

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YEŞİLHİSAR SUNİ MERASINDA KENTSEL ARITMA ÇAMURU VE
İNORGANİK GÜBRE UYGULANMIŞ TOPRAKLARIN ORGANİK MADDE,
AGREGAT DAYANIMI VE AGREGAT BÜYÜKLÜK DAĞILIMININ
İNCELENMESİ**

Sema KARABAĞ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ANKARA
2014**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Sema KARABAĞ tarafından hazırlanan “Yeşilhisar Suni Merasında Kentsel Arıtma Çamuru ve İnorganik Gübre Uygulanmış Toprakların Organik Madde, Agregat Dayanımı ve Agregat Büyüklük Dağılımının İncelenmesi” adlı tez çalışması 20/03/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Günay ERPUL

Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof. Dr. Günay ERPUL
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Oğuz Can TURGAY
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Mustafa BAŞARAN
Erciyes Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim DEMİR
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

20.03.2012

Sema KARABAĞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YEŞİLHİSAR SUNİ MERASINDA KENTSEL ARITMA ÇAMURU VE İNORGANİK GÜBRE UYGULANMIŞ TOPRAKLARIN ORGANİK MADDE, AGREGAT DAYANIMI VE AGREGAT BÜYÜKLÜK DAĞILIMININ İNCELENMESİ

Sema KARABAĞ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Günay ERPUL

Bu tez çalışmasının amacı; yüksek alkalilik sorunu olan hafif bünyeli, araştırma amaçlı kurulmuş bir mera toprağında kentsel arıtma çamuru ve kimyasal gübre dozlarının organik madde, agregat dayanımı ve agregat büyüklük dağılımı üzerine etkilerini belirlemektir. Bu amaçla arıtma çamurunun üç yıl boyunca ayrı ayrı verildiği dozları (AC_1 : 1.69 t ha⁻¹; AC_2 : 3.37 t ha⁻¹; AC_3 : 5.06 t ha⁻¹; AC_4 : 6.68 t ha⁻¹; AC_5 : 8.43 t ha⁻¹), toprak hazırlığı esnasında üç yıllık toptan verildiği dozları (AC_{111} : 5.06 t ha⁻¹; AC_{222} : 10.12 t ha⁻¹; AC_{333} : 15.17 t ha⁻¹; AC_{444} : 20.03 t ha⁻¹; AC_{555} : 25.29 t ha⁻¹) ve kimyasal gübrenin farklı dozları (N_1P_1 : 0.05 t ha⁻¹; N_2P_2 : 0.10 t ha⁻¹; N_3P_3 : 0.15 t ha⁻¹; N_4P_4 : 0.20 t ha⁻¹; N_5P_5 : 0.25 t ha⁻¹) uygulanmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre; toprakların organik madde kapsamlarının agregat büyüklüklerine göre önemli derece farklılaştığı gözlenmiştir. Yapılan uygulamaların tümü toprakların kuru agregat dağılımlarını istatistiksel açıdan önemli olarak etkilemiştir ($p<0.01$). En düşük agregat dayanımı 0.26 ile Kontrol₀ toprağında, en yüksek agregat dayanımı ise 0.60 ile AC_{111} uygulamasından elde edilmiştir.

Mart 2014, 60 sayfa

Anahtar kelimeler: Kentsel arıtma çamuru, agregat dayanımı, agregat büyüklük dağılımı, organik madde

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF ORGANIC MATTER, AGGREGATE STABILITY AND SIZE DISTRIBUTION OF SOILS TREATED WITH DIFFERENT SEWAGE SLUDGE AND CHEMICAL FERTILIZER DOSES IN YEŞİLHİSAR ARTIFICIAL PASTURE

Sema KARABAĞ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Günay ERPUL

The present thesis was conducted to investigate the effects of different sewage sludge and chemical fertilizer doses on the organic matter, aggregate stability and aggregate size distribution of highly-alkaline pasture soils of Yeşilhisar. Separate doses of sewage sludge applied individually in each year ($AÇ_1$: 1.69 t ha⁻¹; $AÇ_2$: 3.37 t ha⁻¹; $AÇ_3$: 5.06 t ha⁻¹; $AÇ_4$: 6.68 t ha⁻¹; $AÇ_5$: 8.43 t ha⁻¹), a cumulative dose for three years at once during soil cultivation ($AÇ_{111}$: 5.06 t ha⁻¹; $AÇ_{222}$: 10.12 t ha⁻¹; $AÇ_{333}$: 15.17 t ha⁻¹; $AÇ_{444}$: 20.03 t ha⁻¹; $AÇ_{555}$: 25.29 t ha⁻¹) and different doses of chemical fertilizer (N_1P_1 : 0.05 t ha⁻¹; N_2P_2 : 0.10 t ha⁻¹; N_3P_3 : 0.15 t ha⁻¹; N_4P_4 : 0.20 t ha⁻¹; N_5P_5 : 0.25 t ha⁻¹) constituted the treatments of the study. Aggregate size distributions of soil samples were measured and mean weight diameter values were calculated by using these aggregate size distributions values. Then, for each of the mean weight diameter value, corresponding organic matter content of sediments were determined. The research results showed that entire treatments had significant effects on natural aggregate distribution soils ($p < 0.01$). It is also observed that the organic matter content of the soils differ significantly based on the aggregate size. The lowest aggregate stability was measured as 0.26 in Kontrol₀ soil, while highest aggregate stability was measured as 0.60 with $AÇ_{111}$ treatment.

March 2014, 60 pages

Key Words: Domestic sewage sludge, aggregate stability, aggregate size distribution, organic material

TEŞEKKÜR

Öğrencisi olmakla kendimi çok şanslı hissettiğim, akademisyenliği ve dik duruşu ile her zaman kendime örnek aldığım Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim üyesi değerli hocam Sayın Prof. Dr. Günay ERPUL'a, tezin planlanması ve yapım süresince yardımlarını esirgemeyen Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Mustafa BAŞARAN' a, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim elemanı sayın Dr. Selen DEVİREN SAYGIN'a ve Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim elemanı Sayın Dr. Oğuzhan UZUN'a teşekkürü bir borç biliyorum.

Aynı zamanda tez çalışmalarım süresince benden manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocam Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Mahmut KAPLAN, çok kıymetli arkadaşlarım Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü öğretim elemanı Araştırma Görevlisi Kevser KARAMAN ve Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanı Araştırma Görevlisi Safa KARAMAN ile hayatım boyunca aldığım kararlarda hep yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Sema KARABAĞ

Ankara, Mart 2014

SİMGELER DİZİNİ

m	Metre
cm	Santimetre
mm	Milimetre
mg	Miligram
kg	Kilogram
t	Ton
ha	Hektar
km ²	Kilometrekare
µm	Mikrometre
%	Yüzde
dS	Desisiemens
N	Azot
(NH ₄) ₂ SO ₄	Amonyum sülfat
NaOH	Sodyum Hidroksit

kısaltmalar

DAP	Diamonyum fosfat
EC	Elekriksel iletkenlik
TKKY	Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
OAÇ	Ortalama Ağırlık Çapı
AD	Agregat Dayanımı
DAD	Kuru Agregat Dağılımı

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	10
3.1 Materyal	10
3.1.1 Çalışma Alanı	10
3.2 Yöntem	13
3.2.1 Toprak örneklerinin alınması	15
3.2.2 Agregat dağılımının belirlenmesi	16
3.2.3 Islak Eleme Yöntemleriyle Agregat Dayanım Testleri	17
3.2.4 Organik Madde Kapsamı	20
3.2.5 İstatistiksel Analizler	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
4.1 Kuru Agregat Dağılım Değerleri	22
4.2 Agregat Dayanım Ölçümlerinin Karşılaştırılması	32
4.3 Agregat Büyüklüklerine Göre Organik Madde Kapsamlarının Karşılaştırılması	37
5. SONUÇ	51
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma alanı	11
Şekil 3.2 Mera alanının ıslah çalışmaları öncesi hali	12
Şekil 3.4 Endecotts Octagon Digital Model Kuru Eleme Aleti	17
Şekil 3.5 Tek elek çapı kullanılan ıslak eleme aleti	19
Şekil 3.6 Farklı elek açıklıkları kullanılarak ıslak eleme yapılan eleme aleti	20
Şekil 3.7 Organik madde analizi	21
Şekil 4.1 Uygulamalara göre ortalama 6.5 mm elek çapında agregat dağılımı	24
Şekil 4.2 Uygulamalara göre ortalama 4.5 mm elek çapında agregat dağılımı	25
Şekil 4.3 Uygulamalara göre ortalama 3 mm elek çapında agregat dağılımı	26
Şekil 4.4 Uygulamalara göre ortalama 1.5 mm elek çapında agregat dağılımı	27
Şekil 4.5 Uygulamalara göre ortalama 0.75 mm elek çapında agregat dağılımı	28
Şekil 4.6 Uygulamalara göre ortalama 0.375 mm elek çapında agregat dağılımı.....	29
Şekil 4.7 Uygulamalara göre ortalama 0.1875 mm elek çapında agregat dağılımı.....	30
Şekil 4.8 Uygulamalara göre ortalama 0.094 mm elek çapında agregat dağılımı.....	31
Şekil 4.9 Uygulamalara göre kuru agregat dağılımı	32
Şekil 4.10 Uygulamalara göre agregat dayanım indeksi.....	35
Şekil 4.11 Ortalama 6.5 mm elek çapında uygulamaların etkisi.....	38
Şekil 4.12 Ortalama 4.5 mm elek çapında uygulamaların etkisi.....	39
Şekil 4.13 Ortalama 3 mm elek çapında uygulamaların etkisi.....	40
Şekil 4.14 Ortalama 1.5 mm elek çapında uygulamaların etkisi.....	41
Şekil 4.15 Ortalama 0.75 mm elek çapında uygulamaların etkisi.....	42
Şekil 4.16 Ortalama 0.375 mm elek çapında uygulamaların etkisi.....	43
Şekil 4.17 Ortalama 0.1875 mm elek çapında uygulamaların etkisi.....	44
Şekil 4.18 Ortalama 0.094 mm elek çapında uygulamaların etkisi.....	45
Şekil 4.19 Toprakların agregat büyüklüklerine göre organik madde kapsamı	46
Şekil 4.21 Toprak hazırlığı esnasında üç yıllık toptan uygulanan arıtma çamuru seviyelerinin ve elek çaplarının organik madde kapsamına etkisi	49
Şekil 4.22 Kimyasal gübre seviyesi ve elek çaplarının organik madde kapsamına etkisi	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Deneme alanı başlangıç toprak özellikleri	12
Çizelge 3.2 Kullanılan artıma çamurunun ağır metal içerikleri ve sınır değerler	13
Çizelge 3.3 Uygulanan arıtma çamuru ve kimyasal gübre dozları	14
Çizelge 3.4 Deneme alanında kullanılan bitki karışımları	15
Çizelge 4.1 Toprakların doğal agregat dağılımları	23
Çizelge 4.2 Agregat dayanımına ait varyans analiz tablosu	33
Çizelge 4.3 Ortalama ağırlık çapına ait varyans analiz tablosu	33
Çizelge 4.4 Agregat dayanımı ve ortalama ağırlık çapı değerleri.....	34
Çizelge 4.5 Organik madde kapsamlarına ait varyans analiz çizelgesi.....	38
Çizelge 4.6 Agregat büyüklüklerine göre organik madde kapsamları	47

1. GİRİŞ

Toprak bozunumu dünya genelinde büyük bir çevre sorunudur. Toprak yapısında meydana gelen olumsuzluklar gelecekte ekonomik verimlilik ve ürün verimi konusunda birçok riski beraberinde getirmektedir (Paglia vd. 2004). Tarımsal üretim, insan var oldukça devam edeceğine göre toprakların özelliklerini koruması, sürdürülebilirliğinin devamı için bozunma süreci kontrol altına alınmalı, bozulan dengenin yeniden sağlanmasına ve toprak özelliklerinin iyileştirilmesine önem verilmelidir.

Arıtma çamurlarının bertarafında yaşanan sıkıntılar yüksek organik madde içeriğine sahip bu atığın farklı kullanım ihtiyaçlarını da beraberinde getirmiştir. Depolama, yakma ya da orman ve tarım alanlarına uygulanması gibi farklı yöntemler arasında tarım alanlarına uygulanmasının ekonomik açıdan en uygun yöntem olduğu bildirilmiştir (Singh ve Agrawal 2010). Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı, münavebesiz tarım, aşırı otlatma veya toprak işleme gibi sebeplerle toprak organik maddesinin devamlı parçalanması fiziksel toprak özelliklerini olumsuz etkilemektedir.

Organik materyallerin toprak tanelerini kümeleştirici etkilerinden dolayı toprak ıslahı amaçlı kullanımı gün geçtikçe artmaktadır (Tejada vd. 2009). Arıtma çamuru organik karakterli olmasının yanında azot, fosfor, potasyum gibi besin elementlerini de içermekte ve bu yüzden tarım alanlarında kullanılabilecek bir materyal olarak görülmektedir. Ülkemizde bu materyalin kullanılabilmesi için gereken mineral madde sınır değerleri Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (TKKY) kapsamınca belirlenmiştir (Anonim 2005).

İşlenen topraklarda organik maddenin azalmasıyla ilişki olarak azalan agregat dayanımı, kabuk, yüzey akış ve erozyon gibi etkiler ile toprakların bozulmasına yol açmaktadır (Monnier 1965, Tisdall ve Oades 1982, Eliot 1986, Sullivan 1990). Toprakların erozyon eğilimi, toprağın bünyesi (Bradford vd. 1987), değişebilir kalsiyum ya da değişebilir bazların toplamı (Meyer ve Harmon 1984), değişebilir sodyum (Emerson 1967) ve organik madde (Tisdall ve Oades 1982) gibi çoğunlukla erozyon ile ilişkisi olan ve ölçülebilen bazı

toprak özelliklerinden tahmin edilebilir (Amezket vd. 1996). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde ciddi bir sorun olan rüzgar erozyonu dayanımı düşük topraklarda daha etkili olmaktadır. Türkiye topraklarının % 64'ünde organik madde miktarı % 2 den daha azdır (Saygın 2013). Agregat dayanımının organik madde içeriği ile pozitif ilişkili olduğunu açıklayan birçok çalışma yapılmıştır (Pagliai vd. 1981, Franco-Hernandez vd. 2003, Tisdall ve Oades 1982). Arıtma çamurunun toprak organik maddesi, azot ve bitkiye yararlı fosfor içeriğini arttırarak toprak özelliklerini kısa vadeli olarak geliştirdiği araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Jakobsen 1995, Loveland ve Webb 2003). Bunun yanı sıra hacim ağırlığı, makro ve mikro boşluklar ve hidrolik iletkenliği iyileştirmektedir (Aggelides ve Londra 2000, Samaras vd. 2008).

Kayseri İli, Yeşilhisar İlçesinde bulunan yaklaşık 15.800 ha büyüklüğündeki mera alanı yüksek alkalilik, düşük organik madde kapsamı ve zayıf agregatlaşma nedeniyle şiddetli derecede rüzgar erozyonundan etkilenmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı; araştırma amaçlı kurulmuş Yeşilhisar merasında farklı dozlarda uygulanmış arıtma çamuru ve kimyasal gübre dozlarının, uygulamanın dördüncü yılında toprakların agregat dayanımı üzerine olan etkilerinin iki farklı metotla ölçülmesi ve meydana gelen farklılıkların ortaya konmasıdır. Erozyon duyarlılığının agregat dayanımı ve organik madde ile yakından ilişkili olmasından dolayı toprakların parçalanmaya karşı gösterdiği dayanım ve organik madde arasındaki ilişkiler de istatistiksel yöntemlerle ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Aşık vd. (2010), sürdürülebilir bir tarımsal üretim için arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Angın ve Yağanoğlu (2009), arıtma çamurlarının toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırma amaçlı Iğdır ili Aralık ilçesinde tuzlu alkali toprak özelliklerine sahip bölgede yürüttükleri çalışmada 0, 0.40, 0.80, 1.20 t ha⁻¹ dozlarında arıtma çamuru uygulamışlardır. Uygulamalar arasında en iyi sonuç en yüksek doz olan 1.20 t ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir.

Delibacak vd. (2009), İzmir’de yürüttükleri çalışmada toprağa 30, 60 ve 90 t ha⁻¹ dozlarında arıtma çamuru uygulamış ve sonuç olarak uygulanan arıtma çamurunun; agregat dayanımı, makro ve mikro boşluklar, tarla kapasitesi, yarayıslı su içeriği gibi fiziksel toprak parametrelerini iyileştirdiğini gözlemlemişlerdir.

Angın ve Yağanoğlu (2011), Iğdır ili Aralık ilçesinde yürüttükleri çalışmada rüzgar erozyonundan etkilenmiş bir alanda toprağa arıtma çamuru ilavesinin toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar 0, 40, 80 ve 120 t ha⁻¹ dozlarının uygulandığı üç tekrarlamalı denemede, uygulanan arıtma çamurunun toprağın hem fiziksel hem de kimyasal özellikleri üzerine önemli derecede olumlu etkilerinin olduğunu aynı zamanda ürün verimini de arttırdığını bildirmişlerdir.

Hati vd. (2007), Hindistan’ da düşük kümeleşme ve dayanıma sahip tuzlu alkali toprakta gübre ve arıtma çamuru uyguladıkları çalışmada, arıtma çamuru uygulamaları ile ortalama ağırlık çapı, hidrolik iletkenlik, su tutma kapasitesi gibi özelliklerde belirgin bir iyileşme gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Paglia vd. (2004), kompost ve gübre uygulamalarının; toprak yapısını, boşluklarını ve kümeleşmeyi iyileştirdiğini belirtmektedir.

Aggelides ve Londra (2000), yarı kurak iklime sahip bir bölgede arıtma çamuru (% 21), şehir atığı (% 62) ve talaş tozu (% 17) kompostu uygulamalarının tınlı ve killi toprakların fiziksel özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yapılan uygulamaların her iki toprak bünyesinde de kümeleşme ve agregat dayanımı, hacim ağırlığı, boşluk miktarı gibi özellikleri olumlu etkilediğini ancak bu iyileşmenin tınlı toprakta killi toprağa oranla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Sort ve Alcaniz (1998), organik atık olarak kullanılan arıtma çamurunun toprakların kümeleşmesi ve yapısal dayanımı üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada 200 ve 400 t ha⁻¹ arıtma çamuru uygulamışlardır. Islak ve kuru eleme yöntemleriyle agregat büyüklük dağılımının belirlendiği testlerde toprakların yağmur damlası etkilerine karşı dayanımlarının arttığı ancak bu etkinin uygulamadan bir yıl sonra azaldığı gözlenmiştir.

Navas vd. (1997), yarı kurak iklim koşullarının olduğu ortamlarda, bozunmuş toprakların ıslahı için arıtma çamuru kullanımının potansiyel sonuçlarını incelemişler ve arıtma çamuru ilavesi ile organik madde, organik karbon ve azot, toprak nemi ve boşluk miktarının artışı gibi birçok yararlı değişimler gözlemişlerdir.

Mosavi vd. (2012), kurak arazi koşullarında toprakların su tutma kapasitesini arttırmak amacıyla killi tın bünyeye sahip topraklara yeşil gübre uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre yeşil gübre uygulamaları agregat dayanımı, hacim ağırlığı ve bitkiye yarayışlı su miktarı üzerine olumlu etkide bulunduğu bildirilmiştir.

Sandoval vd. (2011), bozunmuş Alfisol topraklarda, yapısal iyileşmeyi sağlamak amacıyla 0, 15, 30 ve 60 t ha⁻¹ olmak üzere dört farklı düzeyde arıtma çamuru ve tek yıllık baklagil bitkisinin kullanıldığı altı aylık bir denemede agregat dağılımı ve dayanımı ve hacim ağırlığını incelemişlerdir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre uygulama dozu arttıkça artan makro agregat miktarı ve agregat dayanımı ile düşük hacim ağırlığı değerleri

bulunmuştur. Ayrıca araştırma sonuçlarına göre arıtma çamurunun baklagil bitkisiyle birlikte uygulanması bitkisiz parsellere göre daha olumlu sonuçlar vermiştir.

Ashgari vd. (2009), organik toprak düzenleyicisi olarak kullanılan anyonik poliakrilamid, ahır gübresi, vermikompost (solucan gübresi) ve arıtma çamurunun, kumlu tınlı bünyeye sahip topraklarda ortalama ağırlık çap değeri (OAC), agregat dayanımı (AD), boşluk miktarı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ahır gübresi uygulaması (25 g kg^{-1}); makro boşluk miktarını ($> 75 \mu\text{m}$) azaltmış, mikro boşluk ($< 30 \mu\text{m}$) miktarını artırmıştır. Anyonik poliakrilamid uygulamaları (0.25 ve 0.50 g kg^{-1}); OAC, AD ve $30-75 \mu\text{m}$ arasında ki boşluk miktarını artırmıştır. Arıtma çamuru uygulaması (3.4 g kg^{-1}) daha düzenli boşluk dağılımına yardımcı olarak toprakların su tutma kapasitesini artırmıştır.

Debosz vd. (2002), Danimarka'da Askov Deneme İstasyonunda, kumlu tınlı bünyeye sahip topraklarda on bir aylık bir inkübasyon denemesi yürütmüşlerdir. Araştırmacılar arazi ve laboratuvar koşullarında 4.2 ton ha^{-1} olgunlaştırılmış arıtma çamuru ve 17 t ha^{-1} evsel atık uyguladıkları topraklarda suya dayanıklı toprak agregatları ve kil dispersiyonunu incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre yapılan uygulamalar organik atıkların etkisi geçici olup toprakların suya dayanıklı agregat fraksiyonu üzerine kalıcı bir etki belirlenmemiştir.

Antolín vd. (2005), arıtma çamurunun tek seferde uygulandığı (15 ton ha^{-1}), her yıl uygulandığı (15 ton ha^{-1}) ve geleneksel gübreleme yöntemlerinin kullanıldığı üç yıllık bir araştırmada yapılan uygulamaların arpa verimi belirli toprak parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucu her yıl 15 ton ha^{-1} arıtma çamuru uygulamasının diğer uygulamalara göre arpada daha yüksek tane verimi, yüksek kuru ağırlık ve protein içeriği sağladığını belirlemişlerdir. Toprakta ise daha düşük pH, yüksek organik karbon gözlenmiştir. Bu uygulama toprakta mikrobiyal aktiviteyi, mikrobiyal kütleyi ve toprak enzim aktivitesini artırmıştır.

Tejada ve Gonzalez (2007), İspanya’da, pamuk, zeytin, arıtma çamuru ve kent çöplüğünden elde ettikleri dört farklı organik atığın toprakların strüktürel yapısı ve yapay yağış koşulları altında kaybolan toprak miktarı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada için her yıl 10 t ha⁻¹ olacak şekilde bu materyalleri toprağa uygulamışlardır. Bütün uygulamalar toprakların hacim ağırlığını düşürmüş, agregat dayanımını artırmış ve yağış koşulları altındaki toprak kayıplarını azaltmış ancak en olumlu etkiyi pamuk ve zeytin küspesinden elde etmişlerdir.

Casado-Vela vd. (2007), arazi ve sera koşullarında 3, 6 ve 9 kg m⁻² dozlarında uygulanan arıtma çamurun toprağın fiziko-kimyasal özellikleri üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre 9 kg m⁻² uygulama, hem arazi hem de sera koşullarında toprağın elektriksel iletkenliğini ve ağır metal birikimini istatistiksel olarak önemli olarak artırmıştır. Hem arazi hem de serada 6 kg m⁻² uygulaması bitkiye gerekli besin elementlerini sağlamak için yeterli olmuştur.

Hulugalle (1995), Doğu Avustralya’da, pelet haline getirilmiş arıtma çamuru ve diğer atık materyallerin (torf ve pamuk çekirdeği atığı) fiziksel (agregat dayanımı, tekselleşme, ağırlıklı agregat çapı) ve kimyasal toprak özellikleri (pH, elektriksel iletkenlik, nitrat azotu, organik karbon ve katyon değişim kapasitesi) üzerine etkilerini incelemek üzere bir laboratuvar çalışması yapmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu pelet haline getirilmiş arıtma çamuru ve atık materyal uygulamalarının toprakların kimyasal özellikleri üzerine kısa süreli belirgin bir etkisinin olduğunu ancak fiziksel toprak parametrelerine sınırlı bir etkisinin olduğunu bildirmiştir.

Sandoval vd. (2012), Şili’de ciddi bir sorun olan toprak bozunumunun etkilerini azaltmak ve toprak yapısını düzenlemek amacıyla farklı oranlarda karıştırılmış arıtma çamuru ve talaş tozu uygulamalarının toprakların agregat dayanımı ve yarayışlı su içeriğine olan etkisini incelemişlerdir. 25 ve 50 t arıtma çamuru 10, 25 ve 50 t talaş tozu ile karıştırılmıştır. Yapılan karışım uygulamalarının hepsinin makro agregat ve suya dayanıklı agregat miktarını artırdığı bildirilmiştir.

Urbina ve Rodriguez (1995), tavuk gübresi ve kahve pulpu uygulamalarının toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisini ve erozyon duyarlılığını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar 0-10 cm'lik toprak derinliğinde organik materyalleri uygulamışlar ve organik materyal uygulaması sonucu erozyonla toprak kayıplarında önemli derecede azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Christensen (1986), saman artıklarının toprakların agregat büyüklüğü ve dağılıma etkisini incelediği çalışmada yapılan uygulamanın tınlı kum bünyeye sahip toprakta 1 mm ile 20 mm arasındaki agregat miktarını artırdığını ve kumlu killi tın bünyeye sahip toprakta etkili olmadığını belirtmiştir.

Bryan (1968), toprakların erozyon duyarlılıklarını belirlemede kullanılan çeşitli parametreler üzerine yapmış olduğu bir çalışmada, toprak organik maddesinin, toprakların kümeleşme, tekselleşme oranını ve erozyonla toprak kayıplarını önemli düzeylerde etkilediğini belirtmiştir.

Topçu ve Abalı (1979), Orta Anadolu koşullarında rüzgar erozyonu eşitliğinin duyarlılığı, rüzgâr aşınımını önleyici şerit genişliği ve toprak kayıpları ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerini saptamak amacıyla yürüttükleri 3 yıllık çalışmada; toprak kaybını engellemede en önemli faktörlerin, sırasıyla 0.84 mm'den büyük kuru agregat yüzdesi, iklim faktörü, şerit genişliği ve bitki örtüsü miktarı olduğunu bildirmişlerdir.

İ ve Gülser (2008), tütün atığının kil, tın ve kum bünyeli toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmada organik materyalin ilavesi ile hacim ağırlığı azalmış, ortalama agregat ağırlık çapı, agregat dayanımı ve hidrolik iletkenlik değerleri artmıştır.

Kirchmann ve Gerzabek (2000), İşve'te hafıf bünyeye sahip topraklarda çiftlik gübresi, yeşil gübre, talaş, kentsel atık ve torf gibi farklı organik kaynağa sahip materyaller uygulanmışlardır. Yapılan uygulamaların üst toprak katmanındaki makro ve mikro boşluk

miktarını artırdığı ancak bu değişimin organik madde kaynağı ve miktarına bağlı olarak farklılaştığı bildirilmiştir.

Tisdall ve Oades (1982), suya dayanıklı agregatların toprak organik maddesi ile yakından ilişkili olduğunu ancak sadece bir kısmının toprakta dayanımı artırdığını belirtmiş ve bu konuda kapsamlı bir derleme çalışması yapmışlardır. Araştırmacılar organik materyali oluşturan bileşenlerin etkisinin en fazla bir yıl sürdüğünü ve işlemeli tarım yapılan alanlarda bu etkinin hızla azaldığını belirtmektedirler. Buna göre dayanımı artıran organik kısımlar; kısa süreli etkili olan polisakkaritler, kökler ve mantar miselleri ile daha uzun süreli etkili olan +2 , +3 değerlikli katyonlar ve polimerler şeklinde sınıflandırılmaktadırlar. Bu sebeple araştırmacılar organik maddenin yapısının miktarından daha önemli olduğunu ve belli bir miktarın üzerindeki organik karbonun dayanımı etkilemediğini belirtmişlerdir. Örneğin makro agregatların (>250 µm) oluşumu daha çok toprak işleme ve ürün münavebisinden etkilenmekte, bitki kökleri ve mantar miselleri bu boyuttaki toprak tanelerinin toprak içerisinde belli bir dengede olmasını sağlamaktadır. Suya dayanıklı mikro agregatlar ise arazi kullanımından bağımsız olarak toprak karakterine ve uzun süreli etkili olan organik madde kısımlarına bağlı olarak değişim gösterdiği bildirilmiştir.

Başaran vd. (2008), orman ve mera alanına ait 0-10 cm derinlikten alınan toprak örnekleri için yürüttükleri bir çalışmada arazi kullanımının toplam toprak organik maddesi, partiküler organik madde, mineral organik madde ile suya dayanıklı agregatlar üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada toprakların agregat dayanımı ile organik madde fraksiyonları arasında pozitif ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Öztaş vd. (1999), agregatların kırılmaya karşı dayanımları üzerine etki eden toprak parametrelerini inceledikleri bir çalışmada toprakların kuru agregat dayanımı ile ıslak eleme sonucu elde edilen dayanımları arasında pozitif bir ilişki bulmuşlardır. Toprakların kuru agregat dayanımı ile kum ve kil içeriği, katyon değişim kapasitesi ve değişebilir sodyum yüzdesi arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Ancak, kuru agregat dayanımı ile

silt, organik madde, kireç ve pH değerleri arasındaki ilişkilerin önemsiz çıktığını belirtmişlerdir.

Six vd. (2000), agregat büyüklük dağılımı ve dayanıklılığının toprak kalitesinin bir göstergesi olduğunu, organik madde düzeyinde meydana gelen bir azalmanın, agregatların dayanımında azalmaya sebep olduğunu bildirmişleridir.

Grieve (1980)'in bildirdiğine göre, toprakların organik madde içeriğinde fazla bir değişim olmamasına rağmen agregat dayanımının ölçümünde kullanılan yöntemlerin farklı olması yapılacak değerlendirmelerin farklı olmasına sebep olabilmektedir.

Bird vd. (2007), kurak bir bölgede yaptıkları çalışmada mera alanındaki toprakların yapısal dayanımlarını hem Kemper ve Rosenau (1986) hem de Herrick vd. (2001) yöntemlerine göre belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre Herrick vd. (2001)'in arazi koşullarında yapısal dayanımı belirlemeye yarayan yöntemi daha duyarlı sonuçlar vermiştir.

Saygın vd. (2012), tınlı ve kumlu topraklardaki agregat dayanımının farklı yöntemlerle belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada De Leenheer ve De Boodt (1959) tarafından önerilen ve örneklerin agregat büyüklük dağılımlarını dikkate alan yöntem daha başarılar sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

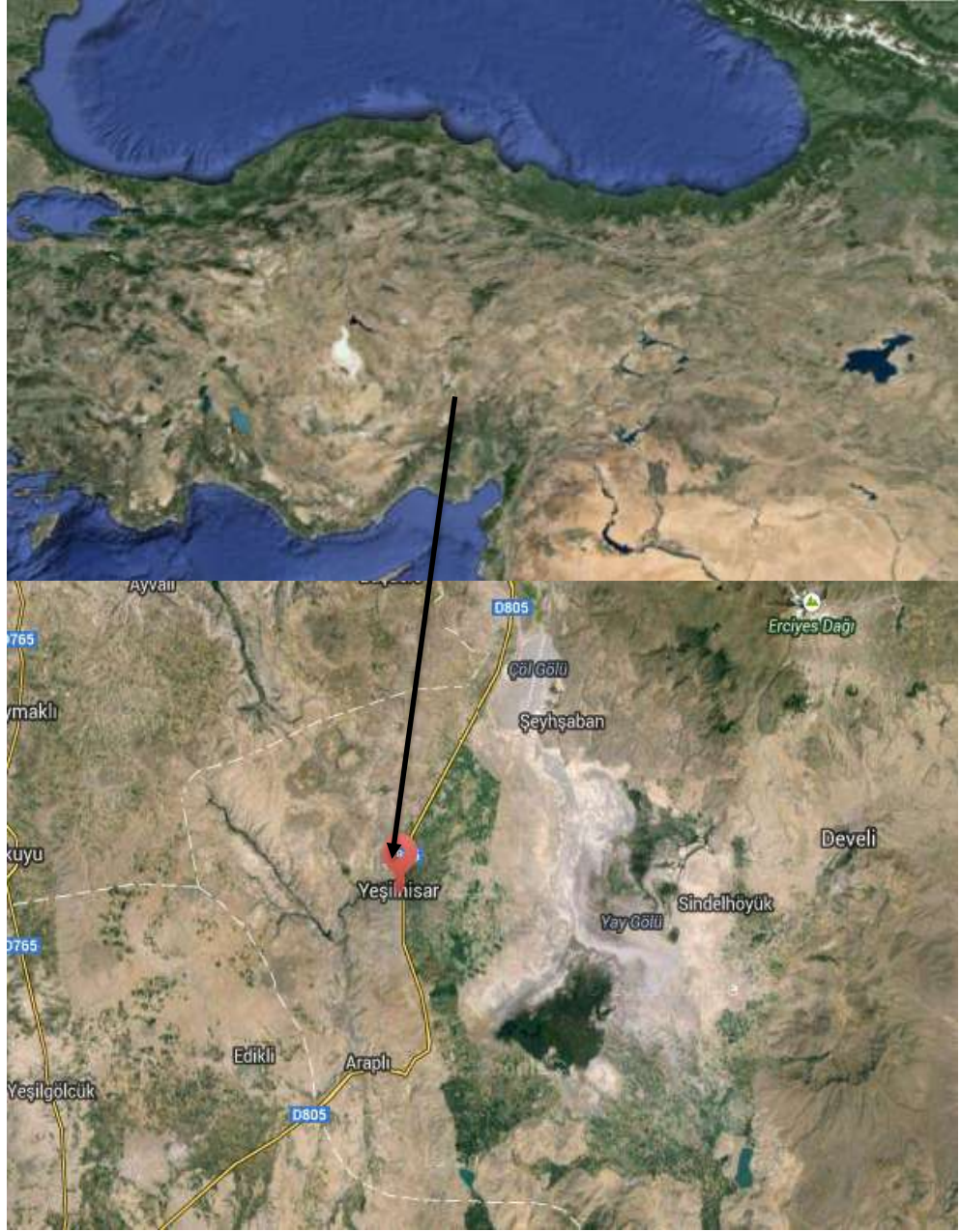
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma alanı

Çalışmada materyal olarak kullanılan toprak örnekleri Kayseri İli Yeşilhisar İlçesi Merkez Çakırağıl mevkiinde 162/131 no'lu mera parselinde “Farklı Özellikteki Bozulmuş Meralarda Kentsel Arıtma Çamuru ve İnorganik Gübre Uygulamalarının Mera Verimi ve Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri” isimli TÜBİTAK projesi kapsamında kurulan deneme alanından alınmıştır.

Greenwich rasathanesine göre 33° 30' doğu boylamı, 38° 45' 30'' kuzey enleminde bulunan Kayseri ilinin yüzölçümü 16.917 km² ve denizden yüksekliği 1050 metredir. Bölgede Orta Anadolu'nun sert kara iklimi hüküm sürer. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlı geçer. Senelik yağış ortalaması 366 mm'dir. En çok Mart, Nisan ve Mayıs aylarında yağış almaktadır. Yağışın en az olduğu aylar ise, Haziran, Temmuz ve Ağustos'tur. Hava sıcaklığı -32,5°C ile +40,7°C arasında seyreder. İl topraklarının % 39'u ekili dikili alanlar, % 41'i çayır ve meralarla kaplıdır. % 11'i ise tarıma elverişsiz alanlardır. Doğal bitki örtüsünün hakim karakteri steptir. Toprak yapısı bölge içerisinde çok farklılık göstermektedir. 1. sınıf arazi 40.115 ha, 2. sınıf arazi 112.475 ha, 3. sınıf arazi 200.305 ha, 4. sınıf arazi 193.326 ha, 5. sınıf arazi 3.309 ha, 6. sınıf arazi 210.641 ha, 7. sınıf arazi 75.382 ha ve 8. sınıf arazi 164.769 ha'dır (Anonim 2012).



Şekil 3.1 Çalışma alanı

Çizelge 3.1 Deneme alanı başlangıç toprak özellikleri

pH	EC (dS/m)	Bünye	Organik Madde (%)
9.08	0.61	Kumlu killi tın	1.02



Şekil 3.2 Mera alanının ıslah çalışmaları öncesi hali

Denemede kullanılan kentsel arıtma çamurunun azot, fosfor ve ağır metal analizleri KASKİ laboratuvarında yapılmıştır. Kullanılmış olan arıtma çamuru % 74 organik madde içermekte ve ağır metal içeriği her bir ağır metal için Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (TKKY)'ne göre toprakta kullanılabilecek stabilize arıtma çamurunda olması gereken sınır değerlerinin altındadır (Çizelge 3.2) (Anonim 2005). İnorganik gübre dozları fosfor için DAP (diamonyum fosfat) ve azot için $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (amonyum sülfat) gübrelerinden hesaplanmıştır.

Çizelge 3.2 Kullanılan artıma çamurunun ağır metal içerikleri ve sınır değerler

Ağır Metal (Toplam)	Kullanılan Arıtma Çamuru (mg/kg)	Sınır Değerler (mg/kg)
Kurşun	203	1200
Kadmiyum	0.742	40
Krom	713	1200
Bakır	367	1750
Nikel	295	400
Çinko	1448	4000
Civa	0.256	25
Azot	34979	-
Fosfor	23402	-

3.2 Yöntem

Toprak örneklerinin alındığı mera alanındaki deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Sıra aralığı 24 cm olup her parsel 5 m uzunluğunda ve 3 m genişliğindedir. Denemede ekim öncesi yüzeysel toprak işleme yapılmıştır. Kimyasal gübre ve kentsel artıma çamuru dozları parsellere homojen olarak uygulanmış ve tırmıkla toprağa karıştırılmıştır. Hektara; 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 ve 0.25 t N hesabına göre deneme parselleri oluşturulmuştur. İnorganik gübre uygulanan parsellere verilen fosfor miktarı arıtma çamurunun fosfor kapsamına göre hesaplanmıştır. Deneme alanına ilk gübre ve arıtma çamuru uygulaması 2009 yılında, son uygulama ise 2011 yılında yapılmıştır. Deneme alanı, deneme başlangıcından itibaren yağmurlama sulama ile sulanmıştır.

Çizelge 3.3 Uygulanan arıtma çamuru ve kimyasal gübre dozları

Uygulanan arıtma çamuru ve kimyasal gübre dozları
N₁P₁: Yıllık 0.05 t ha ⁻¹ N + 0.077 t ha ⁻¹ P ₂ O ₅ uygulaması
N₂P₂: Yıllık 0.10 t ha ⁻¹ N + 0.153 t ha ⁻¹ P ₂ O ₅ uygulaması
N₃P₃: Yıllık 0.15 t ha ⁻¹ N + 0.23 t ha ⁻¹ P ₂ O ₅ uygulaması
N₄P₄: Yıllık 0.20 t ha ⁻¹ N + 0.307 t ha ⁻¹ P ₂ O ₅ uygulaması
N₅P₅: Yıllık 0.25 t ha ⁻¹ N + 0.384 t ha ⁻¹ P ₂ O ₅ uygulaması
AÇ₁: Yıllık 1.69 t ha ⁻¹ arıtma çamur uygulaması
AÇ₂: Yıllık 3.37 t ha ⁻¹ arıtma çamur uygulaması
AÇ₃: Yıllık 5.06 t ha ⁻¹ arıtma çamur uygulaması
AÇ₄: Yıllık 6.68 t ha ⁻¹ arıtma çamur uygulaması
AÇ₅: Yıllık 8.43 t ha ⁻¹ arıtma çamur uygulaması
AÇ₁₁₁: Toprak hazırlığı esnasında 3 yıllık toplam 5.06 t ha ⁻¹ arıtma çamur uygulaması
AÇ₂₂₂: Toprak hazırlığı esnasında 3 yıllık toplam 10.12 t ha ⁻¹ arıtma çamur uygulaması
AÇ₃₃₃: Toprak hazırlığı esnasında 3 yıllık toplam 15.17 t ha ⁻¹ arıtma çamur uygulaması
AÇ₄₄₄: Toprak hazırlığı esnasında 3 yıllık toplam 20.03 t ha ⁻¹ arıtma çamur uygulaması
AÇ₅₅₅: Toprak hazırlığı esnasında 3 yıllık toplam 25.29 t ha ⁻¹ arıtma çamur uygulaması
AÇ₁: 1.69 t ha ⁻¹ ; AÇ₂: 3.37 t ha ⁻¹ ; AÇ₃: 5.06 t ha ⁻¹ ; AÇ₄: 6.68 t ha ⁻¹ ; AÇ₅: 8.43 t ha ⁻¹ ; AÇ₁₁₁: 5.06 t ha ⁻¹ ; AÇ₂₂₂: 10.12 t ha ⁻¹ ; AÇ₃₃₃: 15.17 t ha ⁻¹ ; AÇ₄₄₄: 20.03 t ha ⁻¹ ; AÇ₅₅₅: 25.29 t ha ⁻¹ ; N₁P₁: 0.05 t ha ⁻¹ ; N₂P₂: 0.10 t ha ⁻¹ ; N₃P₃: 0.15 t ha ⁻¹ ; N₄P₄: 0.20 t ha ⁻¹ ; N₅P₅: 0.25 t ha ⁻¹

Çizelge 3.4 Deneme alanında kullanılan bitki karışımları

Deneme alanında kullanılan bitki karışımları
Yonca; karışımdaki oranı dekara % 40 olacak şekilde,
Domuz ayrığı; karışımdaki oranı dekara % 15 olacak şekilde,
Kılçıksız brom; karışımdaki oranı dekara % 15 olacak şekilde,
Kırmızı yumak; karışımdaki oranı dekara % 15 olacak şekilde,
Kamışsı yumak; karışımdaki oranı dekara % 15 olacak şekilde.

3.2.1 Toprak örneklerinin alınması

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri 2009-2011 yılları arasında farklı dozlarda arıtma çamuru ve kimyasal gübre uygulanmış araştırma amaçlı kurulmuş Yeşilhisar suni mera alanına ait deneme parsellerinden alınmıştır (Şekil 3.3). Materyal olarak kullanılan toprak örnekleri 0-10 cm toprak derinliğinden her parselden yaklaşık 5 kg olmak üzere toplam 51 noktadan 250 kg civarında 21.04.2012 tarihinde alınarak laboratuvarında muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.3 Toprak örneklerinin alınması

3.2.2 Agregat dağılımının belirlenmesi

Toprak örneklerinin agregat dağılım durumlarının ortaya konması amacıyla, alınan örnekler ezilmeden hava kuru duruma getirilerek doğal durumdaki kuru toprak örneklerinde kuru agregat dağılımları (DAD, Kuru Agregat Dağılımı) belirlenmiştir (3.1). Kuru eleme işleminde “Endecotts Octagon Digital” model kuru eleme aleti kullanılmıştır (Şekil 3.4). Örneklerin agregat dağılımlarını belirlemek amacıyla kullanılan elek çapları; 8, 5, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 ve 0.063 mm’ dir.

$$\sum_{i=1}^i DAD_i = \frac{m_i}{A} \times 100 \quad (3.1)$$

DAD_i : i. elek çapı için hesaplanan agregat büyüklüğü (%)

m_i : i. elek üzerinde kalan örnek miktarı (g)

A: : Deney örneğinin toplam ağırlığı (g)



Şekil 3.4 Endecotts Octagon Digital Model Kuru Eleme Aleti

3.2.3 Islak eleme yöntemleriyle agregat dayanım testleri

Farklı özellikte toprakların agregat dayanımlarını karşılaştırabilmek için bir değer ile temsil edilmesi gerekmektedir (Saygın 2013). Bu tez kapsamında farklı uygulamalara tabi tutulan toprakların agregat dayanımları; Kemper ve Rosenau (1986) tarafından önerilen yöntemle göre agregat dayanımı ve Yoder (1936), De Leenheer ve De Boodt (1959) ve Kemper ve Rosenau (1986)' nun yöntemlerinin hem yöntemsel hem de sistematik olarak modifikasyonu ile tasarlanan ıslak eleme aleti yardımı ile ortalama ağırlık çap (OAÇ) değeri belirlemeleri olmak üzere iki yöntem kullanılarak değerlendirilmiştir.

3.2.3.1 Tek elek kullanılarak agregat dayanımının belirlenmesi

Kemper ve Rosenau (1986) tarafından önerilen ve tek elek çapı ile değerlendirme yaparak topraklar için bir dayanımlılık indis değeri veren yöntem kullanılarak agregat dayanımı değerlendirilmiştir. Bu yöntemde toprak örneklerinin başlangıçta su, sonrasında çözücü bir madde içerisinde elenmesi sonucu dayanıklılığı değerlendirilmektedir. Başlangıçta 1 ile 2

mm elek çapları arasında elenmiş hava kurusu toprak örnekleri 0.25 mm çaplı ıslak eleme aletine yerleştirilmiştir (şekil 3.5). Agregatlar su zerrecikleri serpiştirilerek ıslak eleme öncesinde ıslatılmış, elekler alete yerleştirilerek alttaki metal kaplar saf su ile doldurulmuş ve dakikada 34 kez 1.3 cm darbe mesafesinde dikey yönde salınım yapan düzenekte 3 dakika süreyle ıslak eleme gerçekleştirilmiştir. Eleme sona erdiğinde, alta yerleştirilen su dolu hazneye gelen toprak materyali alınarak fazla su buharlaştırılarak ortamdan uzaklaştırılmış ve örnekler hava kuru duruma getirilmiştir. Toprak pH' sına göre deney iki ayrı işlem ile devam etmektedir. Toprak rnekleri pH derecelerine bağlı olarak ya Na-Hekza-Meta-P (pH > 7) ya da NaOH (pH < 7) ile işleme tutulur. Tekrar düzenek yardımıyla, 3 dakikalık eleme sonucunda elek üstünde kalan toprak materyalinin hazırlanan çözelti içerisinde elenmesi işlemine devam edilir. Kümeleşme tamamen ortadan kalktığında ve kum taneleri ve bitki kökleri açığa çıktığında deney düzeneği durdurularak metal kaplara toplanan toprak materyalinin hava kuru duruma gelmesi sağlanmış ve dayanıklı agregatlar belirlenmiştir (3.2).

$$AD = \frac{mb}{ma + mb} \quad (3.2)$$

AD : Agregat dayanımlılık indisi

ma : Suda znen toprak miktarı

mb : Dağıtıcı zeltide (Toprak pH sına bağlı olarak; Na-Hekza-Meta-P (pH>7) ya da NaOH (pH<7) znen toprak miktarı



Şekil 3.5 Tek elek çapı kullanılan ıslak eleme aleti

3.2.3.2 Çoklu elek kullanılarak ortalama ağırlık çapının belirlenmesi

Yoder (1936), De Leenheer ve De Boodt (1959) ve Kemper ve Rosenau (1986)'nın yöntemlerinin hem yöntemsel hem de sistematik olarak modifikasyonu ile tasarlanan ıslak eleme aleti (8, 5, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 ve 0.063 mm olmak üzere 8 farklı elek açıklığı bulunan) yardımıyla toprak örneklerin ortalama ağırlık çap (mm) değerleri belirlenir (Saygın vd. 2012, Saygın 2013). Kuru eleme ile elenmiş 8 mm' den küçük 5 mm' den büyük agregatlardan 5 g tartılarak 5 mm çapındaki elek üzerine yerleştirilmiş ve agregatlar su zerrecikleri serpiştirilerek ıslak eleme öncesinde ıslatılmıştır. 5 dakika boyunca ıslak eleme gerçekleştirilmiştir. Eleme sonrasında her bir eleğin üzerinde kalan agregatlar kurutularak OAÇ değerleri hesaplanmıştır (3.3).

$$OAC = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} m_i \times d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i} \quad (3.3)$$

- i : elek çap sınıflar
n : deneyde kullanılan toplam elek sayısı
m_i : elek üzerinde kalan örnek miktarı
d_i : elek apı



Şekil 3.6 Farklı elek ıklıkları kullanılarak ıslak eleme yapılan eleme aleti

3.2.4 Organik madde kapsamı

Toprak rneklerinin organik madde kapsamları kuru eleme ile 8, 5, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 ve 0.063 mm olmak üzere her bir elek çapından elde edilen topraklarda, değiştirilmiş Walkley-Black (Nelson ve Sommers 1982) yöntemine göre belirlenmiştir.



Şekil 3.7 Organik madde analizi

3.2.5 İstatistiksel analizler

Araştırma sonucu elde edilen bulgular, SAS (Anonymous 1999) programından yararlanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Hesaplanan ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığı Duncan testi ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Kuru Agregat Dağılım Değerleri

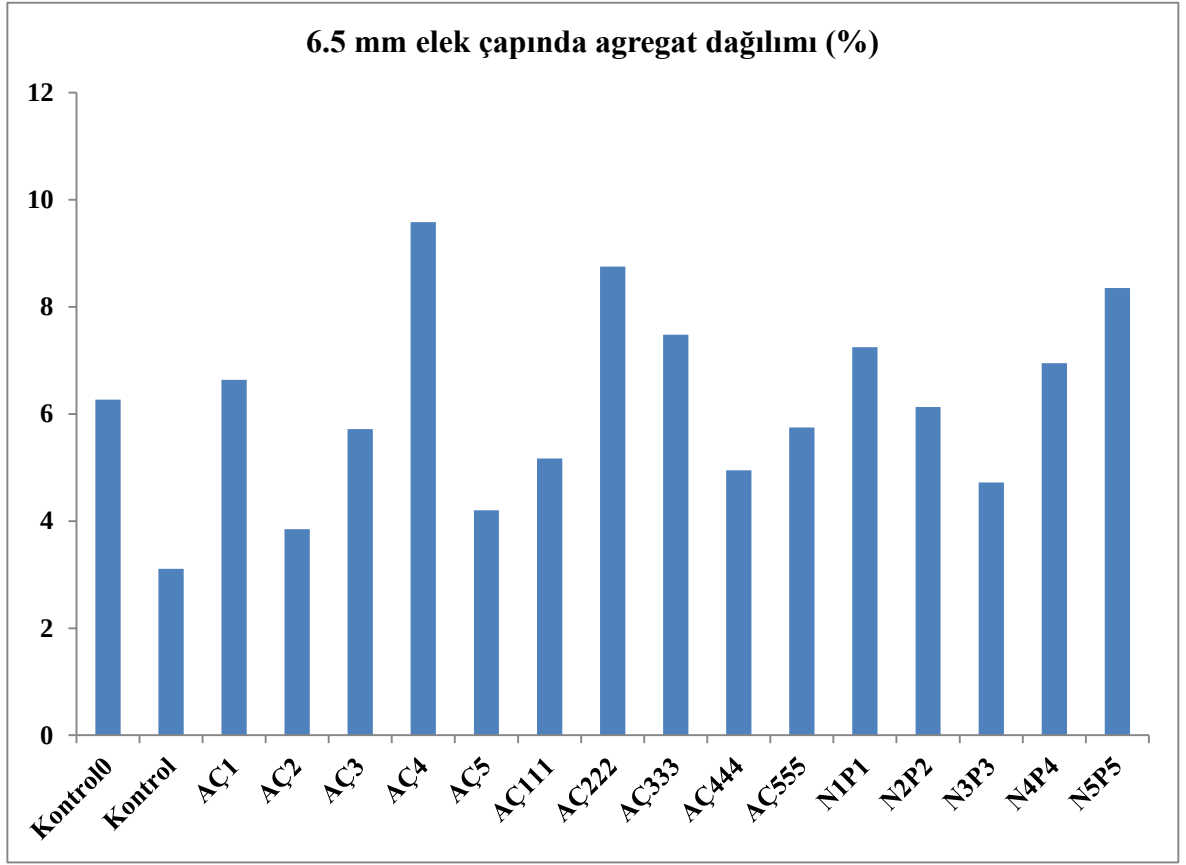
Toprakların kuru agregat dağılımları “Endecotts, Octagon Digital” marka eleme cihazı ve standart elekler ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol₀ toprağı 3 yıl boyunca herhangi bir bitki veya arıtma çamurunun uygulanmadığı toprak örneğini temsil etmektedir. Uygulanan arıtma çamuru ve kimyasal gübre dozlarının toprakların kuru agregat dağılımı üzerine etkileri farklı agregat boyutlarında farklı oranlarda olmuştur. Yapılan her bir uygulama her bir elek boyutunda toprakların kuru agregat dağılımını istatistiksel açıdan önemli seviyede etkilemiştir ($p<0.01$) (Çizelge 4.1). Ancak aynı elek çapında yapılan her bir uygulamanın etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.1 Toprakların kuru agregat dağılımları

Uygulamalara Göre Agregat Dağılımları (%)									
	6.5	4.5	3	1.5	0.75	0.375	0.1875	0.094	
Kontrol₀	6.27c	4.42c	15.90b	28.11a	23.14a	12.71b	6.31c	3.14c	**
Kontrol	3.11d	2.65d	11.32c	24.36ab	24.18a	17.61b	11.34c	5.43d	**
AÇ₁	6.64cd	5.04d	14.29abc	23.77a	20.45a	15.36ab	9.88bcd	4.57d	**
AÇ₂	3.85d	2.92d	12.79bc	26.99a	23.46a	15.81b	9.53c	4.64d	**
AÇ₃	5.72c	4.48c	14.81b	25.18a	22.33a	14.95b	8.56c	3.97c	**
AÇ₄	9.58de	5.70ef	16.80bc	25.24a	19.77ab	12.23cd	6.95def	3.73f	**
AÇ₅	4.20c	2.64c	11.57bc	24.79a	23.41a	17.42ab	11.30bc	4.67c	**
AÇ₁₁₁	5.17cd	3.98d	14.74b	26.84a	22.95a	14.64b	7.86c	3.82d	**
AÇ₂₂₂	8.75cd	6.87de	20.10b	27.23a	18.55b	9.97c	5.24ef	3.29f	**
AÇ₃₃₃	7.48bc	5.05c	12.79b	30.91a	20.85a	12.45b	6.87bc	3.60c	**
AÇ₄₄₄	4.95de	3.23e	11.85bc	25.33a	23.99a	16.20b	9.58cd	4.87de	**
AÇ₅₅₅	5.75d	4.63d	18.07b	29.95a	20.12b	11.43c	6.41d	3.64d	**
N₁P₁	7.25e	5.67e	17.34c	26.95a	21.51b	11.89d	6.10e	3.29f	**
N₂P₂	6.13e	4.50ef	15.69c	27.39a	23.46b	13.22d	6.52e	3.09f	**
N₃P₃	4.72e	4.42e	15.64c	29.74a	22.94b	12.63d	6.28e	3.63e	**
N₄P₄	6.95cd	5.2cd	18.62b	27.71a	18.83ab	12.14bc	6.86cd	3.69d	**
N₅P₅	8.35cd	5.78cd	18.48b	27.97a	20.23ab	11.11c	5.64cd	2.44d	**

AÇ₁: 1.69 t ha⁻¹; AÇ₂: 3.37 t ha⁻¹; AÇ₃: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₄: 6.68 t ha⁻¹; AÇ₅: 8.43 t ha⁻¹; AÇ₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; AÇ₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; AÇ₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; AÇ₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

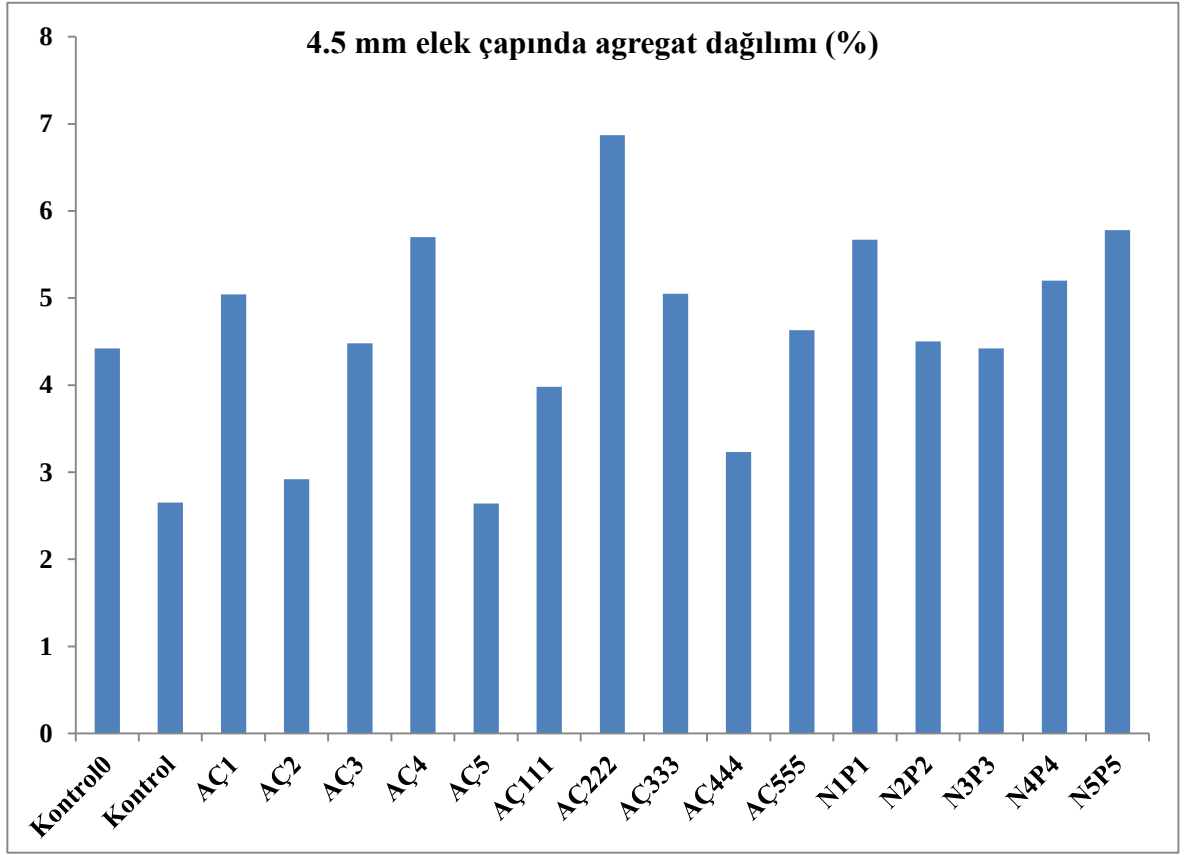
** : $p < 0.01$ düzeyinde önemli



Şekil 4.1 Uygulamalara göre ortalama 6.5 mm elek çapında agregat dağılımı

AÇ₁: 1.69 t ha⁻¹; AÇ₂: 3.37 t ha⁻¹; AÇ₃: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₄: 6.68 t ha⁻¹; AÇ₅: 8.43 t ha⁻¹; AÇ₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; AÇ₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; AÇ₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; AÇ₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

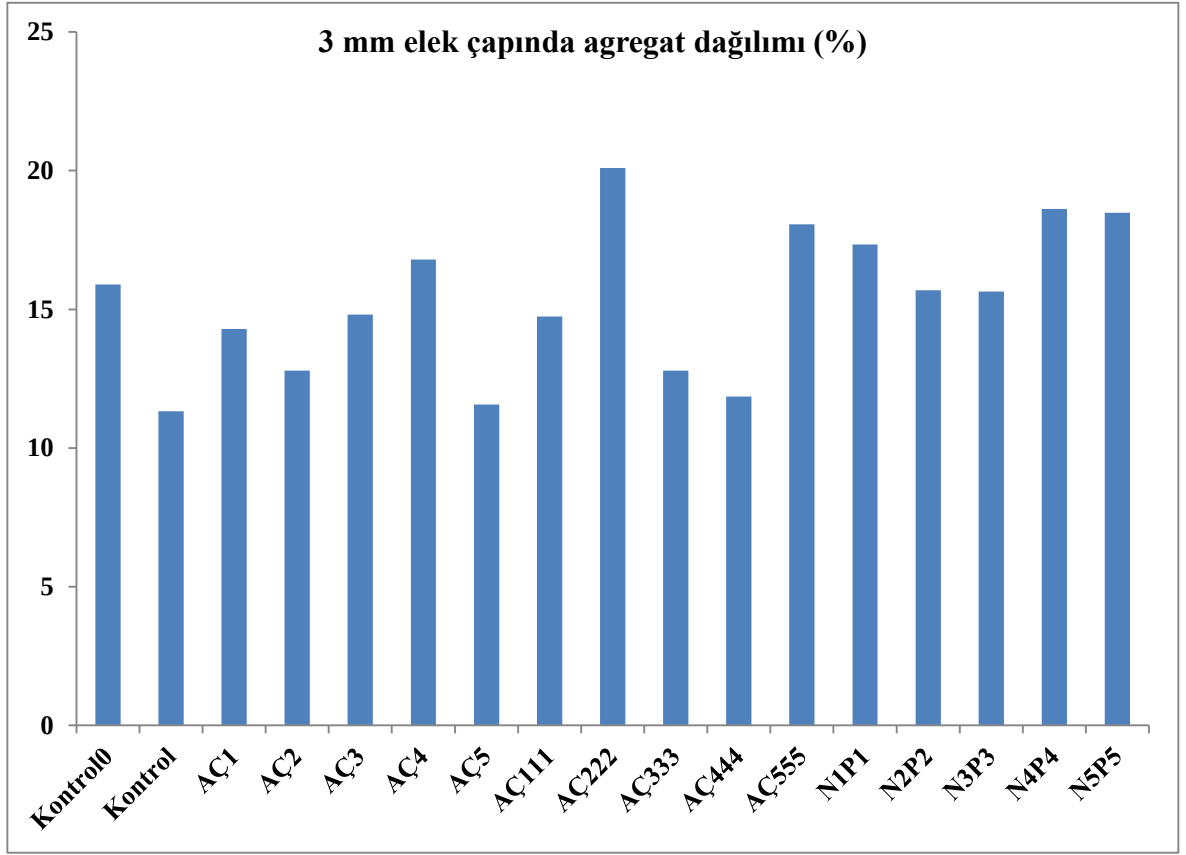
Şekil 4.1’de görüleceği gibi 6.5 mm çapında ki agregatların oluşumu üzerine en iyi etki % 9.58 ile arıtma çamuru dozlarının her yıl ayrı ayrı verildiği uygulamalardan olan AÇ₄ (6.68 t ha⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. En dūřuk değer ise % 3.11 ile herhangi bir çamur ya da kimyasal gūbre uygulaması yapılmayan sadece bitki karışımı olan Kontrol toprağında gözlenmiştir.



Şekil 4.2 Uygulamalara göre ortalama 4.5 mm elek çapında agregat dağılımı

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

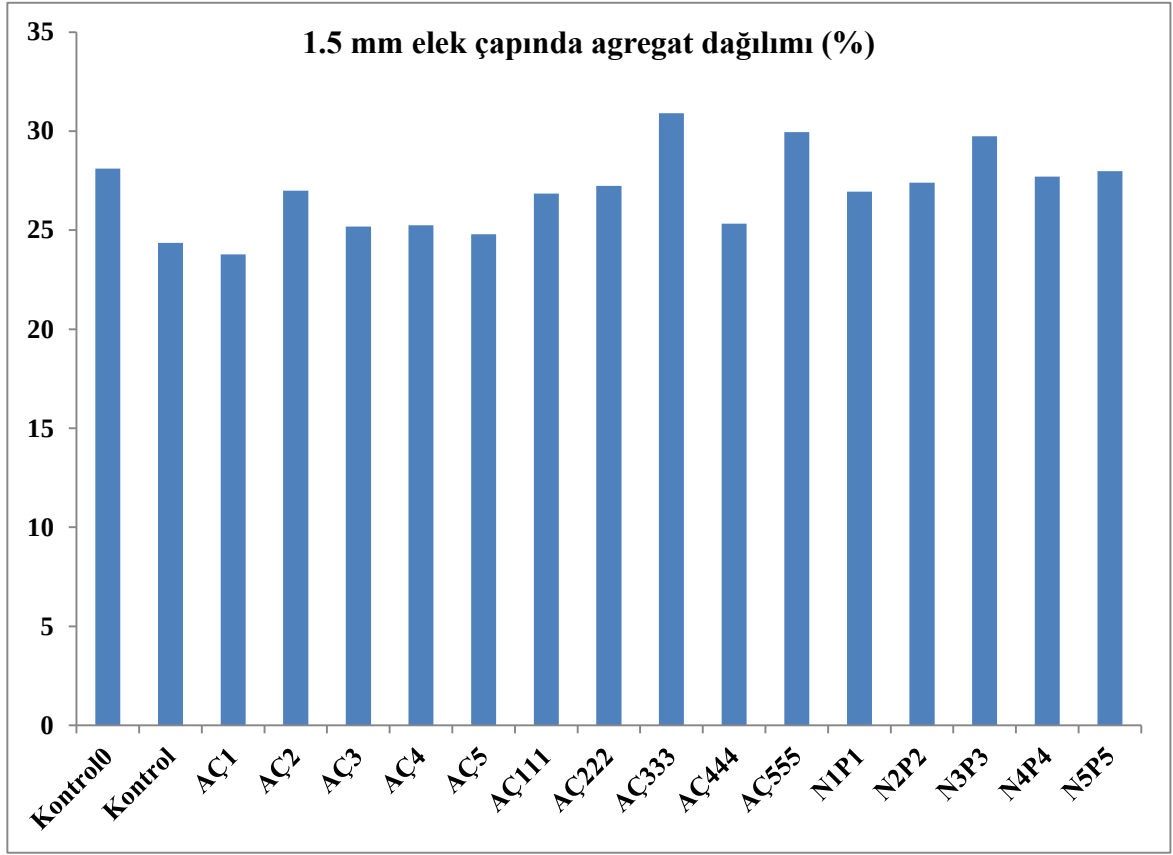
Şekil 4.2'ye bakıldığında 4.5 mm çapındaki agregatların oluşumu üzerine en iyi etki % 6.87 ile arıtma çamurunun toplam miktarının toprak hazırlığı esnasında toptan verildiğı A₂₂₂ (10.12 t ha⁻¹ arıtma çamuru) uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise % 3.11 ile herhangi bir çamur ya da kimyasal gübre uygulaması yapılmayan sadece bitki karışımı olan Kontrol toprağında gözlenmiştir.



Şekil 4.3 Uygulamalara göre ortalama 3 mm elek çapında agregat dağılımı

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

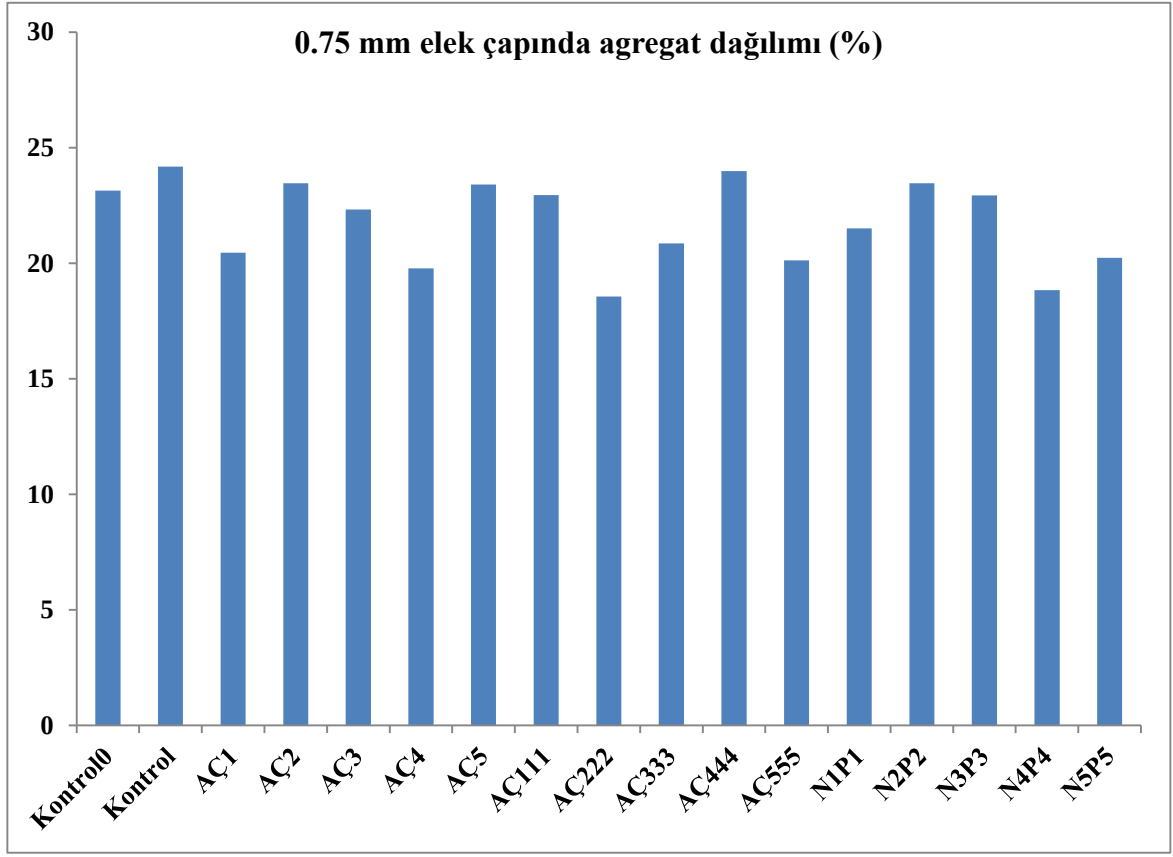
Şekil 4.3’de görüldüğü gibi 3 mm çapındaki agregat oluşumu üzerine en iyi etki % 20.16 ile arıtma çamurunun toplam miktarının toprak hazırlığı esnasında toptan verildiği A₂₂₂ (10.12 t ha⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değeri ise yine herhangi bir çamur ya da kimyasal gübre uygulaması yapılmayan sadece bitki karışımı olan Kontrol toprağında gözlenmiştir.



Şekil 4.4 Uygulamalara göre ortalama 1.5 mm elek çapında agregat dağılımı

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

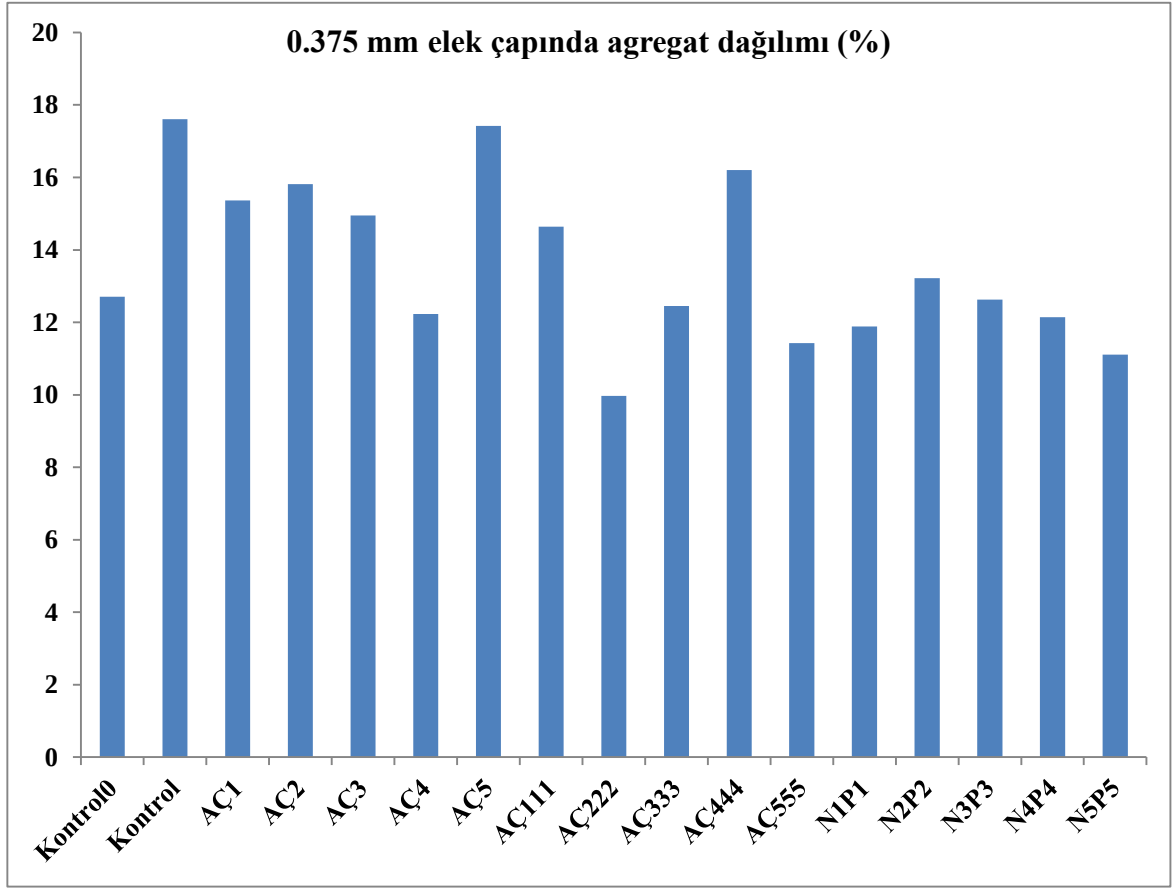
Şekil 4.4 incelendiğinde; 2 mm' den küçük çaptaki toprak agregatlarının (2 ile 1 mm arası) oluşumu üzerine en iyi etki % 24.60 ile arıtma çamurunun toplam miktarının toprak hazırlığı esnasında toptan verildiği A₃₃₃ (15.17 t ha⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise % 20.82 ile Kontrol grubunda gozlenmiştir.



Şekil 4.5 Uygulamalara göre ortalama 0.75 mm elek çapında agregat dağılımı

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

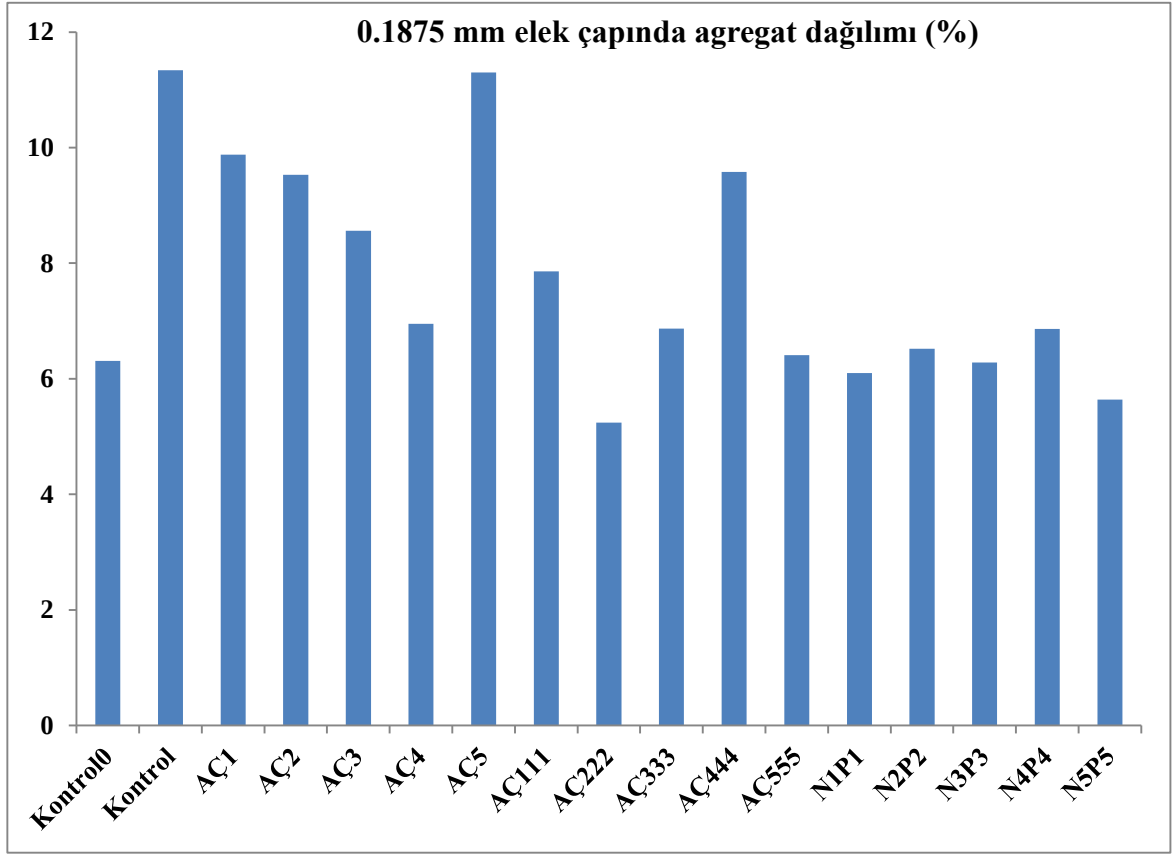
Şekil 4.5 incelendiğinde, 1- 0.5 mm boyutundaki agregatların oluşumu üzerine A₂₂₂ (10.12 t ha⁻¹) etkisinin düşük olduğu g r lmektedir.  zbek vd. (1993), organik materyal uygulamalarının yüzey topraklarının agregatlaşmasında büyük etkisinin olduğunu ve uzun süreli organik gübreleme ile özellikle büyük agregatların (> 0.5mm) oranının artacağını bildirmişlerdir.



Şekil 4.6 Uygulamalara göre ortalama 0.375 mm elek çapında agregat dağılımı

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

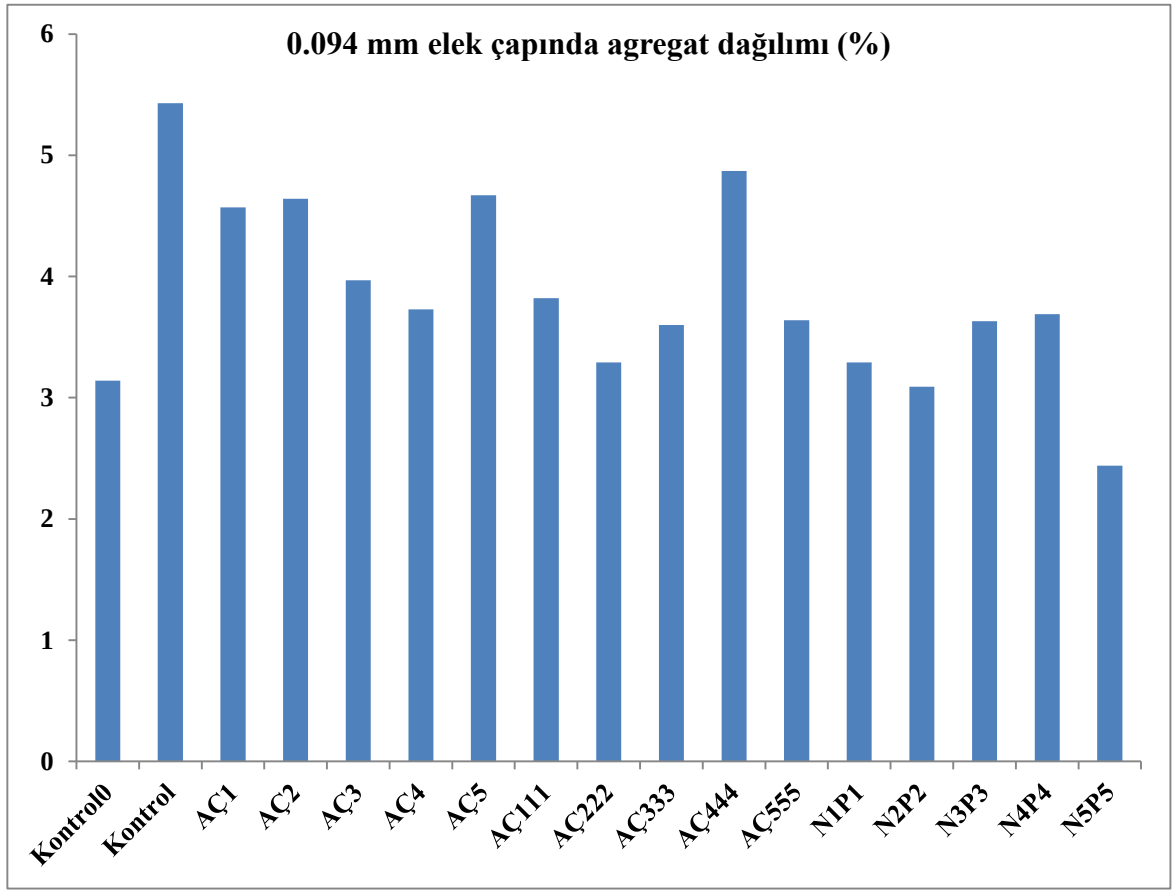
Şekil 4.6’da uygulamaların 0.5 - 0.25 mm boyutundaki toprak agregatlarının oluşumu üzerine etkisi görülmektedir. 0.5 - 0.25 mm çaplarındaki toprak agregatlarının oluşumu üzerine en iyi etki % 17.61 ile herhangi arıtma çamuru veya kimyasal übre uygulanmayan, sadece bitki karışımı yetiştirilen Kontrol uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise % 20.82 ile A₂₂₂ grubunda gözlenmiştir.



Şekil 4.7 Uygulamalara göre ortalama 0.1875 mm elek çapında agregat dağılımı

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

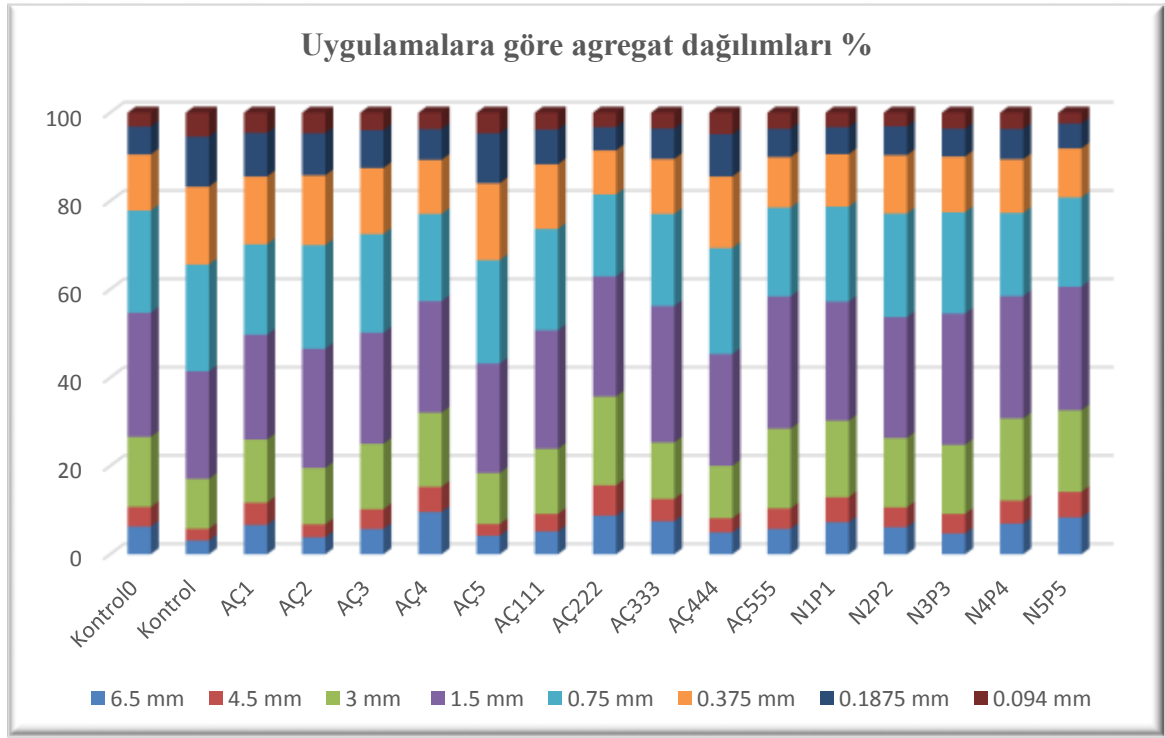
Şekil 4.7’de uygulamaların 0.25 - 0.125 mm boyutundaki toprak agregatlarının oluşumu üzerine etkileri görülmektedir. Bu çaptaki toprak agregatlarının oluşumu üzerine en iyi etki % 11.34 ile Kontrol grubu topraklarından elde edilirken en düşük etki A₂₂₂ grubu topraklarından elde edilmiştir.



Şekil 4.8 Uygulamalara göre ortalama 0.094 mm elek çapında agregat dağılımı

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

Şekil 4.8’de uygulamaların 0.125 - 0.063 mm boyutundaki agregat oluşumu üzerine etkileri görülmektedir. 0.125 - 0.063 mm boyutundaki agregat oluşumu üzerine en yüksek etki Kontrol grubu topraklarından elde edilmiş olup en düşük etki ise % 2.44 ile N₅P₅ grubu topraklarından elde edilmiştir.



Şekil 4.9 Uygulamalara göre kuru agregat dağılımı

$AÇ_1$: 1.69 t ha⁻¹; $AÇ_2$: 3.37 t ha⁻¹; $AÇ_3$: 5.06 t ha⁻¹; $AÇ_4$: 6.68 t ha⁻¹; $AÇ_5$: 8.43 t ha⁻¹, $AÇ_{111}$: 5.06 t ha⁻¹;
 $AÇ_{222}$: 10.12 t ha⁻¹; $AÇ_{333}$: 15.17 t ha⁻¹; $AÇ_{444}$: 20.03 t ha⁻¹; $AÇ_{555}$: 25.29 t ha⁻¹, N_1P_1 : 0.05 t ha⁻¹; N_2P_2 : 0.10 t
 ha⁻¹; N_3P_3 : 0.15 t ha⁻¹; N_4P_4 : 0.20 t ha⁻¹; N_5P_5 : 0.25 t ha⁻¹

4.2 Agregat Dayanım Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Agregat dayanımına ait varyans analiz sonuçları çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2’ye göre arıtma çamuru ve kimyasal gübre uygulamalarının agregat dayanımı üzerine etkisinin istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.2 Agregat dayanımına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon	Serbestlik	Kareler	Kareler	F-Değeri
Kaynakları	Derecesi	Toplamı	Ortalaması	
Uygulama	16	0.28	0.02	4.12**
Hata	34	0.15	0.004	
Genel	50	0.43		

Ortalama ağırlık çapına ait varyans analiz sonuçları çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelge 4.3’e göre arıtma çamuru ve kimyasal gübre uygulamalarının OAÇ üzerine etkisinin istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 Ortalama ağırlık çapına ait varyans analiz tablosu

Varyasyon	Serbestlik	Kareler	Kareler	F-Değeri
Kaynakları	Derecesi	Toplamı	Ortalaması	
Uygulama	16	8.74	0.55	8.70**
Hata	34	2.14	0.06	
Genel	50	10.88		

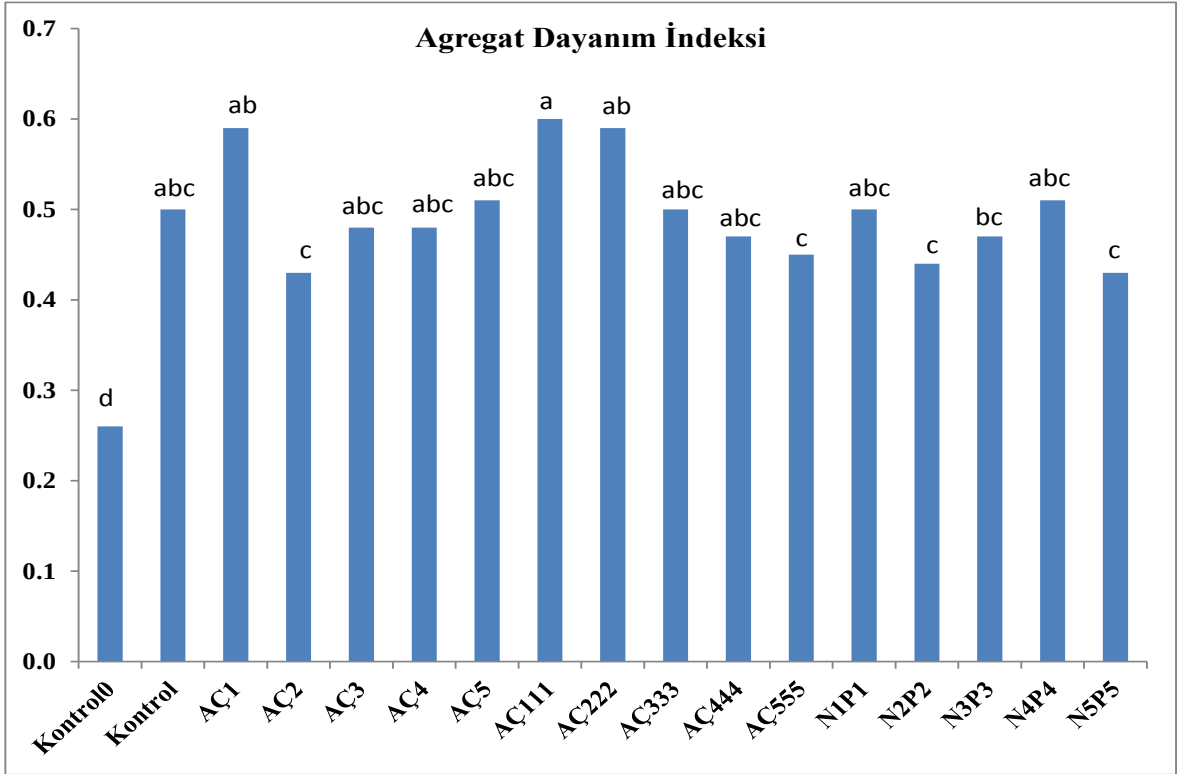
Çizelge 4.4 Agregat dayanımı ve ortalama ağırlık çapı değerleri

Uygulama	Agregat Dayanımı İndeksi	Ortalama Ağırlık Çapı	
	(AD)	(OAÇ, mm)	
Kontrol₀	0.26d	0,86 h	**
Kontrol	0.50abc	1,06 gh	**
AÇ₁	0.59ab	1,08 gh	**
AÇ₂	0.43c	1,11 fgh	**
AÇ₃	0.48abc	1,24 efgh	**
AÇ₄	0.48abc	1,45 cdefg	**
AÇ₅	0.51abc	1,93 ab	**
AÇ₁₁₁	0.60a	1,57 bcdef	**
AÇ₂₂₂	0.59ab	1,69 bcde	**
AÇ₃₃₃	0.50abc	2,20 a	**
AÇ₄₄₄	0.47abc	2,18 a	**
AÇ₅₅₅	0.45c	0,83 h	**
N₁P₁	0.50abc	1,37 defg	**
N₂P₂	0.44c	1,60 bcde	**
N₃P₃	0.47bc	1,46 bcdefg	**
N₄P₄	0.51abc	1,80 abcd	**
N₅P₅	0.43c	1,90 abc	**

AÇ₁: 1.69 t ha⁻¹; AÇ₂: 3.37 t ha⁻¹; AÇ₃: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₄: 6.68 t ha⁻¹; AÇ₅: 8.43 t ha⁻¹; AÇ₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; AÇ₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; AÇ₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; AÇ₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

***: p<0.01 düzeyinde önemli*

Toprakların agregat dayanımlarını belirlemek amacıyla 2 farklı yöntem uygulanmıştır. Yöntem 1’de sonuçlar agregat dayanımı indeksi olarak belirlenirken Yöntem 2’de ortalama ağırlık çapı (mm) olarak belirlenmiştir. Kontrol₀ toprağında AD indeksi 0.26 olarak hesaplanırken, Kontrol toprağında 0.50 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.10 Uygulamalara göre agregat dayanım indeksi

AÇ₁: 1.69 t ha⁻¹; AÇ₂: 3.37 t ha⁻¹; AÇ₃: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₄: 6.68 t ha⁻¹; AÇ₅: 8.43 t ha⁻¹; AÇ₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; AÇ₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; AÇ₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; AÇ₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

Kontrol parselinde sadece baklagil ve buğdaygil bitki karışımı uygulanmış olup herhangi bir arıtma çamuru uygulaması yapılmamasına rağmen Kontrol₀ toprağına göre artan bir agregat dayanımı belirlenmesinin sebebinin gelişen toprak altı ve toprak üstü biyokütle artışı ile kümeleşmenin teşvik edilmesi olduğu düşünülmektedir. En yüksek AD indeks değeri 0.60 ile toprak hazırlığı esnasında üç yıllık toplam 5.06 t ha⁻¹ arıtma çamuru

uygulanmış olan AÇ₁₁₁ uygulamasından elde edilmiştir. Topraklara organik madde ilavesi sonucu hacim ağırlığının azaldığı ve agregat dayanımının arttığı birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Guerra 1994, Aggelides ve Londra 1999, Tsadilas vd. 2005, Angın ve Yağanoğlu 2011, Mosavi vd. 2012). Denemede kullanılan arıtma çamuru dozları literatürde kullanılan dozlardan çok daha düşüktür (Sort ve Alcaniz 1998, Delibacak vd. 2009, Sandoval vd. 2011, Sandoval vd. 2012).

Karışım yetiştirme meraların iyileştirilmesinde ürün kalitesini arttırmanın bir yoludur (Amraei vd. 2012). Karışım yetiştirme üründe verim ve kalite artışı sağlamasının yanında kaynakların daha etkili kullanımı, yabancı otlarla mücadele ve bitkilerin yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürmelerine katkı sağlamaktadır (Hauggaard-Nielsen vd. 2003, Jensen vd. 2006). Baklagiller hayvanlar için iyi bir besin kaynağı olması yanında güçlü kökleri ve köklerindeki *Rhizobium* bakteriler sayesinde topraktaki besin maddesi içeriğini ve mikrobiyal faaliyetleri arttırmaktadır (West ve Wdine 1985, Jensen 2006, Tripolskaja vd. 2008). Karışım yetiştirme ile baklagillerin simbiyotik yaşam ile toprağa bağladıkları azottan buğdaygil bitkilerinin yararlanması da mümkündür (İbrahim ve Kabesh 1971). Buğdaygiller baklagillere nazaran yabancı otlarla mücadelede daha etkili (Lemerle vd. 2001, Mohler, 2001) olmaları yanında birim alandan yüksek kuru madde üretimi ve düşük maliyetlidirler. (Ghanbari-Bonjar 2000, Eskandari 2009). Buğdaygiller çiftlik hayvanları için iyi bir enerji kaynağı olurken baklagiller ise yüksek protein oranına sahiptirler (Gebrehiwot vd. 1996, Eskandari 2009). Bu sayede hayvanların daha sağlık beslenmeleri ve hayvansal ürünlerin artışı için üretilen yemlerde lezzetlilik, yem tüketimi, sindirilebilirlik, besin içeriği ve hayvan performansı arttırılmaktadır. Bu proje kapsamında ekilen bitki karışımlarında artan arıtma çamuru ve azotlu kimyasal gübre dozlarında buğdaygil bitkilerinin baklagil bitkilerini bastırdığı ve buğdaygillerin gelişiminin daha iyi olduğu bildirilmiştir (Uzun vd. 2013). Agregat dayanımının artan dozlara oranla kontrol toprağında daha yüksek olması bu parselde yetişen baklagil bitkilerinin daha fazla gelişimi ile de ilişkilendirilebilir.

Bu çalışma kapsamında incelenen topraklar “Farklı Özellikteki Bozulmuş Meralarda Kentsel Arıtma Çamuru ve İnorganik Gübre Uygulamalarının Mera Verimi ve Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri” isimli TÜBİTAK projesi kapsamında kurulan deneme alanından proje bittikten bir sene sonra alınmıştır. Örneklerin alındığı yıl herhangi bir uygulama yapılmamış olup mera alanı deneme bitiminde muhafaza edilmiştir. Yapılan literatür çalışmaları organik materyal uygulamalarının toprak özelliklerini belli bir süreye kadar iyileştirdiği ancak bu etkinin organik materyalin kaynağına da bağlı olmak koşulu ile en fazla bir yıl olduğunu, bir yıldan sonra hızla azaldığını bildirmektedir (Tisdall ve Oades 1982, Sort ve Alcaniz 1998).

Kontrol₀ toprağında OAÇ değeri 0.86 mm’ dir. En yüksek OAÇ değeri ise 2.20 mm ile üç yıllık toplam 15.17 t ha⁻¹ arıtma çamuru uygulanan AÇ₃₃₃ toprağından hesaplanmıştır. Arıtma çamurunun her yıl uygulandığı örneklerde uygulama dozunun artışına bağlı olarak OAÇ değeri artmış ve en düşük OAÇ değeri 1.08 ile AÇ₁ uygulamasından, en yüksek değer ise 1.93 ile AÇ₅ uygulamasından elde edilmiştir. Arıtma çamurunun üç yıllık miktarının toprak hazırlığı esnasında toptan verildiği uygulamalarda OAÇ değeri AÇ₃₃₃ uygulamasında kadar artmış ve bu dozlardan sonra artan uygulama miktarına bağlı olarak azalmıştır. Kimyasal gübre uygulamalarında ise en düşük OAÇ değeri 1.37 ile N₁P₁ uygulamasından, en yüksek değer ise N₅P₅ uygulamasından elde edilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında kullanılan yöntemler, yapılan uygulamaların agregat dayanımına olan etkilerini değerlendirmede benzer sonuçlar göstermektedir. Her iki yöntemde de yapılan uygulamalar agregat dayanımı üzerine $p<0.01$ seviyesinde önemli etkide bulunmuştur.

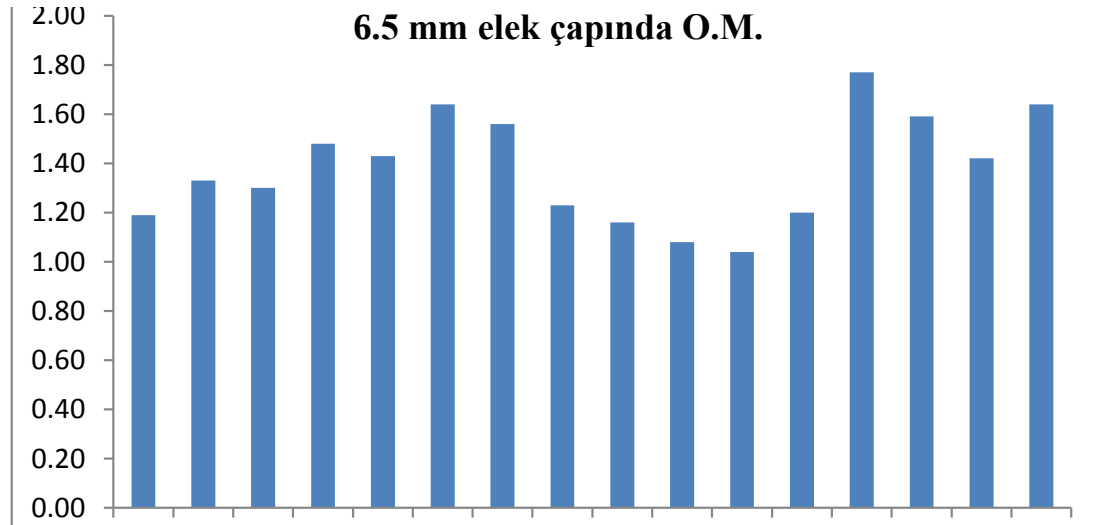
4.3 Agregat Büyüklüklerine Göre Organik Madde Kapsamlarının Karşılaştırılması

Arıtma çamuru uygulamaları ve elek çaplarının organik madde kapsamına (O.M.) etkisine ait varyans analiz tablosu çizelgede verilmiştir. Elek ve uygulama faktörlerinin etkisinin birlikte incelendiği faktöriyel deneme desenine göre yapılan istatistik analiz sonucu uygulamaların etkisi istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli olurken elek çaplarının organik madde kapsamı üzerine etkileri de % 1 seviyesinde önemli olmuştur (Çizelge 4.5).

Yapılan uygulamalar elek çaplarına göre karşılaştırıldığında; Kontrol₀, AÇ₃, AÇ₅, AÇ₅₅₅ ve N₅P₅ uygulamalarının organik madde kapsamı üzerine etkisi % 5 seviyesinde, AÇ₄, AÇ₁₁₁, AÇ₂₂₂ ve N₁P₁ uygulamalarının ise % 1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Elek çapları uygulamalar yönünden karşılaştırıldığında ise sadece 6.5 mm elek çapında yapılan uygulamaların organik madde kapsamı üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.5 Organik madde kapsamlarına ait varyans analiz çizelgesi

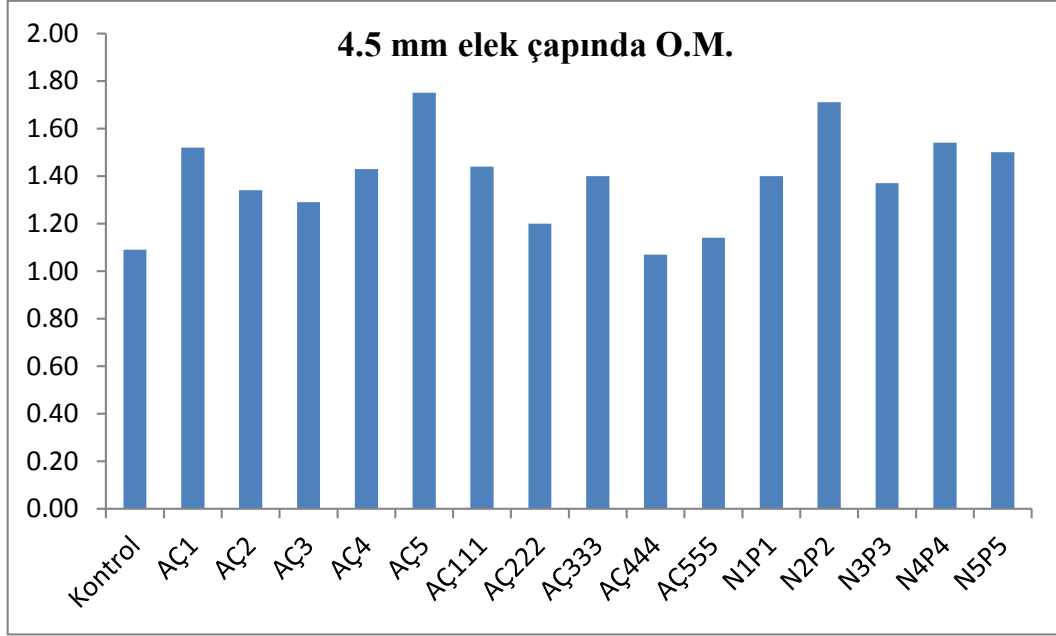
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Uygulama	16	13.73	0.86	6.90 **
Elek	7	14.17	4.88	39.23 **
Uygulamaxelek	112	4.54	0.04	0.33
Hata	272	33.84	0.12	
Genel	407	86.28		



Şekil 4.11 Ortalama 6.5 mm elek çapında uygulamaların etkisi

AÇ₁: 1.69 t ha⁻¹; AÇ₂: 3.37 t ha⁻¹; AÇ₃: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₄: 6.68 t ha⁻¹; AÇ₅: 8.43 t ha⁻¹; AÇ₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; AÇ₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; AÇ₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; AÇ₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

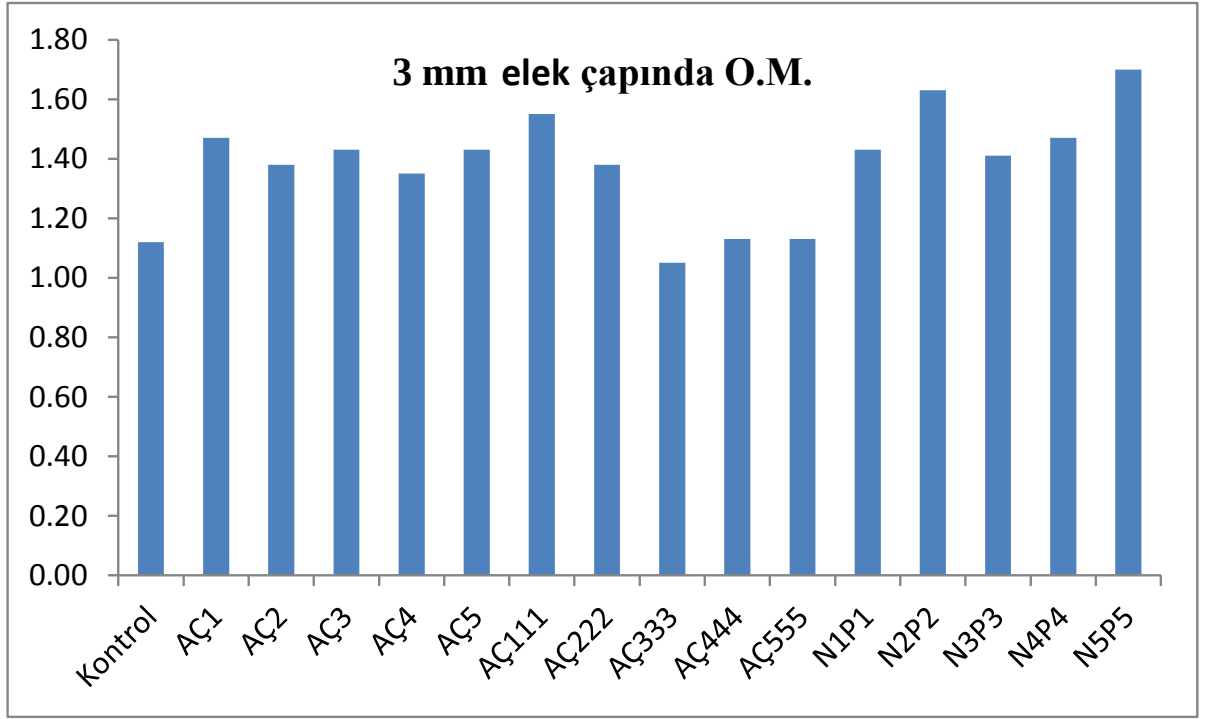
Şekil 4.11 incelendiğinde uygulamaların ortalama 6.5 mm çapa sahip agregatların organik madde kapsamı üzerine etkileri görülmektedir. En yüksek organik madde kapsamı % 1.77 ile kimyasal gübre uygulamalarından olan N_2P_2 (0.10 t ha^{-1}) topraklarında, en düşük ise % 1.19 ile herhangi arıtma çamuru ve gübre ya da bitkisel uygulama yapılmayan Kontrol₀ topraklarından elde edilmiştir.



Şekil 4.12 Ortalama 4.5 mm elek çapında uygulamaların etkisi

AÇ₁: 1.69 t ha^{-1} ; AÇ₂: 3.37 t ha^{-1} ; AÇ₃: 5.06 t ha^{-1} ; AÇ₄: 6.68 t ha^{-1} ; AÇ₅: 8.43 t ha^{-1} ; AÇ₁₁₁: 5.06 t ha^{-1} ; AÇ₂₂₂: 10.12 t ha^{-1} ; AÇ₃₃₃: 15.17 t ha^{-1} ; AÇ₄₄₄: 20.03 t ha^{-1} ; AÇ₅₅₅: 25.29 t ha^{-1} ; N₁P₁: 0.05 t ha^{-1} ; N₂P₂: 0.10 t ha^{-1} ; N₃P₃: 0.15 t ha^{-1} ; N₄P₄: 0.20 t ha^{-1} ; N₅P₅: 0.25 t ha^{-1}

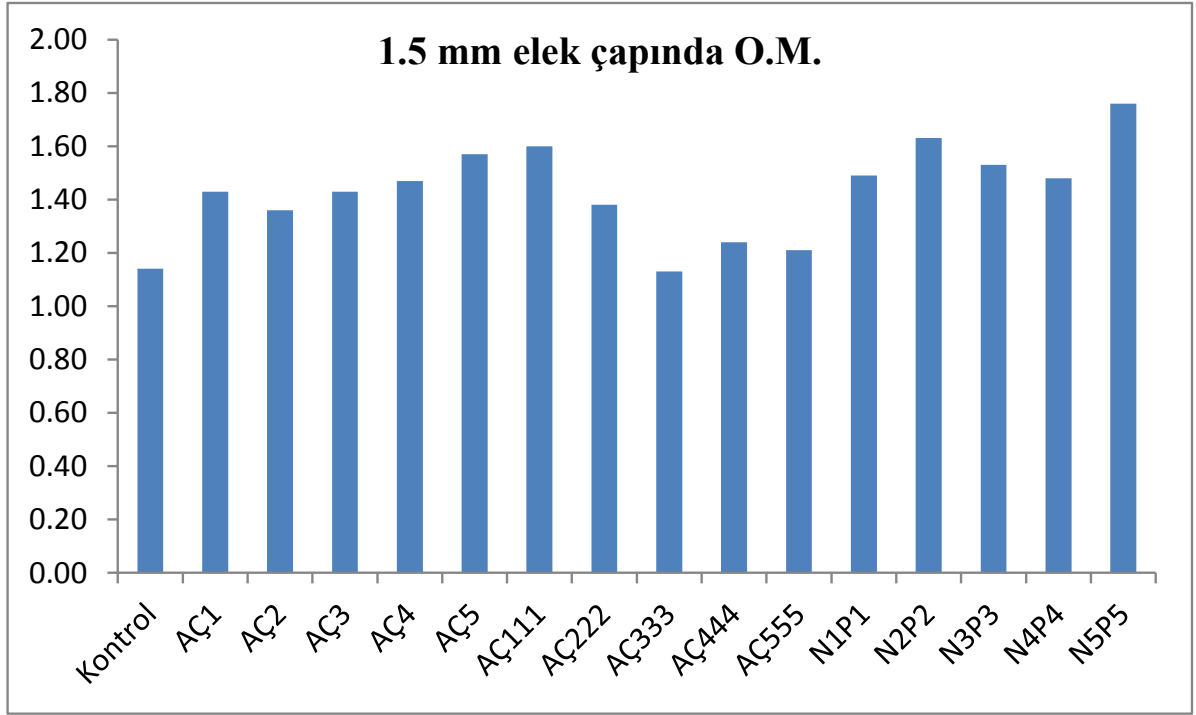
Şekil 4.12 incelendiğinde 4.5 mm çapındaki agregatların uygulamalar bağlı olarak organik madde kapsamı görülmektedir. En yüksek organik madde kapsamı % 1.75 değeri ile arıtma çamurunun her yıl ayrı ayrı verildiği dozlardan olan AÇ₅ (8.43 t ha^{-1}) uygulamasından, en düşük organik madde kapsamı ise herhangi bir arıtma çamuru, kimyasal gübre veya bitki materyali bulunmayan Kontrol₀ uygulamasından elde edilmiştir.



Şekil 4.13 Ortalama 3 mm elek çapında uygulamaların etkisi

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

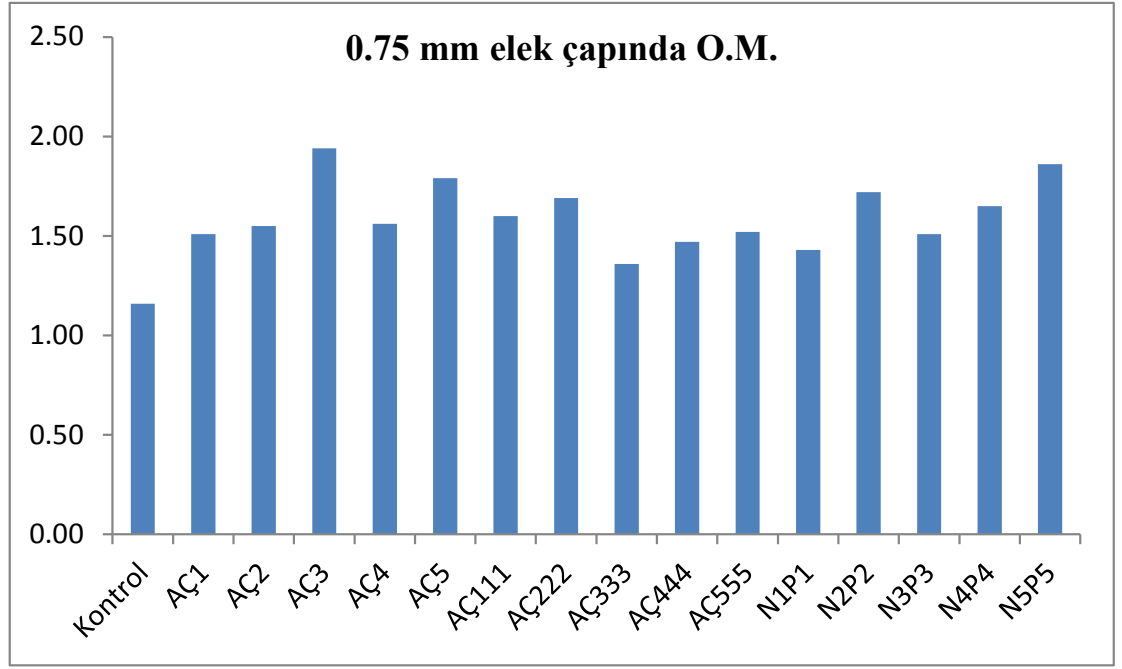
Şekil 4.13'e bakıldığında ortalama 3 mm çapındaki agregatların organik madde kapsamlarına en iyi etki % 1.63 ile kimyasal gübre uygulamalarından olan N₂P₂ (0.10 t ha⁻¹) dozundan elde edilmiştir. En düşük organik madde kapsamı ise arıtma çamurunun üç yıllık toplam miktarının toprak hazırlığı esnasında bir seferde verildiğı uygulamalardan olan A₃₃₃ grubunda belirlenmiştir.



Şekil 4.14 Ortalama 1.5 mm elek çapında uygulamaların etkisi

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

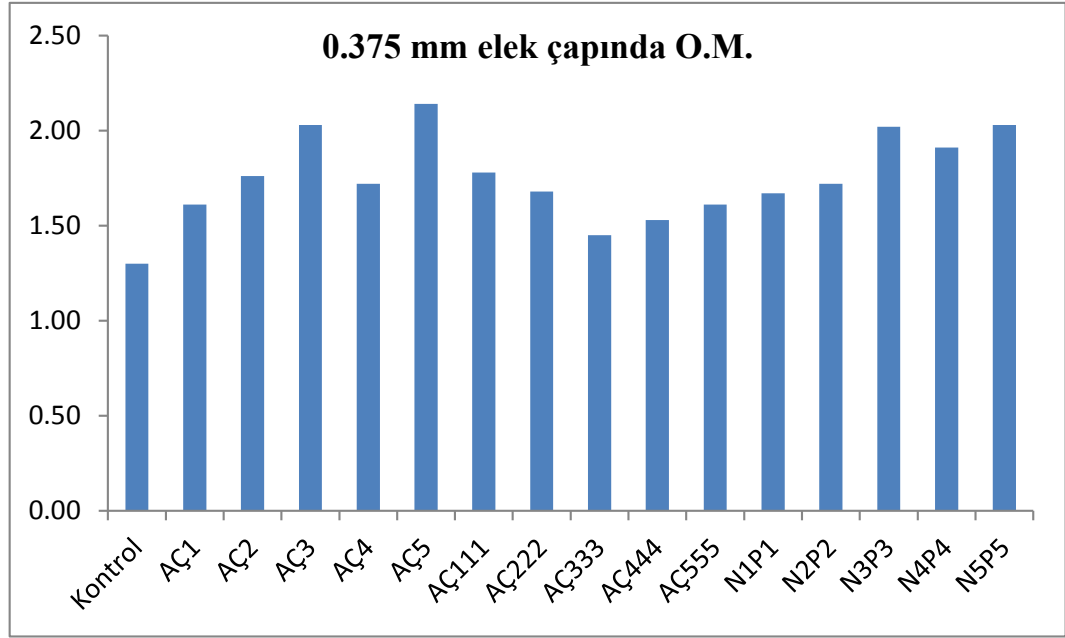
Şekil 4.14'te ortalama 1.5 mm çapındaki agregatların organik madde kapsamaları grlmektedir. Bu çaptaki toprak agregatlarının en yüksek organik madde miktarı % 1.76 ile N₅P₅ uygulamasından, en düşük organik madde miktarı ise % 1.14 ile herhangi bir gübre veya bitki uygulaması yapılmayan Kontrol örneklerinden elde edilmiştir.



Şekil 4.15 Ortalama 0.75 mm elek çapında uygulamaların etkisi

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

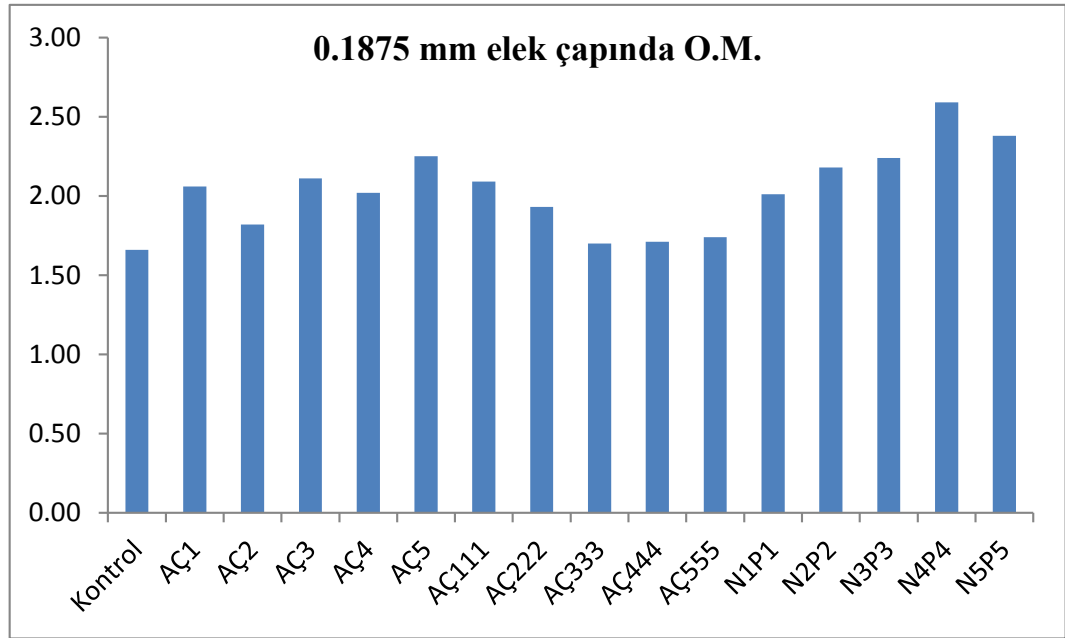
Şekil 4. 15'ten görüleceğİ üzere ortalama 0.75 mm elek çapındaki agregatların en yüksek organik madde kapsamı arıtma çamurunun gereken miktarının her yıl ayrı ayrı verildiğİ uygulamalardan olan A₃ (5.06 t ha⁻¹) uygulamasında belirlenmiştir. En düşük organik madde kapsamı ise kimyasal gübre dozlarından olan N₁P₁ (0.05 t ha⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir.



Şekil 4.16 Ortalama 0.375 mm elek çapında uygulamaların etkisi

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

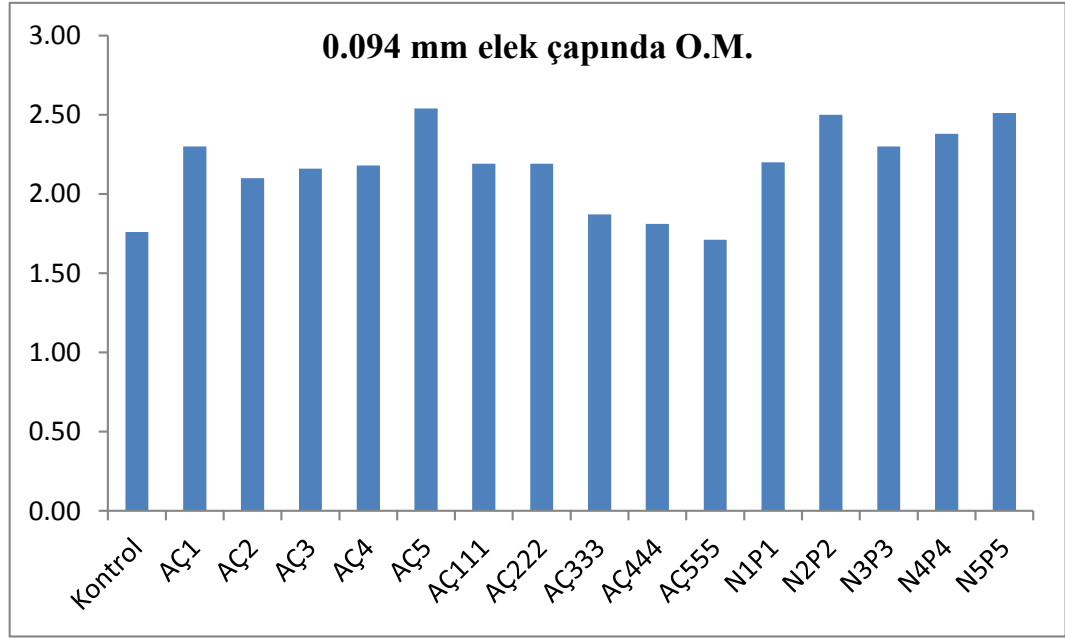
Şekil 4.16' da yapılan uygulamaların ortalama 0.375 mm çapa sahip toprak agregatlarının organik madde kapsamı üzerine etkisi grlmektedir. En yüksek organik madde kapsamı % 2.02 ile A₂ (3.37 t ha⁻¹) topraklarında, en düşük ise herhangi bir gübre veya bitkisel uygulama yapılmayan Kontrol topraklarında hesaplanmıştır.



Şekil 4.17 Ortalama 0.1875 mm elek çapında uygulamaların etkisi

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹; A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

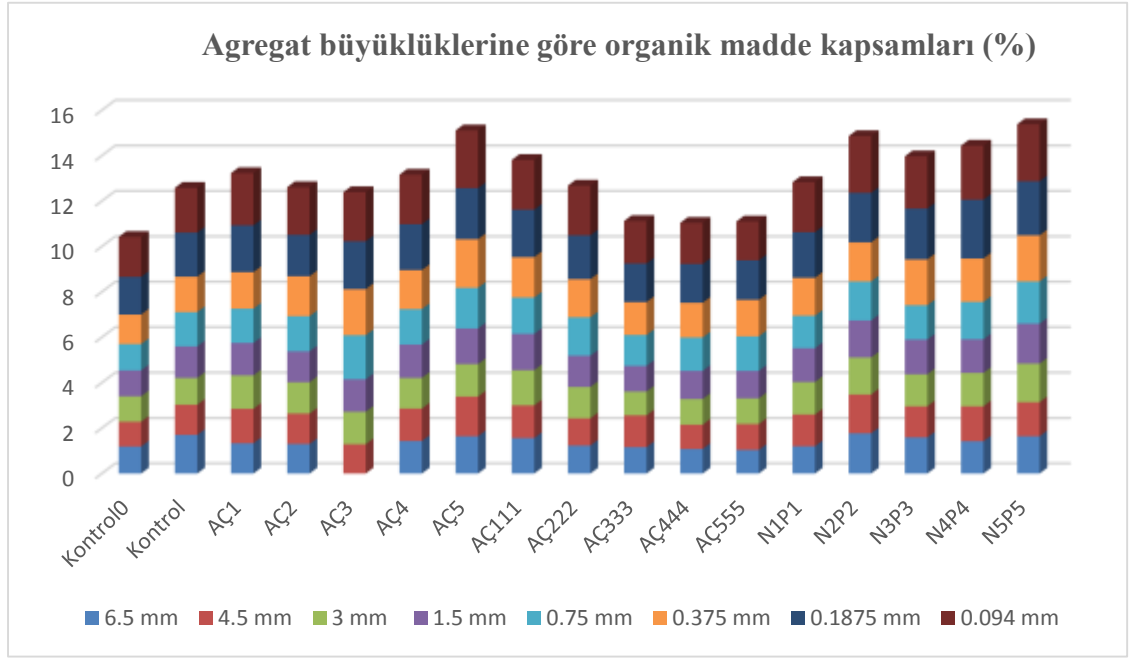
Şekil 4.17’de yapılan uygulamaların ortalama 0.1875 mm çapa sahip toprak agregatlarının organik madde kapsamı üzerine etkisi grlmektedir. En yüksek organik madde miktarı % 2.59 ile kimyasal gübre uygulaması yapılan N₄P₄ (0.20 t ha⁻¹) topraklarından, en düşük ise % 1.66 ile herhangi bir gübre veya bitkisel uygulama yapılmayan Kontrol topraklarından elde edilmiştir.



Şekil 4.18 Ortalama 0.094 mm elek çapında uygulamaların etkisi

A₁: 1.69 t ha⁻¹; A₂: 3.37 t ha⁻¹; A₃: 5.06 t ha⁻¹; A₄: 6.68 t ha⁻¹; A₅: 8.43 t ha⁻¹, A₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; A₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; A₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; A₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; A₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹, N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

Şekil 4.18' de uygulamaların ortalama 0.094 mm çapa sahip agregatların organik madde kapsamı üzerine etkisi görölmektedir. En yüksek organik madde miktarı % 2.54 ile A₅ (8.43 t ha⁻¹) uygulamasından, en düşük ise % 1.71 ile A₅₅₅ (25.29 t ha⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir.



Şekil 4.19 Toprakların agregat büyüklüklerine göre organik madde kapsamı

$AÇ_1$: 1.69 t ha⁻¹; $AÇ_2$: 3.37 t ha⁻¹; $AÇ_3$: 5.06 t ha⁻¹; $AÇ_4$: 6.68 t ha⁻¹; $AÇ_5$: 8.43 t ha⁻¹; $AÇ_{111}$: 5.06 t ha⁻¹; $AÇ_{222}$: 10.12 t ha⁻¹; $AÇ_{333}$: 15.17 t ha⁻¹; $AÇ_{444}$: 20.03 t ha⁻¹; $AÇ_{555}$: 25.29 t ha⁻¹; N_1P_1 : 0.05 t ha⁻¹; N_2P_2 : 0.10 t ha⁻¹; N_3P_3 : 0.15 t ha⁻¹; N_4P_4 : 0.20 t ha⁻¹; N_5P_5 : 0.25 t ha⁻¹

Çizelge 4.6 Agregat büyüklüklerine göre organik madde kapsamları

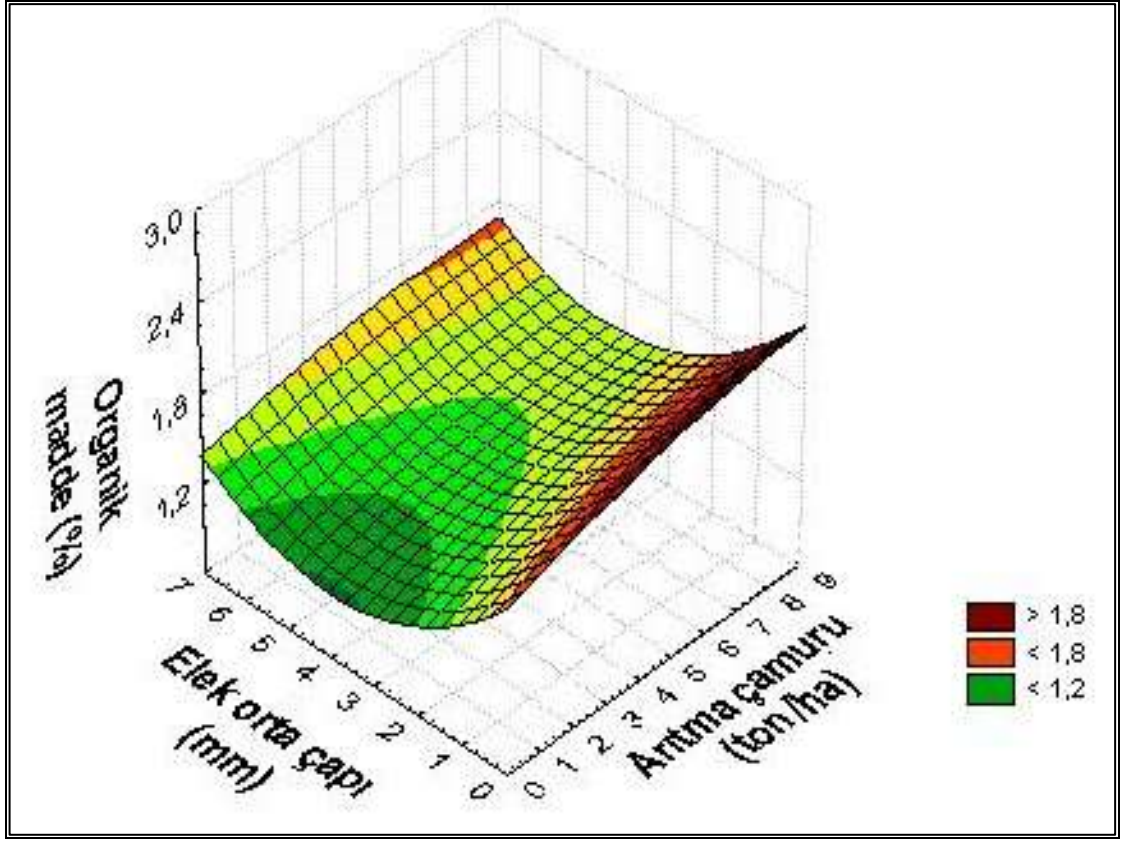
Uygulama	Elek Orta Çapı (mm)									Organik Madde (%)
	6.5	4.5	3	1.5	0.75	0.375	0.1875	0.094		
Kontrol₀	1.19bc ^{BCD}	1.09c	1.12bc	1.14bc	1.16bc	1.30bc	1.66ab	1.76a	*	
Kontrol	1.70AB	1.33	1.18	1.39	1.51	1.56	1.94	1.97	ÖD	
AÇ₁	1.33ABCD	1.52	1.47	1.43	1.51	1.61	2.06	2.30	ÖD	
AÇ₂	1.30 ABCD	1.34	1.38	1.36	1.55	1.76	1.82	2.10	ÖD	
AÇ₃	1.48bcd ABCD	1.29d	1.43cd	1.43cd	1.94abc	2.03ab	2.11a	2.16a	*	
AÇ₄	1.43cd ABCD	1.43cd	1.35d	1.47cd	1.56cd	1.72bc	2.02ab	2.18a	**	
AÇ₅	1.64bc AB	1.75bc	1.43c	1.57cd	1.79bc	2.14abc	2.25a	2.54a	*	
AÇ₁₁₁	1.56bc ABCD	1.44c	1.55bc	1.60bc	1.60bc	1.78b	2.09ab	2.19a	**	
AÇ₂₂₂	1.23c ABCD	1.20c	1.38bc	1.38bc	1.69abc	1.68abc	1.93ab	2.19a	**	
AÇ₃₃₃	1.16 BCD	1.40	1.05	1.13bc	1.36	1.45	1.70	1.87	ÖD	
AÇ₄₄₄	1.08 CD	1.07	1.13	1.24	1.47	1.53	1.71	1.81	ÖD	
AÇ₅₅₅	1.04cd	1.14bc	1.13bc	1.21	1.52abc	1.61ab	1.74a	1.71	*	
N₁P₁	1.20d BCD	1.40cd	1.43cd	1.49abc	1.43cd	1.67bc	2.01ab	2.20	**	
N₂P₂	1.77 A	1.71	1.63	1.63	1.72	1.72	2.18	2.50	ÖD	
N₃P₃	1.59 ABC	1.37	1.41	1.53	1.51	2.02	2.24	2.30	ÖD	
N₄P₄	1.42 ABCD	1.54	1.47	1.48	1.65	1.91	2.59	2.38	ÖD	
N₅P₅	1.64c AB	1.50c	1.7c	1.76c	1.86bc	2.03abc	2.38ab	2.51a	*	

AÇ₁: 1.69 t ha⁻¹; AÇ₂: 3.37 t ha⁻¹; AÇ₃: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₄: 6.68 t ha⁻¹; AÇ₅: 8.43 t ha⁻¹; AÇ₁₁₁: 5.06 t ha⁻¹; AÇ₂₂₂: 10.12 t ha⁻¹; AÇ₃₃₃: 15.17 t ha⁻¹; AÇ₄₄₄: 20.03 t ha⁻¹; AÇ₅₅₅: 25.29 t ha⁻¹; N₁P₁: 0.05 t ha⁻¹; N₂P₂: 0.10 t ha⁻¹; N₃P₃: 0.15 t ha⁻¹; N₄P₄: 0.20 t ha⁻¹; N₅P₅: 0.25 t ha⁻¹

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ÖD: önemli değil

Aynı sütundaki büyük harfler 6.5 mm çapındaki agregatların uygulamalar yönünden karşılaştırılmasını ifade etmektedir.

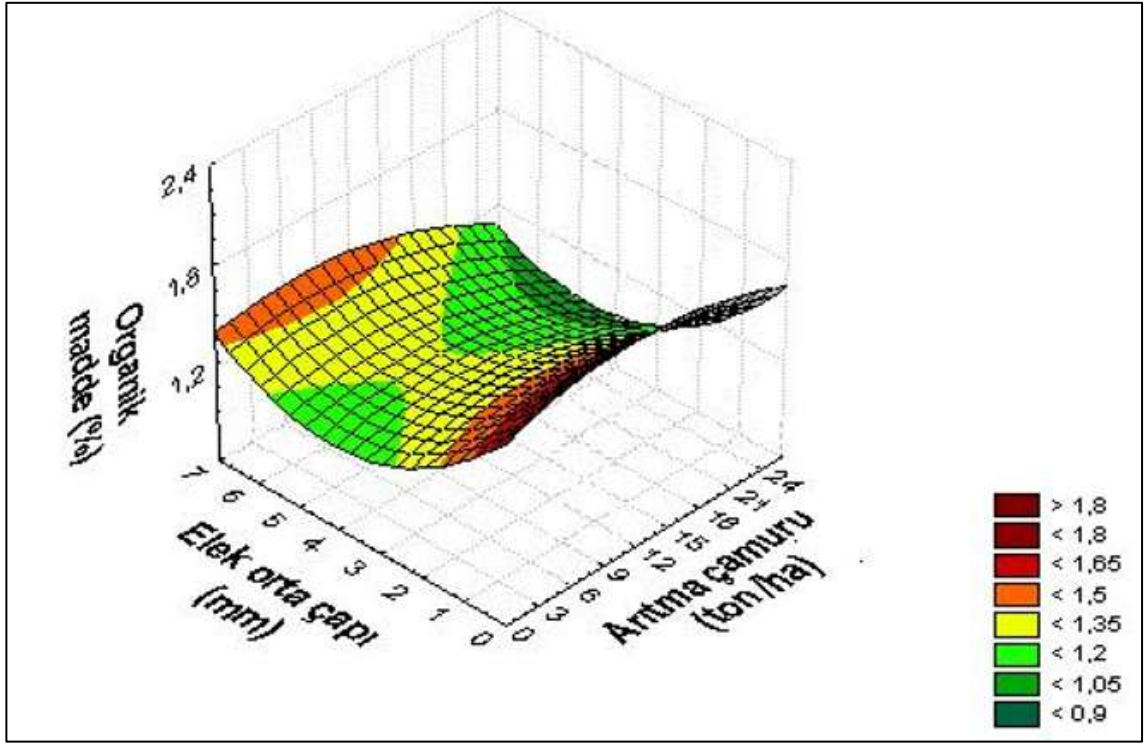
Aynı satırdaki küçük harfler uygulamaların elek çapları yönünden karşılaştırılmasını ifade etmektedir.



Şekil 4.20 Arıtma çamuru seviyesi ve elek çaplarının organik madde kapsamına etkisi

AC₁: 1.69 t ha⁻¹; AC₂: 3.37 t ha⁻¹; AC₃: 5.06 t ha⁻¹; AC₄: 6.68 t ha⁻¹; AC₅: 8.43 t ha⁻¹

6.5 mm elek çapında arıtma çamuru uygulamalarından AC₁ (1.69 t ha⁻¹)' den başlayarak AC₅ (8.43t ha⁻¹)'e kadar uygulama dozunun artmasıyla birlikte toprakların organik madde kapsamlarının arttığı gözlenmiştir. Bunun nedeni düşük seviyelerde ilave edilen arıtma çamurunun meradaki bitkilerin dengeli bir şekilde gelişimini sağlayarak organik madde içeriğine katkıda bulunması olarak düşünülmektedir (Şekil 4.20, Çizelge 4.6).

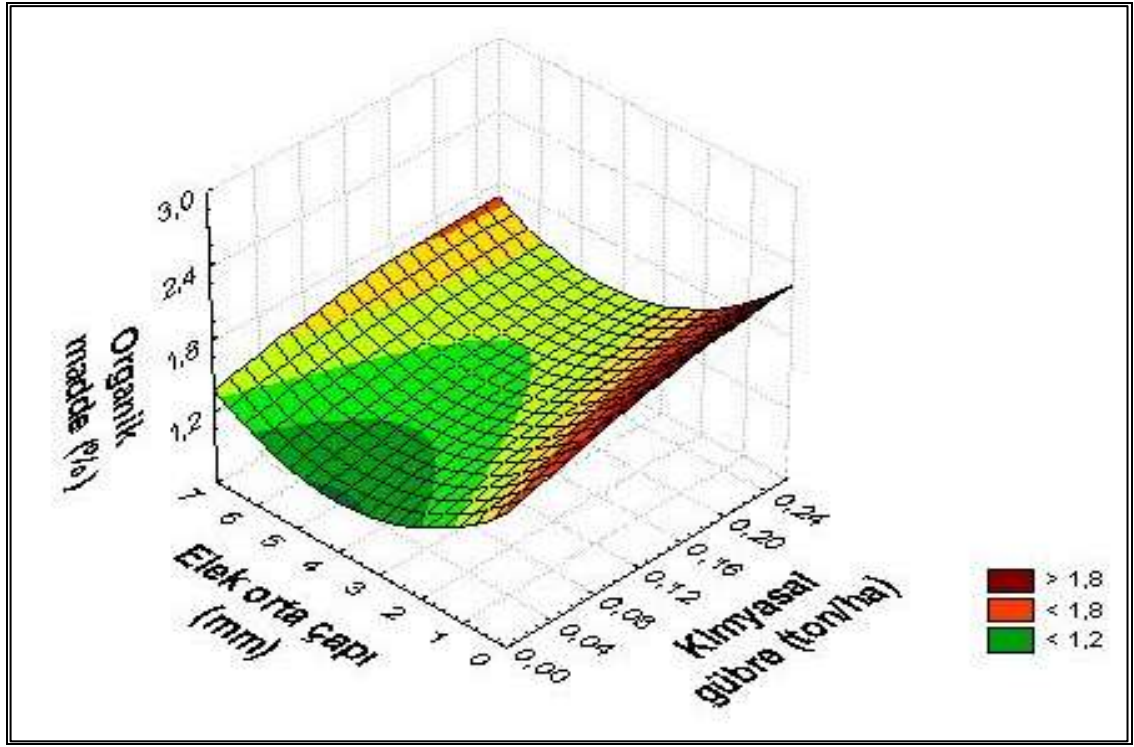


Şekil 4.21 Toprak hazırlığı esnasında üç yıllık toptan uygulanan arıtma çamuru seviyelerinin ve elek çaplarının organik madde kapsamına etkisi

AC_{111} : 5.06 t ha^{-1} ; AC_{222} : 10.12 t ha^{-1} ; AC_{333} : 15.17 t ha^{-1} ; AC_{444} : 20.03 t ha^{-1} ; AC_{555} : 25.29 t ha^{-1}

Toprak hazırlığı esnasında üç yıllık toptan verilen arıtma çamuru uygulamalarında, dozun artması ile birlikte toprak organik maddesi genel olarak azalmaktadır (Şekil 4.21, Çizelge 4.6). Arıtma çamurunun üç yıllık miktarının toptan verildiği uygulamalardaki yüksek besin içeriği bitki karışımındaki buğdaygillerin oranını arttırmıştır. Sonuç olarak toprağın organik madde miktarını buğdaygillere oranla daha çok teşvik eden baklagil bitkilerinin gelişimi azalmıştır.

Şekil 4.22 incelendiğinde 6.5 - 3 mm aralığındaki elek çapları ile N_4P_4 uygulama dozuna kadar toprak organik madde kapsamının düşük olduğu, elek çapının azalıp uygulama dozunun artması ile organik madde kapsamının arttığı, 0.1875 ve 0.094 mm elek çapları aralığında gübre dozunun artması ile toprak organik madde kapsamının yoğun bir şekilde arttığı açıkça görülmektedir.



Şekil 4.22 Kimyasal gübre seviyesi ve elek çaplarının organik madde kapsamına etkisi

N_1P_1 : 0.05 t ha^{-1} ; N_2P_2 : 0.10 t ha^{-1} ; N_3P_3 : 0.15 t ha^{-1} ; N_4P_4 : 0.20 t ha^{-1} ; N_5P_5 : 0.25 t ha^{-1}

Kimyasal gübre uygulama dozunun artması ile birlikte toprak organik madde kapsamında önce bir artış ardından azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.20, Çizelge 4.6). Yine uygulama dozunun artması bitki karışımındaki oranların değişmesine sebep olmuş olabilir.

Yapılan uygulamalar elek çapları yönünden karşılaştırıldığında elek çapı küçülmesi ile birlikte toprak organik madde kapsamında genel olarak artış gözlenmiştir. Bu farklılık uygulamalara göre değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.6).

5. SONUÇ

Yapılan bu tez çalışması ile organik karakterli arıtma çamuru ve kimyasal gübre uygulamalarının toprakların agregat dayanımı ve organik madde kapsamı üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucu elde edilen bulgulara göre yapılan uygulamalar toprakların agregat dayanımı üzerine önemli derecede etkili olmuştur.

Hafif bünyeli mera alanı topraklarında kontrol dahil bütün parsellere eşit bitki karışımları ekildiği ve bu bitki karışımlarının gelişimi göz önünde bulundurulduğunda uygulama dozu arttıkça bitki gelişiminde meydana gelen farklılıklar agregat dayanımında da farklılıklara sebep olmuştur. Çalışma örneklerinin alındığı araştırma amaçlı kurulmuş Yeşilhisar suni merasında yapılan analizlerde toprakların organik madde kapsamlarının agregat büyüklüklerine göre önemli derece farklılaştığı gözlenmiştir. Yüksek alkalilik sorunu olan topraklarda değişebilir sodyum miktarına da bağlı olarak kümeleşme sorunu görülmekte ve toprakların erozyon duyarlılıkları artmaktadır. Erozyon duyarlılığını tahmin etmede kullanılan parametrelerden olan organik madde ve agregat dayanımı, toprak düzenleyicisi olarak organik materyal ilavesi ve bitki karışımı yetiştirilmesi ile artırılabilir.

Arıtma tesislerinde arıtılmış çamurların toprak düzenleyici olarak kullanılması bir yandan bu atığın bertarafını sağlarken, diğer yandan besin maddesi kaynağı görevi görerek kimyasal toprak verimliliğini de desteklemektedir. Ancak, bu organik atığın içerdiği ağır metallerden doğabilecek toprak kirlilikleri de uygulama süreçlerinde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir unsurdur.

KAYNAKLAR

- Anonymous. 1999. SAS User's Guide: Statistic. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC.
- Aggelides, S.M. and Londra, P.A. 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology*, 71, 253-259.
- Amezketta, E., Singer, M.J. and Le Bissonnais, Y. 1996. Testing a new procedure for measuring water-stable aggregation. *Soil Science Society of America Journal*, 60, 888-894.
- Amraei, S. Jafari, A. Nouri, F. Gorje, A.H. and Shabani, Gh. 2012. The effect of intercropping and pure cropping of alfalfa with 3 rangeland grass species on Forage Dry Matter and Crude protein yield in dry land farming condition. *International Journal of Agriculture and Crop Science*, 4 (17); 1307-1310.
- Angin, İ. ve Yağanoğlu, A. 2009. Arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak kullanımı. *Ekoloji*, 19 (73); 39-47.
- Angin, I. ve Yaganoglu, A.V. 2011. Effects of sewage sludge application on some physical and chemical properties of a soil affected by wind erosion. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 757-768.
- Anonim. 2012. Web Sitesi: <http://www.kayseritarim.gov.tr/sayfa/66/toprak-yapisi.html>, Erişim Tarihi: 22.08.2013
- Anonim. 2005. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 31.05.2005 (25831).
- Antolín, M.C., Pascual, I., García, C., Polo, A. and Sánchez-Díaz, M. 2005. Growth, Yield and Solute Content of Barley in Soils Treated With Sewage Sludge Under Semiarid Mediterranean Conditions, *Field Crops Research*, 94, 224-237.

- Ashgari, S., Neyshabouri, M.R., Abbasi, F., Aliasgharzad, N. and Oustan, S. 2009. The effects of four organic soil conditioners on aggregate stability, pore size distribution, and respiration activity in a sandy loam soil. *Turk Journal of Agriculture and Forestry*, 33, 47-55.
- Aşık, B.B., Katkat, A.V., Aydınalp, C. ve Bıyıklı, M. 2010. Arıtma çamurlarının tarımsal özellikleri ve ağır metal içerikleri. V. Ulusal Bitki Besleme ve Gübreleme Kongresi, 15-17 Eylül 2010, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Basaran, M., Erpul, G. and Ozcan, A.U. 2008. Variation of macro-aggregate stability and organic matter fractions in the basin of Saraykoy II Irrigation Dam, Cankiri, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17, 224-239.
- Bird, S.B., Herrick, J.E., Wander, M.M. and Murray, L. 2007. Multi-scale variability in soil aggregate stability: Implications for understanding and predicting semi-arid grassland degradation. *Geoderma*, 140, 106–118.
- Bradford, J.M., Ferris, J.E. and Remley, P.A. 1987 Interrill soil erosion processes: 1. Effect of surface sealing on infiltration, runoff, and soil splash detachment. *Soil Science Society of America Journal*, 51, 1566-1570.
- Bryan, R.B., 1968. The development, used and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma*, 2, 5-25.
- Christensen, B. 1986. Straw incorporation and soil organic matter in macro-aggregates and particle size separates. *Journal of Soil Science*, 37, 125-135.
- Casado-Vela J., Selles S., Díaz-Crespo C., Navarro-Pedren˜o J., Mataix-Beneyto J. and Go´mez, I. 2007. Effect of composted sewage sludge application to soil on sweet pepper crop (*Capsicum annuum* var. *annuum*) grown under two exploitation regimes, *Waste Management*, 27(11); 1509-1518.
- De Leenheer, L. and De Boodt, M. 1959. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool Gent*, 24, 290-300.

- Debosz, K., Petersen, S.O., Kure, L.K. and Ambus, P. 2002. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. *Applied Soil Ecology*, 19, 237–248.
- Delibacak, S., Okur, B. and Ongun, A. R. 2009. Effects of treated sewage sludge levels on temporal variations of some soil properties of a Typic Xerofluvent soil in Menemen Plain, Western Anatolia, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 148, 85–95.
- Elliott, E.T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 50, 627-633.
- Emerson, W.W. 1967. A classification of soil aggregates based on their coherence in water. *Australian Journal of Soil Research*, 5, 47-57.
- Eskandari, H., Ghanbari, A. and Javanmard, A. 2009. Intercropping of Cereals and Legumes for Forage Production. *Notulae Scientia Biologicae*, 1(1); 07-13.
- Franco-Hernández, N. Mckelligan-Gonzalez, M. Lopez-Olguin, F. Espinosa-Ceron, E. Escamilla-Silva and L.Dendooven. 2003. Dynamics of carbon nitrogen and phosphorus in soil amended with irradiated pasteurized and limed sludge, *Bioresource Technology* 87, 93–102.
- Ghanbari-Bonjar, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low-input forage. PhD thesis, Wye College, University of London, London.
- Grieve, I.C. 1980. The magnitude and significance of soil structural stability declines under cereal cropping. *Catena*, 7, 79–85.
- Guerra, A. 1994. The Effects of Organic Matter Content on Soil Erosion in Simulated Rainfal Experiments in W. Sussex, United Kingdom. *Soil Use and Management*, 10, 60-94.
- Hati, K.M., Biswas, A.K., Bandyopadhyay, K.K. and Misra, A.K. 2007. Soil properties and crop yields on a vertisol in India with application of distillery effluent. *Soil and Tillage Research*, 92, 60-68.

- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus P., and Jensen E. S. 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 65, 289–300.
- Hulugalle, N.R. 1996. Effects of pelletized sewage sludge on soil properties of a cracking clay from eastern australia. *Waste Management and Research*, 14, 571–580.
- Ibrahim, M.E. and Kabesh, M.O. 1971. Effect of associate growth on yields and nutrition of legume and grass plants. I. Wheat and horse beans mixed for grain production. *U.A.R. Journal of Soil Science*, 11, 271-283.
- İç, S. ve Gülser, C. 2008. Tütün atığının farklı bünyeli toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi. *Journal of Faculty of Agriculture, OMU*, 23(2); 104-109.
- Jakobsen, S.T. 1995. Aerobic decomposition of organic wastes 2. Value of compost as a fertilizer. *Resources, Conservation and Recycling*, 13, 57-71.
- Jensen, E. S. 2006. INTERCROP-final report, Risø, Danmark, p. 303.
- Jensen, E. S., Ambus, N. and Bellostas, N. 2006. Intercropping of cereals and grain legumes for increased production, weed control, improved product quality and prevention of N-losses in European organic farming systems: proceedings of the European Joint Organic Congress. – Odense, Denmark, p. 180–181.
- Kemper, W.D. and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: *Methods of Soil Analysis, part 1. Agronomy Monographs*, 9 (ed. A. Klute). American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Kirchmann, H and Gerzabek, M.H., 2000. Relationsheep between soil organic matter and micropores in a long-term experiment at Utluna, Sweden. *Journal Plant Nutrition and Soil Science*, 162(5); 493-498
- Lemerle D., Gill G. S. and Murphy, C. E. 2001. Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weeds. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52, 527–548.

- Loveland, P. and Webb, J. 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil and Tillage Research*, 70, 1-18.
- Meyer, L.D. and Harmon, W. C. 1984. Susceptibility of agricultural soils to interrill erosion. *Soil Science Society of America Journal*, 48, 1152-1157.
- Mohler C. L. 2001. Enhancing the competitive ability of crops. *Ecological Management of Agricultural Weeds*. Cambridge, United Kingdom, p. 1231–1269.
- Monnier, G. 1965. Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. *Annales Agronomiques*, 16, 327–400.
- Mosavi, S. B., Jafarzadeh, A.A., Nishabouri, M. R., Ostan, Sh., Feiziasl, V. and Karimi E. 2012. The effect of different green manure application in dry land condition on some soil physical properties. *International Journal of Agriculture and Crop Science*, 4 (17); 1233-1239.
- Navas, A., Bermúdez, F. and Machin, J. 1998. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols. *Geoderma* 87, 123-135.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis*. Page, A.L. (Ed) Part 2, 2nd edition Agronomy Monogr. 9. ASA. And SSSA, Madison, WI, pp. 539-579.
- Ojeda, G., Alcaniz, J.M. and Le Bissonnais, Y. 2008. Differences in aggregate stability due to various sewage sludge treatments on a Mediterranean calcareous soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 125, 48–56.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. and Kaptan, H. 1993. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Kitabı. Ders Kitapları Yayın No: A-16, 77-119, Adana.
- Öztaş, T., Canpolat, M.Y. and Sönmez, K. 1999. Strength of individual soil aggregates against crushing forces II. influence of selected soil properties. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 573-577.

- Paglia, M., Vignozzi, N. and Pellegrini, S. 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research*, 79, 131-143.
- Pagliai, M., Guidi, G., Marca, La M., Gichetti, M. and Lucamante, G. 1981. Effect of sewage sludges and composts on soil porosity and aggregation. *Journal of Environmental Quality*, 10, 556–561.
- Samaras V., Tsadilas, C. D. and Stamatiadis, S. 2008. Effects of Repeated Application of Municipal Sewage Sludge on Soil Fertility, Cotton Yield, and Nitrate Leaching. *Agronomy Journal*, 100, p. 477–483.
- Sandoval, M.A., Celis, J.E. and Morales, P. 2011. Structural remediation of an Alfisol by means of sewage sludge amendments in association with yellow Serradela. *J. Soil Science and Plant Nutrition*, 11, 68–78.
- Sandoval, E.M., Celis, H.J. and Bahamondes P.C. 2012. Effect of sewage sludge and sawdust in association with hybrid ryegrass (*Lolium x hybridum* Hausskn.) on soil macroaggregates and water content. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72(4); 568-573.
- Saygın, D.S., Cornelis, W., Gabriels, D. and Erpul, G. 2012. Comparison of different aggregate stability approaches for loamy sand soils. *Applied Soil Ecology*, 54, 1-6.
- Saygın, D.S., Cornelis, W., Gabriels, D. and Erpul, G. 2012. Comparison of different aggregate stability approaches for loamy sand soils. *Applied Soil Ecology*, 54, 1-6.
- Saygın-Deviren, S. 2013. Yağmurlama Denemeleri ile Sıçrama ve Yüzey Erozyonu Sedimentlerinde Agregat Büyüklük Dağılımı ve Organik Karbon Değişimlerinin İncelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Singh, R.P. and Agrawal, M. 2010. Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73, 632–641.

- Six, J., Elliot, E.T. and Paustian, K. 2000. Soil Structure and Soil Organic Matter: A Normalized Stability Index and the Effect of Mineralogy. *Soil Science Society of America Journal*, 64, 1042-1049.
- Sort, X. and Alcaniz, J. M. 1999. Effects of sewage sludge amendment on soil aggregation. *Land Degradation and Development*, 10, 3-12.
- Sullivan, L.A. 1990. Soil organic matter, air encapsulation and water-stable aggregation. *Journal of Soil Science*, 41, 529-534.
- Tejada, M. and Gonzalez, J.L. 2007. Influence of Organic Amendments on Soil Structure and Soil Loss Under Simulated Rain, *Soil and Tillage Research*, 93, 197-205.
- Tejada, M., Hernandez, M.T. and Garcia, C. 2009. Soil restoration using composted plant residues: Effects on soil properties. *Soil and Tillage Research*, 102, 109–117.
- Tisdall, J.M. and Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33, 141–163.
- Topçu, H. ve Abalı, İ., 1979. Karapınar rüzgar erozyonu alanlarında uygun nadas zamanı ve derinliğinin nem korunumu ve buğday verimine etkisi. Konya Bölge Toprak Su Araştırma Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 68, Rapor Seri No:54. Konya.
- Tripolskaja, L., Romanovskaja, D. and Šlepetienė A. 2008. Įvairių agropriemonių įtaka priesmėlio paprastojo iš-plautžemio humusingumui [The effect of various soil and crop management practices on the humus status in sandy loam Haplic Luvisol Žemdirbystė Agriculture. 95(4); 3–18.
- Tsadilas, C.D., Mitsios, I.K. and Golia, E. 2005. Influence of Biosolids Application on Some Soil Physical Properties. *Communications in Soil and Plant Analysis*, 36, 709-716.
- Urbina, C. and Rodriguez, P.O. 1995. Effect of two organic amendments on erosion control and improvement of soil physical and chemical properties. In *Study of Water Erosion and Control Strategies*. *Revista De La Fakültad De Agronomia*, Universidad Central De Venazuela, 47, 63–74.

- Uzun, S., Serin, Y., Uzun, O., Kaplan, M. and Başaran, M. 2013. Effects of sewage sludge and inorganic fertilizer treatments on yield and botanical composition of a sown-pasture established over a degraded pasture. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11, 931-936.
- West, C.P. and Wdin, W.E. 1985. Dinitrogen fixation in alfalfa-orchard grass pasture. *Agronomy Journal*, 77, 89-94.
- Yoder, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal of American Society of Agronomy*, 28, 337-351.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sema KARABAĞ
Doğum tarihi : 21.02.1986
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce, Almanca

Eğitim Durumu Kurum ve Yılı

Lise : Cağaloğlu Anadolu Lisesi, İstanbul, 2004
Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Mühendisliği/Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ankara, 2011
Yüksek lisans : Ankara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, (Şubat 2012 – Nisan 2014)

Çalıştığı Kurum ve Yılı

Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak : Araştırma Görevlisi, 2011- halen
Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü