



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Chlorella vulgaris Üretimi ve Sera Organik Domates Yetiştiriciliğinde Biyogübre Olarak Kullanımının Etkileri

Sena ÖZDEMİR^a, Atakan SUKATAR^a, Gölgen Bahar ÖZTEKİN^b

^aEge Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 35100, İzmir, TÜRKİYE

^bEge Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 35100, İzmir, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

DOI: 10.1501/Tarimbil_0000001418

Sorumlu Yazar: Atakan SUKATAR, E-posta: atakan.sukatar@ege.edu.tr, Tel: +90 (232) 311 24 47

Geliş Tarihi: 26 Şubat 2015, Düzeltmelerin Gelişi: 01 Eylül 2015, Kabul: 04 Eylül 2015

ÖZET

Chlorella vulgaris mikroalginin üretilmesi ve biyogübre olarak kullanımının domates bitkisi üzerinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesine etkilerinin araştırılması amacıyla yürütülen çalışmada, *C. vulgaris* tübüler fotobiyoreaktörde üretilmiş ve serada organik domates (cv. Şimşek) yetiştiriciliğinde 3 farklı formda [toprağa toz alg uygulaması (2.5 g fide⁻¹), toprağa sıvı alg uygulaması (250 mL fide⁻¹), yaprağa sıvı alg spreyleneşi] denemeye alınmıştır. Alg uygulanmayan bitkiler kontrol grubunu oluşturmuştur. Deneme tesadüf parseli deneme desenine uygun olarak kurulmuş; üretim 2014 yılı Mart-Haziran aylarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar *C. vulgaris*'in biyogübre olarak kullanımının bitki gelişimi, verim ve bazı meyve kalite parametrelerini (kuru ağırlık, toplam suda çözünür kuru madde, titre edilebilir asit ve vitamin C) artırdığını; kullanılan uygulamalar içerisinde özellikle toprağa kuru alg uygulamasının daha iyi sonuçlar verdiğini; doğa dostu bir gübre olarak *C. vulgaris*'in organik tarımda kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikroalg; Organik tarım; Bitki gelişimi; Verim; Kalite

Production of *Chlorella vulgaris* and Its Effects on Plant Growth, Yield and Fruit Quality of Organic Tomato Grown in Greenhouse as Biofertilizer

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Atakan SUKATAR, E-mail: atakan.sukatar@ege.edu.tr, Tel: +90 (232) 311 24 47

Received: 26 February 2015, Received in Revised Form: 01 September 2015, Accepted: 04 September 2015

ABSTRACT

This study was carried out to examine the production of *Chlorella vulgaris* and its effects on growth, yield, and fruit quality of organically grown tomato production in greenhouses, *C. vulgaris* was cultured in a tubular photobioreactor system and was used in three different forms [dry algae application to soil (2.5 g seedling⁻¹), liquid algae application to soil (250 mL seedling⁻¹), foliar spray] used as biofertilizer on tomato production (cv. Şimşek). Plants with no algae application were used as control. The experiment was designed according to randomized parcel and production was

performed between March and June of 2014. Obtained results showed that using *C. vulgaris* as a biofertilizer increased plant growth, yield and some fruit quality (dry weight, total soluble solids, titratable acidity and vitamin C); among the used treatments, applications to soil -especially dry algae- showed better performance; *C. vulgaris* may be used as a nature-friendly fertilizer in organic farming.

Keywords: Microalgae; Organic agriculture; Planth growth; Yield; Quality

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

1. Giriş

Dünyada artan nüfus ile birlikte tarım yapılabilecek arazilerin de giderek azalmasıyla daha fazla gıda üretimine ihtiyaç duyulmuş ve birim alandan daha fazla ürün elde etmek zorunda kalınmıştır. Bu amaçla da kimyasal gübre kullanımı oldukça artmıştır. Tarım alanlarındaki bu yoğun kimyasal kullanımı, verim ve üretimi artırmış fakat sürdürülebilir toprak verimliliği ile birlikte doğal dengenin bozularak tehlikeye girmesine sebep olmuştur. Sonuçta da başta gelir düzeyi yüksek ülkelerde olmak üzere birçok ülkede üretici ve tüketiciler örgütlenerek insanlarda toksik etki yaratmayan ve doğayı tahrip etmeyen yöntemlerle üretilen tarımsal ürünleri tercih etmeye başlamışlardır. Bu amaçla insan ve çevreye dost üretim sistemlerini içeren, kimyasal gübre ve ilaçların kullanımını yasaklayan, organik gübreleme ile ekim nöbeti uygulamayı, parazit ve predatörler gibi doğal kaynaklardan yararlanmayı tavsiye eden ve üretimde ürünün kalitesinin yükselmesini amaçlayan bir üretim şekli olan “organik tarım” ortaya konmuştur (Hekimoğlu & Altındeğer 2006).

Organik tarımda sınırlı olan gübreler konusunda yapılan alternatif arayışlar, alglerin gübre olarak kullanılabilirliğini göstermiştir (Abetz 1980; Şimşek 1995). İlk defa Norveç, İrlanda, Fransa ve Amerika gibi denize kıyısı olan ve denizsel alglerin bol bulunduğu ülkelerde mevcut algleri değerlendirmek için bu alglerden yararlanma yolları aranmış ve verimsiz toprakların değerlendirilmesinde alglerin gübre olarak kullanımıyla ilgili ilk adımlar atılmıştır (Whapham et al 1994; Güner & Aysel 1996; Kumbul 2000). Şimdiye kadar yapılan biyogübre çalışmalarında ağırlıklı olarak denizsel algler (kelpler) ve Cyanophyta üyesi filamentöz algler kullanılmış, mikroalglerin kullanımı ise geri planda kalmıştır (Sivasankari et al 2006; Selvam & Sivakumar 2014).

Biyoteknolojik uygulanabilirliği en yüksek olan mikroalg türlerinden *C. vulgaris* geniş çapta ticarileştirilmiş olup, insanlar tarafından gıda takviyesi ve hayvanlar için yem katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Chlorophyta üyesi olan bu alg, % 42-58 gibi yüksek protein içeriğine sahip olması nedeniyle alternatif protein kaynağı olarak görülmekte ve birçok ülke tarafından çeşitli amaçlar için kültüre alınmaktadır (Safi et al 2014). Tarımda genellikle azot kaynağı olarak kullanılan kimyasal gübrelerin yerine, *C. vulgaris* gibi yüksek protein içeriğine sahip olan alglerin kullanımı, daha ucuz ve çevre sağlığına zarar vermeyen bir uygulama olacaktır. Ancak gerek dünyada ve gerekse ülkemizde mikroalglerin biyogübre olarak kullanılması ile ilgili yapılan araştırmalar sınırlı sayıda ve dar kapsamlıdır.

Yürütülen bu çalışmada, yeşil alglerden zengin protein içeriğine sahip *C. vulgaris*'in tübüler fotobiyoreaktörle geniş ölçekli üretimi yapılmış ve elde edilen biyogübre ülkemizin birçok kesiminde yetiştirilen ve büyük bir tarımsal öneme sahip domates bitkisinde denenmiş, biyogübre uygulamasının; bitki gelişimi, verim ve meyve kalite parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Böylelikle *C. vulgaris*'in özellikle organik tarımda kimyasal gübrelere alternatif olarak kullanılabilir bir biyogübre olup olmayacağı araştırılmıştır.

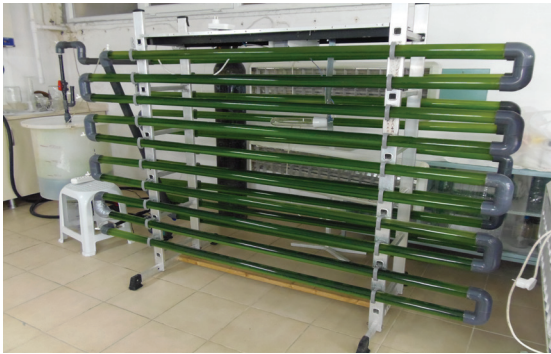
2. Materyal ve Yöntem

Ekim 2013-Temmuz 2014 döneminde yürütülen bu araştırma, (I) *C. vulgaris* mikro alginin üretilmesi ve (II) elde edilen mikroalgin serada organik domates yetiştiriciliğinde biyogübre olarak kullanılması şeklinde iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1. *Chlorella vulgaris* mikroalginin üretilmesi

Kullanılan *C. vulgaris* türü Ege Üniversitesi (E.Ü.), Mikroalg Kültür Koleksiyonu'ndan (EGE-MACC) temin edilmiş ve E.Ü. Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü'nde tübüler fotobiyoreaktörde, Bold Basal Medium (BBM) (pH: 6.8) kültürü kullanılarak üretilmiştir (Guillard 1973; Sukatar 2002). Üretim ilk aşaması olan aşı kültüründe mikroalgler BBM ortamı içeren 70 mL tüp içerisinde 1 hafta inkübe edilmiş, süre sonunda 15 günlük aralıklarla 250 mL, 500 mL ve 5 L'lik hacimlere (25 °C, 12 saat karanlık-12 saat aydınlık, 20 µmol foton m² s⁻¹ ışık şiddeti altında) aktarılmıştır. Başlangıçta elle çalkalama şeklinde yapılan alg karıştırma işlemi, hacim büyüdükçe besleme sistemine hava üflemesi ile gerçekleştirilmiştir. 150 L'lik tübüler fotobiyoreaktöre aktarıma uygun olup olmadığını belirlemek için de 2 gün ara ile Neubauer lamı (Marienfeld, 0.0025 m²) kullanılarak mikroskopta hücre sayımı yapılmıştır. Kültür hacminin artırılması sırasında trinokuler mikroskoba bağlı kamera (CX31RTSF-5, Olympus) ile hücre boyutu, rengi ve şekline bakılmış; alglerin hücre morfolojileri incelenmiştir.

C. vulgaris'in büyük çaplı üretiminde toplam üretim kapasitesi 150 L olan, ortasında fotoperiyodu ayarlanabilir fotosentez lambası bulunan, her biri 195 cm uzunluk ve 5 cm çapa sahip yatay olarak yerleştirilmiş 20 adet akrilik borudan ve 100 L'lik toplama tankından oluşan tübüler fotobiyoreaktör



Şekil 1- Tübüler fotobiyoreaktörün genel görünümü

Figure 1- General view of tubular photobioreactor

kullanılmıştır (Şekil 1). Toplama tankındaki alg kültürünün sirkülasyonunu sağlamak için pompa (New Jet 3000 model, 55W, 3000 L kapasiteli, max. su yüksekliği: 2.90 m) kullanılmıştır. Fotobiyoreaktörde sirküle olan kültürün akış hızı saniyede 20 cm yer değiştirme şeklinde olmuştur.

Tübüler fotobiyoreaktörde üretim arka arkaya 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Her tekrarda, toplama tankı ve biyoreaktörün sterilizasyonu çeşme suyu ve ardından % 16'lık sodyum hipoklorit ilaveli su ile sağlanmıştır. Her tekrarda 150 L'lik biyoreaktöre 5 L'lik *C. vulgaris* kültürü aşılanmış ve üretim 12:12 saat (aydınlık:karanlık) döngüsünde, 25 gün sürdürülmüştür. Her iki üretimde de toplama tankından günlük örnekler alınarak pH ve sıcaklık ölçümleri yapılmış, mikroskop altında hücre sayısı, şekil ve yapısı belirlenmiştir. Üretim süreci sonunda sistem içerisindeki 100 L'lik *C. vulgaris* kültürü şişelere aktarılmış ve -20 °C'de saklanmıştır (Çirik & Gökpinar 1993).

Elde edilen sıvı kültür, büyük ölçekli separatörde (CTC-1-06-107, Westfalia GmbH) 10000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Separatörden alınan alg pastası 45 °C sıcaklığa ayarlı etüvde kurutmuş, kuru haldeki *C. vulgaris* sıvı azot ile havanda 10 dakika parçalanmıştır (Zheng et al 2011). *C. vulgaris* kuru ekstraktının toplam N miktarı, modifiye Kjeldahl Metodu ile; diğer elementlerin (K, Ca, Mg) analizleri ise nitrik:perklorik asit karışımında yaş yakılmış örneklerle yapılmıştır. Potasyum (K) alev fotometresinde; Ca ve Mg ise absorpsiyon spektrofotometresinde tayin edilmiştir (Kacar 1972).

2.2. Sera denemesi

Sera denemesi 2014 yılı ilkbahar döneminde E.Ü. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde organik tarım çalışmalarının yapıldığı, PE örtülü-yay çalıtılı 520 m²'lik seranın bir kısmında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü sera topraklı (kumlu killi, hafif alkali, kireçli; tuzluluğu düşük, organik maddece zengin) olup, kurulduğu andan bu yana sadece organik sebze üretim ve araştırmalarında kullanılmıştır.

Araştırmada bitkisel materyal olarak seralarda en fazla üretilen tür olan domates (*Solanum lycopersicum*); çeşit olarak ise ilkbahar yetiştiriciliğine uygun bir salkım domates çeşidi olan Şimşek F₁ (Bircan Tohum, Antalya) kullanılmıştır. Domates fideleri hazır fide firmasından (Antalya Fide A.Ş, Antalya) temin edilmiş ve seraya 04.03.2014 tarihinde 90x50x50 cm mesafeler ile çift sıralı olarak dikilmiştir.

Araştırmada *C. vulgaris*'in 3 farklı uygulama şekli [I: Toprağa toz alg uygulaması (2.5 g fide⁻¹), II: Toprağa sıvı alg uygulaması (250 mL fide⁻¹), III: Yaprağa sıvı alg spreyleneşmesi (biyoreaktörden çıkan sıvı algin direkt kullanımı ve tüm yaprakların yıkanması şeklinde)] denenmiş ve alg uygulanmayan bitkiler IV: Kontrol grubunu oluşturmuştur. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı kurulmuş ve her tekrarda 12 bitkiye yer verilmiştir. Toprağa kuru alg uygulaması, dikim öncesi açılan dikim çukurlarına belirtilen miktarın dökülmesi ve üzerine fide dikilmesi şeklinde; sıvı alg ise fide dikiminden sonra fide köklerine belirtilen dozun dökülmesi şeklinde olmuştur. Toprağa sıvı alg uygulamasında fidelere dikim sonrası ayrıca can suyu verilmemiştir. Yapraktan spreyleme ile alg uygulamasında ise tübüler fotobiyoreaktörden çıkan alg direkt kullanılmış, alg tüm yapraklar yıkanacak şekilde fidelere püskürtülmüştür.

Bitkilerin beslenmesinde sadece sera toprağı işlenirken, organik tarım yönetmeliğine uygun olarak taban gübrelemesi (50 kg da⁻¹ Biofarm, Çamlı Yem Besicilik, Işıkent-İzmir) yapılmış ve üretim dönemi boyunca başka gübre kullanılmamıştır. Bitkilerin sulanmasında damla sulama yöntemi kullanılmış (2 L h⁻¹ debiye sahip boru içine entegre damlatıcılı); sulama miktarının belirlenmesinde ise sera içerisine yerleştirilmiş Class A Pan'dan yararlanılmıştır.

Üretimde organik tarım esaslarına bağlı kalınmış; bitki bakım işleri (sardırma, koltuk alma, çapalama, budama, hastalık ve zararlı mücadelesi, hasat vs) Sevgican (2002)'a göre yürütülmüştür. Tozlaşmaya yardımcı olmak amacı ile vibratör kullanılmış; haftada 2 gün sabah erken saatlerde çiçekler

sarsılmıştır. Bitki büyümesi 7 salkım üzerinden büyüme ucunun alınması şeklinde durdurulmuştur.

Yetiştirme periyodu boyunca (15.05.2014-30.06.2014) toplam 9 hasat yapılmış, her hasatta konusuna göre elde edilen meyvelerin ağırlıkları alınarak toplam verim (kg m⁻²), toplanan meyvelerin sayıları alınarak toplam meyve sayısı (adet m⁻²) belirlenmiştir. Ortalama meyve ağırlıkları (g meyve⁻¹) toplam ağırlık/meyve sayısı ile hesaplanmıştır. Hasat edilen meyveler boylama halkalarından geçirilerek 4 farklı boya (Ø<3.5, 3.5-4.5, 4.5-5.5, Ø>5.5) ayrılmış ve her sınıfa dahil meyvelerin oranı % olarak verilmiştir.

03.06.2014 tarihinde 3. salkımdaki kızaran meyveler hasat edildikten sonra uygulamalara ait her tekerrürden 10 adet homojen meyve seçilerek kalite analizleri yapılmıştır. Meyvelerin sertliği (N) Effegi uçlu FT011 penetrometre (Fruit Tester, Alfonsine, Italy) yardımıyla ölçülmüş; bu meyvelerin yaş ağırlıkları alınarak, 65 °C sıcaklığa ayarlı etüvde kurutulup tartılmış ve kuru ağırlıkları [KA (g)] belirlenmiştir (Kacar 1972). Toplam suda çözünebilir kuru madde miktarı'nın [TSÇKM (%)] belirlenmesi için parçalayıcı ile parçalanmış meyve, kaba filtre kağıdından süzülükten sonra 1-2 damla örnek, dijital el reflaktometresi (Euromex RD 645, The Netherlands) ile okunmuş, yine süzükten alınan örneğin; 0.1 N NaOH çözeltisi ile pH metre (MP220, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland) yardımıyla titrasyonu yapılmış ve titre edilebilir asit miktarı [TA (mval 100 mL⁻¹)] harcanan NaOH miktarı üzerinden hesaplanmıştır (Karaçalı 1993). Süzüğe batırılan el tipi EC (Mettler Toledo-MC-126, Schwerzenbach, Switzerland) metre ve masa tipi pH metre (Mettler Toledo-MP220, Schwerzenbach, Switzerland) probu yardımı ile meyve suyu elektriksel iletkenlik [EC (dS m⁻¹)] ve pH değerleri belirlenmiştir. Meyve vitamin C içeriğı (mg 100 mL⁻¹) oksalik asit ile stabilize edilmiş örneklerin, 2-6 diklorofenilindenfenol boya maddesi ile renklendirilmesi esasına göre spektrofotometrik (Varian Cary 100 UV-Visible spektrofotometre; Varian, Inc., Palo Alto, California, USA) yöntemle belirlenmiştir (Pearson 1970). Seçilen meyvelerin rengi renkölçerle (Minolta CR-300, Japan) L

[parlaklık (L)], a (pozitif a kırmızı, negatif a yeşil) ve b (pozitif b sarı, negatif b mavi) üzerinden belirlenmiştir (McGuire 1992).

Üretim dönemi sonunda 23.06.2014 tarihinde her uygulamadan seçilen 2 bitkide bitki gelişim ve biyomas değerlerine bakılmıştır. Bitkiler sökülmeden toprak yüzeyinden büyüme ucuna kadar olan gövdede şerit metre yardımı ile bitki boyu (cm); dijital kumpas ile gövdenin orta yerinden gövde çapı (mm) ölçülmüş; daha sonra sökülen bitkilerin kök boyu ölçülmüş ve bitki kök, gövde, yaprak, salkım ve meyvelerine ayrılarak tartılıp yaş ağırlıkları, 65 °C sıcaklığa ayarlı etüvde kurutulup tartılarak da kuru ağırlıkları (g) belirlenmiştir (Kacar 1972).

Hasat döneminde her tekerrürden alınan genç yaprakların renkölçerle L, a ve b değerleri ile a ve b değeri üzerinden hesaplanan Hue ve Kroma renk değerleri belirlenmiş, aynı yaprakların % 80'lik aseton ile homojenize edildikten sonra spektrofotometrik yöntem ile klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerleri (mg L⁻¹) belirlenmiştir (Arnon 1949).

Araştırmadan elde edilen verilere, bir SPSS programı olan PAWS Statics 18 istatistiksel analiz paket programı kullanılarak varyans analizi uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için % 5 önem düzeyinde Duncan testi yapılmıştır. Tablolarda olasılık (P) değerleri verilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

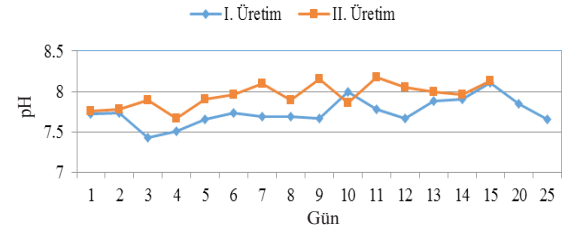
3.1. *Chlorella vulgaris* üretimi ile ilgili bulgular

Yapılan her iki üretim sonucunda tübüler fotobiyoreaktörde sıvı olarak toplam 200 L alg; toplam miktarın santrifüjlenmesi ile 240.2 g pasta kıvamında alg biyoması ve pastanın kurutulması ile de 58.42 g kuru alg elde edilmiştir.

Çoğaltılarak elde edilen *C. vulgaris*'in yapılan element analizinde içeriğinin % 5.49 N, % 0.72 K, % 5.39 Ca ve % 0.69 Mg olduğu belirlenmiştir.

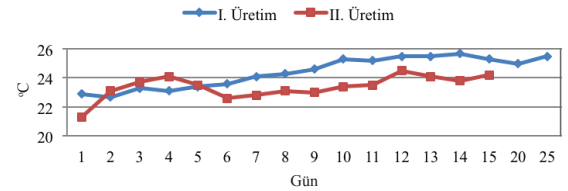
C. vulgaris alginin tübüler fotobiyoreaktörde üretimi sırasında elde edilen pH 7.2 ile 8.1 arasında değişim göstermiştir (Şekil 2). pH'nın üretim sürecinde giderek arttığı gözlenmiş ve sisteme

saf CO₂ verilerek pH istenilen aralıkta tutulmaya çalışılmıştır. Sistemde sıcaklık iki dönemde de 21.3 ile 25.7 °C arasında değişim göstermiştir. Üretimin sonuna doğru hücre sayısında artmalara bağlı olarak sıcaklığın da arttığı gözlenmiştir (Şekil 3). Üretim boyunca her gün yapılan hücre sayımları, *C. vulgaris* hücresinin I. üretimde 464 ile 2380; II. üretimde 311 ile 897x10⁴ hücre mL⁻¹ arasında değiştiğini göstermiştir (Şekil 4).



Şekil 2- Tübüler fotobiyoreaktörde *C. vulgaris*'in üretiminde pH'nın değişimi

Figure 2- pH changes during the production of *C. vulgaris* in tubular photobioreactor

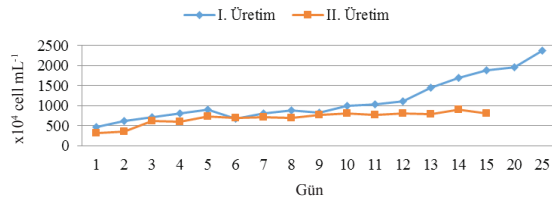


Şekil 3- Tübüler fotobiyoreaktörde *C. vulgaris*'in üretiminde sıcaklığın değişimi

Figure 3- Temperature changes during the production of *C. vulgaris* in tubular photobioreactor

Yürütülen bu çalışmada *C. vulgaris*'ten biyogübre elde etmek üzere bir tasarım olarak oluşturulan tübüler fotobiyoreaktörün avantajları yanında akrilik borularda belirli bir günden sonra meydana gelen alg yapışmaları ve bunların temizliğindeki zorluklar gibi büyük dezavantajları da olmuştur (Naz & Gökçek 2004). Bu amaçla, ilk olarak HCl çözeltisiyle borulardaki yapışma yok edilmeye çalışılmış; başarılı olamayınca % 16'lık sodyum hipoklorit ile yapışma temizlenmiştir. Fakat hem kullanılan maddenin

kimyasal olması hem de akrilik borularda aşınma ve matlaşma yapması ayrıca matlaşma nedeni ile üretilen alg hücrelerinin ışığı eşit oranda alamaması ihtimali ile başka temizleme yöntemleri denenmiş ve en etkin yöntemin borularla aynı çapta süngerlerin sistemde döndürülerek yapılan mekanik temizleme şekli olduğu görülmüştür. Mekanik temizlemede sisteme atılan süngerin borularda ilerleyebilmesi için pompanın gücünün de bu süngeri döndürebilecek kapasitede olması ve sistemdeki boruların süngeri toplama tankına düşürebilecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.



Şekil 4- Tübüler fotobiyoreaktörde *C. vulgaris*'in üretiminde hücre sayısının değişimi

Figure 4- Cell number changes during the production of *C. vulgaris* in tubular photobioreactor

3.2. Sera denemesine ait bulgular

C. vulgaris'in farklı uygulamaları kontrole göre bitki boyu, gövde çapı ve kök boyunu artırmış ancak bu etki istatistiksel olarak ($P > 0.05$) önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1). En uzun bitki boyu ve en kalın gövde çapı toprağa sıvı alg uygulamasından; en uzun kök boyu yaprakтан alg spreylenmesi uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1- Bitki boyu, gövde çapı ve kök boyu üzerine uygulamaların etkisi

Table 1- Effects of treatments on plant height, stem diameter and root length

Uygulama	Bitki boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Kök boyu (cm)
Toprağa sıvı	189.7	15.8	24.9
Toprağa kuru	189.2	15.1	27.1
Yaprağa sprey	186.9	14.9	28.2
Kontrol	181.8	12.4	22.2
P	0.251	0.221	0.780

Üretim dönemi sonunda sökülen bitki organlarına ait yaş ve kuru ağırlıklara farklı alg uygulamalarının etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. Uygulamaların yaprak yaş ağırlığı ($P = 0.024$), meyve yaş ($P = 0.004$) ve kuru ($P = 0.000$) ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında toprağa kuru alg uygulaması en başarılı sonucu vermiş ve toplam bitki yaş ağırlığını % 32.7, toplam bitki kuru ağırlığını % 32.5 oranında artırmıştır. Dört ay süren yetiştiricilik süresi sonunda önceki çalışmalara benzer şekilde, uygulama şekli fark etmeksizin tüm bitkilerin gelişiminin kontrol bitkilerinden daha fazla olduğu belirlenmiştir (Kumbul 2000).

Uygulamaların toplam verim, toplam meyve adedi ve ortalama meyve ağırlığı üzerine etkisi önemli bulunurken, meyve sınıflandırması üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Alg uygulamaları verim değerlerini artırmış; toplam verim değerleri 15.11-10.22 kg m⁻² arasında değişmiş ve en yüksek toplam verim toprağa kuru alg uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3). Kontrol uygulaması ile

Çizelge 2- Bitki organlarına ait biyomas değerleri (g) üzerine uygulamaların etkisi

Table 2- Effects of treatments on biomass of plant tissue (g)

Uygulama	Yaprak		Gövde		Salkım		Meyve		Kök	
	YA	KA	YA	KA	YA	KA	YA	KA	YA	KA
Toprağa sıvı	733.5 a	148.1	291.4	56.4	44.7	11.8	3670.7 b	256.7 b	25.5	6.2
Toprağa kuru	781.0 a	161.9	357.9	65.8	66.9	15.8	4231.9 a	291.5 a	34.8	8.6
Yaprağa sprey	680.5 a	134.5	255.8	50.4	47.3	11.9	3494.6 b	261.9 b	34.3	8.3
Kontrol	501.2 b	111.8	254.2	49.7	42.0	9.9	2863.6 c	189.2 c	23.6	6.5
P	0.024	0.139	0.326	0.430	0.132	0.118	0.004	0.000	0.406	0.398

YA, yaş ağırlık; KA, kuru ağırlık

karşılaştırıldığında toplam verim toprağa sıvı, toprağa kuru ve yaprağa sprey uygulamalarında sırasıyla % 21.9, 32.4, 18.1 oranında artış göstermiştir. Toplam meyve adedi 32.4 ile 24.2 adet m⁻² arasında; ortalama meyve ağırlığı 135.2 ile 118.9 g arasında değişim göstermiş; en yüksek değerler alg uygulamalarından elde edilmiştir. Toprağa sıvı alg uygulamasında ortalama meyve ağırlığının düşük ancak toplam meyve adedinin yüksek olduğu görülmüştür. Meyve sınıflandırılmasında çapı 5.5 cm'den büyük 1. boy meyveler en fazla % 78.4 ve % 77.4 ile toprağa sıvı ve kuru alg uygulaması yapılan bitkilerden, çapı 3.5 cm'den küçük olan 4. boy meyveler ise en fazla % 4.5 ile kontrol grubundaki bitkilerden; en az ise % 0.6 ile toprağa kuru alg uygulaması yapılan bitkilerden alınmıştır (Çizelge 3).

Verim değerleri kullanılan çeşide, iklim koşullarına, üretim sistemine, yetiştirme periyodu gibi etkenlere bağlı olarak değişebilmektedir. Genel olarak serada konvansiyonel çift ürün (kısa dönem) yetiştiriciliğinde domates veriminin 8 ile 13 kg m⁻² arasında değiştiği belirtilmiştir (Greer & Diver 2000; Sevçican 2002). Yürütülen bu çalışmada verim değerleri 10.22 (kontrol) ile 15.11 (toprakten kuru alg uygulaması) kg m⁻² arasında değişmiş ve serada organik tarım esaslarına göre yürütülen çalışmalardan elde edilen verim değerlerine benzer sonuçlar vermiştir (Tüzel et al 2001; 2003). Özellikle alg kullanılan uygulamalarda verim değerleri hem kontrol uygulamasına göre hem de olması gereken sınır değerlerden yüksek bulunmuş; ayrıca birinci sınıf meyve adedi fazlalaşmıştır. Ayrıca ilk hasatta kontrol grubuna ait bitkilerden sadece 1 adet meyve hasat edilirken; alg uygulamaların

yapıldığı bitkilerde toplam 14 adet kızarmış meyve hasat edilmiştir. Bu da *C. vulgaris*'in biyogübre olarak uygulanmasının domates bitkilerinde meyve oluşumunda erkencilik de gösterdiğini ortaya koymuştur. Elde ettiğimiz bu sonuçlar sağlıklı ve bilinçli beslenme yanında çevreci yaklaşımların önemsendiği günümüz koşullarında konvansiyonel üretime yakın ve/veya fazla verim elde edilmesini sağlayan alg kullanımının kimyasal gübrelemeye alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Mikroalgler salgıladıkları şelatlar sayesinde ortamdaki besin maddelerinden bitkinin daha iyi faydalanmasına; ürettikleri organik maddeler veya ölen alglerin ayrışarak sağladığı inorganik maddelerle yine bitkilerin beslenmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca mikroalglerin ürettikleri bir takım enzimler ve hormonların bitki büyüme ve gelişmesi ile verimi arttırmada etkili olduğu bilinmektedir (Ergün et al 2010). Yürütülen çalışmada alg uygulaması ile kontrol bitkilerine göre daha yüksek verim ve bitki gelişimi elde edilmiştir. Benzer sonuçlar *C. vulgaris*'in biyogübre olarak kullanıldığı marulda (Article 2008) ve üzümde (Abd & Moniem 2008) yapılan çalışmalarda da belirtilmiştir. Elde ettiğimiz bu sonuçların *C. vulgaris*'in sahip olduğu ve yetiştirilen bitkiye aktardığı yüksek protein içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Farklı formlarda uygulanan *C. vulgaris*'den verim ve bitki gelişimi açısından en iyi sonuç toprağa yapılan kuru alg uygulamasından elde edilmiştir. Kuru alg uygulaması dikim çukurlarına doğrudan algin verilmesi şeklinde yapılmış; algin uygulanan su ile zamana bağlı olarak çözünmesi ve toprakta yavaş salınımına bağlı olarak çözünen

Çizelge 3- Uygulamalarının verim değerleri üzerine etkileri

Table 3- Effects of treatments on plant yield parameters

Uygulama	Toplam verim (kg m ⁻²)	Toplam meyve adedi (adet m ⁻²)	Ortalama meyve ağırlığı (g)	Meyve sınıflandırması (%)			
				<3.5 cm	3.5-4.5 cm	4.5-5.5 cm	>5.5 cm
Toprağa sıvı	13.10 b	32.4 a	113.7 b	2.2	2.7	16.7	78.5
Toprağa kuru	15.11 a	31.3 a	135.2 a	0.6	5.6	16.3	77.5
Yaprağa sprey	12.48 b	27.5 ab	127.1 ab	2.9	6.5	15.5	75.0
Kontrol	10.22 c	24.2 b	118.9 ab	4.5	9.8	15.4	70.3
P	0.004	0.049	0.042	0.165	0.309	0.990	0.564

bişiklerinin bitki tarafından daha fazla absorbe edilmesi nedeni ile bitki gelişimi ve verimi arttırdığı düşünülmektedir.

Yapılan üç farklı alg uygulamasının KA, sertlik, meyve suyu EC ve pH değeri, TSÇKM, TA, renk ile Vitamin C içeriği üzerinde kısmi artış göstermesine rağmen bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4).

Farklı alg uygulamalarının genç domates yapraklarında hue renk değeri hariç diğer renk parametreleri üzerine etkisi ($P \leq 0.05$) ve aynı yapraklarda belirlenen klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerleri üzerine etkisi ($P = 0.000$) önemli bulunmuştur. Yüksek L, b ve chroma; düşük a ve hue değeri ile yaprağa spreylenen alg uygulaması diğer uygulama ve kontrol bitkilerine göre en parlak ve en koyu doymuş yeşil renge sahip olmuştur. Benzer şekilde en yüksek klorofil a, b ve toplam klorofil içeriği ile yaprağa spreylenen alg uygulamasına sahip bitkilerden elde edilmiştir. Bunu toprağa sıvı alg uygulaması izlemiş, kontrol ve

toprağa kuru alg uygulaması aynı istatistiksel grupta yer almakla birlikte en düşük klorofil içeriklerine sahip olmuşlardır (Çizelge 5).

Fotosentez metabolizması üzerinde etkili bir pigment olan klorofilin en yüksek miktarı yapraktan alg spreylemesi uygulamasından elde edilmiş; kontrol grubuna oranla klorofil a miktarı % 59.5, klorofil b miktarı % 86.7 ve toplam klorofil miktarı % 74.8 oranında artış göstermiştir. Elde edilen bu sonuçlar yapraklara uygulanan *C. vulgaris* alginin bitki yapraklarında fotosentezi arttırdığının bir göstergesi olmuştur. Whapham et al (1993) tarafından yapılan benzer bir çalışmada da en koyu yeşil yaprağa sahip bitkilerin yapraktan alg uygulanan bitkiler olduğu belirtilmiştir.

4. Sonuçlar

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde; üretilen *C. vulgaris* alginin bitki gelişimi ve verimi teşvik ettiği, bazı meyve kalite parametrelerini de arttırdığı görülmüştür. Çalışmada kullanılan

Çizelge 4- Uygulamaların bazı meyve kalite parametreleri üzerine etkisi

Table 4- Effects of treatments on some fruit quality parameters

Uygulama	KA (%)	Sertlik (N)	EC ($dS m^{-1}$)	pH	TSÇKM (%)	TA ($mval 100 mL^{-1}$)		RENK		Vitamin C ($mg 100 mL^{-1}$)
						L	a	b		
Toprağa sıvı	6.53	40.2	4.6	4.5	5.3	6.0	40.48	22.69	26.93	14.0
Toprağa kuru	6.01	39.9	5.0	4.6	4.5	5.6	40.84	21.75	26.55	15.0
Yaprağa sprej	6.53	43.0	5.1	4.6	5.2	5.6	39.32	23.14	25.96	14.2
Kontrol	5.94	40.1	4.9	4.6	4.8	5.3	40.83	22.10	26.72	12.0
P	0.113	0.137	0.350	0.240	0.366	0.089	0.431	0.382	0.815	0.499

Çizelge 5- Yaprak renk değerleri ile klorofil (a, b ve toplam) içeriği üzerine uygulamaların etkisi

Table 5- Effects of treatments on leaf color and chlorophyll (a, b and total) content

Uygulama	Renk				Klorofil ($mg L^{-1}$)			
	L	a	b	Hue	Chroma	a	b	Toplam
Toprağa sıvı	40.83 c	-10.46 a	15.17 c	124.59	18.43 a	7.76 b	2.56 b	10.31 b
Toprağa kuru	44.08 bc	-12.83 b	19.94 b	122.76	23.71 b	5.01 c	1.81 b	6.82 c
Yaprağa sprej	47.75 a	-15.38 c	25.79 a	120.82	30.03 c	12.61 a	16.02 a	28.62 a
Kontrol	44.75 ab	-13.82 bc	21.30 b	123.07	25.39 b	5.11 c	2.10 b	7.21 c
P	0.022	0.006	0.011	0.197	0.008	0.000	0.000	0.000

biyogübrenin domates dışında diğer türlerde de kullanıldığında olumlu sonuçlar elde edileceği beklenmektedir.

Denemeye alınan uygulamalar içerisinde toprağa yapılan uygulamaların (özellikle kuru alg uygulamasının) daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Elde edilen umutvar sonuçlar dahilinde farklı doz ve uygulama şekli ile araştırmaların devam ettirilmesi gerekmektedir.

Üretim boyunca yaşanan sorunlar tübüler sistemlerin modifiye edilerek daha iyi tasarımı kullanılması ve bununla beraber üretimde daha fazla artış sağlanabileceğini göstermektedir.

Tarımda fazlaca kullanılan bir çok kimyasal içerikli gübre yeraltı ve yer üstü su kaynaklarında kirliliğe ve toprakta tuzlanmaya sebep olarak tarımsal üretimi kısıtlamaktadır. Yürütülen bu çalışmada kullanılan mikroalg tamamen biyolojik olup, çevreye zarar vermeden biyogübre olarak kullanılabilir. Organik gübre çeşitliliğinin sınırlı olduğu organik tarımda da alternatif bir gübre olarak kullanımı önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri “2014 FEN 005” no’lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Abd E A & Moniem E (2008). Effect of green alga cells extract as foliar spray on vegetative growth, yield and berries quality of superior grapevines. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 4(4): 427-433
- Abetz P (1980). Seaweed extracts: Have they a place in Australian agriculture or horticulture? *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 46: 23-29
- Arnon D I (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24(1): 1-15
- Article F L (2008). Effect of *Chlorella vulgaris* as biofertilizer on growth parameters and metabolic aspects of lettuce plant. *Journal of Agriculture & Social Sciences* 4: 165-169

- Cirik S & Gökpinar Ş (1993). Plankton Bilgisi ve Kültürü. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları: 47, İzmir
- Ergün O, Daşgan Y H & Işık O (2010). Su kültüründe yetiştirilen kıvırcık marul bitkisinde mikroalg (*Chlorella vulgaris*) uygulamasının etkileri. 9. *Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, Bildiriler*: 12-14 Eylül 2012, Konya, s. 330-334
- Greer L & Diver S (2000). Organic Greenhouse Vegetable Production: Horticulture Production Guide. Fayetteville: Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA), pp. 31, AR, USA
- Guillard R R L (1973). Division rates. In: Stein, J.R. (Ed.), Handbook of Phycological Methods—Culture Methods and Growth Measurements. Cambridge University Press, Cambridge, 289-311 pp
- Güner H & Aysel V (1996). Marine Benthic Vegetation, Chapter 18. Ecological studies Vol. 123, Schramm/Nienhuis (eds) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 421-432 pp.
- Hekimoğlu B & Altındağ M (2006). Organik Tarım ve Bitki Koruma Açısından Organik Tarımda Kullanılacak Yöntemler, Samsun Valiliği Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, Samsun, 200 s
- Kacar B (1972). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 642 s, Ankara
- Karaçalı İ (1993). Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 494, İzmir
- Kumbul B (2000). Deniz yosunlarının bahçe bitkilerinde kullanım alanları. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Antalya
- McGuire G R (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27(12): 1254-1255
- Naz M & Gökçek K (2004). Fotobiyoreaktörler: Fototropik mikroorganizmalar için alternatif üretim sistemleri. *Ulusal Su Günleri*: 6-8 Ekim, İzmir, s. 545-551
- Pearson D (1970). The Chemical Analysis of Food. Auxil, London
- Safi C, Zebib B, Merah O, Pontalier P Y & Vaca-Garcia C (2014). Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 35: 265-278

- Selvam G G & Sivakumar K (2014). Influence of seaweed extract as an organic fertilizer on the growth and yield of *Arachis hypogea* L. and their elemental composition using SEM-energy dispersive spectroscopic analysis. *Asian Pacific Journal of Reproduction* **3**(1): 18-22
- Sevgican A (2002). Örtüaltı Sebzeçiliği. Cilt I (Topraklı Tarım). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 528, İzmir
- Sivasankari S, Venkatesalu V, Anantharaj M & Chandrasekaran M (2006). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*. *Bioresource Technology* **97**(14): 1745-1751
- Sukatar A (2002). Alg Kültür Yöntemleri. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları: 184, İzmir
- Şimşek Z (1995). Klemantin mandarinde bilezik alma, demir bileşikleri ve deniz yosunu özü uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Antalya
- Tüzel Y, Tuncay Ö, Anaç D & Tüzel İ H (2001). Effects of different organic fertilizers and irrigation levels on yield and quality of organically grown greenhouse tomatoes. *Organic Agriculture in the Mediterranean Basin* 285-298 pp
- Tüzel Y, Yağmur B & Gümüş M (2003). Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Horticulture* **614**: 775-780
- Whapham C A, Blunden G, Jenkins T & Hankins S D (1993). Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. *Journal of Applied Phycology* **5**: 231-234
- Whapham C A, Jenkins T, Blunden G & Hankins S D (1994). The role of seaweed extracts, *Ascophyllum nodosum*, in the reduction in fecundity of *Meloidogyne javanica*. *Fundamental and Applied Nematology* **17**(2): 181-183
- Zheng H, Yin J, Gao Z, Huang H, Ji X & Dou C (2011). Disruption of *Chlorella vulgaris* cells for the release of biodiesel-producing lipids: A comparison of grinding, ultrasonication, bead milling, enzymatic lysis, and microwaves. *Applied Biochemistry and Biotechnology* **164**(7): 1215-1224