

Japon Balığı (*Carassius Auratus* L. 1758) Ve Arpa Bitkisinin (*Hordeum Vulgare* L.) Gelişimi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Üzerine Akuaponik Sistemin Etkileri

Mehmet Anıl KESKİNBALTA, Gökhan HAMZAOĞLU,
Meryem Yeşim ÇELİK, Seval DERNEKBAŞI*

Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Akliman mevki 57000 Sinop.

*Sorumlu yazar tel +90.0368 287 6254-3838

E-posta: sevalyaman@hotmail.com

Geliş Tarihi: 15.05.2015

Kabul Tarihi: 10.08.2015

Öz

Bu çalışmada, Japon balığı (*Carassius auratus* L. 1758) ve arpa bitkisi (*Hordeum vulgare* L.) kullanılarak model bir akuaponik sistem oluşturulmuştur. Araştırma süresince arpa bitkisinin suyun nitrit, nitrat ve fosfat değerlerinde yaptığı değişim ve balıkların gelişimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 30 günlük araştırma süresince günlük olarak pH, sıcaklık ve oksijen değerleri ölçülmüştür. Haftalık olarak bitki yetiştirme yatağına giren ve bitkiden süzülen suyun nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-) ve fosfat (PO_4^{3-}) değerleri ölçülüp kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda nitrit miktarının kontrol grubuna göre %90 daha az, nitrat değerinin kontrol grubuna göre %68.20 oranında daha fazla ve fosfat değerinin ise kontrol grubuna göre %61.86 daha az olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre akuaponik sistemdeki balıkların ağırlıkça büyüme oranının kontrol grubuna göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ışığında akuaponik sistemde kullanılan arpa bitkisi japon balığı üretimi sırasında oluşan ara ürünleri kullanarak su kalitesini iyileştirdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akuaponik, Japon balığı (*Carassius auratus* L. 1758), arpa bitkisi (*Hordeum vulgare* L.).

Abstract

Effect of An Aquaponic Model System on the Water Quality Improvement and Growth of Goldfish (*Carassius auratus* L. 1758) and Barley Plant (*Hordeum vulgare* L.)

In this study, a model aquaponic system has been created using goldfish (*Carassius auratus* L. 1758) and barley plant (*Hordeum vulgare* L.). During the study, the impact on the development of the fish and the changes made on the nitrite, nitrate and phosphate values of water of the barley plant were investigated. During the thirty-day experiment period, temperature, oxygen and pH were measured daily. The values of nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-) and phosphat (PO_4^{3-}) were weekly evaluated and compared to the control group. At the end of the experiment, the nitrite and phosphate levels were 90% and 61.86% lower, respectively and also nitrate level was 68.20% higher compared to the control. According to the obtained data, the growth rate of fishes in the aquaponic system was better than the fishes in the control group. In the light of these results, barley plant used in the aquaponic system, using the intermediates formed during the production of goldfish was found to improve the water quality.

Keywords: Aquaponic, goldfish (*Carassius auratus* L. 1758), barley (*Hordeum vulgare* L.).

*Bu çalışma, 17. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur.

© Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon

Giriş

Su ürünleri yetiştiriciliğinin çevreye etkisi, yetiştiricilik metodunun çeşidine, üretim kapasitesine ve yetiştiricilik yapılan alanın biyolojik, kimyasal ve fiziksel karakterine bağlı olarak değişmektedir (GESAMP, 1991). Çevre için potansiyel bir kirlilik kaynağı olan atık sular bitkilerin ihtiyaç duyduğu azot (N) yönünden zengin olduğundan akuaponik sistemlerde bu suların kullanılması aynı zamanda suyun kalitesini de artırmaktadır. Böylece ticari bir kazanç elde edilirken sürdürülebilir bir balıkçılık ve sebze üretimi bir arada sağlanmış olmaktadır (Adler vd., 2000).

Akuaponik sistemler, balık ve hidroponik (topraksız tarım veya suda bitki yetiştiriciliği) sebze kültürünü kombine kültür olarak işleyen çevrimli sistemlere denir. Su ürünleri üretimi sırasında oluşan ara ürünlerden (azot, fosfor vb.) faydalanan ikincil bir türün yetiştirildiği sistemlerdir. Akuakültür sonucunda balıkların dışkıları, metabolik ve yem artıklarının bitkiler tarafından en iyi şekilde değerlendirildiği ortaya çıkmıştır (Diver, 2006). Akuaponik sistem, topraksız tarımda balık atık suyu ile bitki üretimine dayanmaktadır ve bu şekilde gübre maliyeti azaltılarak hem bitki hem de balık üretimi yapılmaktadır (Chow vd., 1992; Tagliavini vd., 2005).

Akuaponik sistemleri, su ürünlerinin yetiştirildiği tanklar, su pompası, hidroponik yöntemle bitki üretilen bitki yatakları ve katı atıkların uzaklaştırıldığı katı arıtım ünitesi oluşturmaktadır. Kapalı devre veya resirküle yetiştiricilik sistemlerinde en önemli işletme masraflarından biri; yenmemiş yem artıkları, balıkların dışkı ve metabolik artıkları sonucu oluşan amonyak ve nitritin balıklar için toksik madde olarak oluşmasını engellemek için kullanılan mekanik ve biyofiltre sistemlerdir (Harmon, 2001). Akuaponik sistemde kullanılan bitkiler bir biyofiltre gibi çalışarak ortamda bulunan artık maddelerin arıtılmasını ve

resirküle sistemlerde suyun tekrar kullanımı sağlamaktadır. Ayrıca, akuaponik sistemler, çevre kirliliğine neden olan suyun deşarjı yerine, tekrar geri kazanılmasını sağlamaktadır (Rakocy vd., 1992).

Akuaponik sistemler ile ilgili modern çalışmalar 1970'li yıllarda New Alchemy Enstitüsü'nde başlamış olup, çalışmalar 1980'li yıllara kadar hız kazanmıştır (Anonim, 2014a). Akuaponik sistemler çoğunlukla Çin ve Tayland gibi uzak doğu ülkelerinde kullanılmaktadır. Oluşturdukları polikültür sistemlerinde pirinç ile doja çorap balığı (*Misgurnus anguillicaudatus* Cantor, 1842), bataklık yılan balığı (*Monopterus albus* Zuiew, 1793) ve sazan (*Cyprinus carpio* L. 1758) balığı yetiştirilmektedir.

Bu çalışmada, Japon balığı (*Carassius auratus* L. 1758) ve arpa bitkisi kullanılarak model bir akuaponik sistem oluşturulmuştur. Araştırma süresince arpa bitkisinin suyun nitrit, nitrat ve fosfat değerlerinde yaptığı değişim değerlendirilerek, balıkların gelişimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma, Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi binası içinde 9.6 m²'lik bir alanda kurulan sera sistemi içinde yapılmıştır. Sera içerisindeki ısıtma bina içinde bulunan ısıtıcı vasıtası ile sağlanmıştır. Deneme 3 tekerrür olacak şekilde dizayn edilmiştir. Deneme tankı olarak 90L'lik (polietilen) su tankları, kontrol grubu için 70L'lik cam akvaryum, karantina tankı için 50L'lik ve stok tankı için 70L'lik cam akvaryum kullanılmıştır. Bitki büyütme yatağı olarak 25L'lik toprak saksı kullanılmıştır. Balık tanklarında bulunan suyun bitki tanklarına basımı için kullanılan iç filtreler (Shark sb-800f) balıkların bulunduğu tankların içine yerleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmada kullanılan akuaponik sistemin genel görünümü.

Ayrıca, tankların içinde suyun sıcaklığını ayarlamak için ısıtıcı ve oksijen gereksinimi karşılamak için havalandırma kullanılmıştır. Ortamda güneş ışığı olmadığı için bitkilerin ışık gereksinimi yapay olarak 3 adet floresan (1 adet T5 14 W floresan 55 cm Daylight, 1 adet Sylvania Grolux T8 18Watt 60 cm floresan, 1 adet T5 Daylight simit floresan) ve 2 adet 300 W projektör ile sağlanmıştır. Işıkların bitki yataklarından yüksekliği 40 cm'lik olacak şekilde ayarlanmıştır.

Deneme için ortalama ağırlığı 6.29 ± 3.15 g olan yerel bir akvaryumcudan temin edilmiş japon balıkları, balıkların yemlenmesinde kullanılmak üzere ticari akvaryum balığı yemi (JBL Pond Coloron) ve yerel pazardan temin edilmiş olan 350g arpa tohumu kullanılmıştır. Deneme yeminin besin madde içeriği Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan ticari yemin besin kompozisyonu (%)

Besin Kompozisyonu (%)	
Protein (%)	36
Yağ (%)	4.5
Lif (%)	3
Ham kül (%)	9

Tankların içindeki su sıcaklıkları 22°C de sabitlenmiştir. Haftalık olarak buharlaşan su sisteme ilave edilmiştir. Bitki yatakları topraksız tarımda kullanılan perlit (90L) malzemesi ile doldurulmuş ve arpa bitkisi tohumları bitki yataklarına rastgele olarak dağıtılmıştır. Balık tanklarından bitki yataklarına 1.5 L/dk olacak şekilde su basılmıştır. Balık tanklarından basılan su süzülerek bitki tankındaki tahliye deliğinden tekrar balık tankına dönüşümü sağlanmıştır. Bitki tankı yüksekliği 25 cm olarak belirlenmiş ve tabandan 20 cm yüksekliğine kadar suyun çıkışı sağlanmış üstten 5 cm'lik kısım kuru bırakılmıştır.

Tankların içinden bitki yataklarına su basımı aralıksız olarak 24 saat sürmüştür. Bu şekilde balıklar tarafından metabolik ve yem atıkları sonucu oluşturulan kirlenme, sadece bitki kullanılarak biyolojik olarak filtre edilmiştir. Kontrol grubunda ise tankların içinde sadece suyun temizliğini sağlayan iç filtreler (Shark sb- 800f) filtrasyon için kullanılmış, harici bir biyolojik filtrasyon yapılmamıştır. Deneme tanklarındaki düzenek kontrol grubunda kullanılmamıştır. Ancak deneme tanklarında olduğu gibi kontrol grubunda da buharlaşan su tanklara ilave edilmiştir.

Çalışmada, günlük olarak sera ortamındaki ortam sıcaklığının ve nem miktarının

maksimum ve minimum değerleri belirlenmiştir. Işıklandırma sabah 9.00 ve akşam 17.00 olacak şekilde otomatik zaman ayarlayıcı ile yapılmıştır. Gün içinde 3 saat boyunca havalandırma yapılmıştır.

Deneme sonunda akuaponik sistemde ve kontrol grubundaki balıklar tartılarak deneme sonu ağırlıkları bulunmuştur. Deneme sonunda balıklarda büyüme oranları aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır (Korkut vd., 2007).

Canlı Ağırlık Artışı (CAA)= Deneme sonu ağırlığı (g)-Deneme başı ağırlığı (g)

Anlık Büyüme Oranı (ABO)= [(Deneme sonu ağırlığı (g)-Deneme başı ağırlığı (g))/Deneme başı ağırlığı (g)] × 100]

Balıklar sabah ve akşam olmak üzere günde iki kez yemlenmiştir. Haftasonları yemleme yapılmamıştır. Haftada bir kez ise balıklara kabızlığı önlemek için haşlanmış ıspanak verilmiştir. Tank tabanında bulunan katı artıkların temizlenmesi işlemi haftada 1 kez sifonlama yolu ile gerçekleştirilmiştir.

Balık tanklarında bulunan suyun sıcaklığı, pH'ı ve oksijeni günlük olarak ölçülmüştür. Ölçümde Multi 340İ/Set markalı multiparametre cihazı kullanılmıştır. Deneme başlangıcından 3 gün sonra bitki tohumlarının filizlenmesi ile haftada 1 kez olmak üzere kontrol grubu ve deneme tanklarından bitkili bölüme giren suyun ve bitkiden süzülen suyun nitrit (NO₂⁻), nitrat (NO₃⁻) ve fosfat (PO₄⁻³) değerleri ölçülmüştür.

Ölçümler manuel olarak laboratuvar ortamında yapılmıştır. Nitrit-nitrat tayini için Fenoldi Sülfonilik Asit Metodu, fosfat tayini için ise Kolorimetrik Kalay Klorür metotları kullanılmıştır. Deneme boyunca haftada 1 kez nitrit-nitrat ve fosfat tayinleri yapılmıştır. Ölçümler saat 12.00'de tankların orta kısımlarından 5cm derinlikten örnek alınarak yapılmıştır. Nitrit, nitrat ve fosfat değerlerindeki giderme etkinliği (Removal efficiency) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Anonim, 2014c).

Giderme etkinliği= [Giriş suyu-Çıkış Suyu] / Giriş Suyu x 100]

Grupların varyans eşitliği ve homojenitesi için Anderson Darling ve Levene's testleri kullanılmıştır. Araştırmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde Microsoft Office Excel 2003 ve Minitab 13.1 programından tek yönlü varyans (Anova) analizi kullanılmıştır. p<0.05 olduğunda farklar önemli kabul edilmiştir.

Bulgular

Çalışmada, sera ortamında ölçülen sıcaklık değeri ortalama 25±0.47°C ve nem miktarı ortalama %75±0.05 olarak hesaplanmıştır. Deneme boyunca su sıcaklığı akuaponik sistemde ortalama 23.10±0.20°C kontrol grubunda ise ortalama sıcaklık 23.22±0.32 °C olarak tespit edilmiştir. Sıcaklık, oksijen ve pH değerleri değişimi Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Akuaponik sistem ve kontrol grubundaki pH, O₂ (mg/l) ve sıcaklık (°C) değerleri

	Kontrol Grubu			Akuaponik Sistem		
	pH	O ₂ (mg/l)	Sıcaklık (°C)	pH	O ₂ (mg/l)	Sıcaklık (°C)
1. Hafta	8.2	7.28	22.5	8.35	7.48	23
2. Hafta	8.3	6.99	23.6	8.45	7.2	22.8
3. Hafta	8.3	7.45	22.7	8.49	7.36	23.7
4. Hafta	8.18	7.24	23.8	8.4	7.24	22.9

Deneme başında akuaponik sisteme giriş suyunun nitrit değeri 16.01 $\mu\text{g. NO}_2\text{-N/L}$ iken deneme sonunda giriş suyundaki nitrit değeri 3.11 $\mu\text{g. NO}_2\text{-N/L}$, kontrol grubunda ise deneme başı nitrit değeri 18.28 $\mu\text{g. NO}_2\text{-N/L}$ iken deneme sonunda 16.14 $\mu\text{g. NO}_2\text{-N/L}$ olarak belirlenmiştir (Tablo 3). İstatistiksel analizlere göre kontrol grubundaki nitrit değeri ile akuaponik sistemdeki nitrit değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Deneme başında akuaponik sisteme giriş suyunun nitrat değeri 90.69 $\mu\text{g. NO}_3\text{-N/L}$ iken deneme sonunda giriş suyundaki nitrat değeri 355.77 $\mu\text{g. NO}_3\text{-N/L}$. Kontrol grubunda ise deneme başı nitrat değeri 175.35 $\mu\text{g. NO}_3\text{-N/L}$ iken deneme sonunda 113.10 $\mu\text{g. NO}_3\text{-N/L}$ bulunmuştur (Tablo 4). Nitrat değerlerinde ise kontrol grubuna göre istatistiki açıdan bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Araştırmada, nitrit değerlerinde giderme etkinliği %90, nitrat değerlerinde ise %74.5 olarak bulunmuştur. Ayrıca kontrol grubundaki nitrit değeri akuaponik sisteme göre %90 daha fazla, nitrat değerinin ise akuaponik sistemde kontrol grubuna göre ise %68.2 daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Deneme başında akuaponik sisteme giriş suyunun fosfat değeri 3.31 $\mu\text{g. PO}_4^{3-}\text{-P/L}$ iken deneme sonunda giriş suyundaki fosfat değeri 7.51 $\mu\text{g. PO}_4^{3-}\text{-P/L}$; kontrol grubunda ise deneme başı fosfat değeri 2.12 $\mu\text{g. PO}_4^{3-}\text{-P/L}$ iken deneme sonunda 18.11 $\mu\text{g. PO}_4^{3-}\text{-P/L}$ bulunmuştur (Tablo 5). Kontrol grubu ve akuaponik sistemdeki değerler arasında yapılan karşılaştırmada istatistiksel olarak fosfat değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Tablo 3. Akuaponik sistem ve kontrol grubundaki nitrit değişimi ($\mu\text{g. NO}_2\text{-N/L}$)

	Akuaponik sistem		Kontrol Grubu
	Giriş suyu	Çıkış suyu	
1. Hafta	16.01	13.91	18.28
2. Hafta	12.76	9.44	17.88
3. Hafta	3.52	2.33	15.43
4. Hafta	3.11	1.55	16.14

Tablo 4. Akuaponik sistem ve kontrol grubundaki nitrat değişimi ($\mu\text{g. NO}_3\text{-N/L}$)

	Akuaponik sistem		Kontrol Grubu
	Giriş suyu	Çıkış suyu	
1. Hafta	90.69	125.67	175.35
2. Hafta	152.84	190.36	120.46
3. Hafta	479.23	515.13	150.20
4. Hafta	355.77	518.76	113.10

Tablo 5. Akuaponik sistem ve kontrol grubundaki fosfat değişimi ($\mu\text{g.PO}_4^{3-}\text{-P/L}$)

	Akuaponik sistem		Kontrol Grubu
	Giriş suyu	Çıkış suyu	
1. Hafta	3.31	1.95	2.12
2. Hafta	5.56	4.60	10.45
3. Hafta	7.13	6.98	14.61
4. Hafta	7.51	6.91	18.11

Tablo 6. Deneme başı ve deneme sonunda balıkların büyüme oranları

	Akuaponik sistem	Kontrol Grubu
Deneme başı ağırlık (g)	6.46±0.57	5.81±0.46
Deneme sonu ağırlık (g)	7.42±0.71	6.33±0.78
Canlı ağırlık artışı (g)	0.96	0.52
Ağırlıkça oransal büyüme (%)	14.83	8.99
Yaşama oranı (%)	66.7	60

Deneme başı ve deneme sonunda balıkların büyüme oranları Tablo 6'da gösterilmiştir. Akuaponik sistemde balıkların AOB'lerinin kontrol grubuna göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Tartışma

Bu çalışmada, Japon balıkları ve arpa bitkisi kullanılarak model bir akuaponik sistem oluşturulmuş, arpa bitkisinin balıkların yetiştirme suyunda meydana getirdiği değişimler belirlenerek, balıkların gelişimi üzerine yaptığı etkiler incelenmiştir.

Harris (1978) hidroponik sistemde yaptığı çalışmada iyi bir katı ortam malzemesinin kök bölgesinde besin deposu ve köklerin solunumu için yeterli hava gözenekleri sağlanması gerekliliğini vurgulamıştır. Hochmuth (2003) ise perlit malzemesinin yüksek su tutma kapasitesi ve yüksek havalandırma özelliği olduğunu belirtmiştir. Mevcut çalışmada bitki köklerinin gelişimi için perlit malzemesi

kullanılmış ve arpa tohumlarının ekiminden itibaren herhangi bir sorun ile karşılaşıl-mamıştır.

Akuaponik sistemdeki sıcaklığın, yetiştirilecek bitkiye göre ayarlanması gerektiği ve ideal sıcaklığın 24°C olduğu ifade edilmiştir (Rakocy vd., 1992). Arpa bitkisi için optimum sıcaklık aralığının 18-20°C ve nem aralığının %70-80 olduğu belirtilmektedir (Anonim, 2014b). Yapılan çalışmada sera ortamındaki sıcaklık 25.00±0.47°C, nem miktarı ise %75±0.05 olarak tespit edilmiştir. Deneme boyunca sera ortamındaki sıcaklık, arpa bitkisi için verilen optimum sıcaklık aralığından daha yüksek olsa da arpa bitkisinin gelişiminde herhangi bir problem ile karşılaşılmamıştır.

Japon balığı için gerekli olan bazı su parametreleri literatür ile karşılaştırıldığında (Tablo 7) gerekli olan optimum şartların akuaponik sistem ve kontrol grubu için karşılandığı görülmektedir. Deneme boyunca balıklarda pH, O₂ sıcaklık kaynaklı herhangi bir probleme rastanılmamıştır.

Tablo 7. Japon balıkları için optimum su parametreleri

	Wang, 1989	Ng vd., 1992	Temelli, 1988	Akuaponik	Kontrol
pH	7.1-9.7	7.3-7.7	6.5-8.5	8.35-8.49	8.18-8.3
O₂	Wang, 1989 8.7 mg/l	Ng vd., 1992 6.15 mg/l	Anonim, 2014d 8.3 mg/l	7.2-7.48 mg/l	6.9-7.45 mg/l
°C	Altinköprü, 1976 15.5-24°C	Alpbaz, 1984 20-22°C	Anonim, 2014d 22-28°C	22.5-23.7°C	22.5-23.8°C

Lorena vd. (2008) aquaponik bir sistemde mersin balığı ve marul üretimi için yaptığı çalışmada, tüm çalışma boyunca su parametrelerinin en iyi büyümeyi sağlamak için optimal limitlerde kaldığını bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada da aquaponik sistemdeki su parametrelerinin japon balığı ve buğday bitkisi için en iyi büyümeyi sağlayacak şekilde olduğu belirlenmiştir.

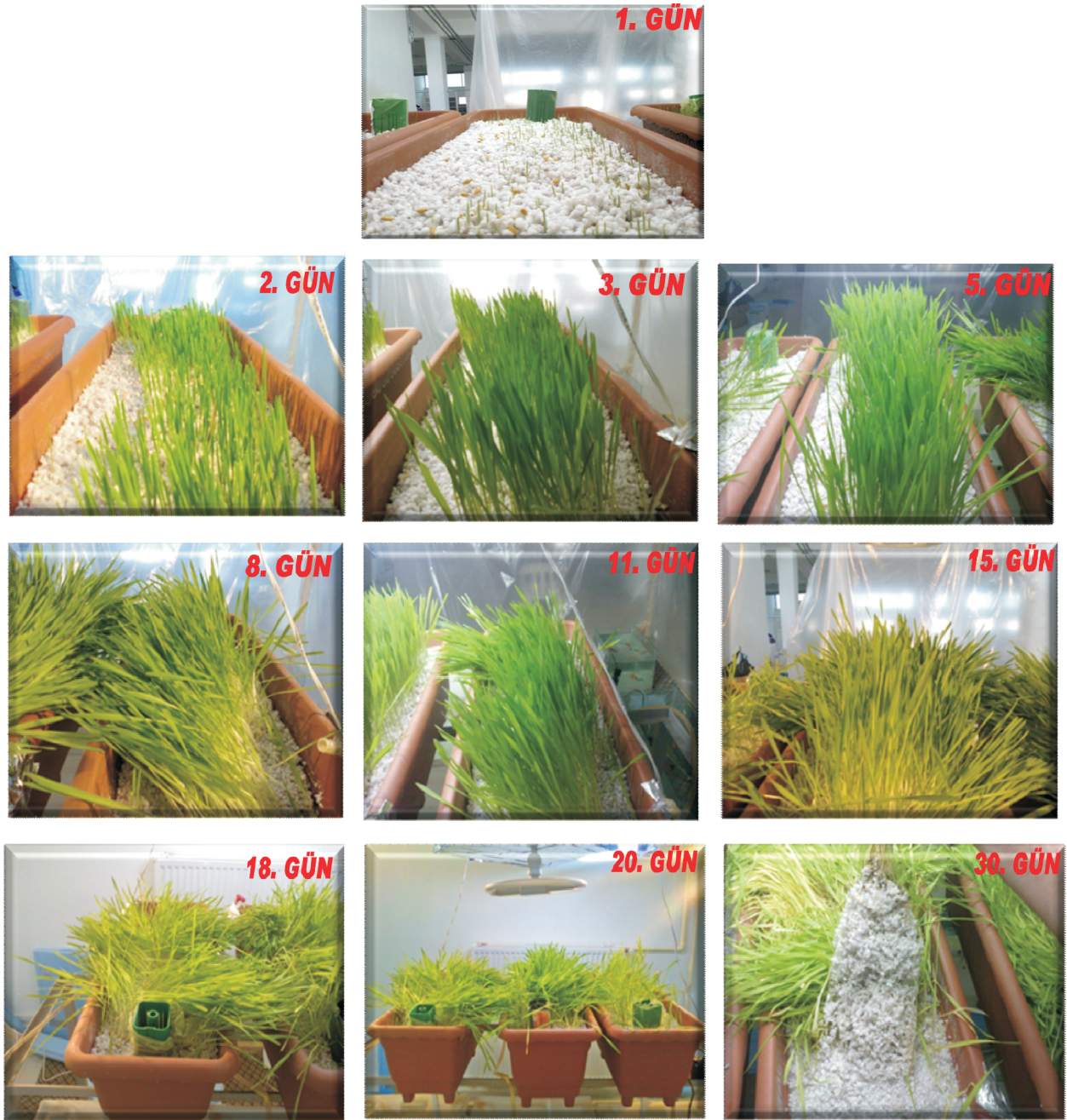
Deneme boyunca kontrol grubunda belirli bir nitrit azalışı olmuş ve daha sonra tekrar bir yükselme görülmüştür. Akuaponik sistemin giriş ve çıkış sularında ise kontrol grubuna göre daha düşük bir nitrit konsantrasyonu gözlemlenmiştir. Çalışmada, deneme sonunda kontrol grubundaki nitrit değerinin akuaponik sisteme göre %90 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Afrika kedi balığı (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) ve ıspanak (*Ipomoea aquatica*) bitkisi ile kurulan akuaponik sistemde nitrit değerlerindeki giderme etkinliği %92 olarak bildirilmiştir (Endut vd., 2011). Mevcut çalışma nitrit giderme etkinliği bakımından Endut vd. (2011)'nin yaptığı çalışma ile benzerlik göstererek, akuaponik sistemde %90 olarak belirlenmiştir.

Gelişmiş bir biyofiltreleme süresince, nitrifikasyon döngüsünün su içinde nitrat artışına sebep olduğu bildirilmiştir (Naegel, 1977). Mevcut çalışmada, akuaponik sistemde kontrol grubuna göre daha fazla bir nitrat

artışının olduğu belirlenmiş, bununda iyi bir nitrifikasyon sürecinin gerçekleştiği yani iyi bir filtrasyon yapıldığının göstergesi olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmada, akuaponik sistemdeki nitrat değerleri kontrol grubuna göre %68.2 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Chaves vd. (2000) akuaponik sistemde yetiştirilen marulların nitrat konsantrasyonunu %20-27 oranında azaltarak su kalitesini iyileştirdiği bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada akuaponik sistemin giriş ve çıkış suları arasında nitrat değerlerini %31 azaldığı tespit edilmiştir. Endut vd. (2011) yaptıkları çalışmada nitrat değerlerindeki giderme etkinliğini %87.10 olarak belirlemişlerdir. Çalışmada akuaponik sistemde deneme boyunca nitrat için giderme etkinliği %74.50 olarak tespit edilmiştir.

Balıklarda fosfat miktarının yaklaşık %50'si besleme sonucu oluşurken, %33-35 fosfat kaynağı ise dışkılama sonucu oluştuğu bildirilmiştir (Seawright vd., 1998). Çalışmada kontrol grubunda fosfat değeri hızla yükselirken akuaponik sistemde deneme başında bitki kökleri tam gelişmediği için bir artış gözlemlenmiş ve bitki köklerinin gelişimi ile fosfat miktarında azalma meydana gelmiştir. Deneme sonunda kontrol grubunda bulunan fosfat miktarı akuaponik sistemden %61.86 daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2. Deneme boyunca bitki büyümesindeki değişim.

Martins vd. (2010) tilapya ve marul bitkisi ile yaptıkları çalışmada fosfat değerlerini 17-24 μ g/l arasında olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada fosfat miktarındaki değişim ise 2.63–7.21 μ g/l arasında belirlenmiştir. Martins vd. (2010)'e göre değerlerin düşük çıkmasının sebebi, tilapya balıkları için kullandıkları yemdeki fosfat miktarının japon balıkları için kullanılan yemdekenden daha fazla ve tilapya

balıklarının metabolik artıklarının japon balıklarınıninkinden daha fazla olmasından kaynaklanabilmesidir. Mevcut çalışmada, akuaponik sistemdeki balık büyüme oranı ~%15 kontrol grubunda ise ~% 9 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre akuaponik sistemdeki balıkların AOB'lerinin kontrol grubuna göre daha fazla olduğu hesaplanmıştır.

Bitkilerin tohum ekimi aşamasından itibaren fotoğraflar ile büyümesi takip edilmiştir (Şekil 2). Hasat zamanı bitki kökleri kaldırıldığı zaman perlit malzemesine çok iyi tutunduğu görülmüş, köklerde gözle görülür herhangi bir çürüme ya da siyahlaşma olmadığı belirlenmiştir. Mevcut çalışmanın sonuçlarına göre, japon balığının aquaponik sistemlerde yetiştirilebileceği ve arpa bitkisinin aquaponik sistem için uygun bir bitki olabileceği belirlenmiştir.

Ülkemizde akuaponik sistemle ilgili bilinen herhangi bir ticari girişime rastlanmamıştır. Dünyada yoğun bir şekilde kullanılan akuaponik sistemin akuakültür ve tarımsal üretimin çevreye verdikleri zararları azaltmak için bir çözüm niteliği taşıdığı bilimsel makaleler ile kanıtlanmıştır. Mevcut bilgiler ışığında ülkemizde konu ile ilgili daha büyük çapta araştırmalar yapılması ve elde edilen verilerin girişimciler ile paylaşılması halinde akuaponik sisteme yönelik bir sektör oluşturulabilecektir. Böylece ülke ekonomisine sağlayacağı katkının yanı sıra yeni istihdam alanları açılmasına da olanak sağlanabilecektir.

Kaynaklar

- Adler, P. R., Harper, J. K., Takeda, F., Wade, E. D. ve Summerfelt, S. T. 2000. Economic evaluation of hydroponics and other treatment options for phosphorus removal in aquaculture effluent. *HortScience*, 35(6):993-999.
- Alpbaz, A. 1984. Akvaryum Tekniği ve Balıkları. Acargil Matbaası. No:58. İzmir, 1-300.
- Altinköprü, M. ve Altinköprü, T. 1976. Akvaryum Balıklarının Üretilmesi. Haşmet Matbaası, İstanbul, 110-125.
- Anonim, 2014a. Aquaponics. <http://en.wikipedia.org/wiki/Aquaponics> (giriş Temmuz 2014).
- Anonim, 2014b. Arpa bitkisi. <http://www.Tarimsitesi.net/icerik-detay.asp?id=694>. (giriş Temmuz 2014).
- Anonim, 2014c. Measuring Efficiency. <http://water.me.vccs.edu/concepts/effmeasure.html>. (giriş Temmuz 2014)
- Anonim 2014d. Japon balığı beslemek için ideal su değerleri. / japon_balıkları_icin_ideal_su_degerleri_k762003.asp (giriş Temmuz 2014)
- Chaves, P. A., Laird, L. M., Sutherland, R. ve Beltrao, J. 2000. Assessment of fish culture water improvement through integration of hydroponically grown lettuce. *Water Science and Technology* 42(1-2):43-47.
- Chow, K. K., Price, T. V. ve Hange, B. C. 1992. Nutritional requirements for growth and yield of strawberry in deep flow hydroponic systems. *Scientia Hort*, 52:95-104. [http://dx.doi.org/10.1016/0304-4238\(92\)90012-2](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4238(92)90012-2)
- Diver, S. 2006. Aquaponics integration of hydroponics and aquaculture. *Appropriate Technology Transfer for Rural Areas: Horticulture Systems Guide*, Fayetteville, AR:21
- Endut, A., Jusoh., A., Ali, N. ve Wan Nik, W. B. 2011. Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system. *Desalination and Water Treatment*, 32:422-430. <http://dx.doi.org/10.5004/dwt.2011.2761>
- GESAMP (IMO / FAO / Unesco / WMO / WHO / IAEA / UN / UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). 1991. Reducing Environmental Impacts of Coastal Aquaculture. *Rep. Stud. GESAMP*, 47: 35 p.
- Harmon, T. 2001. A look at filtration in aquaponic systems: bead filters. *Aquaponics J.*, 3:16-19.
- Harris, D. 1978. Hydroponics, Growing Without Soil; Easy to Follow Instructions for the Flat Dweller, Modern Gardener and Commercial Grower, 3rd ed. Newton Abbot, London, Vancouver, 218 pp.
- Hochmuth, G. 2003. Plant petiole sap-testing for vegetable crops. CIR1144. Gainesville. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida. Retrieved.
- Korkut, A. Y., Kop, A., Demirtaş, N. ve Cihaner, A. 2007. Balık beslemede gelişim performansının izlenme yöntemleri. *E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(1-2):201-205.
- Lorena, S., Cristea, V. ve Oprea, L. 2008. Nutrients dynamic in an aquaponic recirculating system for sturgeon and lettuce (*Lactuca sativa*) production. *Zootehnie si Biotehnologii*, 41(2):137-143.
- Martins C. I. M., Edinga, E. H., Verdegema, M. C. J., Heinsbroeka, L. T. N., Schneider, O., Blanchetond, J. P., Roque d'Orbcasteld, E. ve Verreth, J. A. J. 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3):83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>

- Naegel, L. C. A. 1977. Combined production of fish and plants in recirculating water. *Aquaculture*, 10:17-24. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(77\)90029-1](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(77)90029-1)
- Ng, W. J., Kho, K., Ho, K. M., Ong, S. L., Sim, T. S., Tay, S. H. Goh, C. C. ve Cheong, L. 1992. Water Quality within a Recirculating System For Tropical Ornamental Fish Culture. *Aquaculture*, 103: 123-134, 158-162. [http:// dx. Doi. Org /10.1016/0044-8486\(92\)90406-B](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(92)90406-B)
- Rakocy, J. E., Losordo, T. M. ve Masser, M. P. 1992. Recirculating aquaculture tank production systems: integrating fish and plant culture. SRAC Publication, No. 454. Southern Region Aquaculture Center, Mississippi State University, Stoneville, Mississippi, USA.
- Seawright, D. E., Stickney, R. R. ve Walker, R. B. 1998. Nutrient dynamics in integrated aquaculture-hydroponics systems. *Aquaculture*, 160: 215–237. [Http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00168-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00168-3)
- Tagliavini, M., Balde, E., Lucchi, P., Antonelli, M., Sorrenti, G., Baruzzi, G. ve Faedi, W. 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria-Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *Eur.J.Agron.*, 23:15-25. [Http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2004.09.002](http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2004.09.002)
- Temelli, B. 1988. Japon Balığı Yetiştiriciliği. Akademik Seminerler Yıllığı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 78 sayfa.
- Wang, J. 1989. A Tentative analysis about the aquatic organisms and ecosystem of fishery in four south lakes of shandong. *J. Fish China.*, 13(3): 221-229