

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BUĞDAY YETİŞTİRİLEN KOŞULLARDA FARKLI MİKROALG
İNOKÜLASYONLARININ TOPRAĞIN MİKROBİYAL KARBON, AZOT VE FOSFOR
BAĞLANMASINA KATKISI**

Ahmad MAHMOOD

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ANKARA
2016**

Her hakkı saklıdır

ETİK

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

28.04.2016

Ahmad MAHMOOD

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BUĞDAY YETİŞTİRİLEN KOŞULLARDA FARKLI MİKROALG İNOKÜLASYONLARININ TOPRAĞIN MİKROBİYAL KARBON, AZOT VE FOSFOR BAĞLANMASINA KATKISI

Ahmad MAHMOOD

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

Danışman: Doç. Dr. Oğuz Can TURGAY

Mikroalgler veya siyanobakteriler alternatif olarak kullanılan şekilde uzun zamandır bitki gelişimini desteklediği ve toprak aktivitesini arttığı için tanınmışlardır. Ancak alglerin toprak mikrobiyal biyokütleye nasıl etki edeceğinin potansiyel keşfedilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu araştırma geleneksel kimyasal gübre farklı düzeylerde olup olmadan uygulanan alglerin toprak mikrobiyal biyokütle yanıtı değerlendirmek için gerçekleştirilmiştir. 3 farklı kaynaklardan izole edilmiş algler iki konsantrasyonda ($0,01 \text{ g kg}^{-1}$ ve $0,04 \text{ g kg}^{-1}$) gübreyle ve gübresiz olarak toplam 14 tane uygulama konular olarak yapılmıştır. İlk 2 uygulama ise kontrol (hiç uygulama yapılmamış) ve gübreli kontrol (önerilen dozda gübre) olarak tanımlanmıştır. Daha iyice karşılamak için 4 tane ayrı uygulamalar sadece toprak, sadece buğday, sadece gübre ve gübreli buğday olarak da bir hafta sonra hasat edip analizler edilmiştir. Farklı toprak özellikleri örneğin toprak pH, EC, toplam N, yarayışlı azot, organik madde, organik karbon, yarayışlı fosfor ve agregat stabilitesi yapılmıştır. Ayrıca mikrobiyal analizler ise mikrobiyal biyokütle karbon, ninhidrin azotu ve fosfor ölçülmüştür. Sonuçlara değerlendirdiğimizde alglaer toprak pH, EC, toplam ve yarayışlı azot ve agregat satbilitesin üzerine istatistiksel olarak önemli etki etmiştir. En belirgen sonuçlar mikrobiyal biyokütlerde görünmektedir. Gübresiz biyoalg-1 en yüksek mikrobiyal biyokütle karbonu değeri vermiş ve mikrobiyal biyokütle azotu ise en yüksek kimyasal gübre verdiğimiz uygulamada bulunmuştur. Mikrobiyal biyokütle fosforu ise gübreli biyoalg-3 uygulanmış konuda en yüksek değer göstermiştir ama istatistiksel olarak biyoalg-1'le aynı sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak algler uygulaması toprak mikrobiyolojik özelliklerine artabilmektedir ve uzun zamanlı uygulamalar toprak organik maddesine de artırabilmektedir.

Nisan 2016, 71 sayfa

Anahtar Kelimeler: Algler, siyanobakteriler, toprak mikrobiyal biyokütlesi, biyogübreler

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECT OF MICROALGAE INOCULATION ON SOIL MICROBIAL CARBON, NITROGEN AND PHOSPHORUS STATUS UNDER WHEAT GROWING CONDITIONS

Ahmad MAHMOOD

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY

Microalgae or cyanobacteria have long been explored regarding their plant promotion and soil activity enhancement. However potential of algae in affecting soil microbial biomass is need to be explored. Therefore following study was carried out to evaluate the response of soil microbial biomass to applied algae with and without different levels of conventional chemical fertilizers. The treatments consisted of three different algae strains named Bioalg-1, Bioalg-2 and Bioalg-3 at two different concentrations i.e. 0,01 g kg⁻¹ and 0,04 g.kg⁻¹. They were applied with or without recommended dose of fertilizer from DAP constituting a total of 14 treatments where first two treatments were control with no algae or fertilizer application and the second one was just recommended fertilizer. For better comparison of the results, 4 treatments separately i.e. just soil, just wheat, just fertilizer and wheat with fertilizer were also carried out and were harvested after one week and subjected to all the analysis. Parameters like pH, EC, organic matter, lime content, total and available nitrogen, organic carbon, available phosphorus and aggregate stability were measured along with microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus. Results reveal that algae application in general effected pH, EC, total and available nitrogen, and aggregate stability where most prominent effect of soil microbial biomass was observed. Bioalg-1 alone led the microbial biomass carbon content where interestingly highest microbial biomass nitrogen was observed in the chemical fertilizer pots. Microbial biomass phosphorus was also observed maximum in Bioalg-3 with fertilizer, yet it stands same with Bioalg-1 without fertilizer statistically. From the results, it can be concluded that application of algae can significantly enhance soil microbiologic properties and long term application can also enhance soil organic matter.

April 2016, 71 pages

Key Words: Algae, cyanobacteria, soil microbial biomass, biofertilizers.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca sağladığı bilimsel katkıları ile bana her zaman destek veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, sabrı ile hep yanımda olan değerli hocam Doç. Dr. Oğuz Can TURGAY'a (Ankara Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim dalı), tez çalışmam boyunca katkı ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Ayten NAMLI'ya (Ankara Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim dalı), Dr. Burcu Ertüt (Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi) önerileriyle bana her zaman yol gösteren saygıdeğer hocalarım Araş. Gör. Onur AKÇA'ya, Araş. Gör. Çağla TEMİZ'e, Araş. Gör. Mehmet Burak TAŞKIN'a, Araş. Gör. Emre Can KAYA'ya, Araş. Gör. Hanife MERT'e (Ankara Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim dalı) analizlerde bana her zaman destek olan sayın Pezhman SALEHİ'ye, Dr. Nuray TUNÇ, Duygu BOZDOĞAN'a, Özge DEMİRTAŞ'a, Meryem ORHAN'a ve her zaman yardım eden Hülya GÜVEN'e ve Sevgi EKŞİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmam süresince büyük yardımlarını ve her zaman yanımda olup, beni destekleyen aileme sonsuz teşekkürler ediyorum. Burada ismini anmadığım üzerimde emeği olan herkese saygı, sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Ahmad MAHMOOD

Ankara, Nisan 2016

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARTŞTIRMASI.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1 Genel Toprak Analizleri	16
3.2 Mikrobiyal Biyokütle Analizleri	17
3.2.1 Kloroform fumigasyon ekstraksiyon yöntemi	18
3.2.2 Mikrobiyal biyokütle azotu (TMB _N) analizi	19
3.2.3 Mikrobiyal biyokütle karbonu (TMB _C) analizi.....	20
3.2.4 Mikrobiyal biyokütle fosforu (TMB _P) analizi	21
3.3 İstatistik Analizleri.....	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	23
4.1 Genel Toprak Özellikleri	23
4.1.1 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın kireç düzeylerinde meydana gelen değişimler	25
4.1.2 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın pH düzeylerinde meydana gelen değişimler	25
4.1.3 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın EC düzeylerinde meydana gelen değişimler	27
4.1.4 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın yarıyışlı ve toplam azot düzeylerinde meydana gelen değişimler	28
4.1.5 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın organik karbon ve madde düzeylerinde meydana gelen değişimler	31
4.1.6 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın agregat stabilitesi düzeylerinde meydana gelen değişimler	33
4.1.7 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın yarıyışlı fosfor düzeylerinde meydana gelen değişimler	34

4.2 Toprak Mikrobiyal Biyokütlesi	36
4.2.1 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbonu düzeylerinde meydana gelen değişimler	36
4.2.2 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azotu düzeylerinde meydana gelen değişimler	40
4.2.3 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosforu düzeylerinde meydana gelen değişimler	43
5. ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	49
EK 1 İstatistik Çizelgeler	68
ÖZGEÇMİŞ	71



SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat
ml	Mililitre
g	Gram

Kısaltmalar

MYA	Mavi yeşil alg
EC	Elektriksel iletkenlik
K ₂ SO ₄	Potasyum Sülfat
KFE	Kloroform Fumigasyon ekstrakt
MB	Mikrobiyal Biyokütle
OM	Organik maddesi
pH	Toprak Reaksiyonu
SB	Siyanobakteri
TMB _C	Toprak Mikrobiyal Biyokütle Karbon
TMB _N	Toprak Mikrobiyal Biyokütle Azot
TMB _P	Toprak Mikrobiyal Biyokütle Fosfor
M	Molar
PGPR	Plant growth promoting rhizobacteria
PGPF	Plant growth promoting fungi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Sera denemesinden bir görünüm (denemenin ilk hali)	13
Şekil 3.2 Sera denemesinden bir görünüm (algle sulama sonrası).....	13
Şekil 4.1 Sera denemesinden bir görünüm.....	23
Şekil 4.2 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın kireç içeriği.	25
Şekil 4.3 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın pH içeriği.	27
Şekil 4.4 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın EC içeriği.	28
Şekil 4.5 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın yarıyıslı azot içeriği.	30
Şekil 4.6 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın toplam azot içeriği.	30
Şekil 4.7 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın organik madde içeriği.	32
Şekil 4.8 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın organik karbon içeriği.	32
Şekil 4.9 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın agregat stabilitesi içeriği.	34
Şekil 4.10 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın yarıyıslı fosfor içeriği.	35
Şekil 4.11 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbon içeriği.	37
Şekil 4.12 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübrsüz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbon içeriği.	38
Şekil 4.13 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübrsüz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbon içeriği.	38
Şekil 4.14 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbon içeriği.	39
Şekil 4.15 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbon içeriği.	39
Şekil 4.16 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azot içeriği.	41
Şekil 4.17 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübrsüz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azot içeriği.	41
Şekil 4.18 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübrsüz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azot içeriği.	42
Şekil 4.19 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azot içeriği.	42
Şekil 4.20 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azot içeriği.	43
Şekil 4.21 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosfor içeriği.	44
Şekil 4.22 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübrsüz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosfor içeriği.	45
Şekil 4.23 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübrsüz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosfor içeriği.	45
Şekil 4.24 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosfor içeriği.	46
Şekil 4.25 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosfor içeriği.	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Sera denemesi uygulama konuları	12
Çizelge 3.2 Deneme başladıktan bir hafta sonraki toprak analizleri.....	15
Çizelge 4.1 Farklı uygulamalar tarafından etkilenmiş toprak özelliklerin korelasyon sonuçları	24
Çizelge 5.1 Sera denemesinde kontrol uygulamayla kıyasladığında elde edilen sonuçlar.....	51



1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler'in öngörülerine göre dünya nüfusunun artarak 2050 yılında 8.9 milyara ulaşacağı tahmin edilmekte ve bu artışta özellikle Asya ve Afrika ülkeleri büyük rol almaktadır (Wood 2001). Her saniye artan nüfusun ihtiyaç duyduğu gıda ihtiyacını karşılamak ise tarım bilimcilerin görevi haline gelmiştir. Bu durumlarda tarım mahsüllerini nüfus ihtiyacına göre artırmak amacıyla kimyasal gübreler, yeşil devrimden sonra sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Lal 2008). İlk senelerde bu kimyasal gübreler ve pestisitler üreticilerin dikkatini çekmiştir ancak, zamanla kimyasal gübre ve pestisitlerin kullanımından kaynaklanan çevresel sorunlar baş göstermiştir (Bobade vd. 1992). Ayrıca artan nüfusun beslenme ihtiyacını karşılamak için sulama suyu kaynaklarının azalması ve artan diğer çevresel sorunlar ile karşı karşıya kalınması da bu ürünlerin kullanılmasına dair kaygıları beraberinde getirmiştir (Singh vd. 2011). Kimyasal girdilerden kaynaklanan diğer sorunlar ise toprakta tuzlanma, ağır metallerin birikmesi, sularda ötrofikasyon ve nitrat oranının artmasıdır ve bu sorunlar ise iklim değişikliğine yol açmaktadır (Savci 2012). Kimyasal gübrelerin hem pahalı hem de çevreye zararlı olduğunu çeşitli araştırmalar sonucu belirlenmiştir (Kozdro vd. 2004). Bu durumda sürdürülebilir tarım için organik gübrelerin kullanımının tercih edilmesi zorunluluk haline gelmiştir (Nanjappa vd. 2001).

Bilindiği gibi mikrobiyal gübre ve organik gübrelerin, kimyasal gübrelerle birlikte tarımda etkin şekilde uygulanmasını öngören yaklaşımlar Türkiye'de giderek artan bir ilgi görmektedir. Ancak günümüzde biyogübre pazarında yer alan ürünlerin çoğu yurtdışı kökenlidir. Oysa biyogübre olgusu içinde yerli mikroorganizma türlerinin seçimi, bitki gelişimini teşvik düzeyleri açısından en uygun biyolojik materyalin elde edilmesi ve dolayısı ile bir biyogübre uygulamasından beklenen en yüksek faydaya ulaşılması açısından çok önemlidir. Çünkü indijen (yerli) mikroorganizma türleri yabancı türlere kıyasla daha yüksek adaptasyon ve rekabet özelliklerine sahip olduklarından biyogübrenin uygulanacağı koşullarda daha yüksek performans sergileyebilme potansiyelindedirler (Bhattarai ve Hess 1993).

Ne yazık ki Türkiye’de yerli mikroorganizmalar kullanılarak elde edilmiş ürün sayısı son derece azdır ve biyogübre potansiyeli olan yerli mikroorganizmaların araştırılması ve gün yüzüne çıkarılması gerekmektedir. Türkiyede bitki gelişimini teşvik eden mikroorganizmalar ve biyogübreler ile ilgili araştırmalar genelde toprak bakterileri (Plant Growth Promoting Rhizobacteria-PGPR) ve mantarlar (Plant Growth Promoting Fungi-PGPF) üzerine yoğunlaşmıştır.

Örneğin bakteriyel biyogübreler ile ilgili çalışmalar buğday ve arpa (Ozturk vd. 2003; Salantur vd. 2005, Turan vd. 2013), şeker pancarı (Şahin vd. 2004), çilek (Eşitken vd. 2010), marul (Soylu 2011), elma (Aslantas vd. 2007), asma (Köse vd. 2005) ve ahududu, (Orhan vd. 2006) gibi tek/çok yıllık farklı kültür bitkilerine yayılmıştır. Benzer şekilde T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı bünyesinde yer alan araştırma kurumlarında da bezelye, turunçgil ve zeytin yetiştiriciliği gibi farklı kılvarlarda PGPR çalışmaları yürütülmektedir (Anonim 2014).

Bitki gelişimini teşvik eden mikroorganizmalar” fenomenin önemli bir bileşeni olarak arbüsküler mikorizal funguslar (AMF) ile ilgili Türkiye ölçeğinde bir değerlendirme yapmak gerekirse AMF’lerin tarım ve süs bitkilerinin gelişim ve verimini teşvik ettiği ile ilgili çok sayıda orjinal araştırmalar mevcuttur (Türkmen vd. 2008, Almaca ve Ortaş, 2010, Kaçar vd. 2010, Erman vd. 2011, Aytok vd. 2013). Ayrıca Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi Web Veri Tabanı koşullarında geçtiğimiz 20 yıllık süreçte yapılmış toplam 64 yüksek lisans ve doktora tez çalışması tespit edilmiştir.

Bütün bu veriler, Türkiyede biyogübre olgusu üzerindeki ilgi ve bilgi birikimin bir ölçütü olarak değerlendirilebilir. Ancak örnekleri verilen bakteriyel ve fungal biyogübre çalışmaları bir bütün olarak değerlendirildiğinde iki önemli boşluğa işaret etmektedir. Bunlar;

(i) Mikrobiyal biyogübre/aşılama çalışmalarının genellikle PGPR ve PGPF olguları üzerine odaklanmış ve topraklarımızın mikroalg potansiyeli yeterince işlenmemiştir;

(ii) Deneysel veya ticari mikrobiyal biyogübre uygulamaları ile bitki kalitesi ve veriminin artması beklendiğinden uygulamalar sonrası yapılan gözlemler bu ölçütler etrafında toplanmaktadır. Başka bir ifade ile biyogübrelerin toprak özellikleri ve özellikle diğer toprak mikroorganizmaları üzerine olan potansiyel etkileri ihmal edilmiş bir konudur.

Bu tespitlere bağlı olarak bu çalışmada Orta Anadolu Bölgesi koşullarını temsil eden Haymana Topraklarından izole edilmiş farklı mikroalg izolatları deneysel koşullarda bireysel ve kimyasal gübre (DAP) ile birlikte buğday ekilen toprağa uygulanmış ve uygulamaların toprağa karbon, azot ve fosfor bağlama yeteneklerine etkisi toprağın kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinden test edilmiştir.

Yaklaşık üç milyar yıldır var olduğu düşünülen siyanobakterilerin topraktaki biyolojik yaşamın sıradan bir üyesi olmayıp yüksek sıcaklık, kuraklık, pH ve tuzluluk gibi aşırı koşullar altında çoğalabilen primer canlılar olduğu bilinmektedir. Bu nedenle toprak kaynaklarının artan dünya nüfusunu karşılamakta zorlanabileceği endişesi ile mevcut olan zorlu ve sorunlu toprak koşullarında daha yüksek tarımsal verim almaya yönelik uygulamalar arasında toprağın siyanobakteriler ile aşılınması artan ilgi gören bir düşüncedir. Toprak mikroalgleri ya da siyanobakteriler sürekli yenilenen bir biyokütle kaynağı olup bulundukları çevreye çeşitli çözünebilir organik bileşenler örneğin şekerler, yağlar, lipidler birincil metabolitler olarak sentezlerler (Mostafa 2012). Bu hücre-dışı ürünler ikincil metabolitler olarak adlandırılır ve çoğu durumda toprak mikroflorası tarafından mineralize edilerek bitkiler tarafından kullanılırlar. Toprak mikroalgleri tarafından sentezlenen ikincil metabolitler hem bitkiler hem de toprakta yaşayan diğer mikroorganizmaların gelişimini teşvik edici niteliklere sahip olabilmektedir (Zulpa vd. 2003). Ayrıca çoğu ekosistemdeki birincil üretici konumlarından dolayı kuraklık, tuzluluk, alkalilik ve kirlilik gibi stres koşullarındaki yaşamları ekolojik açıdan çok önemlidir. Bu yönlerinden dolayı 2000’li yılların başından itibaren tarımsal üretimde bir fenomen haline gelen bitki gelişimini teşvik eden mikroorganizmalar (biyogübreler) olgusu içinde kendine yer edinmiş bir unsurdur. Diğer yandan mikroalglerin sorunlu topraklara ve stres koşullarına adaptasyonu ile

modern ve sürdürülebilir tarımsal yaklaşımlar içinde nasıl kullanılabileceğine dair bilgimiz yeterli değildir.

Organik maddece (OM) fakir kurak/yarı-kurak topraklarda gerçekleştirilen mikroalg aşılımlarının toprağın karbon, azot ve yarıyışlı fosfor düzeylerini artırdığı, tespit edilmiştir (Jeffries vd. 1992, Lange vd. 1994, Acea vd. 2003, Nisha vd. 2007). Bu iyileşmenin çoğu durumda hücre-dışı polisakkarit üretimi ve atmosferik azot fiksasyonu gibi fonksiyonlara sahip mikroalglerin toprağa besin maddesi bağlaması ile ilgili olduğu belirtilmiştir (Ernst vd. 1992, Wilson, 2006, Choudhary vd. 2007). mikroalg familyası içerisinde yeralan Mavi yeşil algler (MYA) ise fotosentetik prokaryottur ve havadaki azotu fikse edebilirken toprakta fikse edilmiş fosforu ise serbest hale dönüştürerek bitkiler için kullanılabilir hale getirebilirler (Irisarri vd. 2001).

Toprak koşullarındaki algal biyokütle artışı ile birlikte toprağın organik karbon içeriği de artmaktadır (Kannaiyan vd. 1992, Apte vd. 1997). Bu artışın nedeni mikroalgler tarafından sentezlenen hücre-dışı polisakkaritler sentezinin de artmasıdır. Artan polisakkarit sentezi özellikle tuzlu-alkali topraklarda iki açıdan önemlidir; (i) sodyum gibi katyonlar polisakkaritler tarafından şelatlanmak suretiyle toprak yüzeyleri stabilize edilmektedir ayrıca (ii) musilaj özellikli polisakkaritler agregasyonu artırarak toprak verimliliğini artırmaktadır (Acea vd. 2003, Hu vd. 2003, Pandey vd. 2005).

Toprak mikrobiyal biyokütlesi (TMB) organik maddesinin (OM) aktif fraksiyonu olarak OM'den daha hızlı toprak yönetimi uygulamalarına değişiklik göstermektedir (Schloter vd. 2003, Chen vd. 2004). Bu nedenle TMB ya tek başına ya da TMB ve OM arasındaki oranı olarak toprağın kalite göstergesi ve toplam SOM değişiklikleri olarak önerilmiştir (Pankhurst vd. 1995, Dick 1997) ve böylece mikrobiyal biyokütledeki değişiklik OM de meydana gelen ilk değişiklikleri göstermektedir. MB karbon, azot, fosfor ve kükürt besin maddelerin toprakta mutlak element olarak (Chen vd. 1997, Dalal 1998) ve toprakta besin dönüşümünün teşvikçileri olarak tanımlanmıştır (He vd. 1997). Bu denemede ölçülen üç toprak mikrobiyal biyokütle karbon (TMB_C), azot (TMB_N) ve fosfor (TMB_P) birbiriyle ilgili ve toprak verimliliği endeksleriyle (OM dahil azot ve fosfor) son derece yüksek korelasyon oluşturmaktadır (McCarty ve Meisinger 1997,

Devi ve Yadava 2006). Bu nedenle TMB_C , TMB_N ve TMB_P toprak verimliliğinin potansiyeli ve özellikle besin kullanılabilirlik değişikliklerini tanımlamada indekstir (Moore vd. 2000), ayrıca biyokütle farklı arazi kullanımından ortaya çıkan erken değişiklikleri ve üretkenliği tükenmiş toprakların yönetim ve restorasyonunu ölçmek kadar hassastır (Ghoshal ve Singh 1995, Aslam vd. 1999). Bu nedenle tez çalışmasında rutin toprak analizlerine ek olarak başvurulacak özel biyolojik ölçümler mikroalg inokulasyonlarının toprak mikrobiyal biyokütle (TMB) düzeylerine olan etkisinin izlenmesine imkan sağlayacak olan mikrobiyal biyokütle (MB) analizleridir. Mikrobiyal biyokütle geniş bir bakış açısı ile farklı besin maddesi döngüleri ile ilgili olacak şekilde mikrobiyal biyokütle karbonu, azotu ve fosforu olarak irdelenmiştir.

Azot bitkiler tarafından yüksek düzeylerde ihtiyaç duyulan bir makro element olup bitkiye yarıyırlılığı kısa zaman aralıklarında önemli ölçüde değişebilmektedir (Cameron ve Haynes 1986). Özellikle tuzlu topraklarda hızı bitki gelişimi açısından azot en önemli sınırlayıcı faktördür ve yeterince sağlanması gerekmektedir. Tuzluluktan muzdarip topraklarda gerçekleştirilen uzun süreli tarla denemeleri sadece kimyasal gübre kullanımının sürdürülebilir bir verimlilik açısından yeterli olmadığını göstermiştir. Diğer yandan karbon ve konukçu bitki olmaksızın atmosferik azot bağlama yeteneğine sahip mikroalglerle toprak inokülasyonun tuzlu toprakların iyileştirilmesinde etkin bir alternatif olabileceğini göstermiştir (Singh vd. 2010).

Bu nedenle tez çalışmasında kullanılacak bir diğer parametre toprak azotunun sadece belirli bir kısmını temsil eden ancak toprak koşullarındaki biyolojik aktivitelerin hassas bir ölçüsü olan ninhydrine-reactive nitrogen-NRN (ninhidrine duyarlı azot bileşikleri) analizidir. Aminoasit, peptid ve proteinlerin yapısında bulunan azotun ölçülmesine imkan sağlayan NRN analizi ile kullanılan izolatlardan hangisinin daha fazla azot fiksese ettiği irdelenecektir.

Toprağa karbon ve azot depolama desteğine ek olarak mikroalg aşlamalarının bir diğer avantajı da topraktaki yarıyırlı fosfor düzeyinin artmasıdır (Hashem, 2001, Singh ve Darh 2010). Bu noktada farklı mikroalg inokülasyonlarının aktif toprak organik

maddesine (mikrobiyal biyokütle) fosfor bağlama yeteneği mikrobiyal biyokütle fosforu (TMB_p) analizi ile irdelenecektir.

Azot ve fosfor bitki gelişimini teşvik eden en önemli faktörlerdendir (Saleque vd. 2004, Lin vd. 2006). Kullanılan izolatlar arasında ikincil metabolit (hücre-dışı polisakkaritler vb.) ve atmosferik azot bağlama yeteneklerine bağlı olarak toprağın aktif ve hızlı değişen karbon, azot ve fosfor havuzları arasında bazı farklar oluşacağı ve algal performansa dayalı olarak bu farkların sonraki çalışmalarda kullanılacak en uygun izolatın-izolatların seçiminde yardımcı olacağı, tezin hipotezini oluşturmaktadır.



2. KAYNAK ARTİTIRMASI

Tarımsal amaçlı kullanılan biyogübreler arasında mavi yeşil algler, azolla, mikoriza ve bitki gelişimini teşvik eden çeşitli bakteriler bulunmaktadır (Hegde vd. 1999). MYA'lar baklagil bitkilerinin azot fikse etme kapasitesine artırmaktadır (Sahu vd. 2012). Siyanobakteriler ise toprakların besin elementi içeriğini arttırarak bitki gelişimine katkıda bulunmaktadır (Song vd. 2005). Bu siyanobakterilerin farklı fonksiyonları ise; (a) yapıştırıcı maddeler üreterek toprak agregatlaşmasına katkıda bulunur ve topraktaki gözeneklerin sayısını artırır (b) Hormonlar (oksin, gibberellin), vitaminler, amino asitler gibi bitkilerin gelişimini arttırıcı maddeler üretirler (Roger ve Reynaud 1982, Rodriguez vd. 2006) (c) jölemsi yapıları sayesinde toprakların su tutma kapasitesini artırır (Roger ve Reynaud 1982) (d) Ölüm ve ayrışmaları sonrasında toprak biyokütlesinde artış sağlarlar (Saadatnia ve Riahi 2009) (e) Toprak tuzluluğun azalmasına katkıda bulunurlar (Saadatnia ve Riahi 2009) (f) Yabani otların büyümesini engellerler (Saadatnia ve Riahi 2009) (g) Organik asitlerin atılımı ile toprakta fosfat miktarını arttırır (Wilson 2006). Siyanobakterilerin topraklara aşılmasının arpa, yulaf, domates, turp, pamuk, şeker kamışı, mısır, biber ve marul gibi bitkilerin gelişimi üzerine faydalı etkileri olduğu bildirilmiştir (Thajuddin ve Subramanian 2005).

Nisha vd. (2007) bir saksı denemesinde organik materyalde fakir toprakta siyanobakteri uygulamışlar ve deneme sonuçlarına göre topraktaki mikrobiyal aktivitenin arttığını gözlemişler. Bunun yanı sıra SB'nin uygulamasının toprakların fiziksel özellikleri, besin durumu ve bitki verimini iyileştirdiğini de belirtmişlerdir.

Buğday bitkisine rizosferden izole edilmiş üç farklı siyanobakter ve farklı kimyasal gübre kombinasyonu ile birlikte bir saksı denemesi kurulmuştur. Deneme sonuçlarına göre siyanobakteriler'in üçü türleriyle birlikte +1/3 NPK uygulanan konular kontrol ile kıyaslandığında mikrobiyal biyokütle ve bitki veriminde önemli bir artışını neden olduğunu ortaya koymuşlardır (Karthikeyan vd. 2007).

Bir tarla denemesinde MYA uygulandığında toprak biyolojik aktiviteleri örneğin siyanobakterilerin ve bakterilerin sayısı, CO₂ çıkışı, dihydrogenaz ve nitogenaze

enzimlerin arttığını gözlenmiştir. Sonuçlarına göre kimyasal gübrelerin önerilen dozun $\frac{1}{4}$ ve $\frac{1}{2}$ sini siyanobakteri uygulayarak azaltılabilir (Hegazi vd. 2010).

Bir sera denemesinde kumlu ve kireçli topraklarda buğday bitki üreterek farklı azot dozlarıyla beraber siyanobakteriler uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre % 75 N ve siyanobakteri aşılama yapılmış konularda maksimum buğday tahıl ve saman verimi, ve ikisinde maksimum NPK içeriği vermiştir. Toprağın fiziksel özelliklerinde makro agregatların oranı artış gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra toprak organik madesi ve su tutma kapasitesi de artmıştır. Böylece siyanobakteri uygulayarak mineral gübrelerin % 25'ini azaltılabileceğini sonuçlandırıldı (El-Ayouty vd. 2012).

Haroun ve Hussein (2003) tarafından yapılmış bir saksı denemesinde MYA uygulamasının bitkideki fizyolojik özelliklerinin değişimine etkileri gözlenmiştir. Uygulanan alglerden birisi fotosentetik aktivitesini ve sürgündeki azot bileşikleri ve karbonhidrat içeriğini artmıştır. Kullanılan her ikisi algler ise klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam pigmentlerini artmıştır ancak karotenoid miktarı azalmıştır.

Çeltik tarlasından izole edilmiş MYA bir saksı denemesinde pirinç üreterek kullanılmış ve sonuçlarına göre kontrol uygulamaya göre işlem yapılmış konularda çimlenme artmıştır. Bunun yanı sıra bitki boyu (% 53), kök uzunluğu (% 66), taze yaprak ve göve arke ağırlığı (% 58), kök ağırlığı (% 80), kuru yaprak ve göve arke ağırlığı (% 125), kuru kök ağırlığı (% 150) artmıştır. Toprak parametrelerden ise nemi (% 20) ve gözeneklilik (% 28) artmış ve kütle yoğunluğu (% 9.8) ve parçacık yoğunluğu (% 4.8) azalmıştır (Saadatnia ve Riahi 2009).

Siyanobakteriler biyogübre olarak bir denemesinde buğday bitkine uygulanmıştır ve kuru ağırlığı, bitkideki toplam azot ve pigment içeriği artmıştır (Abd-Alla vd. 1994). Bitkideki azot içeriğinin arttığını bir daha denemede de tespit edilmiştir (Gantar vd. 1995).

Singh vd. (2015) alglerin bitkiyle beraber toprak için önemli olduğunu gözlemişlerdir. Organik maddece yüksek topraklarda siyanobakteri kullanıldığı durumlarda TMB_{Cun} ve metabolik bölümün arttığını tespit edilmiştir.

Mazhar ve Husnain (2011) siyanobakterilerin azot fikse, fosfor çözünürlüğü, hidrojen siyanür ve oksin üretimi yeteneği okuyarak buğday bitkine uygulamışlar. Sonuçlara göre inceleme altındaki Siyanobakterilerden ikisi yukardaki yeteneğe sahiptir ve bitkinin agro morfolojik özelliklerin artmasının önermişler. Sholkamy vd. (2012) da mısır bitkisinde aynı sonuçlar gözlemişler.

Rizosferden izole edilmiş siyanobakteriler bir saksı denemesine buğday ve pirinç ekleyerek uygulanmıştır. Uygulanan bazı siyanobakteriler topraktaki mikrobiyolojik aktiviteleri, verimini ve bitki gelişimini artırdığından biyogübre olarak kullanabileceği sonucuna varılmıştır (Prasanna vd. 2012).

Siyanobakterilerin fitohormon üretimi ölçülüp aksenik ve tarla koşullarda buğdaya uygulanmıştır. Siyanobakterilerden bazıları sitokinin ve indol asetik asit hormonları üretmiş ve bu uygulama buğdayda çimlenme, sürgün uzunluğu, kardeşlenme, yan kök sayısı, başak uzunluğu ve tane ağırlığının artmasına sebep olmuştur (Hussain ve Hasnain 2010).

İki yıllık bir tarla denemesinde buğday ve pirinç ekleyerek bitki gelişimine teşvik eden bakteri ve siyanobakteriler beraber uygulanmıştır. Uygulama sonuçlarına göre siyanobakteri *Anabaena oscillarioides*, bakteri *Brevundimonas diminuta* ve *Ochrobactrum anthropi* bitkideki azot, fosfor ve potasyum içeriğini artırdığı gözlenmiştir. Ayrıca gübreli kontrol uygulamasıyla kıyaslandığında pirinç verimi % 21.2 artmıştır (Rana vd. 2015).

Kaynak araştırması ve özetleri sonucuna göre, alglerin bitki gelişimi ve toprak özellikleri üzerinde olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmektedir fakat alglerin mikrobiyal biyokütle (MB) etkisi keşfetmeye açıktır.

Bu yüzden yapılan deneme aşağıdaki hedefleri göz önüne alarak gerçekleştirilmiştir.

- i. Alg uygulamasının topraktaki mikrobiyal biyokütleyle etkisini ele almak
- ii. Alglerin kimyasal gübre uygulanan ve kimyasal gübre uygulanmayan topraklar üzerindeki etkilerini gözlemlemek



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Mikroalglerin toprak mikrobiyal biyokütle üzerine etkisini belirlemek amacıyla Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında yürütülen denemede plastik saksılara kuru ağırlık esasına göre tartılan 2 kg toprak 3 farklı mikroalg ile karıştırılmıştır. Ondört uygulama konusu x dört paralel olmak üzere 56 adet saksı denemeye alınmıştır. Sera denemesinde kullanılmış bu mikroalgler Ankara Üniversitesi desteğinde yürütölmekte olan Mikroalglerden Biyolojik Gübre Geliştirilmesi (BAP proje no: 124347007) başlıklı proje kapsamında Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarından izole edilmiştir. Bu 3 farklı mikroalg (*Oscillatoria amoena* (biyolalg-1); *Oscillatoria nigro-viridis* (biyolalg-2) ve *Desertifilum thareense* (biyolalg-3)) konulara göre toprakla ayrı ayrı karıştırılmıştır.

Sera denemesi uygulama konuları çizelge 3.1’de özetlenmiştir. DAP 15 g kg⁻¹ toprak esasına göre verilmiştir. Sera denemesine ait görseller ise şekil 3.1 - 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Sera denemesi uygulama konuları

Uygulamalar	Tanımlama	
U1	Kontrol	Hiçbir uygulamanın yapılmadığı sadece toprak bulunan saksı
U2	Gübreli kontrol	Sadece buğday için gereken N ve P gübrelemesi; DAP
U3	Biyoalg1-A1	0,01 g kg ⁻¹ mikroalg uygulaması
U4	Biyoalg1-A2	0,04 g kg ⁻¹ mikroalg uygulaması
U5	Biyoalg1-A1+DAP	0,01 g kg ⁻¹ mikroalg + buğday için gereken N ve P gübrelemesi; DAP
U6	Biyoalg1-A2+DAP	0,04 g kg ⁻¹ mikroalg + buğday için gereken N ve P gübrelemesi; DAP
U7	Biyoalg2-A1	0,01 g kg ⁻¹ mikroalg uygulaması
U8	Biyoalg2-A2	0,04 g kg ⁻¹ mikroalg uygulaması
U9	Biyoalg2-A1+DAP	0,01 g kg ⁻¹ mikroalg + buğday için gereken N ve P gübrelemesi; DAP
U10	Biyoalg2-A2+DAP	0,04 g kg ⁻¹ mikroalg + buğday için gereken N ve P gübrelemesi; DAP
U11	Biyoalg3-A1	0,01 g kg ⁻¹ mikroalg uygulaması
U12	Biyoalg3-A2	0,04 g kg ⁻¹ mikroalg uygulaması
U13	Biyoalg3-A1+DAP	0,01 g kg ⁻¹ mikroalg + buğday için gereken N ve P gübrelemesi; DAP
U14	Biyoalg3-A2+DAP	0,04 g kg ⁻¹ mikroalg + buğday için gereken N ve P gübrelemesi; DAP



Şekil 3.1 Sera denemesinden bir görünüm (denemenin ilk hali)



Şekil 3.2 Sera denemesinden bir görünüm (algle sulama sonrası)

Saksılar tarla kapasitesinin %70'i düzeyinde su ile sulandıktan sonra sera koşullarında 1 hafta inkübasyona bırakılmış, inkübasyon süresi sonunda saksılara buğday bitkisi ekimi yapılmış, saksıların nem dengesi takip edilerek gerekli olan sulama yapılmıştır. 2,5. ayın sonunda gelişim farklılıkları gözlemlenerek bitkiler hasat edilmiştir. Hasat edilen

bitkilerde bitki boyu ve verim ölçülmüştür. Ayrıca topraklarda toplam N, yarıyışlı azot, organik madde, organik karbon, yarıyışlı P, pH, EC ve agregat stabilitesi analizleri yapılmıştır. Mikrobiyal analizler ise mikrobiyal biyokütle karbon, ninhidrin azotu ve fosfor ölçülmüştür.

Yukarıdaki koşullarla birlikte 4 farklı koşulda çalışma (tek başına toprağın kullanıldığı, yalnızca buğdayın ekildiği, sadece gübrenin uygulandığı ve buğday ekimi ile beraber gübre ilavesinin yapıldığı) sürdürülmüştür. Her bir koşulda aynı işlemler yapıp deneme başladıktan bir hafta sonra hasat edilip aşağıdaki analizler yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçları çizelge 3.2’de verilmiştir.



Çizelge 3.2 Deneme başladıktan bir hafta sonraki toprak analizleri

	Sadece toprak	Sadece buğday	Sadece gübre	Buğday ve gübre
pH	8.01	8.03	8.07	8.07
EC (dS cm ⁻¹)	550	553	575	576
Nem (%)	41.83	40.47	41.92	39.38
Organik madde (%)	2.05	2.03	2.05	1.95
Toplam azot (%)	0.11	0.11	0.12	0.12
Yarıyışlı azot (%)	25.42	24.94	27.56	27.43
Organik karbon (%)	1.19	1.18	1.19	1.13
Yarayışlı Fosfor (mg kg ⁻¹)	52.50	52.39	52.43	52.19
Agregat stabilitesi (%)	34.58	35.28	35.05	34.82
Kireç (%)	3.48	3.50	3.45	3.44
TMB _C (µg g ⁻¹)	133.58	132.55	130.29	133.83
TMB _N (µg g ⁻¹)	7.44	7.94	7.38	7.22
TMB _P (µg g ⁻¹)	51.84	51.44	50.38	51.72
Kum %	38.26	38.45	38.42	38.20
Kil %	34.34	34.23	34.84	34.22
Silt %	27.4	27.32	26.74	27.58
Toprak	Kil tın	Kil tın	Kil tın	Kil tın

3.1 Genel Toprak Analizleri

Analize hazır hale getirilen toprak örneklerinde toplam N, yarıyışlı azot, organik madde, organik karbon, yarıyışlı P, pH, EC ve agregat stabilitesi belirlenmiştir.

Tekstür (Bünye): Toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde Hidrometre yöntemine göre belirlenerek, tekstür sınıfları Anonim (1951)'e göre saptanmıştır.

Toprak reaksiyonu (pH): 1/2.5 toprak / su karışımında cam elektrotlu pH-metre ile belirlenmiştir (Richards 1954).

Elektriksel iletkenlik (EC): Elektriksel iletkenlik değeri 1:2.5 oranında saf su ile sulandırılmış toprak örneğinde EC metre ile belirlenmiştir (Richards 1954)

Organik madde: Organik madde Jackson (1962) tarafından bildirildiği Walkley- Black metodu ile belirlenmiştir. Buna göre, 0,5 gr toprak örnekleri 500 ml'lik erlenmayerlere konularak üzerlerine 10 ml 1 N $K_2Cr_2O_7$ (potasyum dikromat) çözeltisi katılmış, 20 ml konsantre sülfürik asit konulup bir dakika karıştırıldıktan ve 30 dakika bekletildikten sonra 200 ml saf su ile 3-4 damla fenonftalein kompleks indikatörü katılarak $FeSO_4.H_2O$ (demirsülfat hepta-hidrat) çözeltisiyle ortamın rengi maviden kırmızıya dönene kadar titre edilmiş ve bulunan değerden yola çıkarak hesaplama yapılmıştır (Tüzüner 1990).

Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$): Toprakların kireç içeriği, Scheibler kalsimetresi kullanarak yapılmıştır. Bu yöntemde, 0,5 gr toprak örneği alınmış, sonra asit uygulanan topraktaki $CaCO_3$ 'ın parçalanması sonucu açığa çıkan CO_2 'in, standart sıcaklık ve basınç altındaki hacmi esas alınarak belirlenmiştir (Allison ve Modie 1965).

Agregat Stabilitesi: Toprak örneklerinin agregat stabilitesi değerlerinin belirlenmesinde “ıslak eleme” yöntemi kullanılmıştır (Kemper 1965).

Toplam azot (N): Toplam N miktarı Kjeldahl asit digestion yöntemiyle belirlenmiştir (Chapman ve Pratt 1961, Bremner 1965). Toprak örneklerindeki toplam organik N miktarını belirlemek için toprak örneklerindeki yarıyışlı N (NO_3^- ve NH_4^+) Bremner (1965) tarafından bildirildiği gibi Devarda karışımı kullanılarak ve 1 M KCl çözeltisiyle ekstrakt edilerek destinasyonla belirlenmiştir.

Amonyum ve Nitrat Azotu: Değişebilir amonyum ve nitrat miktarları Sağlam (2001) tarafından bildirildiği şekilde, Buhar Damıtma (Kjeldahl) Yöntemi ile belirlenmiştir.

Bitkiye yarıyışlı fosfor (P_2O_5): Toprak örneğinde fosfor Olsen vd. (1954) tarafından bildirildiği şekilde, 0.5 N NaHCO_3 (pH: 8.5) ile ekstrakte edilerek çözeltiye geçen fosfor (P), molibdofosforik mavi renk yöntemine göre spektrofotometrede belirlenmiştir.

Nem: Anonim (1954)’e göre miktarı belli olan toprak örneği 105 °C’de sabit ağırlığa kadar kurutma fırınında bekletilerek belirlenmiştir.

Toprak örneklerindeki toplam organik C miktarı Walkley-Black metoduyla belirlenmiştir (Robinson vd.1996).

3.2 Mikrobiyal Biyokütle Analizleri

Toprak mikrobiyal biyokütle karbonu (TMB_C) ve mikrobiyal biyokütle azotu (TMB_N) belirlemelerinde mikrobiyal biyokütle ekstraksiyonu Vance vd. (1987) tarafından bildirildiği gibi kloroform fumigasyon-ekstraksiyon (KFE) yöntemine göre belirlenmiştir. Kloroform fumigasyonu uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) toprak örnekleri K_2SO_4 ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen özütlerde Vance vd. (1987)

tarafından bildirildiği gibi dikromat oksidasyonu yöntemi ile organik karbon içeriği analiz edilmiştir. Fumige edilmiş ve edilmemiş toprak özütlerinin organik karbon ve toplam azot değerleri arasındaki farka dayanarak Vance vd. (1987) ve Brookes vd. (1985) tarafından belirtildiği gibi TMB_C ve TMB_N hesaplanmış (Denklem 1.1-1.2) ve diğer toprak parametreleri ile kıyaslanmıştır. Analiz ayrıntılar işlem adımlarına göre aşağıdaki kısımlarda verilmektedir.

3.2.1 Kloroform fumigasyon ekstraksiyon yöntemi

Kloroform fumigasyon yöntemi topraktaki mikroorganizmalarını öldürerek, hücrelerinin parçalanması ve hücre sitoplazmasının toprak ortamına salınmasına sebep olur ve bu hücre materyalleri derşik bir çözeltisi ile topraktan ekstrakte edilebilir (Powlson ve Jenkinson 1976). Bu yöntemde aşağıdaki bileşenlerin analizleri yapılabilmek için 0.5 M K_2SO_4 ekstraksiyon işlemi kullanılmaktadır:

- a) Organik karbon (Vance vd. 1987)
- b) Toplam azot ve NH_4 -Azot (Brookes vd. 1985)
- c) İnorganik fosfor (Brookes vd. 1982)
- d) Ninhydrin duyarlı azot (Joergensen ve Brookes, 1990, Badalucco vd. 1992)

İşlem için 50 g toprak FKT bazında tartılır ve iki kısıma ayrılır, bir örnek üzerinde fümigasyon işlemi yapılmıştır ve diğer örnek kontrol olarak değerlendirilmiştir. Kontrol örnek 250 ml balona koyulmuştur ve sonra 100 ml 0.5 M K_2SO_4 'ile 30 dakika boyunca 200 devirde (osilatör şeyker) ekstrakte edilmiştir (ekstraksiyon bileşim: toprak oranı 4:1 v/w). Elde edilen ekstrakt sonraki aşamada whatman 42 filtre kâğıttan süzülerek, saf kontrol ekstrakt, örnek olarak buzdolabına taşınmıştır.

Fumigasyon işlemine tabi nemli toprak örnekler 50 ml cam beher içine koyulduktan sonra desikatör içine taşınır. İlaveten desikatör içine ıslak bir mendil ve biraz miktar içeren soda kireç granül içeren beher de yerleştirilir. Etanol içermeyen kloroform başka bir beherde son aşamada desikatör içine ilave edilir. Kloroform şişesinin içine birkaç tane kaynama taşı ekleyerek kloroformun kaynama işlem boyunca sıçramasını

engellemiş oluruz. Sonraki aşamada desikatör kapağı kapanır ve kloroform 2 dakika boyunca kaynayana kadar içindeki hava pompayla tahliye edilir. Sonra desikatör 24 saat boyunca 25 °C sabit bir şekilde enkübe edilir. Fümigasyon işlem bitince 6 kere kloroform tahliyesi yapılır ve toprak içeren örnekler, kontrol örneklere uygulanan yöntemle tabi, 0.5 M K₂SO₄ ile ekstrakte edilir.

3.2.2 Mikrobiyal biyokütle azotu (TMB_N) analizi

TMB_N tayini için Ninhidrin-duyarlı reaksiyon yöntemi (Amato ve Ladd, 1988; Joergensen ve Brookes, 1990) kullanılmıştır. Bu yöntemin prensibi olarak ninhidrin bileşimi serbest α-amino gruplar içeren moleküllerle (α-amino N, amonyum ve amino asit ve protein ve peptidler gibi) morumsu bir kompleks teşkil etmektedir (Moore ve Stein 1948).

Önceden hazırlanmış ekstraktleri (0.6 ml) ve Sitrik asit bufer (1.4 ml) 20 ml test tüplerin içine koyulur ve sonra 1 ml ninhydrine bileşimi ekleniyor ve karıştırıldıktan sonra kapağı kapanır. Örnekler sonrasında 25 dakika boyunca 100 °C kaynar suyun içinde bekletilir. Bu aşamadan sonra oda sıcaklığında yarım saat boyunca soğuması beklenir ve sonra etanol alkol:su karışımı (4 ml) eklenir ve fotometri yöntemle okunur (570 nm).

Spektrofotometr cihazından elde edilen sonuçlar, aşağıdaki eşitliği kullanarak ninhidrin-duyarlı mikrobiyal biyokütle N hesaplanmaktadır.

$$(Numunenin\ absorbansı - Tanık'ın\ absorbansı) \times (ASAK \times S) = \mu g\ N\ g^{-1} \quad (3.1)$$

Burada

ASAK=Amonyum sülfat absorbans katsayısı

S= Seyreltme faktörü

$$\frac{K_2SO_4 \text{ hacmi}(ml) + \text{toprak nem içeriği } (ml)}{0.75 \times \text{toprak ağırlığı}} = S \quad (3.2)$$

Mikrobiyal biyokütle azot değerleri fümigasyondan gelen örneklerin fümigasyon olmayan numune değeri çıkarılarak elde edilmektedir.

3.2.3 Mikrobiyal biyokütle karbonu (TMB_C) analizi

Bu çalışmada TMB_C tayini için dikromat oksidasyon yöntemi kullanılmıştır (Kalembasa ve Jenkinson 1973, Vance vd. 1987). Metot prensibi olarak, organik materyal güçlü bir asit ortamında okside olur ve Cr(+VI), yeni Cr(+III) forma dönüşür. Geriye kalan dikromat miktarı geri titrasyon yöntemiyle tayin edilir.

Önce 8 ml örnek ekstraktı 250 ml yuvarlak balona koyulur ve üzerine 2 ml K₂Cr₂O₇ (66.7 mM (0.4 N)) ve 15 ml H₂SO₄/H₃PO₄ karışımı eklenir. Balon sonrası 30 dakika boyunca desitilasyon edilir ve soğuduktan sonra 20-25 ml su ile seyreltilir. Titrasyon işleme başlaman önde örneklerle 5 damla 1,10 fenantrolin-demir (25 mM) endikatör olarak eklenir. Titrasyon işlemi 40.0 mM demir amonyum sülfat ile titrant olarak yapılır.

Titrasyondan elde edilen rakamlar aşağıdaki eşitliği kullanarak biyokütle C hesaplanması için kullanılır:

$$C (\mu g \text{ ml}^{-1}) = (H-S) : C \times M \times D : A \times E \times 1000 \quad (3.3)$$

H: Sıcak kontrol için kullanılan titrasyon çözeltisi (ml)

S: Örnekler için kullanılan titrasyon çözeltisi (ml)

C: Soğuk kontrol için kullanılan titrasyon çözeltisi (ml)

M: Potasyum di-kromat çözeltisinin normalite (N) değeri

D: Örneklerle ilave edilen Potasyum di-kromat çözeltisinin miktarı

A: analizde kullanılan ekstraksiyon miktarı

E: Cr_(IV) → Cr_(III) indirgeme değeri = 3

$$C (\mu\text{g g}^{-1} \text{ toprak}) = C (\mu\text{g ml}^{-1}) \times (K : D_w + W) \quad (3.4)$$

K: Ekstraksiyon için kullanılan çözelti miktarı

D_w: Toprak örneklerin kuru ağırlığı

W: toprak nem oranı

$$TMB_C = EC : K_{EC} \quad (3.5)$$

EC: (fumige edilmiş toprakların Corg miktar-) - (işlem yapılmamış toprakların Corg miktarı)

K_{EC}: 0.38 (kalibrasyon faktör) (Vance vd. 1987)

3.3.4 Mikrobiyal biyokütle fosforu (TMB_P) analizi

Toprak ve ölü örtü örneklerinin mikrobiyal biyokütle P içerikleri kloroform-fumigasyon ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir. Toprak mikrobiyal biyokütle F içeriği; kloroform ile 25 °C’de 24 saat fumigasyona tutulmuş toprak örnekleri ile kontrol veya toprak örneklerinin (fumigasyonsuz) 0.5 M NaHCO₃ çözeltisi (Olsen’s çözeltisi, pH 8.5) ile ekstrakt edilerek aralarındaki farktan hesaplanmıştır. Yöntemde ekstrakt çözeltisine (0.5 M NaHCO₃) geçen fosfor amonyum molibdat askorbik asit mavi renk yöntemine göre belirlenmiştir. Süzülen ekstrakttan 1 ml alınarak 25 ml’lik ölçü beherine dökülür. Behere 4 ml askorbik asit (% 1’lik) çözeltisi katılır. Üç ml’de hazırlanan molibdat [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O] çözeltisinden katılır. Rengin oluşması için 1 saat bekledikten sonra renkli çözeltinin ısı absorpsiyonu, 880 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede belirlenmiştir (Olsen vd. 1954, Brookes vd. 1982, Rowell, 1994, Anderson ve Ingram 1996, Kacar 1996).

Mikrobiyal biyokütle fosfor (F) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Biyokütle F } (\mu\text{g g}^{-1}) = St \times F \quad (3.6)$$

$$E_p = \text{biyokütle } F_{\text{fumigasyonlu}} - \text{biyokütle } F_{\text{fumigasyonsuz}} \quad (3.7)$$

$$TMB_p = E_p \times K_{EP} \quad (3.8)$$

Burada;

St = Spektrofotometrede okunan deger için standart kurveden bulunan fosfor (P) miktarı (µg), konsantrasyon

F = Sulandırma katsayısı, $1/0,05 = 20$ [2,5 g toprak örneği 50 ml ekstraksiyon çözeltisi ile muamele edilir ve 1 ml süzüntüde $((2,5 \times 1)/50 = 0,05$ gram topraga esdeger) renk oluşturulur].

Eşitlikteki E_p (mikrobiyal biyokütleden ekstrakt edilen $PO_4\text{-P}$) = fumigasyon yapılmış topraktaki ekstrakttan elde edilen $O_4\text{-P}$ ile fumigasyon yapılmamış topraktaki ekstrakttan elde edilen $O_4\text{-P}$ arasındaki farktır.

K_{EP} = Mikrobiyal biyokütleden mineralize olabilen fosforun (P) katsayısıdır (0,40).

3.3 İstatistik Analizleri

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, tekrarlamalı olan yürütülen analizi farklı mikroalg uygulamalar toplam N, yarayışlı azot, organik madde, organik karbon, yarayışlı P_2O_5 , pH, EC ve agregat stabilitesi, TMB_C , TMB_N ve TMB_P değerler için kullanılmıştır. Parametreler değişimlerin istatistiksel değerlendirmeler için Statistix 8.1 istatistik programı (Analytical Software) ve Farklı grupların belirlenmesinde LSD çoklu karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır. Toprak özelliklerin arasındaki korelasyonun belirlenmesi Pearson Korelasyon analiziyle yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde laboratuvar koşullarında belirlenen özellikler, istatistiksel analiz sonuçları ve bunlara ait değerlendirmeler ele alınmıştır. Aynı zamanda daha önce yapılmış ve bu çalışma ile benzerlik gösteren diğer çalışmalardaki sonuçlar ile elde edilen bulgular kıyaslanmış, çalışmalar arasındaki farklılıklar ya da benzerlikler ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

4.1 Genel Toprak Özellikleri

Gerçekleştirilen sera denemesinde farklı mikroalg uygulamalarının genel toprak özelliklerin üzerindeki etkisi bu bölüm’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de verilen korelasyon analizi sonuçlarına göre mikroalg uygulamaları ile genel toprak özellikleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir etkileşim bulunamamıştır.



Şekil 4.1 Sera denemesinden bir görünüm

Çizelge 4.1 Farklı mikroalg uygulamaları altında ölçülen toprak parametreleri arasındaki korelasyonlar

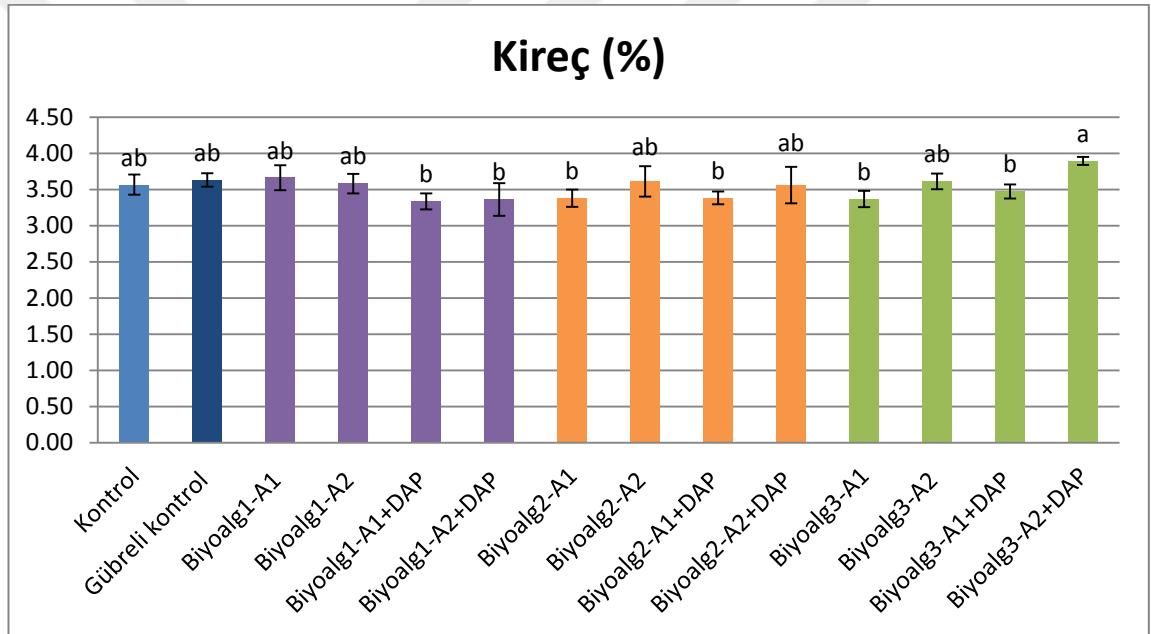
Pearson kolerasyon	Agregat Stabilitesi	Yarayışlı P	EC	Kireç	TMB_C	TMB_N	TMB_P	Yarayışlı N	Organik C	Organik madde	Toplam azot
Yarayışlı P	0.0722										
EC	0.3943	0.7210									
Kireç	0.4901	0.2241	0.5465								
TMB_C	0.0080*	0.3910	0.9865	0.1602							
TMB_N	0.0245*	0.0029*	0.9979	0.0408*	0.0001**						
TMB_P	0.4917	0.8668	0.2935	0.4104	0.0076*	0.4210					
Yarayışlı N	0.9261	0.4240	0.0179*	0.7205	0.0352*	0.3028	0.6329				
Organik C	0.4543	0.3912	0.8393	0.6836	0.2395	0.1605	0.7964	0.2577			
Organik madde	0.4471	0.3869	0.8480	0.6646	0.2509	0.1609	0.7819	0.2551	0.0000**		
Toplam azot	0.0962	0.0307*	0.1726	0.9492	0.2526	0.0657	0.9737	0.0598	0.8342	0.8521	
pH	0.5460	0.7429	0.6092	0.6426	0.4209	0.7591	0.1414	0.1430	0.3850	0.3919	0.8009

Toprak özelliklerinin arasındaki korelasyon sonuçlarındaki P değerleri. Tek * olan değerleri $P < 0,05$ önem düzeyinde ve çift ** olan değerleri $P < 0,001$ önem düzeyini göstermektedir. Kısaltmalar: P: fosfor, EC: Elektriksel iletkenlik, N: azot, C: karbon, MB: Mikrobiyal biyokütle. Toplam analize (n) = 14 konular $\times$ 4 tekrerrür=56

4.1.1 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın kireç düzeylerinde meydana gelen değişimler

Sera koşullarında gerçekleştirilen farklı mikroalg uygulamalarının toprağın kireç kapsamı üzerindeki etkileri şekil 4.1’de verilmiştir. Kireç kapsamı % 3,34 ve % 3,89 arasında değişmiş olup en düşük değer 3.34 ise U5 uygulamasında ve en yüksek değer 3.89 ise U14 uygulamasına aittir.

Genel olarak farklı mikroalg türlerin farklı doz ve DAP’lı uygulamaların topraktaki kireç kapsam üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P > 0,05$).



Şekil 4.2 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın kireç içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=0,42) göstermektedir

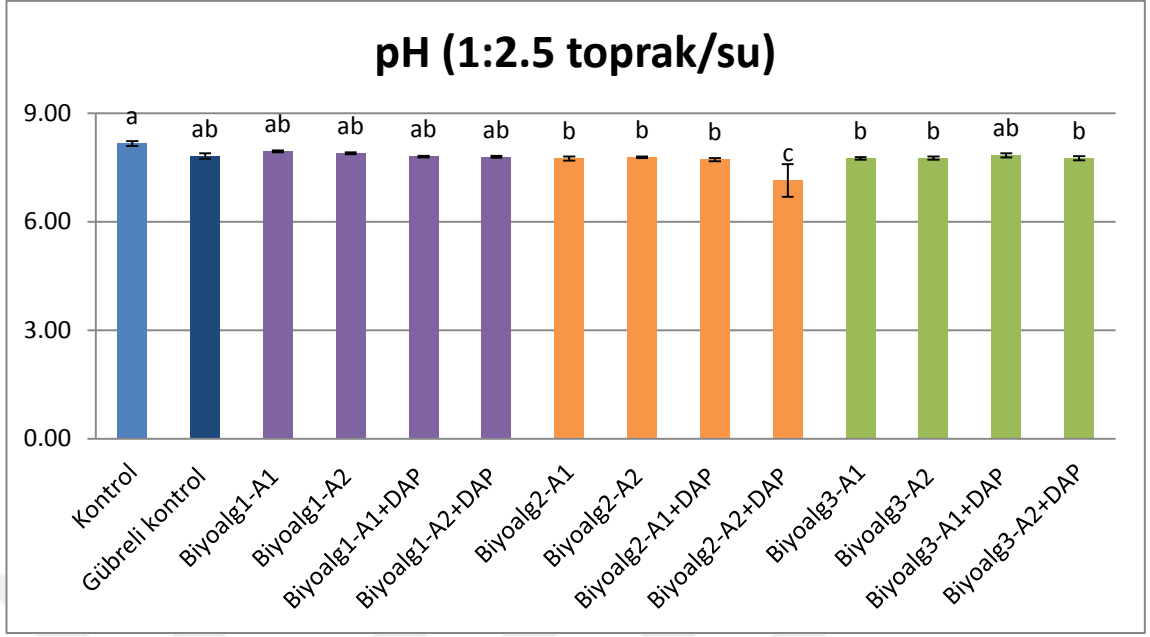
4.1.2 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın pH düzeylerinde meydana gelen değişimler

Sera koşullarında gerçekleştirilen farklı mikroalg uygulamalarının toprak pH’sı üzerindeki etkisi şekil 4.2’de verilmiştir. Toprak pH’sı 7,14 ve 8,16 arasında değişmiş

olup ortalama olarak en düşük değer 7,14 ise U10 uygulamasında ve en yüksek değer 8,16 ise U1 uygulamasına aittir.

Genel olarak kontrol ile kıyaslandığında farklı mikroalg türleri ile gerçekleştirilen bireysel ve DAP'lı mikroalg uygulamaları toprak pH'sında önemli ($P < 0,05$) bir azalmaya neden olmuş olsa da farklı mikroalg uygulamaları arasında kaydadeğer bir fark tespit edilememiştir. Farklı mikroalglerin farklı dozları ve DAP'lı kombinasyonlarının ölçümleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Toprak pH'sı flora ile fauna kompozisyonunda (Nayak ve Prasanna 2007) ve mikroalg ve siyanobakterilerin biyoçeşitliğin üzerinde etkisi olan bir faktördür (Pandey vd. 2005). Genellikle siyanobakteriler nötr veya alkali pH koşullarını tercih etmektedirler (Roger ve Reynaud 1979). Diğer yandan Kaushik ve Subhashini (1985) ve Kaushik (1987) siyanobakterilerin toprak pH'sını azalttığını gözlemlemişlerdir. Alglerin alkali toprakların ıslah için kullanılabileceği ve toprak verimliliğini artırabileceği kaydedilmiştir (Singh 1950, 1961, Aziz ve Hashem 2003). Yapılan diğer araştırmalarda siyanobakterilerin kullanılmasıyla toprak pH'sının doğal ve pirit uygulanmış koşullarda 9.2'den 7.5'e (Singh 1961, Verma ve Abrol 1980) ve 8.05'ten 7.71'e düşüldüğünü tespit edilmiştir (Prabu ve Udayasoorian 2007). Subhashini ve Kaushik (1984) laboratuvar koşullarında bitkisiz ortamda alg uygulamasının toprağın pH'sını azalttığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde pirinç yetiştirilen koşullarda da alg uygulamasının pH'yı azalttığını tespit edilmiştir (Elayarajan 2002). Prabu ve Udayasoorian (2007)'a göre siyanobakteriler tarafından üretilen organik asitler (oksalik asit ve absisik asit) ve mikrobiyal ayrışma pH'daki azalmanın sebeplerini teşkil etmektedir.



Şekil 4.3 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın pH içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=0,37) göstermektedir

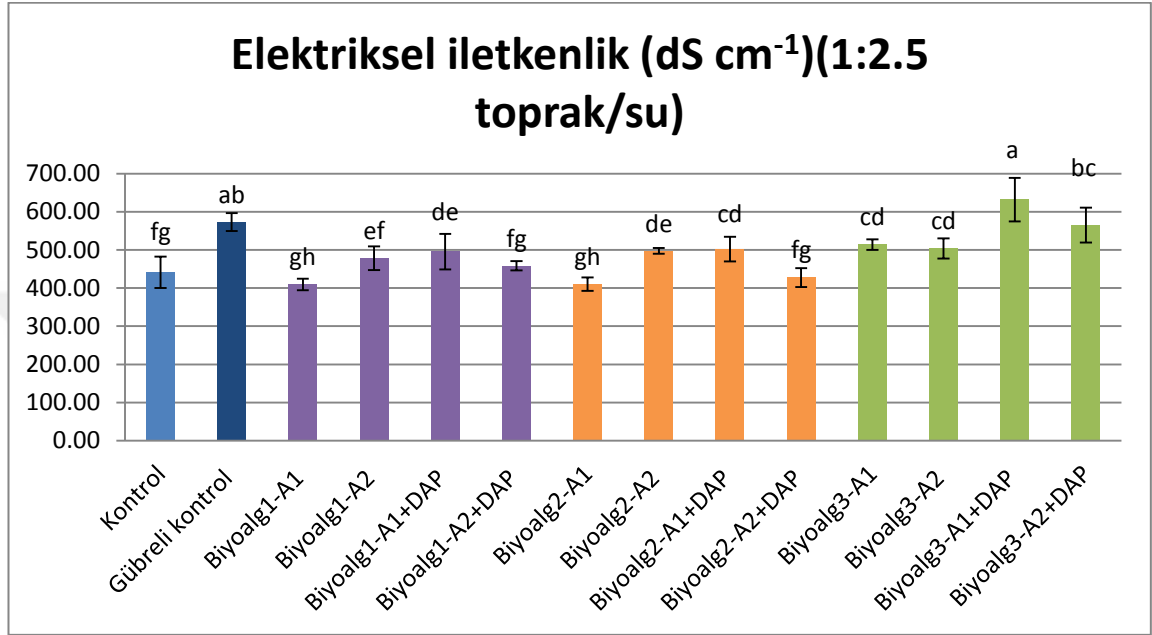
4.1.3 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın EC düzeylerinde meydana gelen değişimler

Sera koşullarında gerçekleştirilen farklı mikroalg uygulamalarının toprağın EC'si üzerindeki etkileri şekil 4.4'de verilmiştir. Toprak EC'si 409,50 dS cm⁻¹ ve 631,50 dS cm⁻¹ arasında değişmiş olup ortalama olarak en düşük değer 409,50 ise U3 uygulamasında ve en yüksek değer 631,50 ise U13 uygulamasına aittir.

Genel olarak gübreli kontrol uygulamasına kıyasla bireysel ve DAP'lı mikroalg uygulamalarının toprak EC'sinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($P < 0,05$) bir azalmaya neden olduğu görülmektedir. Biyoalg uygulamaları arasında ise farkı doz ve DAP ile kombine uygulamalar açısından birbirine benzer bir desen gözlenmiş; mikroalg'ın DAP ile birlikte uygulandığı koşullarda topra EC'si artma eğiliminde olmuştur (Şekil 4.4).

Alg uygulaması ile toprak EC'sinin azalması farklı araştırmacılar tarafından da gözlenmiş olup erimiş organik maddelerin toprakta birikim ile (Blumbald vd. 1983,

Reed vd. 1984), inorganik iyon seviyesini korunması (Miller vd. 1976) ve iyon taşınma süreçlerine katkıda bulunulması (Apte ve Thomas 1983, Apte ve Thomas, 1984, Reed ve Stewart 1985, Apte ve Thomas 1986, Apte vd. 1987) ve farklı metabolik ayarıdır (Blumwald ve Tel-Or 1984, Thomas ve Apte 1984).



Şekil 4.4 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın EC içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=90,35) göstermektedir

4.1.4 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın yarıyışlı ve toplam azot düzeylerinde meydana gelen değişimler

Sera koşullarında gerçekleştirilen farklı mikroalg uygulamalarının toprağın yarıyışlı azot üzerindeki etkileri şekil 4.5'te verilmiştir. Toprak yarıyışlı azot 23,02 mg kg⁻¹ ve 42,16 mg kg⁻¹ arasında değişmiş olup ortalama olarak en düşük değer 23,02 ise U6 uygulamasında ve en yüksek değer 42,16 ise U11 uygulamasına aittir.

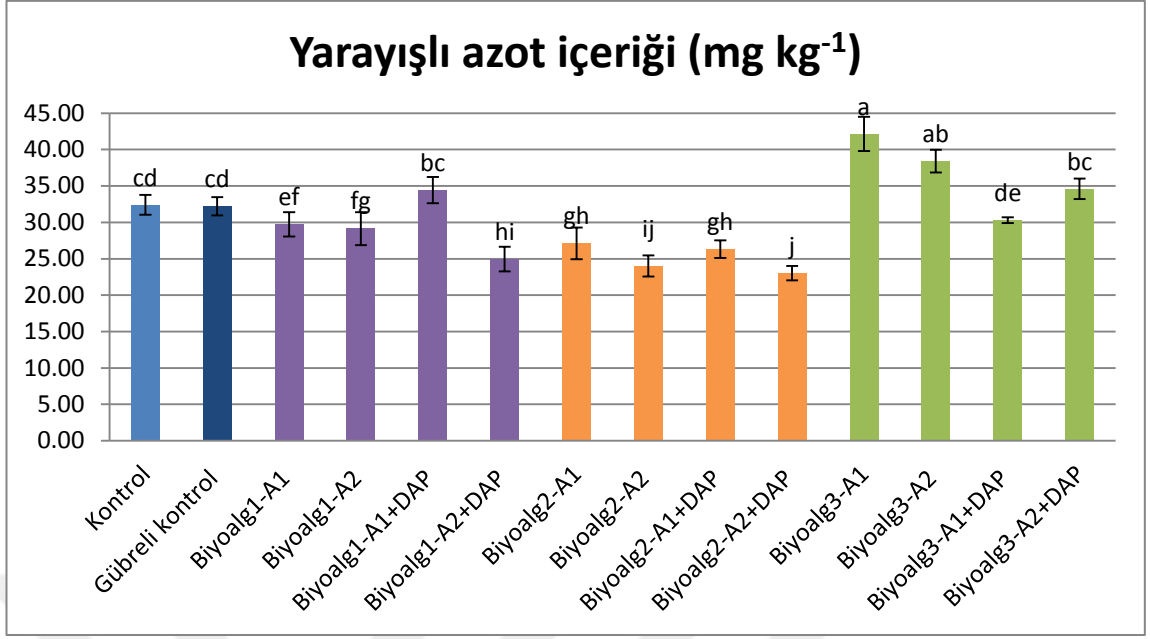
Genel olarak gübreli ve gübresiz kontrol uygulamalarına kıyasla biyoalg-1 ve biyoalg-2'nin bireysel ve DAP'lı uygulamalarının birbirine benzer sonuçlar sergilediği ve topraktaki yarıyışlı azot düzeyinde önemli ($P < 0,05$) azalmalara neden olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan biyoalg-1 ve biyoalg-2'den farklı olarak biyoalg-3'ün

bireysel uygulamalarının toprağın yarayışlı azot içeriğine istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($P<0,05$) artırdığı tespit edilmiştir.

Sera koşullarında gerçekleştirilen farklı mikroalg uygulamalarının toprağın toplam azot üzerindeki etkileri şekil 4.6'de ve şekil verilmiştir. Topraktaki toplam azot % 0,12 ve % 0,18 arasında değişmiş olup ortalama olarak en düşük değer 0,12 ise kontrol uygulamasında ve en yüksek değer 0,18 ise U14 uygulamasına aittir.

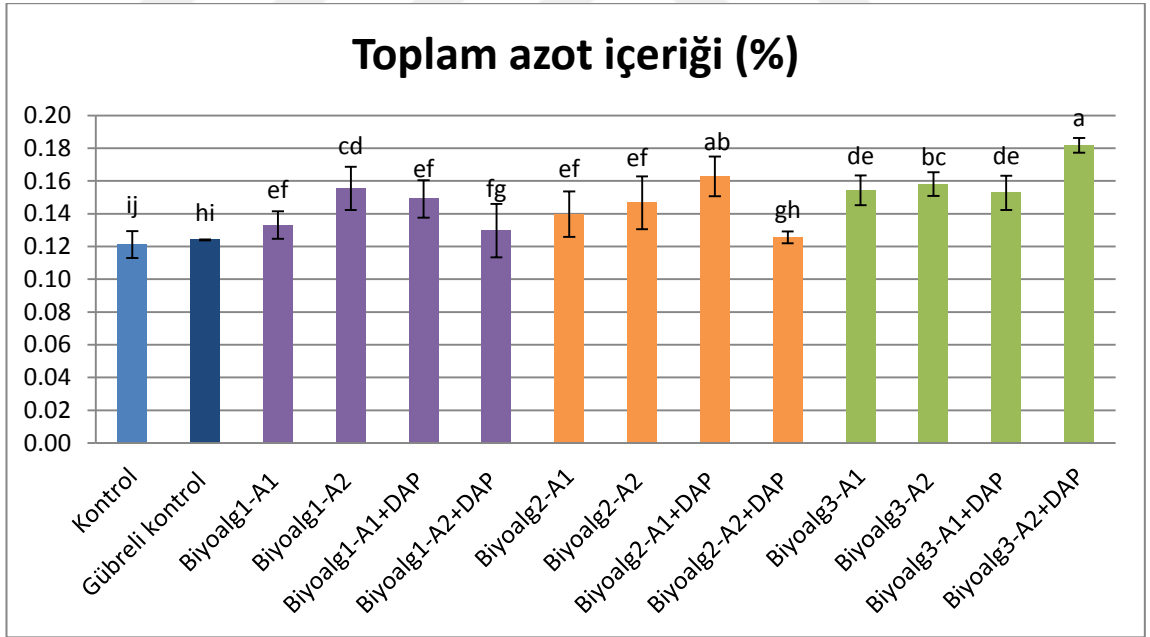
Genel olarak gübreli ve gübresiz kontrol uygulamalarına kıyasla farklı mikroalg türler tarafından farklı doz ve DAP'la toplam azot farklı seviyelerde değişmekte olup istatistik açıdan önemlidir (P değeri $<0,05$). Yarayışlı azotu gibi burada da en yüksek değerler biyoalg-3 uygulandığı konularda gözlenmektedir. Belirgen olarak gübreyle beraber algler yüksek dozda kullanıldığında gübreli ya da gübresiz düşük doz uygulaması ve yalnız yüksek doz algdan daha fazla azot içeriği göstermektedir.

Siyanobakterilerin toprakta azot fiksasyonu üzerine etkisi birçok araştırmacı tarafından işlenmiştir (Spiller ve Gunasekaran 1990, Nilsson vd. 2005, Karthikeyan vd. 2007). Buğday yetiştirilen koşullarda yüksek düzeyde nitojenaz aktivitesine sahip siyanobakterilerin toprağın azot içeriğini (Abd-Alla vd. 1994), klorofil ve kuru kök ağırlığını (Obreht vd. 1993), artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca alg ilave edilmiş koşullarda buğday tarafından alınan azotu düzeylerini (Gantar vd. 1995) ve bitki gelişimini artırdığı da belirlenmiştir (Karthikeyan vd. 2007). Mikroalglerin azot fiksasyon yeteneği topraktaki yarayışlı azot içeriğini, özellikle amonyum düzeyini artırmaktadır (Shariatmadari vd. 2013). Azot düzeyinin yetersiz olduğu durumlarda siyanobakteriler azot fiksasyonu yapmakla birlikte yeterli azotun olduğu koşullarda nitrojenaz enzim prosesi çalışmamaktadır (Kaushik 2014). Nitrojenaz enzimin aktivitesiyle birlikte alg yaşamının son bulması ile azot toprağa dahil olmaktadır (Roger ve Reynaud 1979). Pirinç bitki tarafından alınmış azotu takip ederek % 51'sini alglerin üretildiği azotundan alınması keşfedilmiştir, ayrıca bu alglerin üretilmiş azotu bitkilere daha yarayışlı olduğunu da tespit edilmiştir (Wilson vd. 1980).



Şekil 4.5 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın yarıyışlı azot içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=4,64) göstermektedir



Şekil 4.6 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın toplam azot içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=0,03) göstermektedir

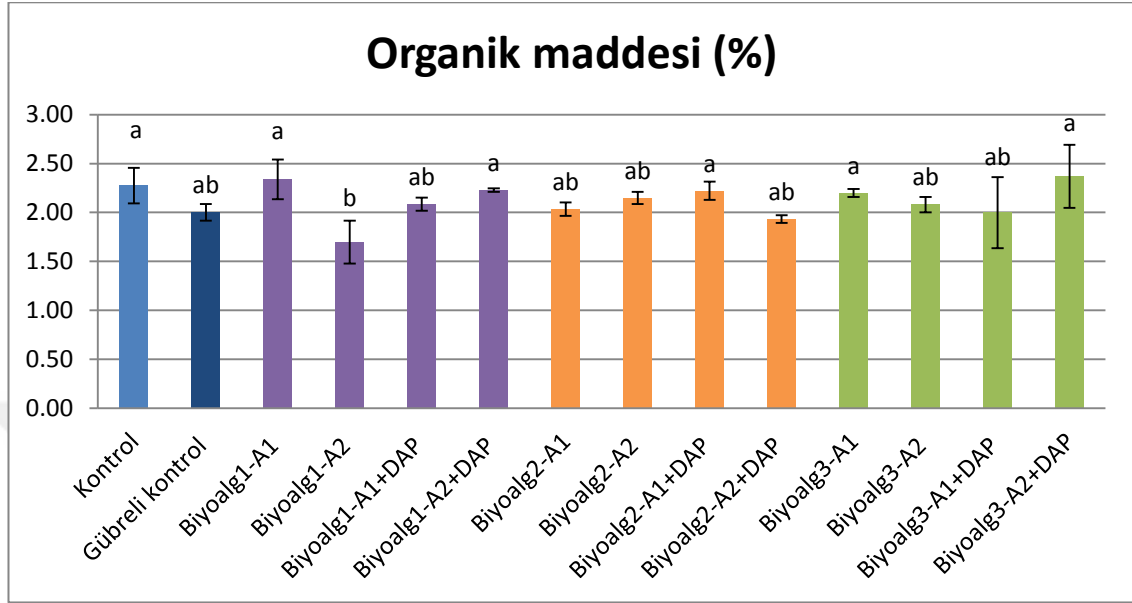
4.1.5 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın organik karbon ve madde düzeylerinde meydana gelen değişimler

Sera denemesinde uygulanan farklı mikroalglerin toprağın organik karbon madde ve organik karbon içeriği üzerine etkileri değerleri şekil 4.7-4.8’de verilmiştir. Toprakta organik maddesi % 1,70 ve % 2,34 arasında değişmiş olup en düşük değer 1,70 ise U4 uygulamasında ve en yüksek değer 2,34 ise U3 uygulamasına ait fakat U3, U6, U9 ve U11 da istatistik açıdan aynı değerler vermekte olarak kontrol uygulamasıyla istatistik açıdan farklı değildir. Toprakta organik karbonu % 0,98 ve % 1,37 arasında değişmiş olup ortalama olarak en düşük değer 0,98 ise U4 uygulamasında ve en yüksek değer 1,37 ise U14 uygulamasına aittir fakat U1, U3, U6, U9 ve U11 da istatistik açıdan aynı değerler vermektedirler.

Genel olarak biyoalg-1 ve biyoalg-3, (biyoalg-2 ile kıyaslandığında) bireysel ve DAP’lı uygulamalar altında birbirine benzer değişimler sergilemekle birlikte elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmesi farklı mikroalg uygulamalarının toprak organik maddesi ve organik karbon içeriğine katkısını net bir şekilde ortaya koymamaktadır. Farklı kontrol uygulamaları ile kıyaslandığında bireysel mikroalg ve DAP ile kombine uygulamalarının toprak organik maddesi içeriğine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Şekil 4.7 - 4.8).

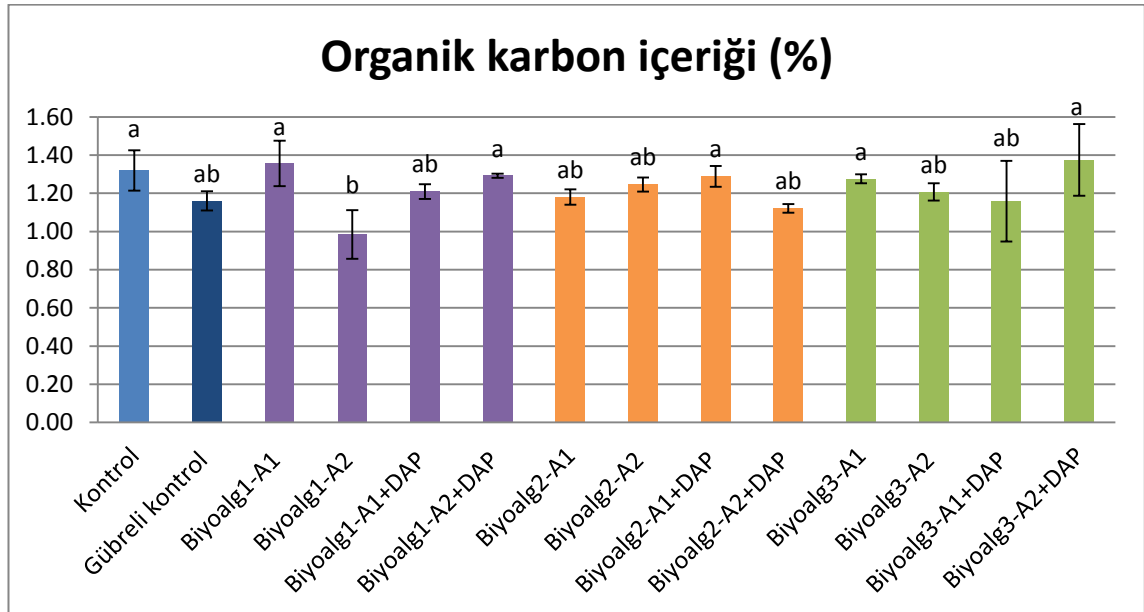
Toprak organik maddesi ve organik karbonu içeriği toprak verimliliğinin en önemli parametreleridir ve uzun yıllar kimyasal gübre uygulamaları sonucunda azalın Toprak organik madde içeriği siyanobakteriler ilave edilmek suretiyle artırılabilir (Kaushik 2014). Farklı araştırmacılar tarafından toprak karbonun arttığı ve artmadığı durumlar gözlenmiştir. Bazı durumlarda bu denemenin sonuçları gibi karbon içeriği artmış ama istatistik göre önemli değildir, örneğin 6 aylık bir sera denemesinde toprağa alg uygulaması ile toprak organik karbonunun % 0,03 arttığı gözlenmiş ancak bu fark önemli bulunmamıştır (Kaushik 1985). Toprak organik maddesinin artması için daha uzun zaman dilimlerine gerek olduğu rapor edilmiştir (Nekrasova ve Aleksandrova 1982, Roger vd. 1987). Siyanobakterilerin organik gübrelerle beraber uygulandığı koşullarda organik maddesinin artması beklenmektedir (Jha vd. 2004). Bu verilere

dayanarak bu denemede toprak organik maddesi ve karbonun artmama nedenleri yeterli olmayan uygulama sayısı ve gözlem süresine dayandırılabilir.



Şekil 4.7 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın organik madde içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=0,48) göstermektedir.



Şekil 4.8 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın organik karbon içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=0,28) göstermektedir.

4.1.6 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın agregat stabilitesi düzeylerinde meydana gelen değişimler

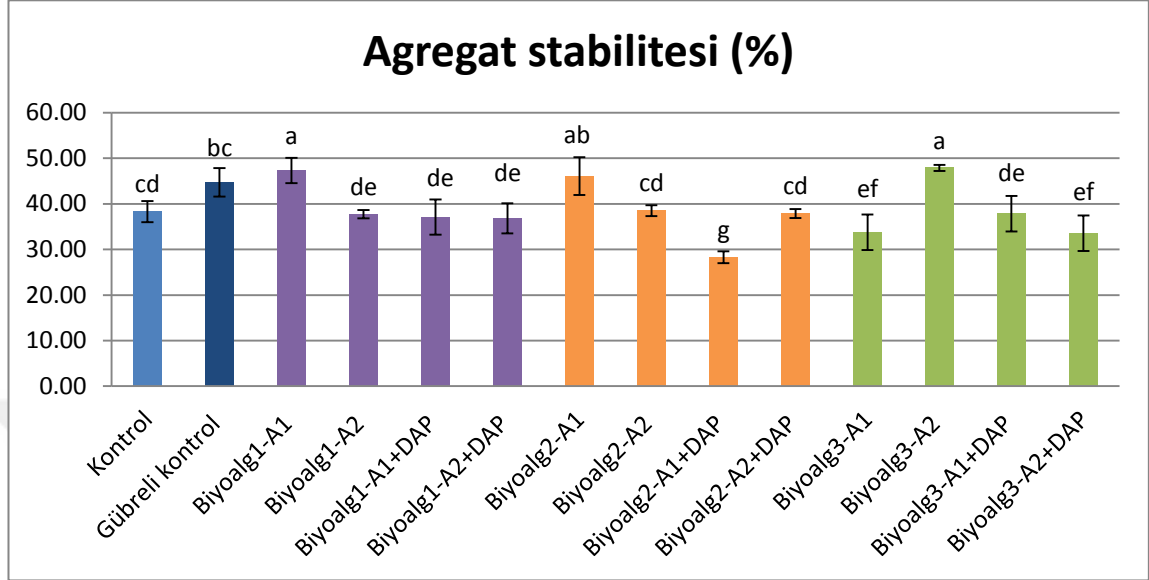
Sera koşullarında gerçekleştirilen farklı mikroalg uygulamalarının toprağın agregat stabilitesindeki değişimler şekil 4.9’da verilmiştir. Toprak agregat satbilitesi % 28,29 ve % 47,88 arasında değişmiş olup ortalama olarak en düşük değer 28,29 ise U9 uygulamasında ve en yüksek değer 47,88 ise U12 uygulamasına ait olarak U3 uygulamayla aynı değerler göstermektedir.

Genel bir değerlendirme ile düşük düzeydeki bireysel mikroalg uygulamalarından biyoalg-1 ve biyoalg-2’nin toprak agregat stabilitesi üzerinde önemli ($P<0,05$) ve pozitif bir etkisi olduğu belirlenmekle birlikte benzer eğilim yüksek düzeyde uygulanan bireysel biyolag-3 uygulamasında göze çarpmaktadır. Yine genel bir eğilim olarak DAP’lı alg uygulamalarının agregasyon üzerinde etkili olmadığı veya negatif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.9).

İyi bir toprak strüktürü ise toprak fiziksel özelliklerine bağlıdır (Cheshire 1979) ve agregat stabilitesi toprak strüktürünün önemli bir bileşenidir. Agregat stabilitesini iyileştirmek için kireç, atık çamuru, hümik maddeler, zeolit, polivinil alkoller ve polyacrylamid gibi organik ve inorganik kökenli toprak düzenleyici materyaller kullanılmaktadır (Piccolo vd. 1997) ancak toprak düzenleyicilerin kullanımı masraflı olabildiği gibi beklentileri karşılama düzeyi topraktaki biyolojik süreçlerle bağlıdır (Lynch ve Bragg 1985). Buğday ve mısır yetiştirilen koşullarda siyanobakteri kullanımının agregat stabilitesini artırdığı ile ilgili araştırma sonuçları mevcuttur (Maqubela vd. 2009, El-Ayouty vd. 2012).

Agregat satbilitesinin artışı siyanobakterilerin hızlı gelişimi sayesinde üretilen polisakkaritlerin çimentolayıcı etkisine bağlı olduğu ifade edilmiştir (Rao ve Burns, 1990, Caire vd. 1997). Peptidler ve lipidler de polisakkaritlerle birlikte toprak parçacıkları etrafında yerleşip mikroagregatlar oluşturur (Bertocchi vd. 1990) ve bu mikroagregatlar biraraya gelerek büyük toprak agregatlarını oluşturmaktadır (Kaushik

2014). Bu agregatlar birbirlerine karbon bağları ile bağlanmaktadır (Roychoudhury vd. 1979, Schulten, 1985, Rogers vd. 1991, Rogers ve Burns 1994).



Şekil 4.9 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın agregat stabilitesi içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=8,25) göstermektedir

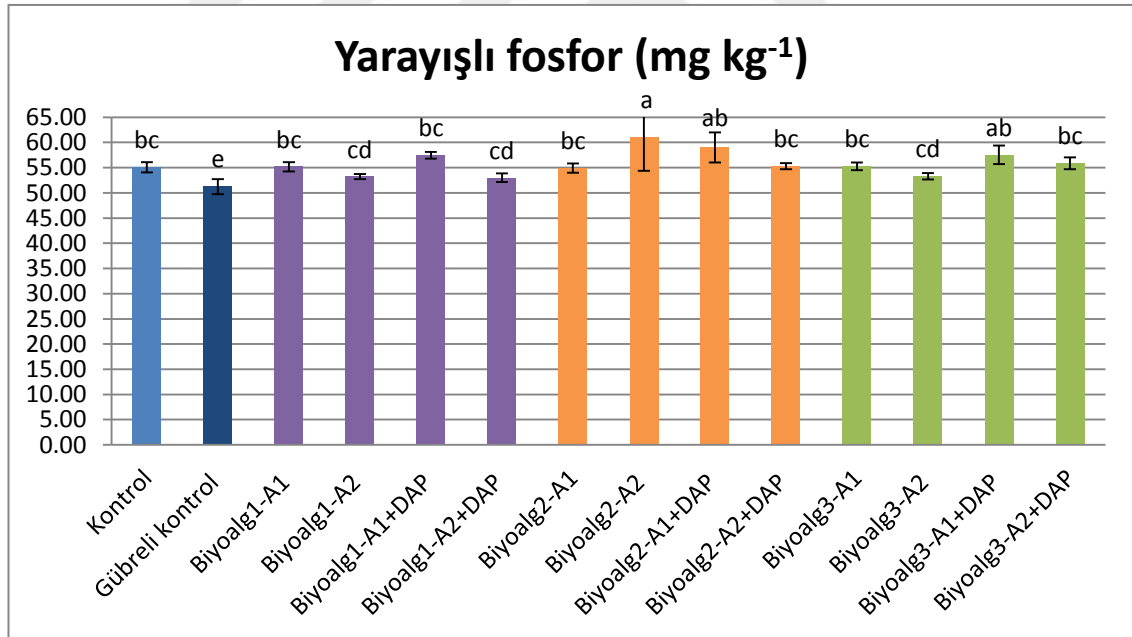
4.1.7 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın yarıyırlı fosfor düzeylerinde meydana gelen değişimler

Sera denemesinde farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın yarıyırlı P düzeylerinde meydana gelen değişimler şekil 4.10'da verilmiştir. Toprakta yarıyırlı fosfor 51,24 mg kg⁻¹ ve 61,11 mg kg⁻¹ arasında değişmiş olup ortalama olarak en düşük değer 51,24 ise U2 uygulamasında ve en yüksek değer 61,11 ise U8 uygulamasına ait olarak U3 uygulamayla aynı değerler göstermektedir.

Genel olarak bakıldığında toprak organik maddesi ve organik karbon karakteristiklerine benzer bir şekilde biyoalg-1 ve -3'ün bireysel ve DAP'lı uygulamalarının biyoalg-2'ye kıyasla benzer bir eğilim sergilediği görülmektedir. Kontrol ile kıyaslandığında bireysel bioalg uygulamalarının toprağın yarıyırlı fosfor düzeyini etkilemediği anlaşılmaktadır. Ancak gübreli kontrol uygulaması baz alındığında bütün uygulamaların toprağın yarıyırlı fosfor düzeyini artırdığı

görülmektedir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre bireysel ve kombine uygulamalar ve ayrıca farklı dozdaki uygulamaların etkileri açısından belirgin bir ayrım bulunmamaktadır.

Kaushik (2004), mikroalgler topraktaki fosforun kullanılabilirliğini artmaktakla birlikte fosforun yarayışlılığının artması için uzun zamana ve kaynaklarına ihtiyaç lazım olduğunu ifade etmiştir. Siyanobakteriler inorganik fosforu alıp kendi hücrelerinde depolayıp stres koşullar örneğin tuzluluk, osmotik stres, pH dalgalanmalar ve sıcaklıkta kullanmaktadır (Achbergerová ve Nahalka 2011) ve depo edilen fosforun toprağa salınımı yavaş bir şekilde gerçekleşmektedir (Mukherjee vd. 2015). Topraktaki fosforun yarayışlılığı fosforun eksikliği olduğu durumlarda algler tarafından üretilen fosfatazlarla desteklenmektedir (Healy, 1973, Whitton vd. 1991) ama enzimlerin çalışması için gereken fosfor kaynağının olmadığı durumlarda fosforun yarayışlılığı etkilenmemektedir.



Şekil 4.10 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın yarayışlı fosfor içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=6,24) göstermektedir.

4.2 Toprak Mikrobiyal Biyokütlesi

Toprak mikrobiyal biyokütlesi toprakta yaşayan veya yaşamı henüz son bulmuş olan mikroorganizmalarının birim topraktaki ağırlığıdır. Toprağın biyolojik özelliklerinin önemli bir göstergesi ve toprak organik maddesinin canlı bir parçası olarak tanımlanmıştır (Srivastava ve Ngullie 2009, Mikanova vd. 2015) ve aynı zamanda karbon, fosfor ve azotun potansiyel rezervuardır (Simon 2007). TMB analizi toprak yönetiminin toprak biyolojik potansiyeli ile ilişkisini ortaya koyar (Ren ve Stefano 2000). Toprakların OM niteliği ve niceliği normalde yavaş hızlarda değişen kısa vadede tespit edilmesi zor özellikleridir. Çünkü OM toprakta büyük yapıya sahiptir (Srivastava ve Ngullie 2009).

4.2.1 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbonu düzeylerinde meydana gelen değişimler

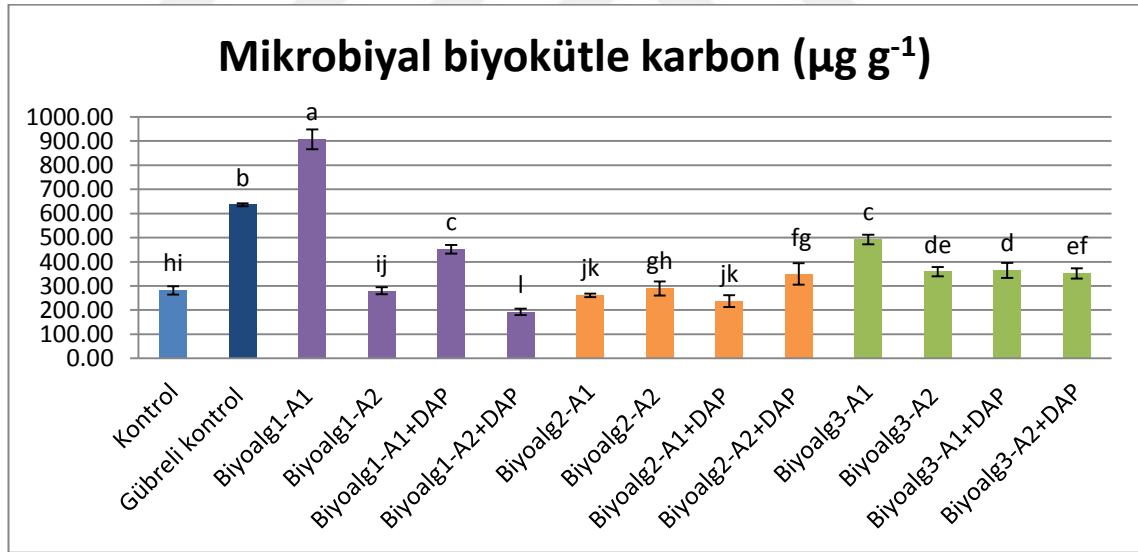
Sera denemesinde farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbonu düzeylerinde meydana gelen değişimler şekil 4.11’de verilmiştir. Toprak TMB_C 192,62 $\mu\text{g g}^{-1}$ ve 906,64 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değişmiş olup ortalama olarak en düşük değer 192,62 ise U6 uygulamasında ve en yüksek değer 906,64 ise U3 uygulamasına aittir.

Genel olarak bakıldığında farklı mikroalg türlerinin değişen bireysel ve DAP’lı uygulamalarının TMB_C üzerine etkiler birbirinden farklı eğilimler sergilemiştir (Şekil 4.11). En çarpıcı veri biyoalg-1 bireysel uygulamasının kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla TMB_C düzeyinde yüksek bir artışa neden olmasıdır (P değeri <0,001). Diğer yandan biyoalg-2’nin bütün uygulamaları TMB_C üzerinde genel bir negatif etki oluşturduğu görülmektedir. Biyoalg-3 uygulaması ise kontrol ile kıyaslandığında TMB_C havuzunu destekler gibi görünse de gübreli kontrol esas alındığında düşük bir performans sergilemiştir.

TMB_C’deki artışlar organik madde ayrışma olayları sonucu bitkilere servis edilen besin maddesi düzeyi ile orantılıdır (Gunapala ve Scow 1998). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar gibi mikroalg ilavesi ve mikroalgleri biyogübre olarak kullandıkları

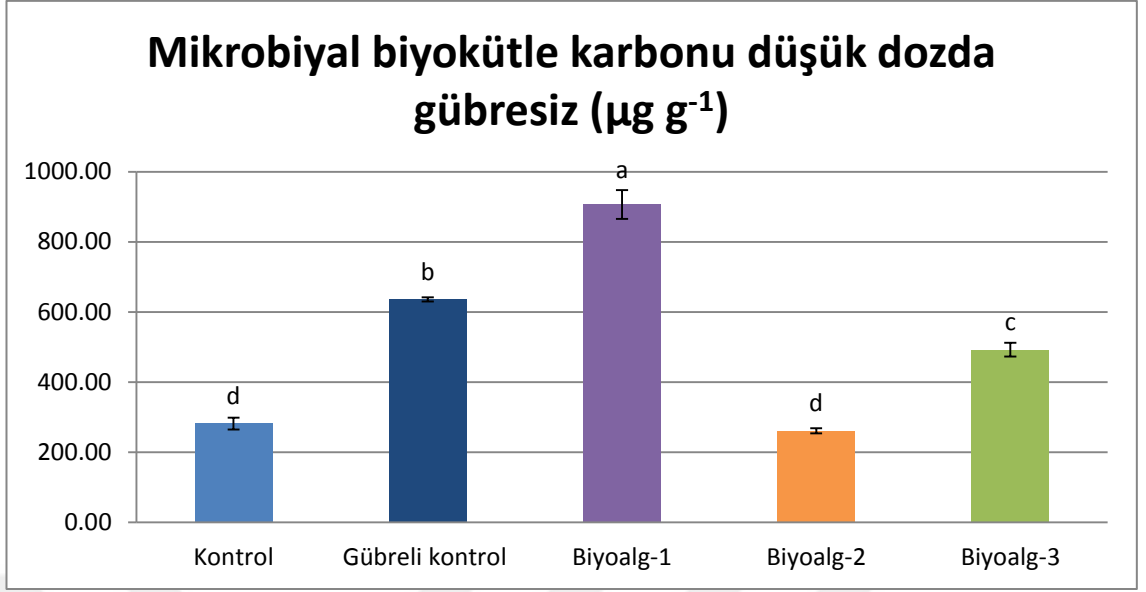
araştırmalarda benzer şekilde sonuçlar elde etmişlerdir (Karthikeyan 2007, Obana vd. 2007, Prasanna vd. 2009, Singh vd. 2015). Algler ve başka toprak mikroorganizmalar TMB_C'una katkıda bulunan organizmalar olarak tanımlanmışlardır (Henrot ve Robertson 1994, Lovell vd. 1995, Prasanna vd. 2009).

TMB_C'deki artış algler tarafından üretilen hücre dışı ürünlerin toprakta kolay tüketilebilir bir karbon kaynağı oluşturması ve bu kaynağın toprakta yaşayan diğer mikroorganizmalarının biyolojik aktivitesini ve biyokütlesini arttırması şeklinde açıklanabilir (Prasanna vd. 2009, Abbas vd. 2015). Siyanobakterilerin topraktaki enzim aktivitelerini stimüle etmesi (Caire vd. 2000) ve toprakta bakteri ve siyanobakteri popülasyonlarının artmasına neden olan bir diğer unsurdur (Aref ve EL- Kassas 2006). Mikroalgler büyük dercede biyokütleye sahip olarak, yüksek metabolik aktivite göstererek ve hücre dışı enzimler üreterek mikrobiyal aktiviteyi arttırır ve yaşamlarının sonunda mikrobiyal biyokütlerde karbon artışını sağlarlar (Prasanna vd. 2009).



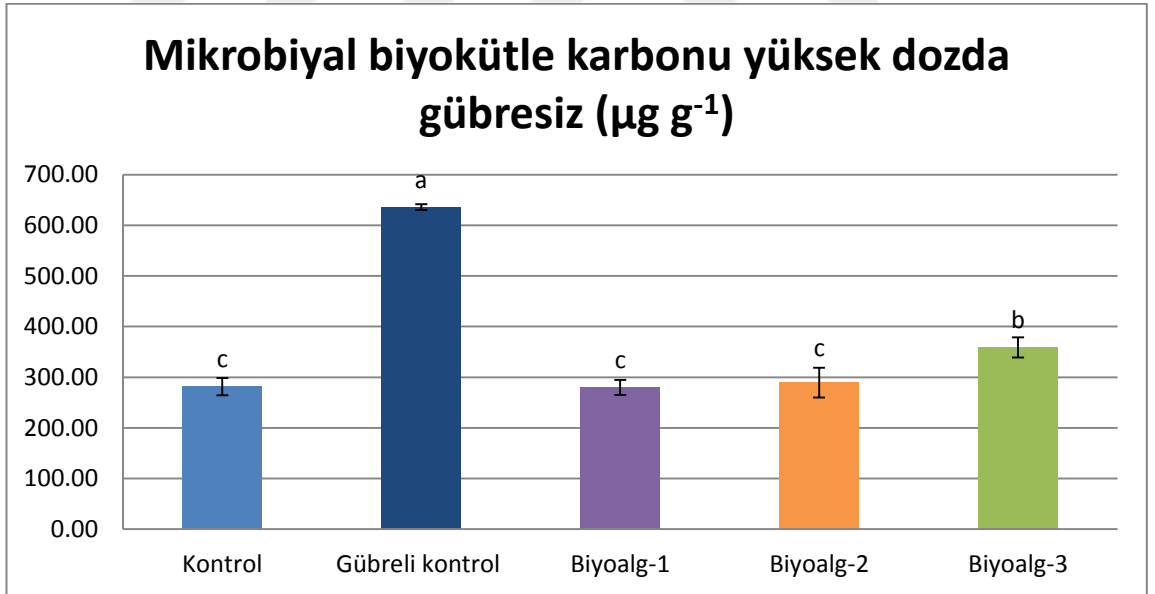
Şekil 4.11 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbon içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=70,11) göstermektedir



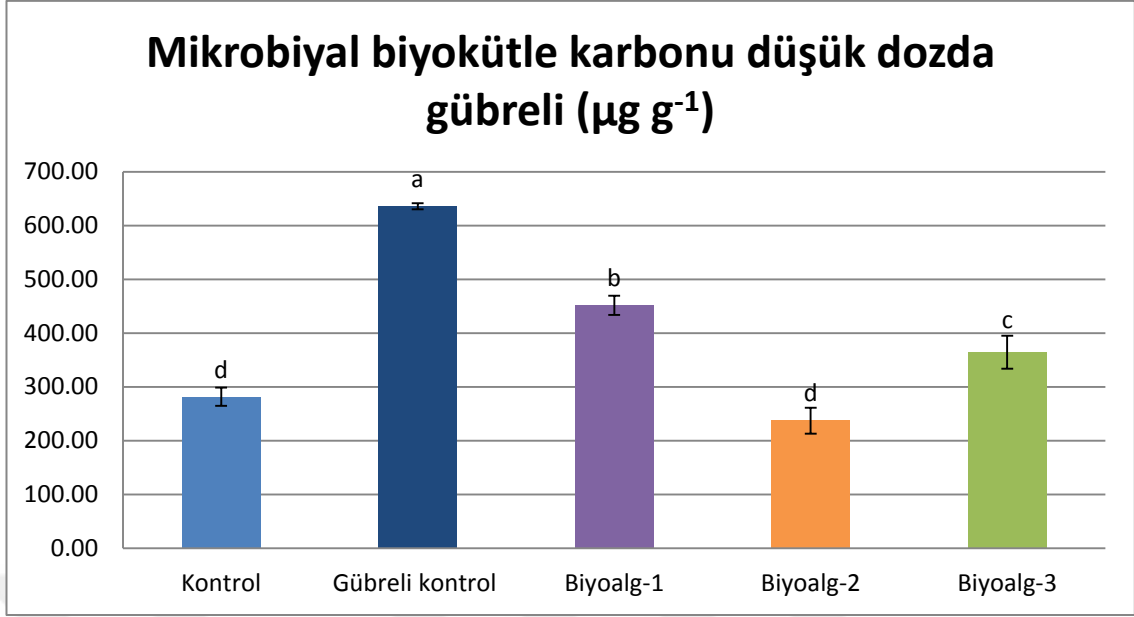
Şekil 4.12 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübresiz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbon içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=66,69) göstermektedir



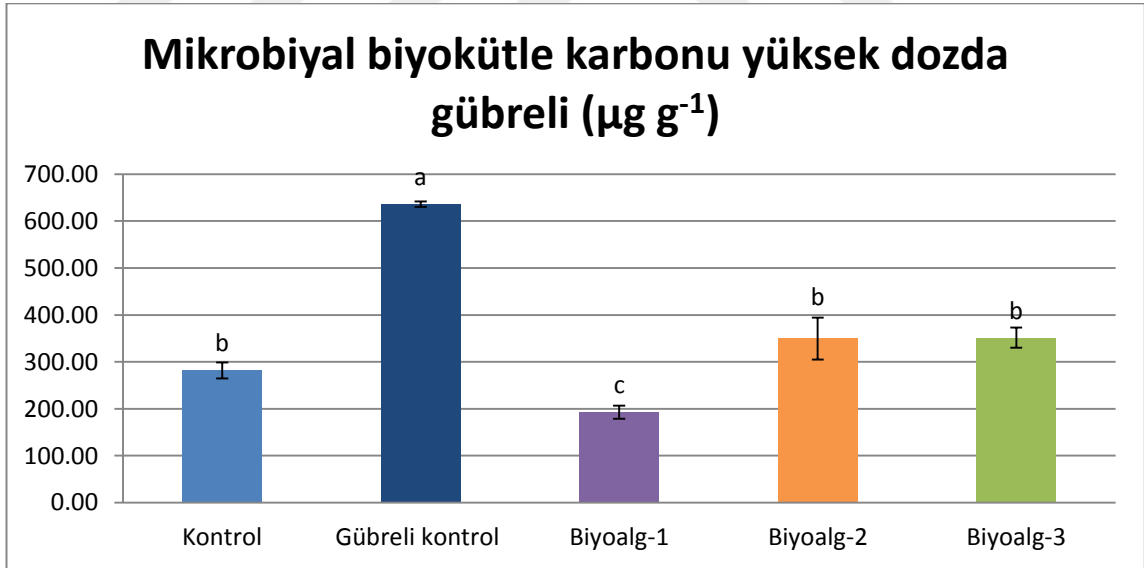
Şekil 4.13 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübresiz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbon içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=51,20) göstermektedir



Şekil 4.14 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbon içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=63,06) göstermektedir



Şekil 4.15 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle karbon içeriği

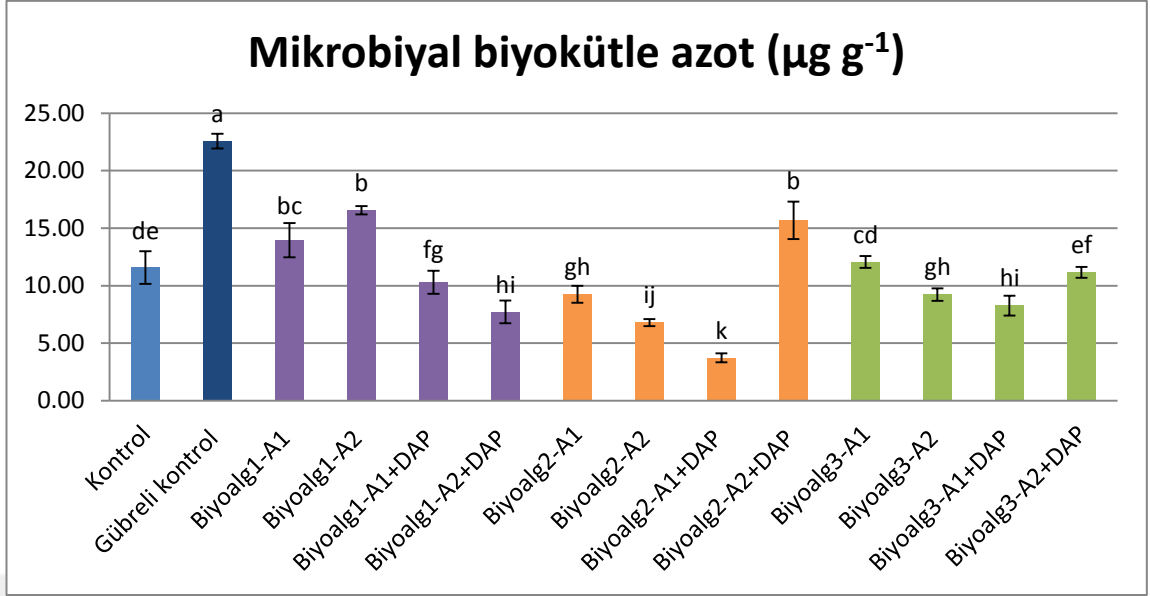
Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=73,62) göstermektedir.

4.2.2 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azotu düzeylerinde meydana gelen değişimler

Sera denemesinde farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azotu düzeylerinde meydana gelen değişimler şekil 4.16'de verilmiştir. Toprak TMB_N $3,72 \mu g g^{-1}$ ve $22,58 \mu g g^{-1}$ arasında değişmiş olup ortalama olarak en düşük değer $3,72$ ise U9 uygulamasında ve en yüksek değer $22,58$ ise kimyasal gübrede kullanıldığı U2 uygulamasına aittir.

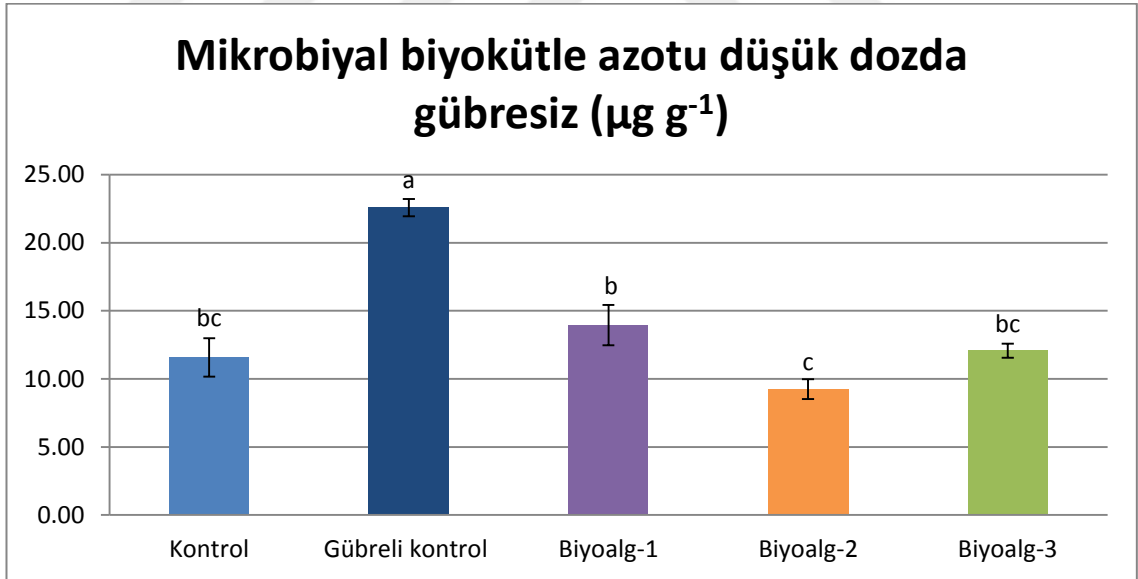
Genel olarak bakıldığında ve kontrol uygulaması ile kıyaslama yapıldığında sadece biyoalg-1 ve biyoalg-3'ün bireysel uygulamalarının istatistiksel olarak önemli düzeyde TMB_N havuzunu artırdığı görülmektedir. Farklı mikroalg'lerin DAP ile kombine olarak uygulandığı koşullarda tam aksi bir durum belirmiştir. Gübreli kontrol uygulaması ile kıyaslandığında ise her koşulda TMB_N 'nin önemli ölçüde azaldığı görülmektedir.

TMB_N oranının yükseltilmesi toprağın verimliliğinin artması için bizlere potansiyel bir yaklaşım sunuyor (El-Sharkawi ve Haytham 2012). Toprakta mikrobiyal azotun geri dönüşümü, mikrobiyal biyo-kütlenin bozulması sonucu ortaya çıkar (Higa ve Wididana 1991, Higa 1994, Higa 1995). TMB_N topraktaki azot dönüşülerinin bir göstergesidir (Liu vd. 2003). Siyanobakteri aşılamanın TMB_N üzerine etkisi ile ilgili literatür havuzunda bir bilgi bulunamamıştır. Ancak aşılamanın biyolojik aktivitleri etkilediği ile ilgili bulgular mevcuttur (Mahmoud vd. 2007, Hegazi vd. 2010, Wafaa vd. 2013). Biyojeokimyasal karbon ve azot döngülerinde önemli role sahip siyanobakteriler (Grzesik ve Romanowska-Duda 2015) atmosferik azotu toprağa bağlayabilme yetenekleri ve ürettikleri organik asitler sayesinde toprak mikrobiyal biyokütlesini artırabileceği ifade edilmiştir (Romanowska-Duda vd. 2004, Saadatnia ve Riahi 2009). Bunun yanı sıra mavi yeşil algler biyolojik aktif ikincil metabolitleri üretirler (Teuscher vd. 1992) ve bu metabolitler ise mikroplar tarafından yararlanıp biyokütlenin artmasına sebep olmaktadır.



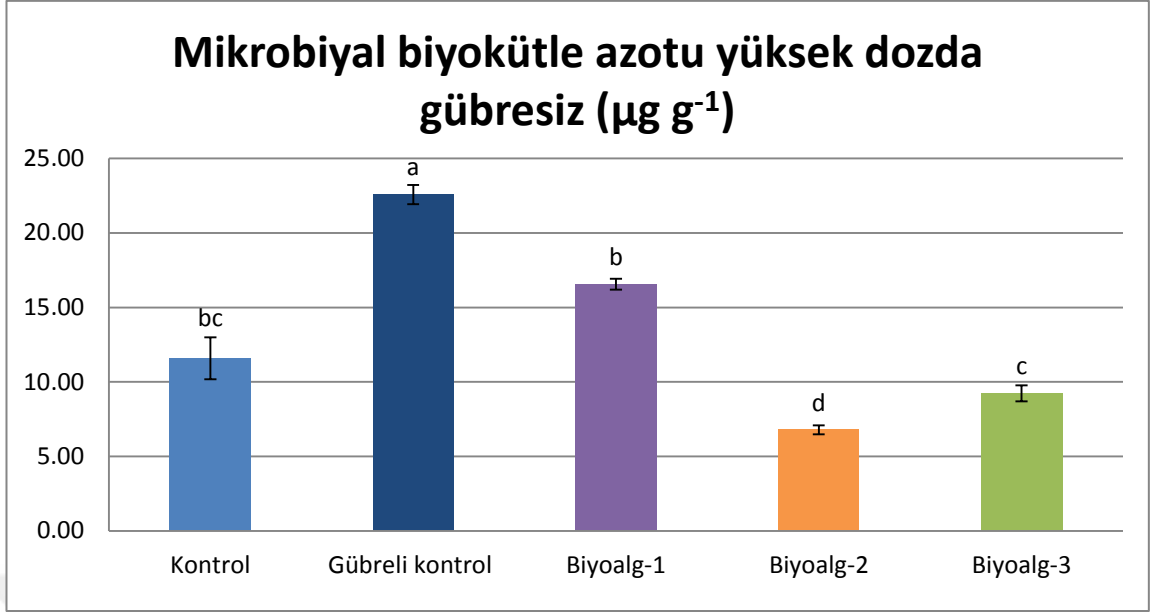
Şekil 4.16 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azot içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=2,61) göstermektedir



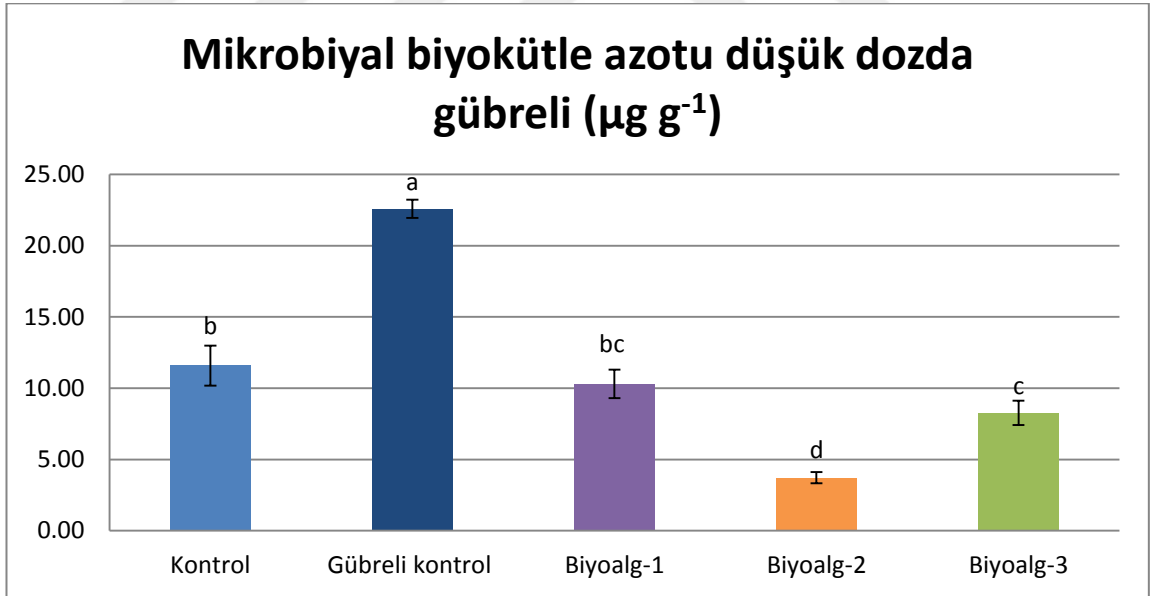
Şekil 4.17 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübresiz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azot içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=3,14) göstermektedir.



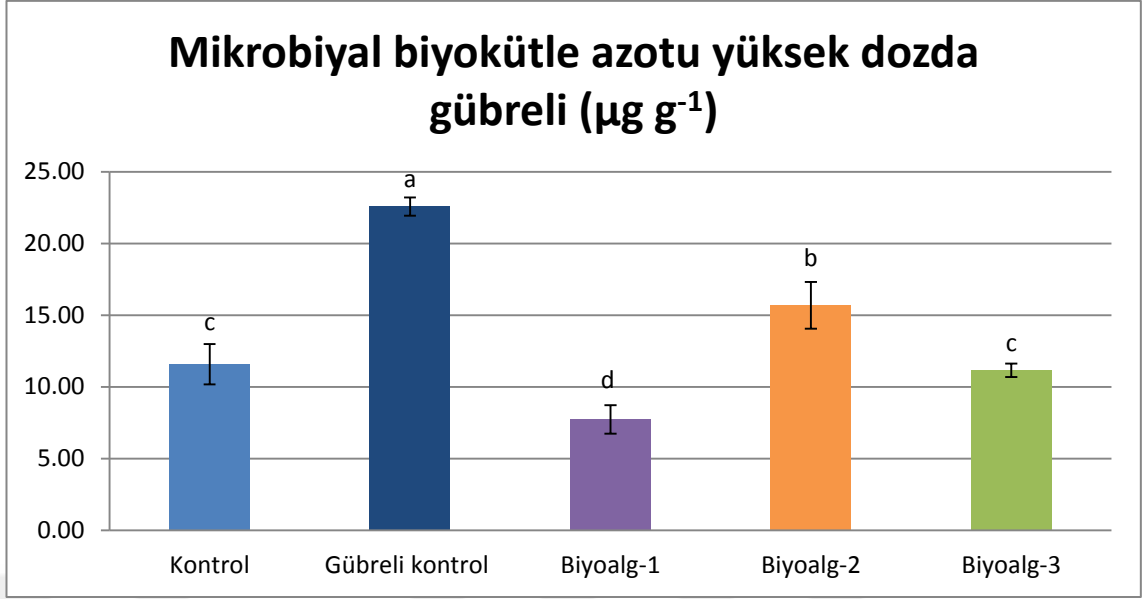
Şekil 4.18 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübresiz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azot içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=2,30) göstermektedir



Şekil 4.19 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azot içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=2,79) göstermektedir



Şekil 4.20 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle azot içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları ($\text{LSD}=3,38$) göstermektedir

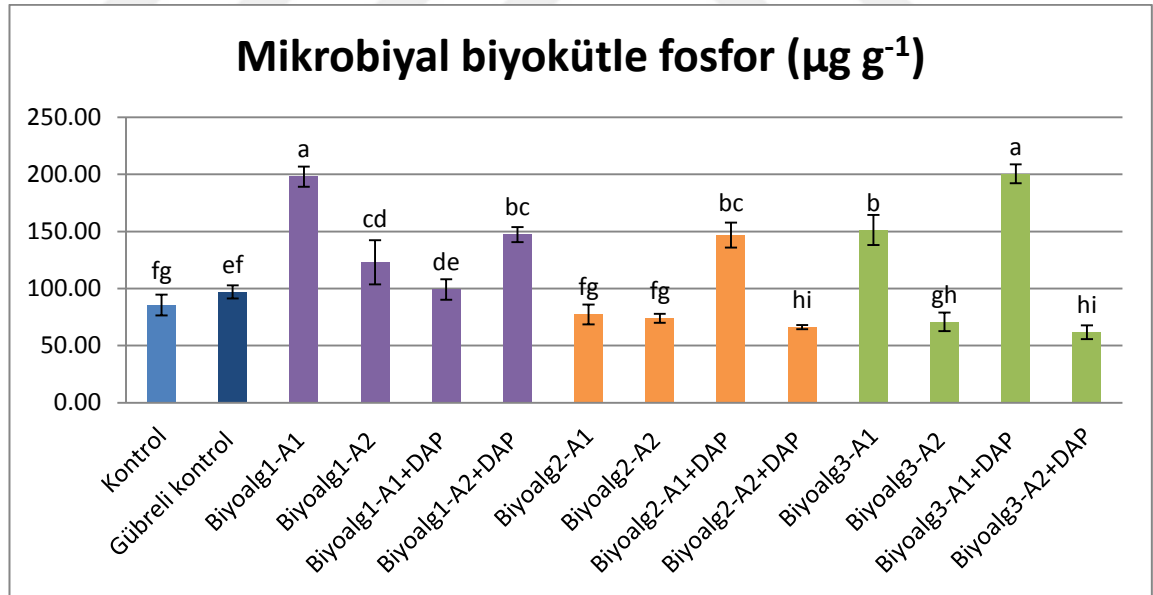
4.2.3 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosforu düzeylerinde meydana gelen değişimler

Sera denemesinde farklı mikroalg uygulamaları altında TMB_p düzeylerinde meydana gelen değişimler şekil 4.21’te verilmiştir. Toprak TMB_p $66,17 \mu\text{g g}^{-1}$ ve $200,41 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değişmiş olup ortalama olarak en düşük değer $66,17$ ise U10 uygulamasında fakat U14la aynı değer vermekte ve en yüksek değer $200,41$ ise U13 uygulamasına aittir fakat burada da U3le aynı değerleri göstermektedir. Uygulamaların TMB_p üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,001$).

Genel olarak bakıldığında bireysel biyoalg-1 ve biyoalg-2’nin birinci doz uygulamaları gübresiz ve gübreli kontrol uygulamalarına kıyasla TMB_p içeriğini istatistiksel olarak önemli düzeyde artırırken, aynı biyoalg uygulamalarının ikinci dozları TMB_p düzeyinde tam aksi bir etki göstererek azalmaya neden olmuştur ($P < 0,001$). Biyoalg-2’nin bireysel uygulamaları ise TMB_p düzeyinde önemli bir değişimlere neden olmamıştır. Biyoalg+DAP uygulamaları ise biyoalg türüne bağlı olarak farklı eğilimler sergilemiştir.

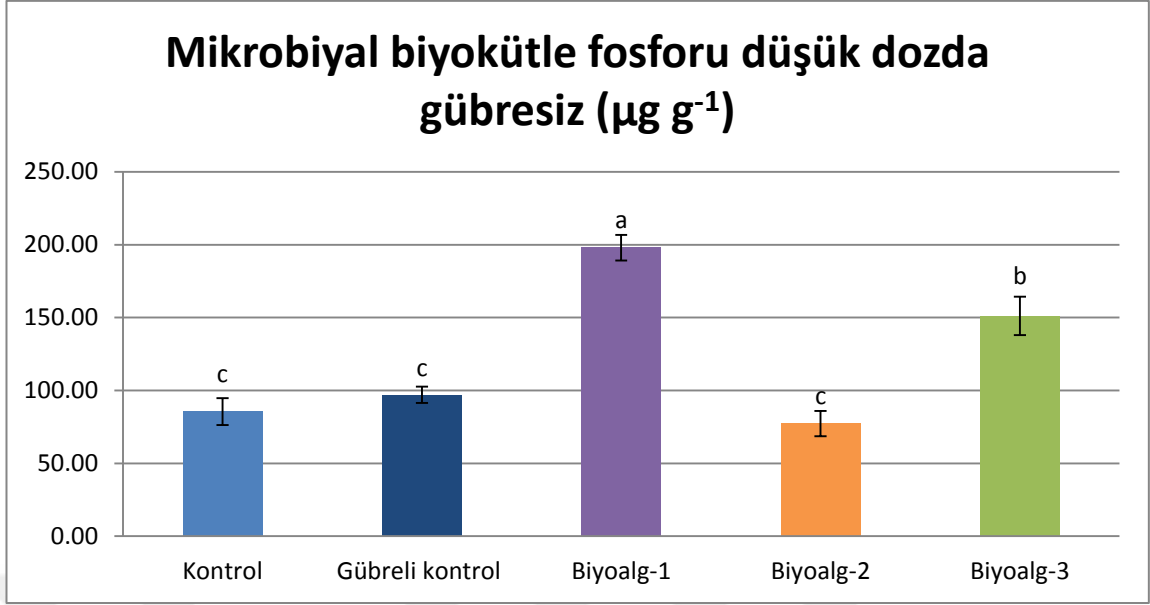
TMB_P'nin, bitkiye yarayışlı fosfor ile doğrudan orantılı olduğu bildirilmiştir (Cole vd. 1977). Ancak Pearson korelasyon analizi bu çalışmada TMB_P ile alınabilir P arasında pozitif bir korelasyon sergilememiştir. Toprak mikrobiyel biyokütle havuzunda bulunan fosfor bazı durumlarda toprakta bitkiye yarayışlı durumda bulunan fosfor düzeyinden fazla olabilmektedir (Halm vd. 1972). Bu nedenle direk topraktaki TMB_P'nin doğru değerlendirmesinde fayda vardır (Brookes vd. 1982). Toprak mikroorganizmaları fosfataz gibi enzimler üreterek topraktaki organik fosforu alınabilir hale getirmektedirler (Cosgrove 1977). Bazı toprak mikrofaunaları, başka mikroplara yiyerek de inorganik fosfor oranını artırabilir (Cole vd. 1978).

Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalara göre, organik ve biyogübrelerin TMB_P üzerine pozitif etki olduğunu tespit edilmiştir (Mackay 1983, Liu vd. 2010, Han vd. 2013). Sonuç olarak, organik gübrelerin tavsiye edilen kimyasal gübrelerden az kullanımı TMB_P'yi artırmaktadır ve bu tarz uygulamalar tarafından kolayca metabolize olabilen karbon sağlamak TMB_P artırmaktadır (Tejada vd. 2006).



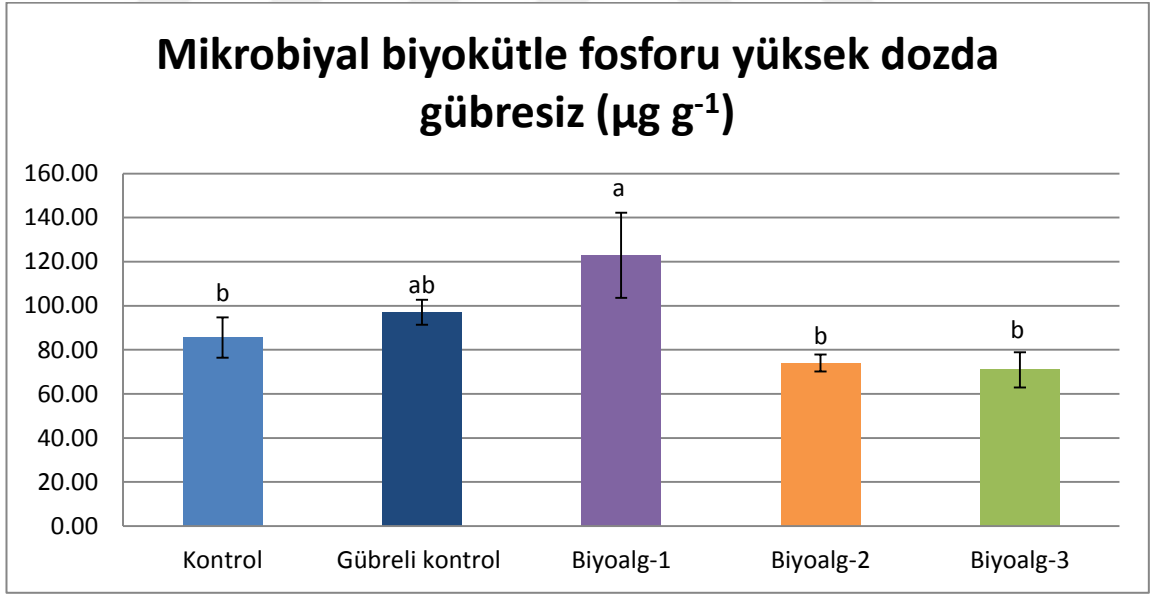
Şekil 4.21 Farklı mikroalg uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosfor içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=26,97) göstermektedir



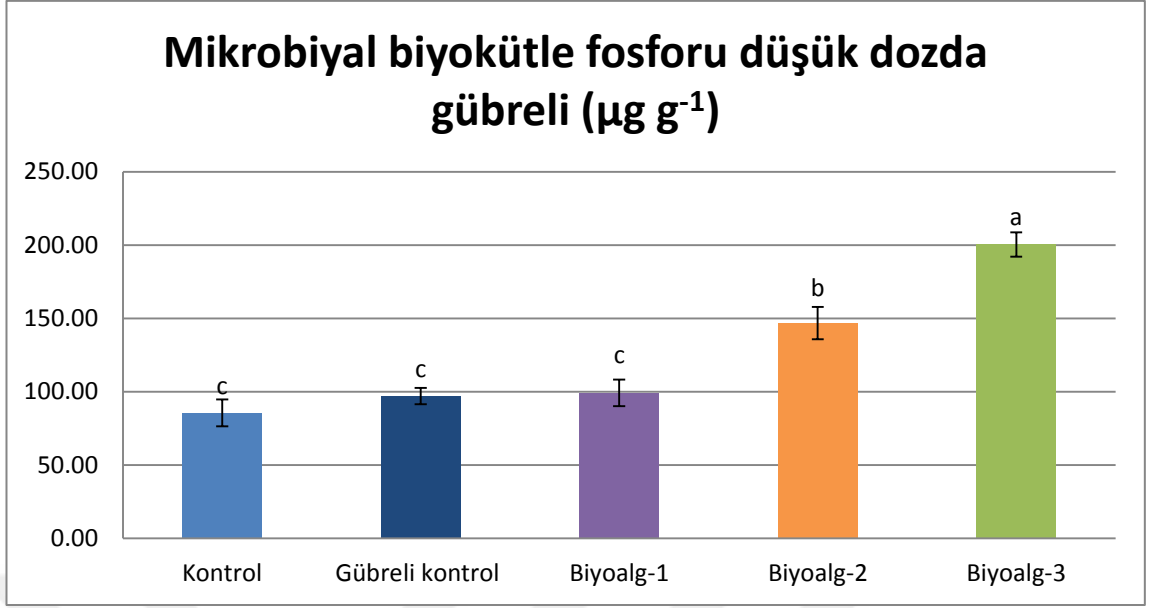
Şekil 4.22 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübresiz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosfor içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=28,34) göstermektedir



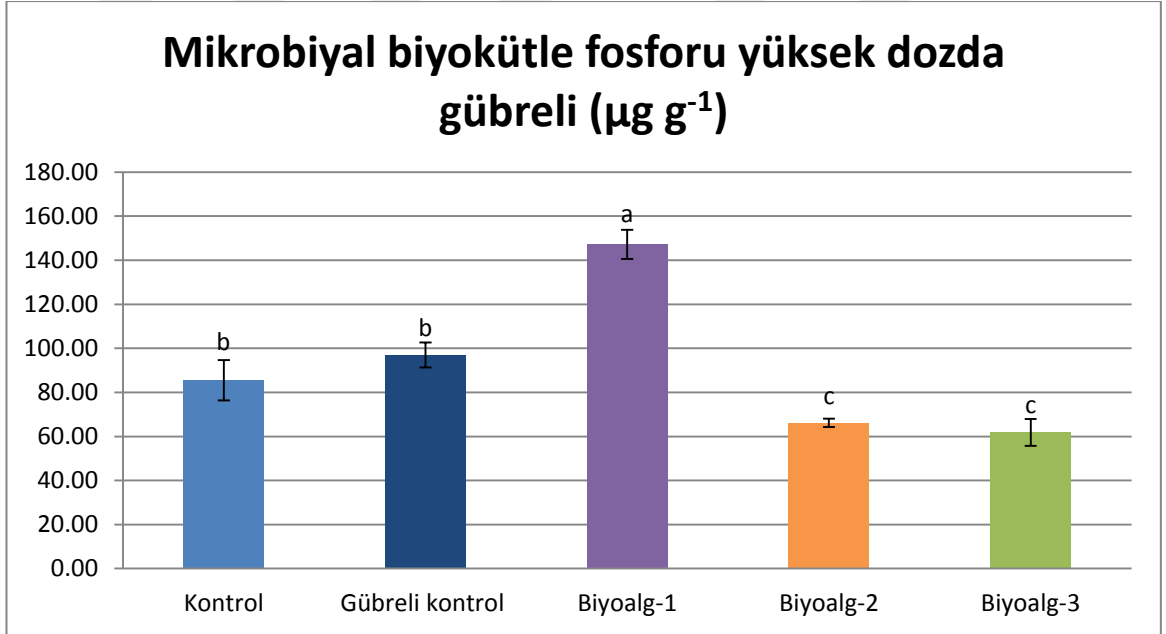
Şekil 4.23 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübresiz uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosfor içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=32,17) göstermektedir



Şekil 4.24 Farklı mikroalglerin düşük dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosfor içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=26,56) göstermektedir.



Şekil 4.25 Farklı mikroalglerin yüksek dozda gübreli uygulamaları altında toprağın mikrobiyal biyokütle fosfor içeriği

Ölçümlere ait standart sapma değeri veri sütunlarının baş kısmında hata çubuğu olarak gösterilmiştir. Küçük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel farkları (LSD=19,01) göstermektedir.

5. ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada AÜ Haymana Araştırma Çiftliğinin farklı kullanımlar (A, B, C) altındaki toprak koşullarından izole edilmiş olan biyoalg'ler farklı dozlarda bireysel veya DAP gübresi ile birlikte buğdayın pilot bitki olduğu saksı denemesi koşullarına uygulanmıştır.

Elde edilen verilere göre biyoalg uygulamaları toprağın yarayışlı fosfor, organik karbon, organik maddesi ve kireç gibi özelliklerini etkilemez iken pH, EC, agregat stabilitesi, toplam ve yarayışlı azot düzeyleri alg inokülasyonlarından önemli düzeyde etkilememiştir. TMB_C , TMB_N ve TMB_P havuzları alg uygulamalarından özellikle biyoalg-1 ve biyoalg-3 tarafından önemli oranda etkilenmiştir. Gübresiz kullanımda bile mikrobiyal biyokütle artmıştır ama toprak kimyasal özellikleri genel olarak gübreyle beraber verildiği alglerden daha güçlü etki göstermiştir.

Sera denemesinde farklı mikroalg uygulamaları altında toprak özelliklerin düzeylerinde meydana gelen değişimler çizelge 5.1'de verilmiştir. Genel olarak bakıldığında tüm uygulamalar topraktaki toplam azot değerini artmakla biyoalg-3 tarafından yarayışlı azotuna önemli katkısı bulunmaktadır. Ek olarak TMB_C üzerine en önemli etkisi biyoalg-3 tarafından, TMB_N ve TMB_P üzerine en önemli etkisi biyoalg-1 tarafından olduğunu tespit edilmiştir. Bu denemedeki sonuçlarına göre alglerin tarla koşullarında uzun zamanlık araştırmalara ve toprak biyolojik özelliklerinin üzerine etkilere elde edilmeye gerek bulunmaktadır.

Çizelge 5.1 Sera denemesinde kontrol uygulamayla kıyasladığında elde edilen sonuçlar

Uygulamala	pH	EC	Organik karbon	Organik madde	Toplam azot	Yarayışlı azot	Yarayışlı fosfor	Agregat stabilitesi	Kireç	TMB _C	TMB _N	TMB _P
Gübreli kontrol	-	+	-	-	+	=	-	+	=	+	+	+
Biyoalg1-A1	-	-	=	=	+	-	=	+	=	+	+	+
Biyoalg1-A2	-	+	-	-	+	-	-	-	=	-	+	+
Biyoalg1-A1+DAP	-	+	-	-	+	+	=	-	-	+	-	+
Biyoalg1-A2+DAP	-	=	=	=	+	-	-	-	-	-	-	+
Biyoalg2-A1	-	-	-	-	+	-	=	+	-	-	-	=
Biyoalg2-A2	-	+	-	-	+	-	+	=	=	+	-	=
Biyoalg2-A1+DAP	-	+	=	=	+	-	+	-	-	-	-	+
Biyoalg2-A2+DAP	-	=	-	-	+	-	=	=	=	+	+	-
Biyoalg3-A1	-	+	=	=	+	+	=	-	-	+	+	+
Biyoalg3-A2	-	+	-	-	+	+	-	+	=	+	-	-
Biyoalg3-A1+DAP	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+
Biyoalg3-A2+DAP	-	+	=	=	+	+	=	-	+	+	-	-

Kontrol uygulamayla kıyasladığında başka uygulamalarda gözlenmiş sonuçlar. Burada istatistiksel açıdan bakıldığında sonuçların ‘-’ azaltma, ‘+’ artma veya ‘=’ eşit olduğunu göstermektedir. A1 alglerin 0,01 g kg⁻¹ ve A2 0,04 g kg⁻¹ alg uygulamsını göstermektedir. DAP 15 g kg⁻¹ toprak olarak verilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abbas, H.H., Ali, M.E, Ghazal, F.M. and El-Gaml, N.M. 2015. Impact of Cyanobacteria Inoculation on Rice (*Orize sativa*) Yield Cultivated in Saline Soil. Journal of American Science, 11.
- Abd-Alla, M.H., Mahmoud, A.L.E. and Issa, A.A. 1994. Cyanobacterial biofertilizer improved growth of wheat. Phyton, 34: 11-18.
- Acea, M.J., Prieto-Fernandez, A. and Diz-Cid, N. 2003. Cyanobacterial inoculation of heated soils: effect on microorganisms of C and N cycles and on chemical composition in soil surface. Soil Biology and Biochemistry, 35. 513–524.
- Achbergerová, L. and Nahálka, J. 2011. Polyphosphate: an ancient energy source and active metabolic regulator. Microbial Cell Factories, 10, 63.
- Allison, L.E. and Moodie, C.D. 1965. Carbonate. In: C.A Black (Eds), Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and microbiological properties, Madison, Wisconsin, USA, pp. 1379-1396
- Almacá, A. and Ortas, I. 2010. Growth response of maize plants (*Zea mays* L.) to wheat and lentil pre-cropping and to indigenous mycorrhizae in field soil. Spanish Journal of Agricultural Research, 8, 131–136.
- Amato, M. and Ladd, J.N. 1988. An assay for microbial biomass based on ninhydrin-reactive nitrogen in extracts of fumigated soils. Soil Biology and Biochemistry, 20, pp. 107-114.
- Anderson, J.D. and Ingram, J.S.I. 1996. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2nd ed. Wallingford, CAB International, 171p
- Anonim, 1951. Soil Survey Manual, U.S. Dep. Agric. Handb., vol. 18, 503 pp., U.S. Gov. Print. Off., Washington, D. C.
- Anonim, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Salinity Laboratory Staff. USDA Handbook 60, U.S. Government Printing Office, Washington, D. C.

- Anonim, 2014. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tagem Tarımsal Mekanizasyon ve Bilişim Araştırmaları Program Değerlendirme Toplantısı Tutanak Özetleri, TSKAD.
- Apte, S.K., Fernandes, T.A., Iyer, V. and Alahari, A. 1997. Molecular basis of tolerance to salinity and drought stresses in photosynthetic nitrogen-fixing cyanobacteria. In: Tewari KK and Singhal GS (eds) Plant molecular biology and biotechnology. Narosa Publications, New Delhi, pp. 258–268.
- Apte, S.K. and Thomas, J. 1983. Sodium transport in filamentous nitrogen-fixing cyanobacteria. *Journal of Bioscience*, 5: 225-234.
- Apte, S.K. and Thomas, J. 1984. Membrane electrogenesis and sodium transport in filamentous nitrogen fixation in *Anabaena torulosa* and *plectonema boryanum*. *Journal of General Microbiology*, 154: 395-401.
- Apte, S.K., Reddy, B.R. and Thomas, J. 1987. Relationship between Sodium Influx and Salt Tolerance of Nitrogen Fixing Cyanobacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(8): 1934-1939.
- Apte, S.K. and Thomas, J. 1986. Membrane electrogenesis and sodium transport in filamentous nitrogen-fixing cyanobacteria. *European Journal of Biochemistry*, 154(2):395–401.
- Aref, E.M. and EL-Kassas, A.R. 2006. Cyanobacteria inoculation as nitrogen source may substitute partially mineral nitrogen in maize production. *The Journal of Agricultural Science, Mansoura University*, 31: 5367 - 5378.
- Aslam, T., Choudhary, M.A. and Saggar, S. 1999. Tillage impact on soil microbial biomass C, N, and P, earthworms and agronomy after two years of cropping following permanent pasture in New Zealand. *Soil and Tillage Research*, 51, 103-111.
- Aslantas, R., Cakmak, R. and Sahin, F. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Scientia Horticulturae* 111; 371–377.

- Aytok, Ö., Yılmaz, K.T., Ortaş, İ. and Çakan, H. 2013. Changes in mycorrhizal spore and root colonization of coastal dune vegetation of the Seyhan Delta in the postcultivation phase. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37: 52-61, TÜBİTAK.
- Aziz, M.A. and Hashem, M.A. 2003. Role of Cyanobacteria in Improving Fertility of Saline Soil. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6: 1751-1752.
- Badalucco, L., Gelsomino, A., Dell'Orco, S., Greco, S. and Nannipieri, P. 1992. Biochemical characterisation of soil organic compounds extracted by 0.5M K₂SO₄ before and after chloroform fumigation. *Soil Biology and Biochemistry*, 24: 569–578.
- Bertocchi, C., Navarini, L., Cesàro, A. and Anastasio, M. 1990. Polysaccharides from cyanobacteria. *Carbohydrate Polymers* 12: 127-153.
- Bhattarai, T. and Hess, D. 1993. Yield responses of Nepalese spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to inoculation with *Azospirillum* spp. of Nepalese origin. *Plant and Soil*, 151: 67–76.
- Blumbald, E., Mehlhorn, R.J. and Packer, L. 1983. Studies of osmoregulation in salt adaptation of cyanobacteria with ESR spinprobe techniques. *Proceedings of National Academy of Science of USA* 80 2599-2602.
- Blumwald, E. and Tel-Or, E. 1984. Salt Adaptation of the *Cyanobacterium synechococcus* Growing in a continuous Culture (Turbidostat). *Plant Physiology*, 74 183-185
- Bobade, K.P., Kolte, S.O. and Patil, B.G. 1992. Affectivity of cyanobacterial technology for transplanted rice, *Phykos*, 31: 33–35.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of hydrometer for marking mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-439.
- Bremner, J.M. 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Ed. A.C.A. Black. Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agron. Series, no. 9, Madison, Wisconsin, 400 s., USA.

- Brookes, P.C., Kragt, Powlson, D.S. and Jenkinson D.S. 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: The effects of fumigation time and temperature. *Soil Biology and Biochemistry*, 17(6): 831–835.
- Brookes, P.C., Powlson, D.S. and Jenkinson, D.S. 1982. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 14: 319-329.
- Caire, G., de Cano, M.S., de Mule, M.C.Z., Palma, R.M. and Colombo, K. 1997. Exopolysaccharides of *Nostoc muscorum* (Cyanobacteria) in the aggregation of soil particles. *The Journal of Applied Phycology*., 9: 249-253.
- Caire, G.Z.D., De Cano, M.S., Palma, R.M. and De Mulé, C.Z. 2000. Changes in soil enzyme activities following additions of cyanobacterial biomass and exopolyssacharide. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 1985–1987
- Cameron, K.C. and Haynes, R.J. 1986. Retention and movements of nitrogen in soils, in: *Mineral nitrogen in the plant/soil system*, edited by: Haynes, R. J., Academic Press, New York, 166–241, 1986.
- Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1961. *Methods of analysis for soils, plants and waters*. Univ. Calif., Div. Agric. Sci., Riverside, CA
- Chen, G.C., He, Z.L., Zhu, J. and Wilson, M.J. 1997. Fumigation-extraction method for the measurement of microbial biomass-N in red soils. *Pedosphere* 7, 87-91.
- Chen, G.S., Yang, Y.S., Xie, J.S., Li, L. and Gao, R. 2004. Soil biological changes for a natural forest and two plantation in subtropical China. *Pedosphere* 14, 297-304
- Cheshire, M. V. 1979. *Nature and origin of carbohydrates in soils*: Academic Press.
- Choudhary, K.K, Singh, S.S. and Mishra, A.K. 2007. Nitrogen fixing cyanobacteria and their potential applications. In: Gupta R.K. and Pandey V.D. (eds) *Advances in Applied Phycology*. Daya Publishing House, New Delhi, pp 142–154.
- Cole C.V., Elliott E.T., Hunt H.W. and Coleman, D.C. 1978. Trophic interactions in soils as they affect energy and nutrient dynamics. V. Phosphorus transformations. *Microbial Ecology*, 4, 381-387.

- Cole C.V., Innis, G.S. and Stewart, J. W. B. 1977. Simulation of phosphorus cycling in semi-arid grasslands. *Ecology*, 58, 1-15.
- Cosgrove, D.J. 1977. Microbial transformations in the phosphorus cycle. In *Advances in Microbial Ecology* (M. Alexander, Ed.) Vol. 1, pp. 95-135. Plenum Press, New York.
- Dalal, R.C. 1998. Soil microbial biomass-what do the number really mean. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38, 645-665
- Devi, B. and Yadava, B.S. 2006. Seasonal dynamics in soil microbial biomass C, N and P in a mixed vak forest ecosystem of Manipur, northeast India. *Applied Soil Ecology* 31, 270-277.
- Dick, R.P. 1997. Enzyme activities as integrative indicators of soil health. In: Pankhurst CE (Ed) *Bioindicators of Soil Health*, CAB International, Oxon, UK, pp. 121-156
- Elayarajan, M. 2002. Land application of treated paper board mill effluent on soil-water-plant ecosystem (Soil Science). Coimbatore, TNAU, Ph.D. Thesis
- El-Ayouty, Y.M., Ghazal, F.M., Wafaa, T.E. and Hanaa, A.Z. 2012. Effect of cyanobacteria inoculation associated with different nitrogen levels on some sandy and calcareous soils properties and wheat productivity. *Natural Science*, 10 (12): 233-240.
- El-Sharkawi and Haytham, M. 2012. Effect of nitrogen sources on microbial biomass nitrogen under different soil types. *ISRN Soil Science* 2012.
- Erman M., Demir, S., Ocak, E., Tüfenkçi, Ş., Oğuz, F. and Akköprü, A. 2011. Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions 1—Yield, yield components, nodulation and AMF colonization. *Field Crops Research*, 122; 14–24.

- Ernst, A., Black, T., Cai, Y., Panoff, J.M., Tiwari, D.N. and Wolk, C.P. 1992. Synthesis of nitrogenase in mutants of the cyanobacterium *Anabaena* sp. PCC 7120 affected in heterocyst development. *Journal of Bacteriology*, 174: 6025–6032.
- Esitken, A., Yildiz, H.E., Ercisli, S., Donmez, M. F., Turan, M. and Gunes, A. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. *Scientia Horticulturae*, 124, 62–66.
- Gantar, M., Kerby, N.W., Rowell, P., Obreht, Z. and Scrimgeour, C. 1995. Colonization of wheat (*Triticum vulgare* L.) by N₂-fixing cyanobacteria: IV. Dark nitrogenase activity and effects of cyanobacteria on natural ¹⁵N abundance in the plants. *New Phytologist*, 337-343.
- Ghoshal, N. and Singh, K.P. 1995. Effect of farmyard manure and chemical fertilizer on net production, yield, and root necromass in a dryland rice±lentil agroecosystem. *Tropical Agriculture*, 72, 225-230.
- Grzesik, M. and Romanowska-Duda, Z. 2015. Ability of Cyanobacteria and green algae to improve metabolic activity and development of willow plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24.
- Gunapala, N. and Scow, K.M. 1998. Dynamics of soil microbial biomass and activity in conventional and organic farming systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 30, 805–816.
- Halm, B.J., Stewart, J.W.B. and Halstead, R.L. 1972. The phosphorus cycling in a natural grassland ecosystem. In *Isotopes and Radiation in Soil Plant Relationships including Forestry*, pp. 571-586. IAEA, Vienna
- Han, W., Xu, J., Wei, K., Shi, R. and Ma, L. 2013. Soil carbon sequestration, plant nutrients and biological activities affected by organic farming system in tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) fields. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59: 727-739.

- Haroun, A.S. and Hussein, M.H. 2003. The promotive effect of algal biofertilizers on growth, protein pattern and some metabolic activities of *Lupinus terms* plant grown in siliceous soil. *Asian Journal of plant and Sciences*, 2(13), 944-951.
- Hashem, M.A. 2001. Role of blue-green algal inoculum for improving soil fertility and reclaiming salinity of soil. Research report. BARC Dhaka, Bangladesh, p 2.
- He, Z.L., Yao, H., Chen, G., Zhu, J. and Huang, C.Y. 1997. Relationship of crop yield to microbial biomass in highly weathered soils of China. In: Ando T (Eds) *Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment*, Kluwer Academic Publishers, Tokyo, Japan, pp 745-746
- Healy, F.P. 1973. Characteristics of phosphorus deficiency in *Anabaena*. *Journal of Phycology*, 9: 383-394.
- Hegazi, A.Z., Mostafa, S.S.M. and Ahmed, H.M.I. 2010. Influence of different cyanobacterial application methods on growth and seed production of common bean under various levels of mineral nitrogen fertilization. *Nature and Science*, 8: 183-194.
- Hegde, D.M., Dwivedi, B.S. and Babu, S.N.S. 1999. Bio-fertilizers for cereal production in India- A review. *Indian Journal of Agriculture Science*, 69 73–83
- Henrot, J. and Robertson, G.P. 1994. Vegetation removal in two soils of the humid tropics: Effect on microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 26:111-116.
- Higa, T. 1994. "Effective microorganisms: a new dimension for nature farming," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Kyusei Nature Farming*, J. F. Parr, S. B. Hornick, and M. E. Simpson, Eds., pp. 20–22, U.S. Department of Agriculture, 1994.
- Higa, T. 1995. "Effective microorganisms: their role in Kyusei Nature Farming and sustainable agriculture," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Kyusei Nature Farming*, J. F. Parr, S. B. Hornick, and M. E. Simpson, Eds., U.S. Department of Agriculture, 1995.

- Higa, T. and Wididana, G.N. 1991. "Changes in the soil microflora Induced by effective microorganisms," in *Proceedings of the 1st International Conference on Kyusei Nature Farming*, J. F. Parr, S. B. Hornick, and C. E. Whitman, Eds., pp. 153–162, U.S. Department of Agriculture, 1991.
- Hong, D.D., Hien, H.M. and Son, P.N. 2007. Seaweeds from Vietnam used for functional food, medicine and biofertilizer. *Journal of Applied Phycology*, 19: 817-826.
- Hu, C., Zhang, D., Huang, Z. and Liu, Y. 2003. The vertical micro distribution of cyanobacteria and green algae within desert crusts and the development of the algal crusts. *Plant and Soil*, 257:97–111.
- Hussain, A. and Hasnain, S. 2010. Phytostimulation and biofertilization in wheat by cyanobacteria. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 38: 85-92.
- Irisarri, P., Gonnet, S. and Monza, J. 2001. Cyanobacteria in Uruguayan rice fields: Diversity, nitrogen fixing ability and tolerance to herbicides and combined nitrogen. *Journal of Biotechnology*, 91: 95–103.
- Jackson, M.L 1962. *Soil chemical analysis constable*, London
- Jeffries, D.L., Klopatek, J. M., Link, S. O. and Bolton Jr., H. 1992. Acetylene reduction by cryptogamic crusts from a blackbrush community as related to resaturation and dehydration. *Soil Biology and Biochemistry*, 24, 1101–1105.
- Jha, M.N., Prasad, A.N. and Misra, S.K. 2004. Influence of source of organics and soil organic matter content on cyanobacterial nitrogen fixation and distributional pattern under different water regimes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 20: 673-677.
- Joergensen, R.G. and Brookes, P.C. 1990. Ninhydrin reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0.5 M K₂SO₄ soil extracts. *Soil Biology and Biochemistry*, 22, 1023 -1027.

- Kacar, B. 1996. Plant and Soil Chemical Analysis, III. Soil Analysis (In Turkish). Ankara University, Faculty of Agriculture, Education, Research and Development Foundation Publications, No: 3, Ankara, Turkey, 705 p.
- Kacar, Y., Akpinar, C., Agar, A., Yalcin–Mendi, Y., Serce, S. and Ortas, I. 2010. The effect of mycorrhiza in nutrient uptake and biomass of cherry rootstocks during acclimatization. *Biotechnology Letters*, 15(3), 246–252.
- Kalembasa, S.J. and Jenkinson, D.S. 1973. A comparative study of titrimetric and gravimetric methods for the determination of organic carbon in soil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24(9):1085-1090.
- Kannaiyan, S., Kumar, K. and Pandiyarajan, P. 1992. The use of saline tolerance cyanobacteria for salt affected lands. In: *Proceedings of the international symposium on strategies for utilizing salt affected lands*. Bangkok, Thailand, pp 394–404.
- Karthikeyan, N. 2006. Characterization of cyanobacteria from the rhizosphere of wheat. M.Sc. Dissertation. Division of Microbiology, Postgraduate School, Indian Agriculture Research Institute, New Delhi.
- Karthikeyan, N., Prasanna, R., Nain, L. and Kaushik, B.D. 2007. Evaluating the potential of plant growth promoting cyanobacteria as inoculants for wheat. *European Journal of Soil Biology*, 43: 23-30.
- Kaushik, B.D. 1987. *Laboratory Methods for BlueGreen Algae*. Associated Publishing Company, New Delhi.
- Kaushik, B.D. and Subhashini, D. 1985. Amelioration of salt affected soils with blue green algae II. Improvement in soil properties. *Proc Indian Nat Sci Acad* B51:386–389.
- Kaushik, B.D. 2004. Use of blue-green algae and *Azolla* biofertilizers in rice cultivation and their influence on soil properties. pp 166-184 in P. C. Jain (ed.), *Microbiology and Biotechnology for Sustainable Development*. CBS Publishers & Distributors, New Delhi, India

- Kaushik, B.D. 1985. Effect of native algal flora on nutritional and physico-chemical properties of sodic soil. *Acta Botanica Indica*, 13: 143-147.
- Kaushik, B.D. 2014. Developments in cyanobacterial biofertilizer. *Algal Biology and Biotechnology*, IK International Publish. House Pvt. Ltd., New Delhi: 97-108.
- Kemper, W.D. 1965. Aggregate stability. In: *Methods of soil Analysis part 2* (ed. C . A. Black). Society of Agronomy, Madison. Pp 511-519.
- Kozdro, J., Trevors, J.T. and Van-Elsaa, J.D. 2004. Influence of introduced Potential biocontrol agents on maize seedling growth and bacterial community structure in the rhizosphere. *Soil Boilogy and Biochemistry*, 36: 1775-1784.
- Köse, C., Güleriyüz, M., Şahin, F. and Demirtaş, I. 2005. Effects of Some Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Graft Union of Grapevine, *Journal of Sustainable Agriculture*, 26:2, 139-147
- Lal, R. 2008. Soils and sustainable agriculture. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 57–64.
- Lange, O.L., Meyer, A., Zellner, H. and Heber, U. 1994. Photosynthesis and water relations of lichen soil crusts: field measurements in the coastal fog zone of the Namib Desert. *Functional Ecology*, 8, 253–264.
- Lin, X., Zhou, W., Zhu, D., Chen, H. and Zhang, Y. 2006. Nitrogen accumulation, remobilization and partitioning in rice (*Oryza sativa* L.) under an improved irrigation practice. *Field Crops Research*, 96, 448–454.
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S.H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S. and Fan, T. 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma*, 158:173–180.
- Liu, M.Q., Hu, F., He, Y.Q. and Li, H.X. 2003. Seasonal dynamics of soil microbial and its microbial biomass and its significance to indicate soil quality under different vegetations restored on degraded red soils. *Acta Pedo. Sinica*. 40:937–944.

- Lovell, R.D., Jarvis, S.C. and Bardgett, R.S. 1995. Soil microbial biomass and activity in long-term grassland: effects of management changes. *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 969–975.
- Lynch, J.M. and Bragg, E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science*, 2 : 133-161.
- Mackay, M.A., Norton, R.S. and Borowitzka, L.J. 1983. Marine blue-green algae have a unique osmoregulatory system. *Marine Biology*, 73: 301-307.
- Mahmoud, A., Mostafa, S.S., Abd El-All, A. and Hegazi, A. 2007. Effect of cyanobacterial inoculation in presence of organic and inorganic amendments on carrot yield and sandy soil properties under drip irrigation regime. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 22 (12B), 716-733.
- Maqubela, M.P., Mnkeni, P.N.S., Issa, M.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: 79-92.
- Mazhar, S. and Hasnain, S. 2011. Screening of native plant growth promoting cyanobacteria and their impact on *Triticum aestivum* var. Uqab 2000 growth. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (17), 3988-3993.
- McCarty, G.W. and Meisinger, J.J. 1997. Effects of N fertilizer on biologically active N pools in soils under plow and no tillage. *Biology and Fertility of Soils*, 24, 406 - 412.
- Mikanová, O., Šimon, T., Kopecký, J., Ságová-Marečková, M. 2015. Soil biological characteristics and microbial community structure in a field experiment. *Open Life Sciences*, 10 (1).
- Miller, D.M., Jones, J.H., Yopp, J.H., Tindall, D.R. and Schmid, W.E. 1976. Ion metabolism in a halophilic blue-green alga, *Aphanothece halophytica*. *Archives of Microbiology*, 111 (1-2), 145-149.

- Moore, J.M., Klose, S. and Tabatabai, M.A. 2000. Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems. *Biology and Fertility of Soils*, 31:200–210.
- Moore, S. and Stein, W.H. 1948. Photometric ninhydrin method for use in the chromatography of amino acids. *Journal of Biological Chemistry* 176, 367-388.
- Mostafa, S.S. 2012. Microalgal biotechnology: prospects and applications. INTECH Open Access Publisher, pp 275
- Mukherjee, C., Chowdhury, R. and Krishna, R. 2015. Phosphorus Recycling from an Unexplored Source by Polyphosphate Accumulating Microalgae and Cyanobacteria—A Step to Phosphorus Security in Agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 6.
- Nanjappa, I.I.P., Ramachandrappa, B.K. and Mallikarjuna, B.O. 2001. Effect of integrated nutrient management on yield and nutrient balance in maize. *Indian Journal of Agronomy*, 46(4): 668-701.
- Nayak, S. and Prasanna, R. 2007. Soil pH and its role in cyanobacterial abundance and diversity in rice field soils. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5: 103-113.
- Nekrasova, K.A. and Aleksandrova, I.V. 1982. Participation of Collembolas and earthworms in the transformation of algal organic matter. *Soviet Soil Science*, 31-39.
- Nilsson, M., Rasmussen, U. and Bergman, B. 2005. Competition among symbiotic cyanobacterial Nostoc strains forming artificial associations with rice (*Oryza sativa*). *FEMS Microbiology Letters*, 245: 139-144.
- 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, 49–56.

- Obana, S., Miyamoto, K., Morita, S., Ohmori, M. and Inubushi, K. 2007. Effect of *Nostoc* sp. on soil characteristics, plant growth and nutrient uptake. *The Journal of Applied Phycology*, 19: 641-646.
- Obreht, Z., Kerby, N.W., Gantar, M. and Rowell, P. 1993. Effects of root-associated N₂-fixing cyanobacteria on the growth and nitrogen content of wheat (*Triticum vulgare* L.) seedlings. *Biology and fertility of soils*, 15: 68-72.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *Circulation*. Washington (DC): US Department of Agriculture Press.
- Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M. and Sahin, F. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Scientia Horticulturae*, 111, 38–43.
- Ozturk, A., Caglar, O. and Sahin, F. 2003. Yield response of wheat and Barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilizers *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 166, 262-266.
- Pandey, K.D., Shukla, P.N., Giri, D.D. and Kashyap, A.K. 2005. Cyanobacteria in alkaline soil and the effect of cyanobacteria inoculation with pyrite amendments on their reclamation. *Biology and Fertility of Soils*, 41:451–457.
- Pankhurst, C.E, Hawke, B.G., McDonald, H.J., Kirkby, C.A., Buckerfield, J.C., Michelsen, P., O'Brien, K.A., Gupta, V.V.S.R. and Doube, B.M. 1995. Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 35:1015–1028.
- Piccolo, A., Pietramellara, G., Mbagwu, J.S.C., 1997. Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability. *Geoderma* 75, (3–4), 267-277.
- Powlson, D.S. and Jenkinson, D.S. 1976. The effects of biocidal treatment on metabolism in soil. II. Gamma irradiation, autoclaving, airdrying and fumigation. *Soil Biology & Biochemistry*, 8:179-188.

- Prabu, P.C. and Udayasoorian, C. 2007. Native cyanobacteria *Westiellopsis* (TL-2) sp for reclaiming paper mill effluent polluted saline sodic soil habitat of India. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 6(2):1775–1786
- Prasanna, R., Jaiswal, P., Shrikrishna, D.J., Joshi, M., Nain, L., Rana, A. and Shivay, Y.S. 2012. Evaluating the potential of rhizo-cyanobacteria as inoculants for rice and wheat. *Journal of Agricultural Technology*, 8: 157-171.
- Prasanna, R., Nain, L., Ancha, R., Srikrishna, J., Joshi, M. and Kaushik, B.D. 2009. Rhizosphere dynamics of inoculated cyanobacteria and their growth-promoting role in rice crop. *Egyptian Journal of Biology*, 11.
- Rana, A., Kabi, S.R., Verma, S., Adak, A., Pal, M., Shivay, Y.S., Prasanna, R. and Nain, L. 2015. Prospecting plant growth promoting bacteria and cyanobacteria as options for enrichment of macro-and micronutrients in grains in rice–wheat cropping sequence. *Cogent Food & Agriculture*, 1: 1037379.
- Rao, D.L.N. and Burns, R.G. 1990. The effect of surface growth of blue-green algae and bryophytes on some microbiological, biochemical and physical soil properties. *Biology and Fertility of Soils*, 9: 239-244.
- Reed, R.H., Chudek, J.A., Foster, R. and Stewart, W.D.P. 1984. Osmotic adjustments in cyanobacteria from hypersaline environments. *Archives of Microbiology*, 138:333–337.
- Reed, R.H. and Stewart, W.D.P. 1985. Evidence for turgor sensitive K⁺ influx in cyanobacteria *Anabaena variabilis* ATCC 29413 and *Synechocystis* PCC 6714. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 812:155–162
- Ren, T.Z. and Stefano, G. 2000. Soil bio-indicators in sustainable agriculture. *Scientific Agricultural Sinica*, 33, 68–75.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvment of saline and alkali soils. U.S. Dept. Agr. Handbook 60.

- Robinson, C.A., Cruse, R.M. and Ghaffarzadeh, M. 1996. Cropping system and nitrogen effects on Mollisol organic carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 264-269.
- Rodríguez, H., Fraga, R., González, T., Bashan, Y. 2006. Genetics of phosphate solubilization and its potencial applications for improving plant growth-promoting bacteria. *Plant and Soil*, 287, 15-21.
- Roger, P.A. and Reynaud, P.A. 1982. *Free-living Blue-green Algae in Tropical Soils*. Martinus Nijhoff Publisher, La Hague.
- Roger, P.A. and Reynaud, P.A. 1979. Ecology of blue-green algae in paddy field. s. In: *Nitrogen and rice*, pp. 289-309. International Rice Research Institute, Los Banos.
- Roger, P.A., Grant, I.F., Reddy, P.M. and Watanabe, I. 1987. The photosynthetic aquatic biomass in wetland rice fields and its effect on nitrogen dynamics. *Efficiency of Nitrogen Fertilizers for Rice*, 43-68.
- Rogers, S.L., Cook, K.A. and Burns, R.G. 1991. *Advances in Soil Organic Matter Research; the Impact on Agriculture and the Environment*, Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp 175-184.
- Rogers, S.L. and Burns, R.G. 1994. Changes in aggregate stability, nutrient status, indigenous microbial populations, and seedling emergence, following inoculation of soil with *Nostoc muscorum*. *Biology and Fertility of Soils*, 18: 209-215.
- Romanowska-Duda, Z., Wolska, A. and Małacka, A. 2004. Influence of blue-green algae as nitrogen fertilizer supplier in regulation of water status in grapevines under stress conditions. *COST 858: Water Transport and Aquaporins in Grapevines*, October 20-23, Alcudia, Spain. 7, 2004.
- Rowell, D.L. 1994. *Soil Science. Methods and Applications*. Longman scientific & Technical, UK.

- Roychoudhury, P., Kaushik, B.D., Krishnamurthy, G.S.R. and Venkataraman, G.S. 1979. Effect of blue-green algae and azolla application on the aggregation status of the soil. *Current Science*.
- Saadatnia, H. and Riahi, H. 2009. Cyanobacteria from paddy fields in Iran as a biofertilizer in rice plants. *Plant and Soil and Environment*, 55(5): 207.
- Sağlam, M.T. 2001. Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları No: 189, Yardımcı Ders Kitabı No:5, 154s., Tekirdağ.
- Sahu, D., Priyadarshani, I. and Rath, B. 2012. Cyanobacteria-as potential biofertilizer. *CIBTech Journal of Microbiology*, 1: 20-26.
- Salantur, A., Ozturk, A., Akten, S., Sahin, F. And Donmez, F. 2005. Effect of inoculation with non-indigenous and indigenous rhizobacteria of Erzurum (Turkey) origin on growth and yield of spring barley. *Plant and Soil*, 275:147–156
- Saleque, M.A., Abedin, M.J., Bhuiyan, N.I., Zaman, S.K. and Panaullah, G.M. 2004. Long-term effects of inorganic and organic fertilizer sources on yield and nutrient accumulation of lowland rice. *Field Crops Research*, 86: 53–65.
- Savci, S. 2012. An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3:77-80.
- Schlöter, M., Dilly, O. and Munch, J.C. 2003. Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 98: 255–262.
- Schulten, J.A. 1985. Soil aggregation by cryptogams of a sand prairie. *American Journal of Botany*, 1657-1661.
- Shariatmadari, Z., Riahi, H., Hashtroudi, M.S., Ghassempour, A.R. and Aghashariatmadary, Z. 2013. Plant growth promoting cyanobacteria and their distribution in terrestrial habitats of Iran. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59: 535-547.

- Sholkamy, E.N., El-Komy, H., Al-Arfaj, A.A., Abdel-Megeed, A. and Mostafa, A.A. 2012. Potential role of *Nostoc muscorum* and *Nostoc rivulare* as biofertilizers for the enhancement of maize growth under different doses of N-fertilizer. *African Journal of Microbiology Research*, 6(48): 7435-7448.
- Šimon, T. 2007. Characterization of soil organic matter in long-term fallow experiment with respect to the soil hydrophobicity and wettability. *Soil and Water Research*, 2: 96–103.
- Singh, N.K. and Dhar, D.W. 2007. Nitrogen and phosphorous scavenging potential in microalgae. *Indian Journal of Biotechnology*, 6:52–56.
- Singh, N.K. and Dhar, D.W. 2010. Cyanobacterial reclamation of salt-affected soil. In E Lichtfouse, Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming, Ed 1 Vol 4. Springer, Dijon, pp 245-249
- Singh, R.N. 1950. Reclamation of “Usar” lands in India through blue-green algae. *Nature*, 165:325–326.
- Singh, R.N. 1961. Role of blue-green algae in nitrogen economy of Indian agriculture. *Indian Council of Agricultural Research*, New Delhi, p 175
- Singh, G., Kumar, D., Sharma, P. and Krakauer, N. 2015. Effect of organics, biofertilizers and crop residue application on soil microbial activity in rice–wheat and rice-wheat mungbean cropping systems in the Indo-Gangetic plains. *Cogent Geoscience* 1: 1085296.
- Singh, J.S., Pandey, V.C., Singh, D.P. and Singh, R.P. 2010. Influence of pyrite and farmyard manure on population dynamics of soil methanotroph and rice yield in saline rain-fed paddy field. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139: 74–79.
- Singh, R.P., Singh, P., Arouja, A.S.F., Ibrahim, M.H. and Sulaiman, O. 2011. Management of urban solid waste: vermicomposting a sustainable option. *Resources, Conservation and Recycling*, 55, 719–729.

- Soylu, S. 2011. Marul (*Lactuca sativa* L.) Bitkisinde Beyaz Çürüklük Hastalığına (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) Karşı Kök Bakterilerinin Kullanım Olanakları. *Alatarım*, 10 (2): 85-93
- Spiller, H. and Gunasekaran, M. 1990. Ammonia-excreting mutant strain of the cyanobacterium *Anabaena variabilis* supports growth of wheat. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 33: 477-480.
- Srivastava, A.K. and Ngunjiri, E. 2009. Integrated nutrient management: Theory and practice. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 3: 1-30.
- Subhashini, D. and Kaushik, B.D. 1984. Amelioration of salt affected soils with blue green algae. I. Influence of algalization on the properties of saline-alkali soils. *Phykos*, 23:273-277
- Şahin, F., Çakmakçı, R. and Kantar, F. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil*, 265: 123-129.
- Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J.L. and Hernandez, M.T. 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 1413-1421.
- Teuscher, E., Lindequist, U. and Mundt, S. 1992. Cyanobakterien, Quellen biogener Wirkstoffe. *Journal of Pharm Ztg. Wiss.* 137, 57-69.
- Thajuddin, N. and Subramanian, G. 2005. Cyanobacterial Biodiversity and potential application in Biotechnology. *Current Science*, 89(1): 47-57.
- Thomas, J. and Apte, S.K. 1984. Sodium requirement and metabolism in nitrogen-fixing cyanobacteria. *Journal of Bioscience*, 6: 771-794.
- Turan, M., Güllüce, M., Çakmak, R. and Şahin, F. 2013. Effect of plant growth promoting rhizobacteria strain on freezing injury and antioxidant enzyme activity of wheat and barley. *Journal of Plant Nutrition*, 36:5, 731-748

- Turkmen O., Sensoy, S., Demir, S. and Erdinc, C. 2008. Effects of two different AMF species on growth and nutrient content of pepper seedlings grown under moderate salt stress. *African Journal of Biotechnology*, 7 (4), pp. 392-396,
- Tüzüner, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Vance, E.D., Brookes, P.S., Jenkinson, D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19: 703–707.
- Verma, K.S. and Abrol, I.P. 1980. Effects of gypsum and pyrites on soil properties in a highly sodic soil. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 50: 844–51.
- Wafaa, M.T., Ghazal, F.M., Mahmoud, A.A. and Gehan, H.Y. 2013. Responses of Wheat–Rice Cropping System to Cyanobacteria Inoculation and Different Soil Conditioners Sources under Saline Soil. *Nature and Science*, 11(10):118-129.
- Whitton, B.A., Grainger, S.L.J., Hawley, G.R.W. and Simon, J.W. 1991. Cell-bound and extracellular phosphatase activities of the cyanobacterial isolates. *Microbial Ecology*, 21(1): 85-98.
- Wilson, J.T., Eskew, D.L. and Hmte, M. 1980. Recovery of nitrogen by rice from blue-green algae added in a flooded soil. *Soil Science Society of America Journal*, 44:1330-1331.
- Wilson, L.T. 2006. Cyanobacteria: A Potential Nitrogen Source in Rice Fields. *Texas Rice* 6: 9–10.
- Wood, E. 2001. Global advances in conservation and management of marine ornamental resources. *Aquarium Sciences and Conservation*, 3: 65-77.
- Zulpa, G., Zaccaro, M.C., Boccazzi, F., Parada, J.L. and Storni, M. 2003. Bioactivity of intra and extracellular substances from cyanobacteria and lactic acid bacteria on “wood blue stain” fungi. *Biological Control*, 27: 345–348.

EK 1 İstatistik çizelgeler ANOVA

Yarayışlı azotu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	1589.23	122.248	11.6	0.0000
Hata	42	443.45	10.558		
Toplam	55	2032.68			
CV (%)	10.61				

Organik karbonu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	0.55830	0.04295	1.12	0.3704
Hata	42	1.61115	0.03836		
Toplam	55	2.16946			
CV (%)	15.97				

Organik maddesi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	1.65965	0.12767	1.12	0.3704
Hata	42	4.78936	0.11403		
Toplam	55	6.44901			
CV (%)	15.97				

Toplam azotu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	0.01562	0.00120	2.65	0.0084
Hata	42	0.01902	0.00045		
Toplam	55	0.03464			
CV (%)	14.65				

Toprak pH

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	2.44445	0.18803	2.81	0.0057
Hata	42	2.81252	0.06696		
Toplam	55	5.25696			
CV (%)	3.33				

Agregat stabilitesi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	1663.14	127.934	3.83	0.0005
Hata	42	1403.48	33.416		
Toplam	55	3066.62			
CV (%)	14.83				

Yarayışlı fosforu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	348.35	26.7960	1.40	0.1993
Hata	42	803.21	19.1240		
Toplam	55	1151.56			
CV (%)	7.87				

Toprak EC

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	214559	16504.6	4.12	0.0002
Hata	42	168359	4008.5		
Toplam	55	382918			
CV (%)	12.83				

Kireç kapsamı

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	1.47214	0.11324	1.36	0.2178
Hata	42	3.49000	0.08310		
Toplam	55	4.96214			
CV (%)	8.16				

Mikrobiyal biyokütle karbonu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	1837231	141325	58.5	0.0000
Hata	42	101383	2414		
Toplam	55	1938614			
CV (%)	12.61				

Mikrobiyal biyokütle azotu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	1163.50	89.5002	26.8	0.0000
Hata	42	140.49	3.3450		
Toplam	55	1303.99			
CV (%)	16.12				

Mikrobiyal biyokütle fosforu

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Degeri	Önem Düzeyi (P)
Uygulama	13	117150	9011.56	25.2	0.0000
Hata	42	15005	357.27		
Toplam	55	132156			
CV (%)	16.56				

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ahmad MAHMOOD

Doğum Yeri : Pakistan

Doğum Tarihi : 28/03/1987

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili :İngilizce, Urduca, Pencapça

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Pakistan İzciler Asker Kolej Batrasi, Mansehra, Pakistan (2006).

Lisans : PMAS- Kurak Tarım Üniversitesi, Tarla Fakültesi ve Gıda Bilimleri, Tarla Bitkileri (2012)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilimdalı (Eylül 2014 – Mayıs 2016)