

Atıf İçin: Günsan Can B, Yıldız M, Şensoy S, 2022. Mikroalg Kullanımının Ispanakta Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(4): 1884 - 1895.

To Cite: Günsan Can B, Yıldız M, Şensoy S, 2022. Effect of Microalgae Use on Plant Growth in Spinach. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(4): 1884 - 1895.

Mikroalg Kullanımının Ispanakta Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

Büşra GÜNSAN CAN¹, Muhsin YILDIZ², Suat ŞENSOY^{1*}

ÖZET: Deneme, potansiyel bir biyogübre olan mikroalg (*Chlorella vulgaris* Beyerinck (Beijerinck)) kullanımının ıspanak bitki gelişimi üzerine etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Sera koşullarında saksı denemesi olarak yürütülen çalışmada beş farklı mineral gübre dozu (kontrol, %25 mineral gübre (MG), %50 MG, %75 MG, %100 MG) ve iki mikroalg uygulaması (kontrol ve 2×10^7 alg mL⁻¹) uygulama materyali olarak kullanılmıştır. Deneme sonunda, bitki boyu, kök boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı, yaprak taze ve kuru ağırlığı, kök taze ve kuru ağırlığı, yaprak oransal su içeriği, membran zararlanma indeksi, SÇKM (Suda çözünebilir kuru madde miktarı), klorofil miktarı, lipid peroksidasyonu ürünü malondialdehit (MDA) ve enzim aktiviteleri (SOD, CAT ve APX), belirlenip; yaprakta makro-mikro besin elementi [(Azot (N), fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), sodyum (Na), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn)] analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ıspanak gelişimi üzerine alg kullanımı bitki boyu, gövde çapı, yaprak alanı, yaprak yaş-kuru ağırlığı, kök yaş-kuru ağırlığı ve P değerleri üzerinde önemli artışlara yol açmıştır. Bununla birlikte Fe, Ca ve Na değerlerinde ise istatistiksel açıdan önemli düşüşler gözlenmiştir. Sonuçta, ıspanak yetiştiriciliğinde mineral gübre kullanımının %25 ile %50 oranlarında azaltılarak ve organik bir biyogübre olan mikroalg ile birlikte kullanımıyla birlikte daha çevre dostu ve sürdürülebilir bir üretim yapılmasının mümkün olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyogübre, *Chlorella vulgaris*, mikroalg, organik gübre

Effect of Microalgae Use on Plant Growth in Spinach

ABSTRACT: The experiment was carried out in order to demonstrate the effects of using microalgae (*Chlorella vulgaris* Beyerinck (Beijerinck)), a potential bio-fertilizer, on spinach plant growth. Five different fertilizer doses (control, 25% mineral fertilizer (MG), 50% MG, 75% MG, 100% MG) and two doses of microalgae (2×10^7 algae mL⁻¹) were used as materials in the study conducted as a pot experiment under greenhouse conditions. At the end of the study, plant height, root length, stem diameter, leaf number, leaf area, leaf fresh and dry weight, root fresh and dry weight, leaf proportional water content, membrane damage index, TSS (Total soluble solid content), chlorophyll content, lipid peroxidation product malondialdehyde (MDA) and enzyme activities (SOD, CAT, and APX), were determined and macro-micronutrient elements [Nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), sodium (Na), iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu) and zinc (Zn)] were analyzed in the leaves. Based on the results, the use of algae on spinach growth caused significant increases on plant height, stem diameter, leaf area, leaf wet-dry weight, root wet-dry weight and P values. However, statistically significant decreases were observed in Fe, Ca and Na values. As a result, it is thought that it will be possible to make a more environmentally friendly and sustainable production by reducing the use of mineral fertilizers by 25% to 50% and using it together with microalgae, an organic biofertilizer.

Keywords: Biofertilizer, *Chlorella vulgaris*, microalgae, organic fertilizer

¹Büşra GÜNSAN CAN (Orcid ID: 0000-0003-4071-860X), Suat ŞENSOY (Orcid ID: 0000-0001-7129-6185), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye

²Muhsin YILDIZ (Orcid ID: 0000-0002-0766-5174), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Gevaş MYO Van, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Suat ŞENSOY, e-mail: suatsensoy@yyu.edu.tr

GİRİŞ

Dünya üzerinde tarım arazilerinin her geçen gün azalmasına karşın nüfus da önemli ölçüde artmakta ve bu nüfusun beslenmesi için gerekli gıda üretimi de aynı oranda artmaktadır. Azalan tarım alanlarından daha fazla ürün elde etmek için kimyasal bileşiklerin kullanımı oldukça artmış ve bu artış ile birlikte birim alandan daha fazla ürün elde edilmektedir. Tarımda fazla miktarda kimyasal gübre kullanımı sonucunda üretim miktarı ve verim artışı görülebilir fakat uzun süreli yetiştiricilikte toprak verimliliği ve doğal denge olumsuz yönde etkilenmektedir (Kütük, 2016). Bunların yanında dünyada ve ülkemizde, sağlıklı beslenme ve sağlıklı bir çevre için organik tarım gittikçe artmakta ve organik gübrelerin kullanımı da oldukça önem kazanmaktadır. Tarımsal üretim faaliyetlerinde bitkinin toprakta iyi bir gelişim sağlayabilmesi, yetiştiği toprak ortamının ile ilişkilidir. Toprağın fiziksel özelliklerini en uygun koşullara getirmek ve sürekliliğini sağlamak için en çok kullanılan yöntem toprağa organik kökenli madde eklemektir (Bender ve ark., 1998). Çiftlik gübresi, her türlü bitkisel atıklar, kompost, tavuk gübresi ve organik yapıdaki sanayi atıkları topraktaki organik madde eksikliğini gidermek amacıyla kullanılmaktadır. Bu maddeler toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine olumlu etki yaparak besin elementini artırmakta bu sayede de bitkisel üretimde kalite ve verimi de olumlu yönde etkilemektedir (Entry ve ark., 1997; Pascual ve ark., 1997; Madejon ve ark., 2001; Kütük ve ark., 2003; Bhattacharya ve ark., 2003; Şeker ve Turhan, 2004). Özellikle gelişmiş ülkelerde organik tarımda fazlaca değerlendirilen alg özleri, topraktaki inorganik besin maddelerinin alınmasında, ürün miktarını, tohum çimlenmesinin ve stres koşullarına direncin artmasında oldukça önemli rol oynamaktadır (Blunden, 1991). Turhan ve ark. (2022) rokada mikroalg uygulamalarının genelde bitki gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğu bildirmektedirler. Tarım yapılan topraklarda kalite ve verimliliği sağlamak açısından organik gübrelerle desteklenerek daha kaliteli tarım yapmak mümkündür (Sönmez ve ark., 2008).

Dünyadaki toplam ıspanak üretimi incelendiğinde 30 995 069 ton olup, Türkiye 231 515 ton ile 4. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2020). Bu bağlamda önemli bir ıspanak üreticisi olan ülkemizde hem insan sağlığı hem de uzun vadeli yetiştiricilik imkanı ile çevre kirliliğinin önüne geçmek oldukça önemli görünmektedir. Bu çalışma ile tarımda organik gübre olarak nitelendirilen mikroalg (*Chlorella vulgaris*) kullanımının değişik oranlarda mineral gübre ile birlikte ıspanak bitki gelişimi üzerine etkisinin incelenmiştir. Ispanak yetiştiriciliğinde mikroalg kullanımının başarılı olmasıyla birlikte üretimde fazla kimyasal gübre kullanımının önüne geçmek ya da en aza indirmek dolayısıyla toprak kirliliğinin önüne geçerek daha ekonomik, çevre dostu ve insan sağlığını tehdit etmeyen organik materyal kullanımını yaygın hale getirmek hedeflenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Bu araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama arazisinde bulunan cam sera içerisinde ilkbahar döneminde yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ve araştırma süresince çalışmanın yürütüldüğü sera ortamına ait sıcaklık ve nem değerleri Çizelge 1 ve Şekil 1’de verilmiştir.

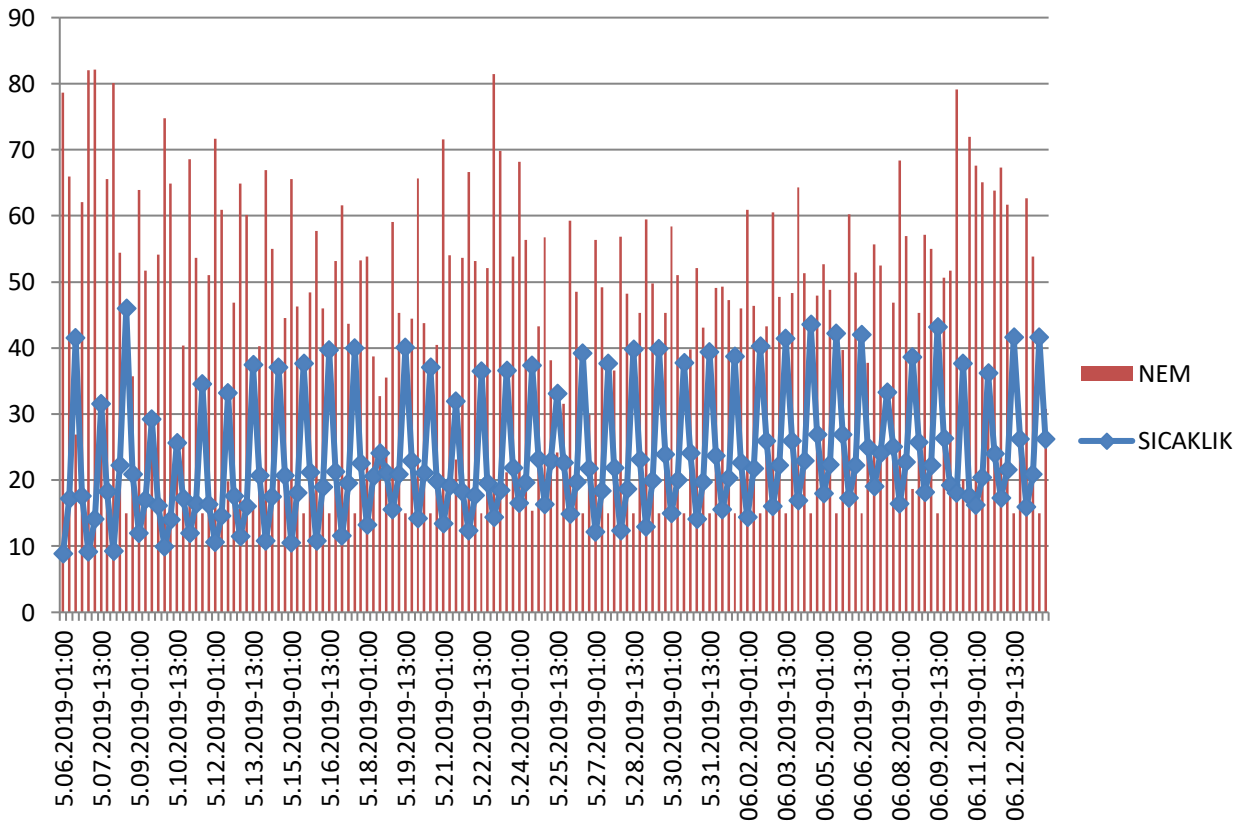
Çalışmada bitki materyali olarak Matador ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) çeşidi kullanılmıştır. Tesadüf parselleri faktöryel deneme desenine göre 6 tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada toplam 10 uygulama yer almıştır. 2019 yılı Mayıs ayının ilk haftası tohum ekimleri her saksıya 1 cm’lik 4 çukur ve her çukura 2 adet tohum atımıyla yapılmıştır. Tohum çimlenme sonucuna göre zayıf olan bitkiler gözlemlenmiş ve elle seyreltilmiştir. Toplamda her saksıda 2 bitki kalacak şekilde yetismeye bırakılmıştır. Haziran ayının ortalarına doğru ise hasat ve analizlere başlanmıştır ve yetiştirme toplam 6 hafta sürmüştür. Araştırma kapsamında ticari olarak satışı yapılan mineral gübre ve biyogübre olarak

daha önce etkinliği belirlenmiş Mikroalg [*Chlorella vulgaris* Beyerinck (Beijerinck)] kullanılmıştır yerleştirilmiştir (Ağırman, 2015). Çalışmada yapılan uygulamalar ve uygulama dozları Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çalışmada kullanılan mikroalg [*C. vulgaris* Beyerinck (Beijerinck)] tohum ekiminden itibaren önerilen dozda (2×10^7 alg mL⁻¹) 15 gün ara ile topraktan uygulanmıştır. Uygulamada tüm bitkilere sabit oranda mikroalg gübrelenmesi yapılmıştır. Yetiştirmede kullanılan toprak elekten geçirilip, homojen karışım sağlandıktan sonra taban gübresi olarak %100 mineral gübre dozu 80 mg P₂O₅/kg, 160 mg N/kg ve 100 mg K₂O/kg şeklinde hazırlanmıştır. Üst gübre olarak ise 40 mg N/kg ekimden 1 ay sonra bitkilere uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan mikroalg (*C. vulgaris*) Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Bölümünden temin edilmiş ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarında kültüre alınmıştır. Yığın kültürlerin üretiminde Bold Wynne besi ortamı (NaNO₃-0,250 g; MgSO₄.7H₂O-0,075 g; K₂HPO₄-0,075 g; KH₂PO₄- 0,0175 g; NaCl-0,025 g; CaCl₂.H₂O-0,025 g; Distile Su-1000 ml) kullanılmıştır (Yalçın Duygu, 2017).

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve özellikleri

Analiz Tipi	Sonuç	Durumu
Potasyum (K ₂ O) kg/da	58.02	Yüksek
Fosfor (P ₂ O ₅) kg/da	3.12	Az
Kireç (%)	11.025	Orta Kireçli
Organik Madde (%)	1.98	Az
ToplamTuz (%)	0.036	Tuzsuz
pH	7.21	Nötr
Saturasyon (%)	31.1	Tınlı



Şekil 1. Deneme boyunca ölçülen sera içi sıcaklık-nem değerleri

Çizelge 2. Denemede yapılan uygulamalar

UYGULAMA
Kontrol
%25 Mineral Gübre (MG)
%50 MG
%75 MG
%100 MG
Mikroalg (2×10^7 alg mL ⁻¹)
%25 MG + Mikroalg(2×10^7 alg mL ⁻¹)
%50 MG + Mikroalg(2×10^7 alg mL ⁻¹)
%75 MG + Mikroalg(2×10^7 alg mL ⁻¹)
%100 MG + Mikroalg(2×10^7 alg mL ⁻¹)

Mineral Gübre(MG)

Tarımsal üretimde organik gübre olarak nitelendirilen mikroalg kullanımının değişik oranlarda mineral gübre ile birlikte ıspanak bitki gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla deneme sonunda, bitki boyu, kök boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı, yaprak taze ve kuru ağırlığı, kök taze ve kuru ağırlığı, yaprak oransal su içeriği, membran zararlanma indeksi, SÇKM (suda çözünebilir madde miktarı), klorofil miktarı, lipit peroksidasyonu ürünü malondialdehit (MDA) ve enzim aktivitelerinin (Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, Katalaz (CAT) aktivitesi, Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi) yanı sıra yaprakta makro ve mikro besin elementi içerikleri incelenmiştir (İbrikçi ve ark., 1994; Jebara ve ark., 2005; Kuşvuran, 2010; Güneri Bağcı, 2010; Ergün, 2011).

Tesadüf parselleri faktöryel deneme desenine göre yürütülen denemenin sonuçları SPSS paket programında analiz edilmiş ve istatistiksel olarak önemli bulunan sonuçlarda, uygulamalar arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla %1 veya %5 önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi (gübre miktarı) veya t-test (mikroalg uygulaması) uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Gübre ve mikroalg uygulamalarının bitki boyu (cm), gövde çapı (mm), yaprak alanı (cm²/bitki), yaprak yaş ağırlığı (gr), yaprak kuru ağırlığı (gr), kök yaş ağırlığı (gr) ve kök kuru ağırlığı (gr) üzerine etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Çalışmada bitki boyunda önemli düzeyde bir farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Bitki boyu bakımından bütün gübre dozlarının kontrol (%0 gübre) uygulamasına göre daha yüksek bitki boyu değerleri elde edildiği görülmüştür. Alg uygulamalarının ortalamaları incelendiğinde ise, en yüksek değer 13.687 cm ile alg uygulaması yapılan grupta yer alırken, en düşük değer 11.860 cm ile alg uygulanmayan grupta yer almıştır. Genel olarak gübre ve ALG (+) uygulamalarında bitki boylarının tamamı kendi kontrolüne göre daha fazla artış göstermiştir. Ergün ve ark. (2020), su kültüründe kıvırcık marul yetiştiriciliğinde farklı mineral gübre dozları (%100 (kontrol), %80, %60 ve %40) üzerine mikroalg biyo-gübresi olarak *C. vulgaris* uygulamasının büyüme ve gelişme üzerine etkilerini araştırmış ve en yüksek bitki boyu %100 Besin+Mikroalg uygulamasında görülürken, Besin+Mikroalg uygulamalarında bitki boylarının tamamı kendi kontrolü olan mikroalgsiz besin uygulamasına göre %13.54-% 19.58 oranında artış göstermiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada gübre ve mikroalg birlikte kullanımı bitki boyu üzerine %4.85 - %24.99 oranında artışa neden olmuştur. Aydoğan ve ark. (2011), topraksız domates yetiştiriciliğinde farklı besin dozlarında (%100, %80, %60 ve %40) mikroalg (*C. vulgaris*) kullanımının etkileri araştırmışlar ve %100 Besin+Alg uygulaması dışında diğer uygulamalar kendi kontrollerinin üzerinde bitki boyu değerlerine ulaşmışlardır. Yılmaz ve ark. (2020), kıvırcık marul bitkilerinde biyo-gübrelere büyüme ve gelişme üzerine etkilerini araştırmışlar ve mikroalglerin marul bitki boyu üzerine etkileri mikoriza ve bakterilerden sonra gelmiştir. Rathore ve ark. (2009) soya bitkisinde deniz yosunu ekstraktının verim, bitki büyümesi ve besin alımına etkilerini araştırmışlar ve

en yüksek bitki boyunun %15 konsantrasyonda uygulanan deniz yosunu ekstraktında olduğu tespit edilmiştir.

Gövde çapı bakımından alg uygulamalarının ortalamaları incelendiğinde, en yüksek değer 3.381 ile ALG(+) uygulaması yapılan grupta yer alırken, en düşük değer 2.690 cm ile ALG(-) uygulanmayan grupta yer almıştır (Çizelge 3). Organik silajlık mısır bitkisi (*Zea mays* L.) üzerine biyogübre olarak *C. vulgaris* kullanımının mısır metabolik özellikleri ve büyüme parametrelerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Önalın, 2012), silajlık mısır bitkisinin kontrol grubu gövde çapı değeri ortalama 2.5 cm iken, *C. vulgaris* kullanılan grubun gövde çapı değeri ortalama 5 cm olarak ölçülmüştür. Yine mısır bitkisi (*Zea mays* L.) üzerine yapılan bir başka çalışmada ise mısır bitkisinin kontrol grubu gövde çapı değeri ortalama 7.5 cm iken, *C. vulgaris* kullanılan grubun gövde çapı değeri ortalama 11.5 cm olarak ölçülmüştür (Gezgin Demir, 2020). Mikroalg ile yapılmış olan bu çalışmalara paralel olarak yapmış olduğumuz çalışmada da ALG(+) uygulaması yapılan gruplarda gövde çapı değeri yüksek çıkmıştır. Yapmış olduğumuz çalışma ile yapılan bu çalışmalar birbirlerini destekler niteliktedirler. Özdemir (2014), domates fideleri üzerine biyogübre olarak mikroalg uygulamasının bitki büyüme gelişme üzerine etkisinin araştırmış ve köklere sıvı olarak yapılan alg uygulaması sonucu gövde çapı değeri, kontrol grubuna göre %21.5 artış göstermiştir. Yapmış olduğumuz çalışmaya bakacak olursak, gübre ve ALG (+) uygulamalarında gövde çaplarının tamamı kendi kontrolüne göre daha fazla artış göstermiş ve bu değer ortalama %25.68 olarak belirlenmiştir.

Gübre ortalamaları arasındaki değerler incelendiğinde, yaprak alanı için en yüksek değer 48.208 ile %25 gübre uygulamasında görülürken, en düşük değer 31.425 ile %0 gübre uygulamasında görülmüştür. %75 ve %50 gübre uygulamaları yaprak alanı değerleri, %25 gübre uygulaması grubunda yer almıştır (Çizelge 3). Mikroalg uygulamalarının ortalamaları incelendiğinde ise, en yüksek değer 45.867 ile alg uygulaması yapılan grupta yer alırken, en düşük değer 37.817 ile alg uygulanmayan grupta yer almıştır. Türkmen (2019)'in yapmış olduğu çalışmada, 4 kavun genotipi üzerine kontrol, tuz, tuz+mikroalg uygulamaları yapılarak tuz stresine karşı mikroalglerin etkisi incelenmiştir. Deneme sonunda yaprak alanı bakımından incelenen genotiplere bakıldığı zaman en yüksek değerler kontrol bitkilerinde bulunurken, en düşük değerler ise stresin etkisiyle tuz uygulaması yapılan grupta yer almıştır. Tuz+mikroalg uygulaması bu iki değer arasında yer alarak stresin engelleyici etkisini belirli bir seviyeye kadar azalttığı bildirilmiştir. Mufwanzala ve Dikinya (2010), ıspanak bitkisi üzerine biyogübre olarak tavuk gübresi kullanımının tuzluluğa, büyüme ve verimine etkisini araştırmışlar ve %10 gübre ilavesi yapılan grubun yaprak alanı değerleri kontrole göre önemli oranda artmış ve en yüksek değere ulaşmıştır. Peyvast ve ark., (2008) organik gübre olarak vermikompost (% 0, 10, 20 ve 30) kullanılmışlar ve ıspanak yaprak alanı üzerine %10 uygulamasında en yüksek değer elde edilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada ıspanak bitkisi üzerine biyogübre olarak mikroalg kullanılmış ve yaprak alanı değerleri incelendiğinde sonuçlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Moniem ve ark. (2008) ve Daşgan ve ark., (2010)'nın yapmış oldukları çalışmalarda da yukarıda bahsi geçen konulara paralel sonuçlar göstermektedir. Daşgan ve ark., (2010) ve Moniem ve ark., (2008) tarafından sırasıyla topraksız kabak yetiştiriciliği ve asma bitkisi üzerine *C. vulgaris* kullanımının büyüme ve gelişme üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmaların sonucunda yaprak alanı değerlerinin *C. vulgaris* kullanımına bağlı olarak artış gösterdiği bildirilmiştir.

Yaprak kuru ağırlığına bakıldığında alg uygulamaları için, en yüksek değer 0.851 ile ALG(+) uygulaması yapılan grupta yer alırken, en düşük değer 0.572 ile ALG(-) uygulanmayan grupta yer almıştır (Çizelge 3). Gübre ortalamaları arasındaki değerler incelendiğinde, en yüksek değer 0.923 ile %25 gübre uygulamasında görülürken, en düşük değer 0.554 ile %100 gübre uygulamasında görülmüştür. Yaprak yaş ağırlığı açısından elde edilen değerler incelendiğinde en yüksek değer

13.413 ile ALG(+) uygulaması yapılan grupta yer alırken, en düşük değer 9.091 ile ALG(-) uygulanmayan grupta yer almıştır. Gübre ortalamaları arasındaki değerler incelendiğinde, en yüksek değer 15.247 ile %25 gübre uygulamasında görülürken, en düşük değer 8.116 ile %0 gübre uygulamasında görülmüştür. Kholssi ve ark. (2018)'in yapmış olduğu benzer bir çalışmada ıspanak bitkisi üzerine biyogübre olarak *Anabaena sphaerica* ve *C. vulgaris* uygulaması yaprak ve topraktan olmak üzere iki şekilde yapılmış ve büyüme parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Yaprak kuru ve yaş ağırlık değerleri tüm alg türü ve iki farklı uygulama yönteminde kontrole göre artış göstermiştir. Kuru ağırlık ortalama %24-29 oranında artış gösterirken, yaş ağırlık değerleri ise %21-25 oranında artışa neden olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçlar yapmış olduğumuz çalışma bulguları ile birbirini destekler niteliktedir. Çalışmamız diğer çalışmalarla karşılaştırıldığı zaman %100 gübre uygulaması hariç birbirleriyle tutarlı sonuçlar elde edildiği gözlenmektedir. Ergün ve ark. (2020) su kültüründe kıvrıkcık marul yetiştiriciliğinde farklı mineral gübre dozları (%100 (kontrol), %80, %60 ve %40) üzerine mikroalg biyo-gübresi olarak *C. vulgaris* uygulamasının büyüme ve gelişme üzerine etkileri araştırılmışlar ve bitki yaş ağırlık üzerine en yüksek değer %80 Besin+Mikroalg uygulamasında görülürken, en düşük değer %40 Besin uygulamasında olduğunu tespit edilmiştir; yaprak kuru ağırlığında ise en yüksek değer %100 Besin uygulamasında görülürken, en düşük değer %80 Besin uygulamasında görülmüş; Kuru ve yaş ağırlık değerleri için *C. vulgaris* kullanımı ile %100 uygulaması hariç diğer tüm uygulamalar aynı besin dozunda daha yüksek yaş ağırlık değerlerine ulaşmıştır. Yapmış olduğumuz çalışmada %100 gübre uygulaması hariç diğer tüm uygulamalarda alg kullanımıyla daha yüksek yaprak kuru ve yaş ağırlık değerleri elde edilmiştir. Böylece yapılan çalışma ile yapmış olduğumuz çalışmada mikroalg kullanımının yaprak kuru ve yaş ağırlığına etkisi bakımından paralel sonuçlar elde edilmiştir. Özdemir (2014), organik domates yetiştiriciliğinde *C. vulgaris* kullanımının bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkilerini araştırmış ve *C. vulgaris*'in bitki gelişimi (bitki boyu, gövde çapı, kök boyu, vejetatif aksam, kök yaş ve kuru ağırlığı), verim değerleri (toplam verim, ortalama meyve adedi), yaprak klorofil içeriği gibi parametrelerinde artırıcı etkiye neden olduğu bildirilmiştir. Dineshkumar ve ark. (2018), çeltikte biyogübre olarak *C. vulgaris* ve *Spirulina* kullanımının bitki gelişimi ve tohum verimi üzerindeki etkisinin araştırmışlar ve mikroalg uygulamalarının verimi %7-29 oranında artırdığı, toprağın biyolojik ve kimyasal açıdan iyileştirici etkisinin olduğunu ve her iki mikroalg türünün de biyogübre olarak başarı ile kullanılabileceği bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda da kullanılan mikroalglerin ıspanak bitkisinde yaprak yaş ve kuru ağırlığı artırıcı etkiye sahip olduğu kanısına varılmıştır. Aydın (2011), sera topraksız domates yetiştiriciliğinde *C. vulgaris* uygulamasının bitki büyüme ve gelişmelerini incelenmiş ve %100 gübre uygulaması hariç diğer tüm uygulamalarda alg kullanımıyla birlikte kendi kontrollerinin üzerinde yaprak kuru ve yaş ağırlık değerleri elde edilmiştir. Böylece yapılan çalışma ile yapmış olduğumuz çalışmada mikroalg kullanımının yaprak kuru ve yaş ağırlığına etkisi bakımından paralel sonuçlar elde edilmiştir. Kopta ve ark., (2018), mikroalg (*C. vulgaris*) ve bakteri (*Bacillus licheniformis*, *B. megatherium*, *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp. ve *Herbaspirillum* sp.) uygulamalarının, marul yaprak verimi ve besin parametreleri üzerine etkilerini araştırmışlar ve taze bitki ağırlığı ve marul verimi üzerine olumlu etki ettiği belirtilmektedir.

Kök yaş ağırlığından elde edilen verilere bakıldığında en düşük değer 1.334 ile ALG(-) uygulanmayan grupta yer alırken, en yüksek değer 3.266 ile ALG(+) uygulaması yapılan grupta yer almıştır (Çizelge 3). Kök kuru ağırlığı açısından alg uygulamalarının ortalamaları incelendiğinde ise, en yüksek değer 0.266 gr ile alg uygulaması yapılan grupta tespit edilirken, en düşük değer 0.157 gr ile alg uygulanmayan grupta tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Ispanakta gübre ve alg uygulamalarının morfolojik özellikler üzerine etkileri

Mineral Gübre (MG)	Mikroalg Gübre (Alg)	Bitki Boyu (cm)	Kök Boyu (cm)	Gövde Çapı (mm)	Yaprak Sayısı (adet)	Yaprak Alanı (cm ² /bitki)	Yaprak Yaş Ağırlığı (gr)	Yaprak Kuru Ağırlığı (gr)	Kök Yaş Ağırlığı (gr)	Kök Kuru Ağırlığı (gr)
%0	ALG (-)	10.300	25.166 ^{öd}	2.825 ^{öd}	8.167 ^{öd}	26.933	6.195	0.413	0.870 ^{öd}	0.162
	ALG (+)	10.800	34.666	3.122	8.500	35.917	10.037	0.745	4.768	0.430
Ortalama		10.550B***	29.916 ^{öd}	2.973 ^{öd}	8.333 ^{öd}	31.425B**	8.116C***	0.579B**	2.819 ^{öd}	0.296A**
%25	ALG (-)	12.617	28.500	2.697	9.500	42.483	12.240	0.747	1.660	0.203
	ALG (+)	14.567	31.500	3.293	9.167	53.933	18.253	1.098	3.638	0.263
Ortalama		13.592A	30.000	2.995	9.333	48.208A	15.247A	0.923A	2.649	0.233AB
%50	ALG (-)	12.650	24.000	2.555	8.167	40.567	7.935	0.492	0.837	0.112
	ALG (+)	14.867	28.500	3.212	9.167	47.817	14.940	1.033	3.928	0.315
Ortalama		13.758A	26.250	2.883	8.667	44.192A	11.438BC	0.763AB	2.383	0.213BC
%75	ALG (-)	12.267	25.166	2.808	8.167	37.083	9.803	0.603	1.440	0.157
	ALG (+)	15.333	27.500	3.357	9.333	54.917	15.138	0.875	2.547	0.170
Ortalama		13.800A	26.333	3.083	8.750	46.000A	12.471AB	0.739AB	1.993	0.163BC
%100	ALG (-)	11.467	25.666	2.565	8.333	42.017	9.282	0.605	1.863	0.153
	ALG (+)	12.867	21.666	3.922	8.000	36.750	8.698	0.504	1.447	0.152
Ortalama		12.167A	23.666	3.243	8.167	39.383AB	8.990BC	0.554B	1.655	0.153C
Mikroalg Ortalama										
	ALG (-)	11.860B***	25.700 ^{öd}	2.690B**	8.467 ^{öd}	37.817B**	9.091B***	0.572B***	1.334B***	0.157***
	ALG (+)	13.687A	28.766	3.381A	8.833	45.867A	13.413A	0.851A	3.266A	0.266
Ortalama		12.773	27.233	3.036	8.650	41.842	11.252	0.712	2.300	0.212

Aynı büyük harf tarafından takip edilmeyen her ortalama uygulama için aynı sütundaki değerler, istatistiksel olarak önemli bir farkı gösterir (* (P < 0.05), ** (P < 0.01) veya) veya *** (P < 0.001)] Küçük harfler mikroalg x gübre einteraksiyonu içindir. ^{öd}: istatistiksel fark önemli değil.

Özdemir (2014) sera organik domates fideleri üzerine yapılan benzer bir çalışmada biyogübre olarak mikroalg uygulamasının bitki büyüme gelişme üzerine etkisinin araştırmış ve mikroalglerin kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine artırıcı etkiye neden olduğu bildirilmiştir Yapmış olduğumuz çalışmada tüm gübre dozlarında kök yaş ağırlık değerleri alg kullanımıyla artış meydana gelerek diğer çalışmalarla tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Aynı şekilde kök kuru ağırlık değerleri için %100 gübre dozu haricindeki tüm dozlar kendi kontrollerine göre ALG(+) kullanımıyla birlikte artışa neden olarak, alglerin kök boyu ve gelişimine neden olması açısından benzer sonuçlar doğurmuştur. Mısırdaki yürütülen bir çalışma sonucunda mikroalg (*C. vulgaris*) ilavesinin, köklenme oranı ile birlikte kök ve gövde kuru ağırlıkları ve bitki boyunda kontrol bitkilerine oranla artış sağladığı ifade edilmiştir (Shaaban ve ark. 2001). Ergün ve ark. (2020), su kültüründe kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde farklı mineral gübre dozları (%100 (kontrol), %80, %60 ve %40) üzerine mikroalg biyo-gübresi olarak *C. vulgaris* uygulaması denenmiş ve *C. vulgaris* kullanımının kök yaş ağırlığı, kuru ağırlığı ve kuru ağırlık oluşturma yüzdesi artırıcı etkiye neden olduğu bildirilmiştir.

Farklı dozlarda gübre ve mikroalg (*C. vulgaris*) uygulamalarının ıspanakta (*Spinacia oleracea*) yaprak oransal su içeriği (%), Suda çözünabilir kuru madde miktarı (%), klorofil miktarı (mg g⁻¹), lipid peroksidasyonu (µmol g⁻¹ T.A), APX enzim aktivitesi (nmol/g TA), CAT enzim aktivitesi (nmol/g TA) ve SOD enzim aktivitesi (ünite/g TA) üzerine etkileri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Ispanakta gübre ve alg uygulamalarının fizyolojik özellikler üzerine etkileri

Mineral Gübre (MG)	Mikroalg Gübre (Alg)	Yaprak Oransal Su İçeriği (%)	Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı (%)	Klorofil Miktarı (mg g ⁻¹)	Lipit Peroksidasyonu (µmol g ⁻¹ T.A)	APX enzim aktivitesi (nmol/g TA)	CAT enzim aktivitesi (nmol/g TA)	SOD enzim aktivitesi (ünite/g TA)
%0	ALG (-)	86.312 ^{öd}	3.500 öd	44.633 öd	0.015 ^{öd}	0.009 ^{öd}	0.009	0.053 ^{öd}
	ALG (+)	85.768	4.700	45.516	0.027	0.006	0.012	0.069
Ortalama		86.040 ^{öd}	4.100 ^{öd}	45.075 ^{öd}	0.021 ^{öd}	0.008 ^{öd}	0.010B**	0.061 ^{öd}
%25	ALG (-)	84.132	3.900	45.450	0.017	0.006	0.010	0.024
	ALG (+)	90.278	4.700	47.083	0.022	0.011	0.014	0.074
Ortalama		87.205	4.300	46.266	0.019	0.008	0.012B	0.049
%50	ALG (-)	84.024	3.600	43.033	0.021	0.000	0.023	0.058
	ALG (+)	85.394	4.500	48.483	0.020	0.006	0.024	0.066
Ortalama		84.709	4.050	45.758	0.020	0.003	0.023A	0.062
%75	ALG (-)	88.071	3.800	41.166	0.021	0.003	0.010	0.086
	ALG (+)	85.427	4.800	44.016	0.015	0.015	0.008	0.103
Ortalama		86.749	4.300	42.591	0.018	0.009	0.009B	0.094
%100	ALG (-)	85.026	4.600	46.766	0.026	0.006	0.009	0.101
	ALG (+)	83.575	4.500	38.916	0.010	0.000	0.009	0.082
Ortalama		84.300	4.550	42.841	0.018	0.003	0.009B	0.092
Mikroalg Ortalama								
	ALG (-)	85.513 ^{öd}	3.880 ^{öd}	44.210 ^{öd}	0.020 ^{öd}	0.005 ^{öd}	0.012 ^{öd}	0.064 ^{öd}
	ALG (+)	86.088	4.640	44.803	0.018	0.008	0.013	0.079
Ortalama		85.800	4.260	44.506	0.019	0.006	0.013	0.072

Aynı büyük harf tarafından takip edilmeyen her ortalama uygulama için aynı sütundaki değerler, istatistiksel olarak önemli bir farkı gösterir ** (P < 0.01); öd: istatistiksel fark önemli değil

Yapılan gübre ve mikroalg (*C. vulgaris*) uygulamalarının yalnızca CAT enzim aktivitesi (nmol/g TA) üzerine etkileri istatistiksel olarak p<0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. %50 gübre uygulamasının katalaz (CAT) enzim aktivitesi üzerine etkisi bütün gübre dozlarına göre daha yüksek değer elde edildiği ve kontrole göre enzim aktivitesini %100 oranında arttırdığı görülmüştür. Alg uygulamalarının ortalamaları incelendiğinde ise en yüksek değer 0.013 ile ALG(+) uygulaması yapılan grupta yer alırken, en düşük değer 0.012 ile ALG(-) uygulanmayan grupta yer almıştır. Gübre ortalamaları arasındaki değerler incelendiğinde, en yüksek değer 0.023 ile Alg uygulamasına benzer şekilde %50 gübre uygulamasında görülürken, en düşük değer 0.009 ile %100 ve %75 gübre uygulamasında görülmüştür. Yapılan bir çalışmada sıvı alg gübresinin farklı konsantrasyonlarda uygulamasının börülce, fasulye mısır ve pirinç tohumları üzerine etkileri araştırılmıştır. Sıvı alg özütünde bekletilerek yetiştirilen bitkilerin enzim aktiviteleri incelenmiştir. Börülce, fasulye, pirinç ve mısır üzerine uygulanan analizler sonucunda kontrole göre alg uygulamalarının kök, gövde ve yapraklardaki CAT seviyesini artırıcı etkisi olduğu ve en yüksek CAT değerinin yapraklarda olduğu bildirilmiştir (Çaparkaya, 2009). Yapmış olduğumuz çalışmada %100 gübre dozlarında alg uygulamalarının etkisi görülmezken, %75 gübre dozu ile birlikte alg uygulaması yapılan grubun CAT değeri kendi kontrolüne göre düşük çıkmıştır. %0, %25, %50 gübre dozları ile birlikte alg uygulandığı takdirde CAT değerleri kendi kontrollerine göre yüksek bulunmuştur.

Farklı dozlarda gübre ve mikroalg (*C. vulgaris*) uygulamalarının ıspanakta (*Spinacia oleracea*) makro ve mikro besin elementi içerikleri üzerine etkileri Çizelge 5'te verilmiştir. Fosfor, kalsiyum, sodyum, demir, mangan makro ve mikro besin elementleri açısından istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Gübre ve mikroalg (*C. vulgaris*) uygulamalarının fosfor değeri üzerine etkileri incelendiğinde en yüksek değer (% 0.266) ALG(+) uygulaması yapılan grupta yer

alırken, en düşük değer (% 0.241) ALG(-) uygulanmayan grupta yer almıştır. Ca içeri bakımından gübre ortalamaları arasındaki değerler incelendiğinde, en yüksek değer (%1.651) %100 gübre uygulamasında görülürken, en düşük değer %1.256 Ca ile %25 gübre uygulamasında görülmüştür. Alg uygulamalarının ortalamalarına bakıldığında ise, en yüksek değer (%1.539) alg uygulaması yapılmayan grupta yer alırken, en düşük değer (%1.350) alg uygulaması yapılan grupta yer almıştır. Fe oranına ait değerlere baktığımızda alg uygulamaları için en yüksek değer (%1.97) ALG(-) uygulanmayan grupta yer alırken, en düşük değer %1.63 ile ALG(+) uygulaması yapılan grupta yer almıştır. Gübre uygulamalarının ortalamaları incelendiğinde elde edilen değerler önemli bulunmasa da en yüksek değer (%1.89) %50 gübre uygulamasında görülürken, en düşük değer (%1.69) %25 gübre uygulamasında görülmüştür. Farklı dozlarda gübre ve mikroalg (*C. vulgaris*) uygulamalarının ıspanakta (*Spinacia oleracea*) bitki Mn oranına baktığımızda Gübre ortalamaları arasındaki değerler için, en yüksek değer (179.0 ppm) %100 gübre uygulamasında görülürken, en düşük değer (129.8 ppm) %50 gübre uygulamasında görülmüştür. %100 gübre uygulaması yapılan grup diğer gübre dozu uygulamalarına göre daha yüksek bitki mangan (Mn) oranı değeri elde edilmiştir. %25 %50 %75 gübre dozları aynı grupta yer alarak %100 gübre uygulama doz grubuna göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Alg uygulamaları sonucu elde edilen değerler önemli bulunmasa da en yüksek değer (147.1 ppm) ALG(-) uygulanmayan grupta yer alırken, en düşük değer (142.8 ppm) ALG(+) uygulaması yapılan grupta yer almıştır.

Yürütmüş olduğumuz çalışmada istatistiksel açıdan P, Ca, Na, Fe gibi besin elementleri için önemli bir fark olduğu ve mikroalg kullanımının olumlu sonuçlar doğurduğu gözlenmiştir. Nitekim Zodape ve ark. (2011), domates yetiştiriciliğinde %2.5 kontrol grubuna göre, %5 oranında deniz yosunu uygulaması yapılan grupta meyve verimi, meyve sayısı, makro ve mikro element içeriğinde önemli derecede artış olduğunu bildirmişlerdir. Yine Nikolaos ve ark. (2016)'nın *C. vulgaris* ve *Anabaena sphaerica* mikroalg türlerinin biyogübre olarak topraktan ve yapraktan kullanımının ıspanak üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, her iki alg türü için de makro besin elementi (N, P ve K) değerlerinin kontrol bitkilerine kıyasla daha yüksek çıktığını ve sprey şeklinde yaprağa uygulanmış olanların ise daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada da hemen hemen benzer sonuçlar elde edilmiş olup; N değeri %25 ve %50 gübre ile birlikte ALG(+) kullanıldığında artış meydana gelirken, P değeri istatistiksel açıdan önemli bulunarak, %50 gübre uygulamasındaki tüm uygulamalar için artış göstermiştir. K değerleri incelendiğinde %0 gübre uygulaması dışındaki tüm uygulamalar (%25, %50, %75, %100) için artış gözlenmiş yapılan çalışma ile benzer sonuçlar elde edildiği saptanmıştır. Çalışmamızdaki bazı gübre dozları için besin elementleri için artış gözlenmemesi, araştırmamızdaki mikroalg uygulamalarının topraktan yapılması ve uygulanmış olan konsantrasyon farkından kaynaklanıyor olduğu kanaatini güçlendirmiştir.

Genel olarak, rizosfer mikroorganizmaları, birbirleriyle çok yönlü yollarla ve çevredeki ortamlara tepki vererek etkileşime girebilmektedir. Ayrıca mikroalglerin AMF ve bakteriler ile karşılıklı etkileşimler kurabileceği bilinmektedir (Hristozkova ve ark., 2018; Abinandan ve ark., 2019; Kang ve ark., 2021). Hristozkova ve ark., (2018), hem mikroalgler hem de AMF ile ikili aşılamanın mikorizal işlevi uyardığını (glomalinle ilgili proteinlerin konsantrasyonu) ve mikorizal uyarım yoluyla hem doğrudan hem de dolaylı olarak bitki performansını iyileştirdiğini bildirmiştir. Kang ve ark. (2021), mikroalglerin ve bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin (PGPR), biyoaktif bileşiklerin (örn., fito-hormonlar, amino asitler, ve karotenoidler) ve ayrıca bitki patojenlerini önleme yeteneklerini bildirmektedir. Abinandan ve ark. (2019), mikroalglerin karbon fiksasyonu, hücre dışı polisakkaritler ve biyolojik toprak kabuğunun başlatılması gibi potansiyel toprak özelliklerine sahip olabileceğini ve hem mikroalg (*Chlorella* sp.) hem de siyanobakterilerle ikili aşılamanın özellikle marjinal topraklarda

nitrojen ve toprak enzim aktivitelerinin ve mikrobiyal biyokütlenin iyileştirilmesi yoluyla toprak verimliliği için çok yararlı bir faktör olduğunu belirtmektedirler.

Çizelge 5. Ispanakta gübre ve alg uygulamalarının makro ve mikro besin elementi içerikleri üzerine etkileri

Mineral Gübre (MG)	Mikroalg Gübre (Alg)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn(ppm)
%0	ALG (-)	5.594 ^{öd}	0.214 ^{öd}	8.931 ^{öd}	1.536	0.478 ^{öd}	2.05 ^{öd}	35.7	123.5	30.9 ^{öd}	63.1 ^{öd}
	ALG (+)	4.905	0.292	8.477	1.255	0.452	1.58	35.8	163.7	15.3	95.6
Ortalama		5.250 ^{öd}	0.253 ^{öd}	8.704 ^{öd}	1.397BC**	0.465 ^{öd}	1.82 ^{öd}	35.7B**	143.6B***	23.1 ^{öd}	79.4 ^{öd}
%25	ALG (-)	6.346	0.262	8.186	1.339	0.539	1.81	37.8	147.9	16.3	71.4
	ALG (+)	7.451	0.265	8.486	1.172	0.444	1.57	30.1	130.2	15.3	95.5
Ortalama		6.899	0.263	8.336	1.256C	0.492	1.69	33.9B	139.0B	15.8	83.5
%50	ALG (-)	6.629	0.257	8.022	1.544	0.496	2.35	37.0	126.9	13.8	90.8
	ALG (+)	7.316	0.227	8.885	1.528	0.563	1.43	37.0	132.8	20.3	63.4
Ortalama		6.973	0.242	8.454	1.536AB	0.530	1.89	37.0AB	129.8B	17.1	77.1
%75	ALG (-)	7.531	0.203	8.386	1.541	0.553	1.75	42.3	153.4	14.9	73.4
	ALG (+)	5.549	0.273	8.764	1.230	0.469	1.85	35.1	113.2	14.7	60.9
Ortalama		6.540	0.238	8.575	1.386BC	0.511	1.80	38.7 AB	133.3B	14.8	67.1
%100	ALG (-)	6.874	0.269	8.556	1.737	0.589	1.89	43.1	184.1	17.9	96.2
	ALG (+)	6.216	0.271	9.005	1.566	0.516	1.72	40.3	173.9	16.8	64.2
Ortalama		6.545	0.270	8.780	1.651A	0.552	1.81	41.7A	179.0A	17.3	80.2
Mikroalg Ortalama											
	ALG (-)	6.595 ^{öd}	0.241B*	8.416 ^{öd}	1.539A*	0.531 ^{öd}	1.97 A***	39.2 A**	147.1 ^{öd}	18.8 ^{öd}	79.0 ^{öd}
	ALG (+)	6.287	0.266A	8.723	1.355B	0.489	1.63 B	35.7 B	142.8	16.5	75.9
Ortalama		6.441	0.253	8.570	1.445	0.510	1.80	37.4	144.9	17.6	77.5

Aynı büyük harf tarafından takip edilmeyen her ortalama uygulama için aynı sütundaki değerler, istatistiksel olarak önemli bir farkı gösterir (** (P < 0.01) veya) veya *** (P < 0.001); ^{öd}: istatistiksel fark önemli değil

SONUÇ

Mikroalgler hakkında güncel bilgiler sınırlı olduğundan dolayı mikroalg [*C. vulgaris* Beyerinck (Beijerinck)] kullanımının ıspanakta bitki büyüme ve gelişmesi üzerine etkileri merak konusu olmuştur. Yapmış olduğumuz çalışmada mikroalg uygulamalarının ıspanak bitki boyu üzerine gübre ile birlikte kullanıldığı takdirde olumlu sonuçlar oluşturmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre ıspanak gelişimi üzerine alg kullanımı bitki boyu, gövde çapı, yaprak alanı, yaprak yaş-kuru ağırlığı, kök yaş-kuru ağırlığı ve P değerleri üzerinde önemli artışlara yol açmıştır. Bununla birlikte Fe, Ca ve Na değerlerinde ise istatistiksel açıdan önemli düşüşler gözlenmiştir. Sonuç olarak, çalışmada mikroalg uygulamalarının özellikle mineral gübreyle birlikte verilmesi sonucunda bitki besin alınımını kolaylaştırdığı ve gelişmesi açısından olumlu sonuçlandığı görülmektedir. Ispanak yetiştiriciliğinde önerilen dozda mikroalg kullanımı ile kimyasal gübre kullanımını azaltarak toprak kirliliğinin önüne geçilebilmesi mümkün olabilecektir. Ispanak yetiştiriciliğinde mineral gübre kullanımının %25- %50 oranlarında azaltılarak ve de organik bir biyogübre olan mikroalg ile birlikte kullanımıyla toprakta fazla birikecek kimyasal gübrenin önüne geçilmesi, çevre dostu ve sürdürülebilir bir üretim ile daha kaliteli ürünlerin yetiştirilmesi ve üreticiler için daha ekonomik bir üretim gerçekleştirmesi mümkün olabilecektir. Ayrıca, gelecekte yapılacak çalışmalarda AMF ve PGPR gibi diğer faydalı mikroorganizmaların mikroalg ve rizosfer ile karşılıklı ilişkilerinin detaylı olarak incelenmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Van YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL- 2019-8133 No'lu proje olarak desteklenmiştir. Ayrıca Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ne mikroalg temini için teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Abinandan SSR, Subashchandrabose K, Venkateswarlu M, Megharaj M, 2019. Soil Microalgae and Cyanobacteria: The Biotechnological Potential in The Maintenance of Soil Fertility and Health. *Critical Reviews in Biotechnology*, 39(8): 981-998.
- Ağırman, N. (2015). *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*' un gelişimi, pigment oluşumu, lipit ve protein içeriği üzerine farklı stres faktörlerinin etkileri. Fırat Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Aydöner G, 2011. Sera Topraksız Domates Yetiştiriciliğinde Mikroalg (*Chlorella vulgaris*) Kullanımının Etkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bhattacharyya P, Chakrabarti K, Chakraborty A, 2003. Residual Effects of Municipal Solid Waste Compost on Microbial Biomass and Activities in Mustard Growing Soil, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 49(6): 585-592.
- Blunden G, 1991. Agricultural Uses of Seaweeds and Seaweed Products. *European seaweed resources uses and potential* (Giury MD and Blunden G. eds.), 65-81
- Çaparkaya D, 2009. *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*'den Sıvı Alg Gübre Eldesi ve Bazı Ticari Öneme Sahip Tohumlar Üzerine Biyokimyasal Etkileri, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Çoban GA, Daşgan H, Akhoundnejad Y, Çimen BA, 2020. Use of Microalgae (*Chlorella Vulgaris*) to Save Mineral Nutrients in Soilless Grown Tomato. *Acta Horticulturae*. 1273: 161-168.
- Daşgan HY, Aydoner G, Akyol M, 2010. Use of Some Microorganisms as Bio-Fertilizers in Soilless Grown Squash for Saving Chemical Nutrients, XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation, 2010, August, Lisbon
- Dineshkumar R, Kumaravel R, Gopalsamy J, Sikder MNA, Sampathkumar P, 2018. Microalgae as Bio-Fertilizers for Rice Growth and Seed Yield Productivity. *Waste and Biomass Valorization*, 9(5): 793-800.
- Entry JA, Wood BH, Edwards JH, Wood CW, 1997. Influence of Organic by Products and Nitrogen Source on Chemical and Microbiological Status of an Agricultural Soil. *Biology and Fertility of Soils*, 24(2): 196-204.
- Ergün O, 2011. Su Kültüründe Yetiştirilen Kıvrıkcık Marul Bitkisinde Mikroalg (*Chlorella vulgaris*) Uygulamasının Etkileri, Çukurova Üniv., Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi.
- Ergün O, Daşgan HY, Işık O, 2020. Effects of Micromikroalgae *Chlorella Vulgaris* on Hydroponically Grown Lettuce. *Acta Horticulturae* 1273: 169176.
- FAO, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations Official Website. Grape production. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim tarihi: 01.03.2021).
- Gezgin DE, 2020. Mısır Yetiştiriciliğinde *Chlorella vulgaris* Beyerinck [Beijerinck] ve *Arthrospira Platensis* Gomont Taksonlarının Verim ve Kalite Parametrelerine Etkisi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi .
- Güneri BE, 2010. Nohut Çeşitlerinde Kuraklığa Bağlı Oksidatif Stresin Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametrelerle Belirlenmesi, Ankara Üniv., Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi (Basılmamış).
- Hristozkova ML, Gigova M, Geneva I, Stancheva V, Velikova G, Marinova G. 2018. Influence of Mycorrhizal Fungi and Microalgae Dual Inoculation on Basil Plants Performance. *Gesunde Pflanzen*, 70(2): 99-107.
- İbrikçi H, Gülüt KY, Güzel N, 1994. Gübrelemede Bitki Analiz Teknikleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitapları No:8, s.16-17, Adana-Türkiye.
- Jebara S, Jebara M, Limam F, Aouani ME, 2005. Changes in Ascorbate Peroxidase, Catalase, Guaiacol Peroxidase and Superoxide Dismutase Activities in Common Bean (*Phaseolus Vulgaris*) Nodules under Salt Stress. *Journal of Plant Physiology*, 162(8): 929-936.
- Kang YM, Kim C, Shim S, Bae S, Jang S. 2021. Potential of Algae–Bacteria Synergistic Effects on Vegetable Production. *Frontiers in Plant Science*, 12: 556.
- Kholssi R, Marks EA, Miñón J, Montero O, Deboudi A, Rad C, 2019. Biofertilizing Effect of *Chlorella Sorokiniana* Suspensions on Wheat Growth. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(2): 644-649.

- Kholssi R, Marks EA, Montero O, Maté AP, Debdoubi A, Rad C, 2018. The Growth Of Filamentous Microalgae is Increased on Biochar Solid Supports. *Biocatalysis And Agricultural Biotechnology*, 13: 182-185.
- Kopta T, Pavlikova M, Şekara A, Pokluda R, Maršálek B, 2018. Effect of Bacterial-Algal Biostimulant on The Yield And Internal Quality of Lettuce (*Lactuca Sativa L.*) Produced for Spring and Summer Crop, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2): 615-621.
- Kuşvuran S, Abak K, 2012. Kavun Genotiplerinin Kuraklık Stresine Tepkileri, Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28- 5
- Kütük C, Çaycı G, Baran A, Başkan O, Hartmann R, 2003. Effects of Beer Factory Sludge on Soil Properties and Growth of Sugar Beet (*Beta vulgaris saccharifera L.*), *Bioresource Technology*, 90(1): 75-80.
- Kütük Y, 2016. Kimyasal Gübre, Yosun Kompostu ve Zeolitin Fasulye Verimi ve Toprağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Kısa Dönem Etkileri, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Madejon E, Lopez R, Murillo JM, Cabera F, 2001. Agricultural Use of Three (sugar-beet) Vinasse Composts: Effect on Crops and Chemical Properties of A Cambisol Soil in The Guadaquivir River Valley (SW Spain), *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 84(1): 55-65.
- Moniem EAA, Abd-Allah ASE, 2008. Effect of Green Alga Cells Extact as Foliar Spray on Vegetative Growth, Yield and Berries Quality of Superior Grapevines *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 4(4): 427-433
- Moniem EAA, Abd-Allah ASE, Ahmed MA, 2008. The Combined Effect of Organic Manures. Mineral Fertilizers and Algal Cells Extract on Yield and Fruit Quality of Williams Banana Plants, *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 4(4): 417-426.
- Mufwanzala N, Dikinya O, 2010. Impact of Poultry Manure and Its Associated Salinity on The Growth and Yield of Spinach (*Spinacea Oleracea*) and Carrot (*Daucus Carota*). *International Journal of Agriculture And Biology*, 12(4): 489-494.
- Nikolaos G, Georgios P, Vayos K, Xenofon S, Nikolaos C, 2016. Effects of Manure Enriched with Algae (*Chlorella Vulgaris*) on Soil Chemical Properties, *Soil and Water Research*, 13(1): 51-59.
- Önalın S, 2012. Organik Silajlık Mısır Bitkisinin (*Zea mays L.*) Metabolik Özellikleri ve Büyüme Parametreleri Üzerine Gübre Olarak *Chlorella vulgaris* Kullanımının Etkileri, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Özdemir, S. 2014. Sera Organik Domates Yetiştiriciliğinde *Chlorella vulgaris* Beyerinck [Beijerinck]'in Biyogübre Olarak Kullanımının Bitki Gelişimi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Peyvast G, Olfati JA, Madeni S, Forghani A, 2008. Effect of Vermicompost on The Growth and Yield of Spinach (*Spinacia Oleracea L.*), *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6(1): 110-113.
- Rathore SS, Chaudhary DR, Borincha GN, Ghosh A, Bhatt BP, Zadape ST, Patolia JS, 2009. Effect Od Seaweed Extract on The Growth, Yield and Nutrient Uptake of Soybean (*Glycine Max*) under Rainfed Conditions, *South African Journal of Botany*, 75(2): 351-355.
- Shaaban MM, 2001. Nutritional Status and Growth of Maize Plants as Affected by Green Microalgae as Soil Additives, *Online Journal of Biological Sciences* 1(6): 475-479.
- Sönmez İ, Kaplan M, Sönmez S, 2008. Kimyasal Gübrelerin Çevre Kirliliği Üzerine Etkileri ve Çözüm Önerileri, *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2): 24-34.
- Şeker C, Turhan M. Effects of Some Organic and Mineral Fertilisers on Yield and Quality of Sugar Beet, *International Soil Congress (ISC) Natural Resource Managment for Sustainable Development*, 7-10 June 2004, Erzurum.
- Turhan AS, Can BG, Kabay T, Şensoy S, 2022. The Effect of Use of Microalgae [*Chlorella vulgaris* Beyerinck (Beijerinck)] in Different Fertilizer Applications on Plant Growth of Garden Rocket (*Eruca vesicaria ssp. sativa Mill.*), *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(2): 323-329.
- Türkmen TÖ, 2019. Kavunda Mikroalg (*Chlorella vulgaris*) Kullanımının Genç Bitki Aşamasında Tuza Tolerans Üzerindeki Etkileri, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Yılmaz D, 2020. Su Kültürü Marul Yetiştiriciliğinde Mikoriza Bakteri ve Mikroalg ile Mineral Gübrelerin Azaltılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Zodape ST, Gupta A, Bhandari SC, Rawat US, Chaudhary DR, Eswaran K, Chikara J, 2011. Foliar Application of Seaweed Sap as Biostimulant for Enhancement of Yieldand Quality of Tomato (*Lycopersicon Esculentum Mill.*), *Journal of Scientific & Industrial Research*, 70: 215- 219.