



AKUAPONİK SİSTEMDE NİL TİLAPİA (*Oreochromis niloticus*) VE NANE (*Mentha piperita*) YETİŞTİRİCİLİĞİ

Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Mint (*Mentha piperita*) Cultivation in the Aquaponic System

Bahri İZCİ^{*1}, Malik SELEK², Selçuk BERBER³

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale/Türkiye

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yetiştiricilik Anabilim Dalı, Çanakkale/Türkiye

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Çanakkale/Türkiye

*E-posta: bizci@comu.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış Tarihi: 03/06/2020

Kabul Tarihi: 30/06/2020

ARTICLE INFO

Received: 03/06/2020

Accepted: 30/06/2020

Anahtar Kelimeler:

Akuaponik,
Nil tilapyası,
Nane,
Performans,
Ekonomi

Keywords:

Aquaponic,
Nile tilapia,
Mint,
Performance,
Economics

Öz

Akuaponik sistemlerde hem bitki üretimi hem de balık üretimi için önemli bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple, tatlısu üretim tesislerinde balık üretimi için kullanılan ve balığın metabolik faaliyetleri sonucunda suya bırakılan azot ve fosfor gibi elementler sularla doğaya bırakılmaktadır. Bu çalışmada, aynı sistem içerisinde balık ve bitki üretiminin birlikte gerçekleştirilerek, girdi maliyetleri azaltılarak ekonomik bir üretimin yanında doğal kaynaklarla üretim yapılarak çevreye zarar vermeden üretim yapmak mümkün olacaktır. Bu çalışmada bitkilerde belirgin bir şekilde hızlı büyüme ile olgunlaşma elde edilmiş ve kullanılan balıklarda %100'e yakın yaşama oranı ve büyüme oranı gözlenmiştir. Çalışma için yapılan istatistiksel değerlendirmelerde nanelerde ölçülen ilk ve son yeşil herba ağırlığı değerleri için önemli bulunmuştur

Abstract

In aquaponic systems, it is an important advantage for both plant production and fish production. For this reason, elements such as nitrogen and phosphorus, which are used for fish production in freshwater production plants and released into the water as a result of the metabolic activities of the fish, are released to the nature with water. In this study, it will be possible to produce without harming the environment by producing natural resources in addition to an economical production by decreasing the input costs by realizing the production of fish and plants together in the same system. In this study, maturation was achieved with a marked rapid growth in plants, and the 100% survival rate and growth rate was observed in the fish used. In this study, the initial and last green herba weight values measured in mint were found statistical significant.

Atf bilgisi/Cite as: İzci, B., Selek, M. ve Berber, S., 2020. Akuaponik Sistemde Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus*) ve Nane (*Mentha piperita*) Yetiştiriciliği. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 6(1), 30-36.

GİRİŞ

Artan dünya nüfus yoğunluğuna bağlı olarak insanların gıda ihtiyaçları ileri düzeyde artış göstererek dünyanın en önemli sorunlarından birisini oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, dünyadaki insan sayısının 2050 yılında 9,6 milyara ulaşacağı tahmin edilmekte ve bu artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanmasında denizlerden ve tatlısularından elde edilen su ürünlerinin büyük bir rol oynayacağı bildirilmektedir (Calone ve ark. 2019). Dünyada yaşanabilecek açlık sorunu ile birlikte, canlıların yaşam döngüsünü tehdit eden diğer önemli bir husus ise dünyadaki su sorunudur. Dünyamızdaki su kaynaklarının etkin kullanılması zorunluluk haline gelmiştir. Bu sebeple tatlı suların sadece içme suyu olarak değil bitkilerde ve hayvanlarda yetiştiricilikte kullanılması zorunludur. Dünya üzerindeki kirlenme her alanda olduğu gibi tarım topraklarını da oldukça yüksek düzeyde etkilemektedir. Tarımsal üretimde toprağa alternatif olarak su kültürü gibi sistemler tasarlanmış ve alternatif sistemler dizayn edilmeye çalışılmaktadır. Akuaponik sistemlerde balıkların atık ürünü olarak suya bırakılan ancak bitkiler için ise yaşamsal önemi olan bu elementlerin su içerisine kök salabilen bitki ve sebze üretiminde kullanılabilmesi mümkün olup, aynı sistem içerisinde hem balık hem de sebze üretiminin yapılmasına olanak sağlanabilmektedir. Akuaponik sistemlerde hormon, herbisit, pestisit ya da suni gübre kullanılmadan yapılan yetiştiricilik ile çevre kirlilik yükü azaltmakta ve ekolojik ürünler yetiştirilmesine olanak sağlanmaktadır. (Kargın ve Bilgüven, 2018)

Bunun yanında günümüzde kullanımı artan üretim sistemleri ile karşılaştırılması yapılarak, hem su içerisindeki azot ve fosfor bileşenlerinin miktarları takip edilmiş, hem de bu ortamlarda beslenen balıklarda büyüme performansı ve yem verimliliği değerleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarının ülkemizde ve dünyada tatlısu kaynaklarının daha verimli kullanılmasına zemin oluşturabilecek önemli bilgileri ortaya çıkmasının yanında yenilikçi bir fikir olarak bitki ve hayvan üretimini entegre edecektir. Karşılaştırmalı olarak verimlilik esaslarını da ortaya koyarak yenilikçi üretim modeliyle, ülkemiz tatlısu kaynaklarının uzun vadede planlı ve sürdürülebilir kullanımı sağlanabilecektir (Kerim ve Ustaoglu Tırl, 2009).

Akuaponik ile ilgili ilk gelişmeler 1980'li yıllarda başlamış olup, teknolojinin gelişimiyle birlikte 1990'lı yıllarda ilerleme kaydetmiştir. Bu konuda ilk çalışmaların Watten ve Busch (1984) ve Zweig (1986) tarafından yapıldığı görülmektedir. Akuaponik sistemde bitkiler, balık atıklarını yararlı bakteriler yardımıyla besine dönüştürürken, aynı zamanda suyu biyolojik olarak arıtmaktadır (Mukherjee, 2013) Yapılan çalışmalarda çeşitli sebze türlerini balık üretim havuzlarıyla entegre edilen bir sistemde önemli başarılar ortaya konularak, insektisid veya antibiyotik kullanılmadan üretim yapma olanağı sunan akuaponik sistemlerdeki sebze üretiminin organik tarım olarak kabul edilebildiği bildirilmektedir (Rakocy ve ark., 2006). Rakocy ve Hargreaves (1993) ile Rakocy (1999), yaptıkları çalışmalarda akuaponik sistem içerisinde yağmur sularından da yararlanılarak yılda 80 kg/m³ tilapia üretimi yapılabildiğini, ayda 42 marul/m² ürün eldesiyle önemli bir kazanç elde edilebildiğini kaydetmişlerdir. Rakocy (1995), biyolojik filtrasyonun balık üretim sistemleri için arzu edilen bir hedef olduğunu ve bu biyolojik filtrasyonunakuaponikle doğal olarak yapıldığı, ilave filtrasyon sistemleri için masrafların da azaltılacağını belirtmiştir. Normal akışlı üretim tesislerinde, bir kere kullanılan su doğrudan doğaya tahliye edilmektedir. Kapalı devre üretimde ise kullanılan suyun filtrasyon sisteminden geçirilerek arıtıldıktan sonra kullanılmalıdır. Akuaponik sistemlerde ise, bu filtrasyonu bitki köklerinin sudaki besin elementleri olan azot ve fosforu olarak ortamdan uzaklaştırması ile gerçekleştirir (Anonim, 2016).

Goodman (2011), akuaponik yetiştiricilik modelinin ekonomik olarak kazançlı olmadığını, ancak üretim yönetimi ve stratejilerinin geliştirilmesiyle bu üretim modelinin ekonomik hale getirilebileceğini bildirmiştir. Özellikle, yeni yatırım yerine var olan bir işletmeye akuaponik sistemlerin eklenebileceği, bunun için yeniden arazi, su kaynağı vb. temel yatırım gereksinimlerinin ortadan kaldırılabilceğini vurgulamıştır.

Akuaponik, balık yetiştiriciliği ve bitki üretiminin entegrasyonu ile akuakültür ve hidroponik üretim sistemlerinin birleştirilmesiyle ortaya çıkan bir besin üretim modelidir. Akuaponik ve hidroponik sistemler, doğada sınırlı olan tatlısu kaynaklarını koruyarak normalinden daha az miktarda su tüketimine yol açmaktadır. Aynı zamanda balıkların metabolik ve dışkısal atıkları olarak bilinen azot ve fosfor gibi elementleri besin olarak değerlendiren bitkilerin aynı su sistemi içinde üretilmesi yoluyla oluşturulan yenilikçi bir besin üretme modelidir (Türker, 2018). Akuaponik sistemler, suda çözülmüş inorganik besin elementleri kullanılan hidroponik sistemlere göre avantajları vardır. Kapalı devre balık üretim sistemlerinde yapay olarak filtrasyon ünitesi oluşturulmaktadır. Akuaponik sistemde ise, bu filtrasyon doğal yolla yapılmakta ve bu filtrasyon sonucu elde edilen besin elementleri ise ortama yerleştirilen bitkiler tarafından besin olarak değerlendirilmektedir. Hidroponik sistemlere göre de avantajları vardır, zira hidroponik sistemlerde bitkinin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin büyük kısmı balık havuzlarından gelen ve balıkların metabolik atıkları olarak suya salınan besin elementlerinden sağlanmaktadır. Bunun dışında bitkilerin ihtiyaç duyduğu diğer besleyici elementlerin harici olarak ortama takviye edilmesi yeterli hale gelmektedir. Akuaponik bir sistemde besin maddeleri bakımından zengin olan balık gübresi, hidroponik üretim yataklarında bitkilerin beslenmesi için kullanılır. Bu durumun balık üretim tesisi için de faydası vardır, çünkü bitki kökleri ve kök bakterileri sudaki balık için zararlı olan amonyak ve fekal atıkları ayrıştırmaktadır. Bu atıklar balık dışkısı, yenmeyen yem veya ortamda oluşan alglerden

kaynaklanmaktadır. Normal koşullarda balık yaşamı için toksik özellik gösteren bu atık maddelerin su ortamından uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlemler, ya su akışlı sistemlerde ortam suyunun sürekli yeni su girdisi ile değiştirilmesi yoluyla veya ortamdaki suyun mekanik ve biyolojik filtrasyondan geçirilmesiyle sağlanabilmektedir. Akuaponik sistemlerde ise, bu filtrasyon işlemi doğrudan bitki kökleriyle doğal yollardan sağlanabilmektedir.

Tilapia balıkları genel olarak, omnivordur bir tür olup ılık sulara yaşamaktadır. Optimum su sıcaklık aralığı 20-28 °C olmakla beraber, sıcaklık ve pH toleransı geniştir. Amonyak değerlerindeki yükselmelere ve oksijen düzeyindeki azalmalara karşı da toleranslı bir balık türü olarak bilinmektedir. Tilapia balıklarının yüksek tuzluluk ve sıcaklık toleransları nedeniyle, tatlı sulardan acı su özelliğindeki deniz ortamlarına kadar farklı su koşullarında yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Nehir, göl, gölet, sulama kanalları gibi tatlı su ortamlarında ve acı su koşullarında bulunabilmektedirler. Genel bir ifade ile 60 cm boya ve 4,5 kg ağırlığa kadar ulaşabilmektedir (Anonim 2006). Nil tilapia balığının ülkemize 1975’li yıllarda DSİ tarafından balıklandırma amaçlı getirildiği, Çukurova bölgesinde, Köyceğiz gölünde Asi nehrinde ve bölgedeki diğer su alanlarında üreyen popülasyonların oluştuğu, hatta Köyceğiz gölünde dominant halde bulunarak diğer endemik türleri tehdit ettiği kaydedilmiştir (Sarıhan ve ark., 1990; Selek, 2017).

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri Fakültesi Yetiştiricilik Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, 3 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre ve her bir tekerrürde 1 adet akvaryum olmak üzere toplamda 3 adet akvaryum kullanılmıştır. Akuaponik sistem tanklarda, balık havuzlarından çıkan su, içerisinde bitki köklerinin bulunduğu plastik borulara iletilmiştir. Bu suretle, akvaryumlardan çıkan su bitki büyütmek için kullanılan pvc borularda kullanılarak değerlendirilmiştir.

Akuaponik sistem üretim düzenekleri içerisinde her bir akvaryuma tatlı su doldurulmuş ve içerisinde ortalama ağırlıkları 25-30 g olan Nil tilapia balıkları (*Oreochromis niloticus*) yerleştirilmiştir. Balıklar 70 gün süreyle %50 ham protein içeren ticari yem ile yemlenmişlerdir. Aynı şekilde Akuaponik sistem içerisinde daha önceden köklenmiş nane çelikleri strofor yardımı ile sabitlenerek pvc borularda açılan deliklere yerleştirilmiştir. Sistem 12:12 aydınlık-karanlık saat dilimine göre ışıklandırma yönetimi uygulanarak bitki gelişimi ve büyüme performans verileri takip edilmiştir. Balık büyüme için kullanılan akvaryumlar, 60 L hacimli ve 75 x 50 x 50 cm ebatlarında, yan kenarları cam malzeme ve tabanı plastik malzemeden üretilmiş akvaryum kullanılmıştır. Her akvaryuma 30 adet balık yerleştirilmiştir. Nanelerde dikimler 10 cm uzunluğunda çelikler halinde gerçekleştirilmiştir.

Sistem kurulumunda, akvaryumlara ilaveten bitki yetiştirmede 2 metre uzunluğunda 90 mm çapında 5 adet pvc borular her 20 cm de 30 mm çaplı delikler açılarak her akvaryum için 5 adet pvc boru 40 cm ara ile yan yana belirli eğimlerle sabitlenmiştir. Pvc borularda açılan her bir deliğe bir nane çeliği yerleştirilmiştir. Sistemde ilave olarak su pompaları, floresan ışık kaynakları, hava pompası (40 L/dk), hava taşları ve su sıcaklığının kontrolü için 20-30 °C aralıkta ısıtıcılar kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı için kapalı ortamda ve sabit sıcaklıkta bir klima kullanılmıştır.

Bitkilerin pvc borular içerisinde sabit konumda kalabilmesi için strafor malzeme kullanılmıştır. Akuaponik üretiminde bitkilerin sağlıklı ve rahat büyüme gösterebilmeleri için bu tasarımda bitkiler arasında 20 cm mesafe olacak şekilde yerleştirme planı oluşturulmuştur. PVC boru malzemeleri ve su pompası yardımıyla ortamda su sirkülasyonu sağlanmıştır. Su çıkışı ise sifonlama sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmada gerçekleştirilen deneme süresince, su ortamında pH, oksijen ve su sıcaklığı (°C) gibi parametreler kontrol edilmiş ve bu işlemlerde multi-prob su analiz cihazı kullanılmıştır. Günlük olarak kaydedilen bu su parametrelerin yanı sıra, amonyak (NH₃), nitrit (NO₂), nitrat (NO₃), fosfat (PO₄), renk ve bulanıklık testleri ölçümleri fenol-hipoklorit yöntemi uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

Balık tanklarına deneme başında ortalama ağırlığı 25-30 g olan Nil tilapia balıkları (*O. niloticus*) kullanılmıştır. Balıklar akvaryum içerisine yerleştirme öncesinde üç gün süreyle aç bırakılmış ve yemleme yapılmamıştır. Balıklar deneme süresince % 50 protein içeren ticari yemlerle, toplam biyomasın % 80’i oranında yemlenmiştir. Denemede kullanılan balıkların büyüme performansı ve yem verimliliği, ilgili literatür ışığında (Yiğit ve Yiğit 2003; Yiğit ve ark., 2006, Bulut ve ark., 2014) aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır:

$$YBO \text{ (yüzde büyüme oranı, \%)} = (W2 - W1 / W1) \times 100$$

$$SBO \text{ (spesifik büyüme oranı, \% büyüme/gün)} = ((\ln W2 - \ln W1) / (t2 - t1)) \times 100$$

$$YDO \text{ (yem değerlendirme oranı)} = YT \text{ (g)} / AA \text{ (g)}$$

Sistem içerisinde hem balık tanklarındaki hem de bitki yataklarındaki suyun oksijen seviyesini arttırmak amacıyla bir hava pompası kullanılmıştır. Sistem içerisindeki su sirkülasyonunun sağlanması için, su pompası kullanılmıştır. Aynı zamanda sudaki katı maddeleri süzmek, bununla birlikte suyun pH ve oksijen miktarını

arttırmak için su pompası içerisinde, fileler içerisinde gözenekli taş kullanılmıştır. Kapalı devre sistemlerde yapılan balık ve bitki üretiminde özellikle su sıcaklığının önemi çok büyüktür. Su sıcaklığının hızlı artış veya azalması balıklarda ve bitkilerde büyük oranda ölümlere sebep olabilmektedir. Bu nedenle su ısıtma cihazı kullanılarak sıcaklık sabit tutulmuştur. Klima kullanılan bu çalışmada oda sıcaklığının 23-25 °C’de sürekli sabit kalması sağlanmıştır. Ortamın nemi sürekli kontrol edilmiştir. Bitkilerin ışık ihtiyaçları için bu çalışmada 100 Watt gücünde 7 floresan ışıktan yararlanılmıştır. Işıklanma ihtiyacı için sisteme zaman ayarlayıcı ilave edilerek aydınlık ve karanlık süreler ayarlanmıştır. Suyun sirkülasyonunda yosun oluşmaması için sistem yosun tutmayan plastik borulardan oluşmaktadır. Tanklarda yaşayan balıkların hava ihtiyacı için sisteme hava basan motorun uç kısmına hava taşları ilave edilmiştir.

Deneme başlangıcı ilk olarak 100’ er ml ve ikişer kap su numunesi alınarak bir tanesine 0,33 mg H₂SO₄, diğerine 1 ml HCL eklenerek bekletilmiştir. Denemenin sonunda yine deneme başlangıcında olduğu gibi örnekleme yapılarak deneme başlangıcı ile deneme sonu arasındaki değişim farklılıkları belirlenmiştir. Analiz için alınan su örneklerinden NH₄, NO₂, NO₃ ve PO₄ örnekleme tüpüne yaklaşık 3-4 ml şeklinde konularak Spektrofotometrede okunarak sonuçlar alınmıştır.

Hazırlanmış olan su numunelerinden 10’ ar ml steril bir şekilde alınan iki örnekten bir tanesine 10’ar mg toz amonyum salilit ve siyanür (NH₄) eklenerek 1 dakika karıştırıldıktan sonra 20 dakika dinlenmeye bırakıldı. İlk ve 20 dk bekletilen örnekler Spektrofotometrede okunarak sonuçlar alındı ve değerlendirmeler yapıldı. Nitrat için de 10’ ar ml su numuneleri deney tüplerine steril bir şekilde aktarıldı. Birinci tüp makine sıfırlaması için kullanıldı ve ikinci tüpe 10 miligram toz Nitrat (NO₃) eklenerek 1 dakika karıştırıldı. Toplamda 5. dakika sonuna gelindiğinde numune spektrofotometrede okutuldu. Fosfat analizinde tüplerden birine 10 ml makine sıfırlaması için, diğer tüpe 25 ml su numune alındı. İlk olarak Spektrofotometre sıfırlandı ve daha sonra 25 ml su numunesine 10 miligram fosfat (PO₄) eklenerek 1 dakika karıştırıldı. 2.dakika içerisinde girildiğinde numune makineye yerleştirilerek okutuldu.

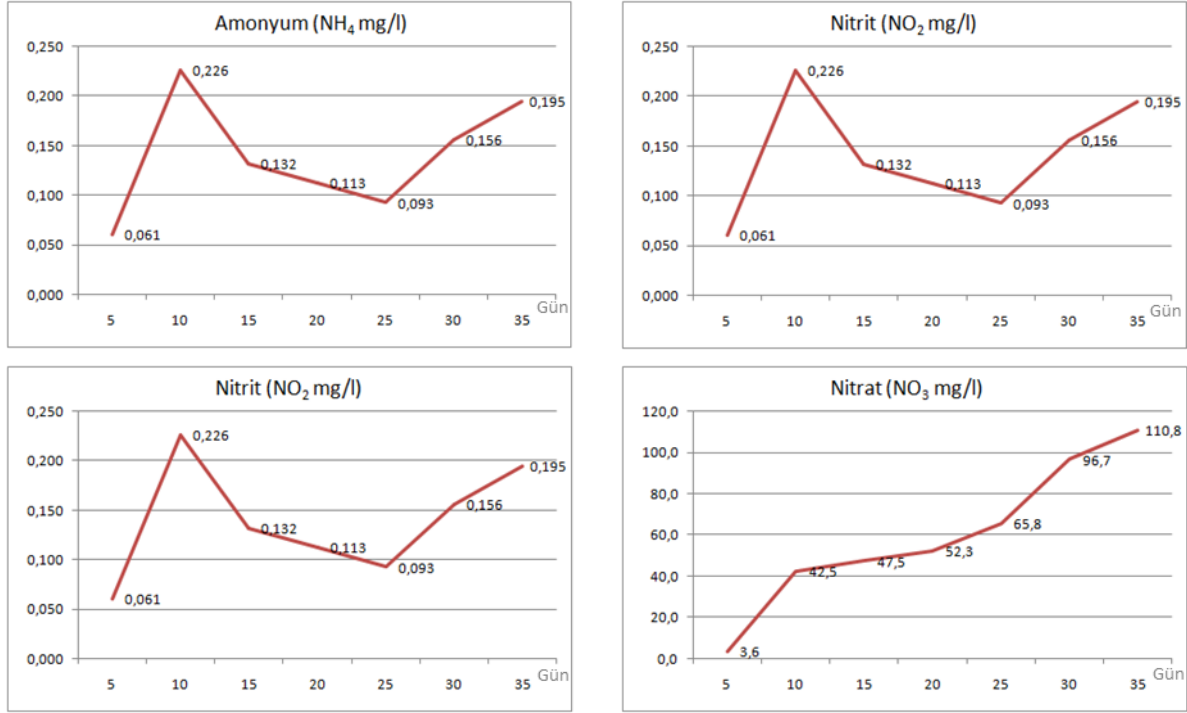
Analiz işleminde 10’ar miligram su örnekleri alındı. İlk tüpler makine sıfırlanması için kullanıldı. Diğer tüpe 10 miligram toz Nitrit (NO₂) eklenerek 1 dakika karıştırıldı ve 20 dakika bekletilerek spektrometrede okuma yapıldı. Balıklar için ciddi sorun yaratabilecek fakat bitkilerin besin olarak kullandıkları Nitrit ve Nitrat değerleri haftalık kontrol edildi.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Denemede pH ve DO metre ile günlük suyun pH, oksijen ve sıcaklık kontrolleri değerlendirilmiş, bunun yanında haftalık su analizleri yapılarak sudaki NH₄, NO₂, NO₃ ve PO₄ değerleri kontrol edilerek değerlendirmeye alınmıştır. Deneme boyunca Akuaponik sistemde pH ölçümü her gün üç farklı zaman diliminde ölçülerek ortalama pH değerleri ele alınmıştır. Deneme boyunca yapılan pH ölçümlerinde ortalama minimum değer 5,80 mg/L olduğu, ortalama maksimum değer ise 7,5 mg/L olduğu ölçülmüş ve deneme süresince ortalama pH değeri 6,65 mg/L olarak bulunmuştur. Canlıların yaşam için ihtiyaç duyduğu oksijen, insanlarda olduğu gibi balıklarda ve bitkilerde de sonsuz bir ihtiyaçtır. Yapılan bu akuaponik çalışmada da günlük üç farklı zamanlı olarak oksijen ölçümleri yapılmış, deneme başlangıcı oksijen seviyesi ortalama 7,25 mg/L iken, balık ve yem atıkları ile suyun kirlenmesiyle oksijen miktarında değişimler gözlenmiştir. Kapalı devre sistemlerde özellikle balık için önemli olan su sıcaklığının bitkiler için de önemi büyüktür. Sıcaklık kayıpları büyük çapta ölüm riski meydana getirebilmektedir. Bunun için su sıcaklığını sürekli aynı sıcaklıkta tutabilmek oldukça önemlidir. Yapılan bu denemede günlük üç periyotta sıcaklık değerleri ölçülmüş, minimum su sıcaklığı 24,5°C ve maksimum su sıcaklığının 26,8°C olarak gözlenmiştir.

Amonyum (NH₄), Nitrit (NO₂), Nitrat (NO₃) ve Fosfat (PO₄) Ölçümleri

Deneme boyunca haftalık düzenli olarak alınan su numunelerinde NH₄, NO₂, NO₃, PO₄ analizlerinde değerler mg/L cinsinden ölçülerek değerlendirilmiştir (Şekil 1).Yapılan analizlerden çıkan sonuç; akuaponik sistemlerde su kirliliğinin daha düşük seviyelerde olduğu ve suyun daha uzun süre kullanılabilceği kanaati olmuştur.



Şekil 1. Amonyum (NH₄), Nitrit (NO₂), Nitrat (NO₃) ve Fosfat (PO₄) değişim miktarları (mg/L)

Yem Değerlendirme

Bu akuaponik yetiştiricilik denemesi için, deneme başlangıcı ortalama ağırlığı 25-30 g olan, üç gün boyunca yemlemeden kesilmiş ve akvaryum başına 30 adet Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) kullanılmıştır. Deneme boyunca balıklar % 50 protein içeriği olan ticari pelet yemlerle, balık ağırlığının % 80'i oranında ve günlük üç zamana bölünerek yemlenen balıkların deneme sonuna kadar almış oldukları yem miktarı hesaplanarak değerlendirilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme Balıklarındaki Büyüme Parametreleri Değişimleri (g)

Ölçülen parametreler	Akuaponik sistem
Başlangıç ağırlığı (g)	27.16 ± 0.71
Final ağırlığı (g)	46.92 ± 0.84
CAA (g)	19.76 ± 0.46
YBO (%)	69.27 ± 0.51
SBO (%/gün)	2.12 ± 0.02
YDO	1.43 ± 0.02

$$\text{CAA (Canlının aldığı ağırlık (g))} = (W_2 - W_1)$$

$$\text{YBO (yüzde büyüme oranı, \%)} = (W_2 - W_1 / W_1) \times 100$$

$$\text{SBO (spesifik büyüme oranı, \% büyüme/gün)} = ((\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)) \times 100$$

$$\text{YDO (yem değerlendirme oranı)} = \text{yem tüketimi (g)} / \text{ağırlık artışı (g)}$$

Çeliklerin hasat boyuna gelmesine kadar geçen sürede (30-35 gün) nandede meydana gelen değişimler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Nanede bitkisi deneme başlangıcı ve deneme sonu hesaplamaları (g)

	İlk Ağ. (g)	Son Ağ. (g).	SBO	Kazanç
Uygulama1	3,72	52,67	14,16	48,95
Uygulama2	3,93	61,17	15,16	57,24
Uygulama3	3,85	50,45	13,10	46,60
Ortalama	3,83	54,76	14,14	50,93
Standart Sapma	0,54	11,67	0,48	8,25

İlk ve Son Yeşil Herba Ağırlıkları

Hasada ulaşan bitkilerin hasadı gerçekleştirilerek çelik ağırlıkları alınarak ilk ağırlık olarak kabul edilmiştir. Deneme sonunda toplam bitki ağırlığı (g) ele alınıp son ağırlık olarak değerlendirilmiştir. Deneme başlangıcı itibari ile nanenin başlangıçta çelik boyu 6,18 cm olup, hasat dönemine gelindiğinde bitki boyu ortalama 34,65 cm ile tamamladığı gözlenmiştir. Başlangıçta nane çelikleri ağırlık ortalaması 3,83 g olarak büyütme borularına sabitlenmiştir. Toplam 30-35 gün süren deneme sonunda hasat edilen nane bitkisi verim ortalaması 54,76 g olarak belirlenmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Akuaponik sistemler, uzun süre su tutma özelliğine sahip, az kontrol edilmesi ve ücretsiz besin sağlaması yönüyle kendisini ispatlamıştır. Akuaponik sistem, sudaki organik madde miktarı nedeniyle geleneksel hidroponik sistemlere göre hiç yok denecek kadar daha az zararlı ve hastalık sorunları ile karşılaşır. Bu deneme sonrasında, yapılan analizlerinde gösterdiği gibi akuaponik sistemlerde balık ve bitkiler birbirlerine simbiyotik bir ilişki içerisinde uzun müddet yarar sağlamaktadırlar (Gönen, 2013). Elde edilen verilerden yola çıkarak ele alınan ürünlerde kısa süre içerisinde ciddi bir büyüme oranı gözlemlenmiştir. Yapılan deneme sonucunda yaklaşık 4 mertekare gibi küçük bir alanda 120 adet nane çeliği ile 90 adet balık kullanılmış ve deneme sonunda bitkilerde belirgin bir şekilde hızlı büyüme ile olgunlaşma elde edilmiş ve kullanılan balıklarda %100'e yakın yaşama oranı ve büyüme oranı gözlenmiştir. Bunun yanında dünyada çok büyük öneme sahip olan tatlı su miktarı bu denemede hiç değiştirilmeksizin kullanılmış, yalnızca bitkinin ihtiyaç duyduğu nem miktarı ve buharlaşma nedeni ile günlük ortalama % 2 oranında dinlenmiş su eklenmiştir. Yapılan birçok değerlendirmenin yanında haftalık ölçümler ile bitki kök, gövde ve yaprak hesaplanmış, bitki köklerinde % 50, yapraklarda % 100 artış gösterirken bitki ağırlığında % 100'ün üzerinde artış gözlenmiştir. Akuaponik sistemlerin kurulumunun maliyetli olmasına karşı, organik ürünler ortaya koyması ve kullanılan su miktarını düşürmesi ve aynı zamanda tatlı suyun dünya genelinde oranının düşük olması, bu tür sistemlerin kullanımını gelecekte arttıracak olması kuşkusuzdur (Bodur ve Okutur, 2017). Özenle kurularak oluşturulmuş olan bu sistemde yapılan deneme, gelecekte bu tür yapılabilecek olan çalışmalara bir yöntem teşkil etmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2006. FAO Database on Introduced Aquatic Species FAO Rome,
- Anonim, 2016. The Surprising Benefits and Types of Aquaponic Systems. (<http://www.buzzle.com/images/buzzle/aquaponics-nft.jpg>, 17.07.2015).
- Bodur, T. ve Okudur, E., 2017. Akuaponik Balık ve Bitki Üretim Sistemi. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. LTD. ŞTİ., 102, Ankara.
- Bulut, M., Yiğit, M., Ergün, S., Kesbiç, O.S., Acar, Ü., Karga, M. and Güroy, D. 2014. Incorporation of corn gluten meal as a replacement for fish meal in the diets of twobanded seabream (*Diplodus vulgaris*) juveniles. International Journal of AgriScience, 4(1), 60-65.
- Calone, R., Pennisi, G., Morgenstern, R., Mengual, E. S., Lorleberg, W., Dapprich, P., Winkler P., Orsini, F. and Gianquinto, G., 2019. Improving Water Management in European Catfish Recirculating Aquaculture Systems Through Catfish lettuce Aquaponics. Science of the Total Environment, 687, 759-767.
- Goodman, E.R., 2011. Aquaponics: Community and Economic Development. Master Thesis, The Massachusetts University, Boston, USA.

- Gönen, S. 2013. Akuaponik Bahçecilik ve Akuaponik Sistemlerin Yaşayan Elementleri: Solucanlar. (<http://solucangubresi.web.tr/makaleler/makaleler-2/akuaponik-bahcecilik-ve-akuaponiksistemlerin-yasayan-elementleri-solucanlar.html>).
- Kargın, H. ve Bilgüven, M., 2018. Akuakültürde Akuaponik Sistemler ve Önemi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32, 159-173.
- Kerim, M. ve Ustaoglu Tırlı, S., 2009. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Akuaponik Uygulamalar. XV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 01-04 Temmuz, Rize.
- Mukherjee, S. 2013. Concept Note: Aquaponic Systems and Technologies. Sankalpa Research Center.
- Rakocy, J. E. and Hargreaves, J. A. 1993. Integration of vegetable hydroponics with fish culture: A review. In J. Wang (Ed.), Techniques for Modern Aquaculture (pp. 112-136).
- Rakocy, J. E. 1995. Aquaponics: the integration of fish and vegetables culture in recirculating system. Pages 101–108
- Rakocy, J.E., 1999. The status of aquaponics. Part 2. Aquaculture Magazine, 25:64–70.
- Rakocy, J.E., Masser, M.P., and Losordo, T.M. 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication, No. 454. Southern Region Aquaculture Center, Mississippi State University, Stoneville, Mississippi, USA.
- Sarıhan, E. ve Toral, Ö., 1982, Bir Tropik Balık Türü Olan *Oreochromis niloticus*'un Çukurova Bölgesinde Yetiştirme Sorunları Üzerinde Bir Tartışma. TÜBİTAK VII. Bilim Kong. Teb.323-341.
- Selek, M., 2017. Balık ve Bitki Üretimini Entegrasyonu: Kapalı devre ve Akuaponik Sistemlerde Nil Tilapia Balığı (*Oreochromis niloticus*) ve Fesleğen Yetiştiriciliği (*Ocimum basilicum*). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 38, Çanakkale.
- Türker, H., 2018. Akuaponik Yetiştiricilik Sisteminde Farklı Bitkilerin Besin Dinamiği. Aquatic Sciences and Engineering. 33(3), 77-83.
- Watten B.J. and Busch R.L., 1984. Tropical production of Tilapia (*Sarotherodon aurea*) and Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in a Small-scale Recirculating Water System. Aquaculture, 41(3): 271-283.
- Yiğit M., Erdem M., Koshio S., Ergun S., Turker A. ve Karaali B., 2006. Substituting Fishmeal with Poultry by-product Meal in Diets for Black Sea Turbot *Psetta maeotica*. Aquaculture Nutrition, 12: 340-347.
- Yiğit, M. ve Yiğit, Ü. 2003. Balık üretiminde yem veriminin artırılması ve rakamsal olarak ifade edilmesi. EU. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 20(3-4), 557-562 (in Turkish).
- Zweig R., 1986. An Integrated Fish Culture Hydroponic Vegetable Production System. Aquaculture Magazine, 12(3): 34-40.