	9862.7			

** : P<0.01

EK 2. Plastik Limit değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	P değeri
Lokasyon**	1	184.48	184.483	105.68	0.000
Doz**	5	61.38	12.275	7.03	0.000
Dönem**	3	424.75	141.582	81.10	0.000
Lokasyon x Doz**	5	126.18	25.236	14.46	0.000
Lokasyon x Dönem**	3	2070.80	690.267	395.41	0.000
Doz x Dönem*	15	1168.97	77.931	44.64	0.000
Lokasyon x Doz x Dönem (ös)	15	994.73	66.316	37.99	0.000
Hata	96	167.59	1.746		
Toplam	143	5198.88			

** : P<0.01 ; * : P<0.05; ös: P>0.05

EK 3. Plastiklik İndeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	P değeri
Lokasyon**	1	0.203513	0.203513	134.23	0.000
Doz*	5	0.023875	0.004775	3.15	0.011
Dönem(ös)	3	0.007033	0.002344	1.55	0.208
Lokasyon x Doz*	5	0.019417	0.003883	2.56	0.032
Lokasyon x Dönem(ös)	3	0.007477	0.002492	1.64	0.184
Doz x Dönem(ös)	15	0.020026	0.001335	0.88	0.587
Lokasyon x Doz x Dönem(ös)	15	0.014190	0.000946	0.62	0.849
Hata	96	0.145548	0.001516		
Toplam	143	0.441079			

** : P<0.01 ; * : P<0.05; ös: P>0.05

EK 4. Cole - çubuk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	P değeri
Lokasyon**	1	0.217791	0.217791	78.82	0.000
Doz(ös)	5	0.009237	0.001847	0.67	0.648
Dönem(ös)	3	0.012700	0.004233	1.53	0.211
Lokasyon x Doz*	5	0.042938	0.008588	3.11	0.012
Lokasyon x Dönem*	3	0.027191	0.009064	3.28	0.024
Doz x Dönem(ös)	15	0.024737	0.001649	0.60	0.871
Lokasyon x Doz x Dönem(ös)	15	0.052043	0.003470	1.26	0.246
Hata	96	0.265252	0.002763		
Toplam	143	0.651889			

** : P<0.01 ; * : P<0.05; ös: P>0.05

EK 5. COLE-kesek değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	P değeri
Lokasyon (ös)	1	10.25	10.25	0.29	0.590
Doz(ös)	5	215.02	43.00	1.23	0.302
Dönem**	3	511.56	170.52	4.87	0.003
Lokasyon x Doz(ös)	5	209.40	41.88	1.19	0.317
Lokasyon x Dönem (ös)	3	732.82	244.27	6.97	0.000
Doz x Dönem(ös)	15	711.50	47.43	1.35	0.187
Lokasyon x Doz x Dönem (ös)	15	444.87	29.66	0.85	0.625
Hata	96	3364.57	35.05		
Toplam	143	6199.99			

** : P<0.01 ; * : P<0.05; ös: P>0.05

EK 6. Büzülme Limiti değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	P değeri
Lokasyon**	1	3098.8	3098.84	67.88	0.000
Doz(ös)	5	171.6	34.33	0.75	0.587
Dönem(ös)	3	152.8	50.94	1.12	0.347
Lokasyon x Doz*	5	661.8	132.35	2.90	0.018
Lokasyon x Dönem(ös)	3	337.9	112.62	2.47	0.067
Doz x Dönem(ös)	15	369.1	24.61	0.54	0.912
Lokasyon x Doz x Dönem(ös)	15	719.7	47.98	1.05	0.412
Hata	96	4382.8	45.65		
Toplam	143	9894.5			

** : P<0.01 ; * : P<0.05 ; ös: P>0.05

EK 7. Yüzde Büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	P değeri
Lokasyon*	1	0.02070	0.020697	5.11	0.026
Doz**	5	0.10181	0.020362	5.03	0.000
Dönem**	3	0.05587	0.018623	4.60	0.005
Lokasyon x Doz(ös)	5	0.03383	0.006766	1.67	0.149
Lokasyon x Dönem**	3	0.05224	0.017415	4.30	0.007
Doz x Dönem**	15	0.18771	0.012514	3.09	0.000
Lokasyon x Doz x Dönem (ös)	15	0.07068	0.004712	1.16	0.314
Hata	96	0.38887	0.004051		
Toplam	143	0.91171			

** : P<0.01 ; * : P<0.05 ; ös: P>0.05

EK 8. Büzülme Oranı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	P değeri
Lokasyon**	1	50483	50482.6	82.35	0.000
Doz(ös)	5	2072	414.4	0.68	0.643
Dönem(ös)	3	3222	1074.0	1.75	0.162
Lokasyon x Doz*	5	9759	1951.7	3.18	0.011
Lokasyon x Dönem*	3	6692	2230.8	3.64	0.016
Doz x Dönem (ös)	15	5642	376.1	0.61	0.857
Lokasyon x Doz x Dönem(ös)	15	12378	825.2	1.35	0.191
Hata	96	58854	613.1		
Toplam	143	149100			

** : P<0.01 ; * : P<0.05; ös: P>0.05

EK 9. Hacimsel Değişme değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F Değeri	P Değeri
Lokasyon**	1	858.91	858.909	73.90	0.000
Doz (ös)	5	40.45	8.090	0.70	0.628
Dönem(ös)	3	45.86	15.288	1.32	0.274
Lokasyon x Doz *	5	175.01	35.003	3.01	0.014
Lokasyon x Dönem *	3	100.53	33.509	2.88	0.040
Doz x Dönem (ös)	15	99.64	6.642	0.57	0.890
Lokasyon x Doz x Dönem (ös)	15	201.45	13.430	1.16	0.320
Hata	96	1115.74	11.622		
Toplam	143	2637.59			

** : P<0.01 ; * : P<0.05; ös: P>0.05

EK 10. Doğrusal Büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	P değeri
Lokasyon**	1	1.9988	1.99884	34.22	0.000
Doz*	5	0.8495	0.16990	2.91	0.017
Dönem (ös)	3	0.0759	0.02530	0.43	0.730
Lokasyon x Doz(ös)	5	0.6112	0.12225	2.09	0.073
Lokasyon x Dönem *	3	0.4768	0.15894	2.72	0.049
Doz x Dönem (ös)	15	0.6028	0.04019	0.69	0.791
Lokasyon x Doz x Dönem (ös)	15	0.5084	0.03389	0.58	0.884
Hata	96	5.6083	0.05842		
Toplam	143	10.7317			

** : P<0.01 ; * : P<0.05; ös: P>0.0

EK 11. Serbest Şisme İndeksi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ebru İSLAM
Doğum Yeri : Rize
Doğum Tarihi : 14.07.1988
Yabancı Dili : İngilizce
E-mail : ebru-islam@hotmail.com
İletişim Bilgileri : Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Toprak Bölümü	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	2011
Y. Lisans	Toprak Bölümü	Ordu Üniversitesi	2015

İş Deneyimi:

Görev	Görev Yeri	Yıl
Ziraat Mühendisi	Çamaş Ziraat Odası	2013-