

Effect of *Microcystis viridis* and *Aphanizomenon gracile* Mixture on Maize (*Zea mays* L.) and Lentil (*Lens culinaris* Medik) Growth

Göksal SEZEN*, Çiğdem KÜÇÜK

Harran University Faculty of Arts and Sciences Department of Biology Şanlıurfa, TÜRKİYE

ORCID ID: Göksal SEZEN: <https://orcid.org/0000-0001-9054-851X>; Çiğdem KÜÇÜK: <https://orcid.org/0000-0001-5688-5440>

Received: 27.11.2023

Accepted: 19.12.2023

Published online: 21.12.2023

Issue published: 31.12.2023

Abstract: In this study, the effects of different doses of the mixed culture of *Microcystis viridis* and *Aphanizomenon gracile*, which are found intensively in some Şanlıurfa reservoirs, on maize (*Zea mays* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik) growth were investigated. The doses prepared from the cyanobacteria mixture were applied to the soils by spraying. In terms of root length, 2% dose in lentil and 1% dose in maize were 92% and 60% more effective respectively. The 2% application dose of the cyanobacteria mixture was 70% and 42% more effective respectively than the control in terms of plant height of both plants. In terms of green parts weights, 2% dose was found to be 164% and 30% more effective than the control in both maize and lentil. In root dry weight of maize and lentil, 2% dose was 680% and 139% more effective than the control in both plants.

Keywords: Microalgae, Cyanobacteria, grain plant, legume plant, plant growth, biofertilizer.

Mısır (*Zea mays* L.) ve Mercimek (*Lens culinaris* Medik) Gelişimi Üzerine *Microcystis viridis* ve *Aphanizomenon gracile* Karışımının Etkisi

Öz: Bu çalışmada Mısır (*Zea mays* L.) ve mercimek (*Lens culinaris* Medik) gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla, Bazı Şanlıurfa baraj göllerinde yoğun olarak bulunan *Microcystis viridis* ve *Aphanizomenon gracile* 'in karışık kültürünün farklı dozlarının etkisi araştırılmıştır. Siyanobakteri karışımından hazırlanan dozlar, topraklara püskürtülerek uygulanmıştır. Kök uzunluğu bakımından mercimekte % 2'lik doz ve mısırdaki % 1 uygulama dozu sırasıyla %92 ve %60 daha etkili bulunmuştur. Siyanobakteri karışımının % 2'lik uygulama dozu bitki boyu artışında kontrole göre % 70 ve %42 daha etkili görülmüştür. Yeşil aksam ağırlıkları bakımından, % 2'lik doz uygulanan mısır ve mercimek, kontrole göre %164 ve %30 daha etkili bulunmuştur. Kök kuru ağırlığında ise % 2'lik uygulama dozu her iki bitkinin kontrole göre % 680 ve % 139 daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Mikroalgler, Siyanobakteriler, tahıl bitkileri, baklagil bitkileri, bitki büyümesi, biyogübre.

1. Giriş

Dünya nüfusu yıldan yıla sürekli artmaktadır. Bu durum tarım sektöründe baskı oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler için ekonomi büyük ölçüde tarıma dayanmaktadır. Halkın gıda ihtiyacının karşılanmasında daha fazla ürün elde etmek amacıyla; yoğun toprak işleme ve aşırı sulama yapılmakta, gereğinden fazla kimyasalların kullanımı artmaktadır (Pathak et al., 2018). Bu durum çevre ve sağlık sorunlarına, tarımsal üretim maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Bu sorunu çözmek için mikroorganizmaların kullanılması, toprak verimliliğini doğrudan ve dolaylı olarak artıran kimyasal gübrelerle karşı ekonomik olarak çekici ve çevre dostu bir alternatif olarak karşımıza çıkmıştır (Singh et al., 2016). Biyogübreler çevre açısından güvenli, uygun maliyetli, tarım alanlarında kolay uygulanabilme özellikleri ile üretimi yapılan mahsullerin abiyotik stres koşulları altında bile makro ve mikro besin ihtiyaçlarını karşılayarak büyüme ve verim performanslarını arttırmaktadırlar (Pathak et al., 2018; Mahmud et al., 2021).

Besin maddelerinin çözünürlüğü ve hareketliliğini de kolaylaştıran biyogübreler, toprakların fizikokimyasal koşullarının iyileştirilmesi, amino asitler gibi daha basit organik moleküllerin doğrudan alım için mineralizasyonu, bitki büyümesini teşvik edici nitelikleri ve biyolojik kontrol ajanı olarak bitki büyümesinin

uyarılmasında etkin rol oynamaktadır (Singh et al., 2014).

Biyogübre olarak kullanılan mikroalg, anoksijenik fototroflar ve siyanobakterileri içeren formülasyonlar, ürün verimliliğini arttırmada ve toprak verimliliğinin sürdürülmesindeki katkıları nedeniyle son yıllarda önem kazanmaktadır (Chiaiese et al., 2018; Thilagar et al., 2016). Siyanobakteri ve ökaryotik yeşil alglerin mineralizasyona dahil olması, organik ve inorganik makro ve mikro besin elementlerinin mobilizasyonu, biyoaktif bileşiklerin üretimi (polisakkarit, büyüme hormonları, antimikrobiyal bileşikler vb.) ile bitki gelişimini arttırdıkları, yapılan çeşitli çalışmalarda tespit edilmiş ve bu özellikleri onları biyogübre olarak uygun hale getirmiştir (Gayathri et al., 2015; Prasanna et al., 2016). Siyanobakteriler, potansiyel olarak bir biyogübre olabilir, çünkü fotosentez yoluyla güneş enerjisini kullanarak atmosfer azotunu sabitlemek için eşsiz bir yeteneğe sahiptir. Siyanobakterilerin bitkilerin büyümesini ve verimliliğini arttıran büyüme destekleyici maddeler (gibberelin ve oksin), vitaminler, amino asitler, polipeptitler, antibakteriyel ve antifungal maddeler ürettiği ve bitkilerin bunlardan yararlandığı bildirilmiştir (Singh et al., 2014).

Yemelik tane baklagillerden mercimek üretimi bakımından Türkiye; Kanada ve Hindistan'dan sonra üçüncü sırada gelmektedir (TMO, 2021a). Ülkemizde kırmızı mercimeğin büyük bir kısmı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilmekte olup, özellikle

Diyarbakır, Şanlıurfa, Mardin illerinde kırmızı mercimek üretimi yapılmaktadır (Küzeci et al., 2019). Mısır ise insanlar tarafından tüketildiği gibi hayvan yemi ve endüstri ham maddesi olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde mısır Güneydoğu Anadolu Projesi sonrasında Güneydoğu Anadolu'da özellikle Şanlıurfa'da yetiştirilmeye başlanmıştır. Şanlıurfa'da önemli ekim alanına sahip mısır, ikinci ürün olarak üretilmektedir (Taş, 2021). Mısır 2020/21 sezonu Dünya üretimi %1 artışla 1.134 milyon ton seviyesine yükselmiştir (TMO, 2021a). Türkiye ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2020 yılı mısır üretimi ise sırasıyla 6.500.000 ton ve 1.932.107 ton'dur (TMO, 2021b).

Dünya mercimek üretimi 2020/21 döneminde % 10 artarak 7 milyon ton ve ekim alanı % 5 artarak 6,2 milyon hektar seviyesinde gerçekleşmiştir (TMO, 2021b). 2021/22 sezonunda dünya mercimek ekim alanlarının % 4 artışla 6,4 milyon hektara çıkması, üretimin % 3 artışla 7,3 milyon tona yükselmesi beklenmektedir. Türkiye 2021 yılı mercimek ekiliş alanı ve üretimi ise sırasıyla 285864 hektar ve 263000 ton'dur (TMO, 2022).

Pahalı kimyasal gübrelerin ve tarım ilaçlarının kullanılması ve çevre sorunları her geçen gün endişe yaratmaktadır. Bu nedenle mikroorganizmalardan hazırlanan preparatların kimyasal gübreler yerine kullanılması son yıllarda önem kazanmıştır (Ronga et al., 2019). Bu çalışmada, Şanlıurfa baraj göllerinde aşırı olarak çoğalan mikroalglerin Şanlıurfa tarımında önemli yeri olan mercimek ve mısır gelişimi üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Zirai üretimde çevreyle dost olan mikro ve makro alglerin büyük ölçekli endüstriyel üretiminin yapılabilmesi hem sürdürülebilir hem de organik tarım için büyük önem arz etmektedir. Dünyada alg bazlı ticaret hacmi 2023 yılı için 11.1 milyar \$ civarında iken yıllık olarak %8 artışla 2033 yılında 25.4 milyar \$ olacağı tahmin edilmektedir. Bunun içinde alg bazlı biyogübre üretimi de büyük yekün tutmaktadır ve her yılda artmaktadır (Transparency Market Research 2023; Onay, 2023). Ülkemizde mikroalg bazlı biyogübrelerin üretimi olmakla birlikte, etkileri bitki, iklim ve toprak koşullarına göre de değişiklik göstermektedir. Bu nedenle çalışmamızda; bölgemiz koşullarına uyumlu ve Şanlıurfa baraj göllerinde yoğun olarak bulunan mikroalglerden *Microcystis viridis* ve *Aphanizomenon gracile*'nin karışık kültürünün sera koşullarında biyostimülant olarak farklı dozlarının mercimek ve mısır gelişimi üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Su örneklerinin alınması, mikroalg izolasyonu ve morfolojik tanımlanması

Şanlıurfa baraj göllerinden alınan su örnekleri steril kavanozlar içerisinde, soğuk zincir içerisinde laboratuvar getirilmiştir. Örneklerden 1'er ml; daha önce hazırlanmış BG11, Bristol besiyeri ve BGA besiyerlerine ekilmiş, oda sıcaklığında gözle görülür gelişme oluncaya kadar inkübasyona bırakılmıştır. Yaklaşık 15 günlük inkübasyon sonunda, gelişen siyanobakteri kültürleri sıvı besiyerleri içerisinde düşük titreşimli çalkalayıcıya yerleştirilmiş, kısa süre titreşime bırakılmıştır. Daha sonra kültürler 2000 rpm de 1.5-2 dk santrifüjlenip süpernatant uzaklaştırılmıştır. Tüp içerisindeki kültür,

steril edilmiş distile su ile 2-3 kez yıkandıktan sonra, petri kutularındaki BG11 içeren ortama püskürtme ile aktarılmış ve ışıklı ortamda inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası seçilen siyanobakteriyel formlar, saflaştırılıp sürekli ışık altında oda sıcaklığında saklanmıştır (Pereira et al., 2009). Saf kültürlerden alınan sıvı örnekler mikroskop altında morfolojik analizleri yapılarak tanımlanmıştır.

2.2. Siyanobakteri üretimi, ekstrakt eldesi

Elde edilen saf kültürlerinin üretimi için en iyi gelişme gösteren BG11 besiyeri kullanılmıştır. Kültürler ayrı ayrı besiyeri içeren 500 ml'lik erlenlerde ışık altında oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Herbir kültürden 1'er ml alınan örnekler, ışık mikrobunda thoma lamı kullanılarak sayılmış, ml'deki koloni sayıları dikkate alınan saf kültürler; aynı oranda karıştırılmıştır (Pereira et al., 2009). İnkübasyon süresi sonunda, 15 dk 5000 x g'de santrifüj edilip, santrifüj sonunda süpernatant atılmış, santrifüj tüpünün alt kısmında kalan mikroalg biyokütlesi distile su ile yıkanmıştır (Pereira et al., 2009). Çalışmada; 500 ml distile suda 5 g taze alg materyalini içeren ekstrakt; %1 ekstrakt olarak kullanılmıştır. Benzer şekilde ekstraktların %1.5 ve %2'lik dozları da hazırlanmıştır. *M.viridis* ve *A.gracile*'in morfolojisi ve ölçümleri Komárek ve Komarkova (2006); Komárek ve Anagnostidis (2008); Kociński et al., (2013), Komárek (2013); Cires ve Ballot (2016)'e göre tanımlanmış ve Tablo 1'de verilmiştir.

2.3. Siyanobakteriyel ekstraktların bitki gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi

Elde edilen ekstraktların; mısır ve mercimek gelişimi üzerine etkileri test edilmesi amacıyla; tohumlar %1'lik sodyum hipoklorit (NaOCl)'te 1 dk, daha sonra alkolde (3-5 sn) bekletilmiş ve 5 kez steril distile sudan geçirilerek yüzey sterilizasyonları yapılmıştır (Puglisi et al., 2020). Tohumlar, hazırlanan ekstraktlar içinde 2 saat süre bekletilmiştir. Saksı denemeleri için topraklar; kampüs alanında herhangi bir ekim yapılmamış alandan yüzeyden 0-20 cm derinlikte alınmış, 4 mm'lik elekten elenmiş ve 121 °C'de 15 dk. otoklavda steril edilmiştir. 2 kg'lık saksılar steril edilen topraklar ile doldurulmuş ve tohumlar ekilmiştir. Siyanobakteri ekstraktı yukarıda açıklandığı gibi %1, %1.5 ve %2 oranlarında hazırlanmıştır. Ekstraktlar toprağa püskürtme şeklinde su yerine verilmiştir. Kontrol olarak mikroalg ekstraktları yerine çeşme suyu verilmiştir. Saksı denemeleri tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Bitkiler ekimden 90 gün sonra hasat edilmiştir. Saksı denemesinde kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analizleri GAP Araştırma Enstitüsü'nde yapılmıştır.

2.4. İstatistik analizleri

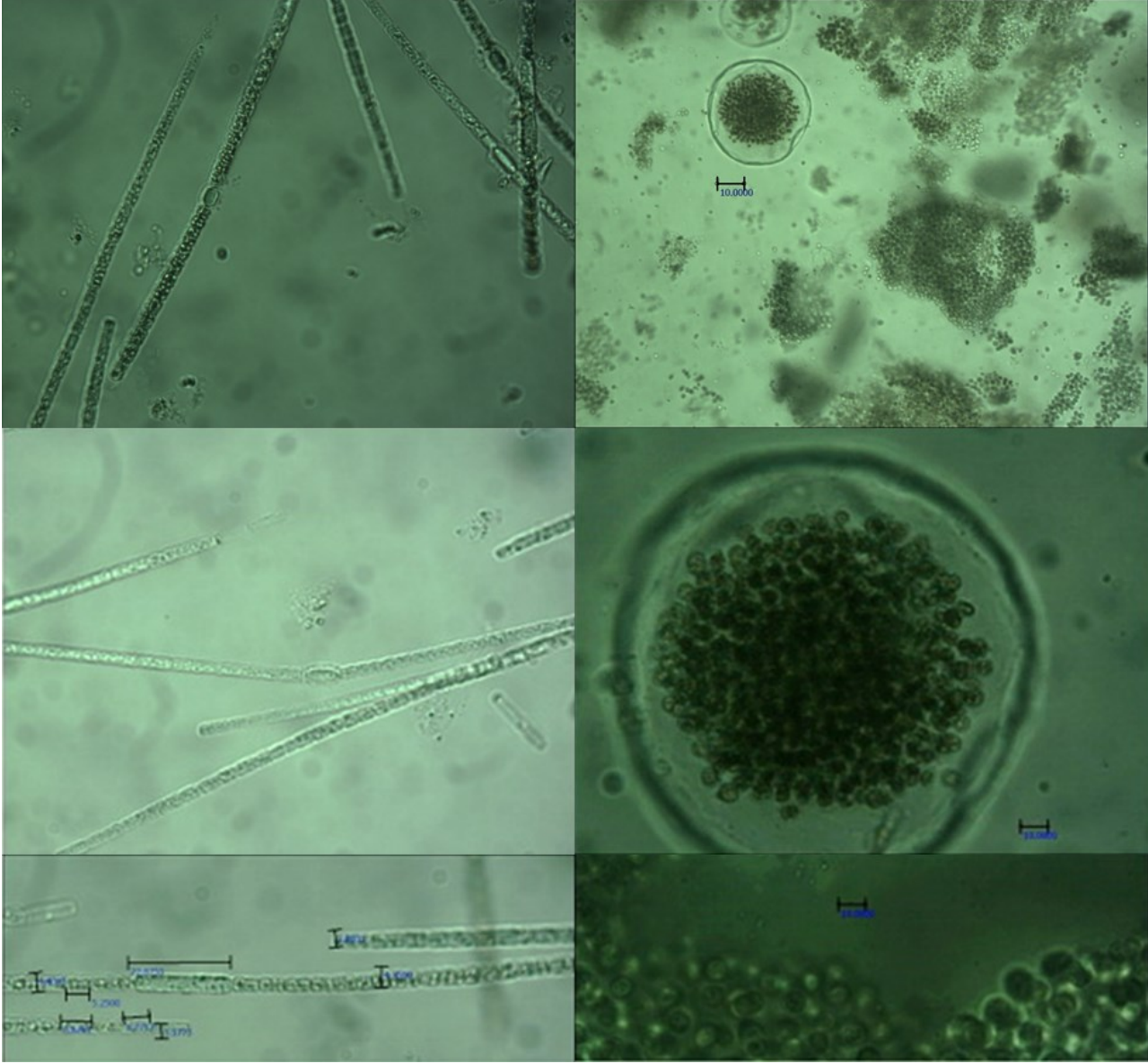
Uygulamalar arasındaki farklılık ve gruplamalar JUMP11 istatistik programı kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Şanlıurfa baraj göllerinde yaz aylarında aşırı çoğalma yapan, su örneklerinden izole ettiğimiz türler *M. viridis* ve *A. gracile* olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Aynı oranda karıştırılan saf kültür karışımı ve uygulanan dozlar; her uygulamada yeniden hazırlanmıştır. Bu iki mikroalg sularda baskın olarak bulunmakta, çevredeki tarlalar ise

bu mikroalglerin karışımı olarak içerdiği sular ile sulanmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda her iki mikroalg ayrı ayrı izole edilmiş ve çalışmamızda eşit oranda karıştırılarak kullanılmıştır. Denemede kullanılan iki mikroalgin karışık kültürlerinin tek tek uygulanmasından daha etkili olduğu ise yapılan literatür taramalarında da

rapor edilmiştir (Karthikeyan et al., 2007; Pereira et al., 2009; Osman et al., 2010; Renuka et al., 2017). Saksı denemesinde kullanılan toprakların pH'ı 7.71 olarak belirlenmiştir. Kullanılan toprak killi bünyeye sahip olup, organik madde içeriği %1.62, kireç içeriği %22.08, EC 0.86 ds/m ve azot içeriği %0.07'dir.



Şekil 1. *Aphanizomenon gracile* ve *Microcystis viridis*'in mikroskobik görünüşleri ve ölçümleri

Figure 1. Microscopic views and measurements of *Aphanizomenon gracile* and *Microcystis viridis*

Tablo 1. *Microcystis viridis* ve *Aphanizomenon gracile*'in morfolojisi ve ölçümleri

Table 1. Morphology and measurements of *Microcystis viridis* and *Aphanizomenon gracile*

Tür	Tanımlı, morfolojisi ve ölçümleri
<i>M. viridis</i> (A. Braun in Rabenhorst) Lemmermann 1903	Eşleştirilmiş hücreler, müsülajlı bir matris içine gömülü "paketler" içinde yuvarlak ila oval aerotoplü hücreler halinde, hücreler (3) 3.5-7.0 (7.9-8.4) µm çapında, sıkıca paketlenmiş, küçük ve sekiz hücreden oluşan kübik az çok yuvarlak veya uzun alt kolonilerden oluşur ve kolonilerin kenarı genellikle görülebilir, doğal popülasyonlarda dalgalıdır. Müsülaj renksiz, hücre kümelerinden biraz uzakta ve genellikle 5-10 µm genişliğindedir (Komárek & Komarkova, 2006; Komárek & Anagnostidis, 2008; Kociński et al., 2013; Komárek, 2013; Cires & Ballot, 2016).
<i>A. gracile</i> Lemmermann 1907	Trikomlar düz, soliterdir, çapraz duvarda daralır ve uçlara doğru hafifçe daralır. Hücreler (5-8 mikron uzunluğunda ve 2-4 mikron genişliğinde) çok sayıda küçük granül ve gaz vezikülü ile kısa ve silindriktir. Apikal hücreler (3-5 µm uzunluğunda ve 1.5-2,5 µm genişliğinde) hafif yuvarlak veya koniktir. Heterositler (3.5-6 µm) soliter, interkalar, genellikle kısa ve silindriktir, bazende küreseldir. Akinetler heterositlerden uzak, interkalar, silindirik ve kutuplarda yuvarlak. Akinetler (4.5-7.5 µm) arası genişliğinde ve (10-35 µm) arası uzunluğundadır. (Komárek & Komarkova, 2006; Komárek & Anagnostidis, 2008; Kociński et al., 2013; Komárek, 2013; Cires & Ballot, 2016)

Tablo 2. Deneme sonunda mikroalg uygulama dozlarının mısır ve mercimek bitki ve kök uzunluğuna etkileri

Table 2. Effects of microalgae application doses on plant and root length of maize and lentil at the end of the experiment

Uygulama dozları (%)	Mercimek		Mısır	
	Bitki boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Bitki boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)
1	40 b*	1.59 c	41.7 a	24.3 a
1.5	43.7 ab	1.66 b	40.3 a	20.7 a
2	51 a	1.94 a	44.7 a	21.3 a
Kontrol	30 c	1.49 c	31.6 b	15.3 b

*Sütun içinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD (%5)'e göre önemli farklılık yoktur.

Tablo 3. Mikroalg dozlarının mercimek ve mısır yeşil aksam ve kök kuru ağırlığına etkileri

Table 3. Effects of microalgae doses on lentil and maize green parts and root dry weight

Uygulama dozları (%)	Mercimek		Mısır	
	Yeşil aksam kuru ağırlık (g/5 bitki)	Kök kuru ağırlık (g/5 bitki)	Yeşil aksam kuru ağırlık (g/2 bitki)	Kök kuru ağırlık (g/2 bitki)
1	1.59 c*	0.048 b	0.62 a	0.14 c
1.5	1.66 b	0.071 a	0.62 a	0.22 b
2	1.94 a	0.079 a	0.82 a	0.39 a
kontrol	1.49 c	0.033 c	0.31 b	0.05 d

*Sütun içinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD (%5)'e göre önemli farklılık yoktur.

Alg karışık kültürünün üç farklı dozu; mısır (*Zea mays* L.) ve mercimek (*Lens culinaris* Medik L.) gelişimleri üzerine etkileri incelenmiştir. Deneme sonunda uygulama dozlarının mercimek ve mısır bitki boyu ve kök uzunluğuna etkileri Tablo 2'de verilmiştir.

Çalışmamızın sonuçları mikroalg uygulamalarının her üç dozunun da kontrole göre mısır ve mercimek gelişimini stimüle ettiğini göstermiştir. Yapılan çeşitli çalışmalarda da hem sera hem de tarla koşullarının her ikisinde farklı bitkilerin gelişme ve biyokimyasal özelliklerinde mikroalg aşılmasının önemli oranda artışa neden olduğu belirlenmiştir (Shaaban & Mobarak, 2000; Karthikeyan et al., 2007; Saadatnia & Riahi, 2009; Kholssi et al., 2022).

Mercimek bitki boyu %2'lik uygulama dozunda kontrole göre %70, kök uzunluğu ise %30 oranında artmıştır. Mısırdaki en yüksek bitki boyu %2'lik mikroalg uygulama dozunda elde edilmiştir, kontrolle karşılaştırıldığında mısır bitki boyu %41 oranında artarken, kök uzunluğu ise en yüksek %1 uygulama dozunda belirlenmiştir ve kontrolle karşılaştırıldığında kök uzunluğunu %58.8 oranında artırmıştır (Tablo 1). Tablo 1 incelendiğinde; %2'lik uygulama dozu her iki bitki boyunu artırmıştır. %2'lik uygulama dozunun uygulanması aşırı kimyasal gübre kullanımını önleyerek bitki boyunda artışa da neden olmaktadır. Elde ettiğimiz sonuçlarımızı; buğdayda (Mohiuddin et al., 2000; Karthikeyan et al., 2007), *Lupinus termis* (Haroun & Hussein, 2003), bezelye (Osman et al., 2010), çeltikte (Saadatnia & Riahi, 2009; Begum et al., 2011), arpa, fiğ ve nohutta (Sezen & Küçük 2021) mikroalg aşılama sonuçları elde edilen bulgular da desteklemektedir. Mercimek ve mısırdaki kök ve bitki boyundaki artışın mikroalglerin sitokinler (Hussain et al., 2013), oksinler (Prasanna et al., 2010) gibi bitki gelişimini arttıran substratların bir veya daha fazlasının aktivitesinden

kaynaklandığı düşünülmektedir. Siyanobakterilerin fitostimülatör potansiyellerinin, birliktelik kurdukları bitkilerde atmosferik azot fiksasyonunu kullanılabilir hale getirdiği yapılan çalışmada bildirilmiştir (Karthikeyan et al., 2007). Kök uzunluğu ve buna bağlı olarak yüzey alanındaki artış, topraktan su ve besin alımının stimülasyonu tarafından bitkinin gelişimini de desteklemektedir (Dineshkumar et al., 2019). Çalışmamızda kullandığımız üç farklı mikroalg dozu, kontrolle karşılaştırıldığında bitki yeşil aksam kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığını artırmıştır (Tablo 3).

İnkübasyon denemeleri sonunda mikroalg dozlarının bitkilerin gelişimlerini önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiş, bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Mercimekte yeşil aksam kuru ağırlığı en yüksek %2'lik dozda belirlenmiş, bunu sırası ile %1.5 ve %1'lik uygulama dozları izlemiştir. Mısırdaki ise en yüksek yeşil aksam kuru ağırlık %2'lik dozda belirlenmiştir. Kök kuru ağırlıklarına etkileri bakımından %2'lik dozun en etkili doz olduğu saptanmıştır (Tablo 2).

Hem kök hem de sürgün kuru ağırlığının ve dolayısıyla bitkilerin toplam kuru ağırlığının, artan alg dozlarının eklenmesiyle önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Kuru ağırlık birikiminin yanı sıra bitki boyundaki artış, kök ortamındaki alg materyalinin varlığından kaynaklandığı ve bitki dokularındaki besin durumunun iyileştirilmesinin bir sonucu olabilir. Benzer bulgular, Shaaban ve Mobarak (2000) ile Sezen ve Küçük (2021) tarafından da tespit edilmiştir. Saksı deneyinde bitki boyu, kuru ağırlık ve kök uzunluğunun artması ile bitki büyümesinin uyarılması, daha önce yapılan çalışmalarda incelendiği gibi mikroalgler tarafından salgılanan IAA (indol asetik asit) benzeri bileşikler ve siyanobakteriyel süzuların foto-heterotrofik/heterotrofik yeteneklerine bağlanabilir (Karthikeyan, 2007). Obrecht et al. (1993) petri kutularında üç farklı buğday çeşidinde 15

gün boyunca *Nostoc/Anabaena* kullanarak yaptıkları yetiştirme deneylerinde, bitki azotu ve kök/sürgün uzunluğunda önemli bir artış olduğunu bildirmişlerdir. *Nostoc muscorum* aşılama olarak kullanıldığında ortamdaki bakteri, mantar ve aktinomiset popülasyonlarında sırasıyla 500 kat, 16 kat ve 48 kat artış gösterdiği belirlenmiştir (Obreht et al., 1993). Yapılan çalışmalarda çeltik tohumu çimlenmesinde, kök ve sürgün büyümesinde, çimlenmede, yaprak sayısında ve protein içeriğinde artış gözlemlenmiştir (Elarroussia et al., 2016; Ramya et al., 2015; Dineshkumar et al., 2019). Araştırmacılar bu maddelerin doğası hakkında farklı görüşler dile getirmişlerdir; bazıları onları hormon olarak tanımlarken (Haggag et al., 2018) bazıları ise bu maddeleri vitamin veya amino asit olarak tanımlamıştır (Omar et al., 2014).

Sonuç olarak; toprağa uygulanan mikroalgaların bitki besin durumunu iyileştirdiği ve böylece iyi bir büyümeye yol açan tüm fizyolojik reaksiyonları arttırdığı sonucuna varılabilir. Ayrıca, tarımda kullanılan kimyasallar yerine mikroorganizmaların kullanımı, toprak verimliliğini, bitki besin durumunu iyileştirebilir, iyi verim elde etmek için gereken ilave kullanılacak mikro besin maddelerinin maliyetlerinden tasarruf edebilir ve bu durum sonucunda daha az kimyasal gübre kullanımı doğada çevre kirliliği azalmasına katkı sağlayacaktır.

Teşekkür: Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü (HÜBAP-19002) tarafından desteklenmiştir.

Etik kurul onayı: Bu çalışma için etik kurul onayı alınmasına gerek yoktur.

Çıkar çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Yazar Katkısı: Fikir/Kavram - G.S., Ç.K.; Tasarım - G.S., Ç.K.; Denetleme/Danışmanlık - G.S., Ç.K.; Kaynaklar/Fon Sağlama - G.S., Ç.K.; Materyaller - G.S., Ç.K.; Veri Toplama veya İşleme - G.S., Ç.K.; Analiz Yorumlama - G.S., Ç.K.; Kaynak Taraması - G.S., Ç.K.; Makalenin Yazımı - G.S., Ç.K.; Eleştirel İnceleme - G.S., Ç.K.

Kaynaklar

- Begum, Z.N.T., Mandal, R., & Islam, S. (2011). Effect of cyanobacterial biofertilizer on the growth and yield components of two HYV of rice. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 2(1), 1-9.
- Chiaiese, P., Corrado, G., Colla, G., Kyriacou, M.C., & Roupael, Y. (2018). Renewable Sources of Plant Biostimulation: Microalgae as a Sustainable Means to Improve Crop Performance. *Frontiers in plant science*, 9, 1782. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01782>
- Cirés, S., & Ballot, A. (2016). A review of the phylogeny, ecology and toxin production of bloom-forming *Aphanizomenon* spp. and related species within the Nostocales (cyanobacteria). *Harmful Algae*, 54, 21-43. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.09.007>
- Dineshkumar, R., Subramanian, J., Gopalsamy, J., Jayasingam, P., Arumugam, A., Kannadasan, S., & Sampathkumar, P. (2019). The impact of using microalgae as biofertilizer in maize (*Zea mays* L.). *Waste and Biomass Valorization*, 10(5), 1101-1110. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0123-7>
- Elarroussia, H., Elmernissia, N., Benhimaa, R., El Kadmiria, I.M., Bendaou, N., Smouni, A. & Wahbya, I. (2016). Microalgae polysaccharides a promising plant growth biostimulant. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 7, 55-63
- Gayathri, M., Kumar, P.S., Prabha, A.M.L., & Muralitharan, G., (2015). In vitro regeneration of *Arachis hypogaea* L. and *Moringa oleifera* Lam. using extracellular phytohormones from *Aphanotheca* sp. *MBDU Algal Research*, 7, 100-105 <https://doi.org/10.1016/j.algal.2014.12.009>
- Haggag, W., Hoballah, M.M.E, Ali, R.R. (2018). Applications of nano biotechnological microalgae product for improve wheat productivity

- in semai aird areas. *International Journal of Agricultural Technology*, 14(5), 675-692.
- Haroun S.A., & Hussein, M.H. (2003). The promotive effect of algal biofertilizers on growth, protein pattern and some metabolic activities of *Lupinus termis* plants grown in siliceous soil. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2, 944-951. <https://doi.org/10.3923/ajps.2003.944.951>
- Hussain, A., Hamayun, M., & Shah, S.T. (2013). Root colonization and phytostimulation by phytohormones producing entophytic *Nostoc* sp. AH-12. *Current Microbiology*, 67, 624-630. <https://doi.org/10.1007/s00284-013-0408-4>
- Karthikeyan, N., Prasanna, R., Nain, L. & Kaushik, B.D. (2007). Evaluating the potential of plant growth promoting cyanobacteria as inoculants for wheat. *European Journal of Soil Biology*, 43(1), 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.11.001>
- Kholssi, R., Lougraimzi, H., Grina, F., Lorentz, J.F., Silva, I., Castañón-Sánchez, O., & Marks, E. A. (2022). Green agriculture: a review of the application of micro-and macroalgae and their impact on crop production on soil quality. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(4), 4627-4641. <https://doi.org/10.1007/s42729-022-00944-3>
- Kociński, M., Mankiewicz-Boczek, J., Jurczak, T., Spool, L., Meriluoto, J., Rejmonczyk, E., & Soininen, J. (2013). *Aphanizomenon gracile* (Nostocales), a cylindrospermopsin-producing cyanobacterium in Polish lakes. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(8), 5243-5264. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1426-7>
- Komárek, J. (2013). Cyanoprokaryota, 3. Teil: Heterocytogenera. In Büdel, B., G. Gartner, L. Krienitz & M. Schlager(eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19(3). Springer, Berlin.
- Komárek, J., & Anagnostidis, K.C. (2008). Teil 1/Part 1: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa; Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D., Eds, *Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg, Germany*, 19(1), 1-556.
- Komárek, J., & Komárková, J. (2006). Diversity of Aphanizomenon-like cyanobacteria. *Czech Phycology*, 6, 1-32.
- Küzeci, U., Dağdemir, V., & Kahraman, T. (2019). Türkiye'de mercimek piyasasının ekonomik analizi ve pazarlama marjları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 279-288. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.522390>
- Mahmud, A.A., Upadhyay, S.K., Srivastava, A.K., & Bhojija, A.A. (2021). Biofertilizers: A Nexus between soil fertility and crop productivity under abiotic stress. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100063. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100063>
- Mohiuddin, M., Das, A.K., Ghosh, D.C. (2000). Growth and productivity of wheat as influenced by integrated use of chemical fertilizer, biofertilizer and growth regulator. *Indian Journal of Plant Physiology*, 5, 334-338
- Obreht, Z., Kerby, N.W., Gantar, M., & Rowell, P. (1993). Effects of root-associated N₂-fixing cyanobacteria on the growth and nitrogen content of wheat (*Triticum vulgare* L.) seedlings. *Biology Fertility of Soils*, 15, 68e72. <https://doi.org/10.1007/BF00336292>
- Omar, H.H., Abdullatif, B.M., Al-Kazan, M.M., & El-Gendy, A.M. (2014). Various Applications of Seaweed Improves Growth and Biochemical Constituents of *Zea mays* L. and *Helianthus Annuus* L. *Journal of Plant Nutrition*, 38, 28-40. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.911893>
- Onay, M. (2023). Scope of the microalgae market: a demand and supply perspective. *Microalgae-Based Systems: Process Integration and Process Intensification Approaches*, 19. <https://doi.org/10.1515/9783110781267-002>
- Osman, M.E.H., El-Sheekh, M.M., El-Naggar, A.H. & Gheda, S.F. (2010). Effect of two species of cyanobacteria as biofertilizers on some metabolic activities, growth, and yield of pea plant. *Biology and Fertility of Soils*, 46, 861-875. <https://doi.org/10.1007/s00374-010-0491-7>
- Pathak, J., Rajneesh, Maurya, P.K., Singh, S.P., Häder, D.P., & Sinha, R.P. (2018). Cyanobacterial Farming for Environment Friendly Sustainable Agriculture Practices: Innovations and Perspectives. *Frontiers Environmental Science*, 6, 7-19. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00007>
- Pereira, I., Ortega, R., Barrientos, L., Moya, M., Reyes, G., & Kramm, V. (2009). Development of a biofertilizer based on filamentous nitrogen-fixing cyanobacteria for rice crops in Chile. *Journal of applied phycology*, 21(1), 135-144. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9342-4>
- Prasanna, R., Joshi, M., Rana, A., & Nain, L. (2010). Modulation of IAA production in cyanobacteria by tryptophan and light. *Polish Journal of Microbiology*, 59(2), 99-105. <https://doi.org/10.33073/pjm-2010-015>
- Prasanna, R., Kanchan, A., Kaur, S., Ramakrishnan, B., Ranjan, K., Singh, M.C., ...& Shivay, Y.S., (2016). *Chrysanthemum* sp. growth gains from beneficial mi- crobial interactions and fertility improvements in soil

- under protected cultivation. *Horticultural Plant Journal*, 2 (4), 229-239. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2016.08.008>
- Puglisi, I., Barone, V., Fragala, F., Stevanato, P., Baglieri, A., & Vitale, A. (2020). Effect of Microalgal Extracts from *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda* on Germination of *Beta vulgaris* Seeds. *Plants*, 9, 675. <https://doi.org/10.3390/plants9060675>
- Ramya, S.S., Vijayanand, N., & Rathinavel, S. (2015). Foliar application of liquid biofertilizer of brown alga *Stoechospermum marginatum* on growth, biochemical and yield of *Solanum melongena*. *International Journal Recycling Organic Waste Agriculture*, 4, 167-173. <https://doi.org/10.1007/s40093-015-0096-0>
- Renuka, N., Prasanna, R., Sood, A., Bansal, R., Bidiyari, N., Singh, R., ... & Ahluwalia, A.S. (2017). Wastewater grown microalgal biomass as inoculants for improving micronutrient availability in wheat. *Rhizosphere*, 3, 150-159. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.04.005>
- Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D., Carminati, E., & Tava, A. (2019). Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions. *Agronomy*, 9, 192. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040192>
- Saadatnia, H., & Riahi, H. (2009). Cyanobacteria from paddy fields in Iran as biofertilizer in rice plants. *Plant Soil Environ.*, 55(5), 207-212. <https://doi.org/10.17221/384-PSE>
- Sezen, G., & Küçük, Ç. (2021). *Microcystis viridis* ve *Aphanizomenon gracile* Karışık Kültürün Fiğ, Nohut ve Arpa Gelişimine Etkileri. *Commagene Journal of Biology*, 5(2), 182-186. <https://doi.org/10.31594/commagene.1031232>
- Shaaban, M.M., & Mobarak, Z.M. (2000). Effect of some green plant material as soil additives on soil nutrient availability, growth, yield and yield components of faba bean plants. *Journal of Agriculture Science Mansoura University*, 25, 2005-2016. <https://doi.org/10.21608/jpp.2000.258779>
- Singh, J.S., Kumar, A., Rai, A.N., & Singh, D.P. (2016). Cyanobacteria: A precious bioresource in agriculture, ecosystem and environmental sustainability. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1-19. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00529>
- Singh, S. (2014). A review on possible elicitor molecules of cyanobacteria: their role in improving plant growth and providing tolerance against biotic and abiotic stress. *Journal of Applied Microbiology*, 117, 1221-1244. <https://doi.org/10.1111/jam.12612>
- Thilagar, G., Bagyaraja, D.J., Rao, M.S., (2016). Selected microbial consortia developed for chilly reduces application of chemical fertilizers by 50% under field conditions. *Scientia Horticulturae*, 198, 27-35. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.021>
- TAŞ, T. (2021). Effect of Skipping Irrigation in Different Phenological Periods on Yield and Some Physiological Parameters of Corn (*Zea mays* L.). *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 93-99. <https://doi.org/10.19159/tutad.831330>
- TMO (2021a). 2020 Yılı Dünya Hububat ve Bakliyat Sektör Raporu. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/hubbaklidurumu.pdf> (Erişim Tarihi: 15/11/2023).
- TMO (2021b). 2020 Yılı Hububat Sektör Raporu. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2020.pdf> (Erişim Tarihi: 15/11/2023).
- TMO (2022) Türkiye Nohut ve Mercimek Ekiliş-Üretim-Verim ve TMO Alımları. TMO, Ankara. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/istatistikler/tablolari/8mercimekeuva.pdf> Erişim Tarihi: 15/11/2023).
- Transparency Market Research, Algae Market, (2023), www.transparencymarketresearch.com/algae-market.html doi:TMRGL14804, (Erişim Tarihi: 15/11/2023).