

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

**BİYOĞÜBRE UYGULAMALARININ TOPRAKTA AGREGAT OLUŞUMU VE
STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Mehmet SÖNMEZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

2014

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

**BİYOĞÜBRE UYGULAMALARININ TOPRAKTA AGREGAT OLUŞUMU VE
STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Mehmet SÖNMEZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**(Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
2014.02.0121.013 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

2014

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

**BİYOĞÜBRE UYGULAMALARININ TOPRAKTA AGREGAT OLUŞUMU VE
STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Mehmet SÖNMEZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

Bu tez 25/12/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Erdem YILMAZ

Yrd. Doç. Dr. İlker UZ

Yrd. Doç. Dr. Mürsel ÇATAL

ÖZET

BİYOĞÜBRE UYGULAMALARININ TOPRAKTA AGREGAT OLUŞUMU VE STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Mehmet SÖNMEZ

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erdem YILMAZ

Aralık 2014, 106 sayfa

Bu çalışmada, beş farklı biyogübre uygulamasının (bireysel ya da kombine halde) mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin yetiştirildiği killi tın tekstüre sahip toprağın (Typic Xerofluvent) agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca, uygulamaların makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içerikleri üzerine etkileri incelenmiş ve organik karbon içeriği ile agregat stabilitesi arasındaki ilişki belirlenmiştir. Sera koşullarında ve saksı denemesi olarak yürütülen çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde yapılmıştır. Deneme uygulamaları ise şu şekilde gerçekleştirilmiştir: kontrol (gübre uygulamasız) (K), inorganik gübre (15:15:15 kompoze gübre+amonyum nitrat, %33 N) (G), mikorizal fungus (*Glomus* spp.) içerikli biyogübre (M), mikroalg (*Chlorella* spp.) içerikli biyogübre (A), bakteri (*Bacillus megaterium* KBA-10+*Pantoea agglomerans* RK-134+*Pseudomonas fluorescens* FDG-37) içerikli biyogübre (BMF), bir diğer bakteri (*Bacillus subtilis* PA1+*Paenibacillus azotofixans* PA2) içerikli biyogübre (BCP), vermikompost (V), vermikompost+mikorizal fungus (VM), vermikompost+mikroalg (VA), vermikompost+bakteri (VBMF), vermikompost+bakteri (VBCP).

90 günlük inkübasyon süresi sonunda, biyogübre uygulamaları makroagregatları arttırıcı yönde eğilim göstermiştir. BCP ve BMF uygulamaları >4 mm, M uygulaması 4-2 mm ve 2-1 mm, A ve V uygulamaları ise 2-1 mm boyuta sahip agregatların miktarında kontrole göre önemli düzeyde artış meydana getirmiştir. Vermikompost ile yapılan kombine uygulamalar sonucu >4 mm boyuta sahip agregatların miktarında önemli düzeyde artışlar elde edilmiştir. Vermikompost+mikorizal fungus (VM) makro (2-1 mm) boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine istatistiksel olarak en önemli artışı gerçekleştiren uygulama olmuştur. Benzer şekilde, M uygulamasının makro (2-1 mm) boyuta sahip agregatların stabilitesini arttırıcı yönde etki ettiği gözlenmiştir. Ayrıca, bakteri içerikli biyogübrelerin her ikisi de, bireysel ya da vermikompost ile kombine halde, makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların stabilitesini kontrole göre önemli düzeyde arttırmışlardır. Biyogübre uygulamalarının genel olarak makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içeriğini farklı düzeylerde arttırdığı gözlenmiştir. Bunun yanında, vermikompost ile yapılan kombine uygulamaların makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine kontrole veya bireysel biyogübre uygulamalarına göre çoğunlukla daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Vermikompost (V) uygulaması agregat stabilitesi üzerine önemli bir etki gerçekleştirilmemişken, makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuttaki agregatların organik karbon içeriğini önemli düzeyde arttırmıştır. İnorganik gübre (G) uygulamasının agregat stabilitesi ya da organik karbon içeriği üzerine etkisi ise hiçbir agregat boyutunda istatistiksel olarak

önemli bulunmamıştır.

Deneme sonunda her bir uygulamadan elde edilen makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içerikleri ve agregat stabilite değerleri arasında önemli ve pozitif korelasyonlar gözlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Agregat Oluşumu, Agregat Stabilitesi, Alg, Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteriler (PGPR), Biyogübre, Mısır, Mikorizal Fungus, Organik Karbon, Vermikompost

JÜRİ: Doç. Dr. Erdem YILMAZ (Danışman)
Yrd. Doç. Dr. İlker UZ
Yrd. Doç. Dr. Mürsel ÇATAL

ABSTRACT

EFFECTS OF BIOFERTILIZERS ON AGGREGATE FORMATION AND STABILITY OF SOIL

Mehmet SÖNMEZ

MSc Thesis in Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erdem YILMAZ

December 2014, 106 pages

In this study, the effects of five different biofertilizers (alone or in combination) on aggregate formation and stability of clay-loam (Typic Xerofluvent) textured soil, in which maize (*Zea mays* L.) plant was grown, were investigated. Moreover, the effects of treatments on organic carbon contents of macroaggregates of 2-1 mm diameter and microaggregates of 0.25-0.050 mm diameter were assessed and correlation between organic carbon content and aggregate stability was determined. The study was conducted as a pot experiment under greenhouse conditions using a Completely Randomized Design with three replications. The study consisted of eleven experimental treatments: control (no fertilizer) (K), inorganic fertilizer (15:15:15 compound fertilizer+ammonium nitrate, 33% N) (G), biofertilizer containing mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) (M), biofertilizer containing microalgae (*Chlorella* spp.) (A), biofertilizer containing bacteria (*Bacillus megaterium* KBA-10+*Pantoea agglomerans* RK-134 +*Pseudomonas fluorescens* FDG-37) (BMF), another biofertilizer containing bacteria (*Bacillus subtilis* PA1+*Paenibacillus azotofixans* PA2) (BCP), vermicompost (V), vermicompost+mycorrhizal fungi (VM), vermicompost+microalgae (VA), vermicompost+bacteria (VBMF), vermicompost+bacteria (VBCP).

At the end of 90 days incubation period, the results of the study showed that biofertilizer treatments tended to increase the formation of macroaggregates. The amount of macroaggregates was significantly enhanced by treatments compared to control (respectively; >4 mm size class by BCP, 4-2 mm size class by M treatment, 2-1 mm size class by M, A and V treatments). The amount of aggregates >4 mm was greatly increased as a result of combined applications of biofertilizers and vermicompost. Vermicompost+mycorrhizal fungi (VM) statistically had the most significant increase on stability of macroaggregates of 2-1 mm size class. Likewise, it was observed that M treatment had an increasing impact on stability of macroaggregates (2-1 mm). Also, both of biofertilizers containing bacteria, alone or in combination with vermicompost, significantly improved stability of aggregates of macro (2-1 mm) and micro (0.25-0.050 mm) size classes compared to control. Biofertilizer treatments increased organic carbon content of macroaggregates of 2-1 mm diameter and microaggregates of 0.25-0.050 mm diameter both in general and at different levels. Besides that, it was determined that biofertilizers in combination with vermicompost mostly had stronger effects on organic carbon content of aggregates of macro (2-1 mm) and micro (0.25-0.050 mm) size classes in comparison with control and biofertilizer treatments alone. Vermicompost (V) treatment didn't have a significant effect on aggregate stability, whereas it significantly enhanced organic carbon content of aggregates of macro (2-1 mm) and micro (0.25-0.050 mm) size classes. The effect of inorganic fertilizer (G) treatment on aggregate stability or organic carbon content was

not found significant for any aggregate sizes (2-1 mm or 0.25-0.050 mm).

Significant and positive correlations between organic carbon contents and stability values of aggregates of macro (2-1 mm) and micro (0.25-0.050 mm) size classes that were obtained by each treatment at the end of the experiment were observed.

KEYWORDS: Aggregate Formation, Aggregate Stability, Algae, Biofertilizer, Maize, Mycorrhizal Fungi, Organic Carbon, Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), Vermicompost

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Erdem YILMAZ (Supervisor)
Asst. Prof. Dr. Ilker UZ
Asst. Prof. Dr. Mursel CATAL

ÖNSÖZ

Entansif tarım uygulamaları her ne kadar birim alandan yüksek verim ve kaliteli ürün alma imkânı sunuyor olsa da zamanla göstermiştir ki üretimsel açıdan bu tarz bir yaklaşım gerek çevresel, gerek ekonomik anlamda ciddi sorunlar meydana getirmektedir. Buna karşın, sürdürülebilir tarım, organik tarım, ekolojik tarım vb. tarımsal uygulamalar doğayla bütünleşik niteliğe sahip olduklarından dolayı gelecekte çok daha fazla tercih edilir olacaktır. Modern teknolojideki ilerlemeler, toplumun sağlık ve gelişimini artan nüfus ve çevresel bozulmaya karşın sorunsuzca devam ettirebilmesi adına, bilim insanlarını tarımsal alanda yeni buluşlar ve metotlar üzerinde çalışmaya yönlendirmiştir. Böylece, kimyasal ve organik gübrelerle tam anlamıyla alternatif olmasa da önemli sayılabilecek birçok tamamlayıcı katkılarından dolayı biyogübreler, son zamanlarda gerçekleştirilen araştırma konularından biri haline gelmiştir.

Tarımsal üretimin ve sürdürülebilirliğin uzun yıllar sağlanabilmesi için toprakların organik madde kapsamalarının artırılması üreticiler açısından elzem niteliği taşımaktadır. Bununla birlikte, yanlış tarım uygulamaları veya çevresel faktörlerden dolayı toprak organik madde içeriği ve buna bağlı olarak toprak biyolojik faaliyetleri hızla azalmaktadır.

Bütün bunlar göz önüne alındığında, toprakların organik ve/veya biyolojik zenginliğini artırarak toprak verimlilik düzeylerinin iyileştirilmesi ve çevre sağlığının korunması, bunun yanında kullanımlarının artması ve yaygınlaşmasına katkı sağlanması adına biyolojik ve organik kökenli materyallerin değerlendirilmesi araştırmaya konu olarak seçilmiştir.

Bu çalışmada, farklı mikroorganizma (bakteri, alg ve mikorizal fungus) içeriğine sahip biyogübreler ile vermikompostun, bireysel veya farklı kombinasyonlarda, topraktaki agregat oluşumu ve agregat stabilitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, uygulama sonunda oluşacak makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içeriklerinin belirlenmesi ve agregat stabilitesi ile olan ilişkilerinin açıklanması çalışmanın ikincil hedefi olarak belirlenmiştir.

Bana bu konuda çalışma olanağı sunan, yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, hoşgörü ve tevazu sahibi danışmanım Sayın Doç. Dr. Erdem YILMAZ'a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi), bölümümüzün değerli hocalarına ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma, yüksek lisans eğitimi almamda beni teşvik eden değerli arkadaşlarım Zir. Müh. Erdal ÖNCEL ve Zir. Yük. Müh. Rüstem ÜSTÜN'e, tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Öğr. Gör. İsmail H. AKGÜN'e (Akdeniz Üniversitesi Elmalı M.Y.O.), Arş. Gör. Çağdaş DEMİREL'e (Çukurova Üniversitesi Zir. Fak.), Arş. Gör. Ahmet Şafak MALTAŞ'a (Akdeniz Üniversitesi Zir. Fak.) ve Zir. Müh. Yeliz GÖRGÜN'e, laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Sayın Zir. Müh. Aylin ÖZGÜR ZAMBAK'a (Akdeniz Üniversitesi Zir. Fak.) ve yüksek lisans eğitimlerini almakta olan öğrenci arkadaşlarıma sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın başından sonuna kadar maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, hiçbir zaman haklarını ödeyemeyeceğim sevgili annem Reyhan,

babam Rafet ve kardeşim Mert SÖNMEZ'e ve canımdan çok sevdiğim sevgili anneannem Sadiye ÖZEN'e minnet ve şükranlarımı sunarım.

Son olarak, projemi maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tohumculuk ve Tarımsal Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne ait seralarda çalışma imkanı sağlayan Merkez Müdürü Sayın Yrd. Doç. Dr. Cengiz İKTEN'e (Akdeniz Üniversitesi Zir. Fak.), çalışmada kullanılan biyolojik materyallerin teminine desteklerini esirgemeyen Sayın Nevzat KACAR'a (Merkez Anadolu Kimya Ltd. Şti.) ve Sayın Abdulkadir KILIÇ'a (Akademik Tarım Ltd. Şti.) teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI	3
2.1. Biyogübre	3
2.1.1. Biyogübrelerin sınıflandırılması ve genel özellikleri.....	4
2.2. Vermikompost	8
2.3. Toprak Agregat Oluşumu ve Stabilitesi	8
2.4. Biyogübre ve Vermikompostun Toprak Agregat Oluşumu ve Stabilitesi Üzerine Etkileri	11
3. MATERYAL ve METOT	22
3.1. Materyal.....	22
3.1.1. Araştırma alanı ve iklim özellikleri.....	24
3.2. Metot	26
3.2.1. Denemenin kurulması	26
3.2.2. Deneme süresince uygulanan yöntemler.....	28
3.2.3. Deneme sonunda uygulanan yöntemler	30
3.2.4. Deneme uygulamaları	30
3.2.5. Laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler	31
3.2.6. İstatistiksel analiz yöntemleri	34
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	35
4.1. Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Analiz Sonuçları	35
4.2. Biyogübre Uygulamalarının Agregat Oluşumu Üzerine Etkisi	36
4.3. Biyogübre Uygulamalarının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm Boyuta Sahip Agregatların Stabilitesi Üzerine Etkisi.....	44
4.4. Biyogübre Uygulamalarının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm Boyuta Sahip Agregatların Organik Karbon İçeriği Üzerine Etkisi	50
4.5. 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm Boyuta Sahip Agregatların Organik Karbon İçeriği ve Agregat Stabilitesi Arasındaki İlişki	57
5. SONUÇ	61
6. KAYNAKLAR	65
7. EKLER.....	84
EK-1. Biyogübre uygulamalarının agregat oluşumu üzerine etkilerine ilişkin t testi tablosu.....	84
EK-2. Biyogübre uygulamalarının agregat oluşumu üzerine etkilerinin karşılaştırılmasına ilişkin varyans analiz tablosu	94
EK-3. Biyogübre uygulamalarının 2-1 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkilerine ilişkin t testi tablosu	96
EK-4. Biyogübre uygulamalarının 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkilerine ilişkin t testi tablosu	98
EK-5. Biyogübre uygulamalarının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta	

sahip agregatların stabilitesi üzerine etkilerinin karşılaştırılmasına ilişkin varyans analiz tablosu	100
EK-6. Biyogübre uygulamalarının 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkilerine ilişkin t testi tablosu	101
EK-7. Biyogübre uygulamalarının 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkilerine ilişkin t testi tablosu	103
EK-8. Biyogübre uygulamalarının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılmasına ilişkin varyans analiz tablosu	105
EK-9. 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilite değerlerinin regresyon analizlerine ilişkin varyans analiz tablosu.....	106
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
Ψ	Su potansiyeli
$\leq$	Küçük eşit
$<$	Küçüktür
$>$	Büyüktür
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
da	Dekar
dk	Dakika
dS	Desisiemens
g	Gram
ha	Hektar
kg	Kilogram
kN m ⁻³	Birim ağırlık
L	Litre
log	Logaritma
M	Molarite
m	Metre
meq	Miliekivalent
ml	Mililitre
mm	Milimetre
μ m	Mikrometre
ppm	Milyonda bir birim
pH	Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi
t	Ton

Kısaltmalar

15:15:15	Üç 15 Kompoze Gübresi
ACC	1-aminoklopropan-1-karboksilat
AMF	Arbuskular Mikorizal Fungus
AÜZFAU	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisi
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
DTPA	Dietilen Triamin Pentaasetik Asit
EC	Elektriksel İletkenlik
EM	Ektomikorizal Fungus
EPS	Ekzopolisakkarit ya da Ekstrasellüler Polimerik Maddeler
GRSP	Mikorizal fungus tarafından üretilen, glomalin kaynaklı toprak proteini
IAA	Asetik Asit
KDK	Kasyon Değişim Kapasitesi
NH ₄	Amonyum
NH ₄ NO ₃	Amonyum Nitrat (%33'lük)
PGPR	Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteriler
H	Hidrojen

C	Karbon
O	Oksijen
N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Na	Sodyum
Fe	Demir
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Mn	Mangan

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. 1960-2009 yılları arası biyogübre ile ilgili bilimsel yayın miktarları.....	2
Şekil 2.1. Rizobakteriler tarafından topraktaki fosforun çözünmesi.....	4
Şekil 2.2. Strüktür oluşumunun tarımsal açıdan önemi	9
Şekil 2.3. Makro ve mikro boyutta agregat oluşum ve stabilitesini etkileyen fungal hif kaynaklı fiziksel, biyolojik ve biyokimyasal mekanizmalar	10
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan toprak materyaline ait örnekleme alanı	22
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan materyallerin fiziki görünüşleri	24
Şekil 3.3. Araştırmanın yürütüldüğü deneme serası	25
Şekil 3.4. a) Uygulama topraklarının serilmesi ve hava kuru duruma getirilmesi.....	26
b) Uygulama topraklarının 4 mm elekten elendikten sonra saksılara aktarılması	26
Şekil 3.5. Deneme öncesi toprağa mikoriza uygulaması	27
Şekil 3.6. a) Mısır fideleri	27
b) Mısır fidelerinin saksılara aktarılması	27
Şekil 3.7. Uygulama alanından bir görünüm	28
Şekil 3.8. Toprak yüzeyine mikoriza uygulaması	28
Şekil 3.9. a) Yüzey toprağında oluşan kaymak tabakasının kırılması	29
b) Yüzey toprağında oluşan kaymak tabakası.....	29
Şekil 3.10. Yapışkan tuzak ve uygulama alanındaki görünümü	29
Şekil 3.11. Mısır bitkilerinin toprak yüzeyinin hemen üstünden kesilmesi.....	30
Şekil 3.12. 90 günlük inkübasyon süresinin sonunda saksı içerisindeki deneme toprağının fiziksel ve kimyasal analizlere hazırlanması	30
Şekil 3.13. Toprak örneklerinin Rotar elek makinasında agregat büyüklük dağılım analizlerinin gerçekleştirilmesi	32
Şekil 3.14. “Eijkelkamp” marka ıslak eleme aleti kullanılarak gerçekleştirilen agregat stabilite analizi.....	32
Şekil 4.1. 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilitesi arasındaki ilişkiye dair regresyon analiz grafiği	58
Şekil 4.2. 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilitesi arasındaki ilişkiye dair regresyon analiz grafiği.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. N ₂ fikse edebilme yetenekleri aracılığıyla bitki gelişimini teşvik eden PGPR ve etkili oldukları konukçu bitkiler	5
Çizelge 2.2. Fitohormonlar üzerindeki etkileri ya da ürettikleri fitohormonlar aracılığıyla bitki gelişimini teşvik eden PGPR ve etkili olduğu konukçu bitki.....	5
Çizelge 2.3. Arbuskular mikorizanın bazı tarımsal ürünlere etkisi.....	7
Çizelge 3.1. Biyogübrelerin içerikleri	23
Çizelge 3.2. Vermikompostun kimyasal özellikleri	23
Çizelge 3.3. Araştırmanın yürütüldüğü deneme serasındaki haftalık ve aylık sıcaklık ortalamaları	25
Çizelge 3.4. Deneme uygulamaları ve dozları	31
Çizelge 4.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile makro ve mikro besin elementi içeriği	35
Çizelge 4.2. Uygulamaların agregat oluşumu üzerine etkileri	37
Çizelge 4.3. Uygulamaların agregat oluşumu üzerine etkilerinin karşılaştırılması	43
Çizelge 4.4. Uygulamaların 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkileri	45
Çizelge 4.5. Uygulamaların 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkilerinin karşılaştırılması.....	50
Çizelge 4.6. Uygulamaların 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkileri	51
Çizelge 4.7. Uygulamaların 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması	57
Çizelge 4.8. 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilitesi arasındaki ilişki	57
Çizelge 4.9. 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilitesi arasındaki ilişki.....	58

1. GİRİŞ

Dünya genelinde ortalama 7 milyar insan yaşamaktadır ve bu sayının 2020 yılına doğru yaklaşık 8 milyara çıkması beklenmektedir. Dünya nüfus artışının ve sanayileşmedeki giderek artan büyümenin bir sonucu olarak çoğalan çevresel zararlar dikkate alındığında, gelecek 10-20 yıl içerisinde insanları beslemenin büyük bir sorun olacağı ortadadır. Öyle ki, hızla büyüyen dünya nüfusunu beslemek için, tarımsal alanda hâlihazırda sahip olunan ve kimyasal gübre, herbisit, fungusit, insektisit vb. kullanımları kapsayan yaklaşımların birçoğunun yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir (Glick 2012). Nitekim geleneksel tarım sistemlerinde kimyasal girdilerin (gübre ve zirai mücadele ilaçları) yoğun olarak kullanılmasını takiben toprak verimliliği ve biyolojik çeşitlilik azalmakta, dahası yeni zararlı ve hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Böylesi bir durum toprak verimliliğinde düşüş, ürün kalite ve veriminde önemli kayıplara sebep olmaktadır (Okur ve Ortaş 2012).

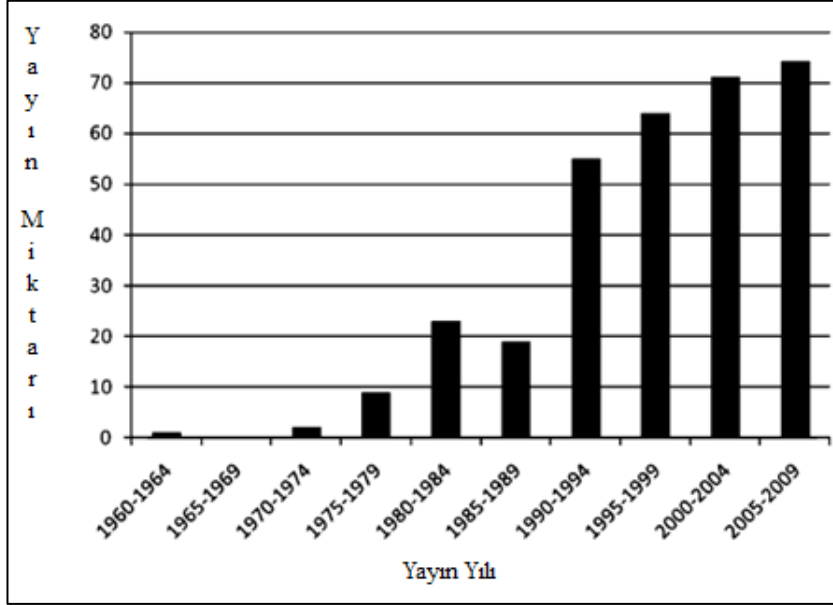
Toprak korunma ve bozulma süreçleri toprak ekosistemindeki biyolojik unsurlara bağlı bir şekilde devam etmektedir. Bu süreçlerin birer sonucu olarak değerlendirilen toprak sağlığı; bitki ve çevre sağlığı, gıda güvenliği ve kalitesini yakından etkilemektedir (Parr vd 1992, Halvorson vd 1997, Nielsen ve Winding 2002). Doran ve Safley (1997) tarafından, toprak sağlığı için ‘ekosistem ve arazi kullanım sınırları içerisinde önemli bir canlı sistem olarak işlevini yerine getirmesi, biyolojik üretkenliği sürdürmesi, hava ve su ortamının kalitesini geliştirmesi, ayrıca insan, hayvan ve bitki sağlığını muhafaza etmesi için toprağın süregelen kapasitesi’ tanımlanmıştır. Toprak kalitesinin devamlılığındaki önemin anlaşılmasıyla birlikte, bunu sağlamak adına yeni kavramlar ve uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Örnek kavramlardan biri olarak sürdürülebilir tarım, gelecek için çevresel kalitenin devamlılığını ve doğal kaynakların muhafazasını sağlarken, diğer yandan insan ihtiyaçlarının karşılanması adına tarımsal kaynakların başarılı bir şekilde yönetimini gerektirir; dolayısıyla toprak verimliliğinin aynı zamanda toprağın fiziko-kimyasal özelliklerinin optimum kullanım ve idaresini zorunlu kılar. Toprağın fiziko-kimyasal özellikleri ve verimliliği toprak biyolojik süreç ve çeşitliliği ile yakından ilişkili unsurlardır ki bu da toprak biyolojik aktivitesini çoğaltan, böylece toprak performansını ve ürün sağlığını uzun süre destekleyen işletme uygulamalarına dikkat çeker (Singh vd 2011).

Okur ve Ortaş (2012), günümüz dünyasının ele aldığı yeni tarımsal üretim tekniklerinin, tamamen ürün kalitesini baz alan organik, ekolojik vb. tarım sistemleri aracılığıyla toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğini hedef aldıklarını bildirmiştir. Öyle ki, ekosistem ve doğal kaynakların devamlılığını korumaya yönelik artan merak tarımsal üretimde kullanılabilir yeni alternatifler üzerinde çalışılmasına sebep olmuş, çeşitli uygulamalar sunmuştur. Doğadan aldığını tekrar doğaya kazandıran biyogübre uygulamaları da bunlardan sadece biridir.

Adesemoye vd (2009), biyogübre ile ilgili akademik çalışmaların son yirmi yılda istikrarlı bir şekilde arttığını bir bilimsel kaynak veritabanı üzerinde yaptığı arama ile bildirmiştir (Şekil 1.1).

Biyogübrelemeye olan ilgi son yıllarda ülkemizde de yaygınlaşmaya başlamış, çalışmalar hız kazanmıştır. Faydalı mikroorganizmaların bitki gelişimine dolaylı ya da

dolaysız katkılarına dair birçok yerli çalışma ve kaynak bulmak mümkünken (Akpınar vd 2002, Çakmakçı 2005a, Çakmakçı 2005b, Çakmakçı vd 2007, Yücel 2007, Çakmakçı 2009, Ünlü ve Padem 2009, Yılmaz ve Gül 2009, Çetinkaya ve Dura 2010, Çakmakçı vd 2012, Kara ve Bağçevli 2012, Özyılmaz ve Benlioğlu 2012) bu mikroorganizmaların toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkilerini konu alan çalışmalar ülkemizde yok denecek kadar azdır.



Şekil 1.1. 1960-2009 yılları arası biyogübre ile ilgili bilimsel yayın miktarları (Adesemoye vd 2009)¹

Bu yaklaşımdan yola çıkılarak hazırlanan çalışmada, literatüre katkı sağlamasının yanında biyogübrelerin daha fazla tanınması, üretilmesi ve kullanımının yaygınlaşmasına destek olmak üzere, piyasada ticari olarak bulunan farklı mikroorganizma içeriğine sahip biyogübreler ile vermikompostun, bireysel veya farklı kombinasyonlarda, toprağın fiziksel verimlilik parametrelerinden olan agregat oluşumu ve agregat stabilitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, uygulama sonunda oluşacak makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içeriklerinin belirlenmesi ve agregat stabilitesi ile olan ilişkilerinin açıklanması çalışmanın ikincil hedefi olarak belirlenmiştir.

¹ Şekil 1.1'deki grafiğin, "ISI Web of Science" veritabanı esas alınarak, Mayıs 2009 yılında "microorganisms and fertiliser use efficiency" anahtar kelimesi ile arama sonucu elde edildiği bildirilmiştir (Adesemoye vd 2009).

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

Verimli bir toprak denildiğinde akla ilk olarak, organik madde miktarı ve biyolojik aktivitesi yüksek, bitki köklerinin kolaylıkla hareket edebildiği ve yüzeyde suyun kolaylıkla infiltre olabildiği, ufalanabilir stabil agregatlara sahip bir toprak yapısı gelmektedir (Lewandowski ve Zumwinkle 1999). Bu yüzden, toprağın verimli bir şekilde sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştiren uygulamalara gereksinim vardır. Burada, biyolojik aktivite ve organik madde miktarını artırarak toprak verimliliğine katkı sağlayacağı düşünülen biyogübreler ve vermikomposttan, ayrıca toprak fiziksel özelliklerinden olan agregatlaşma ve agregat stabilitesinden bahsedilecek ve bu alanda yapılan çalışmalara değinilecektir.

2.1. Biyogübre

Topraktaki biyolojik aktivite çoğunlukla yüzey toprağında yoğunlaşmıştır. Biyolojik unsurlar toplam toprak hacminin çok küçük bir kısmını (<%0.5) kapsarlar ve topraktaki toplam organik maddenin %10'dan daha azını meydana getirirler. Bu biyolojik ögeler başlıca toprak organizmalarından, özellikle de mikroorganizmalardan oluşmaktadır. Topraktaki önemsiz sayılabilecek varlıklarına rağmen, mikroorganizmalar nitrojen, kükürt ve fosfor döngüsü ile organik kalıntıların ayrışmasında anahtar rol oynarlar ve böylece küresel ölçekte besin ve karbon döngüsüne etki ederler (Pankhurst vd 1997, Nielsen ve Winding 2002). Çoğu kez tahmin edilemez doğalarının ve biyosentetik kapasitelerinin benzersiz oluşu mikroorganizmaları hem yaşam bilimlerinde hem de diğer alanlarda özellikle zor problemleri çözmek üzere uygun adaylar haline getirmiştir (Higa ve Parr 1994). Kimyasal gübre ve pestisitlerin kullanımından kaynaklanan problemlerin –ekonomik boyutlarının yanında çevreye olan su götürmez zararlar– ortadan kaldırılmasında mikroorganizmaların kullanışlı olduklarının bilinmesinden bu yana, tarımsal sürdürülebilirlik adına biyolojik alternatifler araştırılmış, geliştirilmiş ve uygulandıkları koşullara adaptasyon sağlamalarına dair çalışmalar hız kazanmıştır. Ticari gübre uygulamalarını olabildiğince azaltmak, aynı zamanda bitki gelişimini en üst seviyeye çıkarmak amacıyla rizosferden elde edilen mikrobiyal kültürler özellikle organik tarımda yaygın bir şekilde tercih edilir olmuştur (Higa 1991, Parr vd 1994, Higa ve Parr 1994, Çakmakçı 2005a).

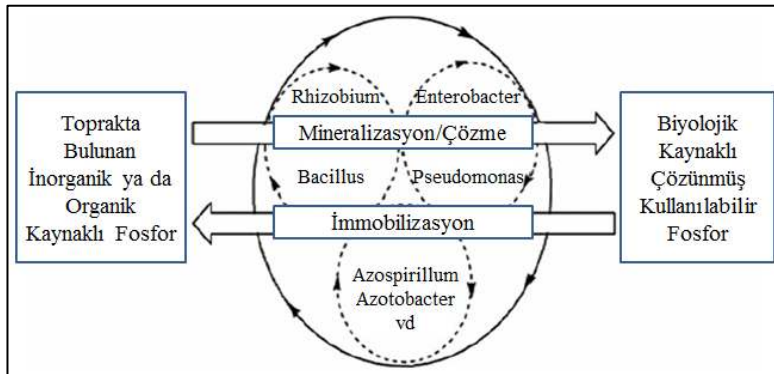
Biyogübre, aktif ya da pasif durumdaki bakteri, fungus, aktinomiset ve alg gibi mikroorganizmaları tekli veya kombine halde bünyesinde bulunduran ürünler için kullanılan kapsamlı bir terimdir. Bunun yanında, biyogübreler “biyo-inokulantlar” ya da “mikrobiyal kültürler” olarak da bilinmektedirler. Biyogübre terimi yaygın bir şekilde kullanılıyor olsa da, aslında yanlış adlandırılmıştır; bunun nedeni, gübrelerin genel anlamda kullanım amacının bitkinin ihtiyaç duyduğu besin elementlerini karşılamak olmasının yanında biyogübrelerden yararlanmadaki sebebin temelde bu olmayışdır (yeşil gübre olarak kullanılan *Azolla*'nın dışında). Onların uygulanmasındaki esas amaç; bitki gelişimini teşvik edici maddelerin salgılanması, atmosferik N fiksasyonuna destek, toprak besinlerini çözerek ve mobil hale getirerek bitkinin besin statüsünü iyileştirmek denilebilir (Vessey 2003, Roy vd 2006). Daha açık bir ifadeyle biyogübreler; toprak, tohum ya da bitki yüzeylerine uygulandığında içerdiği canlı mikroorganizmaların rizosfer ya da bitki içerisinde kolonileşmesiyle konukçusu olduğu bitkiye temel besinlerin sağlanmasında artış gerçekleştirerek gelişimi teşvik

eden biyolojik maddelerdir (Vessey 2003).

2.1.1. Biyogübrelerin sınıflandırılması ve genel özellikleri

Roy vd (2006) biyogübrelerin; N-fikse edici biyogübreler (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Clostridium* ve *Acetobacter* bakterileri, mavi-yeşil algler (siyanobakteriler) ve *Azolla* bitkisi (mavi-yeşil alg ile simbiyoz halindeki eğrelti otu)), P-çözücü/taşıyıcı biyogübreler (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Aspergillus* ve vesikular arbuskular mikoriza (VAM ya da AM) gibi bakteri ve funguslar), kompost hızlandırıcılar (selülotik (*Trichoderma*) ve lignolitik (*Humicola*) funguslar) ve bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (*Pseudomonas* cinsi içinde yer alırlar) olmak üzere toplam 4 kategori içinde sınıflandırılabilirliğini bildirmişlerdir. Bunun yanında, Çakmakçı (2005b); *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Rhizobium*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerinin de bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) olarak kullanıldığını bildirmiştir.

Biyogübre olarak tercih edilen ve bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR), konukçusu olduğu bitkinin gelişiminin uyarılmasına sebep olan çok çeşitli toprak bakterilerini ifade ederler. Diğer yandan bütün PGPR'lerin biyogübre olarak addedilmemesi gerekmektedir. Bunun nedeni zararlı mikroorganizmaları kontrol ederek bitki gelişimini teşvik eden bakterilere biyogübre değil, biyopestisit denmesidir. Bunun yanında, bazı PGPR'lerin hem biyogübre hem de biyopestisit gibi davranarak bitki gelişimini teşvik ettiği görülür. Örnek olarak, Bevivino vd, *Burkholderia cepacia* türünün *Fusarium* spp.'ye karşı biyokontrol özelliğine sahip olduğunu, aynı zamanda siderofor üretimiyle demir-noksan koşullarda mısırın gelişimini uyardığını göstermiştir (Vessey 2003). Bu durum daha çok PGPR'nin dolaylı mekanizmalarından biri olarak görülebilir. Glick tarafından, bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin direkt mekanizmaları (bitkinin topraktan kaldırması için biyolojik olarak kullanılabilir fosforun sağlanması ve azot fiksasyonu, demirin sideroforlar vasıtasıyla bitkiler için alınabilir formda muhafazası, auksin, sitokin, ve giberellin gibi bitkisel hormonların üretilmesi ve bitki etilen düzeyinin azaltılması (Şekil 2.1, Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2)) ve dolaylı mekanizmaları (patojenik bakterilere karşı antibiyotik koruma, rizosferdeki fitopatojenlerin kullanılabileceği demiri indirgeme, fungal hücre duvarını parçalayan enzimleri sentezleme ve bitki kök bölgesindeki zararlı mikroorganizmalarla rekabet) aracılığıyla bitki gelişimini olumlu yönde etkiledikleri bildirilmiştir (Lucy vd 2004).



Şekil 2.1. Rizobakteriler tarafından topraktaki fosforun çözünmesi (Khan vd 2009)

Çizelge 2.1. N₂ fikse edebilme yetenekleri aracılığıyla bitki gelişimini teşvik eden PGPR ve etkili oldukları konukçu bitkiler (Vessey 2003)

PGPR	Bitki	Kaynaklar
<i>Azospirillum</i> sp.	Mısır	de Salamone vd 1996
	Çeltik	Malik vd 1997
	Buğday	Boddey vd 1986
<i>Azoarcus</i> sp.	Sorgum	Stein vd 1997
	Çeltik	Egener vd 1999
<i>Azotobacter</i> sp.	Mısır	Pandey vd 1998
	Buğday	Mrkovacki ve Milic 2001
<i>Bacillus polymyxa</i>	Buğday	Omar vd 1996
<i>Burkholderia</i> sp.	Çeltik	Baldani vd 2001
Cyanobacteria*	Çeltik	Hashem 2001
	Buğday	Obreht vd 1993
<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i>	Sorgum	Isopi vd 1995
	Şekerkamışı	Boddey vd 2001
		Sevilla vd 2001
<i>Herbaspirillum</i> sp.	Çeltik	James vd 2002
	Sorgum	James vd 1997
	Şekerkamışı	Pimentel vd 1991

*Çoğunlukla *Anabaena* ve *Nostoc* cinsleridir.

Çizelge 2.2’de görüleceği gibi, bakterilerin ürettikleri 1-aminoklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaze enzimi ile bitki etilen hormonunu ayarlayarak bitki büyüme ve gelişimini değiştirmede önemli rol oynadıkları bildirilmiştir (Çakmakçı 2009).

Biyogübre olarak kullanılan bir diğer mikroorganizma grubu ise mikorizal funguslardır. Demir tarafından, mikorizalar ile ilgili yapılan araştırmaların, bitkiye sağladığı katkılarının önemi açısından, özellikle endomikorizal yaşam şekilleri içinde yer alan arbuskular mikorizal (AM) funguslar üzerine gerçekleştirildiği bildirilmiştir (Palta vd 2010).

Arbuskular mikorizal funguslar, toprak mikro canlılarının temel unsurlarındandır ve rizosferdeki diğer mikroorganizmalar ile etkileşim halindedirler. Bu bağlamda, AM oluşumu bitki fizyolojisini ve rizosfer toprağındaki birtakım besinsel ve fiziksel özellikleri değiştirir. Mikorizosfer etkisi ile gerçekleşen bu değişim dolayısıyla, mikroorganizmalar tarafından rizosfer toprağındaki kolonizasyon yapısı da etkilenir. Böylece arbuskular mikorizal funguslar mikorizosferdeki mikroorganizmalarla etkileşime girerek toprak özellikleri ve kalitesini etkilemektedirler (Bowen ve Rovira 1999, Gryndler 2000, Jeffries vd 2003).

Çizelge 2.2. Fitohormonlar üzerindeki etkileri ya da ürettikleri fitohormonlar aracılığıyla bitki gelişimini teşvik eden PGPR ve etkili olduğu konukçu bitki (Vessey 2003)

Üretilen Madde	PGPR	Bitki	Kaynaklar
IAA (Asetik Asit)	<i>Aeromonas veronii</i>	Pirinç	Mehnaz vd 2001
	<i>Agrobacterium</i> sp.	Marul	Barazani ve Friedman 1999
	<i>Alcaligenes piechaudii</i>	Marul	Barazani ve Friedman 1999
	<i>Azospirillum brasilense</i>	Buğday	Kaushik vd 2000
	<i>Bradyrhizobium</i> sp.	Turp	Antoun vd 1998
	<i>Comamonas acidovorans</i>	Marul	Barazani ve Friedman 1999
	<i>Enterobacter cloacae</i>	Pirinç	Mehnaz vd 2001
	<i>Enterobacter</i> sp.	Şeker kamışı	Mirza vd 2001
	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Turp	Antoun vd 1998
Sitokinin	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	Buğday	Timmusk vd 1999
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Soya fasulyesi	de Salamone vd 2001
	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Çam Kolza-Marul	Bent vd 2001 Noel vd 1996
Giberellin	<i>Bacillus</i> sp.	Kızılağaç	Gutierrez-Manero vd 2001
ACC deaminaze	<i>Alcaligenes</i> sp.	Kolza	Belimov vd 2001
	<i>Bacillus pumilis</i>	Kolza	Belimov vd 2001
	<i>Enterobacter cloacae</i>	Kolza	Saleh ve Glick 2001
	<i>Pseudomonas cepacia</i>	Soya Fasulyesi	Cattelan vd 1999
	<i>Pseudomonas putida</i>	Mung fasulyesi	Mayak vd 1999
	<i>Pseudomonas</i> sp.	Kolza	Belimov vd 2001
	<i>Variovorax paradoxus</i>	Kolza	Belimov vd 2001

Yunanca mykes (mantar) ve rhiza (kök) anlamına gelen sözcüklerden oluşan ve ‘kök mantarı’ anlamına gelen mikoriza terimi ilk kez 1885 yılında orman patolojisti olan A.B. Frank tarafından bitki kökleri ile bazı fungus türlerinin ortak yaşamları sonucu oluşturdıkları yapıları tanımlamak amacıyla kullanılmıştır (Okur ve Ortaş 2012). Bu iki canlı arasındaki etkileşim sonucu, mikorizaların hifleri vasıtasıyla bitkinin gerek duyduğu besin elementlerinden başta fosfor (P) olmak üzere, çinko (Zn), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn), azot (N) ve potasyumun (K) alımında etkili oldukları; bitkinin kuraklık, aşırı tuzluluk, pH, toprak bozunumu ve ağır metaller gibi abiotik etkenlerden doğacak olumsuzluklara karşı toleransını arttırdığı; ayrıca konukçusunun direncini güçlendirerek toprak kökenli patojenlere karşı toleransını artırıcı etkiye sahip oldukları yapılan birçok çalışmada bildirilmiştir (Ocak ve Demir 2012, Okur ve Ortaş 2012, Demirözer ve Özgönen 2013). Küçük ve Güler (2009) tarafından bildirilen, arbuskular mikorizanın tarımsal ürünler üzerinde gerçekleştirdiği etkilere dair yapılan bazı çalışmalar Çizelge 2.3’te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Arbuskular mikorizanın bazı tarımsal ürünlere etkisi (Küçük ve Güler 2009)

Bitki	Etki	Kaynak
Patlıcan	Verim artışı	Hodge 2000
Hıyar	Verim artışı	Hodge 2000
Pırasa	Verim artışı	Hodge 2000
Domates	Verim artışı, kuraklığa dayanıklılık	de la Noval vd 2007
Marul	Bitki gelişimini teşvik etme	Hodge 2000
Kuşkonmaz	Bitki gelişimini teşvik etme	Matsubara vd 1994
Patlıcan	Hastalıklara karşı dayanıklılık	Karagiannidis vd 2002

Ayrıca, Tisdall tarafından, bazı mikorizal fungusların miselleri vasıtasıyla toprak agregatlarını bir arada tuttukları ve salgıladıkları enzimler ile toprak strüktürünün daha iyi oluşmasına katkıda bulundukları bildirilmiştir. Kapulnik ve Douds, AMF hiflerinin yapıları itibarıyla (kalın ve büyük çapta olmasından dolayı) toprakta uzun müddet kalabildiğini, Tisdall ve Oades ise AMF hiflerinin konukçu bitkinin ölümünden sonra dahi (22 haftaya kadar) agregat stabilitesi üzerindeki etkinliğini devam ettirebildiklerini bildirmişlerdir (Palta vd 2010).

Biyogübre üretimindeki farklı tekniklerden biri olan etkin mikroorganizma (EM) kavramı ise ilk olarak Japon bilim adamı Teruo Higa tarafından geliştirilmiş ve öne sürülmüştür (Higa 1991). Etkili mikroorganizmalar, toprak ve bitkilerin mikrobiyal çeşitliliğini arttırmak için inokulantlar olarak uygulanabilen, faydalı ve doğal halde bulunan organizmaların karışık kültürlerinden oluşmaktadır. EM'deki mikroorganizma grubunda çoğunlukla mayalar ve laktik asit bakterileri, daha az sayıda ise aktinomisetler, fotosentetik bakteriler ve diğer toprak organizmaları yer almaktadır (Higa ve Parr 1994). Bahsi geçen etkili mikrobiyal toplulukların toprak ekosistemine inokulasyonu sonucu toprak kalitesi ve sağlığında, ürün gelişim, verim ve kalitesinde artış meydana geldiği aynı şekilde Higa ve Parr (1994) tarafından bildirilmiştir. Etkin mikroorganizmaların daha çok, pestisitlerin biyokontrolü, ürün artıklarının geri dönüşümü, koruyucu çiftçilik uygulamaları, organik ıslah uygulamaları, ürün rotasyonu vb. tarımsal uygulamalarda yarar sağlayarak verim artışını destekledikleri Karaçal ve Tüfenkçi (2010) tarafından bildirilmiştir.

Higa ve Parr (1994), faydalı mikroorganizmaların toprak ve bitkideki fonksiyonlarını; atmosferik azot fiksasyonu, organik atık ve kalıntıların ayrışımı, toprak kökenli patojenleri baskılama, bitki besinlerinin kullanılabilirliğini artırma ve geri kullanımı, pestisitleri içeren toksik maddeleri indirgeme, antibiyotik ve diğer biyoaktif bileşiklerin ve bitkinin alımı için basit organik moleküllerin üretimi, ağır metalleri kompleks forma dönüştürerek bitki tarafından alınmasını kısıtlama, çözünmez besin kaynaklarının çözünmesi ve toprak agregat oluşumunu arttırmada etkili polisakkaritlerin üretilmesi olarak belirlemişlerdir.

2.2. Vermikompost

Parthasarathi, huminleşmeyi organik maddenin niteliksel ve niceliksel değişimi ve böylece humin madde oluşumu olarak nitelemiş, solucanların da mikroorganizmalarla birlikte bu olayda görev aldıklarını ifade etmiştir (Tavalı 2011). Son yıllarda ilgi gören vermikompostun (solucan gübresi), organik materyallerin solucanlar kullanılarak humus benzeri materyallere dönüştürülmesi ile elde edildiği Garg vd tarafından bildirilmiştir; Arancon vd vermikompostlaşma işlemini, solucanlar ve mikroorganizmalar arasındaki interaksiyon vasıtasıyla organik materyallerin non-thermofilik biyodegradasyonu ve stabilizasyonu olarak açıklamışlardır (Çıtak vd 2011).

Birçok araştırmacı tarafından, solucan türlerinden *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Dendrobaena veneta*, *Lumbricus rubellus* ve *Perionyx excavatus*'un organik atıkları indirgemek için yapılan vermikompost çalışmalarında en iyi sonuçları verdikleri bildirilmiştir (Türkay 2010).

Organik atığın solucanın bağırsağından geçişi sırasında solucanların ve mikrobiyal aktivitenin kombine etkisi ile fizikokimyasal ve biyokimyasal değişikliklere uğradığı ve bu durumun solucanların bağırsak mikroflorası tarafından salgılanan ekstrasellüler enzimlerden ileri geldiği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Tavalı 2011). Maboeta ve Rensberg, solucanların organik atıkları mikrofloranın yardımı ile bitkiler için çok daha kullanışlı formlara dönüştürdüklerini bildirmiştir (Tavalı 2011).

Parkin ve Berry, vermikompostun toprağa göre mineral N bakımından daha zengin olduğunu, komposta kıyasla daha düşük bir C:N oranına ve pH değerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Gark vd; tekstil atıkları, inek ve at gübresi karışımlarından elde edilen vermikompostun pH, EC ve C:N oranının düşük, fosfor içeriğinin ise yüksek olduğunu belirtmişlerdir (Tavalı 2011). Erşahin (2008) tarafından, aerobik kompost ile vermikest sistemini karşılaştıran çalışmalarda, solucanların hem organik madde mineralizasyonunu hem de polisakkaritlerin parçalanmasını hızlandırmakta, humifikasyonu arttırmakta ve ağır metallerin biyolojik kullanılabilirliğini azaltmakta olduğu ifade edilmiştir.

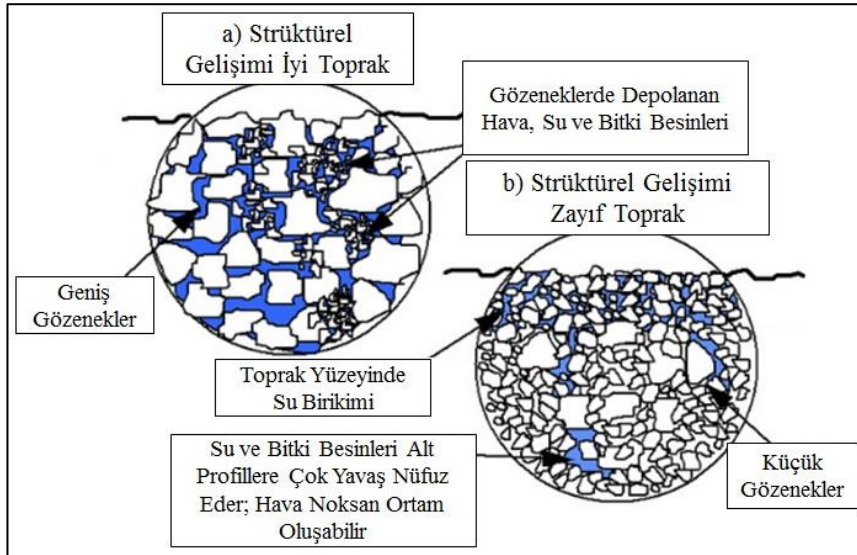
Birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarda, vermikompost uygulanan alanlarda toplam mikrobiyal faaliyetlerin ve bitki köklerindeki mikorizal kolonizasyonun arttığı ve bunun yanında toprak kaynaklı patojenlerin baskılandığı bildirilmiştir (Shobha ve Kale 2008).

2.3. Toprak Agregat Oluşumu ve Stabilitesi

Toprak agregatları, birbirlerine çevresindeki parçacıklardan çok daha güçlü bir şekilde bağlanan primer tanecikler kümesi olarak ifade edilir (Kemper ve Rosenau 1986). Tisdall ve Oades (1982), toprak agregatlarını boyutlarına göre başlıca üç düzeyde sınıflandırmıştır: (i) <2 µm boyutundaki kil agregatları, (ii) 2-250 µm boyutundaki mikroagregatlar, (iii) >250 µm boyutundaki makroagregatlar. Toprak agregatları, Bronick ve Lal'ın belirttiği gibi, toprak sütrüktürünün başlıca bir bileşeni olup, gözeneklerin devamlılığı, infiltrasyon ve toprağın su tutma kapasitesi üzerinde etkilidirler (Leifheit vd 2014).

Mikroagregatlar primer toprak taneciklerinden ve daha küçük mikroagregatların birleşiminden oluşmaktadır. Mikroagregatların oluşumunda yer alan birleştirici faktörler; huminleşmiş organik materyal (organik polimerler), çok değerlikli metaller veya katyonlar, bitki kökleri veya fungal hifler, polisakkaritler, bitkisel veya mikrobiyal atıklar, amorf demir ve alüminyum oksitlerdir. Makroagregatlar ise mikroagregatların bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Makroagregatların oluşumunda yer alan birleştirici faktörler ise; fungal hifler, saçak kökleri, polisakkaritler, demir ve alüminyum oksitlerdir (%10'dan daha fazla demir ve alüminyum oksit içeren topraklarda) (Anonymous 2001).

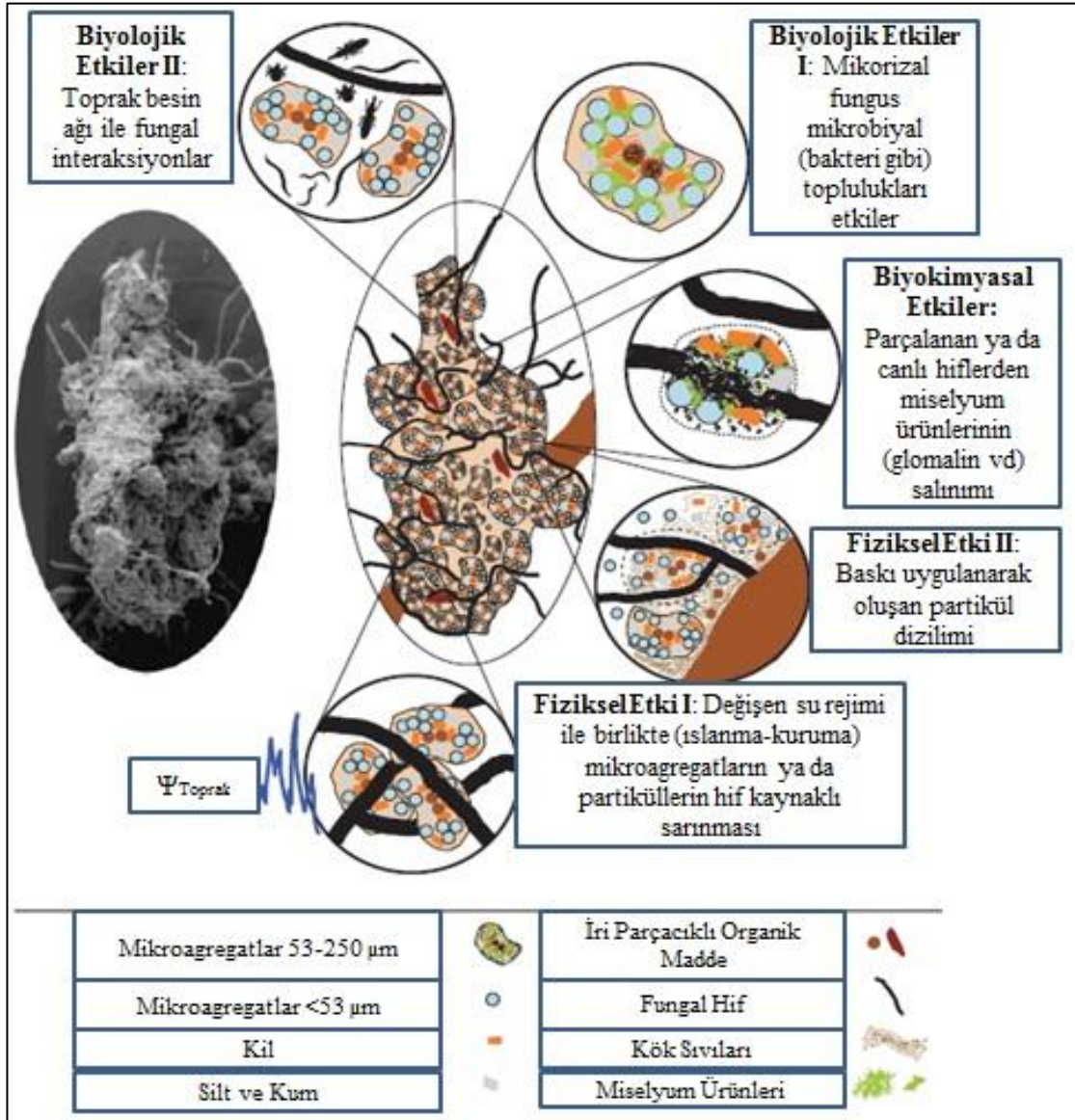
Dinel vd, toprakların verimlilik potansiyellerini etkileyen önemli unsurlardan biri olan toprak agregatlaşmasının; tohum-toprak arasındaki ilişki, hidrolik iletkenlik, kök gelişimi ve solunumu, topraktaki gaz değişimi ve sonuç olarak bitkinin gelişimi açısından önemli olduğunu ifade etmişlerdir (Yılmaz vd 2005). Tate, topraklardaki agregatlaşmanın, toprakların su tutma ve havalanma kapasitesi, suyun ve havanın toprak içerisindeki hareketi, kök gelişimi ve dağılımı, mikrobiyal toplulukların aktivitesi gibi toprak özellikleri üzerine etkili olduğunu; agregat stabilitesinin ise daha çok toprak erozyonunun önlenmesi üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir (Yılmaz ve Alagöz 2005). Özkan, toprakta bitki gelişimi için uygun hava ve su düzeninin sağlanmasının iyi bir toprak strüktürü oluşumuna bağlı olduğunu, bu oluşumun devam ettirilmesi için ise sadece agregatlaşma değil, bu agregatların dış etkilere karşı dayanıklılığının da olması gerektiğini bildirmiştir (Baran vd 1996). Strüktür gelişimi iyi ve zayıf olan iki toprak arasındaki fark Şekil 2.2'de gösterilmektedir. Tate, toprakta meydana gelen agregat oluşumu ve stabilitesinin; mikrobiyal topluluklar, topraktaki organik ve inorganik mineraller, yüzeyde birikmiş olan bitkisel atıkların doğası ve ekosistemdeki değişikliklere bağlı olabileceğini bildirmiştir (Yılmaz ve Alagöz 2005).



Şekil 2.2. Strüktür oluşumunun tarımsal açıdan önemi (DEPI)

Toprak taneciklerinin stabil agregatlar halinde mikrobiyolojik yollarla bağlanmasını çeşitli bakteri, mantar, maya, streptomisetler ve algler sağlamaktadır. Bakteri, mantar ve aktinomisetler teksele toprak tanelerini bağlayıcı ve çimentolayıcı etkileri ile bir arada tutarak agregat oluşumuna yardım ederler (Baran vd 1996).

Tisdall ve Oades'in (1982) ortaya attığı agregat büyüklük hiyerarşisini takiben, AMF (arbuskular mikorizal fungus) ve diğer fungusların makro (>250 μm) boyuttaki agregatların oluşumu ve stabilizasyonunda etkili olduğu; bakteri, polisakkarit ve organo-mineral komplekslerinin ise mikroagregatlar (<250 μm) üzerinde etkili olduğu varsayılır (Rillig ve Mummey 2006, Leifheit vd 2014). Makro ve mikro boyutta agregat oluşum ve stabilitesini etkileyen fungal hif kaynaklı fiziksel, biyolojik ve biyokimyasal mekanizmalar Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Makro ve mikro boyutta agregat oluşum ve stabilitesini etkileyen fungal hif kaynaklı fiziksel, biyolojik ve biyokimyasal mekanizmalar (Rillig ve Mummey 2006)

Toprak agregasyonu, yeniden oluşabilecek başarılı ve sürdürülebilir bir biyolojik kolonizasyon için toprak yapısı ve işlevinin yeniden oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Mikorizal funguslar, koruyucu bir bitki örtüsü gelişimini teşvik eden kilit oyuncular, bitki gelişimine hız ve artış kazandırır; ayrıca, toprak ve eğim stabilitesi

üzerine biyolojik etkilerin ölçülmesi açısından uygun bir indikatör olarak son zamanlarda ileri sürülen toprak agregat stabilitesine katkı sağlarlar (Graf ve Frei 2013).

Toprak partiküllerinin stabil agregatlar içine bağlanması, monosakkarit veya polisakkaritlerin toprağa bitki kalıntısı, mikrobiyal metabolitler ya da basit karbonhidratlar şeklinde ilave edilmesiyle artmaktadır. Mikrobiyal polisakkaritler toprak agregat stabilitesini geliştiren en etkili organik faktörlerden biridir; fakat bu polimerlerin toprak partiküllerinin stabilizasyonundaki etkinliği, mikrobiyal türler, halihazırdaki popülasyon miktarı ve genel çevresel koşullara göre önemli ölçüde değişiklik göstermektedir (Martens ve Frankenberger 1992). Birçok bakteri hücre yüzeyini kaplayan bir polisakkarit veya glikoprotein tabakası üretir. Bazısı ince bir tabaka oluştururken, bazısı bakteri hücresinden su kaybını azaltabilen jelatinimsi kalın bir kapsül meydana getirir. Bakteriler bu kapsülleri biyofilmleri oluşturarak strüktürlere tutunabilmede kullanırlar. Ayrıca, bu maddeler kum, silt ve kil partiküllerini stabil mikroagregatlara yapıştırmada önemli rol oynarlar (Hoorman 2011).

2.4. Biyogübre ve Vermikompostun Toprak Agregat Oluşumu ve Stabilitesi Üzerine Etkileri

Bitkinin toprakta iyi bir gelişim sağlayabilmesi, diğer koşulların yanında önemli derecede yetiştiği toprak ortamının fiziksel özellikleri ile ilişkilidir. Toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmede ve sürekliliğini sağlamada en fazla başvurulan yöntemlerden biri ise organik materyallerin uygulanmasıdır (Bender vd 1998). Özkan tarafından, toprak organik maddesinin agregat oluşumunda önemli bir rol oynadığı; ancak bu durumun organik maddeden daha çok organik maddenin mikrobiyal ayrışması ile ilgili olduğu bildirilmiştir (Baran vd 1996). Toprakta 0.25 mm'den küçük agregatların meydana gelmesinde organomineral madde kompleksleri ve polisakkaritler önemli bir rol oynamaktadırlar. Bu bağlayıcılarla oluşan agregatlar oldukça stabildir ve toprak işleme veya bundan kaynaklanan organik madde değişiminden etkilenmezler. Daha büyük toprak agregatları ise esas olarak bitki kökleri, bakteri ve mantar miselleri tarafından oluşturulurlar. Bu yolla oluşan agregatların stabilitesi bitki kök yoğunluğunun ve mikroorganizma aktivitesinin azalması ile zayıflar (Özdemir ve Canbolat 1997).

Ram vd (1994), mavi-yeşil alg ile simbiyotik ilişki içerisindeki *Azolla* bitkisinin çeltik yetiştirilen kumlu tın toprağa ilavesi ile toprak partiküllerinin agregatlaşması, toprak strüktürü ve geçirgenlik gibi toprağın bazı fiziksel özelliklerinde artışa sebep olduğunu göstermişlerdir.

Lalande vd (1998), bitki sürgünlerinin budanması ile elde edilen talaşın tın bünyeye sahip toprağa uygulanması ile birlikte 20 hafta boyunca bakteri, mantar ve aktinomiset popülasyonu, mikrobiyal biyokütle ve aktivitesi izlenerek topraktaki suya dayanıklı agregat stabilitesini nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Çalışmada, talaş ilavesinin hızlı bir biçimde (8 hafta içerisinde) aktinomiset ve bakteriyel popülasyonu teşvik ettiği, daha sonraki dönemlerde ise bu etkinin zamanla azaldığı ve giderek kaybolduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, en önemli ve en uzun etkinin birbirini takip eden iki yıl içinde mantar popülasyonunda gerçekleştiğini ve bu ilerlemenin suya dayanıklı agregat stabilitesinde de geniş değerlerde ve önemli bir düzeyde artışa neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Hadas vd tarafından; bakteri, mantar ve organik madde ilavesinin agregat stabilitesi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, 12 haftalık deneme süresince bakterilerin ilk üç hafta içinde yeniden takviye edilmesine bağlı olarak agregasyonu arttırdığı bildirilmiştir. Üç haftanın sonunda ise agregasyonun azalarak durduğunu, mantar ve C:N oranı yüksek organik madde ilave edilmiş topraklardaki agregat stabilitesinin ise 6. haftadan sonra artış gösterdiği belirtilmiştir (Baran vd 1996).

Plante ve Voroney tarafından, yağlı atık uygulamalarının tarımsal faydalarının araştırıldığı çalışmada, uygulamaların topraktaki strüktürel yapının gelişiminde direkt olarak sorumlu olmadıklarını, etkilerinin daha çok dolaylı yollardan gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Çalışma sonunda topraktaki mikrobiyal biyokütle karbonda artış sağlandığını ve bu artışın kontrol örneklerinden beş kat daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca mikrobiyal ürünlerin toprak parçacıklarını birleştirici kabiliyetlerinin uzun süre devam etmesi ile birlikte mikrobiyal canlıların agregat artışından birinci derecede etkili olduklarını ifade etmişlerdir (Yılmaz ve Alagöz 2005).

Bossuyt vd (2001) tarafından agregatlaşma gibi fiziksel toprak işlemlerinin hem rezidü (kalıntı) kalitesi hem de toprak mikrobiyal topluluklarının yapısından önemli derecede etkilendiğini bildirmiştir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada, (i) agregat oluşumundaki geçici dinamikler ve elde edilen agregatların suya dayanıklılığını, (ii) rezidü kalitesinin agregatlaşma ve mikrobiyal respirasyon üzerine etkilerini ve (iii) fungus ve bakterilerin toprak agregatlaşmasındaki etkilerini incelemek amaçlı üç farklı uygulama yürütmüşlerdir. İlk uygulamada, 250 µm elekten geçirilmiş ve buğday anızı ile karıştırılmış hava-kuru toprak, suya dayanıklı makroagregat (>250 µm) oluşumunun sağlanması için tarla kapasitesinde 14 günlük inkubasyona tabi tutulmuştur. Toprak, agregat stabilitesinin ölçülmesinden önce dört farklı toprak bozucu uygulamaya maruz bırakılmıştır: (i) tarla kapasitesinde tutulmuş, (ii) hava kuru toprak yavaşça ıslatılarak tarla kapasitesine getirilmiş, (iii) hava kuru toprak hızlıca ıslatılarak tarla kapasitesine getirilmiş, (iv) 8 mm elekten elenmiş hava kuru toprak suya daldırılmış. İnkubasyon sonunda maksimum agregatlaşmaya (>2000 µm) ulaşıldığı (ortalama %40 agregat kuru ağırlığı), bunun yanında, yeni oluşan agregatların suya daldırma işlemine dayanıklı olmadığı bildirilmiştir. Aynı çalışmanın ikinci uygulamasında, yüksek ve düşük kalitede anızın etkisi incelenmiş, 14 gün sonunda agregatlaşma, mikrobiyal respirasyon ve toplam mikrobiyal biyokütle üzerine etkisi önemli bulunmadığı bildirilmiştir. Toprak mikroflorasının agregatlaşma üzerine etkisini açıkça ayırt etmek için yapılan üçüncü uygulamada, düşük veya yüksek C:N oranına sahip buğday anızı içeren örnekler üzerinde fungusit veya bakterisit kullanılarak fungal veya bakteriyel gelişimin durdurulduğu bildirilmiştir. Fungal gelişimin durdurulması makroagregat oluşumunda azalmaya neden olurken, bakteri gelişiminin durdurulmasının makroagregat oluşumunda azalmaya neden olmadığı; sonuç olarak, makroagregat gelişiminin fungal aktiviteden olumlu yönde etkilendiği, rezidü kalitesi ya da bakteriyel aktiviteden önemli şekilde etkilenmediği bildirilmiştir.

Mikorizalar aracılığıyla bitkide gelişen saçak kökler ve yoğun mantar hifleri, yapışkan ve ipliksi yapılarıyla dağınık olan toprak parçacıklarını bir ağ gibi sararak makroagregatları oluşturmaktadırlar (Karaarslan 2007). Wright ve Upadhyaya, arbuskular mikorizal fungusun eksternal hiflerinden üretilen bir glikoprotein olan glomalin ile agregat stabilitesi arasında güçlü bir korelasyonun bulunduğunu göstermiştir. Glomalinin toprak partiküllerinin su geçirmezliğine (hidrofobite) katkıda

bulunduğu ve ayrıca yapışkanımsı hidrofobik doğasından dolayı toprak agregatlarının oluşumunda görev aldığı ileri sürülmüştür (Barea vd 2002, Celik vd 2004). Miller; Schreiner ve Bethlenfalvay tarafından, mikorizal fungusun agregat oluşumu ve toprak strüktürü üzerine güçlü bir etkisi olduğu gösterilmiş; Bethlenfalvay vd tarafından ise, suya dayanıklı agregatların kök ve mikorizal infeksiyonlar ile olumlu yönde ilişkilendirildiği bildirilmiştir (Celik vd 2004).

Ambriz vd (2010) tarafından, ektomikorizal (EM) ve arbuskular mikorizal fungusun (AMF) toprak agregasyonu ve bitki gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada dişbudak (*Fraxinus uhdei*) bitkisi saksılarda yetiştirilmiş, *Glomus intraradices* ve *Pisolithus tinctorius* mantarları ayrı ayrı ve kombine halde bitkiye aşılanmıştır. Uygulama sonunda, EM ve AMF'nin bitki kök morfolojisinde değişikliğe ve suya dayanıklı agregatlarda artışa sebep olduğu; AMF'li uygulamanın daha çok küçük boyuttaki makroagregatlara etki ederken, EM ve AMF-EM kombinasyonunun çoğunlukla 0.5 mm çapından büyük agregatları etkilediği bildirilmiştir.

Graf ve Frei (2013), mikorizal fungusun (*Melanogaster variegatus* s.l.) toprak agregat stabilitesi ve konukçusu olduğu bitkinin (*Alnus incana*) kök sistemi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, serada gerçekleştirilen 20 haftalık bir inkübasyonun sonunda, toprak agregat stabilitesi ile diğer değişkenler (kuru birim ağırlığı (kN m^{-3}), toprak birim hacmi başına düşen kök uzunluğu ve mikorizasyon derecesi) arasında pozitif korelasyonlar bulunmuştur. İnokulasyon yapılmamış kontrol bitkilerine göre mikorizalı bitkilerin daha yoğun kök, dolayısıyla daha yüksek toprak agregat stabilitesi meydana getirdiği gözlenmiştir.

Pokharel vd (2013), toprakta C ve N'un birikimi ve toprak agregat oluşumu üzerine AMF ve saprotrof mikroorganizmaların etkilerini incelemek için mikorizalı ve mikorizasız bezelye bitkisinin yetiştirildiği ortama mısır küspesi uygulamışlardır. Çalışmada sonunda, agregat boyutu $53 \mu\text{m}$ 'dan küçük mikroagregatların kuru ağırlık yüzdesi mikorizalı uygulamada mikorizasızdan önemli derecede daha yüksek bulunmuştur. Mısır küspesi uygulandıktan sonra agregat kuru ağırlık yüzdesi genel olarak makroagregatlarda mikroagregatlara göre artış göstermiştir. Bu artış saprotrof mikroorganizmaların makroagregat oluşumunda önemli bir rol oynadıklarının kanıtı olarak belirtilmiştir. Mikorizalı uygulamada, mısır küspesi kaynaklı C'un topraktaki miktarının önemli derecede azaldığı ve bunun agregatlarda daha az bitki kalıntısı birikiminin birer göstergesi olduğu bildirilmiştir. Genel olarak, saprotrof mikroorganizma varlığı, agregat oluşumu ve agregat içindeki C birikimine neden olurken, mikoriza varlığında kök biyokütlesinin daha yüksek bulunmasına rağmen, agregatlaşmaya ya da toprak C parçalanmasına etki etmediği gözlenmiştir.

Önceki çalışmalardan yola çıkarak saprofitik basidiomisetlerin toprak agregatlaşmasında önemli oldukları varsayımında bulunan Caesar-TonThat ve Cochran (2000) tarafından yapılan çalışmada, 0.25 mm'den elenmiş toprak partiküllerinin ıslatılıp tekrar kurutulması ile elde edilen 1-2 mm boyutundaki toprak agregatlarının stabilitesi ve agregat oluşumunda bitki atıklarından izole edilmiş lignin ayrıştırıcı bir saprofitik basidiomisetin rolünü belirlemişlerdir. Çalışmada basidiomisetin bol miktarda ekstrasellüler madde (toprak parçacıklarını agregatlara bağlayan madde) ürettiği; ancak toprağa bir C kaynağının (mercimek veya darı anızı) takviye edilmesi ile birlikte fungal homojenatların tek başına uygulanmasından çok daha fazla suya dayanıklı ve

mikrobiyal ayrışmaya daha uzun süre dirençli agregatların meydana geldiği bildirilmiştir. Bu bilgilere ek olarak, darı anızı ilaveli fungal yönden geliştirilmiş agregatların normal –steril edilmemiş– toprakta tekrar oluşumu sırasında ilk 4 haftalık periyotta, mercimek anızı ilavelilerden daha büyük agregat fraksiyonlarını (>2 mm) meydana getirdiği ifade edilmiştir.

Bitki gelişimini teşvik eden bir rizobakterinin tarla koşullarında toprak agregat stabilizasyonu üzerine yararlı etkilerinin ilk kanıtını sağlamış olduklarını bildiren Kohler vd (2006), arbuskular mikorizal fungus (AMF), *Glomus intraradices*, inokulantını ve inorganik gübreyi ayrı ayrı, bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR), *Pseudomonas mendocina*, inokulantını tek başına ya da inorganik gübre ile kombine halde uygulayarak marulun bitki gelişimi ve besin alımı üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır. Ayrıca, mikrobiyal inokulant uygulamalarının toprak fiziksel, biyokimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkilerini de incelemişlerdir. Fide dikiminden iki ay sonra, inorganik gübrenin tek başına agregat stabilitesinde artışa neden olmadığı; PGPR ve AMF inokulasyonlarının hem topraktaki suda çözünür karbonhidratları hem de stabil agregatların yüzdesini arttırdığı; gübre ve PGPR karışımının kontrole oranla agregat stabilitesinde yaklaşık %84'lük bir artış sağladığını bildirmişlerdir.

Ahmad vd (2008) tarafından iki yıllık saksı ve tarla denemesi olarak yürütülen çalışmada, toprağın su tutuma kapasitesi ve agregat stabilitesini, mısır bitkisinin gelişim, verim ve besin alımını iyileştirmek için kimyasal gübrelere kıyasla biyolojik ve organik gübrelerin etkinliği test edilmiştir. Kompostlaştırılan organik atıkların N ile zenginleştirilmesiyle bir organik gübre, ACC-deaminaze içeren PGPR'nin (*Pseudomonas fluorescens*) organik gübreye inokulasyonu ile bir biyogübre elde edildiği bildirilmiştir. Ham organik atık (öğütülmüş), organik gübre ve biyogübre (300 kg ha⁻¹) uygulanmış toprakların laboratuvar ortamında toprak su kaybının belirlenmesi için 10 günlük, toprak agregat stabilitesinin belirlenmesi için 60 günlük sürelerle 30 °C'de inkübasyona bırakıldığı bildirilmiştir. Inkübasyon sonunda toprak su kaybının organik veya biyogübre uygulanmış topraklarda önemli derecede az bulunduğu, ayrıca 1 mm'den büyük boyuta sahip agregatlardaki en yüksek stabilite yüzdesinin (%30'a kadar) kontrole oranla organik veya biyogübre uygulanmış topraklardan elde edildiği bildirilmiştir.

Zulpa de Caire vd (1997), *Nostoc muscorum*'dan (siyanobakteri) izole edilmiş ekzopolisakkaritin veya canlı siyanobakteriyel kitlenin tuzlu-sodik topraktaki etkilerini sera ortamında incelemişlerdir. 180 günlük bir inkübasyon süresi sonunda ekzopolisakkarit uygulamasıyla; çözülebilir C'da %100, mikrobiyal aktivitede %366 ve suya dayanıklı agregat (>250 µm) miktarında 12 katlık bir artış elde edildiği, 365 günlük siyanobakteri inkübasyonu sonrasında ise; oksitlenebilir C'da %11, çözülebilir C'da %66, mikrobiyal aktivitede %73 ve 250 µm'dan büyük agregatlarda %66'luk bir artış sağlandığı bildirilmiştir. Her iki uygulamadan da elde edilen ileri düzey agregat stabilitesinin mikrobiyal aktivite ve toprak polisakkaritindeki artışın birer sonucu olduğu, bunun yanında izole polisakkaritin siyanobakteriye oranla toprak agregat stabilitesinde daha çabuk ve ileri düzey artış sağladığı belirtilmiştir.

Yapılan bir çalışmada üç farklı doğal siyanobakteri izolatını içeren biyogübre (*Anabaena doliolum* HH-209, *Cylindrospermum sphaersphaerica* HH-202, *Nostoc*

calcicola HH-201) organik açıdan fakir yarı-kurak killi-tın bir toprağa uygulanmıştır. Sınırlı su rejiminin (%6-12 toprak nemi) uygulandığı 240 günlük (90 gün hintdarısı, 120 gün buğday ekimi ve 30 günlük ekimler arası bekleme süresi) saksı denemesi süresince, her ne kadar, denemenin sonraki aşamalarında azalmış olsa da 120 günlük periyod boyunca toplam organik karbondaki, toplam Kjeldahl azotunda ve fosforda önemli ($P<0.05$) bir artış gözlenmiştir. Siyanobakteri içeren biyogübre uygulaması toprak mikrobiyal aktivitesine katkıda bulunmasıyla karbon ve azot mineralizasyonunu arttırmış, C:N oranını düşürmüştür. Biyogübre uygulamasının; birim hacim ağırlığında düşüş, ayrıca su tutma kapasitesi, hidrolik iletkenlik ve ortalama ağırlık çapında önemli derecede ($P<0.01$) artış ile toprak fiziksel yapısını etkilediği belirtilmiştir (Nisha vd 2007).

Ganesh vd (2011) gerçekleştirdikleri çalışmada organik gübre (panchagavya – sığır gübresi, üre, süt, kaymak ve saf yağ karışımı– ve vermikompost) ve biyogübre (*Azospirillum* ve *Phosphobacteria*) uygulamalarının çeltik gelişimine ve toprağın hem fiziksel hem de biyolojik özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Üç tekerrürlü tesadüf blokları deneme desenine göre gerçekleştirilen çalışmada toprak örnekleri ve bitki gelişim ölçümleri denemenin ilk ve son (110 gün) aşamasında alınmıştır. Çalışma sonunda; vermikompost, NPK (%75), panchagavya, *Azospirillum* ve *Phosphobacteria* karışımı uygulanmış toprakta (kontroldeki değerler minimumken); pH, elektriksel iletkenlik, tane yoğunluğu, birim hacim ağırlığı, gözenek hacmi ve toprağın bazı biyolojik (bakteri, aktinomiset ve fungus sayımı gibi) özelliklerinin belirgin biçimde iyileştirildiği gözlenmiştir. Çalışma sonuçları, organik ve biyogübre uygulamalarının toprak fiziksel özelliklerinde önemli derecede pozitif etkilere sahip olduğunu göstermiştir.

Celik vd (2004), beş yıllık tarla denemesi olarak yönettikleri bir çalışmada, mikorizal inokulasyonun ve organik gübrelerin yarı-kurak Akdeniz killi-tın toprağının (Entic Chromoxerert) fiziksel özelliklerindeki değişim üzerine rolünü araştırmışlardır. 1995-1999 yılları arası, buğday (*Triticum aestivum* L.), biber (*Capsicum annuum* L.), mısır (*Zea mays* L.) ve buğday sırasıyla yetiştirilmiştir. Kimyasal gübre ($160-26-83$ kg NPK ha^{-1}), kompost (25 t ha^{-1}), çiftlik gübresi (25 t ha^{-1}) ve mikoriza aşılınmış kompost (10 t ha^{-1}) çalışma alanına uygulanmıştır. Uygulamalar sonucu toprak fiziksel özelliklerinin organik gübrelerden önemli derecede etkilendiği bildirilmiştir. 0-15 cm ve 15-30 cm derinliğindeki topraklarda, ortalama ağırlık çapı çiftlik gübresinde en yüksek değerde bulunmuşken, toplam porozite ve satüre edilmiş topraktaki hidrolik iletkenlikte en yüksek değere ise kompost uygulamasında ulaşıldığı bildirilmiştir. Bunun yanında, organik gübrelerin toprağın kullanılabilir su miktarını da arttırdığı bildirilmiştir. Mikorizal inokulasyon-kompost uygulamasının toprak fiziksel özelliklerini arttırmada kimyasal gübre uygulamasından çok daha etkili olduğu; porozite, hidrolik iletkenlik ve ortalama ağırlık çapı üzerinde kendisinden çok daha yüksek miktarlarda uygulanan organik maddelere eşdeğer nitelikte etkilere sahip olduğu bildirilmiştir. Mikorizal kök infeksiyonunun yüksek olduğu uygulamalar ile (mikoriza-komp. %56, komp. %35, çiftlik gübresi %31) toprak agregatlaşması yüksek uygulamaların birbirine karşılık geldiği ifade edilmiştir.

Higa ve Wididana (1991), bireysel veya kombine bir şekilde uygulanan, farklı içeriğe sahip üç adet etkin mikroorganizmanın (EM2: fotosentetik bakteri, aktinomiset, maya, küf mantarı vs. karışımı; EM3: fotosentetik bakteri karışımı; EM4: *Lactobacillus*

spp. ve laktik asit üreten mikroorganizmalar) toprak mikroflorası ile toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Ispanak ve domatesin yetiştirildiği denemede, bir yıllık inkübasyon döneminden sonra gerçekleştirilen toprak analizleri sonucunda toprak işleme derinliği ve porozite değerlerinin EM uygulanmış çoğu denemede kimyasal gübreli veya gübresiz kontrol denemelerinden önemli derecede daha yüksek çıktığı bildirilmiştir. Toprak sertlik değerinin ise, her ne kadar EM uygulamalarının birkaçında yüksek bulunsada, kimyasal gübre uygulanmamış kontrol denemesinde önemli derecede daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, uygulamalar arasındaki toprak birim hacim ağırlığı değerlerinde küçük bir fark gözlemlendiği, toprak agregasyon yüzdesinin biyogübre uygulamalarının hepsinde (EM2, EM3, EM4, EM2+3, EM2+4, EM3+4, EM2+3+4) kontrol ve kimyasal gübreli uygulamalardan daha yüksek değerlerde (sırasıyla; %71.7, %73.2, %71.7, %71.4, %72.0, %71.9, %71.0, %70.1, %67.4) bulunduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak, EM uygulamasının bitki köklerinin toprağa daha etkili nüfuz etmesine neden olabileceği ve EM uygulanmış toprakların daha gevrek, daha gözenekli ve daha az kompakt yapısı dolayısıyla daha derin toprak işlemeye imkân sağlayabileceği ileri sürülmüştür.

Rizosfer toprağının (başka bir deyişle köklere bağlı toprak) agregatlaşmasında rizosfer bakterisinin rolü, yakın zamandaki önemli araştırma konularından biri olmuştur. Yapılan çalışmalar kapsamında ekzopolisakkarit (EPS)¹ üreterek agregat oluşumunu geliştiren birçok rizosfer organizması tespit edilmiş ve köklere bağlı toprak strüktüründeki gelişim bu organizmalarla ilişkilendirilmiştir (Drinkwater ve Snapp 2007).

Gouzou vd (1993) tarafından yapılan çalışmada, EPS üreten *Paenibacillus polymyxa* CF43 suşunun (buğday, *Triticum aestivum* L., rizosferine özgü azot fikse eden bir bakteri) inokulasyonu sonucunda köklere yapışık vaziyetteki toprak kütlesinin %57 oranında artış sağladığı bildirilmiştir. Agregat büyüklük dağılımlarındaki kıyaslama, inokulasyonlu rizosfer toprağının inokulasyonsuz topraktan çok daha fazla gözenekli bir strüktür oluşturduğunu göstermiştir. Araştırma sonucunda, *Paenibacillus polymyxa* inokulasyonunun rizosferdeki poroziteyi arttırarak suyun tutumu ve besin transferinde önemli bir rol oynayabileceği fikri ortaya atılmıştır.

Alami vd (2000), bitki köklerine yapışık konumda bulunan toprakların, bitkilerin su ve besin elementlerini aldıkları ortamı doğrudan doğruya düzenledikleri fikrinden yola çıkarak; ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisine ekzopolisakkarit (EPS) üreten rizobakteri (*Rhizobium* sp. suşu YAS34) inokulasyonunun, köklere yapışık konumda bulunan toprakların agregatlaşması ve bunun neticesinde, su stresli ya da normal koşullarda ayçiçeği bitkisinin N ve su alımı üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Toprak ve tohumla rizobakteri inokulasyonu sonucu bitki köklerine yapışık konumda bulunan topraklarda (%100'e kadar) ve toprak makropor hacminde (12'den 60 µm çapına kadar) önemli bir artış gerçekleştiği; kök sistemi çevresindeki toprak strüktürünün, bitki gelişimindeki su eksikliğinin negatif etkisini önleyecek şekilde değiştiği bildirilmiştir.

¹ EPS: Mikroorganizmalar tarafından salgılanan yüksek moleküler ağırlıklı, genellikle polisakkarit ve proteinlerden meydana gelen ve biyofilm oluşumunda önemli yeri olan bileşiklerdir.

Kohler-Milleret vd (2013) tarafından, pırasa (L) (*Allium porrum*) ve petunya (P) (*Petunia hybrida*) bitkilerinin yetiştirildiği, strüktürel açıdan dayanıklı olmayan siltli tın bir toprağa (Luvisol) mikorizal fungus (M) (*Glomus intraradices*) ve solucan (E) (*Allolobophora chlorotica*) uygulamaları sonucu toprak fiziksel parametreleri üzerinde oluşabilecek değişimler incelenmiştir. Kontrol (C) dâhil toplam on uygulama (C, E, L, P, L+E, P+E, L+M, P+M, L+E+M ve P+E+M) ile gerçekleştirilen 22 haftalık çalışma sonunda 1-2 mm boyutundaki suya dayanıklı makroagregatların mikorizanın varlığında mikorizasız orana 1.4 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir. Bunun yanında, suya dayanıklı agregatların oluşumunda daha çok sırasıyla petunya ve pırasa bitkilerinin varlığının etkili olduğu ifade edilmiştir. Yapılan çalışmadaki gözlemler sonucu, toprak canlılarının toprak strüktürünü iyileştirmedeki etkilerinin yüksek oranda toprak porozitesi ve agregat stabilitesinin başlangıçtaki seviyelerine ve/veya toprak kolloidal bileşenlerinin doğasına bağlı olduğu bildirilmiştir.

Bearden ve Petersen (2000) tarafından, saksı uygulaması olarak Hindistan'da gerçekleştirilen çalışmada arbuskular mikorizal fungusun yarı-kurak vertisol toprağının agregat stabilitesi üzerine olan etkisi incelenmiştir. Toplam 5 konunun (T1, pastörize toprak; T2, pastörize toprak+mikoriza; T3, pastörize toprak+bitki; T4, pastörize toprak+mikoriza+bitki; T5, bitki) denendiği çalışmada, 10 haftalık süreyle (sera ortamında, 25 °C'de) test bitkisi olarak sorgum (*Sorghum bicolor* L.) yetiştirilmiştir. Köklerin ve hiflerin etkisini ayrı ayrı inceleyebilmek için her bir saksıdaki toprağın içine naylondan gözenekli poşetler yerleştirilmiştir. Sorgum bitkilerinin naylon poşetlerin dışına gelecek şekilde dikildiği ve böylece AMF hiflerinin naylon poşetlerin içine girebilmesi sağlanırken bitki köklerinin poşetlerin içine nüfuz etmesinin engellendiği bildirilmiştir. Çalışma sonunda naylon poşetlerin dışında kalan toprakların geometrik ortalama çap (GMD) değerlerinde T4 ve T5 uygulamaları arasında önemli bir fark bulunmadığı; fakat bu değerlerin T1, T2 ve T3 uygulamalarına göre önemli derecede yüksek olduğu bildirilmiştir. Naylon poşetlerin içinde kalan toprakların GMD değerlerinin T1, T2, T3 ve T4 uygulamalarında önemli değişiklik göstermediği; fakat T5 uygulamasının (daha uzun hiflerin varlığından dolayı) diğer dört uygulamaya karşılık GMD değerinde kayda değer bir artış sağladığı bildirilmiştir. Çalışma sonuçları doğrultusunda AMF'nin vertisol bir toprakta agregatların stabilizasyonuna sebep olduğu ve 10 hafta gibi kısa bir yetiştirme periyodu sonunda dahi AMF'nin bu etkisinin önem arz ettiği bildirilmiştir. Gerçekleşen bu etkinin ise hem AMF hiflerinden hem de AMF tarafından uyarılan kök gelişiminden kaynaklandığı bildirilmiştir.

Falchini vd (1996), *Nostoc* spp. (siyanobakteri) inokulasyonunun toprak strüktürüne olan etkisi üzerine incelemede bulunmuşlardır. Çalışmada, yüksek kolonizasyon oluşturma ve ekzopolisakkarit (EPS) üretim kapasitelerinden dolayı iki farklı *Nostoc* suşunun, AfS49 ve KaS35, seçildiği bildirilmiştir. Erozyon süreçleri sonucunda oluşan, zayıf strüktürlü, iki farklı killi toprağın (Calanco ve Biancana; Toskana bölgesi, İtalya), hava kuru halde 1-2 mm'lik elekten elendikten sonra sterilize edilerek petri kaplarına yerleştirildiği (100 g'lık örnekler) ve periyodik olarak ıslatıldığı bildirilmiştir. Çalışmada iki farklı siyanobakteri (1 g m⁻² kuru ağırlık) petri kaplarındaki topraklara inokule edilerek 3 aylık bir süre boyunca, devamlı ışık altında ve 27 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Sonuç olarak, siyanobakteri inokulasyonunun toprak strüktürü üzerindeki etkisi, suyun toprağa ilavesi sırasındaki olumsuz etkiyi azaltarak toprak porozitesini (kontrol ve siyanobakteri uygulamalarındaki 9 µm'dan büyük

gözenek çap oranları; sırasıyla %5 ve %30) koruma yönünde sonuçlanmıştır. Elde edilen verilerce ayrıca, ince toprak fraksiyonundaki morfolojik birimler ve salgılanan EPS arasındaki interaksiyonun bir sonucu olarak primer agregatlaşmanın başladığı bildirilmiştir. Bunun yanında, suya dayanıklı strüktür stabilitesinde inokule ve kontrol uygulamaları arasında önemli farklılıkların bulunmadığı bildirilmiştir.

Tang vd (2011) tarafından, bitki artıklarının ayrışmasının ve biyolojik agregatlaştırma maddelerinin (mikrobiyal ekstrasellüler polisakkaritler ve fungal hifler) toprak agregat stabilitesi üzerine etkileri incelenmiş ve toprak agregat stabilizasyonunun farklı aşamalarındaki mikrobiyal popülasyonu belirlenmiştir. Çalışmada killi bir toprak kullanılmış ve 40 günlük inkübasyon süresinde, 6 konu üzerinde yürütülmüştür. Söz konusu konular; kontrol (CK) (sadece toprak), toprak+fungisit (SF), toprak+bakterisit (SB), toprak+mısır artığı (SR), toprak+mısır artığı+fungisit (SRF) ve toprak+mısır artığı+bakterisit (SRB). Araştırma sonunda, SR uygulamasının makroagregatların oluşumunu büyük ölçüde artırdığı; ortalama ağırlık çap değerlerinde SR ve SRB uygulamalarının diğer uygulamalardan önemli derecede yüksek bulunduğu bildirilmiştir. SRF uygulamasının fungal biyokütle ve aktivitesini baskıladığı, ayrıca toprak agregat stabilitesini azalttığı ve bunun da fungal aktivitenin agregat oluşumu üzerindeki yoğun etkisinin bir ispatı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, SRB uygulamasının (aktif ve toplam fungal biyokütlenin SR'dekinden daha fazla olmasına rağmen, ortalama ağırlık çap değeri SR'deki değerden daha düşüktü) toprak agregat stabilitesini önemli derecede azalttığı ve bunun makroagregat oluşumunda bakteriyel aktivitenin önemli bir rol üstlendiğinin bir belirtisi olduğu bildirilmiştir. Bunun yanında, mikrobiyal ekstrasellüler polisakkaritlerin toprak agregat stabilitesi üzerine etkilerinin önemli bulunmadığı, bunun agregatları ayırmada kullanılan ıslak eleme metodunun hızlı olmasından ileri gelebileceği bildirilmiştir.

Maqubela vd (2009), Güney Afrika'nın Doğu Kap ilinden, bozulmaya uğramış, kaymak tabakası oluşturan iki farklı toprak örneği (Guquka, %49.9 silt, %15.7 kil, %33.5 ve Hertzog, %45.4 silt, %21.8 kil, %32.2 kum) kullanarak, tünel serada saksı denemesi şeklinde gerçekleştirdikleri çalışmada, bir *Nostoc* türünün inokulasyonu sonucu toprak strüktürü, mısır gelişimi ve verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. 6 haftalık çalışmada, mısır bitkileri çimlendikten hemen sonra *Nostoc* süspansiyonu ($1 \text{ g kuru ağırlık L}^{-1}$) metrekaşeye 6 g kuru ağırlıkta gelecek şekilde saksı topraklarına eşit oranlarda uygulanmıştır. İnokulasyon sonucu, her iki toprağın yüzeyinden (5 mm) alınan toprak örneklerinin C ve N miktarında artış elde edildiği bildirilmiştir. Bunun yanında, her iki toprağın agregat stabilitesinde C ve ekstrasellüler polimerik maddelerdeki artışın bir sonucu olarak gelişme gözlemlendiği; fakat en yüksek değerlerin mısır yetiştirilmeyen uygulamalardan elde edildiği bildirilmiştir. Mısır+inokulasyon uygulamalarında siyanobakteri etkinliğindeki düşüşün mısır bitkisinin inokulasyon üzerindeki olumsuz etkilerinden ve mısır köklerinin toprak agregatları üzerindeki muhtemel yıkıcı etkilerinden kaynaklandığı bildirilmiştir.

Bedini vd (2009), sera koşullarında saksı denemesi olarak gerçekleştirdiği çalışmada, GRSP (glomalin kaynaklı toprak protein) konsantrasyonunun AMF'nin varlığıyla pozitif yönde ilişkilendirildiği hipotezini test etmek için yonca (*Medicago sativa*) bitkisine *Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices* funguslarının farklı izolatlarını inokule etmişlerdir. Çalışma sonunda, mikorizal oluşumun GRSP konsantrasyonunda artış gerçekleştirdiği (mikorizal birlikteliğin olmadığı bitkilerin

aksine); mikorizalı topraklarda 1-2 mm çapındaki makroagregatların agregat stabilite değerlerinin mikorizasız orana önemli derecede daha yüksek çıktığı; GRSP ve toprak agregat stabilitesinin toplam kök hacminden ziyade mikorizal kök hacmi ile daha pozitif yönde bir korelasyon sağladığı; toprak agregatlarının ortalama ağırlık çap değerlerinin AMF'nin toplam hif uzunlu ve hif yoğunluğu ile pozitif bir korelasyon gerçekleştirdiği bildirilmiştir.

Wu vd (2008), saksı denemesi olarak gerçekleştirdikleri denemede, üç yaprak portakalı (*Poncirus trifoliata*) fidanlarını üç farklı AMF ile (*Glomus mosseae*, *G. versiforme*, *G. diaphanum*) aşılamışlardır. Aşılamadan 4 ay sonra saksılara farklı su düzeylerinin (ideal veya kuraklık-bitki stres düzeyinde) 80 gün boyunca uygulandığı bildirilmiştir. Uygulamalar sonunda portakal fidanlarının üç farklı mikoriza ile iyi bir kolonizasyon gerçekleştirdikleri bildirilmiştir. Ayrıca, mikorizalı toprakların Bradford-reaktif toprak protein¹ konsantrasyonlarının mikorizasız topraklara kıyasla daha yüksek olduğu ve mikorizaların >2 mm, 1-2 mm ve >0.25 mm boyutundaki agregatların suya dayanıklılığını artırırken, 0.25-0.5 mm boyutundaki agregatların dayanıklılığını azalttığı bildirilmiştir. Çalışma sonunda, mikorizal yaşamın toprak strüktürü üzerindeki faydalı etkileri Bradford-reaktif toprak protein konsantrasyonları, topraktaki hifsel yoğunluklar ve suya dayanıklı agregatlar (>2 mm, 1-2 mm ve >0.25 mm) arasındaki pozitif korelasyon ile ifade edilmiştir.

Andrade vd (1998) tarafından mikorizal fungusun suya dayanıklı agregatlar ve toprak mikroorganizma grupları üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, 4 kısımdan oluşan toprak kapları kullanılmıştır. Sorgum bitkisinin (*Sorghum bicolor* L.) yetiştirildiği ve köklerinin bir bariyer yardımıyla ikiye ayrıldığı (AMF, *Glomus mosseae*, aşılanmış ve aşılanmamış) kapların iki bölümünün 43 µm'lik filtre ile ayrılarak yalnızca hif girişine izin verildiği bildirilmiştir. Böylece toprak kaplarından, AMF köklerinden oluşan bir mikorizosfer (M), AMF hiflerinden oluşan bir hifosfer (H), AMF aşılanmamış köklerden oluşan bir rizosfer (R), kök ve hiflerden yoksun toprak kütlesi (S) olmak üzere dört farklı bölge oluşturulduğu bildirilmiştir. 10 haftalık yetiştirme periyodu sonunda yapılan ölçümlerde dört farklı bölgedeki suya dayanıklı agregat değerleri sırasıyla M>R>H>S olacak şekilde önemli bulundu ve agregat stabilitesinin kök ve hif uzunluğuyla önemli düzeyde ilişkilendirildiği bildirilmiştir.

Srimathi vd (2014), mısır bitkisinin yetiştirildiği ve saksı denemesi olarak gerçekleştirilen çalışmada, yedi farklı arbuskular mikorizal fungus izolatının (*Acaulospora* sp., *Scutellospora* sp., *Glomus mosseae*, *Sclerocystis* sp., *Glomus geosporum*, *Glomus aggregatum*, *Gigaspora* sp.) ve iki standart mikorizal fungus türünün (*Glomus intraradices*, *Scutellospora calospora*) toprak agregat stabilitesi üzerine etkilerini belirlemişlerdir. 24 haftalık inkübasyon süresi sonunda, uygulamaların suya dayanıklı agregatların yüzdesinde önemli düzeyde artış gerçekleştirdiği, bunun yanında kontrole (%15.84) göre en büyük etkiyi %57.8'lik değerle *Glomus mosseae*'nin sağladığı bildirilmiştir. Ayrıca, uygulama sonunda agregat stabilitesi ile mikrobiyal popülasyon, glomalın içeriği ve mikorizal hif biyokütlesi arasında pozitif korelasyonlar

¹ Bradford reaktif toprak proteini: GRSP miktarını belirlemede kullanılan "Bradford protein analizi" sonucu elde edilen toprak proteini (Wu vd 2008).

elde edildiği ifade edilmiştir.

Baran vd (1996), %50 oranında peat karıştırılan veya karıştırılmayan killi tın bir toprağa bakteri (*Rhizobium meliloti*) veya mantar (*Aspergillus niger*) aşılmasının toprak agregat stabilitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. İnkübasyonun 1., 30., 60. ve 90. günlerinde örnekleme yapıldığı ve örnekleme 30. gününde bakteri aşılmasının peat karıştırılmamış toprağın agregat stabilitesinde kontrole göre istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) düzeyde artış gerçekleştirdiği; mantar aşılmasının ise örnekleme 90. gününde ve peat karıştırılmış toprağın agregat stabilitesinde istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) düzeyde artış gerçekleştirdiği bildirilmiştir.

Manivannan vd (2009), vermikompost uygulamasının toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özellikleri ve fasülye bitkisinin (*Phaseolus vulgaris*) verim ve besin içerikleri üzerine etkinliğini araştırdıkları çalışmada, iki farklı toprağa (killi tın ve kumlu tın) 5 t ha^{-1} vermikompost uygulamışlardır. Çalışma sonunda, vermikompost uygulamasının her iki toprakta da por hacmini, su tutma kapasitesini ve organik karbon içeriğini arttırdığı; toprak birim hacim ağırlığını azalttığı bildirilmiştir. Vermikompost uygulaması sonucu porozitedeki artışın, uygulamanın toprak agregatlaşmasını arttırmış olmasından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

Azarmi vd (2008), domates bitkisinin (*Lycopersicum esculentum* var Super Beta) yetiştirildiği tarlaya farklı dozlarda uyguladıkları vermikompostun (0, 5, 10, 15 t ha^{-1}) toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. 3 aylık inkübasyon süresi sonunda, 15 t ha^{-1} doza sahip vermikompost uygulamasının toprak organik karbon içeriğini kontrole göre önemli derecede arttırdığı bildirilmiştir. Ayrıca, doz artışıyla beraber toprak porozitesinin arttığı ve birim hacim ağırlığının azaldığı ifade edilmiştir.

Parthasarathi vd (2008), iki yıllık tarla denemesi olarak yürüttükleri çalışmada, toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özellikleri ve siyah mercimeğin (*Vigna mungo*) verim ve besin içerikleri üzerine vermikompostun etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, vermikompost uygulamasının (5 t ha^{-1}) toprağın por hacmini ve organik karbon içeriğini arttırdığı; birim hacim ağırlığını azalttığı bildirilmiştir. Vermikompost uygulaması sonucu porozitedeki artışın, uygulamanın toprak agregatlaşmasını arttırmış olmasından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

Tejada vd (2009) tarafından, killi tın tekstüre sahip toprağa vermikompost, şilempe (şeker pancarından şeker elde edilmesi sırasında ortaya çıkan yan ürün) ve vermikompost+şilempe uygulanarak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerindeki etkinliği incelenmiştir. 3 yıllık inkübasyon süresi sonunda, vermikompost ve vermikompost+şilempe uygulamalarının toprağın agregat stabilite değerini arttırdığı ve birim hacim ağırlığını azalttığı bildirilmiştir.

Asghari vd (2009), dört farklı toprak düzenleyicisinin (poliakrilamid; 0.25 veya 0.5 g kg^{-1} , sığır gübresi; 12.5 veya 25 g kg^{-1} , vermikompost; 2.5 veya 5 g kg^{-1} , biyolojik arıtma atık çamuru; 1.7 veya 3.4 g kg^{-1}) agregat ortalama ağırlık çapı ve stabilitesi, gözenek büyüklük dağılımı ve solunum aktivitesi üzerine etkilerini kumlu-tın toprak üzerinde ve sera koşullarında yaptıkları çalışma ile incelemişlerdir. 6 aylık çalışma sonunda; sığır gübresi, vermikompost ve atık çamuru uygulamalarının ortalama ağırlık

çapı ve suya dayanıklı agregatlar üzerinde önemsiz bir etki ortaya koyduğu, bunun nedeninin uygulamaların düşük dozlarda uygulanmasından ya da toprak tekstürünün kaba bünyeli olmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

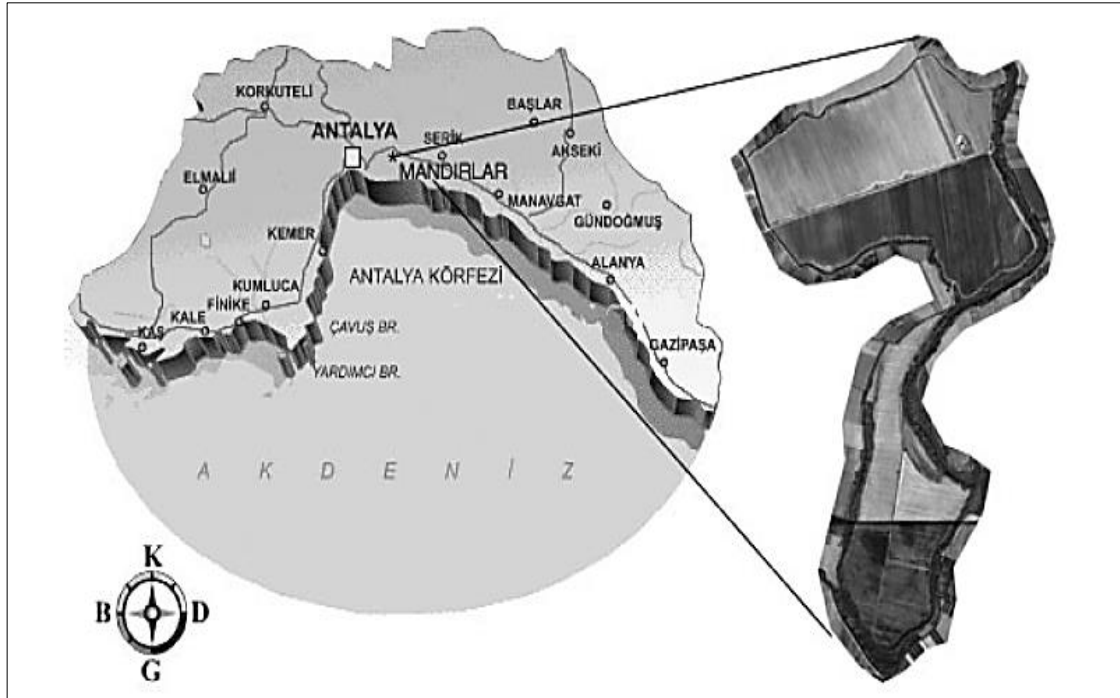
Karmakar vd (2013), sırasıyla, çeltik (*Oryza sativa* L.) ve mercimek (*Lens culinaris* Medik.) bitkilerinin yetiştirildiği ve iki yıl süren tarla çalışmasında; vermikompost, çiftlik gübresi ve inorganik gübre uygulamalarının toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, vermikompost uygulamasının kontrole göre toprak porozitesi, su tutma kapasitesi ve agregat stabilitesinde önemli düzeyde artış ($P \leq 0.05$), ortalama ağırlık çapında ise azalma ($P \leq 0.05$) meydana getirdiği ifade edilmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyaller ile saksı denemeleri ve laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Materyal

Araştırma, mısır yetiştirilen bir toprağa farklı içerikteki biyolojik ve organik materyallerin uygulanmasından sonraki 90 günlük inkübasyon süresinin sonunda, uygulanan materyallerin toprak agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine etkilerini belirlemeyi kapsamaktadır. Çalışmada toprak materyali olarak, Antalya havzasının Aksu bölgesindeki Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisi (AÜZFAUA) Tehnelli serisinin 0-30 cm derinliğinden alınan Entisol ordosuna ait (Typic Xerofluvent) killi tın toprak örnekleri kullanılmıştır (Şekil 3.1). Denemede bitki materyali olarak, Lumina F1 hibrit mısır (*Zea mays* L.) tohumu kullanılmıştır. Uygulama materyali olarak, piyasada ticari olarak bulunan bakteri içerikli biyogübreler BM-Megaflu ve BM-Coton-Plus, mikorizal fungus içerikli biyogübre Shubhodaya, mikroalg içerikli biyogübre Emek Mikrobiyal Sıvı Gübre, Green-PIK ticari isimli ve *Eisenia fetida* solucanından elde edilmiş katı vermikompost, 15:15:15 (N:P₂O₅:K₂O) kompoze gübre ve %33'lük amonyum nitrat (NH₄NO₃) gübresi kullanılmıştır. Denemede uygulanan materyallerin fiziki görünüşleri Şekil 3.2'de verilmiştir. Deneme kapsamında kullanılan biyolojik materyallerin ve vermikompostun içerik bilgileri ise ticari etiketlerinde yazıldığı şekliyle Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan toprak materyaline ait örnekleme alanı (Sarı vd 2009)

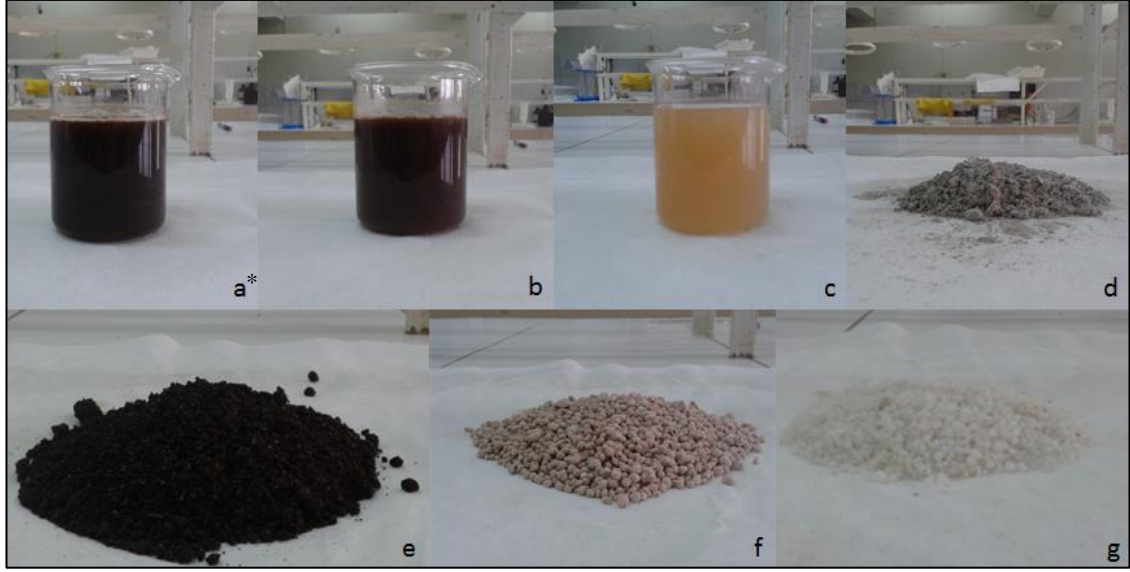
Çizelge 3.1. Biyogübrelerin içerikleri

Materyaller	İçerikte Yer Alan Canlı Organizmalar	Canlı Organizma Sayısı	pH Seviyesi
BM-Megaflu (Bakteri)	<i>Bacillus megaterium</i> KBA-10, <i>Pantoea agglomerans</i> RK-134, <i>Pseudomonas fluorescens</i> FDG-37	2.1×10^8 (adet ml ⁻¹)	5.7-7.7
BM-Coton-Plus (Bakteri)	<i>Bacillus subtilis</i> PA1, <i>Paenibacillus azotofixans</i> PA2	2.2×10^7 (adet ml ⁻¹)	6-8
Shubhodaya (Mikoriza)	<i>Glomus</i> spp.	1×10^5 (kob* kg ⁻¹)	7-9
Emek Mikrobiyal Sıvı Gübre (Alg)	<i>Chlorella</i> spp.	1×10^7 (adet ml ⁻¹)	6-8

*kob: Koloni oluşturan birim.

Çizelge 3.2. Vermikompostun kimyasal özellikleri

Materyal	Parametre	Değer
Green PIK (Vermikompost)	Nem	% 40-45
	Kül	% 35-45
	Organik Madde	% 55-65
	Humik Madde	% 25-32
	Toplam Azot (N)	% 1-2
	Toplam Fosfor (P ₂ O ₅)	% 1.5-3
	Toplam Potasyum (K ₂ O)	% 1.2-2
	Ca	% 4-6
	Mg	% 0.6-2.3
	Fe	% 0.6-2.5
	Mn	% 0.006-0.008



*Sırasıyla; a) BM-Megaflu, b) BM-Coton-Plus, c) Emek Mikrobiyal Sıvı Gübre, d) Shubhodaya, e) Green-PIK, f) 15:15:15, g) NH_4NO_3

Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan materyallerin fiziki görünüşleri

3.1.1. Araştırma alanı ve iklim özellikleri

Araştırma, Akdeniz Üniversitesi Tohumculuk ve Tarımsal Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne ait serada yürütülmüştür (Şekil 3.3). Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin alındığı yer, Antalya ili sınırları içerisinde $30^{\circ}52'30''$ ve $30^{\circ}53'45''$ doğu boylamları ile $36^{\circ}52'30''$ ve $36^{\circ}55'50''$ kuzey enlemleri arasında yer alan Aksu ilçesindeki Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama arazisidir (Bkz. Şekil 3.1). Mandırlar olarak adlandırılan ve toplam alanı 1200 da olan arazi, Antalya-Alanya devlet karayolunun güneyinde ve Antalya ili Aksu-Çalkaya kasabası sınırları içerisinde yer almaktadır.

Deneme alanı, Antalya havzasının sahil kesiminde hâkim olan Akdeniz iklim kuşağında yer almasından dolayı yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Ocak ayı ortalama sıcaklığı 6.4°C , Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 26.8°C , yıllık ortalama sıcaklık ise 16.3°C civarındadır. Ortalama yıllık toplam yağış miktarı 725.9 mm 'dir ve yağışların çoğu kış mevsiminde gerçekleşir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı ise $\%5.7$ 'dir ve bölgede yaz kuraklığı hâkimdir. Yıllık ortalama nispi nem $\%63.2$ 'dir (Sensoy vd 2008).

Araştırma süresince sera içindeki gündüz sıcaklık değerleri düzenli olarak kaydedilmiş ve aylara göre haftalık ortalamaları Çizelge 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Araştırmanın yürütüldüğü deneme serası

Çizelge 3.3. Araştırmanın yürütüldüğü deneme serasındaki haftalık ve aylık sıcaklık ortalamaları

Aylar	Tarih	Haftalık Sıcaklık Ortalaması (°C)	Aylık Sıcaklık Ortalaması (°C)
Nisan	03-10.04.2014	27.5	29
	10-17.04.2014	26	
	17-24.04.2014	32	
	24-30.04.2014	32	
Mayıs	01-08.05.2014	30.5	32.5
	08-15.05.2014	29	
	15-22.05.2014	35	
	22-29.05.2014	36	
Haziran	01-08.06.2014	35	41.5
	08-15.06.2014	38.5	
	15-22.06.2014	42	
	22-29.06.2014	51	

3.2. Metot

Araştırma kapsamında saksı denemeleri kurulmadan önce, ilk olarak toprağın genel durumunu belirlemek amacı ile gerekli fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

3.2.1. Denemenin kurulması

Deneme, 3 tekerrürlü olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre ve 11 konu (uygulama) üzerine planlanmıştır. Deneme 03.04.2014 tarihinde başlatılmış ve 90 günlük inkübasyon süresi sonunda sona erdirilmiştir. Sera ortamında gerçekleştirilen deneme toplam 33 saksıdan oluşmuştur (11 konu x 3 tekerrür) ve her saksıda bir bitki yetiştirilmiştir. Deneme materyalleri tek doz üzerinden planlanmıştır. Denemeye konu olan biyolojik materyallerin etkilerini daha iyi görebilmek ve içeriklerindeki mikroorganizmaların olası etkenlere karşı kolonizasyon yeteneklerini koruyabilmek için, daha önce yapılan benzer çalışmalar da göz önüne alınarak (Demir 2002, Kohler vd 2006, Ahmad vd 2008, Srimathi vd 2014), uygulama dozları üretici firmalar tarafından önerilen dozların üzerinde tutulmuştur. İnorganik gübreler mısır bitkisinin normal gelişimini sağlamak için kontrol hariç diğer tüm deneme konularında uygulanmıştır. Bakteri, alg ve mikorizal fungus içerikli biyogübreler 90 günlük deneme süresince ayda bir tekrarlanmak üzere toplamda 3 defa uygulanmıştır.

14.03.2014 tarihinde AÜZFAUA'dan getirilen toprak örnekleri, denemenin gerçekleştirileceği seraya serilmiş ve hava kuru duruma gelmesi için beklemeye bırakılmıştır (Şekil 3.4.a). Hava kuru toprak örnekleri 4 mm'lik elekten elenerek, her birinde 10 kg toprak olacak şekilde 10 L'lik saksılara aktarılmıştır (Şekil 3.4.b).



Şekil 3.4. a) Uygulama topraklarının serilmesi ve hava kuru duruma getirilmesi

b) Uygulama topraklarının 4 mm elekten elendikten sonra saksılara aktarılması

20.03.2014 tarihinde, bitki materyali olarak kullanılacak mısır tohumları viyollerin içinde, torf ortamında çimlendirilmeye bırakılmıştır. Denemenin başladığı gün olan 03.04.2014 tarihinde, 15 saksı toprağı inorganik gübre ile (2 g saksı^{-1} , 15:15:15 kompoze gübre), 15 saksı toprağı ise vermikompost+inorganik gübre ile (30 g saksı^{-1} , vermikompost; 2 g saksı^{-1} , 15:15:15 kompoze gübre) karıştırılmıştır. Geri kalan 3 saksı

toprağı ise kontrol uygulaması olarak kullanılmış ve herhangi bir gübre uygulaması yapılmamıştır. Mikorizal fungus içerikli biyogübre, bitkiler saksılara şaşırtılmadan hemen önce, bitki kök yüzeyine temas edecek şekilde ve toprakla karıştırılarak, Şekil 3.5'te gösterildiği gibi uygulanmıştır (15 g saksı⁻¹, mikoriza içerikli biyogübre). İki haftalık çimlendirme periyodu sonunda (20.03.2014-03.04.2014) yeterli gelişim gösteren sağlıklı mısır fideleri viyollerden çıkartılarak deneme saksılarının tümüne aktarılmıştır (Şekil 3.6.a, b). Alg ve bakteri içerikli biyogübreler (20 ml saksı⁻¹, alg içerikli biyogübre; 20 ml saksı⁻¹, bakteri içerikli biyogübre), her biri ayrı ayrı su ile karıştırılarak, 2 litrelik çözeltiler (biyogübre+su) halinde saksılara uygulanmıştır. Geri kalan bütün saksı toprakları ikişer litre su ile sulanarak tarla kapasitesine getirilmiş ve böylece denemeye başlanmıştır.



Şekil 3.5. Deneme öncesi toprağa mikoriza uygulaması



Şekil 3.6. a) Mısır fideleri
b) Mısır fidelerinin saksılara aktarılması

Sera içindeki uygulama alanının hazırlandıktan sonraki görüntüsü Şekil 3.7'deki gibidir.



Şekil 3.7. Uygulama alanından bir görünüm

3.2.2. Deneme süresince uygulanan yöntemler

Deneme esnasında 2. ve 3. mikoriza uygulamaları toprak yüzeyine serpilerek (Şekil 3.8); bakteri ve alg uygulamaları ise sulu çözeltiler halinde saksılara uygulanmıştır. Biyogübrelerin 2. ve 3. uygulama dozları başlangıçta uygulanan dozlarla aynı miktarda olacak şekilde hesaplanmıştır (15 g saksı^{-1} , mikoriza içerikli biyogübre; 20 ml saksı^{-1} , alg içerikli biyogübre; 20 ml saksı^{-1} , bakteri içerikli biyogübre).



Şekil 3.8. Toprak yüzeyine mikoriza uygulaması

Denemenin ileri aşamalarında inorganik gübre olarak 15:15:15 kompoze gübre (toprak yüzeyine serpme şeklinde) ve %33'lük Amonyum Nitrat gübresi (NH_4NO_3) (çözelti halinde) kontrol hariç bütün saksılara uygulanmıştır (sırasıyla; 29.04.2014 tarihinde Amonyum Nitrat (2 g saksı^{-1}), 16.05.2014 tarihinde 15:15:15 (2 g saksı^{-1}) ve

Amonyum Nitrat (2 g saksı^{-1}), 30.05.2014 tarihinde 15:15:15 (2 g saksı^{-1}) ve Amonyum Nitrat (2 g saksı^{-1})).

Deneme süresince saksılardaki toprakların nem düzeyleri, toprak nem içeriğinin tarla kapasitesinin %50'sine düştüğünde sulamaya başlanması ve tarla kapasitesinin %70'i oluncaya kadar suyun verilmesi şeklinde ayarlanmıştır. Bu amaçla saksılar periyodik olarak tartılarak toprak su miktarındaki kayıp belirlenmeye çalışılmıştır. Toprak yüzeyinde oluşan kaymak tabakası, belirli periyotlarda toprak yüzeyinin 3-4 cm'lik derinlikte çapalanması suretiyle kırılmıştır (Şekil 3.9.a, b). Ayrıca sera içinde olası değişken faktörlerin etkisini elimine edebilmek için her iki haftada bir saksıların yerleri değiştirilmiştir. Denemenin ilerleyen aşamalarında bitki zararlılarına karşı pestisit uygulaması ayda bir olmak üzere gerçekleştirilmiştir. Serada gözlenen beyaz sinek zararlısına karşı sarı yapışkan tuzak kullanılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.9. a) Yüzey toprağında oluşan kaymak tabakasının kırılması
b) Yüzey toprağında oluşan kaymak tabakası



Şekil 3.10. Yapışkan tuzak ve uygulama alanındaki görünümü

3.2.3. Deneme sonunda uygulanan yöntemler

90 günlük inkübasyon süresinin sonunda, bitkiler toprağın 1-2 cm üzerinden kesilerek hasat edilmiş ve deneme sonlandırılmıştır (Şekil 3.11). Daha sonra, saksılar ters çevrilerek deneme toprakları uygulama alanına serilmiş ve hava kuru duruma bırakılmıştır (Şekil 3.12). Saksılardan alınan hava kuru örnekler laboratuvar ortamında çeşitli fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuş ve böylece biyolojik materyallerin bu süre içindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.11. Mısır bitkilerinin toprak yüzeyinin hemen üstünden kesilmesi



Şekil 3.12. 90 günlük inkübasyon süresinin sonunda saksı içerisindeki deneme toprağının fiziksel ve kimyasal analizlere hazırlanması

3.2.4. Deneme uygulamaları

Çalışmada bireysel ya da kombine bir şekilde uygulanan materyaller ve uygulama dozları Çizelge 3.4'te verilmiştir. İnorganik gübreler mısır bitkisinin gelişimi için öngörülen dozlarda kontrol hariç tüm uygulamalar ile birlikte verilmiş ve biyogübrelerin etkilerini görebilmek adına kontrol grubu gibi değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.4. Deneme uygulamaları ve dozları

Uygulamalar		Uygulama Dozları*
K	Kontrol	-
G	15:15:15 (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O) + %33'lük Amonyum Nitrat (NH ₄ NO ₃)	72 kg da ⁻¹ N + 22.5 kg da ⁻¹ P ₂ O ₅ + 22.5 kg da ⁻¹ K ₂ O
V	Vermikompost	750 kg da ⁻¹
M	<i>Glomus</i> spp.	4.5x10 ³ kob** bitki ⁻¹
VM	Vermikompost + <i>Glomus</i> spp.	750 kg da ⁻¹ + 4.5x10 ³ kob bitki ⁻¹
A	<i>Chlorella</i> spp.	6x10 ⁸ adet bitki ⁻¹
VA	Vermikompost + <i>Chlorella</i> spp.	750 kg da ⁻¹ + 6x10 ⁸ adet bitki ⁻¹
BMF	<i>Bacillus megaterium</i> + <i>Pantoea agglomerans</i> + <i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.26x10 ¹⁰ adet bitki ⁻¹
VBMF	Vermikompost + <i>B. megaterium</i> + <i>P. agglomerans</i> + <i>P. fluorescens</i>	750 kg da ⁻¹ + 1.26x10 ¹⁰ adet bitki ⁻¹
BCP	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Paenibacillus azotofixans</i>	1.32x10 ⁹ adet bitki ⁻¹
VBCP	Vermikompost + <i>B. subtilis</i> + <i>P. azotofixans</i>	750 kg da ⁻¹ + 1.32x10 ⁹ adet bitki ⁻¹

*Uygulama dozları, deneme boyunca uygulanan toplam miktarları vermektedir.

**kob: Koloni oluşturan birim.

3.2.5. Laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler

Üç aylık uygulama periyodu sonunda saksı denemelerinden alınan hava kurusu toprak örnekleri Chapman vd'nin (1961) bildirdiği esaslara uygun olarak analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinin deneme öncesi ve sonrası analizlerinde kullanılan metotlar aşağıda verilmiştir.

A. Toprak Tekstürü: Deneme toprağının tekstür analizi Bouyoucos hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Bouyoucos 1951). Analiz sonuçlarına göre tekstür sınıflarının belirlenmesinde, toprak tekstürü sınıflandırma üçgeninden yararlanılmıştır (Black 1957).

B. Agregat Büyüklük Dağılımı: İnkübasyon sonrası toprak örneklerinin agregat büyüklük dağılımı, Chepil (1962) tarafından belirtilen esaslara göre, saksı içerisindeki toprakların hava kurusu durumuna getirildikten sonra 750 g toprak örneğinin alınıp Rotar elek makinasında (Şekil 3.13) 75 darbe frekansında ve 5 dk süreyle >4 mm, 4-2 mm, 2-1mm, 1-0.5 mm, 0.5-0.25 mm, 0.25-0.050 mm ve <0.050 mm delik çapına sahip eleklerden elenerek, her bir elek üzerinde kalan agregat miktarı ve yüzdesinin

hesaplanmasıyla belirlenmiştir (Demiralay 1993).



Şekil 3.13. Toprak örneklerinin Rotar elek makinasında agregat büyüklük dağılım analizlerinin gerçekleştirilmesi

C. Agregat Stabilitesi: İnkübasyon sonrası toprakların agregat stabilite değerleri, kuru elemeye elde edilmiş olan agregat fraksiyonlarından makroagregat sınıfına giren 2-1 mm boyuta sahip agregatlar ile mikroagregat sınıfına giren 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların “Eijkelkamp” marka ıslak eleme aleti (Şekil 3.14) kullanılarak 5 dk sürede, 1.3 cm darbe uzunluğu ve 34 devir/dakika ile ıslak elenmeye tabi tutulmasıyla belirlenmiştir (Demiralay 1993). Agregat stabilite %’si hesaplamasında Kemper’in agregat stabilite formülü* (Kemper ve Koch 1966) kullanılmıştır.



$$*: \text{Agregat Stabilitesi } \% = 100 \times [(P_1 - P_2) / (P - P_2)]$$

P_1 : Stabil Agregat + Kum Ağırlığı

P_2 : Kum Ağırlığı

P : Toprak Örneğinin Fırın Kuru Ağırlığı

Şekil 3.14. “Eijkelkamp” marka ıslak eleme aleti kullanılarak gerçekleştirilen agregat stabilite analizi

Ç. Hacim Ağırlığı: Deneme toprağının hacim ağırlığı değerinin belirlenmesinde silindir yöntemi kullanılmıştır (Black 1965).

D. Tarla Kapasitesi: Deneme toprağının tarla kapasitesi, kuru ağırlık esasına göre, basınçlı membran aleti kullanılarak 1/3 atmosfer basınç altında toprakta tutulabilen suyun yüzdesel ifadesi olarak belirlenmiştir (Demiralay 1993).

E. Toprak Reaksiyonu: Deneme toprağının pH değeri Jackson'a (1967) göre, 1:2.5 toprak-su karışımında pH metre aleti kullanılarak ölçülmüş ve Kellog'a (1952) göre sınıflandırılmıştır.

F. Elektriksel İletkenlik: Deneme toprağının EC değeri Jackson'a (1967) göre, 1:2.5 toprak-su karışımında elektriksel iletkenlik aleti kullanılarak ölçülmüş ve Soil Survey Staf'a (1951) göre sınıflandırılmıştır.

G. Kireç: Deneme toprağının CaCO_3 içeriği Scheibler kalsimetresi ile ölçülmüş, sonuçlar % CaCO_3 olarak hesaplanmış (Çağlar 1949) ve toprakların CaCO_3 içerikleri Aereboe ve Falke'ye göre sınıflandırılmıştır (Evliya 1960).

Ğ. Organik Madde: Deneme toprağının organik madde içeriği modifiye Walkley-Black metoduna göre tayin edilmiş (Black 1965), sonuçlar % olarak hesaplanmış ve Thun vd'ne (1955) göre sınıflandırılmıştır.

H. Organik Karbon: İnkübasyon sonrası kuru elemeye elde edilen agregat fraksiyonlarından 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip makro ve mikro agregatların organik karbon miktarları modifiye edilmiş Walkley-Black metoduna göre belirlenmiştir (Nelson ve Sommer 1982).

I. Toplam Azot: Deneme toprağının toplam azot miktarı modifiye Kjeldahl metoduna göre tayin edilmiştir (Kacar 1995). Sonuçlar % olarak hesaplanmış ve Loue'ya (1968) göre sınıflandırılmıştır.

İ. Alınabilir Fosfor: Deneme toprağının alınabilir fosfor miktarı Olsen metoduna göre tayin edilmiş, spektrofotometre cihazında konsantrasyonu belirlenmiş ve sınıflandırılmıştır (Olsen ve Sommers 1982).

J. Değişebilir Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum ve Sodyum: Deneme toprağının ekstraksiyonunda 1 Normallik Amonyum Asetat (pH=7) metodu Kacar (1995) tarafından bildirildiği şekilde uygulanmıştır ve ekstraksiyondaki K, Ca, Mg ve Na konsantrasyonları ICP-OES (PE-Optima7000DV) cihazında belirlenmiştir. Potasyum sonucu Pizer'e (1967), kalsiyum ve magnezyum sonuçları Loue'ya (1968), sodyum sonucu Kacar'a (1962) göre sınıflandırılmıştır.

K. Alınabilir Fe, Zn, Mn, Cu: Deneme toprağının 0.005 Molar DTPA ile muamele edilmesi sonucu elde edilen süzükteki Fe, Zn, Mn, Cu konsantrasyonları ICP-OES (PE-Optima7000DV) cihazı kullanılarak belirlenmiş ve Lindsay ve Norvell'e (1978) göre değerlendirilmiştir.

L. Katyon Değişim Kapasitesi: Deneme toprağının katyon değişim kapasitesi, toprağın değişim komplekslerindeki negatif elektriki yüklerin 1 Normallik Amonyum Asetat (pH=7) çözeltisindeki NH_4 ile doyurulmasından ve çözelti fazlasının yıkanıp giderilmesinden sonra adsorbe edilmiş amonyum miktarının NaCl çözeltisindeki Na ile

yer deęiřtirmesi sonucu belirlenmiştir (Kacar 1995).

3.2.6. İstatistiksel analiz yöntemleri

Saksı denemelerindeki uygulama konularının incelenen özellikler üzerine etkisini belirlemek için, her bir uygulamaya ait sonuçlar SPSS 22.0 ve MINITAB 16.1.1 istatistiksel analiz programları kullanılarak değerlendirilmiştir. Veriler bilgisayara girildikten sonra varyans analizi, Duncan çoklu karşılaştırma ve T testine tabi tutulmuştur. Çalışmadan elde edilen makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içerikleri ve stabilite değerleri arasındaki ilişki korelasyon (Pearson) ve regresyon analizleri uygulanarak değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışmada kullanılan deneme toprağının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının yanında, çalışma sonunda elde edilen toprak örneklerinin agregat büyüklük dağılımı, makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve stabilite sonuçları verilmiş ve tartışılmıştır. Ayrıca, makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuttaki agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilite değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

4.1. Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Analiz Sonuçları

Saksı denemeleri kurulmadan önce deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini tespit etmek için analizler yapılmıştır. Saksı denemelerinde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına ait veriler Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile makro ve mikro besin elementi içeriği

Analiz Edilen Toprak Özellikleri		Elde Edilen Sonuçlar	Değerlendirme
pH	(-log[H ⁺])	7.49	Hafif Alkali
EC	(dS m ⁻¹)	0.36	Tuzsuz
CaCO ₃	(%)	32.67	Çok Kireçli
Kum	(%)	22.92	
Silt	(%)	44.36	
Kil	(%)	32.72	
Tekstür			Killi Tın
Tarla Kapasitesi	(%)	28.71	
Solma Noktası	(%)	16.30	
Yarayışlı Su	(%)	12.41	
Hacim Ağırlığı	(g cm ⁻³)	1.21	
KDK	(meq 100 g ⁻¹)	17.03	
Organik Madde	(%)	1.65	Düşük
N	(%)	0.10	Orta
P	(ppm)	13.95	Yeterli
K	(ppm)	164.0	Düşük
Ca	(ppm)	4787	Yüksek
Mg	(ppm)	198.8	Orta
Na	(ppm)	9.84	Çok düşük
Fe	(ppm)	13.20	Yüksek
Zn	(ppm)	0.26	Noksan
Mn	(ppm)	14.58	Yeterli
Cu	(ppm)	2.07	Yeterli

Killi tın tekstüre sahip deneme toprağı, hafif alkali reaksiyonlu (Kellog 1952), tuzsuz (Soil Survey Staff 1951), çok kireçli (Evliya 1960) ve organik madde içeriğince düşüktür (Thun vd 1955). Bitki besin maddeleri içeriğı bakımından, azotça orta (Loue 1968), fosforca yeterli (Olsen ve Sommers 1982), potasyumca düşük (Pizer 1967), kalsiyumca yüksek, magnezyumca orta (Louse 1968), sodyumca çok düşük (Kacar 1962), demirce yüksek, çinkoca noksan, mangan ve bakırca yeterli (Lindsay ve Norvell 1978) sınıfına girdiğı görölmektedir.

4.2. Biyogübre Uygulamalarının Agregat Oluşumu Üzerine Etkisi

Killi tın tekstüre ait deneme toprağına farklı içerikteki biyogübre uygulamalarının topraktaki agregat oluşumu üzerine etkileri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2’nin incelenmesinde göröleceğı gibi, inorganik gübre (G) uygulamasının killi tın tekstüre sahip topraktaki agregat oluşumu üzerine etkisi hiçbir agregat boyutunda istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Benzer bir şekilde, Yu vd (2012), inorganik gübre ve kompost uygulamalarının toprak verimliliğı üzerine etkilerini incelemek için yaptıkları uzun süreli (18 yıl) tarla denemesinde, farklı kombinasyonlardaki inorganik gübre (NPK, NP, NK, PK) uygulamalarının toprak agregat boyutlarında önemli bir artış gerçekleştirmediğini bildirmişlerdir. Su vd (2006) tarafından, inorganik gübre ve çiftlik gübresinin kullanımı sonucu toprakta oluşacak kimyasal ve fiziksel değişimlerin araştırıldığı çalışmada; N, NP veya NPK gübrelerinin toprağı uygulanması sonucu toprak agregat büyüklük dağılımında (>2 mm, 2-0.25 mm) önemli bir farklılık meydana gelmediğı bildirilmiştir.

Elde edilen veriler incelendiğinde, inorganik gübre (G) uygulamasının topraktaki azot ve fosfor miktarını arttırmasından dolayı az da olsa mikrobiyal aktiviteyi arttırarak makroagregatların oluşumuna neden olabileceğı ve inorganik gübre (G) uygulaması sonucu agregat boyutlarında oluşan hafif değişimlerin bu sebeple gerçekleşmiş olabileceğı düşünölmektedir. Nitekim Harris vd (1966), azotun sınırlı olduğı koşullarda mikrobiyal aktivitenin yavaş olduğunu, ortamda azotun artmasıyla birlikte mikrobiyal aktivitenin artacağını bildirmişlerdir. Aynı zamanda, Harris vd (1963), farklı N içeriğine sahip topraklara azotlu gübre ilavesinin agregat büyüklük dağılımında değişikliklere neden olabileceğini, bunun yanında mineraloji, toprak tekstürü ve organik madde kalitesinin de azotlu gübre ilavesi sonucu toprak agregat dinamikleri üzerinde meydana gelebilecek değişimlerde etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Zhang vd (2014), 20 yıl süreyle gübreleme (NPK veya kompost) yapılmış deneme alanından alınan toprak örnekleri üzerinde yaptıkları çalışmada, NPK uygulamasının 2-0.25 mm boyuta sahip makroagregatlarda kontrole göre %30’luk düzeyde önemli bir artış gerçekleştirdiğini, >2 mm boyuta sahip makroagregatlarda ise istatistiksel olarak önemli bir etki gerçekleştirmediğini bildirmişlerdir.

Vermikompost (V) uygulamasının agregat oluşumu üzerine olan etkisi 2-1 mm boyuta sahip agregatlarda istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli olmuştur. Bu etki kontrol ile karşılaştırıldığında agregat oluşumunu arttırıcı yönde gerçekleşmiştir. Uygulamanın (V) diğer boyuta sahip agregatlardaki etkisi ise önemli olmamıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Uygulamaların agregat oluşumu üzerine etkileri (%)¹

Uygulamalar	Agregat Boyutu (mm)						
	>4	4-2	2-1	1-0.50	0.50-0.25	0.25-0.050	<0.050
Kontrol	4.15	14.07	17.91	19.88	17.37	15.26	11.36
G	3.32	16.94	19.55	21.48	15.30	13.22	10.19
Önemlilik Derecesi	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
Kontrol	4.15	14.07	17.91 ^{b2}	19.88	17.37	15.26	11.36
V	3.44	15.67	20.78 ^a	21.39	15.39	14.71	8.62
Önemlilik Derecesi	ÖD	ÖD	*	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
Kontrol	4.15	14.07 ^b	17.91 ^b	19.88	17.37 ^a	15.26 ^a	11.36
M	3.15	20.31 ^a	21.63 ^a	21.07	14.10 ^b	9.97 ^b	9.77
Önemlilik Derecesi	ÖD	*	*	ÖD	*	*	ÖD
Kontrol	4.15 ^b	14.07 ^a	17.91 ^a	19.88 ^a	17.37 ^a	15.26	11.36
VM	19.44 ^a	10.70 ^b	13.32 ^b	16.54 ^b	14.12 ^b	15.08	10.81
Önemlilik Derecesi	**	*	**	*	*	ÖD	ÖD
Kontrol	4.15	14.07	17.91 ^b	19.88	17.37 ^a	15.26 ^a	11.36
A	3.69	17.47	21.98 ^a	21.15	14.46 ^b	12.33 ^b	8.92
Önemlilik Derecesi	ÖD	ÖD	**	ÖD	*	*	ÖD
Kontrol	4.15 ^b	14.07 ^a	17.91 ^a	19.88 ^a	17.37 ^a	15.26	11.36
VA	18.75 ^a	10.64 ^b	14.51 ^b	16.15 ^b	13.67 ^b	15.45	10.83
Önemlilik Derecesi	**	*	*	*	**	ÖD	ÖD
Kontrol	4.15 ^b	14.07	17.91	19.88	17.37 ^a	15.26 ^a	11.36
BMF	12.05 ^a	14.77	19.10	19.54	13.82 ^b	12.21 ^b	8.51
Önemlilik Derecesi	**	ÖD	ÖD	ÖD	**	*	ÖD
Kontrol	4.15 ^b	14.07 ^a	17.91 ^a	19.88 ^a	17.37 ^a	15.26	11.36
VBMF	30.03 ^a	8.92 ^b	12.19 ^b	13.20 ^b	12.00 ^b	14.94	8.72
Önemlilik Derecesi	***	*	**	**	**	ÖD	ÖD
Kontrol	4.15 ^b	14.07 ^a	17.91 ^a	19.88 ^a	17.37 ^a	15.26	11.36
BCP	28.37 ^a	7.89 ^b	11.40 ^b	14.10 ^b	13.08 ^b	13.74	11.42
Önemlilik Derecesi	**	**	**	**	**	ÖD	ÖD
Kontrol	4.15 ^b	14.07 ^a	17.91 ^a	19.88 ^a	17.37 ^a	15.26	11.36
VBCP	30.08 ^a	6.71 ^b	10.84 ^b	12.88 ^b	12.74 ^b	14.93	11.82
Önemlilik Derecesi	***	**	**	**	**	ÖD	ÖD

t-test, P<0.05

1. Değerler 3 tekrür ortalamasıdır, 2. Farklı harfle gösterilen değerler arasında önemli düzeyde farklılık vardır.

*: %5 Düzeyinde önemlidir, **: %1 Düzeyinde önemlidir, ***: %0.1 Düzeyinde önemlidir, ÖD: Önemli değil.

Elde edilen veriler incelendiğinde, vermikompost (V) uygulamasının makro boyuttaki (2-1 mm) agregatların oluşumunda gerçekleştirdiği pozitif yöndeki etkinin, vermikompostun toprağa uygulanması ile içeriğinde bulunun farklı yapıdaki enzim ve musilaj maddelerin topraktaki mikroorganizma faaliyetlerini arttırmasından kaynaklandığı, sonuç olarak mikroorganizma faaliyetlerindeki artışla birlikte mikroagregatların birbirine bağlanarak makroagregatları oluşturmuş olabileceği düşünülmektedir.

Khotabaei vd (2013), tınlı ve tuzlu-alkalin özelliklere sahip toprak üzerinde ve sera ortamında gerçekleştirdikleri çalışmada, beş farklı uygulamanın (kontrol, kentsel atıklardan elde edilmiş kompost, vermikompost, tavuk gübresi ve jips) toprağın fiziksel özellikleri üzerine gerçekleştirdikleri etkileri incelemişlerdir. Çalışma sonunda, vermikompost uygulamasının (10 t ha^{-1}) agregatların ortalama ağırlık çap değerini kontrole göre istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) düzeyde arttırdığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, Ngo vd (2011) tarafından, sığır gübresi ve sığır gübresi orijinli vermikompostun toprak biyokimyasal parametreleri ve bitki gelişimi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, iki aylık inkübasyon süresi sonunda her iki uygulamanın da agregatlaşmayı geliştirdiği ve suya dayanıklı agregatlardaki organik madde miktarını arttırdığı bildirilmiştir.

Glomus spp. içerikli mikoriza (M) uygulamasının agregat oluşumu üzerine olan etkisi 4-2 mm, 2-1 mm, 0.50-0.25 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatlarda istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli olmuştur. Bu etki 4-2 mm ve 2-1 mm boyutlu agregatlarda pozitif, 0.50-0.25 mm ve 0.25-0.050 mm boyutlu agregatlarda ise negatif yönde gerçekleşmiştir. Uygulamanın diğer agregat boyutlarındaki etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Elde edilen veriler incelendiğinde, mikoriza (M) uygulamasının 4-2 mm ve 2-1 mm boyutundaki makroagregatların miktarında artış sağladığı görülmektedir (Çizelge 4.2). Bu etkinin mikorizal fungusun sahip olduğu ekstraradikal hifler ve glomalin adı verilen çözünmez, yapışkanimsı, hidrofobik ve protein içerikli madde aracılığıyla gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Nitekim mikorizal fungusun toprak agregatları üzerine etkilerinin araştırıldığı birçok çalışmada, gerek saksı denemesi (Jastrow vd 1998, Piotrowski vd 2004, Wu vd 2008, Bedini vd 2009, Siddiky vd 2012) gerek tarla denemesi olsun (Hontoria vd 2009), arbuskular mikorizal fungusun geniş fungal hif ağları ve salgıları aracılığıyla toprak agregat oluşumu ve devamlılığında etkili olduğu (Tisdall ve Oades 1982, Miller ve Jastrow 1990, 2000) ifade edilmektedir.

Çizelge 4.2 incelendiğinde, vermikompost+mikoriza (VM) uygulamasının agregat oluşumu üzerine etkisinin $>4 \text{ mm}$ ve $2-1 \text{ mm}$ boyuta sahip agregatlarda istatistiksel olarak %1 düzeyinde; $4-2 \text{ mm}$, $1-0.50 \text{ mm}$ ve $0.50-0.25 \text{ mm}$ boyuta sahip agregatlarda ise istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Uygulamanın (VM) $>4 \text{ mm}$ boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi kontrol örneğine göre 4.6 katlık bir artışla pozitif yönde; $4-2 \text{ mm}$, $2-1 \text{ mm}$, $1-0.50 \text{ mm}$ ve $0.50-0.25 \text{ mm}$ boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi ise negatif yönde gerçekleşmiştir. Vermikompost+mikoriza (VM) uygulamasının diğer agregat boyutlarındaki etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Agregat oluşumu üzerine etkisi bakımından mikoriza (M) uygulaması ile karşılaştırıldığında, vermikompost+mikoriza (VM) uygulamasının daha iri boyuttaki (>4 mm) agregatların oluşumunda etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2). Vermikompost+mikoriza (VM) uygulamasındaki bu farklılığın, mikorizal fungusun agregatlaşma üzerine olan etkisinden ve vermikompostun organik kökenli kolloidal bir madde olmasının yanında topraktaki mikorizal kolonizasyon miktarını ve mikroorganizma faaliyetini arttırmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Cavender vd (2003), vermikompost uygulamasının sorgum (*Sorghum bicolor* L.) bitkisinin gelişimi ve AMF'nin bitki köklerindeki kolonizasyon düzeyi üzerine etkilerini incelemişlerdir. İki farklı oranda (%5 ve %20), steril olan ve steril olmayan vermikompost materyalinin torf veya mineral ortama AMF inokulasyonu ile birlikte veya bireysel uygulandığı çalışmada, vermikompost uygulamalarının (AMF inokule edilmiş veya edilmemiş) her iki ortamda da (özellikle torf) mikorizal kolonizasyonu arttırdığı bildirilmiştir.

Sylvia (1998), bitki tarafından özümsenen toplam karbonun %20 kadarının mikorizal fungusa taşındığını öngörmüştür. Bazı araştırmacılar mikorizal fungusun hifosferdeki indirgenmiş karbonu ekstra-rizosfer mikroflorasına sağlayarak toprak stüktürünün gelişiminde rol alabileceğini bildirmişlerdir (Tisdall ve Oades 1982, Bagyaraj 1984, Andrade vd 1998).

Peng vd (2013), arbuskular mikorizal fungusun (AMF) inokulasyonu sonucu oluşacak hiflerin toprak agregasyonuna olan etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonunda, hif uzunluğu ile ortalama ağırlık çap değeri ($r=0.384$, $P<0.05$), geometrik ortalama çap¹ değeri ($r=0.257$, $0.05<P<0.10$) ve kolay ekstrakte edilebilir glomalın arasında ($r=0.296$, $P<0.05$) pozitif yönde korelasyon meydana geldiği bildirilmiştir. Bunun yanında, kontrol bitki köklerindeki kolonizasyon oranının (%10), AMF inokule edilmiş bitkideki kolonizasyon oranına (%34-54) göre önemli derecede düşük çıktığı bildirilmiştir. Çıkan sonuçlar doğrultusunda inokulasyon sonucu AMF hiflerinin toprağın agregat oluşum ve stabilitesi üzerinde etkili olacağı ifade edilmiştir.

Warnock vd (2007) tarafından, AMF etkinliğinin organik madde ilavesi ile arttırılabildiği ve her iki uygulamanın (AMF ve organik madde) kombine kullanımının toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin gelişmesinde pozitif etkiye sahip olduğu, ayrıca toprak mikroorganizma etkinliğine yarar sağladığı ifade edilmiştir. Nitekim Garcia-Cruz vd (2007), Meksika'da bulunan volkanik orijinli, düşük organik madde ve besin içeriğine sahip toprak materyali üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, üç farklı organik madde (kompost, vermikompost ve çiftlik gübresi) ve mikoriza (*Glomus* spp.) aşılansın ya da aşılansınmamış incir bitkisi (*Ficus carica* L.) materyallerinin bireysel veya farklı kombinasyonlarda ve iki farklı zaman aralığında (6-12 ay) uygulanması sonucu toprakta gerçekleştirecekleri fiziksel ve kimyasal değişimleri incelemişlerdir. Çalışma sonunda, incir bitkisinin organik madde uygulaması ve mikoriza aşılması ile birlikte yetiştirilmesinin toprak agregat oluşum ve stabilitesini desteklediği bildirilmiştir.

¹ Ortalama ağırlık çap ve geometrik ortalama çap uygulamaları uzun bir süredir, hem nicelik olarak hem de basit bir şekilde, toprak agregatlarının büyüklük dağılım ve stabilite karakteristiklerini ifade etmek amacıyla uygulanan bir yöntemdir (van Bavel 1950, Gardner 1956).

Chlorella spp. içerikli alg (A) uygulamasının 2-1 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde; 0.50-0.25 ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Alg (A) uygulamasının diğer agregat boyutlarındaki etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Uygulamanın bu etkisi, 2-1 mm boyuta sahip agregatlarda %21.98'lik değerle kontrole göre pozitif yönde gerçekleşirken, 0.50-0.25 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatlarda ise negatif yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 incelendiğinde, vermikompost+alg (VA) uygulamasının agregat oluşumu üzerine etkisinin >4 mm ve 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlarda istatistiksel olarak %1 düzeyinde; 4-2 mm, 2-1 mm ve 1-0.50 mm boyuta sahip agregatlarda ise %5 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Vermikompost+alg (VA) uygulamasının 0.25-0.050 ve <0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Vermikompost+alg (VA) uygulamanın >4 mm boyuta sahip agregatlardaki etkisi kontrole göre pozitif yönde gerçekleşirken, 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0.50 mm ve 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlardaki etkisi negatif yönde gerçekleşmiştir.

Elde edilen veriler incelendiğinde, alg (A) uygulamasının 2-1 mm boyutundaki makroagregatların oluşumunda etkili olduğu görülmektedir. Agregat oluşumu üzerine etkisi bakımından alg (A) uygulaması ile vermikompost+alg (VA) uygulaması karşılaştırıldığında, vermikompost+alg (VA) uygulamasının çok daha iri boyuttaki (>4 mm) agregatların oluşumunda etkili olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.2). Söz konusu uygulamalar ile elde edilen değişimlerin, alg canlısının fotosentetik faaliyetleri sonucu ortamdaki organik karbon düzeyinde etkinlik sağlamış ve dolaylı olarak mikroorganizma aktivitesinde artış gerçekleştirmiş olmasından kaynaklanabileceği, ayrıca vermikompost uygulaması ile birlikte bu etkilerin daha da artmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Lopez vd (2013), atık suyun arıtılmasından elde edilen biyolojik içerikli birikintilerin (mikroalg (*Chlorella sorokiniana*) ve/veya bitki gelişimini teşvik eden bakteri (*Azospirillum brasilense*)), erozyona uğramış çöl topraklarındaki bakteriyel topluluk üzerine etkilerini incelemişlerdir. Biyolojik birikintilerin sorgum bitkisinin yetiştirildiği ortama yirmişer gün arayla ve toplamda üç kez uygulandığı çalışmada, mikroalg materyalinin (bireysel ya da kombine halde) rizosfer toprağındaki bakteriyel popülasyonda ve çeşitlilikte artış gerçekleştirdiği, 60 günün sonunda bu artışın en üst düzeye ulaştığı bildirilmiştir. *Chlorella* sp.'nin az miktarda da olsa uzun süreler toprakta yaşayabildiği (Trainor ve Gladych 1995) bildirilmesine rağmen, çalışma sonunda mikroalgin hızlıca azaldığı tespit edilmiştir. Bunun üzerine, mikrobiyal toplulukta elde edilen bu artışın, mikroalgin ölü hücrelerinin organik madde olarak toprağı kazandırılmayısıyla gerçekleşmiş olabileceği ifade edilmiştir. Aynı şekilde, ölü ve bozunuma uğramış alglerin toprağı organik madde olarak karışabileceği ve sahip oldukları zamlı yapıların toprak parçacıklarının birbirine bağlanmasında etki sağlayabileceği Marathe ve Chaudhari (1975) tarafından da ifade edilmiştir.

Bacillus megaterium, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* içerikli bakteri (BMF) uygulamasının >4 mm ve 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde; 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında bakteri (BMF) uygulamasının >4 mm boyuta sahip agregatlar

üzerine %12.05'lik değerle pozitif, 0.50-0.25 ve 0.25-0.050 mm boyutundaki agregatlar üzerine ise sırasıyla %13.82 ve %12.21'lik değerlerle negatif yönde bir etki gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4.2).

Vermikompost+bakteri (VBMF) uygulamasının >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde; 2-1 mm, 1-0.50 mm ve 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi %1 düzeyinde; 4-2 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamanın (VBMF) >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi (%30.03'lük değerle kontrol örneğine göre 7 katlık bir artış) pozitif yönde; 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0.50 mm ve 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi ise negatif yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2).

Elde edilen veriler incelendiğinde, bakteri (BMF) uygulamasının >4 mm boyuta sahip makroagregatların miktarında kontrol örneğine göre yaklaşık 3 katlık bir artış sağladığı görülmektedir. Bununla birlikte, vermikompost+bakteri (VBMF) uygulaması ile >4 mm boyuta sahip makroagregatların miktarında bakteri (BMF) uygulamasına göre yaklaşık 2.5 katlık bir artış sağlanmıştır (Çizelge 4.2). Uygulamalar (BMF ve VBMF) sonrası toprak agregat oluşumu üzerine elde edilen bu etkilerin, bakteri inokulasyonu sonucu topraktaki mikroorganizma popülasyonu, çeşitliliği ve faaliyetlerinde gerçekleşmesi beklenen bir artış neticesinde meydana gelmiş ve vermikompost uygulaması ile birlikte bu etkilerin daha da artmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanında, bakteri inokulasyonunun bitki kök morfoloji ve fizyolojisinde gerçekleştirdiği pozitif yönde etkilerin bir sonucu olarak topraktaki agregat oluşumu üzerine dolaylı bir etki sağladığı tahmin edilmektedir. Nitekim bakteriyel inokulasyonların bitki kökleri üzerine pozitif etkilerini gösteren birçok çalışma bulmak (Walley ve Germida 1997, Canbolat vd 2006, Çakmakçı vd 2007, Kohler vd 2010, Sandhya vd 2010) mümkündür. Ayrıca, Haynes ve Francis (1993) tarafından, kök biyokütlesindeki artışla birlikte toprak sütrüktürünün önemli ölçüde geliştiği ifade edilmiştir.

Sandhya vd (2010), normal sulama koşulları ve kuraklık stresi altında, beş farklı *Pseudomonas* spp. türünün bireysel olarak mısır (*Zea mays* L.) bitkisine inokulasyonu sonucu toprak ve bitkide oluşacak fiziksel ve kimyasal değişimleri incelemişlerdir. Çalışma sonunda, köklere yapışık vaziyette bulunan toprak parçacıkları/kök biyokütle oranında, 250 µm'dan büyük agregatların stabilitesinde ve ortalama ağırlık çapında her bir bakteri uygulamasının, her iki koşul altında, kontrole göre önemli düzeyde artış sağladığı bildirilmiştir. Elde edilen bu artışın bakteriler tarafından üretilen ekzopolisakkarit ile ilişkilendirildiği, nitekim inokulasyona tabi tutulan örneklerin suda çözülmez sakkarit düzeyinde artış gözlemlendiği belirtilmiştir.

Amellal vd (1999), ekzopolisakkarit salgılayan bir bakterinin (*Pantoea agglomerans*) buğday (*Triticum durum* L.) yetiştirilen ortama inokulasyonu sonucu rizosfer toprağındaki fiziksel değişimleri incelemişlerdir. Çalışma sonunda, köklere yapışık vaziyette bulunan toprak parçacıkları/kök biyokütle oranında, 200 µm'dan büyük agregatların stabilitesinde ve ortalama ağırlık çapında bakteri inokulasyonlu uygulamanın kontrole göre önemli düzeyde artış gerçekleştirdiği bildirilmiştir.

Bacillus subtilis ve *Paenibacillus azotofixans* içerikli bakteri (BCP) uygulamasının >4 mm, 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0.50 mm ve 0.50-0.25 mm boyuta sahip

agregatlar üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında bakteri (BCP) uygulamasının >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine %28.37'lik değerle pozitif, 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0.50 mm ve 0.50-0.25 mm boyutundaki agregatlar üzerine ise sırasıyla %7.89, %11.40, %14.10, %13.08'lik değerlerle negatif yönde bir etki gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 incelendiğinde, vermikompost+bakteri (VBCP) uygulamasının >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisinin istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde; 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0.50 mm ve 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlarda ise %1 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Uygulamanın (VBCP) >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi pozitif yönde; 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0.50 mm ve 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi ise negatif yönde gerçekleşmiştir.

Elde edilen veriler incelendiğinde, her iki uygulamanın (BCP ve VBCP) >4 mm boyuta sahip makroagregatların miktarında kontrole göre artış sağladığı görülmektedir. Bunun yanında, vermikompost+bakteri (VBCP) uygulaması >4 mm boyuta sahip makroagregatlar üzerine %30.08'lik değerle bakteri (BCP) uygulamasına göre çok daha etkili olmuştur (Çizelge 4.2).

Gouzou vd (1993) tarafından, buğday yetiştirilen siltli tın bir toprağa ekzopolisakkarit (EPS) üreten *Paenibacillus polymyxa* CF43 suşunun inokulasyonu sonucunda, köklere yapışık vaziyetteki toprak kütesinde %57 oranında artış sağlandığı ve ortalama ağırlık çap değerinin arttığı bildirilmiştir. Agregat büyüklük dağılımlarındaki kıyaslama, inokulasyonlu rizosfer toprağının inokulasyonsuz topraktan çok daha fazla gözenekli bir strüktür oluşturduğunu göstermiştir.

Bezzate vd (2000) tarafından, saksı denemesi olarak gerçekleştirilen ve iki farklı siltli tın toprak materyalinin kullanıldığı ortamlara iki farklı *Paenibacillus polymyxa* (CF43, doğal; SB03, mutant) suşu inokule edilmiş ve buğday yetiştirilmiştir. 2 haftalık inkübasyon süresi sonunda *P. polymyxa* CF43 inokule edilmiş uygulamanın her iki ortamda da köklere yapışık vaziyette bulunan toprak parçacıkları/kök biyokütle oranında kontrole göre önemli düzeyde artış gerçekleştirdiği bildirilmiştir.

Kaci vd (2005), buğday (*Triticum durum* L.) bitkisinin yetiştirildiği ortamda ekzopolisakkarit (EPS) üreten bir *Rhizobium* sp. suşunun bitki gelişimi ve rizosfer toprağının agregasyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. 30 günlük inkübasyon sonunda, bakteri inokulasyonunun kontrole göre bitki kök kuru ağırlığında %55, köklere yapışık vaziyette bulunan toprak parçacıkları/kök kuru ağırlığı oranında ise %137'lik bir artış sağladığı bildirilmiştir.

Topraktaki agregat oluşumu üzerine etki bakımından deneme konuları arasındaki farkı gösteren analiz verileri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Söz konusu uygulamaların agregat oluşumu üzerine etkileri farklı yön ve düzeylerde gerçekleşmiştir.

Uygulamalar sonrası >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla VBCP = VBMF = BCP > VM = VA > BMF > Kontrol = V = A = G = M şeklinde gerçekleşmiştir.

>4 mm boyuttaki agregatların miktarında en büyük artışı sırasıyla VBCP, VBMF ve BCP uygulamaları sağlamıştır. Ayrıca, biyogübre ve vermikompost kombinasyonlarının >4 mm boyuttaki agregatlar üzerine pozitif yönde ve önemli etkiler sağladığı görülmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Uygulamaların agregat oluşumu üzerine etkilerinin karşılaştırılması (%)¹

Uygulamalar	Agregat Boyutu (mm)						
	>4	4-2	2-1	1-0.50	0.50-0.25	0.25-0.050	<0.050
Kontrol	4.15 ^{d2}	14.07 ^c	17.91 ^c	19.88 ^{ab}	17.37 ^a	15.26 ^a	11.36 ^{ab}
G	3.32 ^d	16.94 ^b	19.55 ^{bc}	21.48 ^a	15.30 ^b	13.22 ^{bc}	10.19 ^{abc}
V	3.44 ^d	15.67 ^{bc}	20.78 ^{ab}	21.39 ^{ab}	15.39 ^b	14.71 ^{ab}	8.62 ^c
M	3.15 ^d	20.31 ^a	21.63 ^a	21.07 ^{ab}	14.10 ^{bc}	9.97 ^d	9.77 ^{abc}
VM	19.44 ^b	10.70 ^d	13.32 ^{de}	16.54 ^c	14.12 ^{bc}	15.08 ^a	10.81 ^{abc}
A	3.69 ^d	17.47 ^b	21.98 ^a	21.15 ^{ab}	14.46 ^{bc}	12.33 ^c	8.92 ^{bc}
VA	18.75 ^b	10.64 ^d	14.51 ^d	16.15 ^c	13.67 ^{bc}	15.45 ^a	10.83 ^{abc}
BMF	12.05 ^c	14.77 ^{bc}	19.10 ^{bc}	19.54 ^b	13.82 ^{bc}	12.21 ^c	8.51 ^c
VBMF	30.03 ^a	8.92 ^{de}	12.19 ^{ef}	13.20 ^d	12.00 ^d	14.94 ^{ab}	8.72 ^c
BCP	28.37 ^a	7.89 ^{de}	11.40 ^f	14.10 ^d	13.08 ^{cd}	13.74 ^{abc}	11.42 ^a
VBCP	30.08 ^a	6.71 ^e	10.84 ^f	12.88 ^d	12.74 ^{cd}	14.93 ^{ab}	11.82 ^a
Önemlilik	***	***	***	***	***	***	*
Derecesi							

Duncan test, P<0.05

1. Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır, 2. Farklı harfle gösterilen değerler arasında önemli düzeyde farklılık vardır.

*: %5 Düzeyinde önemlidir, ***: %0.1 Düzeyinde önemlidir.

Uygulamalar sonrası 4-2 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların 4-2 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla M > A = G > V = BMF > Kontrol > VM = VA > VBMF = BCP > VBCP şeklinde gerçekleşmiştir. 4-2 mm boyutundaki agregatların miktarında en büyük artışı M uygulaması sağlamıştır. Biyogübre ve vermikompost kombinasyonlarının 4-2 mm boyutundaki agregatlar üzerine etkinliği kontrole göre negatif yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3).

Uygulamalar sonrası 2-1 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların 2-1 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla A = M > V > G = BMF > Kontrol > VA > VM > VBMF > BCP = VBCP şeklinde gerçekleşmiştir. 2-1 mm boyutundaki agregatların miktarında en büyük artışı sırasıyla A, M ve V uygulamaları sağlamıştır. Biyogübre ve vermikompost kombinasyonlarının 2-1 mm boyutundaki agregatlar üzerine etkinliği kontrole göre negatif yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3).

Uygulamalar sonrası 1-0.50 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların 1-0.50 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla G > V = A = M = Kontrol > BMF > VM = VA > BCP = VBMF = VBCP şeklinde gerçekleşmiştir. 1-0.50 mm boyutundaki agregatların miktarında en büyük artışı G uygulaması sağlamıştır. Biyogübre ve vermikompost kombinasyonlarının 1-0.50 mm boyutundaki agregatlar üzerine etkinliği kontrole göre negatif yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3).

Uygulamalar sonrası 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla Kontrol > V = G > A = VM = M = BMF = VA > BCP = VBCP > VBMF şeklinde gerçekleşmiştir. 0.50-0.25 mm boyutundaki agregatların miktarında hiçbir uygulama artış sağlayamamakla beraber uygulamaların etkinlikleri agregatları (0.50-0.25 mm) azaltıcı yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3).

Uygulamalar sonrası 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla VA = Kontrol = VM > VBMF = VBCP = V > BCP > G > A = BMF > M şeklinde gerçekleşmiştir. 0.25-0.050 mm boyutundaki agregatların miktarında hiçbir uygulama artış sağlayamamakla beraber uygulamaların etkinlikleri agregatları (0.25-0.050 mm) azaltıcı yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3).

Uygulamalar sonrası <0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların <0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla VBCP = BCP > Kontrol > VA = VM = G = M > A > VBMF = V = BMF şeklinde gerçekleşmiştir. <0.050 mm boyuttaki agregatların miktarında hiçbir uygulama artış sağlayamamakla beraber uygulamaların etkinlikleri agregatları (<0.050 mm) azaltıcı yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 incelendiğinde, uygulamaların genellikle 0.50-0.25 mm, 0.25-0.050 mm ve <0.050 mm boyuta sahip agregatların miktarında azalmaya neden olduğu görülmektedir. Mikro ve mezo boyuta sahip agregatların miktarındaki bu azalma makro boyuta sahip agregatların miktarında artış ile sonuçlanmıştır. Böylece, biyogübreler bireysel ya da vermikompost ile beraber uygulanarak toprak agregat oluşumu üzerine olumlu etkiler sağlamıştır.

4.3. Biyogübre Uygulamalarının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm Boyuta Sahip Agregatların Stabilitesi Üzerine Etkisi

Killi tın tekstüre ait deneme toprağına farklı içerikteki biyogübre uygulamalarının topraktaki 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkileri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4'ün incelenmesinde görüleceğı gibi, inorganik gübre (G) uygulamasının killi tın tekstüre sahip topraktaki 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Benzer bir şekilde, Zhou vd (2013) tarafından yapılan çalışmada, 25 yıllık gübreleme yapılmış deneme alanından alınan toprak örnekleri (kontrol, NPK ve NPK+organik gübre) içerisinde agregat stabilitesinin en yüksek değerinin NPK+organik madde uygulamasından, en düşük değerinin NPK uygulamasından alındığı bildirilmiştir. Bu çalışmayla ayrıca, 25 yıl sonrasında bile inorganik gübrelemenin agregat stabilitesi üzerinde etkisiz kaldığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.4. Uygulamaların 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkileri (%)¹

Uygulamalar	Agregat Boyutu (mm)	
	2-1	0.25-0.050
Kontrol	7.83	87.36
G	8.17	86.63
Önemlilik Derecesi	ÖD	ÖD
Kontrol	7.83	87.36
V	7.38	88.77
Önemlilik Derecesi	ÖD	ÖD
Kontrol	7.83 ^{b2}	87.36
M	12.47 ^a	84.91
Önemlilik Derecesi	*	ÖD
Kontrol	7.83 ^b	87.36
VM	46.45 ^a	87.53
Önemlilik Derecesi	***	ÖD
Kontrol	7.83	87.36
A	7.74	88.55
Önemlilik Derecesi	ÖD	ÖD
Kontrol	7.83	87.36
VA	8.13	87.58
Önemlilik Derecesi	ÖD	ÖD
Kontrol	7.83 ^b	87.36 ^b
BMF	11.92 ^a	89.72 ^a
Önemlilik Derecesi	*	*
Kontrol	7.83 ^b	87.36 ^b
VBMF	18.98 ^a	90.64 ^a
Önemlilik Derecesi	*	*
Kontrol	7.83 ^b	87.36 ^b
BCP	20.46 ^a	90.85 ^a
Önemlilik Derecesi	*	*
Kontrol	7.83 ^b	87.36 ^b
VBCP	23.02 ^a	89.46 ^a
Önemlilik Derecesi	**	*

t-test, P<0.05

1. Değerler 3 tekrür ortalamasıdır, 2. Farklı harfle gösterilen değerler arasında önemli düzeyde farklılık vardır.

*: %5 Düzeyinde önemlidir, **: %1 Düzeyinde önemlidir, ***: %0.1 Düzeyinde önemlidir, ÖD: Önemli değil.

Vermikompost (V) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.4). Elde edilen bulguların aksine, yapılan çalışmalarda (Tejada vd 2009, Karmakar vd 2013) uzun dönemde ve yeterli dozda uygulanan vermikompostun agregat stabilitesini arttırdığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, çalışmada vermikompost için belirlenen doz (750 kg da^{-1}) veya inkübasyon süresinin, uygulamanın (V) makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların stabilitesini arttıracak kadar yeterli olmadığı tahmin edilmektedir. Nitekim Albiach vd (2001) tarafından, beş farklı organik maddenin önerilen dozlarda ($24 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ kompost, arıtma çamuru, koyun gübresi ile $2.4 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ vermikompost ve $100 \text{ L ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ humik asit solüsyonu) beş yıl boyunca uygulandığı ve uygulamaların agregat stabilitesi üzerine olan etkilerine bakıldığı çalışmada, vermikompost ve humik asit uygulamalarının toprak agregat stabilite değerleri üzerine önemli bir değişiklik meydana getirmedikleri ve bu etkisizliğin uygulanan miktardaki yetersizlikten kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Benzer bir şekilde, Ferreras vd (2006) tarafından, 3 farklı uygulamanın (evsel atıklardan elde edilmiş vermikompost, at ve tavşan gübresi karışımından elde edilmiş vermikompost ve tavuk gübresi) iki farklı dozda (10 ve 20 t ha^{-1}) ve farklı dönemlerde olmak üzere toplamda iki defa uygulandığı çalışmada, uygulamalar sonunda toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde oluşabilecek değişimler incelenmiştir. Çalışma sonunda, 10 tonluk dozlarda uygulanan tavuk gübresi ve farklı orijine sahip her iki vermikompost uygulamasının suya dayanıklı agregatların yüzdesel oranında kontrole göre önemli bir artış sağlamadığı; fakat 20 tonluk dozlarda her üç uygulamanın da agregat stabilitesinde önemli düzeyde artış sağladığı bildirilmiştir.

Asghari vd (2010), iki farklı dozda, doğal veya sentetik olmak üzere dört farklı toprak düzenleyicisinin (poliakrilamid; 0.25 veya 0.5 g kg^{-1} , sığır gübresi; 12.5 veya 25 g kg^{-1} , vermikompost; 2.5 veya 5 g kg^{-1} , biyolojik arıtma atık çamuru; 1.7 veya 3.4 g kg^{-1}) agregat stabilitesi, su tutma kapasitesi ve penetrasyon direnci üzerine etkilerini kumlu-tın toprak üzerinde ve sera koşullarında yaptıkları çalışma ile incelemişlerdir. Altı aylık çalışma sonunda vermikompost ve atık çamuru uygulamalarının suya dayanıklı agregatlar üzerinde önemsiz bir etki ortaya koyduğu bildirilmiştir.

Glomus spp. içerikli mikoriza (M) uygulamasının 2-1 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuş ve bu etki agregat stabilitesini artırıcı yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.4). Nitekim Tisdall ve Oades (1982) tarafından, makroagregatların stabilizasyonunda mikorizal fungus hiflerinin önemli bir rol aldığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, arbuskular mikorizal fungusun suya dayanıklı agregatlar üzerine olan etkisini gösteren birçok çalışma (Six vd 2004, Rillig ve Mummey 2006, Bethlenfalvay ve Barea 2009) bulmak ayrıca mümkündür. Diğer yandan, uygulamanın (M) 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.4).

Yan vd (2012) tarafından, farklı kombinasyonlarda uygulanan arbuskular mikorizal fungus türlerinin (*Glomus aggregatum*, *G. etunicatum*, *G. mosseae*, *G. versiforme*, *Acaulospora lacunosa*, *Gigaspora margarita*) toprak özellikleri ve hıyar fidelerinin gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmada, AMF inokulasyonu sonucu toprak agregat stabilitesinde, aynı zamanda bakteri ve aktinomiset

sayısında artış sağlandığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde, vermikompost+mikoriza (VM) uygulamasının 2-1 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuş ve bu etki %46.45'lik değerle (kontrole göre yaklaşık 6 kat) agregat stabilitesini arttırıcı yönde gerçekleşmiştir. Uygulamanın (VM) 0.25-0.050 mm boyutundaki agregatların stabilitesi üzerine etkisinin ise istatistiksel olarak önemli olmadığı gözlenmiştir.

Mikoriza (M) uygulaması ile karşılaştırıldığında, vermikompost+mikoriza (VM) uygulamasının makro boyuta sahip (2-1 mm) agregatların stabilitesi üzerine çok daha etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 4.4). Uygulamanın (VM) agregat stabilitesi üzerine meydana getirdiği bu etkinin, vermikompost uygulamasının toprak mikrobiyal yoğunluğunda, kolloidal organik bileşikler ve diğer yan ürünlerin miktarında sağladığı artıştan ve mikorizal fungus faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim agregat stabilitesinin mikrobiyal yoğunluk ile arttığı ve rizosfer dışında gerçekleşen hifsel gelişimin bitkiden mikroorganizmalara organik besin akışı sağladığı bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Lynch 1981, Jakobsen ve Rosendahl 1990, Andrade vd 1998).

Daynes vd (2013), organik madde (kompost), bitki kökleri (üç farklı çok yıllık bitki türü) ve arbuskular mikorizal fungusun toprak strüktürü ve stabilitesi üzerine bireysel veya kombine etkilerini araştırmışlardır. 6 aylık inkübasyon süresi sonunda, kompost uygulamasının toprak strüktürünün oluşumu ve stabilitesinde baskın rol oynadığı; bitki köklerinin strüktürü geliştirdiği; fakat mikorizal fungusun varlığında strüktürel gelişimin en yüksek seviyeye çıktığı ve stabilize için gerekli olduğu bildirilmiştir. Tüm bu verilerin ışığında, bu üç unsurdan herhangi birinin yokluğunda strüktür gelişiminin yetersiz olduğu bildirilmiştir.

Chlorella spp. içerikli alg (A) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Benzer şekilde, vermikompost+alg (VA) uygulamasının da 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.4). Alg canlısının ışık enerjisine duyduğu ihtiyaçtan dolayı daha çok toprak yüzeyinde etkinlik sağlamış olabileceği, bu yüzden yapılacak olan toprak işleminin ve ayrıca toprağa organik madde ilavesinin zamanla agregat stabilitesi üzerinde etkinlik gerçekleştirebileceği tahmin edilmektedir.

Metting (1987), tek hücreli yeşil-mikroalg olan *Chlamydomonas* cinsinin tınlı kum toprağa, ardı ardına üç yetiştirme periyodu boyunca düşük (5×10^7 ha⁻¹ yıl⁻¹ algal hücre) ve yüksek (5×10^{11} ha⁻¹ yıl⁻¹ algal hücre) dozlarda inokulasyonu sonucu toprakta meydana getireceği değişimleri incelemiştir. Çalışma sonunda, yüksek dozda inokulasyonun yüzey toprağındaki (2-3 mm) 0.92-1.68 mm boyuta sahip agregatların suya dayanıklılığını birinci sezon %11, ikinci sezon %27 düzeyinde kontrole göre arttırdığı, üçüncü sezon sonunda ise 0-30 cm derinliğindeki toprağın stabilitesinde kontrole göre %12'lik önemli bir fark gerçekleştirdiği bildirilmiştir. Ayrıca, yüksek dozda inokulasyonun kuru agregatların stabilitesinde, ikinci ve üçüncü sezon sonunda, yüzey toprağında (2-3 mm) %37'lik, 0-30 cm derinliğindeki toprakta %13'lük bir artış gerçekleştirdiği bildirilmiştir.

Barclay ve Lewin (1985), iki farklı sıcaklıkta (20-25°C) ve üç farklı bölgeden alınan kumlu tın tekstüre sahip topraklara yapılan iki farklı yeşil alg (*Chlamydomonas mexicana*, *C. sajabo*) uygulamasının polisakkarit üretimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, alg uygulamalarının toprakların polisakkarit içeriğini, yüzey toprağında (2 mm), %20-129 oranında değiştirdiği, algal hücre ve üretilen polisakkaritlerin %99'unun toprak yüzeyinde (2 mm) kaldığı bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, algal polimerlerin toprağın daha derinlerine nüfuz etmesi için toprak işlemenin gerekli olduğu bildirilmiştir.

Bacillus megaterium, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* içerikli bakteri (BMF) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuş ve bu etki sırasıyla %11.92 ve %89.72'lik değerlerle agregat stabilitesini artırıcı yönde gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, vermikompost+bakteri (VBMF) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuş ve bu etki sırasıyla %18.89 ve %90.64'lük değerlerle agregat stabilitesini artırıcı yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.4).

Bakteri (BMF) ve vermikompost+bakteri (VBMF) uygulamalarının mikro (0.25-0.050 mm) boyuttaki agregatların stabilitesi üzerine sağladığı artırıcı etkilerin, bakteriyel popülasyonun daha çok mikroagregatlarda bulunması ve faaliyetlerini mikroagregatlarda gerçekleştirmesi sonucu meydana gelmiş olabileceği tahmin edilmektedir. Nitekim Gupta ve Germida (1988), makroagregatlarla karşılaştırıldığında bakteriyel popülasyonun mikroagregatlarda oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte, Chenu (1995) tarafından, mikroagregatlar içindeki kuvvetli bağların, negatif yüklü kil parçacıklarının yüzeyleri arasındaki çok değerlikli katyon köprüler ve mikroorganizmalar tarafından üretilen ekstrasellüler polimerik maddeler (EPS) aracılığıyla oluştuğu bildirilmiştir. Foster (1981) tarafından, elektron mikroskobu ile inceleme sonunda, mikroagregatlardaki bakteriyel hücre ve kolonilerinin funguslardan çok daha fazla olduğu; bakterilerin, genelde kil tabakaları tarafından çevrelenmiş EPS kapsüllerinde gömülü vaziyette bulunduğu bildirilmiştir. Elde edilen bu veriler üzerine Caesar-TonThat vd (2007), bakteriler tarafından üretilen EPS'nin mikroagregatların içine yerleşerek strüktürel stabiliteyi destekleyebileceğini bildirmişlerdir.

Uygulamalar (BMF ve VBMF) sonrası makro (2-1 mm) boyuttaki agregatların stabilitesi üzerine elde edilen etkilerin, uygulamalar sonucu bakteriyel popülasyonda meydana gelen artışla birlikte mikrobiyal faaliyetlerde gerçekleşmesi beklenen ilerlemenin ve bitki kök gelişimi üzerine sağlanan pozitif etkilerin neticesinde meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Kohler vd (2010) tarafından, bitki kök yoğunluğunun muhtemelen strüktürel stabilitenin artmasından sorumlu ana etken olduğu; köklerin fiziksel etkisi ile direkt olarak, rizosferdeki mikrobiyal aktiviteyi artırması ile de dolaylı olarak toprak agregat stabilitesini desteklediği bildirilmiştir. Ayrıca, farklı araştırmacılar tarafından, *Pseudomonas* türlerinin arbuskular mikorizal fungusların oluşumunu teşvik ettikleri (Krishna vd 1982) ve muhtemelen makroagregatların stabilitesi üzerinde de etki sağlayacakları (Tisdall 1994) ifade edilmiştir.

Kohler vd (2006) tarafından, bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (*Pseudomonas mendocina*) inokulantının (biyolojik ya da inorganik gübre ile kombine

halde) marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisine inokulasyonu sonucu bitkide oluşacak kimyasal değişimler ve ayrıca topraktaki fiziksel, biyokimyasal ve biyolojik değişimler incelenmiştir. Fide dikiminden iki ay sonra, bakteri uygulamasının 0.25-4 mm arasındaki agregatların stabilite yüzdesini arttırdığı; inorganik gübre+PGPR uygulamasının kontrole oranla agregat stabilitesinde yaklaşık %84'lük bir artış sağladığı bildirilmiştir. Bakteri uygulaması sonucu agregat stabilitesindeki artışın, rizosfer toprağındaki çözülebilir karbonhidrat miktarında meydana gelen artıştan kaynaklanmış olabileceği ifade edilmiştir. Benzer şekilde, Amellal vd (1999) ve Sandhya vd (2010) tarafından yapılan çalışmalarda, bakteriyel inokulasyonun agregat stabilitesini arttırdığı bildirilmiştir.

Bacillus subtilis ve *Paenibacillus azotofixans* içerikli bakteri (BCP) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuş ve bu etki sırasıyla %20.46 (kontrole göre yaklaşık 2.6 kat) ve %90.85'lik değerlerle agregat stabilitesini arttırıcı yönde gerçekleşmiştir. Vermikompost+bakteri (VBCP) uygulamasının ise 2-1 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde; 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuş ve bu etkiler sırasıyla %23.02 (kontrole göre yaklaşık 3 kat) ve %89.46'lık değerlerle agregat stabilitesini arttırıcı yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.4). Nitekim Kaci vd (2005) tarafından yapılan çalışmada, ekzopolisakkarit (EPS) üreten bir *Rhizobium* sp. suşunun 30 günlük inkübasyonu sonunda, bakteri inokulasyonunun 1.6-2 mm boyutundaki agregatların stabilitesi üzerine önemli bir etki sağladığı bildirilmiştir (kontrol: %30; bakteri inokulasyonu: %42).

Rivera-Cruz vd (2008) tarafından, muz (*Musa paradisiaca*) bitkisinin yetiştirildiği ortama biyogübrenin (*Azospirillum*+*Azotobacter*+P-çözücü bakteri), farklı dozlarda, tavuk gübresi veya muz atığı ile birlikte uygulandığı çalışmada; bitki gelişimi, toprak fiziksel ve mikrobiyolojik özellikler üzerine değişimler incelenmiştir. 6 aylık inkübasyon sonunda her iki organik materyal ile birlikte uygulanan biyogübrenin, doz artışına bağlı olarak, bitki kök biyokütlesinde ve agregat stabilite değerinde önemli düzeyde artış gerçekleştirdiği bildirilmiştir. Agregat stabilitesinde gerçekleşen bu artışın, mikroorganizma etkinliği, üretilen polisakkaritler ve organik materyallerin dekompozisyonundan kaynaklandığı bildirilmiştir. Ayrıca, kökler tarafından rizosfer toprağına organik karbonun salınımı ile artan mikrobiyal aktivitenin bakteriyel ve fungal popülasyonda artış gerçekleştirmiş olabileceği ifade edilmiştir.

Makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etki bakımından deneme konuları arasındaki farkı gösteren analiz verileri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Deneme konularının agregat stabilitesi üzerine etkileri farklı düzeylerde gerçekleşmiştir.

Uygulamalar sonrası 2-1 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların 2-1 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla VM > VBCP = BCP = VBMF > M = BMF = G = VA = Kontrol = A = V şeklinde gerçekleşmiştir. Makro (2-1 mm) boyuttaki agregatların stabilitesi üzerine en büyük etkiyi VM uygulaması sağlamış ve bu etki pozitif yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.5).

Uygulamalar sonrası 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla BCP > VBMF > BMF = VBCP = V = A > VA = VM > Kontrol > G > M şeklinde gerçekleşmiştir. Mikro (0.25-0.050 mm) boyuttaki agregatların stabilitesi üzerine en büyük etkiyi BCP uygulaması sağlamış ve bu etki pozitif yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Uygulamaların 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkilerinin karşılaştırılması (%)¹

Uygulamalar	Agregat Boyutu (mm)	
	2-1	0.25-0.050
Kontrol	7.83 ^{c2}	87.36 ^{bcd}
G	8.17 ^c	86.63 ^{cd}
V	7.38 ^c	88.77 ^{abc}
M	12.47 ^c	84.91 ^d
VM	46.45 ^a	87.53 ^{abcd}
A	7.74 ^c	88.55 ^{abc}
VA	8.13 ^c	87.58 ^{abcd}
BMF	11.92 ^c	89.72 ^{abc}
VBMF	18.98 ^b	90.64 ^{ab}
BCP	20.46 ^b	90.85 ^a
VBCP	23.02 ^b	89.46 ^{abc}
Önemlilik Derecesi	***	*

Duncan test, P<0.05

1. Değerler 3 tekrür ortalamasıdır, 2. Farklı harfle gösterilen değerler arasında önemli düzeyde farklılık vardır.

*: %5 Düzeyinde önemlidir, ***: %0.1 Düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.5 incelendiğinde, mikroagregatların (0.25-0.050 mm) makroagregatlara (2-1 mm) göre çok daha stabil oldukları görülmektedir. Benzer şekilde, Tisdall ve Oades (1982) ve Dexter (1988) tarafından, mikroagregatların ve daha küçük agregatlaşmış birimlerin genel olarak makroagregatlardan daha stabil oldukları ve toprak organik maddesini mikrobiyal bozulmaya karşı daha uzun süreli korudukları bildirilmiştir.

4.4. Biyogübre Uygulamalarının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm Boyuta Sahip Agregatların Organik Karbon İçeriği Üzerine Etkisi

Killi tın tekstüre ait deneme toprağına farklı içerikteki biyogübre uygulamalarının topraktaki 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6'nın incelenmesinde görüleceği gibi, inorganik gübre (G) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Benzer şekilde, Su vd (2006) tarafından; N, NP veya NPK gübrelerinin toprağına uygulanması sonucu topraktaki toplam organik karbon konsantrasyonunda ve farklı agregat boyutlarındaki organik karbon miktarında önemli bir farklılık meydana gelmediği bildirilmiştir.

Çizelge 4.6. Uygulamaların 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkileri (%)¹

Uygulamalar	Agregat Boyutu (mm)	
	2-1	0.25-0.050
Kontrol	1.11	1.07
G	1.16	1.14
Önemlilik Derecesi	ÖD	ÖD
Kontrol	1.11 ^{b2}	1.07 ^b
V	1.21 ^a	1.20 ^a
Önemlilik Derecesi	*	*
Kontrol	1.11	1.07
M	1.17	1.15
Önemlilik Derecesi	ÖD	ÖD
Kontrol	1.11 ^b	1.07 ^b
VM	1.32 ^a	1.23 ^a
Önemlilik Derecesi	**	*
Kontrol	1.11 ^b	1.07
A	1.18 ^a	1.14
Önemlilik Derecesi	*	ÖD
Kontrol	1.11 ^b	1.07 ^b
VA	1.20 ^a	1.22 ^a
Önemlilik Derecesi	*	*
Kontrol	1.11 ^b	1.07 ^b
BMF	1.26 ^a	1.23 ^a
Önemlilik Derecesi	**	*
Kontrol	1.11 ^b	1.07 ^b
VBMF	1.57 ^a	1.22 ^a
Önemlilik Derecesi	***	*
Kontrol	1.11 ^b	1.07 ^b
BCP	1.23 ^a	1.19 ^a
Önemlilik Derecesi	**	*
Kontrol	1.11 ^b	1.07 ^b
VBCP	1.30 ^a	1.21 ^a
Önemlilik Derecesi	**	*

t-test, P<0.05

1. Değerler 3 tekrerrüt ortalamasıdır, 2. Farklı harfle gösterilen değerler arasında önemli düzeyde farklılık vardır.

*: %5 Düzeyinde önemlidir, **: %1 Düzeyinde önemlidir, ***: %0.1 Düzeyinde önemlidir, ÖD: Önemli değil.

Elde edilen veriler incelendiğinde, inorganik gübre (G) uygulamasının toprakta mikrobiyal aktivite artışına ve buna paralel olarak mikrobiyal kökenli karbon miktarında artışa neden olabileceği; inorganik gübre (G) uygulaması sonucu organik karbon içeriğinde oluşan hafif değişimlerin bu sebeple gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Nitekim yapılan çalışmalarda, mikrobiyal aktivitenin ve karbonca zengin çimentolayıcı bileşiklerin salınımının, ortama mineral azot ilavesi ile birlikte gerçekleşeceği bildirilmiştir (Six vd 2000, Dutta vd 2003).

Bunun yanında, yapılan bazı çalışmalarda, uzun süreli inorganik gübre uygulamalarının toprak organik karbon içeriğinde artış gerçekleştirdiği bildirilmiştir. Zhou vd (2013), 25 yıllık gübreleme yapılmış deneme alanından alınan toprak örnekleri (kontrol, NPK ve NPK+organik gübre) üzerine yaptıkları çalışmada, toprak organik karbon miktarını sırasıyla NPK+organik gübre > NPK > kontrol olarak bildirmişlerdir. Yu vd (2012) tarafından, inorganik gübre ve kompostun toprak verimliliğine olan etkisini incelemek için yapılan uzun süreli (18 yıl) tarla denemesinde, inorganik gübre uygulamalarının kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında toprak organik karbon miktarında artış sağladığı bildirilmiştir (sırasıyla, %27, NPK; %23, NP ve %15, PK). Zhang vd (2014), kompost ve inorganik gübrenin agregatlardaki mikrobiyal topluluk yapısı ve organik karbon birikimi üzerine uzun süredeki etkisini değerlendirmişlerdir. 20 yıl süreyle gübreleme yapılmış deneme alanından alınan toprak örnekleri (kontrol, NPK ve kompost) üzerinde yapılan çalışmada, NPK uygulamasının çoğunlukla makroagregatlardaki (2-0.25 mm) organik karbonu arttırdığı bildirilmiştir.

Vermikompost (V) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuş ve bu etki sırasıyla %1.21 ve %1.20'lik değerlerle makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içeriğini arttırıcı yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.6). Benzer şekilde, verмикompost uygulamasının toprak organik karbon içeriği üzerine arttırıcı etkileri birçok araştırmacı tarafından (Manivannan vd 2009, Azarmi vd 2008, Parthasarathi vd 2008) belirtilmiştir. Uygulama (V) sonrası 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine elde edilen bu artışın, verмикompost materyalinin sahip olduğu yüksek organik karbon miktarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Hervas vd (1989) tarafından, verмикompostun organik kısmının toplam ağırlığının %50'si kadarını oluşturduğu bildirilmiştir.

Ferreras vd (2006) tarafından; farklı orijinli iki ayrı verмикompostun ve tavuk gübresinin iki farklı dozda (10 ve 20 t ha⁻¹) ve iki farklı dönemde uygulandığı çalışmada, 20 tonluk dozlarda uygulanan verмикompost gübrelerinin, ilk uygulama döneminde toprak organik karbon miktarında önemli artış sağladığı, geri kalan diğer bütün uygulamaların ancak ikinci uygulama dönemi sonrasında organik karbondaki artış sağladığı bildirilmiştir.

Ansari (2008) tarafından, sodik toprakların ıslahında verмикompost materyalinin kullanımı ve sonrasında patates (*Solanum tuberosum*), ıspanak (*Spinacia oleracea*) ve turp (*Brassica campestris*) bitkilerinin verimliliği üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, verмикompostun üç farklı dozda (4 t ha⁻¹, 5 t ha⁻¹, 6 t ha⁻¹) uygulandığı bildirilmiştir. Çalışma sonunda, uygulanan her bir dozun toprak toplam organik karbon içeriği üzerine kontrole göre önemli düzeyde (P<0.01) artış sağladığı bildirilmiştir.

Organik karbon içeriği üzerine en büyük etkinin 6 t ha⁻¹'lık doz ile sağlandığı ifade edilmiştir.

Glomus spp. içerikli mikoriza (M) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.6). Benzer şekilde, Hu vd (2014a) tarafından yapılan çalışmada, arbuskular mikorizal fungusun (*Glomus caledonium*) ve mısır kalıntılarının buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinin gelişimi ve toprak organik karbon birikimi üzerine etkileri, sterilize edilmiş kumlu tın toprak üzerinde incelenmiştir. 220 günlük inkübasyon sonrasında mikorizal fungus ve mısır kalıntılarının bireysel uygulamalarının toprak organik karbon içeriği üzerine etki etmediği; fakat mikorizal fungus+mısır kalıntısı uygulamasının toprak organik karbon içeriğini önemli düzeyde ($P<0.05$) arttırdığı bildirilmiştir.

Caravaca vd (2002), bireysel ya da kombine halde uyguladıkları mikorizal fungus (*Glomus intraradices*) veya kompost uygulamalarının zeytin (*Olea europaea*) fidanlarının gelişimi ve toprak biyolojik ve fiziksel parametreleri üzerine etkilerini inceledikleri 1 yıl süren tarla denemesi sonunda, mikorizal fungus inokulasyonunun toprak toplam organik karbon içeriğinde herhangi bir artış gerçekleştirmediğini bildirmişlerdir.

Huang vd (2013), mikorizal fungusun (*Glomus mosseae*) bitki gelişimi (*Citrus junos*), toprak agregat stabilitesi ve toprak rizosfer karbonu üzerine etkilerini saksı denemesi olarak ve sera ortamında inceledikleri çalışmada, 3 aylık inkübasyon sonunda toprak organik karbon içeriğinde önemli bir değişiklik elde edilmediğini ve bu etkisizliğin uygulama periyodunun kısa süreli olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Bunun yanında, mikoriza (M) uygulamasının inkübasyon süresine paralel olarak toprak organik karbon içeriğinde önemli düzeyde artış gerçekleştirebileceği tahmin edilmektedir. Nitekim Jakobsen ve Rosendahl (1990) tarafından, mikorizal fungusun konukçusu olduğu bitkinin besin alımını kolaylaştırmasının yanında, toprak karbon girdilerine katkı sağlayarak toprağın karbon dinamiklerini doğrudan etkileyebileceği ifade edilmiştir.

Daynes vd (2013) tarafından, organik madde (kompost), bitki kökleri ve arbuskular mikorizal fungusun toprak strüktürü ve stabilitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, 6 aylık inkübasyon sonunda bitki+mikorizal fungus uygulamasının, bitkisiz veya yalnız bitki uygulamalarının gerçekleştiği denemelere göre toplam organik karbondaki %5-8'lik bir artış elde ettiği ifade edilmiştir.

Çizelge 4.6 incelendiğinde, vermikompost+mikoriza (VM) uygulamasının 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde; 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunmuş ve bu etkiler sırasıyla %1.32 ve %1.23'lük değerlerle organik karbon içeriğini arttırıcı yönde gerçekleşmiştir. Mikorizal fungusun fungal sıvıları ile doğrudan, konukçu bitkinin kök sıvılarını değiştirerek ise dolaylı yoldan rizosfer toprağını etkilemesinin (Linderman 1992) mikrobiyal faaliyetlerin artmasına ve organik maddenin dekompozisyonuna neden olabileceği düşünülmektedir.

Uygulamanın (VM) 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine sağladığı artışta, vermikompostun organik kökenli bir materyal olarak toprağa organik karbon kazandırmasının yanında mikorizal fungusun bu etkinliğinin de önemli olduğu düşünülmektedir. Nitekim Astiko vd (2013), sera ortamında gerçekleştirdikleri çalışmada; mikorizal fungus (AMF), sığır gübresi, kaya fosfat ve inorganik gübrelerin farklı kombinasyonlarda uygulanması ile mısır bitkisinin verimi ve toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. 60 günlük inkübasyon süresi sonunda sığır gübresi ve AMF kombinasyonunun toprak toplam organik karbon düzeyinde kontrole göre önemli düzeyde artış gerçekleştirdiği (%110.15), 100 günlük inkübasyon süresi sonunda ise bu artışın gerilediği (%37.07) bildirilmiştir.

Hu vd (2014b) tarafından, buğday kalıntılarının ve mikorizal fungusun (*Glomus caledonium*) mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin gelişimi ve toprak organik karbon birikimi üzerine etkileri sterilize edilmiş kumlu tın toprak üzerinde incelenmiştir. İnkübasyonun 30. gününde alınan toprak örnekleri sonucu mikoriza+buğday kalıntısının toprak organik karbon içeriği üzerine önemli bir etki sağlamadığı; fakat inkübasyonun 110. gününde uygulamanın (mikoriza+buğday kalıntısı) kontrole göre önemli düzeyde ($P<0.05$) artış sağladığı bildirilmiştir.

Chlorella spp. içerikli alg (A) uygulamasının 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamanın (A) bu etkisi 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriğini arttırıcı yönde gerçekleşmiştir. Uygulamanın (A) 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.6 incelendiğinde, vermikompost+alg (VA) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuş ve bu etki makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içeriğini arttırıcı yönde gerçekleşmiştir. Nitekim Abdel-Raouf vd (2012) tarafından, alg canlılarının genel anlamda toprağa sağladığı en önemli katkının, yaptıkları fotosentez aracılığıyla organik karbonu, azot fiksasyonu ile organik azotu toprağa katmak olduğu bildirilmiştir.

Söz konusu uygulamalar (A ve VA) ile elde edilen pozitif değişimlerin, alg canlısının fotosentetik faaliyetleri sonucu sağlanmış olabileceği, vermikompost uygulaması ile beraber toprak karbon içeriğinin daha da artmış olabileceği tahmin edilmektedir.

Trejo vd (2012), atık suyun arıtılmasından elde edilen biyolojik içerikli birikintilerin kurak toprakların verimliliğini ve bitki gelişimini arttırmak için kullanılabilecek bir kaynak olup olmadığını araştırmışlardır. Mikroalg (*Chlorella sorokiniana*) veya bitki gelişimini teşvik eden bakterinin (*Azospirillum brasilense*) bireysel ya da kombine halde bulunduğu, laboratuvar ortamında elde edilmiş biyolojik birikintiler sorgum bitkisinin yetiştirildiği ortama yirmişer gün arayla toplamda üç kez uygulanmıştır. 60 günün sonunda bireysel mikroalg uygulamasının topraktaki organik karbon, organik madde ve mikrobiyal karbon düzeyinde artış gerçekleştirmiş olmasının yanında, mikroalg+bakteri uygulamasının daha etkili olduğu bildirilmiştir.

Bacillus megaterium, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* içerikli bakteri (BMF) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamanın (BMF) bu etkisi makroagregatlarda (2-1 mm) %1.26, mikroagregatlarda (0.25-0.050 mm) ise %1.23'lük değerlerle organik karbon içeriğini arttırıcı yönde gerçekleşmiştir. Vermikompost+bakteri (VBMF) uygulamasının 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde; 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunmuş ve bu etkiler sırasıyla %1.57 ve %1.22'lik değerlerle organik karbon içeriğini arttırıcı yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.6).

Uygulamalar (BMF ve VBMF) sonrası 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine elde edilen bu artışın, bakteriyel inokulasyon sonucu gerçekleşmesi beklenen mikrobiyal kökenli karbon artışından kaynaklanabileceği; ayrıca, uygulamaların kök gelişimi üzerine pozitif etkileri vasıtasıyla bitki köklerinin toprağa organik karbon salımında artış gerçekleştirmiş olmasından kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Bununla beraber, vermikompostun doğal yapısı gereği toprak organik karbon içeriğine katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir.

Singh vd (2010) tarafından, selülotik bakteriyel izolatların (*Serratia* sp. (MSK1 ve MSK24) ve *Pseudomonas* sp. (MSK13)) toprağın organik verimliliği ve besin statüsü üzerine etkilerinin incelendiği 16 haftalık çalışma sonunda, nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkisinin yetiştirildiği kumlu tın ortama bireysel olarak uygulanan bakteriyel inokulantların toprak toplam organik karbon içeriği üzerine kontrole göre önemli artışlar sağladığı bildirilmiştir.

Das ve Singh (2014), organik tarım arazisinde bir tarla denemesi olarak gerçekleştirdikleri çalışmada, organik gübre (çiftlik gübresi, tahıl bitkilerinden elde edilmiş kompost ve baklagillerden elde edilmiş kompost) ve PGPR (*Rhizobium*+*Azotobacter*+*Pseudomonas*+*Trichoderma*) kullanımının toprak özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Maş fasulyesinin yetiştirildiği ortama organik gübrelerin bireysel ya da kombine halde (5 t ha^{-1}) PGPR ile birlikte veya PGPR'siz olarak uygulandıkları çalışma sonunda, organik gübre+PGPR uygulamalarının topraktaki organik karbon düzeyinde artış gerçekleştirdiği gözlenmiştir. Çalışmada en yüksek toprak organik karbon düzeyine çiftlik gübresi+PGPR uygulaması ile ulaşıldığı bildirilmiştir.

Bacillus subtilis ve *Paenibacillus azotofixans* içerikli bakteri (BCP) uygulamasının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 ve %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Benzer şekilde, vermikompost+bakteri (VBCP) uygulamasının da 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 ve %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların (BCP ve VBCP) bu etkileri makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içeriğini arttırıcı yönde gerçekleşmiştir.

Benzer şekilde, Rana vd (2012) tarafından, saksı denemesi olarak gerçekleştirilen çalışmada, üç farklı rizobakteriyel türün (*Bacillus* sp., *Providencia* sp. ve *Brevundimonas* sp.), bireysel ya da kombine halde, inorganik gübre (N, 90 kg ha⁻¹; P, 60 kg ha⁻¹; K, 60 kg ha⁻¹) ile birlikte uygulanması sonucu buğday bitkisinin verimi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda, bakteriyel uygulamaların toprak organik karbon içeriğini farklı düzeylerde arttırdığı, organik karbon içeriğinin en yüksek seviyesine ise her üç inokulantın kombinasyonu ile ulaşıldığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, kök biyokütlesi ve toprak organik karbonu arasında önemli ($r= 0.70$) ve pozitif bir korelasyonun bulunduğu ifade edilmiştir.

Patel ve Saraf (2014) tarafından, biyogübre (*Enterobacter clocae*+*Pseudomonas pseudoalcaligenes*+*Bacillus* sp.) ve vermikompostun bireysel ya da kombine halde uygulandığı alkalın özellik gösteren toprakta, jatrofa bitkisinin (*Jatropha curcas* L.) gelişimi ve toprak parametreleri üzerine değişimler incelenmiştir. 60 günlük inkübasyon sonunda, bireysel biyogübre uygulamasının kontrole göre toprak organik karbon içeriğinde artış gerçekleştirdiği; fakat istatistiksel olarak önemli bulunmadığı bildirilmiştir. Bunun yanında, biyogübre+vermikompost uygulamasının toplam organik karbon içeriği üzerine istatistiksel olarak önemli (%5) düzeyde artış gerçekleştirdiği ifade edilmiştir.

Rivera-Cruz vd (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, muz (*Musa paradisiaca*) bitkisinin yetiştirildiği ortama biyogübrenin (*Azospirillum*+*Azotobacter*+P-çözücü bakteri), farklı dozlarda (%1, 2, 3, 4), tavuk gübresi (TG) veya muz atığı (MA) materyalleri ile uygulanması sonucu, TG+biyogübre (%4'lük doz) uygulamasının suda çözülebilir karbon ve karbonhidrat konsantrasyonunda ve karbon biyokütlesinde artış gerçekleştirdiği bildirilmiştir.

Makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etki bakımından deneme konuları arasındaki farkı gösteren analiz verileri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Deneme konularının söz konusu agregatların organik karbon içeriği üzerine etkileri farklı düzeylerde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde, uygulamaların makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuttaki agregatların organik karbon içeriğini artırıcı yönde etki sağladığı görülmektedir.

Uygulamalar sonrası 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla VBMF > VM > VBCP > BMF > BCP > V = VA > A > M = G > Kontrol şeklinde gerçekleşmiştir. Makro (2-1 mm) boyuttaki agregatların organik karbon içeriği üzerine en büyük etkiyi VBMF uygulaması sağlamış ve bu etki pozitif yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.7).

Uygulamalar sonrası 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkinlik düzeyleri sırasıyla VM = BMF > VBMF = VA = VBCP = V = BCP > M > A = G > Kontrol şeklinde gerçekleşmiştir. Mikro (0.25-0.050 mm)

boyuttaki agregatların organik karbon içeriği üzerine en büyük etkiyi VM ve BMF uygulamaları sağlamış ve bu etki pozitif yönde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Uygulamaların 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılması (%)¹

Uygulamalar	Agregat Boyutu (mm)	
	2-1	0.25-0.050
Kontrol	1.11 ^{f2}	1.07 ^c
G	1.16 ^{ef}	1.14 ^{bc}
V	1.21 ^{de}	1.20 ^{ab}
M	1.17 ^{ef}	1.15 ^{abc}
VM	1.32 ^b	1.23 ^a
A	1.18 ^{def}	1.14 ^{bc}
VA	1.20 ^{de}	1.22 ^{ab}
BMF	1.26 ^{bcd}	1.23 ^a
VBMF	1.57 ^a	1.22 ^{ab}
BCP	1.23 ^{cde}	1.19 ^{ab}
VBCP	1.30 ^{bc}	1.21 ^{ab}
Önemlilik Derecesi	***	**

Duncan test, P<0.05

1. Değerler 3 tekrür ortalamasıdır, 2. Farklı harfle gösterilen değerler arasında önemli düzeyde farklılık vardır.

: %1 Düzeyinde önemlidir, *: %0.1 Düzeyinde önemlidir.

4.5. 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm Boyuta Sahip Agregatların Organik Karbon İçeriği ve Agregat Stabilitesi Arasındaki İlişki

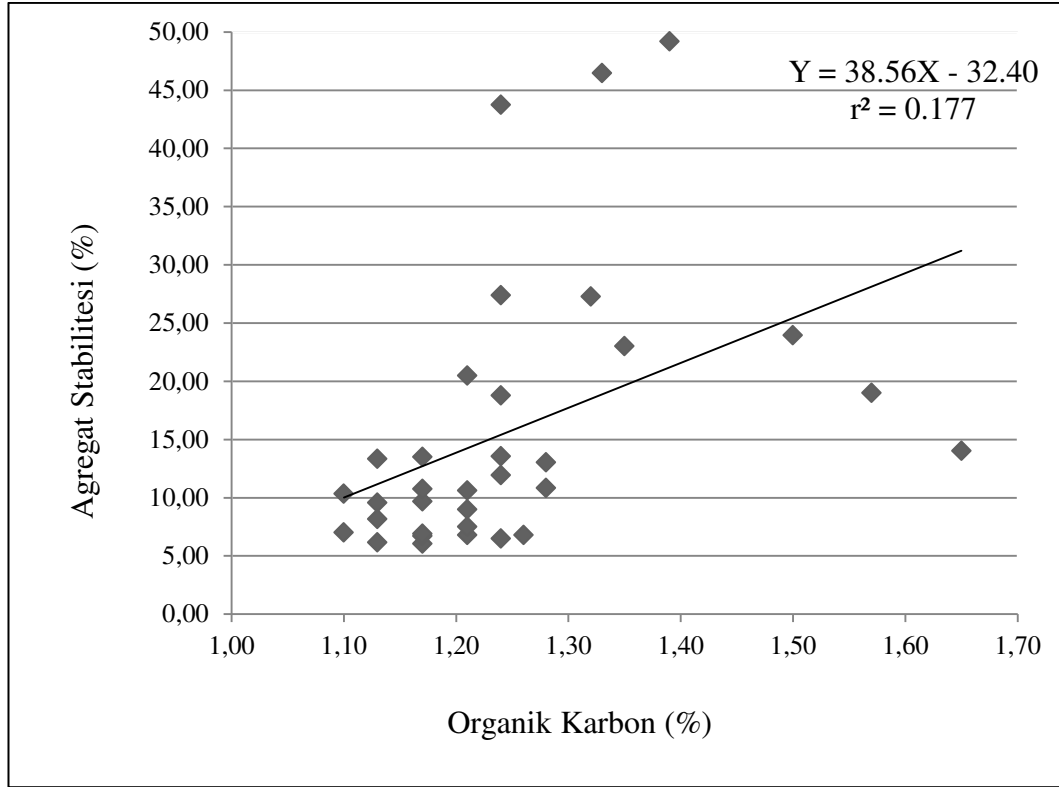
90 günlük inkübasyon süresi sonunda her bir çalışma konusundan elde edilen 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içerikleri ve stabilite değerleri arasındaki ilişki Çizelge 4.8’de, regresyon analiz grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilitesi arasındaki ilişki

İlişki	Korelasyon Katsayısı (r)	Regresyon Eşitliği
Organik Karbon-Agregat Stabilitesi	0.421*	Y = 38.56X - 32.40

Pearson korelasyon, *: %5 Düzeyinde önemli

Yapılan korelasyon ve regresyon analizleri sonucunda, 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içerikleri ve stabilite değerleri arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli, pozitif; fakat zayıf bir ilişki ($r^2 = 0.177$) bulunmuştur.



Şekil 4.1. 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilitesi arasındaki ilişkiye dair regresyon analiz grafiği

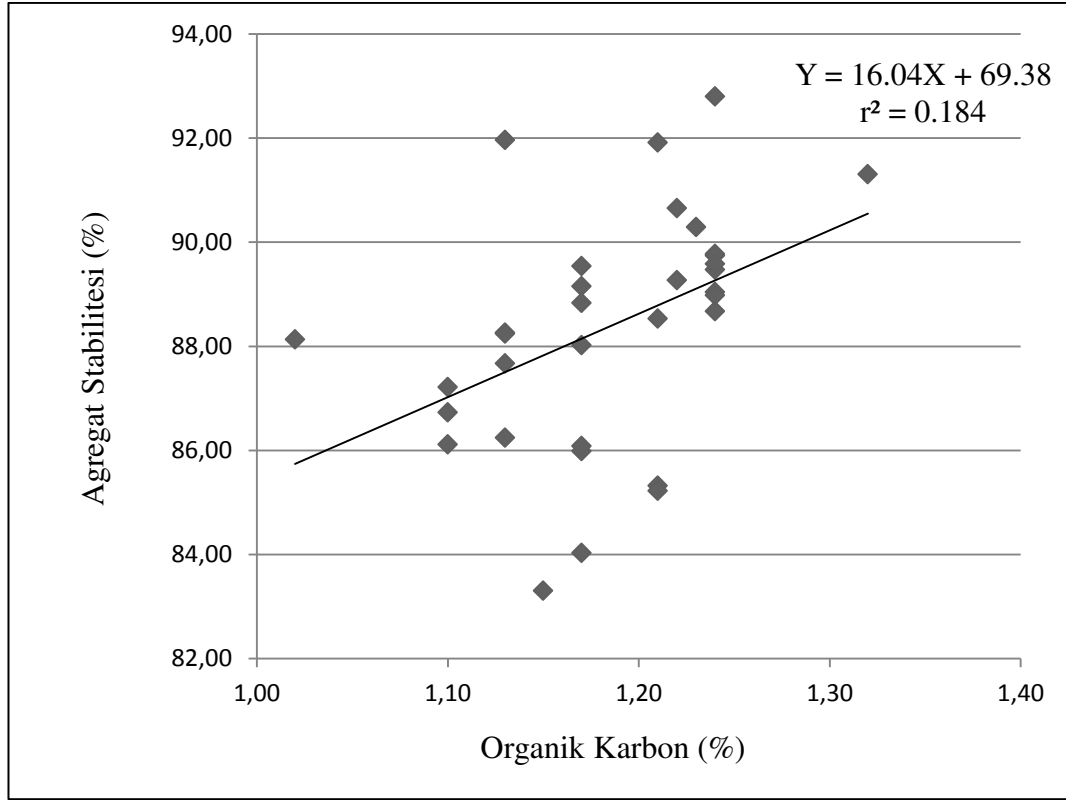
90 günlük inkübasyon süresi sonunda her bir çalışma konusundan elde edilen 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içerikleri ve stabilite değerleri arasındaki ilişki Çizelge 4.39’da, regresyon analiz grafiği Şekil 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.9. 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilitesi arasındaki ilişki

İlişki	Korelasyon Katsayısı (r)	Regresyon Eşitliği
Organik Karbon-Agregat Stabilitesi	0.429*	$Y = 16.04X + 69.38$

Pearson korelasyon, *: %5 Düzeyinde önemli

Yapılan korelasyon ve regresyon analizleri sonucunda, 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içerikleri ve stabilite değerleri arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli, pozitif; fakat zayıf bir ilişki ($r^2 = 0.184$) bulunmuştur. Uygulamalar sonucu makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların stabilite değerlerinin artmasında, toprak organik karbon içeriğinin yanında bitki kök gelişimi, fungal hifler vb. faktörlerin de etkili olabileceği ve regresyon analizi sonucu stabilite ve organik karbon arasında elde edilen zayıf ilişkilerin bu sebepten kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.2. 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilitesi arasındaki ilişkiye dair regresyon analiz grafiği

Bunun yanında, birçok araştırmacı tarafından (Benito ve Diaz-Fierros 1992, Sağlam vd 1993, Chenu vd 2000) toprak organik karbon içeriği ve agregat stabilitesi arasında pozitif ve önemli ilişkilerin bulunduğu bildirilmiştir.

Kavdır vd (2004) tarafından; toprakların kil içeriği, organik karbon miktarı ve arazi kullanım tiplerinin, toprak gerilim direnci ve agregat stabilitesi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, Çanakkale-Kumkale ovasının 51 farklı lokasyonundan, iki farklı dönemde (Nisan ve Temmuz) örnekleme yapılmıştır. Temmuz örneklemesinde agregat stabilitesi ve toprak organik karbon içeriği arasında önemli ($P < 0.05$, $r^2 = 0.66$) ve pozitif bir ilişki bulunduğu bildirilmiştir.

Zhang vd (2008) tarafından, bitkisel (sap artıkları) ve plastik malç materyallerinin 4 yıl boyunca toprak işlemeli ya da işlemez tarım arazilerine uygulanmalarının ardından, yüzey toprak yapısındaki (0-10 cm) fiziksel değişimler incelenmiştir. Yapılan çalışmada, suya dayanıklı makroagregatlar ve toprak organik karbon içeriği arasında önemli ilişkinin bulunduğu bildirilmiştir.

Ferreras vd (2006) tarafından, farklı orijinli iki ayrı vermikompostun ve tavuk gübresinin uygulandığı çalışmada, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Çalışma sonunda, toprak organik karbonu ve suya dayanıklı agregatlar arasında pozitif ve lineer ilişki ($r^2 = 0.64$) bulunduğu ifade edilmiştir.

Sui vd (2012), 5 yıl süreyle gerçekleşen gübre uygulamalarının (inorganik gübre veya inorganik gübre+çiftlik gübresi) erozyona uğramış tarım toprağındaki suya dayanıklı agregatlar ve agregatlardaki organik karbon içerikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, inorganik gübre+çiftlik gübresi uygulanmış toprağıın >1 mm boyuta sahip suya dayanıklı agregatları ve toprak organik karbonu arasında önemli ($P<0.05$) ve pozitif bir ilişki bulunduğı; benzer şekilde, her iki uygulamanın agregat boyutlarındaki yüzdesel dağılımlar ile agregatlardaki organik karbon içerikleri arasında pozitif ilişkinin bulunduğı bildirilmiştir.

5. SONUÇ

Biyogübrelerin toprak agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla bireysel ya da farklı kombinasyonlarda uygulandığı 90 günlük inkübasyon süresi sonunda, uygulamaların¹ topraktaki agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine etkileri değişik agregat boyutlarında, farklı düzey ve yönlerde gerçekleşmiştir. Çalışmanın ikincil hedefi olarak, uygulamaların makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkileri incelenmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Uygulamaların topraktaki agregat oluşumu üzerine etkileri incelendiğinde, >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine kontrole göre en büyük etkiyi VBMF ve VBCP uygulamaları gerçekleştirmiştir. Uygulamaların (VBMF ve VBCP) bu etkisi istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli ve pozitif yönde olmuştur. Benzer şekilde, BMF ve BCP uygulamalarının >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli (%1) düzeyde ve pozitif yönde gerçekleşmiştir. Bunun yanında, VA ve VM uygulamaları ile kontrole göre önemli sonuçlar elde edilmiştir. Uygulamaların (VA ve VM) bu etkisi istatistiksel olarak önemli (%1) düzeyde ve pozitif yönde gerçekleşmiştir. G, V, M ve A uygulamalarının >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine istatistiksel olarak herhangi bir etki gerçekleştirmedikleri gözlenmiştir. Uygulamalar sonrası >4 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

4-2 mm boyuta sahip agregatlar üzerine kontrole göre en büyük etkiyi VBCP ve BCP uygulamaları gerçekleştirmiştir. Uygulamaların (VBCP ve BCP) bu etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli; fakat negatif yönde olmuştur. Benzer şekilde; VBMF, VM ve VA uygulamalarının 4-2 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemli (%5) düzeyde ve negatif yönde gerçekleşmiştir. Bunun yanında, M uygulamasının 4-2 mm boyuta sahip agregatların miktarında kontrole göre istatistiksel olarak önemli (%5) düzeyde artış gerçekleştirdiği görülmüştür. G, V, BMF ve A uygulamalarının 4-2 mm boyuta sahip agregatlar üzerine istatistiksel olarak herhangi bir etki gerçekleştirmedikleri gözlenmiştir. Uygulamalar sonrası 4-2 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

2-1 mm boyuta sahip agregatlar üzerine kontrole göre en büyük etkiyi A, VM, VBMF, BCP ve VBCP uygulamaları gerçekleştirmiştir. Uygulamaların (A, VM, VBMF, BCP ve VBCP) bu etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. A uygulaması 2-1 mm boyuta sahip agregatların miktarında artış sağlarken; VM, VBMF, BCP ve VBCP uygulamaları bu boyuttaki (2-1 mm) agregat miktarında azalmaya neden olmuştur. M, V ve VA uygulamalarının 2-1 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi ise istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. M ve V uygulamalarının bu etkisi 2-1 mm boyuta sahip agregatların miktarını artırıcı yönde

¹ Uygulamalar: Kontrol, G (15:15:15+%33'lük Amonyum nitrat), V (Vermikompost), M (*Glomus* spp.), VM (Vermikompost+M), A (*Chlorella* spp.), VA (Vermikompost+A), BMF (*Bacillus megaterium*+*Pantoea agglomerans*+*Pseudomonas fluorescens*), VBMF (Vermikompost+BMF), BCP (*Bacillus subtilis*+*Paenibacillus azotofixans*), VBCP (Vermikompost+BCP)

gerçekleşirken, VA uygulamasının etkisi ise azaltıcı yönde gerçekleşmiştir. G ve BMF uygulamalarının 2-1 mm boyuta sahip agregatlar üzerine istatistiksel olarak herhangi bir etki gerçekleştirmediği gözlenmiştir. Uygulamalar sonrası 2-1 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

1-0.50 mm boyuta sahip agregatlar üzerine kontrole göre en büyük etkiyi BCP, VBCP ve VBMF uygulamaları gerçekleştirmiştir. Uygulamaların (BCP, VBCP ve VBMF) bu etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli; fakat negatif yönde olmuştur. Benzer şekilde; VM ve VA uygulamalarının 1-0.50 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemli (%5) düzeyde ve negatif yönde gerçekleşmiştir. Bunun yanında; G, V, A, M ve BMF uygulamalarının 1-0.50 mm boyuta sahip agregatlar üzerine istatistiksel olarak herhangi bir etki gerçekleştirmediği gözlenmiştir. Uygulamalar sonrası 1-0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlar üzerine kontrole göre en büyük etkiyi BMF, VA, BCP, VBCP ve VBMF uygulamaları gerçekleştirmiştir. Uygulamaların (BMF, VA, BCP, VBCP ve VBMF) bu etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli; fakat negatif yönde olmuştur. Benzer şekilde; A, VM ve M uygulamalarının 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlar üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemli (%5) düzeyde ve negatif yönde gerçekleşmiştir. Bunun yanında; V ve G uygulamalarının 0.50-0.25 mm boyuta sahip agregatlar üzerine istatistiksel olarak herhangi bir etki gerçekleştirmediği gözlenmiştir. Uygulamalar sonrası 0.050-0.25 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine kontrole göre en büyük etkiyi A, BMF ve M uygulamaları gerçekleştirmiştir. Uygulamaların (A, BMF ve M) bu etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli; fakat negatif yönde olmuştur. G, BCP, V, VM, VA, VBMF ve VBCP uygulamaları ise 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine istatistiksel olarak herhangi bir etki meydana getirmemişlerdir. Uygulamalar sonrası 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Uygulamalar <0.050 mm boyuta sahip agregatların miktarında kontrole göre istatistiksel olarak herhangi bir etki sağlamamıştır. Bunun yanında, uygulamalar sonrası <0.050 mm boyuta sahip agregatlar üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Uygulamaların toprağın agregat stabilitesi üzerine etkileri incelendiğinde, 2-1 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine kontrole göre en büyük etkiyi VM uygulaması gerçekleştirmiştir. Uygulamanın (VM) bu etkisi istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli ve makro (2-1 mm) boyuttaki agregatların stabilitesini artırıcı yönde olmuştur. Benzer şekilde, VBCP uygulamasının 2-1 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde; BCP, VBMF, M ve BMF uygulamalarının etkileri ise %5 düzeyinde önemli olup, uygulamaların (VBCP, BCP, VBMF, M ve BMF) bu etkinlikleri makro (2-1 mm) boyuttaki agregatların stabilitesini artırıcı yönde gerçekleşmiştir. G, VA, A ve V uygulamalarının 2-1 mm boyuta sahip

agregatların stabilitesi üzerine etkileri ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Uygulamalar sonrası 2-1 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine kontrole göre en büyük etkiyi BMF, BCP, VBMF ve VBCP uygulamaları gerçekleştirmiştir. Uygulamaların (BMF, BCP, VBMF ve VBCP) bu etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuttaki agregatların stabilitesini artırıcı yönde olmuştur. G, M, A, V, VM ve VA uygulamalarının 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkileri ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Uygulamalar sonrası 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Uygulamaların toprak organik karbon içeriği üzerine etkileri incelendiğinde, 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine kontrole göre en büyük etkiyi VBMF uygulaması gerçekleştirmiştir. Uygulamanın (VBMF) bu etkisi istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli ve makro (2-1 mm) boyuttaki agregatların organik karbon içeriğini artırıcı yönde olmuştur. Benzer şekilde; VM, VBCP, BMF ve BCP uygulamalarının 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde; V, VA ve A uygulamalarının etkileri ise %5 düzeyinde önemli olup, uygulamaların (VM, VBCP, BMF, BCP, V, VA ve A) bu etkinlikleri makro (2-1 mm) boyuttaki agregatların organik karbon içeriğini artırıcı yönde gerçekleşmiştir. M ve G uygulamalarının 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkileri ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Uygulamalar sonrası 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine kontrole göre en büyük etkiyi BMF, BCP, V, VBMF, VBCP, VA ve VM uygulamaları gerçekleştirmiştir. Uygulamaların (BMF, BCP, V, VBMF, VBCP, VA ve VM) bu etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuttaki agregatların organik karbon içeriğini artırıcı yönde olmuştur. G, A ve M uygulamalarının 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkileri ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Uygulamalar sonrası 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine elde edilen farklılıklar istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Ayrıca, uygulamalar sonrası makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) boyuta sahip agregatların organik karbon içerikleri ve stabilite değerleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapılan korelasyon ve regresyon analizleri sonucu, her iki boyuta sahip agregatların organik karbon ve stabilite değerleri arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli, pozitif; fakat zayıf bir ilişki bulunmuştur.

Genel olarak, biyogübrelerin bireysel uygulamalarının topraktaki agregat oluşumu, agregat stabilitesi ve organik karbon içeriği üzerine etkinliğinin vermikompost uygulaması ile beraber daha da arttığı gözlenmiştir. Dolayısıyla, biyogübrelerin vermikompost ya da farklı içeriklere sahip organik materyaller ile birlikte uygulanmasının, toprak verimliliği üzerine önemli düzeyde sonuçlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışma sonunda, biyogübrelerin bitki gelişimi ve verimine dolaylı ya da doğrudan katkılarının yanında, toprağın fiziksel (agregat oluşumu ve stabilitesi) ve kimyasal (organik karbon içeriği) özellikleri üzerine de etkili olabileceği fikri ortaya çıkmıştır. Uygulamaların özellikle makro boyuttaki agregatların oluşumu ve stabilitesi üzerine gerçekleştirdiği önemli artışlar göz önüne alındığında, toprakta yarayışlı suyun depolanması, suyun infiltrasyonu, topraktaki hava-su değişimi, uygun tohum yatağının hazırlanması, bitki kök gelişimi, biyolojik faaliyetlerin ve toprak erozyonuna karşı direncin artması ve toprak işleminin olumsuz etkilerinin azaltılması üzerine biyogübrelerin olumlu etkiler sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu nedenle, biyogübrelerin gerek toprak ıslahında kullanılması gerekse üreticiler açısından tercih edilebilir olması adına ülkemizde de yeterli düzeyde araştırmanın yapılması; uygulandığı ortama kolayca adapte olabilecek ve yarar sağlayabilecek mikroorganizmaların seçilmesi ve çoğaltılması; tarla ve sera koşullarındaki etkinliğinin kısa ve uzun dönem çalışmalar ile gözlenmesi ve pratiğe kazandırılması büyük önem arz etmektedir.

Sonuç olarak; çevremizi ve doğal kaynaklarımızı korumaya, tarım arazilerimizin sürdürülebilirliğini ve verimliliğini arttırmaya yönelik ilginin her geçen gün artması dolayısıyla, elde edilen olumlu neticeler de dikkate alınarak, biyogübre kullanımının ülkemizdeki bitkisel üretim alanlarının geleceği için çok faydalı olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- ABDEL-RAOUF, N., AL-HOMAIDAN, A.A. and IBRAHEEM I.B.M. 2012. Agricultural Importance of Algae. *African Journal of Biotechnology*, 11(54): 11648-11658.
- ADESEMOYE, A.O. and KLOEPPER, J.W. 2009. Plant-Microbes Interactions in Enhanced Fertilizer-Use Efficiency. *Appl. Microbiol Biotechnol*, 85: 1-12.
- AHMAD, R., ARSHAD, M., KHALID, A., ZAHIR, Z.A. 2008. Effectiveness of Organic-/Bio-Fertilizer Supplemented with Chemical Fertilizers for Improving Soil Water Retention, Aggregate Stability, Growth and Nutrient Uptake of Maize (*Zea Mays* L.). *Journal of Sustainable Agriculture*, 31(4): 57-77.
- AKPINAR, Ç., ORTAŞ, İ., KORKMAZ, A. 2002. Tarla Koşullarında Mikoriza ve Fosfor Uygulamasının Buğday Bitkisinin Verim ve Besin Maddesi Alımına Etkisi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3): 41-50.
- ALAMI, Y., ACHOUAK, W., MAROL, C. and HEULIN, T. 2000. Rhizosphere Soil Aggregation and Plant Growth Promotion of Sunflowers by An Exopolysaccharide-Producing *Rhizobium* Sp. Strain Isolated from Sunflower Roots. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(8): 3393-3398.
- ALBIACH, R., CANET, R, POMARES, F. and INGELMO, F. 2001. Organic Matter Components and Aggregate Stability After the Application of Different Amendments to A Horticultural Soil. *Bioresource Technology*, 76: 125-129.
- AMBRIZ, E., BAEZ-PEREZ, A., SANCHEZ-YANEZ, J.M., MOUTOGLIS, P. and VILLEGAS, J. 2010. Fraxinus-Glomus-Pisolithus Symbiosis: Plant Growth and Soil Aggregation Effects. *Pedobiologia*, 53(6): 369-373.
- AMELLAL, N., BARTOLI, F., VILLEMIN, G., TALOUIZTE, A. and HEULIN, T. 1999. Effects of Inoculation of EPS-Producing *Pantoea Agglomerans* on Wheat Rhizosphere Aggregation. *Plant and Soil*, 211: 93-101.
- ANDRADE, G., MIHARA, K. L., LINDERMAN, R. G. and BETHLENFALVAY, G. J. 1998. Soil Aggregation Status and Rhizobacteria in the Mycorrhizosphere. *Plant and Soil*, 202: 89-96.
- ANONYMOUS. 2001. Soil Quality Test Kit: Section II-Bacground & Interpetive for Individual Tests, 82 p.
http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_050956.pdf.
[Son erişim tarihi: 02.12.2014]
- ANSARI, A.A. 2008. Effect of Vermicompost on the Productivity of Potato (*Solanum tuberosum*), Spinach (*Spinacia oleracea*) and Turnip (*Brassica campestris*). *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(3): 333-336.
- ANTOUN, H., BEAUCHAMP, C.J., GOUSSARD, N., CHABOT, R. and LALANDE, R. 1998. Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* Species As Plant Growth

- Promoting Rhizobacteria on Non-Legumes: Effect on Radishes (*Raphanus sativus* L.). *Plant Soil*, 204: 57-67.
- ASGHARI, 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 J. Agric. For.*, 33: 47-55.
- ASGHARI, S., NEYSHABOURI, M.R., ABBASI, F., ALIASGHARZAD, N. and OUSTAN, S. 2010. Effects of Polyacrylamide, Manure, Vermicompost and Biological Sludge on Aggregate Stability, Penetration Resistance and Available Water Capacity in A Sandy Loam Soil. *Water And Soil Science*, 20.1(3): 15-30.
- ASTIKO, W., SASTRAHIDAYAT, I.R., DJAUHARI, S. and MUHIBUDDIN, A. 2013. The Role of Indigenous Mycorrhiza in Combination with Cattle Manure in Improving Maize Yield (*Zea Mays* L) on Sandy Loam of Northern Lombok, Eastern of Indonesia. *J. Trop Soils*, 18(1): 53-58.
- AZARMI, R., GIGLOU, M.T. and TALESHEMIKAIL, R.D. 2008. Influence of Vermicompost on Soil Chemical and Physical Properties in Tomato (*Lycopersicum esculentum*) Field. *African Journal of Biotechnology*, 7(14): 2397-2401.
- BAGYARAJ, D.J. 1984. Biological Interactions with VA Mycorrhizal Fungi. In: C. L.I. Powell and D.J. Bagyaraj (Editors), VA Mycorrhiza. CRC Press, pp. 131-153, Boca Raton, FL.
- BALDANI, V.L.D., BALDANI J.I. and DOBEREINER, J. 2001. Inoculation of Rice Plants with the Endophytic Diazotrophs *Herbaspirillum seropedicae* and *Burkholderia* spp. *Biol. Fertil. Soils*, 30: 485-491.
- BARAN, A., KARACA ve A. HAKTANIR, K. 1996. Bakteri (*Rhizobium meliloti*) ve Mantarın (*Aspergillus niger*) peat karıştırılan ve karıştırılmayan killi tınlı bir agregat stabilitesi üzerine etkileri. *Pamukkale Üniv. Müh. Fak. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2): 143-146.
- BARAZANI, O. and FRIEDMAN, J. 1999. Is IAA the Major Root Growth Factor Secreted from Plant-Growth-Mediating Bacteria? *J. Chem. Ecol.*, 25: 2397-2406.
- BARCLAY, W.R. and LEWIN, R.A. 1985. Microalgal Polysaccharide Production for the Conditioning of Agricultural Soils. *Plant and Soil*, 88: 159-169.
- BAREA, J.M., AZCON, R. and AGUILAR, C.A. 2002. Mycorrhizosphere Interactions to Improve Plant Fitness and Soil Quality. *Antonie van Leeuwenhoek*, 81(1-4): 343-351.
- BEARDEN, B.N. and PETERSEN, L. 2000. Influence of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Structure and Aggregate Stability of A Vertisol. *Plant and Soil*, 218: 173-183.

- BEDINI, S., PELLEGRINO, E., AVIO, L., PELLEGRINI, S., BAZZOFFI, P., ARGESSE, E., GIOVANNETTI, M. 2009. Changes in Soil Aggregation and Glomalin-Related Soil Protein Content As Affected by the Arbuscular Mycorrhizal Fungal Species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. *Soil Biology & Biochemistry*, 41: 1491-1496.
- BELIMOV, A.A., SAFRONOVA, V.I., SERGEYEVA, T.A., EGOROVA, T.N., MATVEYEVA, V.A., TSYGANOV, V.E., BORISOV, A.Y., TIKHONOVICH, I.A., KLUGE, C., PREISFELD, A., DIETZ, K.J. and STEPANOK, V.V. 2001. Characterization of Plant Growth Promoting Rhizobacteria Isolated from Polluted Soils and Containing 1-Aminocyclopropane-1- Carboxylate Deaminase. *Can. J. Microbiol.*, 47: 642-652.
- BENDER, D., ERDAL, İ., DENGİZ, O., GÜRBÜZ, M. ve TARAKÇIOĞLU, C. 1998. Farklı Organik Materyallerin Killi Bir Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri. International Symposium on Arid Region Soil. International Agrohydrology Research And Training Center, pp. 506-510, Menemen, İzmir.
- BENITO, E. and DIAZ-FIERROS, F. 1992. Effect of Cropping on the Structural Stability of Soils Rich in Organic Matter. *Soil Till. Res.*, 23(1-2): 153-161.
- BENT, E., TUZUN, S., CHANWAY, C.P. and ENEBAK, S. 2001. Alterations in Plant Growth and in Root Hormone Levels of Lodgepole Pines Inoculated with Rhizobacteria. *Can. J. Microbiol.*, 47: 793-800.
- BETHLENFALVAY, G.J. and BAREA, J.M. 2009. Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. I. Effects on Seed Yield and Soil Aggregation. *Am. J. Alternative Agric.*, 9: 157-161.
- BEZZATE, S., AYMERICH, S., CHAMBERT, R., CZARNES, S., BERGE, O. and HEULIN, T. 2000. Disruption of the *Paenibacillus Polymyxa* Levansucrase Gene Impairs Its Ability to Aggregate Soil in the Wheat Rhizosphere. *Environmental Microbiology*, 2(3): 333-342.
- BLACK, C.A. 1957. Soil-Plant Relationships. John Wiley and Sons Inc., New York, 332 p.
- BLACK, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2, Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madisson, pp. 1372-1376, Wilconsin, USA.
- BODDEY, R.M., BALDANI, V.L.D., BALDANI, J.I. and DOBEREINER, J. 1986. Effect of Inoculation of *Azospirillum* Spp. on Nitrogen Accumulation by Field-Grown Wheat. *Plant Soil*, 95: 109-121.
- BODDEY, R.M., POLIDORO, J.C., RESENDE, A.S., ALVES, B.J.R. and URQUIAGA, S. 2001. Use of the ¹⁵N Natural Abundance Technique for the Quantification of the Contribution of N₂ Fixation to Sugar Cane and Other Grasses. *Aust. J. Plant Physiol.*, 28: 889-895.

- BOSSUYT, H., DENEFF, K., SIX, J., FREY, S.D., MERCKX, R. and PAUSTIAN, K. 2001. Influence of Microbial Populations and Residue Quality on Aggregate Stability. *Applied Soil Ecology*, 16(3): 195-208.
- BOUYOUCOS, G.J. 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils, *Agronomy Journal*, 43(9): 434-438.
- BOWEN, G.D., ROVIRA, A.D. 1999. The Rhizosphere and Its Management to Improve Plant Growth. *Adv Agron*, 66: 1-102.
- CAESAR-TONTHAT, T.C. and COCHRAN, V.L. 2000. Soil Aggregate Stabilization by A Saprophytic Lignin-Decomposing Basidiomycete Fungus I. Microbiological Aspects. *Biology Fertility of Soils*, 32(5): 374-380.
- CAESAR-TONTHAT, T.C., CAESAR, A.J., GASKIN, J.F., SAINJU, U.M. and BUSSCHER, W.J. 2007. Taxonomic Diversity of Predominant Culturable Bacteria Associated with Microaggregates from Two Different Agroecosystems and Their Ability to Aggregate Soil in vitro. *Applied Soil Ecology*, 36: 10-21.
- CANBOLAT, M., BILEN, S., CAKMAKCI, R., SAHIN, F. and AYDIN, A. 2006. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Soil Compaction on Barley Seedling Growth, Nutrient Uptake, Soil Properties and Rhizosphere Microflora. *Biol. Fertil. Soils*, 42: 350-357.
- CARAVACA, F., BAREA, J.M., FIGUEROA, D. and ROLDAN, A. 2002. Assessing the Effectiveness of Mycorrhizal Inoculation and Soil Compost Addition for Enhancing Reafforestation with *Olea europaea* Subsp. *sylvestris* Through Changes in Soil Biological and Physical Parameters. *Applied Soil Ecology*, 20: 107-118.
- CATTELAN, A.J., HARTEL, P.G. and FUHRMANN, J.J. 1999. Screening for Plant Growth-Promoting Rhizobacteria to Promote Early Soybean Growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63: 1670-1680.
- CAVENDER, N.D., ATIYEH, R.M. and KNEE, M. 2003. Vermicompost Stimulates Mycorrhizal Colonization of Roots of *Sorghum bicolor* At the Expense of Plant Growth. *Pedobiologia*, 47: 85-89.
- CELIK, I., ORTAS, I. and KILIC, S. 2004. Effects of Compost, Mycorrhiza, Manure and Fertilizer on Some Physical Properties of A Chromoxerert Soil. *Soil and Tillage Research*, 78(1): 59-67.
- CHAPMAN, H.D., PRATT, P.F and PARKER, F. 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Univ. of Calif. Div. of Agri. Sci., Riverside, U.S.A., 309 p.
- CHENU, C. 1995. Extracellular Polysaccharides: An Interface Between Microorganisms and Soil Constituents. In: Huang, P.M., Berthelin, J., Bollag, J.M., McGill, W.B., Page, A.L. (Editors), Environmental Impact of Soil Component Interactions, Natural and Anthropogenic Organics, vol. I. Lewis, pp. 217-233, Boca Raton, FL.

- CHENU, C., LE BISSONNAIS, Y., ARROUAYS, D. 2000. Organic Matter on Clay Wettability and Soil Aggregate Stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 1479-1486.
- CHEPIL, W.S. 1962. A Compact Rotary Sieve and the Importance of Dry Sieving in Physical Soil Analysis. *Soil Science Society of America Proc.*, 26: 4-6.
- ÇAĞLAR, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Sayı:10, 230 s.
- ÇAKMAKÇI, R. 2005a. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı. *Atatürk Üni. Zir. Fak. Derg.*, 36(1): 97-107.
- ÇAKMAKÇI, R. 2005b. Bitki Gelişiminde Fosfat Çözücü Bakterilerin Önemi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(35): 93-108.
- ÇAKMAKÇI, R., DÖNMEZ, M.F., ERDOĞAN, Ü. 2007. The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Barley Seedling Growth, Nutrient Uptake, Some Soil Properties, and Bacterial Counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(3): 189-199.
- ÇAKMAKÇI, R. 2009. Stres Koşullarında ACC Deaminaze Üretici Bakteriler Tarafından Bitki Gelişiminin Teşvik Edilmesi. *Atatürk Üni. Zir. Fak. Derg.*, 40(1): 109-125.
- ÇAKMAKÇI, R., ERTÜRK, Y., DÖNMEZ, M.F., ERAT, M., KUTLU, M., SEKBAN, R. ve HAZNEDAR, A. 2012. Azot Fikseri ve Fosfat Çözücü Bakterilerin Muradiye 10 Çay Klonunda Gelişme, Verim ve Besin Alımı Üzerine Etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2): 176-181.
- ÇETİNKAYA, D. ve DURA, S. 2010. Mısır Vejetatif Gelişimi ve Verimi Üzerinde Bir Endomikorizal Preparatın Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(1): 53-59.
- ÇITAK, S., SÖNMEZ, S., KOÇAK, F. ve YAŞİN, S. 2011. Vermikompost ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Ispanak (*Spinacia oleracea* var. L.) Bitkisinin Gelişimi ve Toprak Verimliliği Üzerine Etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28(1): 56-69.
- DAS, I. and SINGH, A.P. 2014. Effect of PGPR and Organic Manures on Soil Properties of Organically Cultivated Mungbean. *The Bioscan*, 9(1): 27-29.
- DAYNES, C.N., FIELD, D.J., SALEEBA, J.A., COLE, M.A. and McGEE, P.A. 2013. Development and Stabilisation of Soil Structure Via Interactions Between Organic Matter, Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Roots. *Soil Biology & Biochemistry*, 57: 683-694.
- de LA NOVAL, B., PEREZ, E., MARTINEZ, B., LEON, O., MARTINEZ-GALLARDO, N. and DELANO-FRIER, J. 2007. Exogenous Systemin Has A Contrasting Effect on Disease Resistance in Mycorrhizal Tomato (*Solanum*

- lycopersicum*) Plants Infected with Necrotrophic Or Hemibiotrophic Pathogens. *Mycorrhiza*, 17: 449-460.
- de SALAMONE, I.E.G., DOBEREINER, J., URQUIAGA, S. and BODDEY, R.M. 1996. Biological Nitrogen Fixation in Azospirillum Strain-Maize Genotype Associations As Evaluated by the ¹⁵N Isotope Dilution technique. *Biol. Fertil. Soils*. 23: 249-256.
- de SALAMONE, I.E.G., HYNES R.K. and NELSON, L.M. 2001. Cytokinin Production by Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Selected Mutants. *Can. J. Microbiol.* 47: 404-411.
- DEMİR, S. 2002. Mikorhizal Fungus *Glomus Intraradices* (Schenck&Smith)'in Bazı Sebze Bitkilerinin Köklerinde Kolonizasyonu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(1): 53-57.
- DEMİRALAY, İ. 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni. Yayınları No: 143, ss. 90-95, Erzurum.
- DEMİRÖZER, O. ve ÖZGÖNEN, H. 2013. Tarımsal Üretimde Arbusküler Mikorizal Funguslar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2): 9-15.
- DEPI. How Do the Properties of Soils Affect Plant Growth. <http://www.depi.vic.gov.au/agriculture-and-food/dairy/pastures-management/fertilising-dairy-pastures/how-do-the-properties-of-soils-affect-plant-growth>. [Son erişim tarihi: 02.12.2014]
- DEXTER A. R. 1988. Advances in Characterization of Soil Structure. *Soil Tillage Res.*, 11: 199-238.
- DORAN, J.W. and SAFLEY, M. 1997. Defining and Assessing Soil Health and Sustainable Productivity. In: Pankhurst, C.E., Doube, B.M., and Gupta, V.V.S.R. (Editors), Biological Indicators of Soil Health. CAB International, pp. 1-28, UK.
- DRINKWATER, L.E. and SNAPP, S.S. 2007. Understanding and Managing the Rhizosphere in Agroecosystems. In: Cardon, Z.G. and Whitbeck, J.L. (Editors), The Rhizosphere An Ecological Perspective. Elsevier/Academic Press, pp. 127-153, New York.
- DUTTA, S., PAL, R., CHAKERABORTY, A. and CHAKRABARTI, K. 2003. Influence of Integrated Plant Nutrient on Phosphorus and Sugarcane and Sugar Yields. *Field Crop Research*, 77: 43-49.
- EGENER, T., HUREK, T. and REINHOLD-HUREK, B. 1999. Endophytic Expression of Nif Genes of *Azoarcus* sp. Strain BH72 in Rice Roots. *Mol. Plant Microbe Interact.*, 12: 813-819.
- ERŞAHİN, Y.Ş. 2008. Vermikompost, Degerli Bir Organik Gübre: Avantajları ve Uygulamaları. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildiriler Kitabı, ss. 960-970, Konya.

- EVLIYA, H. 1960. Kültür Bitkilerinin Beslenmesi. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yayınları: 36, Ders Kitabı: 17, Ankara, 656 s.
- FALCHINI, L., SPARVOLI, E. and TOMASELLI, L. 1996. Effect of *Nostoc* (Cyanobacteria) Inoculation on the Structure and Stability of Clay Soils. *Biol Fertil Soils*, 23: 346-352.
- FERRERAS, L., GOMEZ, E., TORESANI, S., FIRPO, I. and ROTONDO, R. 2006. Effect of Organic Amendments on Some Physical, Chemical and Biological Properties in A Horticultural Soil. *Bioresource Technology*, 97: 635-640.
- FOSTER, R.C. 1981. Polysaccharides in Soil Fabrics. *Science*, 214: 665-667.
- GANESH, P., THARMARAJ, K., KOLANJINATHAN, K., SELVI, S.S., SURESH, K.R. and CHINNA, D.S. 2011. Effect of Organic Manures and Biofertilizers on Physical, Biological Properties and Growth of Rice (ADT 43) by Field Application Studies (SRI). *International Journal of Current Life Science*, 1(1): 11-15.
- GARCIA-CRUZ, A., FLORES-ROMAN, D., GARCIA-CALDERON, N.E. and VELAZQUEZ-RODRIGUEZ, A.S. 2007. Tepetate Habilitation by Effect of Biological Improvers. *Agrociencia*, 41(7): 723-731.
- GARDNER, W.R. 1956. Representation of Soil Aggregate-Size Distribution by A Logarithmic-Normal Distribution. *Soil Science Society of America Journal*, 20: 151-153.
- GLICK, B.R. 2012. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. <http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401>. [Son erişim tarihi: 02.12.2014]
- GOUZOU, L., BURTIN, G., PHILIPPY, R., BARTOLI, F. and HEULIN T. 1993. Effect of Inoculation with *Bacillus polymyxa* on Soil Aggregation in the Wheat Rhizosphere: Preliminary Examination. *Geoderma*, 56(1-4): 479-491.
- GRAF, F. and FREI, M. 2013. Soil Aggregate Stability Related to Soil Density, Root Length, and Mycorrhiza Using Site-Specific *Alnus Incana* and *Melanogaster Variegatus* s.l. *Ecological Engineering*, 57: 314-323.
- GRYNDLER, M. 2000. Interactions of Arbuscular Mycorrhizal Fungi with Other Soil Organisms. In: Kapulnik Y, Douds Jr D.D. (Editors), Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. Kluwer Academic, pp. 239-262, Dordrecht, The Netherlands.
- GUPTA, V.V.S.R and GERMIDA J.J. 1988. Distribution of Microbial Biomass and Its Activity in Different Soil Aggregate Sizes Classes As Affected by Cultivation. *Soil Biology and Biochemistry*, 20: 459-464.
- GUTIERREZ-MANERO, F.J., RAMOS-SOLANO, B., PROBANZA, A., MEHOUACHI, J., TADEO, F.R. and TALON, M. 2001. The Plant-Growthpromoting Rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis*

- Produce High Amounts of Physiologically Active Gibberellins. *Physiol. Plant.*, 111: 206-211.
- HALVORSON, J.J., SMITH, J.L. and PAPENDICK, R.I., 1997. Issues of Scale for Evaluating Soil Quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 52(1): 26-30.
- HARRIS, R.F., CHESTERS, G. and ALLEN, O.N. 1966. Dynamics of Soil Aggregation. *Advances in Agronomy*, 18: 107-169.
- HARRIS, R.F., ALLEN, O.N., CHESTERS, G. and ATTOE, O.J. 1963. Evaluation of Microbial Activity in Soil Aggregate Stabilization and Degradation by the Use of Artificial Aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 27(5): 542-545.
- HASHEM, M.A. 2001. Problems and Prospects of Cyanobacterial Biofertilizer for Rice Cultivation. *Aust. J. Plant Physiol.*, 28: 881-888.
- HAYNES, R.J. and FRANCIS, G.S. 1993. Changes in Microbial Biomass C, Soil Carbohydrate Composition and Aggregates Stability Induced by Growth of Selected Crop and Forage Species Under Field Conditions. *Journal of Soil Science*, 44: 665-675.
- HERVAS, L., MAZUELOS, C., SENESI, N. and SAIZ-JIMENEZ, C. 1989. Chemical and Physico-Chemical Characterization of Vermicomposts and Their Humic Acid Fractions. *Science of the Total Environment*, 81/82: 543-550.
- HIGA, T. 1991. Effective Microorganisms: A Biotechnology for Mankind. In: J.F. Parr, S.B. Hornick and C.E. Whitman (Editors), Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming. U.S. Department of Agriculture, pp. 8-14, Washington D.C., USA.
- HIGA, T. and PARR, J.F. 1994. Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment. Int. Nature Farming Res. Center (INFRC), Atami, Japan, 16 p.
- HIGA, T. and WIDIDANA, G.N. 1991. Changes in the Soil Microflora Induced by Effective Microorganisms. In: J.F. Parr, S.B. Hornick and C.E. Whitman (Editors), Proceeding of the First International Conference on Kyusei Nature Farming. U.S. Department of Agriculture, pp. 153-162, Washington D.C., USA.
- HODGE, A. 2000. Microbial Ecology of the Arbuscular Mycorrhiza. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 32: 91-96.
- HONTORIA, C., VELASQUEZ, R., BENITO, M., ALMOROX, J., MOLINER, A. 2009. Bradfordreactive Soil Proteins and Aggregate Stability Under Abandoned Versus Tilled Olive Groves in A Semi-Arid Calcisol. *Soil Biology & Biochemistry*, 41: 1583-1585.
- HOORMAN J.J. 2011. The Role of Soil Bacteria.
<http://schoonerchantal.com/Role%20of%20soil%20bacteria.pdf>.
[Son erişim tarihi: 02.12.2014]

- HUANG, Y.M., WU, Q.S. AND LI, Y. 2013. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alter Plant Growth, Soil Aggregate Stability, and Rhizospheric Organic Carbon Pools of Citrus. *Advanced Materials Research*, 610/613: 3063-3066.
- HU, J.L., CUI, X.C., DAI, J., WANG, J.H., CHEN, R.R., YIN, R. and LIN, X.G. 2014a. Interactive Effects of Arbuscular Mycorrhizae and Maize (*Zea mays* L.) Straws on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Growth and Organic Carbon Storage in A Sandy Loam Soil. *Soil & Water Res.*, 9: 119-126.
- HU, J.L., CUI, X.C., LIN, X.G., DAI, J., CHEN, R.R., WANG, J.H. and WONG, M.H. 2014b. Arbuscular Mycorrhizal Fungus Enhances Maize (*Zea mays* L.) Growth and Organic Carbon Sequestration in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Straw-Amended Soils. *Applied Ecology and Environmental Research*, 12(3): 637-644.
- ISOPI, R., FABBRI, P., DEL-GALLO, M. and PUPPI, G. 1995. Dual Inoculation of *Sorghum bicolor* (L.) Moench ssp. *bicolor* with Vesicular Arbuscular Mycorrhizas and *Acetobacter diazotrophicus*. *Symbiosis*, 18: 43-55.
- JACKSON, M.L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi, 498 p.
- JAKOBSEN, I. and ROSENDAHL, L. 1990. Carbon Flow Into Soil and External Hyphae from Roots of Mycorrhizal Cucumber Plants. *New Phytologist*, 115: 77-83.
- JAMES, E.K., OLIVARES, F.L., BALDANI, J.I. and DOBEREINER, J. 1997. *Herbaspirillum*, An Endophytic Diazotroph Colonizing Vascular Tissue in Leaves of *Sorghum bicolor* L. Moench. *J. Exp. Bot.*, 48: 785-797.
- JAMES, E.K., GYANESHWAR, P., MATHAN, N., BARRAQUIO, Q.L., REDDY, P.M., IANNETTA, P.P.M., OLIVARES, F.L. and LADHA, J.K. 2002. Infection and Colonization of Rice Seedlings by the Plant Growth-Promoting Bacterium *Herbaspirillum seropedicae* Z67 Mol. *Plant Microbe. Interact.*, 15: 894-906.
- JASTROW, J., MILLER, R. and LUSSENHOP, J. 1998. Contributions of Interacting Biological Mechanisms to Soil Aggregate Stabilization in Restored Prairie. *Soil Biology & Biochemistry*, 30: 905-916.
- JEFFRIES, P., GIANINAZZI, S., PEROTTO, S., TURNAU, K. and BAREA, J.M. 2003. The Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sustainable Maintenance of Plant Health and Soil Fertility. *Biol Fertil Soils*, 37: 1-16.
- KACAR, B. 1962. Plant and Soil Analysis. Univ. of Nebraska College of Agri. Dept. of Agronomy, Lincoln, Nebraska, USA, 72 p.
- KACAR, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, 255 s.

- KACI, Y., HEYRAUD, A., BARAKAT, M. and HEULIN, T. 2005. Isolation and Identification of An EPS-Producing *Rhizobium* Strain from Arid Soil (Algeria): Characterization of Its EPS and the Effect of Inoculation on Wheat Rhizosphere Soil Structure. *Research in Microbiology*, 156: 522-531.
- KARA, Z. ve BAĞÇEVLİ, A. 2012. Bazı Simbiyotik Mikroorganizma Karışımı Uygulamalarının Farklı Asma Anacı Çeliklerinde Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(3): 20-28.
- KARAARSLAN, E. 2007. Konya Ovasındaki Büyük Toprak Gruplarında V.A. Mikoriza Sporlarının İzole Edilmesi ve Biyogübre Etkinliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 176 s.
- KARAÇAL, İ. ve TUFENKÇİ, Ş. 2010. Bitki Belemede Yeni Yaklaşımlar ve Gübre-Çevre İlişkisi. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, Ankara. http://www.zmo.org.tr/yayinlar/kitap_goster.php?kodu=82. [Son erişim tarihi: 02.12.2014]
- KARAGIANNIDIS, N., BLETOS, F., STAVROPOULOS, N. 2002. Effect of *Verticillium* Wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and Mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on Root Colonization, Growth and Nutrient Uptake in Tomato and Eggplant Seedlings. *Scientia Hort.*, 94: 145-156.
- KARMAKAR, S., BRAHMACHARI, K. and GANGOPADHYAY, A. 2013. Studies on Agricultural Waste Management Through Preparation and Utilization of Organic Manures for Maintaining Soil Quality. *African Journal of Agricultural Research*, 8(48): 6351-6358.
- KAUSHIK, R., SAXENA, A.K., TILAK, K.V.B.R. 2000. Selection of Tn5::lacZ Mutants Isogenic to Wild Type *Azospirillum brasilense* Strains Capable of Growing At Sub-Optimal Temperature. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 16: 567-570.
- KAVIDIR, Y., OZCAN, H., EKINCI, H., YUKSEL, O. and YIGINI, Y. 2004. The Influence of Clay Content, Organic Carbon and Land Use Types on Soil Aggregate Stability and Tensile Strength. *Turk J. Agric. For.*, 28: 155-162.
- KELLOG, C.E. 1952. Our Garden Soils. The Macmillan Company, New York, 232 p.
- KEMPER, W.D. and KOCH, E.J. 1966. Aggregate Stability of Soils from the Western Portions of The United States and Canada. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull., 1355 p.
- KEMPER, W.D. and ROSENAU, R.C. 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In: Klute, A. (Editor), Methods of Soil Analysis: Part I-Physical and Mineralogical Methods (2nd edition). American Society of Agronomy, Agronomy Monograph No: 9, pp. 425-442, Wisconsin, U.S.A.
- KHAN, A.A., JILANI, G., AKHTAR, M.S., NAQVI, S.M.S., RASHEED, M. 2009. Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and Their Role in Crop Production. *J. Agric. Biol. Sci.*, 1: 48-58.

- KHOTABAEI, M., EMAMI, H., ASTARAEI, A.R., FOTOVAT, A. 2013. Improving Soil Physical Indicators by Soil Amendment to a Saline-Sodic Soil. *Desert*, 18: 73-78.
- KOHLER, J., CARAVACA, F., CARRASCO, L. and ROLDAN, A. 2006. Contribution of *Pseudomonas mendocina* and *Glomus intraradices* to Aggregate Stabilization and Promotion of Biological Fertility in Rhizosphere Soil of Lettuce Plants Under Field Conditions. *Soil Use and Management*, 22: 298-304.
- KOHLER, J., CARAVACA, F. and ROLDAN, A. 2010. An AM Fungus and A PGPR Intensify the Adverse Effects of Salinity on the Stability of Rhizosphere Soil Aggregates of *Lactuca sativa*. *Soil Biology & Biochemistry*, 42: 429-434.
- KOHLER-MILLERET, R., LE BAYLON, R.C., CHENU, C., GOBAT, J.M., BOIVIN, P. 2013. Impact of Two Root Systems, Earthworms and Mycorrhizae on the Physical Properties of An Unstable Silt Loam Luvisol and Plant Production. *Plant Soil*, 370: 251-265.
- KRISHNA, K.R., BALAKRISHNA, A.N. and BAGYARAJ, D.J. 1982. Interaction Between A Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungus and *Streptomyces cinnamomeus* and Their Effects on Finger Millet. *New Phytol*, 92: 401-405.
- KÜÇÜK, Ç. ve GÜLER, İ. 2009. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bazı Biyokontrol Mikroorganizmalar. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR*, 07(1): 30-42.
- LALANDE, R., FURLAN, V., ANGERS, D.A. and LEMIEUX, G. 1998. Soil Improvement Following Addition of Chipped Wood from Twigs. *American Journal of Alternative Agriculture*, 13(3): 132-137.
- LEIFHEIT, E.F., VERESOGLOU, S.D., LEHMANN, A., MORRIS, E.K. and RILLING, M.C. 2014. Multiple Factors Influence the Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Soil Aggregation-A Meta-Analysis. *Plant and Soil*, 374(1-2): 523-537.
- LEWANDOWSKI, A. and ZUMWINKLE, M. 1999. Assessing the Soil System. A Review of Soil Quality Literature. Minnesota Department of Agriculture Energy and Sustainable Agriculture Program, 65 p.
- LINDERMAN, R.G. 1992. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae and Soil Microbiota Interactions. In: Bethlenfalvay, G.J., Linderman, R.G. (Editors), *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. American Society of Agronomy Special Publication No. 54, pp. 45-70, Madison, WI.
- LINDSAY, W.L. and NORVELL, W.A. 1978. Development of A DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Amer. Jour.*, 42(3): 421-428.
- LOPEZ, B.R., BASHAN, Y., TREJO, A. and de-BASHAN, L.E. 2013. Amendment of Degraded Desert Soil with Wastewater Debris Containing Immobilized *Chlorella Sorokiniana* and *Azospirillum Brasilense* Significantly Modifies Soil

- Bacterial Community Structure, Diversity, and Richness. *Biol Fertil Soils*, 49: 1053-1063.
- LOUE, A. 1968. Diagnostis Petiolaire de Prospection. Etudes Sur la Nutrition et al Fertilisation Potassiques de la Vigne. Societe Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agronomiques, pp. 31-41.
- LUCY, M., REED, E., GLICK, B.R. 2004. Applications of Free Living Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86(1): 1-25.
- LYNCH, J.M. 1981. Promotion and Inhibition of Soil Aggregate Stabilization by Soil Microorganisms. *J. Appl. Bacteriol.*, 126: 371-375.
- MALIK, K.A., BILAL, R., MEHNAZ, S., RASUL, G., MIRZA, M.S. and ALI, S. 1997. Association of Nitrogen-Fixing, Plant Promoting Rhizobacteria (PGPR) with Kallar Grass and Rice. *Plant Soil*, 194: 37-44.
- MANIVANNAN, S., BALAMURUGAN, M., PARTHASARATHI, K., GUNASEKARAN, G. and RANGANATHAN, L.S. 2009. Effect of Vermicompost on Soil Fertility and Crop Productivity-Beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Environ. Biol.*, 30(2): 275-281.
- MARATHE, K.V. and CHAUDHARI, P.R. 1975. An Example of Algae As Pioneers in the Lithosphere and Their Role in Rock Corrosion. *J. Ecol.*, 63: 65-70.
- MARTENS, D.A. and FRANKENBERGER, W.T. 1992. Decomposition of Bacterial Polymers in Soil and Their Influence on Soil Structure. *Biology and Fertility of Soils*, 13(2): 65-73.
- MATSUBARA, Y., HARADA, T., YAKUWA, T. 1994. Effect of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation on Seedling Growth in Several Species of Vegetable Crops. *J. Japan. Hort. Sci.*, 63: 619-628.
- MAQUBELA, M.P., MNKENI, P.N.S., MALAM ISSA, O., PARDO, M.T. and D'ACQUI, L.P. 2009. *Nostoc* Cyanobacterial Inoculation in South African Agricultural Soils Enhances Soil Structure, Fertility, And Maize Growth. *Plant and Soil*, 315(1-2): 79-92.
- MAYAK, S., TIROSH, T. and GLICK, B.R. 1999. Effect of Wild-Type and Mutant Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on the Rooting of Mung Bean Cuttings. *J. Plant Growth Regul.*, 18: 49-53.
- MEHNAZ, S., MIRZA, M.S., HAURAT, J., BALLY, R., NORMAND, P., BANO, A., MALIK, K.A. 2001. Isolation and 16S rRNA Sequence Analysis of the Beneficial Bacteria from the Rhizosphere of Rice. *Can. J. Microbiol.*, 472: 110-117.
- METTING, B. 1987. Dynamics of Wet and Dry Aggregate Stability from A Three-Year Microalgal Soil Conditioning Experiment in the Field. *Soil Science*, 143(2): 139-143.

- MILLER, R.M. and JASTROW, J.D. 1990. Hierarchy of Root and Mycorrhizal Fungal Interactions with Soil Aggregation. *Soil Biology & Biochemistry*, 22: 579-584.
- MILLER, R.M and JASTROW, J.D. 2000. Mycorrhizal Fungi Influence Soil Structure. In: Kapulnik, Y., Douds Jr., D.D. (Editors), Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function, Kluwer Academic, pp. 3-18, Dordrecht, the Netherlands.
- MIRZA, M.S., AHMAD, W., LATIF, F., HAURAT, J., BALLY, R., NORMAND, P. and MALIK, K.A. 2001. Isolation, Partial Characterization, and the Effect of Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPB) on Micro-Propagated Sugarcane *in vitro*. *Plant Soil*, 237: 47-54.
- MRKOVACKI, N. and MILIC, V. 2001. Use of *Azotobacter Chroococcum* As Potentially Useful in Agricultural Application. *Ann. Microbiol.*, 51: 145-158.
- NELSON, D.W. and SOMMER, L.E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney D.R. (Editors), Methods of Soil Analysis. 2nd Ed. ASA Monogr. 9(2). Amer. Soc. Agron., pp. 539-579, Madison, WI.
- NGO, P.T., RUMPEL, C., DIGNAC, M.F., BILLOU, D., DUC, T.T. and JOUQUET, P. 2011. Transformation of Buffalo Manure by Composting Or Vermicomposting to Rehabilitate Degraded Tropical Soils. *Ecological Engineering*, 37: 269-276.
- NIELSEN, M.N. and WINDING, A. 2002. Microorganisms As Indicators of Soil Health. National Environmental Research Institute, Technical Report No: 388, Denmark.
- NISHA, R., KAUSHIK, A. and KAUSHIK, C.P. 2007. Effect of Indigenous Cyanobacterial Application on Structural Stability and Productivity of An Organically Poor Semi-Arid Soil. *Geoderma*, 138(1-2): 49-56.
- NOEL, T.C., SHENG, C., YOST, C.K., PHARIS, R.P. and HYNES, M.F. 1996. *Rhizobium leguminosarum* As A Plant Growth-Promoting Rhizobacterium: Direct Growth Promotion of Canola and Lettuce. *Can. J. Microbiol.*, 42: 279-283.
- OBREHT, Z., KERBY, N.W., GANTAR, M. and ROWELL, P. 1993. Effects of Rootassociated N₂-Fixing Cyanobacteria on the Growth and Nitrogen Content of Wheat (*Triticum vulgare* L.) Seedlings. *Biol. Fertil. Soils*, 15: 68-72.
- OCAK, E. ve DEMİR, S. 2012. Toprak Verimliliği ve Bitki Gelişiminde Peyniraltı Suyu ve Arbusküler Mikorhizal Fungus'un (AMF) Önemi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(1): 48-55.
- OKUR, N. ve ORTAŞ, İ. 2012. Mikrobiyolojik Gübreleme ve Tarımda Mikorizalar. In: Mehmet R.K. (Editor), Bitki Besleme. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi: 2, pp. 555-598, Ankara.

- OLSEN, S.R., SOMMERS, L.E. 1982. Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonate. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney D.R. (Editors), *Methods of Soil Analysis*. 2nd Ed. Amer. Soc. Agron., ASA Monogr. 9(2), pp. 403-430, Madison, WI.
- OMAR, M.N.A., MAHROUS, N.M. and HAMOUDA, A.M. 1996. Evaluating the Efficiency of Inoculating Some Diazotrophs on Yield and Protein Content of 3 Wheat Cultivars Under Graded Levels of Nitrogen Fertilization. *Ann. Agric. Sci.*, 41: 579-590.
- ÖZDEMİR, N. ve CANBOLAT, M.Y. 1997. Toprak Strüktürünün Oluşum Süreçleri ve Yönetimi. *Atatürk Ü.Zir.Fak.Der.*, 28(3): 413-419.
- ÖZYILMAZ, Ü. ve BENLİOĞLU, K. 2012. Fosfat Çözen Bakterilerin Pamuk Bitkisinin Gelişimine ve *Verticillium* Solgunluğuna Etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 3(1): 47-62.
- PALTA, Ş., DEMİR, S., ŞENGÖNÜL, K., KARA, Ö. ve ŞENSOY, H. 2010. Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF), Bitki ve Toprakla İlişkileri, Mera Islahındaki Önemleri, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12(18): 87-98.
- PANDEY, A., SHARMA, E. and PALNI, L.M.S. 1998. Influence of Bacterial Inoculation on Maize in Upland Farming Systems of the Sikkim Himalaya. *Soil Biol. Biochem.*, 30: 379-384.
- PANKHURST, C.E., DOUBE, B.M., and GUPTA, V.V.S.R., 1997. Biological Indicators of Soil Health: Synthesis. In: Pankhurst, C.E., Doube, B.M. and Gupta, V.V.S.R. (Editors), *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International, pp. 419-435, UK.
- PARR, J.F., PAPENDICK, R.I., HORNICK, S.B. and MEYER, R.E. 1992. Soil Quality: Attributes and Relationship to Alternative and Sustainable Agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7: 5-11.
- PARR, J.F., HORNICK, S.B. and KAUFMAN, D.D. 1994. Use of Microbial Inoculants and Organic Fertilizers in Agricultural Production. <http://www.fftc.agnet.org/library.php?func=view&style=type&id=20110722114739>. [Son erişim tarihi: 02.12.2014]
- PARTHASARATHI, K., BALAMURUGAN, M. and RANGANATHAN, L.S. 2008. Influence of Vermicompost on the Physico-Chemical and Biological Properties in Different Types of Soil Along with Yield and Quality of the Pulse Crop-Blackgram. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 5(1): 51-58.
- PATEL, D. and SARAF, M. 2014. Comparative Study of Different Soil Amendments and Microbes for Integrated Nutrient Management and Growth Promotion of *Jatropha Curcas*. *Journal of Plant Nutrition*, 37: 2209-2226.

- PENG, S., GUO, T. and LIU, G. 2013. The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Hyphal Networks on Soil Aggregations of Purple Soil in Southwest China. *Soil Biology & Biochemistry*, 57: 411-417.
- PIOTROWSKI, J.S., DENICH, T., KLIRONOMOS, J.N., GRAHAM, J.M. and RILLIG, M.C. 2004. The Effects of Arbuscular Mycorrhizas on Soil Aggregation Depend on the Interaction Between Plant and Fungal Species. *New Phytologist*, 164: 365-373.
- PIZER, N.H. 1967. Some Advisory Aspect of Soil Potassium and Magnesium. Tech. Bull. No:14, 184 p.
- POKHAREL, A.K., JANNOURA, R., HEITKAMP, F., KLEIKAMP, B., WACHENDORF, C., DYCKMANS, J., LUDWIG, B. and JOERGENSEN, R.G. 2013. Development of Aggregates After Application of Maize Residues in the Presence of Mycorrhizal and Non-Mycorrhizal Pea Plants. *Geoderma*, 202-203: 38-44.
- PIMENTEL, J.P., OLIVARES, F., PITARD, R.M., URQUIAGA, S., AKIBA, F. and DOBEREINER, J. 1991. Dinitrogen Fixation and Infection of Grass Leaves by *Pseudomonas rubrisubalbicans* and *Herbaspirillum seropedicae*. *Dev. Plant Soil Sci.*, 48: 225-229.
- RAM, H., KRISHNA, R. and NAIDU, M.V.S. 1994. Effect of *Azolla* on soil properties and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.). *J. of the Indian Society of Soil Science*, 42: 385-387.
- RANA, A., SAHARAN, B., NAIN, L., PRASANNA, R. and SHIVAY, Y.S. 2012. Enhancing Micronutrient Uptake and Yield of Wheat Through Bacterial PGPR Consortia. *Soil Science and Plant Nutrition*, 58: 573-582.
- RILLIG, M.C. and MUMMEY, D.L. 2006. Mycorrhizas and Soil Structure. *New Phytol.*, 171: 41-53.
- RIVERA-CRUZ, M.C., NARCIA, A.T., BALLONA, G.C., KOHLER, J., CARAVACA, F. and ROLDAN, A. 2008. Poultry Manure and Banana Waste Are Effective Biofertilizer Carriers for Promoting Plant Growth and Soil Sustainability in Banana Crops. *Soil Biology & Biochemistry*, 40: 3092-3095.
- ROY, R.N., FINCK, A., BLAIR, G.J. and TANDON, H.L.S. 2006. Plant Nutrition for Food Security-A Guide for Integrated Nutrient Management. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin: 16, Rome, 348 p.
- SAĞLAM, M.T., BAHTİYAR, M., TOK, H.H ve CANGİR, C. 1993. Toprak Bilimi Ders Kitabı. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, ss. 100-135, Tekirdağ.
- SALEH, S.S. and GLICK, B.R. 2001. Involvement of GacS and RpoS in Enhancement of the Plant Growth-Promoting Capabilities of *Enterobacter cloacae* CAL2 and UW4. *Can. J. Microbiol.*, 47: 698-705.

- SANDHYA, V., ALI, SK.Z., GROVER, M., REDDY, G. and VENKATESWARLU, B. 2010. Effect of Plant Growth Promoting *Pseudomonas* Spp. on Compatible Solutes, Antioxidant Status and Plant Growth of Maize Under Drought Stress. *Plant Growth Regul*, 62: 21-30.
- SARI, M., SONMEZ, N.K. ve ALTUNBAŞ, S. 2009. Aksu Araştırma ve Uygulama İstasyonu Topraklarının Morfolojik, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 157-168.
- SENSOY, S., DEMİRCAN, M., ULUPINAR, Y. ve BALTA, İ. 2008. Türkiye İklimi. *Çevre ve İnsan Dergisi*, 74(3): 18-22.
- SEVILLA, M., BURRIS, R.H., GUNAPALA, N. and KENNEDY, C. 2001. Comparison of Benefit to Sugarcane Plant Growth and $^{15}\text{N}_2$ Incorporation Following Inoculation of Sterile Plants with *Acetobacter diazotrophicus* Wild-Type and Nif⁻ Mutant Strains. *Mol. Plant Microbe. Interact.*, 14: 358-366.
- SHOBHA, S.V. and KALE, R.D. 2008. *In vitro* Studies on Control of Soil-Borne Plant Pathogens by Earthworm *Eudrilus Eugeniae* Exudates. <http://www.eco-web.com/edi/080106.html>. [Son erişim tarihi: 02.12.2014]
- SIDDIKY, M.R.K., SCHALLER, J., CARUSO, T., RILLIG, M.C. 2012. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Collembola Non-Additively Increase Soil Aggregation. *Soil Biology & Biochemistry*, 47: 93-99.
- SINGH, M., KHANNA, S. and PRAKASH, N.T. 2010. Influence of Cellulolytic Bacterial Augmentation on Organic Carbon and Available Phosphorus in Sandy Loam Soil Under Cultivation. *Journal of Agricultural Science*, 2(3): 137-145.
- SINGH, J.S., PANDEY, V.C., SINGH, D.P. 2011. Efficient Soil Microorganisms: A New Dimension for Sustainable Agriculture and Environmental Development. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140(3-4): 339-353.
- SIX, J., ELLIOTT, E.T. and PAUSTIAN, K. 2000. Soil Macroaggregate Turnover and Microaggregate Formation: A Mechanism for C Sequestration Under No-Tillage Agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 2099-2103.
- SIX, J., BOSSUYT, H., DEGRYZE, S., DENEFF, K. 2004. A History of Research on the Link Between (Micro)Aggregates Soil Biota, and Soil Organic Matter Dynamics. *Soil Till. Res.*, 79: 7-31.
- SOIL SURVEY STAFF. 1951. Soil Survey Manual. Agricultural Research Administration, U.S. Dept. of Agriculture Handbook No:18, Washington D.C., 503 p.
- SRIMATHI, P.L., KUMUTHA, K., ARTHEE, R. and PANDIYARAJAN, P. 2014. Studies on the Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Enhancement on Soil Aggregate Stability. *Research Journal of Recent Sciences*, 3(ISC-2013): 19-28.

- STEIN, T., HAYEN-SCHNEG, N. and FENDRIK, I. 1997. Contribution of BNF by *Azoarcus* sp. BH72 in *Sorghum Vulgare*. *Soil Biol. Biochem.*, 29: 969-971.
- SU, Y.Z., WANG, F., SUO, D.R., ZHANG, Z.H. and DU, M.W. 2006. Long-Term Effect of Fertilizer and Manure Application on Soil-Carbon Sequestration and Soil Fertility Under the Wheat–Wheat–Maize Cropping System in Northwest China. *Nutr Cycl Agroecosyst.*, 75: 285-295.
- SUI, Y.Y., JIAO, X.G., LIU, X.B., ZHANG, X.Y. and DING, G.W. 2012. Water-Stable Aggregates and Their Organic Carbon Distribution After Five Years of Chemical Fertilizer and Manure Treatments on Eroded Farmland of Chinese Mollisols. *Can. J. Soil Sci.*, 92: 551-557.
- SYLVIA, D.M. 1998. Mycorrhizal Symbioses. In: Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G. and Zuberer, D.A. (Editors), *Principles and Applications of Soil Microbiology*, Prentice-Hall Inc., pp. 408-426, New York.
- TANG, J., MO, Y., ZHANG, J. and ZHANG, R. 2011. Influence of Biological Aggregating Agents Associated with Microbial Population on Soil Aggregate Stability. *Applied Soil Ecology*, 47: 153-159.
- TAVALI, İ.E. 2011. Farklı Dozlarda Uygulanan Vermikompostun Toprağın Enzim Aktivitesi ve Bakteriyel Varlığı Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 140 s.
- TEJADA, M., GARCIA-MARTINEZ, A.M. and PARRADO, J. 2009. Effects of A Vermicompost Composted with Beet Vinasse on Soil Properties, Soil Losses and Soil Restoration. *Catena*, 77: 238-247.
- THUN, R., HERMANN, R. and KNICKMAN, E. 1955. Die Untersuchung Von Boden. Neuman Verlag, Radelbeul und Berlin, 48 p.
- TIMMUSK, S., NICANDER, B., GRANHALL, U. and TILLBERG, E. 1999. Cytokinin Production by *Paenibacillus polymyxa*. *Soil Biol. Biochem.*, 31: 1847-1852.
- TISDALL, J.M. and OADES, J.M. 1982. Organic Matter and Water Stable Aggregates in Soils. *J. Soil Sci.*, 32: 141-163.
- TISDALL, J.M. 1994. Possible Role of Soil Microorganisms in Aggregation in Soils. *Plant and Soil*, 159: 115-121.
- TRAINOR, F.R. and GLADYCH, R. 1995. Survival of Algae in A Desiccated Soil: A 35-Year Study. *Phycologia*, 34: 191-192.
- TREJO, A., de-BASHAN, L.E., HARTMANN, A., HERNANDEZ, J.P., ROTHBALLER, M., SCHMID, M. and BASHAN, Y. 2012. Recycling Waste Debris of Immobilized Microalgae and Plant Growth-Promoting Bacteria from Wastewater Treatment As A Resource to Improve Fertility of Eroded Desert Soil. *Environmental and Experimental Botany*, 75: 65-73.

- TÜRKAY, F.Ş.H. 2010. Fındık Zurufu ve Arıtma Çamurunun Solucanlar ile Kompostlanması ve Elde Edilen Vermikompostun Sera ve Tarla Koşullarında Toprakların Biyolojik Özelliklerinde Meydana Getirdiği Etkilerin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 183 s.
- ÜNLÜ, H. ve PADEM, H. 2009. Organik Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Mikrobiyal Gübre ve Bitki Aktivatörü Kullanımının Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. *Ekoloji*, 19(73): 1-9.
- van BAVEL, C.H.M. 1950. Mean Weight-Diameter of Soil Aggregates As A Statistical Index of Aggregation. *Soil Science Society of America Journal*, 14: 20-23.
- VESSEY, J.K. 2003. Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biofertilizers. *Plant and Soil*, 255: 571-586.
- WALLEY, F.L. and GERMIDA, J.J. 1997. Response of Spring Wheat (*Triticum aestivum*) to Interactions Between *Pseudomonas* Species and *Glomus clarum* NT4. *Biol. Fertil. Soils*, 24: 365-371.
- WARNOCK, D.D., LEHMANN, J., KUYPER, T.W. and RILLIG, M.C. 2007. Mycorrhizal Responses to Biochar in Soil-Concepts and Mechanisms. *Plant Soil*, 300: 9-20.
- WU, Q.S., XIA, R.X. and ZOU, Y.N. 2008. Improved Soil Structure And Citrus Growth After Inoculation with Three Arbuscular Mycorrhizal Fungi Under Drought Stress. *European Journal of Soil Biology*, 44: 122-128.
- YAN, L., YING-LONG, C., MIN, L., XIAN-GUI, L. and RUN-JIN, L. 2012. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Communities on Soil Quality and the Growth of Cucumber Seedlings in A Greenhouse Soil of Continuously Planting Cucumber. *Pedosphere*, 22(1): 79-87.
- YIMAZ, E. ve ALAGÖZ, Z. 2005. Organik Materyal Uygulamasının Toprağın Agregat Oluşum ve Stabilitesi Üzerine Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 131-138.
- YILMAZ, E., ALAGÖZ, Z. ve ÖKTÜREN, F. 2005. Toprakta Agregat Oluşumu ve Stabilitesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(36): 78-86.
- YILMAZ, E. ve GÜL, A., 2009. Topraksız Ortama Arbusküler Mikoriza Aşılamanın Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Yetiştiriciliği Üzerine Etkileri. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2): 55-61.
- YU, H., DING, W., LUO, J., GENG, R. and CAI, Z. 2012. Long-Term Application of Organic Manure and Mineral Fertilizers on Aggregation and Aggregate-Associated Carbon in A Sandy Loam Soil. *Soil & Tillage Research*, 124: 170-177.

- YÜCEL, C. 2007. Buğday ve Yabani Türlerinin Beslenme ve Verim Yönünden Mikorizaya Bağımlılığının Araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 164 s.
- ZHANG, G.S., CHAN, K.Y., LI, G.D. and HUANG, G.B. 2008. Effect of Straw and Plastic Film Management Under Contrasting Tillage Practices on the Physical Properties of An Erodible Loess Soil. *Soil and Tillage Research*, 98(2): 113-119.
- ZHANG, H., DING, W., HE, X., YU, H., FAN, J. and LIU, D. 2014. Influence of 20-Year Organic and Inorganic Fertilization on Organic Carbon Accumulation and Microbial Community Structure of Aggregates in An Intensively Cultivated Sandy Loam Soil. *Plos One*, 9(3): 1-11.
- ZHOU, H., PENG, X., PERFECT, E., XIAO, T. and PENG, G. 2013. Effects of Organic and Inorganic Fertilization on Soil Aggregation in An Ultisol As Characterized by Synchrotron Based X-Ray Micro-Computed Tomography. *Geoderma*, 195-196: 23-30.
- ZULPA de CAIRE, G., STORNI de CANO, M., ZACCARO de MULE, M.C., PALMA, R.M. and COLOMBO, K. 1997. Exopolysaccharide of *Nostoc muscorum* (Cyanobacteria) in the Aggregation of Soil Particles. *Journal of Applied Phycology*, 9(3): 249-253.

7. EKLER

EK-1. Biyogübre uygulamalarının agregat oluşumu üzerine etkilerine ilişkin t testi tablosu

Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,12503	2,015	,701	,555
	G	3	2,04598			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,56904	4	-2,719	,053
	G	3	,94204			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,84855	4	-2,120	,101
	G	3	1,03016			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,27868	4	-1,528	,201
	G	3	1,29083			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,90401	4	2,338	,080
	G	3	1,23880			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,33046	4	2,586	,061
	G	3	,31974			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,57383	4	1,129	,322
	G	3	,86385			

EK-1'in devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,12503	2,149	2,627	,111
	M	3	,64733			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,56904	4	-3,801	,019
	M	3	2,36741			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,84855	4	-2,890	,045
	M	3	2,06190			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,27868	4	-1,505	,207
	M	3	,51069			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,90401	4	4,399	,012
	M	3	,91309			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,33046	4	3,776	,019
	M	3	2,03077			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,57383	4	1,678	,169
	M	3	,47655			

Devamı Arkada

EK-1'in devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,12503	4	,534	,622
	A	3	1,46500			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,56904	4	-2,142	,099
		3	2,25500			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,84855	4	-5,982	,004
	A	3	,81501			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,27868	2,002	-1,733	,225
	A	3	,02517			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,90401	4	3,496	,025
	A	3	1,11881			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,33046	4	3,053	,038
	A	3	1,00585			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,57383	4	2,598	,060
	A	3	,42000			

EK-1'in devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,12503	4	-9,709	,001
	BMF	3	1,40500			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,56904	2,006	-,772	,521
	BMF	3	,06000			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,84855	2,073	-2,407	,133
	BMF	3	,11504			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,27868	4	,437	,685
	BMF	3	,33000			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,90401	4	6,246	,003
	BMF	3	,38501			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,33046	4	3,827	,019
	BMF	3	,38501			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,57383	4	2,726	,053
	BMF	3	,90000			

Devamı Arkada

EK-1'in devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,12503	4	-6,205	,003
	BCP	3	6,76000			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,56904	4	5,015	,007
	BCP	3	1,44500			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,84855	4	7,098	,002
	BCP	3	1,34500			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,27868	4	5,527	,005
	BCP	3	1,28000			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,90401	4	5,022	,007
	BCP	3	1,17000			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,33046	4	1,953	,122
	BCP	3	,25000			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,57383	4	-,051	,961
	BCP	3	1,26500			

EK-1'in devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,12503	2,197	2,131	,155
	V	3	,56323			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,56904	4	-,962	,391
	V	3	2,43099			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,84855	4	-3,486	,025
	V	3	1,14605			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,27868	4	-1,404	,233
	V	3	1,36020			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,90401	4	2,477	,068
	V	3	1,04892			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,33046	4	,663	,544
	V	3	,58813			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,57383	4	2,252	,087
	V	3	1,40215			

Devamı Arkada

EK-1'in devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,12503	4	-9,800	,001
	VM	3	2,69952			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,56904	4	2,858	,046
	VM	3	1,31032			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,84855	4	8,137	,001
	VM	3	,48570			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,27868	4	2,920	,043
	VM	3	1,51054			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,90401	4	4,258	,013
	VM	3	,96085			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,33046	4	,216	,840
	VM	3	,68549			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,57383	4	,490	,650
	VM	3	1,18192			

EK-1'in devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,12503	4	-9,102	,001
	VA	3	2,77617			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,56904	4	2,823	,048
	VA	3	1,40550			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,84855	4	4,432	,011
	VA	3	1,02430			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,27868	4	4,483	,011
	VA	3	,65939			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,90401	4	6,941	,002
	VA	3	,18771			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,33046	4	-,231	,829
	VA	3	,43890			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,57383	4	,402	,708
	VA	3	1,65264			

Devamı Arkada

EK-1'in devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,12503	4	-16,141	,000
	VBMF	3	2,77500			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,56904	2,020	5,671	,029
	VBMF	3	,11000			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,84855	4	9,359	,001
	VBMF	3	,63501			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,27868	4	7,555	,002
	VBMF	3	,84000			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,90401	4	8,392	,001
	VBMF	3	,64000			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,33046	4	,378	,725
	VBMF	3	,69000			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,57383	4	2,132	,100
	VBMF	3	1,46500			

EK-1'in devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,12503	4	-11,046	,000
	VBCP	3	4,06500			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,56904	4	7,780	,001
	VBCP	3	,47501			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,84855	4	8,945	,001
	VBCP	3	1,07503			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,27868	4	7,821	,001
	VBCP	3	,87500			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,90401	4	7,018	,002
	VBCP	3	,69501			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,33046	4	,366	,733
	VBCP	3	,87504			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	1,57383	4	-,304	,777
	VBCP	3	2,07531			

EK-2. Biyogübre uygulamalarının agregat oluşumu üzerine etkilerinin karşılaştırılmasına ilişkin varyans analiz tablosu

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Agregat Büyüklik Dağılımı >4 mm	Gruplar Arası	3973,268	10	397,327	46,508	,000
	Gruplar İçi (Hatalar)	187,950	22	8,543		
	Toplam	4161,218	32			
Agregat Büyüklik Dağılımı 4-2 mm	Gruplar Arası	580,189	10	58,019	24,574	,000
	Gruplar İçi (Hatalar)	51,941	22	2,361		
	Toplam	632,130	32			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Gruplar Arası	549,720	10	54,972	47,701	,000
	Gruplar İçi (Hatalar)	25,353	22	1,152		
	Toplam	575,074	32			
Agregat Büyüklik Dağılımı 1-0.50 mm	Gruplar Arası	356,495	10	35,649	34,557	,000
	Gruplar İçi (Hatalar)	22,696	22	1,032		
	Toplam	379,191	32			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.50-0.25 mm	Gruplar Arası	64,063	10	6,406	7,913	,000
	Gruplar İçi (Hatalar)	17,812	22	,810		
	Toplam	81,874	32			

EK-2'nin devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
	Gruplar Arası	88,849	10	8,885	10,321	,000
	Gruplar İçi (Hatalar)	18,938	22	,861		
	Toplam	107,787	32			
Agregat Büyüklik Dağılımı <0.050 mm		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
	Gruplar Arası	46,421	10	4,642	2,748	,023
	Gruplar İçi (Hatalar)	37,168	22	1,689		
	Toplam	83,590	32			

EK-3. Biyogübre uygulamalarının 2-1 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkilerine ilişkin t testi tablosu

Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	2,21109	4	-,225	,833
	G	3	1,39500			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	2,21109	4	-2,935	,043
	M	3	1,61908			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	2,21109	4	,056	,958
	A	3	1,82189			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	2,21109	4	-2,866	,046
	BMF	3	1,10000			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	2,21109	4	-3,018	,039
	BCP	3	6,90500			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	2,21109	4	,299	,780
	V	3	1,38673			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	2,21109	4	-19,062	,000
	VM	3	2,72500			

EK-3'ün devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	2,21109	4	-,166	,876
	VA	3	2,25522			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	2,21109	4	-3,554	,024
	VBMF	3	4,96500			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	2,21109	4	-5,491	,005
	VBCP	3	4,25000			

EK-4. Biyogübre uygulamalarının 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkilerine ilişkin t testi tablosu

Agregat Büyük­lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,71143	4	1,090	,337
	G	3	,91000			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,71143	4	2,625	,058
	M	3	1,44917			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,71143	4	-2,346	,079
	A	3	,51971			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,71143	4	-3,735	,020
	BMF	3	,83361			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,71143	4	-3,000	,040
	BCP	3	1,88521			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,71143	4	-2,139	,099
	V	3	,90002			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,71143	2,187	-,091	,935
	VM	3	3,29025			

EK-4'ün devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,71143	2,210	-,123	,912
	VA	3	3,10065			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,71143	4	-2,841	,047
	VBMF	3	1,87072			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,71143	4	-3,532	,024
	VBCP	3	,74895			

EK-5. Biyogübre uygulamalarının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların stabilitesi üzerine etkilerinin karşılaştırılmasına ilişkin varyans analiz tablosu

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Gruplar Arası	4097,454	10	409,745	37,935	,000
	Gruplar İçi (Hatalar)	237,626	22	10,801		
	Toplam	4335,081	32			
		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Agregat Büyük­lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Gruplar Arası	95,533	10	9,553	3,159	,012
	Gruplar İçi (Hatalar)	66,527	22	3,024		
	Toplam	162,060	32			

EK-6. Biyogübre uygulamalarının 2-1 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkilerine ilişkin t testi tablosu

Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,01732	4	-1,639	,177
	G	3	,04619			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,01732	4	-2,384	,076
	M	3	,04000			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,01732	4	-4,400	,012
	A	3	,02309			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,01732	4	-9,400	,001
	BMF	3	,02309			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,01732	4	-8,485	,001
	BCP	3	,01732			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,01732	4	-4,276	,013
	V	3	,03512			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,01732	4	-4,696	,009
	VM	3	,07550			

Devamı Arkada

EK-6'nın devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,01732	4	-2,846	,047
	VA	3	,05196			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,01732	4	-10,418	,000
	VBMF	3	,07506			
Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,01732	4	-5,633	,005
	VBCP	3	,05686			

EK-7. Biyogübre uygulamalarının 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkilerine ilişkin t testi tablosu

Agregat Büyük- lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,04619	4	-2,348	,079
	G	3	,02309			
Agregat Büyük- lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,04619	4	-1,928	,126
	M	3	,05508			
Agregat Büyük- lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,04619	4	-2,348	,079
	A	3	,02309			
Agregat Büyük- lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,04619	2,249	-5,821	,021
	BMF	3	,01155			
Agregat Büyük- lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,04619	4	-2,837	,047
	BCP	3	,05686			
Agregat Büyük- lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,04619	4	-3,980	,016
	V	3	,03512			
Agregat Büyük- lük Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,04619	4	-3,067	,037
	VM	3	,07767			

Devamı Arkada

EK-7'nin devamı

Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,04619	4	-4,045	,016
	VA	3	,04041			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,04619	4	-4,045	,016
	VBMF	3	,04041			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm	Uygulama	Tekerrür	Standart Sapma	Serbestlik Derecesi	t	P
	Kontrol	3	,04619	4	-4,104	,015
	VBCP	3	,03215			

EK-8. Biyogübre uygulamalarının 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği üzerine etkilerinin karşılaştırılmasına ilişkin varyans analiz tablosu

Agregat Büyüklik Dağılımı 2-1 mm		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
	Gruplar Arası	,469	10	,047	21,597	,000
	Gruplar İçi (Hatalar)	,048	22	,002		
	Toplam	,517	32			
Agregat Büyüklik Dağılımı 0.25-0.050 mm		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
	Gruplar Arası	,074	10	,007	3,837	,004
	Gruplar İçi (Hatalar)	,042	22	,002		
	Toplam	,116	32			

EK-9. 2-1 mm ve 0.25-0.050 mm boyuta sahip agregatların organik karbon içeriği ve agregat stabilite değerlerinin regresyon analizlerine ilişkin varyans analiz tablosu

Agregat Büyük­lük Dağılımı 2-1 mm		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
	Regresyon	768,747	1	768,747	6,682	0,015
	Hata	3566,334	31	115,043		
	Toplam	4335,081	32			
Agregat Büyük­lük Dağılımı 0.25-0.050 mm		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
	Regresyon	29,891	1	29,891	7,011	0,013
	Hata	132,169	31	4,264		
	Toplam	162,060	32			

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet SÖNMEZ 1987 yılında İzmir’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir’de tamamladı. 2004 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Mühendisliği Toprak Bölümü’nden 2010 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Eylül 2011 tarihinde Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitime başladı. Erasmus Öğrenci Değişim Programı aracılığıyla Eylül 2012-Haziran 2013 yılları arasında eğitime Slovakya’da devam etti. Eylül 2013 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’na yatay geçiş yaptı. 2014 yılında Ziraat Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu.