

## AQUAPONİK SİSTEMİ İLE TAZE FASULYE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE MİKROALG (*Chlorella vulgaris*) KULLANIMI

Boran İKİZ<sup>1\*</sup>, Hayriye Yıldız DAŞGAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Arş. Gör. Ziraat Yük. Müh., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana; ORCID: 0000-0003-3012-4533  
<sup>2</sup>Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana; ORCID: 0000-0002-0403-1627

### ÖZ

Bitkilerle balıkların bir arada yetiştirildiği entegre sistemler akuaponik yetiştiricilik olarak adlandırılmaktadır. Balıkların oluşturduğu gübreler bakteriler tarafından bitkinin faydalanabileceği besin elementlerine dönüştürülür. Bu şekilde bitkilere gübre sağlanırken, balıkların yaşadığı su filtre edilmiş olur. Bu sistemdeki en büyük girdilerden birisi balık yemidir. Mikroalgler yapılan birçok çalışmada bitki verim ve kalitesini artırıcı bir biyogübre etkisin bulunmuş, ayrıca bu alglerin balık beslenmesine katkıda bulunduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünü iklimlendirme odalarında gerçekleştirilmiştir. *Chlorella vulgaris* mikroalginin, hem balık için yem ve hem de fasulye bitkisi için biyogübre etkinliği araştırılmıştır. Balık olarak aeroponik yetiştiricilikte tercih edilme oranı yüksek olan tilapia (tatlı su çipurası) ve bitkisel materyal olarak fasulye bitkisi kullanılmıştır. Denemede fasulye bitkisinin su kültürü yetiştiriciliğinde 5 uygulama yapılmıştır; 1) %100 mineral gübre (Kontrol-1) 2) %50 azaltılmış mineral gübre (Kontrol 2) 3) %50 azaltılmış mineral gübre + 1×*Chlorella* mikroalgi, 4) %50 azaltılmış mineral gübre + 2×*Chlorella* mikroalgi, 5) %50 azaltılmış mineral gübre + 4×*Chlorella* mikroalgi. Taze fasulye verimi bakımından, %100 mineral gübre uygulamasında bitki başına 380 g taze fasulye üretilirken, %50 azaltılmış mineral gübre + 4× *Chlorella* mikroalg uygulamasında 521 g fasulye ve 2×*Chlorella* uyulmasında ise 520 g fasulye üretilmiştir. %100 mineral gübre kontrolün %37'si kadar fazla verim alınmıştır. Fasulyelerde bitki boyu, %100 mineral gübre uygulamasında 60.2 cm iken, 4×*Chlorella* mikroalg uygulamasında 58.2 cm bitki boyu oluşmakla birlikte uygulamalar istatistiksel olarak aynı gruptadır. Deneme sonunda, bitki ağırlığı bakımından 4×*Chlorella* mikroalg uygulamasında bitkiler 84.8 g iken %100 *Chlorella* uygulamasında 82.7 g bitki ağırlığı oluşmuştur. Fasulye bitkisi gövde çapı tüm uygulamalarda %50 azaltılmış mineral gübre kontrol grubundan daha yüksek sonuçlar vermekle birlikte, %50 azaltılmış mineral gübre + 1×*Chlorella* mikroalgi (4.85 mm) en yüksek sonucu vermiş, %100 mineral gübre kontrol (4.80 mm) grubundan daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. İncelenen parametreler göz önünde bulundurulduğunda %50 azaltılmış mineral gübre koşullarında *Chlorella vulgaris* mikroalginin 2× ve 4× kullanımı taze fasulye bitki büyümesi ve verimini artırmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akuaponik, tilapia, *Chlorella vulgaris*, hidroponik, *Phaseolus vulgaris* L.

### USE OF MICROALG (*Chlorella vulgaris*) IN FRESH BEAN GROWING WITH AQUAPONIC SYSTEM

#### ABSTRACT

Integrated systems where grown plants and fish are together are known as Aquaponic cultivation. The fertilizers produced by the fish are converted to nutrient elements that the plant can benefit by bacteria and thus plants provide fertilizer, the water in which the fish lives is filtered. One of the biggest inputs in this system is fish feed. In many studies, microalgae had an effect on increasing plant yield and quality. In addition, it has been reported that these algae contribute to fish nutrition. The efficacy of *Chlorella vulgaris* microalgae, both as a feed for fish and as a biofertilizer for bean plants, was investigated. This study was carried out in climate rooms of Horticulture Department of Cukurova University (Adana, Türkiye). Tilapia was used as fish due to high preferred potential in aeroponic cultivation. Five applications were carried out in the hydroponic system of bean growing: 1) 100% mineral fertilizer (Control-1) 2) 50% reduced mineral fertilizer (Control 2) 3) 50% reduced mineral fertilizer + *Chlorella* microalgae, 4) 50% reduced mineral fertilizer + 2× *Chlorella* microalgae, 5) 50% reduced mineral fertilizer + 4× *Chlorella* microalgae. In terms of green bean yield, 380 g of green beans were produced per plant in 100% mineral fertilizer application, 521 g of beans were produced in 50% reduced mineral fertilizer + 4× *Chlorella* microalgae application and 520 g of beans were produced in 2× *Chlorella* application. The yield was 37% higher than the 100% mineral fertilizer control. For the plant length, it was 60.2 cm in 100% mineral fertilizer, while the plant length was recorded as 58.2 cm in the 4×*Chlorella* microalgae application and they were statistically in the same group. The total plant weight was found as 84.8 g in 4× *Chlorella* microalgae application, while it was recorded as 82.7 g in 100% *Chlorella* application. In the stem diameter parameter, results obtained from all applications are higher than 50% reduced mineral fertilizer. However, 50% reduced mineral fertilizer + *Chlorella* microalgae (4.85 mm) gave the highest result. The data for 100% mineral fertilizer was 4.80 mm. Considering the investigated parameters, 2× and 4× use of *Chlorella vulgaris* microalgae under 50% reduced mineral fertilizer conditions increased green bean plant growth and yield.

**Keywords:** Aquaponic, tilapia, *Chlorella vulgaris*, hydroponic, *Phaseolus vulgaris* L.

\*Sorumlu yazar / Corresponding author: bikiz@cu.edu.tr

## GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılında 12 milyara ulaşması beklenmektedir. Bu nüfusu besleyebilmek tarımın en büyük sorunlarından biri olabilecektir. Konvansiyonel tarım yöntemleri ile elde edilen ürün miktarının bu nüfusu besleyemeyeceği düşünülmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği, kuraklık, tuzlanma gibi problemler gün geçtikçe tarıma elverişli arazilerin azalmasına yol açmaktadır. Bu problemlerin topraksız tarım sistemleri ile üstesinden gelene bilinir. Topraksız tarım sistemleri suyun, gübrelerin etkin kullanımı, konvansiyonel tarıma göre birim alandan yüksek verim, otomasyonlu sistemlerle işçiliğin azalması gibi avantajları ile öne çıkmaktadır. Akuaponik üretim, hem bitki hem de hayvansal protein üretmek için su kültürü bitki üretimini geri dönüşümlü su ürünleri sistemleriyle birleştirir. Birlikte yetiştirilen balıklar ve bitkiler, döngüsel bir ekonomi çerçevesinde daha az kaynak (esas olarak su ve gübre) kullanır [4, 5, 8]. Akuaponik sistemlerin iyi bir şekilde anlaşılması ile kentsel alanlarda topluluk temelli gıda üretimi, kırsal alanlarda endüstriyel ölçekte gıda üretimi ve gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde ise daha küçük düzeyde çiftçilik faaliyetlerini iyileştirilmesine yardımcı olunabilir [1]. Genellikle sera ve bitki fabrikaları gibi kapalı alanlarda yapılan topraksız tarım sistemleri katı ortam kültürleri ve su kültürü olarak ikiye ayrılmaktadır. Katı ortam kültürlerinde toprak yerine alternatif olarak torf, perlit, kokopit gibi organik ve/veya inorganik bileşikler kullanılmaktadır. Su kültürlerinde ise, derin su kültürü, akan su kültürü, aeroponik, akuaponik gibi sistemler kullanılmaktadır. Akuaponik sistemler, bitkilerle balıkların bir arada yetiştiği entegre sistemler olup, su kullanma etkinliği en yüksek sistemlerdir. Akuaponik tarım sistemi, bozulmuş toprak koşullarında yetiştiricilik yapabilmeyen önemli bir yoldur. Afrika gibi açlık sorunu yaşanan yerlerde yüksek protein içeren bitkiler ve balıkların birlikte yetiştirilmesiyle nüfusun sağlıklı beslenebilmesi için ideal bir sistem olarak geliştirilebilir. Akuaponik sistem tamamen kapalı devre bir sistemdir. Balıkların ürettiği gübreler bakteriler tarafından bitkilerin kullanabileceği başta azot olmak üzere besin elementlerine dönüştürülmektedir. Bitkiler sistemde dolaşan sudan bu elementleri alıp kendi gelişimi için kullanırlar ve aynı zamanda filtre görevi görürler.

Mikroalgler ile yapılan çalışmalarda birçok bitkide verim ve kalitenin arttığı ve balık beslenmesinin desteklendiği ifade edilmektedir. Ökaryotik bir mikroalg olan *Chlorella vulgaris*, yüksek fotosentez kabiliyetine sahip olup, tatlı su,

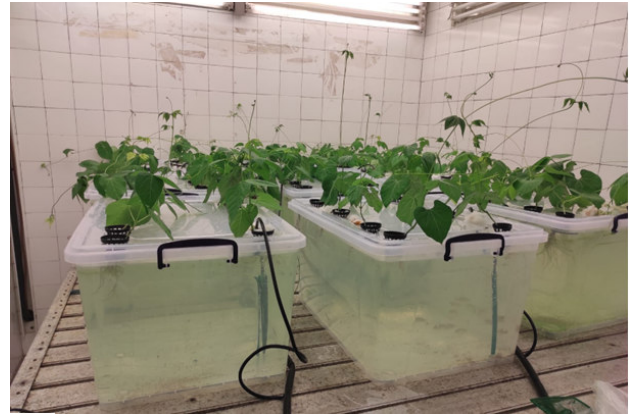
deniz suyu ve kara ortamlarında yaygın olarak bulunabilmektedir. A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve C vitaminlerince zengin olan bitkisel protein kaynağı taze fasulyede phasol ve phaseolin maddelerinin yoğunluğu şeker hastaları için kullanılan insülin karakterinde olduğu ve bu yüzden kandaki şekeri düşürmek için kullanıldığı bildirilmektedir. Fasulyenin hazım olabilirlik oranı %84.1'dir.

Bu çalışmanın amacı, %50 oranında mineral gübrelerin azaltıldığı su kültürü sisteminde taze fasulye üretilmesinde, tilupa balığı ve farklı dozlarda *Chlorella vulgaris*'in üçlü kombinasyonunda, mikroalgin biyogübre etkisini araştırmaktır.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü iklimlendirme odalarında gerçekleştirilmiştir. Magnum bodur fasulye çeşidi kullanılmıştır. Balık olarak akuaponik yetiştiricilikte tercih edilen tilapia (tatlı su çipurası) kullanılmıştır. Tilapia türü yüksek sıcaklık değerlerine dayanımı yüksektir ve fasulye ile birlikte yetiştiriciliğe uygundur. Çalışmada ortam sıcaklığı 25°C'de tutulmuştur. Sistemde balıkların bulunduğu 80 litre kapasitedeki tankın üstündeki kapakta delikler açılarak, fasulye fideleri kökleri suyla temas edecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 1). Ortalama olarak 1.2 cm boyundaki Tilapia balıkları her tankta 20 adet olacak şekilde tanklara aktarılmıştır.



Şekil 1. İklim kontrollü yetiştirme odasında balık, fasulye ve *Chlorella vulgaris* üçlüsünün beraber su kültürü ortamında yetiştirilmesi

Tilapiaların boyu 1.2 cm iken alınıp “finger lenght” denilen parmak büyüklüğüne kadar yetiştirilmesi amaçlanmıştır. Balıklar için günlük yem miktarı balık kütlesi arttıkça artırılmış ve %100 diyet uygulanmıştır. Balıklar ağırlığının %3'ü olacak şekilde yemlenmiştir. %50 mineral gübre azaltılarak

Chlorella uygulanan tanklardaki balıklara %50 azaltılmış yani ağırlığının %1.5’u olacak şekilde yem verilmiştir. Sistemde üretilen canlı Chlorella alginin hem balıklara ve hem de fasulye bitkisine besin maddesi olması hedeflenmiştir.

### Metot

Denemede fasulye bitkisinin Akuaponik kültürü yetiştiriciliğinde aşağıdaki 5 uygulama yapılmıştır;

- 1) Kontrol grubu (Hidroponik yetiştiricilik standartlarına göre hazırlanmış %100 mineral gübreleme) + Tilapia,
- 2) %50 mineral gübre + Tilapia,
- 3) %50 azaltılmış mineral gübre + 1× *Chlorella vulgaris* + Tilapia,
- 4) %50 azaltılmış mineral gübre + 2× *Chlorella vulgaris* (iki kat) + Tilapia,
- 5) %50 azaltılmış mineral gübre + 4× *Chlorella vulgaris* (dört kat) + Tilapia,

*Chlorella vulgaris*’in 3 no.lu uygulamadaki 1× olan dozun,  $2 \times 10^7$  microalg/ml alg konsantrasyonu 40 kez seyreltilmesi ile elde edilmiştir [2]. Diğer 2× ve 4× uygulamaları 1× dozunun iki ve dört katı olarak kullanılmıştır. Fasulye bitkilerini beslemek üzere Çizelge 1’de gösterilen besin çözeltisi 1 no.lu uygulamada kullanılmış, diğer uygulamalarda tüm maddeleri eşit olarak %50 oranında azaltılmıştır.

Çizelge 1. Fasulye bitkilerini akuaponik kültürde yetiştirmek için kullanılan besin çözeltisindeki elementlerin konsantrasyonları

Table 1. Concentrations of elements in the nutrient solution used to grow bean plants in aquaponic culture

Besin Elementi	Konsantrasyon (mg L <sup>-1</sup> )
N	130.00
P	35.00
K	220.00
Mg	45.00
Ca	150.00
S	70.00
Fe	1.50
Mn	0.80
B	0.50
Zn	0.15
Cu	0.10
Mo	0.10

Denemede bitki başına verim, meyve sayısı, bitki boyu, yaprak sayısı, gövde çapı, yaprakta klorofil SPAD ölçümleri ve deneme bitince bitkiler sökülerek bitki ağırlığı kaydedilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde her tank bir tekerrür olarak düzenlenmiş ve uygulamalar 2 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 8 fasulye bitkisi kullanılmıştır. Bitki ağırlığını ölçmek için hassas

terazi, klorofil indeksi için SPAD-metre (Minolta), gövde çapı ölçümü için dijital kumpas kullanılmıştır. pH ve EC metrelerle çözelti kontrolü yapılmış ve gerektiğinde bitki besini ilavesi uygulamalara uygun olarak yapılmıştır. İklim odasında bulunan karbondioksit tüpü ile fotosentezi hızlandırma için bitkilere gübreleme yaparak odanın karbondioksit konsantrasyonu 800 ppm’de tutulmuştur. Tanklardaki besin çözeltisi balıklara ve bitkilere oksijen sağlamak üzere sürekli akvaryum motorları ile havalandırılmıştır. Oksijenin homojen dağılması için tank içerisinde hava taşları kullanılmış ve düzenli olarak oksijen ölçümleri yapılarak oksijen seviyesi 8-10 ppm seviyesinin altına düşürülmemiştir. Denemede kullanılan tilapialardan deneme öncesi boy ve ağırlık alınmıştır. Tilapiaların sistemde büyüyeceği düşünülerek 50 litrelik tanklara 20 adet balık konulmuştur. Büyümeyi gösterebilmek için balıkların sisteme koyulmadan önceki ve deneme sonundaki boy ve ağırlıkları ölçülmüş aradaki fark yüzde olarak hesaplanmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Aquaponik fasulye yetiştiriciliğinde *Chlorella vulgaris*’in bitki ağırlığı, klorofil indeksi, gövde çapı, bitki boyu, yaprak sayısı ve meyve sayısına etkisi Çizelge 2’de verilmiştir.

#### Bitki Ağırlığı Üzerine *Chlorella vulgaris*’in Farklı Dozlarının Etkisi

%50 azaltılmış mineral gübre + 4×*Chlorella vulgaris* uygulaması, 84.73 g bitki<sup>-1</sup> ile en yüksek bitki ağırlığını oluşturmuştur. %100 mineral gübreleme uygulaması ise 63.97 g bitki<sup>-1</sup> ile ikinci en yüksek bitki ağırlığını vermiştir (aradaki fark %32’dir). *Chlorella vulgaris*’in dört kat yoğun kullanıldığı uygulama fasulye bitki ağırlığını arttırmıştır (Çizelge 2). %50 mineral gübreye eklenen 1× ve 2×*Chlorella vulgaris* uygulamalarında ise sadece %50 mineral gübreli ikinci kontrol grubundan sırasıyla 55.28 g bitki<sup>-1</sup> ve 59.98 g bitki<sup>-1</sup> daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. *Chlorella*’nın 4× dozunun %100 mineral gübreden daha ağır fasulye bitkisi ağırlığı oluşturması, biyogübre olarak algin bitkileri beslemede etkin olduğunu göstermektedir. Bizim sonuçlarımıza benzer şekilde fasulyede akuaponik, derin su kültürü ve NFT besleyici film tekniği ile yetiştirilen bitkilerde en çok biyokütlelenin akuaponik sistemle yetiştirilen fasulyelerde oluştuğu bulunmuştur [3].

#### Klorofil İndeksi Üzerine *Chlorella vulgaris*’in Farklı Dozlarının Etkisi

Çizelge 1’de görüldüğü üzere *Chlorella vulgaris* kullanılan bütün uygulamalarda klorofil indeksi daha

yüksek bulunmuştur. En yüksek klorofil indeksi 48.59 ile %50 mineral gübre + 4×Chlorella grubunda bulunmuştur. Mikro alg kullanımının artışı klorofil indeksinde artışı sağlamıştır. Akuaponik ve hidroponik sistemler arasında besin tüketimini karşılaştırmak isteyen Yang ve Kim domates ve marulda çalışmalar yapmış, SPAD değerlerinin bu iki bitkide de hidroponik yetiştiricilikte yüksek bulunduğunu bildirmiştir [11]. Akuaponikte yetiştirilen bitkilerde yaprakların daha yeşil renkte ve daha yüksek klorofil içeriğinin olmasında kısmen akuaponikte domates bitkileri tarafından toksik olmayan yüksek miktarda amonyum absorpsiyonu neden olabilir [9].

Çizelge 2. Aquaponik fasulye yetiştiriciliğinde *Chlorella vulgaris*'in farklı dozlarının etkisi

Table 2. The effect of different *Chlorella vulgaris* concentrations on aquaponic bean growing

	Bitki ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> ) Plant weight	Klorofil indeksi (SPAD) Chlorophyll index	Gövde çapı (mm) Stem diameter	Bitki boyu (cm) Plant height	Yaprak sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> ) Number of leaves	Meyve sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> ) Number of fruit
100 kontrol 100 control	63.92 b	43.53 b	4.61 ab	57.50	24.25	34.50 b
50 kontrol 50 control	43.52 d	41.31 b	4.21 b	53.31	24.12	33.00 b
1×Chlorella	55.28 c	48.07 a	4.85 a	54.95	25.11	38.00 ab
2×Chlorella	59.98 c	48.15 a	4.73 ab	46.89	28.28	48.00 a
4×Chlorella	84.73 a	48.59 a	4.30 b	58.76	35.62	48.00 a
LSD <sub>0.05</sub>	11.02	6.52	0.62	ÖD. NS	ÖD. NS	11.10

<sup>z</sup>Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (LSD); ÖD.: Önemli değil

<sup>z</sup>Mean separation within columns by LSD multiple test at, 0.05 level; NS.: Non significant

### Fasulye Bitkisi Gövde Çapı Üzerine *Chlorella vulgaris*'in Farklı Dolarının Etkisi

Gövde çapı değerleri, %50 mineral gübre + 1×Chlorella uygulamasında 4.85 mm ve + 2× uygulamasında ise 4.73 mm ile yüksek değerler göstermiştir. %100 mineral gübre uygulamasının 4.61 mm gövde çapı değeri ile aynı istatistik grupta yer almıştır (Çizelge 2). Hidroponik ve akuaponik yetiştiriciliğin karşılaştırması ve balıklardaki yem miktarının bitki büyümesine etkilerini inceleyen bir araştırmada, gövde çapı incelenmiş ve bu sistemler arasında istatistiksel fark bulunmamıştır [7]. Yaptığımız çalışmada *Chlorella vulgaris* kullanımı bitki gövde çapı açısından olumlu etkiler göstermiş gelişmeyi artırıcı desteklemiştir.

### Fasulye Bitkisi Yaprak Sayısı Üzerine *Chlorella vulgaris*'in Farklı Dozlarının Etkisi

En yüksek yaprak sayısı 4×Chlorella uygulamasından 35.63 adet bitki<sup>-1</sup> olarak görülmektedir. %100 mineral gübre kontrol grubunda

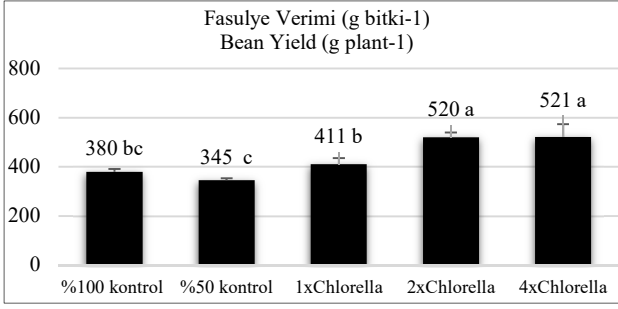
ise 24.25 adet bitki<sup>-1</sup> elde edilmiştir ve aynı istatistiksel grup içerisinde (Çizelge 2). Roosta ve ark. [10], domateste yaptıkları bir çalışmada akuaponik yetiştiricilik ve hidroponik yetiştiriciliği kıyaslamışlar ve hidroponik yetiştiricilikte oluşan yaprak sayısının akuaponik yetiştiricilikten daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu nedenle çalışmamızda %50 azaltılmış mineral gübreye eklenmiş algin akuaponik yetiştiricilik ile birlikte fasulye yaprak sayısını arttırdığı ve bu açıdan %100 mineral gübre kullanılan kontrolün önüne geçtiği görülmüştür.

### Fasulye Meyve Sayısı Üzerine *Chlorella vulgaris*'in Farklı Dozlarının Etkisi

*Chlorella vulgaris* kullanılan bütün uygulamalar meyve sayısını arttırmıştır. *Chlorella vulgaris*'in yüksek dozları %100 ve %50 mineral madde gruplarına göre yaklaşık %40 daha fazla meyve oluşturmuştur (Çizelge 2). Çoban ve ark. [2]'nin domateste yaptığı bir çalışmada, mikro alg kullanımının meyve sayısını arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Mikro alglerin kullanımının yanı sıra akuaponik yetiştiricilikle birlikte sağlanan ekstra gübre meyve sayısının artmasını pozitif yönde etkilemiştir.

### Taze Fasulye Verimi Üzerine *Chlorella vulgaris*'in Farklı Dozlarının Etkisi

Aquaponik fasulye yetiştiriciliğinde *Chlorella vulgaris*'in verime etkisi Şekil 2'de gösterilmektedir. *Chlorella vulgaris* kullanılan bütün uygulamalar verimi arttırmıştır. 4× ve 2×Chlorella uygulamaları birbirine çok yakın olarak sırasıyla 521 g bitki<sup>-1</sup> ve 519 g bitki<sup>-1</sup> ile en yüksek verimi oluşturmuştur. Verimde kontrol grupları olan %100 ve %50 mineral gübre kullanımı ile *Chlorella vulgaris* kullanılan uygulamalar arasında büyük fark bulunmuştur. Taze fasulye verimi bakımında 2× ve 4× uygulamaları %100 mineral gübre kontrolden %37 daha fazla taze fasulye üretmiştir. Graber ve Junge, balık suyundaki önemli bir eksikliğin, hidroponik sudan 45 kat daha düşük olan düşük potasyum konsantrasyonu olduğunu bildirmiştir [4]. Bu, hidroponik üretim sistemine kıyasla akuaponikte daha düşük bir domates kalitesi ile sonuçlanmıştır. Bu açıdan hem mikro alglerin kullanımı hem de kullanılan azaltılmış mineral gübre kullanımı bitkinin beslenmesinde önemli rol oynamış ve verimde çok önemli bir artış görülmüştür. Domateste yapılan bir çalışmada hidroponik ve akuaponik sistemler karşılaştırılmış, kontrol uygulamalarında, akuaponik ve hidroponik yetiştirilen bitkiler arasında meyve sayısı ve meyve verimi açısından bir fark bulunamamıştır [10].



Şekil 2. Aquaponik fasulye yetiştiriciliğinde *Chlorella vulgaris*'in taze fasulye verimi üzerine etkisi

Figure 1. The effect of *Chlorella vulgaris* on yield of aquaponic grown bean

### Balık Değerleri Üzerine *Chlorella vulgaris*'in Farklı Dozlarının Etkisi

Aquaponik fasulye yetiştiriciliğinde *Chlorella vulgaris*'in balık boy ve ağırlığı yüzde değişimine etkileri Çizelge 3'de sunulmaktadır. Balık boy ve ağırlığındaki değişimler, %100 kontrol ve 4xChlorella uygulamalarında en yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu durumda 4xChlorella uygulaması yarı yarıya yemlenen balıklarda boy ve ağırlığının %100 kontrol grubu ile aynı istatistiksel grupta yer alması *Chlorella vulgaris*'in arada kalan %1.5'lük balık yemi açığı kapattığı ve balık beslemesini sağlıklı bir şekilde sürdürdüğünü göstermektedir. Hatun ve ark. (2010)'da Japon balığı (*Carassius auratus*) beslenmesinde alg bazlı yemin değerlendirildiği çalışmada; alg bazlı yem, Japon balığı için kullanılan geleneksel yeme karşı test edilmiş, balıklarda protein, glikojen ve karotenoid içeriği 2 kat artış göstermiştir. Bunun yanında çalışmamızı destekler nitelikte canlı ağırlık artışı %4'e yakın artışı bildirilmiştir.

Çizelge 3. Aquaponik fasulye yetiştiriciliğinde *Chlorella vulgaris*'in tilapia balıklarına etkisi

Table 3. The effect of *Chlorella vulgaris* tilapia fish with aquaponic system

	Balık boyu değişimi (%) <sup>*</sup> <i>Fish height change</i>	Balık ağırlığı değişimi (%) <sup>*</sup> <i>Fish weight change</i>
100 kontrol / 100 control	82.63 a	499.02 a
50 kontrol / 50 control	52.83 c	273.40 c
1xChlorella	65.08 b	356.90 b
2xChlorella	54.29 c	312.85 bc
4xChlorella	73.51 ab	448.92 ab
LSD <sub>0.05</sub>	9.6	71

\*Deneme başlarken kaydedilen ilk ölçüm değerleri ile deneme tamamlandığında kaydedilen son ölçüm değerlerine göre hesaplanan % değişim

## SONUÇ

*Chlorella vulgaris* kullanımının bitkiler üzerindeki biyogübre besleyici etkisinden faydalanma ve akuaponik yetiştiricilikte kullanılan

balıkların yemlenmesine yardımcı besin olarak kullanma amacıyla kurulan bu çalışmada, mineral gübreler %50 azaltılarak 2x ve 4x Chlorella alginin eklenmesinden iyi sonuçlar alınmıştır. Kullanılan %50 azaltılmış mineral gübreler ile akuaponik fasulye yetiştiriciliği, standart hidroponik yetiştiricilikten daha ileriye taşınmıştır. Alg kullanımı ile hem hidroponikte kullanılan mineral maddeler azalmış, hem de aynı ortamda balık yetiştirilmiş ve bu suda ki gübreler mineral maddeye çevrilip bitki tarafından kullanılmış ve su filtre edilmiştir. Bundan sonra gelecekte, balıklar “finger length” aşamasından daha büyük aşamalarda yetiştirilirken Chlorella etkinliği, fasulye ve diğer sebze yetiştiriciliğinde çalışılacaktır.

## KAYNAKLAR

- Bildirici, N., Bildirici, D. 2021. Sağlıklı bir gelecek için aquaponik sistemler sağlıklı bir gelecek için aquaponik sistemler. İksad Publishing House.
- Coban, G.A., Dasgan, H.Y., Akhoundnejad, Y., Cimen, B.A. 2020. Use of microalgae (*Chlorella vulgaris*) to save mineral nutrients in soilless grown tomato. Acta Horticulturae 1273:161-168. (doi.org/10.17660/actahortic.2020.1273.22).
- Estim, A., Saufie, S., Mustafa, S. 2019. Water quality remediation using aquaponics sub-systems as biological and mechanical filters in aquaculture. Journal of Water Process Engineering 30:100566. (doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.02.001).
- Graber, A., Junge, R. 2009. Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Desalination 246(1-3):147-156.
- Lennard, W., Goddek, S. 2019. Aquaponics gıda üretim sistemlerinde aquaponik: temelleri. Springer Uluslararası Yayıncılık, Cham, İsviçre, s:113-143.
- Pérez-Urrestarazu, L., Lobillo-Eguibar, J., Fernández-Cañero, R., Fernández-Cabanás, V.M. 2019. Suitability and optimization of FAO's small-scale aquaponics systems for joint production of lettuce (*Lactuca sativa*) and fish (*Carassius auratus*). Aquacultural Engineering 85:129-137.
- Pineda-Pineda, J., Valdez-Zamora, A., Miranda-Velázquez, I., Rodríguez-Pérez, J.E., Ramírez-Arias, J.A., Lozano-Toledano, A. 2018. Yield of two cultivars of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in hydroponic and aquaponic systems. Acta

- Horticulturae 1227:347-354 (doi.org/10.17660/actahortic.2018.1227.43).
8. Rakocy, J.E., Masser, M.P., Losordo, T.M. 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. SRAC Publication, No. 454 USDA. Retrieved from (<https://srac.tamu.edu/index.cfm/event/getfactsheet/whichfactsheet/105/>).
  9. Roosta, H.R., Schjoerring, J.K. 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber (*Cucumis sativus* L., cv. Styx) plants. Journal of Plant Nutrition 30:1933-1951
  10. Roosta, H.R., Hamidpour, M. 2011. Effects of foliar application of some macro and micro nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. Scientia Horticulturae 129(3):396-402 (doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.006).
  11. Yang, T., Kim, H.J. 2020. Comparisons of nitrogen and phosphorus mass balance for tomato, basil and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. Journal of Cleaner Production 274: 122619 (doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122619).