

Effects of *Microcystis viridis* and *Aphanizomenon gracile* Mixed Culture on the Growth of Vetch, Chickpea, and Barley

Göksal SEZEN*, Çiğdem KÜÇÜK

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

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

Received: 01.12.2021

Accepted: 08.12.2021

Published online: 13.12.2021

Issue published: 31.12.2021

Abstract: In this study, the effects of different doses of mixed cultures of *Microcystis viridis* and *Aphanizomenon gracile*, which are densely found in some Şanlıurfa Dam Lakes, were investigated to determine their effects on the growth of vetch (*Vicia sativa* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.), and barley (*Hordeum vulgare* L.). The doses prepared from the cyanobacteria mixture were applied to the soil by spraying. In terms of root length, 1.5% application dose in vetch and 2% dose in chickpea and barley were found to be effective. The 2% application dose of the cyanobacteria mixture increased the plant height of all three plants compared to the control. While 2% application dose was found to be effective on root dry and wet weight in chickpea and barley, 1.5% application dose was found to be effective on shoot weight in vetch and chickpea.

Keywords: *Cyanobacteria*, biofertilizer, plant growth, dose.

Microcystis viridis ve *Aphanizomenon gracile* Karışık Kültürün Fiğ, Nohut ve Arpa Gelişimine Etkileri

Öz: Bu çalışmada fiğ (*Vicia sativa* L.), nohut (*Cicer arietinum* L.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) 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 fiğ de %1.5 uygulama dozu, nohut ve arpada ise %2'lik doz etkili bulunmuştur. Siyanobakteri karışımının %2'lik uygulama dozu her üç bitkinin bitki boyunu kontrole göre arttırmıştır. Kök kuru ve yaş ağırlığına %2'lik uygulama dozu nohut ve arpada etkili bulunurken, yeşil aksam ağırlığına ise fiğ ve nohutta %1.5 uygulama dozu etkili bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: *Cyanobacteria*, biyogübre, bitki gelişimi, doz.

1. Giriş

Tarımsal üretim üzerindeki küresel baskı, insan gıdası, hayvan yemi ve enerji üretimine sürekli artan talebi karşılamaya yönelik yeni ve sürdürülebilir yaklaşımlar gerektirmektedir. Geleneksel tarım uygulamaları, büyük ölçüde yenilenemeyen gübre ve pestisit girdilerine dayanmaktadır (Renuka et al., 2018). Tarımsal kimyasallar, insanlığı için önemli ilerlemeler sağlasa da (Cooper & Dobson, 2007), bu kimyasallar insan sağlığı ve çevre için ciddi, çözülmemiş bir tehdit oluşturmaktadır (Fenner et al., 2013). Ayrıca, bu girdilerin temini ve uygulanması, kaynakların tükenmesi ve mineral gübrelere yönelik artan talep nedeniyle giderek daha maliyetli hale gelmektedir. Bu nedenle, tarımda kimyasal girdilerin kullanımı ve artan endişe nedeniyle alternatif arayışlara yönelinmiştir. Bitki biyoyarıcıları, gübrelere, özellikle de çiftlik dışı kimyasal girdilere olan bağımlılığı azaltabildikleri için tarımsal sürdürülebilirliğinin ele alınmasında çok önemli bir rol oynamaktadır (Fenner et al., 2013).

Mikroalg türevli ürünler tarımda çok işlevli özelliklere sahiptir, besin alımını kolaylaştırarak, ürün performansını, bitkinin fizyolojik durumunu ve abiyotik strese toleransı iyileştirmiştir (Renuka et al., 2018). Son yıllarda, tarla ve sera koşullarında mikroalg

ekstraktlarının etkisini test eden çalışmalar artmıştır. Yapılan çalışmalarda siyanobakteriyal uygulamaların; marul, amarant, domates ve biberin çimlenme, fide büyümesini, sürgün ve kök biyokütlesini uyardıklarını göstermiştir. (Faheed & Abd-El Fattah, 2008; Garcia-Gonzalez & Sommerfeld, 2016; Barone et al., 2018; 2019, El Arroussi et al., 2018). *Chlorella vulgaris* içeren bir ortamda (2 ve 3 g/kg toprakta kuru mikroalg ekstresi) marulun çimlenmesini hızlandırdığı, marulun gelişimini (hem taze hem de kuru ağırlık bazında) teşvik edildiği rapor edilmiştir (Faheed & Abd-El Fattah, 2008). Aynı çalışmada, bitki büyümesinin (yani sürgün, kök kuru ağırlığı ve uzunluğu) iyileştirilmesi, fotosentetik aktiviteyi etkileyen karotenoid ve klorofil pigment biyosentezinin uyarılmasıyla ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde, *Spirulina platensis*'in uygulanması, roka bitki büyümesini arttırmıştır (Wuang et al., 2016). Garcia-Gonzalez and Sommerfeld (2016) ve El Arroussi et al. (2018), domates ve biberin de mikroalg ekstraktlarının uygulanmasından olumlu etkilendiğini belirtmiştir. Örneğin, *Acutodesmus dimorphus* kuru biyokütlesi veya sulu hücre ekstraktları farklı konsantrasyonlarda (0, 0.75, 1.875, 3.75, 5.625 ve 7.5 g/ml) tohum ve yapraktan uygulandığında; tohum çimlenmesini, bitki büyümesini ve bitkinin çiçek açmasını teşvik etmiştir (Garcia-Gonzalez & Sommerfeld, 2016).

Ülkemizde önemli arpa üretim merkezlerinden biri

*Corresponding author: sezen@harran.edu.tr

Şanlıurfa'dır. Şanlıurfa'da üretilen arpa ülke ekonomisi için oldukça önemli olup, insan ve hayvan beslenmesinde de önem taşımaktadır (Kızılgöçer et al., 2016). Yemelik tane baklagiller içerisinde en fazla ekim ve üretim alanına sahip olan nohut ise kuru koşullarda yetiştirilmektedir (Demirci & Bildirici, 2020). Ülkemizde en fazla nohut üretimi; İç Anadolu, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yapılmaktadır (Demirci & Bildirici, 2020). Kuraklığa oldukça dayanıklı olan fiğ ise tahıl üretiminin yapıldığı yerlerde de kolaylıkla yetiştirilebilmektedir (Sağlamtimur et al., 1991). Doğal mera alanlarında da kendiliğinden yetişebilen fiğin hayvan beslenmesinde kullanıldığı gibi, yeşil gübre bitkisi olarak da kullanılarak toprağın organik madde içeriğini arttırdığı bilinmektedir (Sağlamtimur et al., 1991).

Bitkisel üretimde kimyasal ilaçların yerine mikroorganizmalardan hazırlanan gübrelerin kullanımı ile ilgili yapılan pek çok çalışmalar bulunmaktadır (Barone et al., 2018; 2019; El Arroussi et al., 2018). Mikroorganizmaların kullanımı gübre kullanımını azaltmak ve verimi arttırmada alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle mikroalglerin biyogübre olarak kullanımı son yıllarda dikkat çekmektedir. Çevre dostu olan mikroorganizmaların endüstriyel ölçekte üretiminin yapılabilmesi hem organik hem de sürdürülebilir tarım için önem arz etmektedir. Ülkemizde mikroalg bazlı biyogübrelerin üretimi olmakla birlikte, etkileri bitki, iklim ve toprak koşullarına göre de değişiklik göstermektedir. Bu nedenle çalışmamızda; bölgemiz koşullarına uyumlu ve bazı Şanlıurfa Baraj Göllerinde yoğun olarak bulunan olan mikroalglerden *Microcystis viridis* ve *Aphanizomenon gracile*'in karışık kültürünün endüstriyel ölçüde üretilmesinden önce; sera koşullarında, kimyasal gübre yerine biyostimülant olarak farklı dozlarının nohut, fiğ ve arpa gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

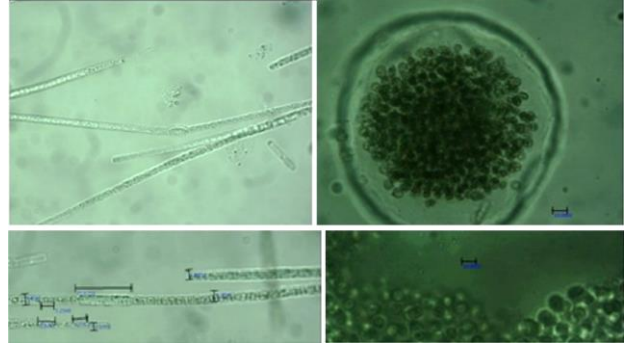
2.1. Denemede Kullanılan Materyal

Denemede nohut, arpa ve fiğ tohumları kullanılmıştır. Tohumlar Ege Üniversitesi Tarla Bitkileri bölümünden sağlanmıştır.

2.2. Kullanılan Siyanobakteri

Şanlıurfa baraj gölünden alınan kavanozlara alınan su örnekleri hemen laboratuvara getirilmiş, daha önce hazırlanmış BG11, BGA besiyerleri içeren petri kutularına 1'er ml olacak şekilde püskürtme şeklinde ekilmiştir (Pereira et al., 2009). Petri kutuları sürekli ışık altında oda sıcaklığında 15 gün süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası gelişen siyanobakteri kültürlerinden örnek alınmış, BG11 besiyerine ekilerek saflaştırılmıştır. Gelişen kültürler mikroskopta Tablo 1'de (Komárek & Komárková 2006; Komárek & Anagnostidis 2008; Komárek, 2013; Kociński et al., 2013; Cires & Ballot, 2016) göre tanımlanmıştır. Şanlıurfa baraj gölünde yaz aylarında aşırı çoğalma yapan, su örneklerinden izole ettiğimiz türler *Microcystis viridis* ve *Aphanizomenon gracile* olarak tanımlanmıştır. Bu mikroalgleri içeren sular ile bazı Şanlıurfa baraj göllerinin etrafındaki tarlaların sulandığı ve çiftçilerin tarlalarından bu sular ile sulanan ürünlerden yüksek verim alındığı için, çalışmamızda her iki alg türünün eşit oranda karışımı hazırlanarak kullanılmıştır.

Saf kültürlerin her biri BG11 besiyerine ekilmiş, oda sıcaklığında sürekli ışık altında 15 gün boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda örnekler, 5000 x g'de 15 dk santrifüjlenmiştir. Hücreler steril su ile beş kez yıkanmıştır. 500 ml steril distile suya 5 g taze alg materyalini içeren ekstrakt %1 uygulama dozu olarak kullanılmıştır. Benzer olarak ekstraktların %1.5 ve %2'lik uygulama dozları hazırlanmıştır. Uygulama dozlarının her biri %50 *M. viridis* ve %50 *A. gracile* içerecek şekilde ayarlanmıştır. *M. viridis* ve *A. gracile* 'in mikroskopik görünüşleri Şekil 1'de ve teşhislerinde kullanılan ölçümleri Tablo 1'de (Komárek & Komárková, 2006; Komárek & Anagnostidis, 2008; Komárek, 2013; Kociński et al., 2013; Cires & Ballot, 2016) verilmiştir.



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

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

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

Table 1. Description, morphology and measurements of *Aphanizomenon gracile* and *Microcystis viridis*

Tür	Tanımı, morfolojisi ve ölçümleri
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmermann 1907	Metamerik bir yapıya sahiptir. trikomal düz, soliterdir, çapraz duvarda daralır ve uçlara doğru hafifçe daralır. Hücreler çok sayıda küçük granül ve gaz vezikülü ile kısa ve silindirik (5-8 mikron uzunluğunda ve 2-4 mikron genişliğinde). Apikal hücreler hafif yuvarlak veya koniktir (3-5 µm uzunluğunda ve 1.5-2,5 µm genişliğinde). Heterositler soliter, interkalar, genellikle kısa ve silindirik, bazı zamanlar neredeyse küreseldir (3,5-6 µm). Akinetler heterositlerden uzak, interkalar, silindirik ve kutuplarda yuvaraktır. Akinetler yalnızdırlar ve her zaman genişlikten (4,5-7,5 µm) daha uzundurlar (10-35 µm).
<i>Microcystis viridis</i> (A. Braun in Rabenhorst) Lemmermann 1903	Koloniler serbest yüzen, mikroskopik, paket benzeri ve üç boyutlu koloniler, daha sonra bazen düzensiz kümelerle makroskopik, ancak deliksiz, düzensiz küresel veya uzun yoğun kümelenmiş hücreler. Müsilaj renksiz, hücre kümelerinden biraz uzakta ve hücre anahatlarını aşağı yukarı kopyalayarak dalgalı kenar boşluğu, genellikle 5-10 µm genişliğinde sınırlı ve hafif kırılma sınırlı. Hücreler küresel, aerotoplular, (3) 3.5-7.0 (7.9-8.4) µm çapındadır.

2.3. Saksı Denemeleri

Denemede kullanılan topraklar, Harran Üniversitesi kampüs alanında daha önce herhangi bir uygulama ve ekimin yapılmadığı alandan alınmıştır. Toprakların bazı fizikokimyasal özellikleri GAP Araştırma Enstitüsü'nde yapılmıştır. Saksı denemesinde kullanılan toprakların

pH'ı 7.71, toprak tekstürü %51.62 kil, %23 kum ve %25.38 silt içeriğine sahip olup killi bünyeye sahiptir. Kullanılan toprakların organik madde içeriği %1.62, kireç içeriği %22.08, EC 0.86 ds/m ve azot içeriği %0.07'dir.

Topraklar 3 ardışık gün 121°C'de 15 dk otoklavda steril edildikten sonra 2 kg'lık saksılara doldurulmuştur. Tohumların yüzey sterilizasyonu %1'lik sodyum hipoklorit (NaOCl)'te 1 dk bekletildikten sonra alkolde 5 sn bekletilmiş ve steril distile sudan 5 kez geçirilerek yapılmıştır. Tohumların her birinden saksılara 5'er tane ekilmiş, çimlenme sonunda 2'ye seyreltilmiştir. Hazırlanan 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. Saksılar gerektiğinde hazırlanan ekstraktlar ile sulanmıştır.

Uygulamalar arasındaki farklılık ve gruplamalar her bir bitki için ayrı ayrı JUMP11 istatistik programı kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Mikroalgler; su biyoremediasyon etmenleri (Oswald, 1992), su ürünleri yetiştiriciliğinde (De Pauw et al., 1992), insanlar ve hayvanlar için gıda (Becker, 1992), pigment üretiminde (Johnson & An, 1991), ağır metallerin biyolojik olarak uzaklaştırılmasında (Wilde & Benemann, 1993) ve tarım (Renuka et al., 2018) gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Mikroalgler tarımsal açıdan önemli bitkilerin verimini artırma potansiyeli açısından son yıllarda dikkat çekmektedir (Rachidi et al., 2020). Prokaryotik siyanobakteriler, bitki büyümesini ve ürün verimini artırmak için biyogübre olarak uygulanmıştır (Innok et al., 2009; Renuka et al., 2018). *Anabaena variabilis* ve *Nostoc* sp. ile muamele edilmiş çeltik bitkilerinin inorganik gübreye göre bitki boyu, yaprak uzunluğu ve tane verimini daha fazla arttırdığı rapor edilmiştir (Singh & Datta, 2007; Innok et al., 2009). *A. laxa* ve *Calothrix elenkinii* ile aşılama, kışniş tohumlarının çimlenmesini arttırmış; kışniş, kimyon ve rezenede kök ve sürgün gelişimini desteklemiştir (Kumar et al., 2013). Ayrıca, siyanobakteriler *Calothrix* sp., *Hapalosiphon* sp., *Nostoc* sp. ve *Westiellopsis* sp.'nin süpernatantlarının kontrol olarak su uygulandığında buğdayda kök uzunluğunu ve tohum çimlenmesini kontrole göre sırası ile 2.7, 2.1 ve 1.1 kat arttırdığı bildirilmiştir (Karthikeyan et al., 2009).

Çalışmamızda *Microcystis viridis* ve *Aphanizomenon gracile* karışık kültürünün farklı dozlarının fiğ, nohut ve arpa bitkilerinin gelişimleri üzerine etkileri Tablo 2'de verilmiştir. Denememizde test edilen bitkilerin kök uzunluğu üzerine siyanobakteri karışımının farklı dozlarının etkileri farklılık göstermiştir. Kök uzunluğunu fiğde %1.5 oranındaki uygulama dozu etkili bulunurken, arpa ve nohutta %2'lik uygulama dozu etkili olmuştur. Mikroalg karışımının farklı dozları kontrolle karşılaştırıldığında fiğ, arpa ve nohutun bitki boyunu arttırmıştır. Nohut ve fiğ bitki boyunu; %2'lik doz, kontrolle karşılaştırıldığında önemli ölçüde arttırırken, arpada en yüksek bitki boyu %1.5 uygulama dozunda elde edilmiştir (Tablo 2). Bu sonuçlar, Zhang et al. (2017) tarafından bildirildiği gibi *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus quadricauda* ile aşılı domates bitkilerinin kontrole göre bitki

boyu ve bitki ağırlığının artması ile benzerlik göstermektedir. Siyanobakteriler ile aşılı fiğ, nohut ve arpanın bitki boyu ve kök uzunluğunun kontrole göre artmasının alglerin fitouyarıcı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 2. Siyanobakteriyel karışımın farklı dozlarının fiğ, nohut ve arpa gelişimi üzerine etkileri

Table 2. Effects of different doses of cyanobacterial mixture on the growth of vetch, chickpea and barley

Özellik	Siyanobakteri doz (%)	Fiğ	Nohut	Arpa
Bitki boyu (cm)	0	97.3 C	51 B	19.7 C
	1	103.3 BC	56.3 AB	23.7 B
	1.5	109.7 AB	56.7 AB	27.7 A
	2	113.7 A	60.7 A	29.0 A
Kök uzunluğu (cm)	0	14 C	8.8 C	8.6 B
	1	17.3 BC	13.7 B	8.6 B
	1.5	23 A	15.7 AB	12 AB
	2	20 AB	20.3 A	14.3 A
Kök kuru ağırlığı (g)	0	0.020 C	0.04 D	0.03 B
	1	0.077 B	0.06 C	0.09 B
	1.5	0.167 A	0.17 B	0.32 A
	2	0.029 C	0.21 A	0.36 A
Kök yaş ağırlığı (g)	0	0.43 B	0.18 D	0.33 C
	1	0.77 A	0.36 C	0.48 C
	1.5	0.82 A	0.84 B	1.23 B
	2	1.4 A	0.99 A	1.60 A
Gövde yaş ağırlığı (g)	0	0.74 B	3.5 B	0.95 C
	1	0.95 AB	4.1 B	1.84 B
	1.5	1.41 A	6 A	3.26 C
	2	1.27 AB	5.9 A	3.15 A
Gövde kuru ağırlığı (g)	0	0.17 B	0.7 B	0.19 C
	1	0.22 AB	0.8 B	0.40 B
	1.5	0.28 A	1.2 A	0.63 A
	2	0.23 AB	1.3 A	0.61 A

Zhang et al. (2017), mikroalg uygulanan domates bitkilerinde ölçülen fizyolojik parametreler üzerindeki olumlu etkinin mikroalgler tarafından yavaşıca salınan biyouyarıcı maddelerin veya allelokimyasalların varlığından da kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Allelopati, hedef organizmalar üzerindeki faydalı veya zararlı etkiye bağlı olarak olumlu veya olumsuz etki gösterebilmektedir (Zhang et al., 2017).

Mikroalglerden elde edilen polisakkaritler, tarımsal ürünlerin geliştirilmesi ve korunması için potansiyel olarak bir biyolojik kaynak olarak tanımlanmıştır (Rossi & De Philippis, 2016). Mikroalg polisakkaritlerini bitki biyouyarıcı olarak kullanma olasılığının araştırıldığı çalışmada; üç mikroalg türünden elde edilen ham polisakkarit özü, domates bitkilerine sulama yoluyla uygulanmış, sürgün ve kök uzunluğu, boğum sayısı, sürgün ve kök kuru ağırlığı üzerindeki etkilerine göre karşılaştırılmıştır (Rachidi et al., 2020). *Arthrospira platensis*, *Dunaliella salina* ve *Porphorydium* sp.'nin elde edilen polisakkarit (1 mg/ml) uygulamasının domates bitkilerinde, kontrole oranla yeşil aksam kuru ağırlığı ve

yeşil aksam uzunluğunu sırasıyla %46.6 ve %25.26 oranında önemli ölçüde iyileştirdiği belirlenmiştir (Rachidi et al., 2020).

Siyanobakteri karışımının farklı dozlarının fiğ, arpa ve nohut yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri kontrolle karşılaştırıldıklarında etkili bulunmuştur. En yüksek yeşil aksam yaş ağırlığı her üç bitkide de %1.5 uygulama dozunda belirlenmiştir (Tablo 2).

Yapılan benzer çalışmada mikroalg *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus quadricauda* dan elde edilen ekstraktların, şeker pancarı bitki ağırlığı üzerinde biyoyarıcı bir etki gösterdiği gösterilmiştir (Barone et al., 2018). Ayrıca Barone et al. (2018), şeker pancarı bitkisinin, gelişme ortamına *S. quadricauda* ekstraktının eklenmesi ile kök ağırlığı ve kök uzunluğunu kontrole oranla önemli ölçüde arttırdığını rapor etmişlerdir. Puglisi et al. (2020) *S. quadricauda* 'nın marul gelişimine olan etkisini araştırdıkları çalışmalarında da marul fidelerinin gelişimini olumlu etkilediklerini, kuru madde, karotenoid, protein ve klorofil içeriğini arttırdığı incelenmiştir. Bizim çalışmamızda da siyanobakteri karışımının uygulanan üç farklı dozlarının kontrole göre bitki boyu, kök uzunluğu ile yaş ve kuru ağırlıklarını arttırmaları; araştırmacıların bulguları ile desteklenmektedir.

Bakteriler ve funguslar bitki gelişimini iyileştirmek için kullanılmakta olsa da, yeni veriler alglerin de bitki büyümesini desteklediğini, patojen büyümesini doğrudan inhibe ederek, bitki bağışıklığını aktive ederek patojenlere karşı biyolojik kontrol ajanları olarak hareket ettiğini göstermektedir (Kumar et al., 2013; Rossi & De Philippis, 2016; Renuka et al., 2018). Bu nedenle, algler, biyogübreler ve bitki koruyucular olarak kullanılabilen yeni bir biyoaktif materyal olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmamızda siyanobakterilerin farklı dozları test edilen bitkilerin gelişmelerini kontrole göre arttırmıştır. Mikroalglerin bitki gelişimini destekleyici olarak kullanımı ile ilgili araştırmaların yapılması kimyasal gübrelerin kullanımını da azaltacaktır. Çalışmamızın yapılacak olan çalışmalara yol göstereceği düşünülmektedir.

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.

Kaynaklar

- Barone, V., Baglieri, A., Stevanato, P., Broccanello, C., Bertoldo, G., Bertaggia, M., & Concheri, G. (2018). Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Applied Phycology*, 30, 1061-1072. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1283-3>
- Barone, V., Puglisi, I., Fragalà, F., Lo Piero, A.R., Giuffrida, F., Baglieri, A. (2019). Novel bioprocess for the cultivation of microalgae in hydroponic growing system of tomato plants. *Journal of Applied Phycology*, 31, 465-470. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1518-y>
- Becker, E.W. (1992). Micro-algae for human and animal consumption. In: Borowitzka M A, Borowitzka, L.J, (ed.), *Micro-algal biotechnology*. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press, 222-256.
- Cires, 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.
- Cooper, J., & Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Protection*, 26(9), 1337-1348. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.03.022>
- Demirci, Ö., & Bildirici, N. (2020). Şanlıurfa ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 20, 656-662. <https://doi.org/10.31590/ejosat.754332>
- De Pauw, N., & Persoone, G. (1992). Micro-algae for aquaculture. In: Borowitzka M A, Borowitzka L J, editors. *Micro-algal biotechnology*. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press, 197-221.
- El Arroussi, H., Benhima, R., Elbaouchi, A., Sijilmassi, B., El Mernissi, N., Aafsar, A., Meftah-Kadmiri, I., Bendaou, N., & Smouni, A. (2018). *Dunaliella salina* exopolysaccharides: a promising biostimulant for salt stress tolerance in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Applied Phycology*, 30 (5), 2929-2941.
- Faheed, F.A., & Abd-El Fattah, Z. (2008). Effect of *Chlorella vulgaris* as bio-fertilizer on growth parameters and metabolomic aspects of lettuce plant. *Journal of Agriculture & Social Sciences*, 4, 165-169.
- Fenner, K., Canonica, S., Wackett, L.P., & Elsner, M. (2013). Evaluating pesticide degradation in the environment: blind spots and emerging opportunities. *Science*, 341, 752-758.
- Garcia-Gonzalez, J., & Sommerfeld, M. (2016). Biofertilizer and biostimulant properties of the microalgae *Acutodesmus dimorphus*. *Journal of Applied Phycology*, 28, 1051-1061. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0625-2>
- Innok, S., Chunleuchanon, S., Boonkerd, N., & Teaumroong, N. (2009). Cyanobacterial akinete induction and its application as biofertilizer for rice cultivation. *Journal of Applied Phycology*, 21, 737. <https://doi.org/10.1007/s10811-009-9409-x>
- Johnson, E.A., & An, G.H. (1991). Astaxanthin from Microbial Sources. *Critical Reviews in Biotechnology*, 11(4), 297-326. <https://doi.org/10.3109/07388559109040622>
- Karthikeyan, N., Prasanna, R., Sood, A., Jaiswal, P., Nayak, S., & Kaushik, B. (2009). Physiological characterization and electron microscopic investigation of cyanobacteria associated with wheat rhizosphere. *Folia Microbiologica*, 54, 43-51. <https://doi.org/10.1007/s12223-009-0007-8>
- Kızılgöçü, F., Akıncı, C., Albayrak, Ö., Biçer, B.T., Başdemir, F., & Yıldırım, M. (2016). Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Şanlıurfa koşullarında verim ve kalite özellikleri açısından incelenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 146-150. <https://doi.org/10.21566/tarbitderg.280319>
- Kociński, M., Mankiewicz-Boczek, J., Jurczak, T., Spoo, L., Meriluoto, J., Rejmonczyk, E., & Soininen, J. (2013). *Aphanizomenon gracile* (Nostocales), a cylindropermopsin-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: Heterocytousgenera. In Büdel, B., 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.
- Kumar, M., Prasanna, R., Bidyarani, N., Babu, S., Mishra, B.K., Kumar, A., ...& Saxena, A.K. (2013). Evaluating the plant growth promoting ability of thermotolerant bacteria and cyanobacteria and their interactions with seed spice crops. *Scientia Horticulturae*, 164, 94-101.
- Oswald W.J. (1992). Micro-algae and waste-water treatment. In: Borowitzka, M.A, Borowitzka, L.J, (eds). *Micro-algal biotechnology*. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press, 305-328.
- Pereira, S., Zille, A., Micheletti, E., Moradas-Ferreira, P., De Philippis, R., & Tamagnini, P. (2009). Complexity of cyanobacterial exopolysaccharides: composition, structures, inducing factors and putative genes involved in their biosynthesis and assembly. *FEMS Microbiology Reviews*, 33(5), 917-941. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2009.00183.x>
- Puglisi, I., La Bella, E., Rovetto, E.I., Lo Pierro, A.R., & Baglieri, A. (2020). Biostimulant Effect and Biochemical Response in Lettuce Seedlings Treated with *Aphanizomenon quadricauda* Extract. *Plants*, 9(1), 123. <https://doi.org/10.3390/plants9010123>
- Rachidi, F., Benhima, R., Sbabou, L., & El Arroussi, H. (2020). Microalgae polysaccharides bio-stimulating effect on tomato plants: Growth and metabolic distribution. *Biotechnology Reports*, 25, e00426. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00426>

- Renuka, N., Guldhe, A., Prasanna, R., Singh, P., & Bux, F. (2018). Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. *Biotechnology Advances*, 36(4), 1255-1273. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.04.004>
- Rossi, F., & De Philippis, R. (2016). Exocellular Polysaccharides in Microalgae and Cyanobacteria: Chemical Features, Role and Enzymes and Genes involved in Their Biosynthesis. *The Physiology of Microalgae Springer*, 6, 565-590. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24945-2_21
- Sağlamtimur, T., Tükel, T., Gülcan, H., Anlarsal, A.E., & Tansı, V. (1991). GAP Bölgesinde yem bitkileri yetiştirme olanakları. Türkiye II. Çayır Mera kongresi Bildiri Kitabı, 213-223.
- Singh, S., & Datta, P. (2007). Outdoor evaluation of herbicide resistant strains of *Anabaena variabilis* as biofertilizer for rice plants. *Plant Soil*, 296, 95-102. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9293-6>
- Wilde, E.W., & Benemann, J.R. (1993). Bioremoval of heavy metals by the use of microalgae. *Biotechnology Advances*, 11(4), 781-812. [https://doi.org/10.1016/0734-9750\(93\)90003-6](https://doi.org/10.1016/0734-9750(93)90003-6)
- Wuang, S.C., Khin, M.C., Chua, P.Q.D., & Luo, Y.D. (2016). Use of *Spirulina* biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers. *Algal Research*, 15, 59-64. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.02.009>
- Zhang, J., Wang, X., & Zhou, Q. (2017). Co-cultivation of *Chlorella* spp and tomato in a hydroponic system. *Biomass and Bioenergy*, 97, 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.12.024>
-