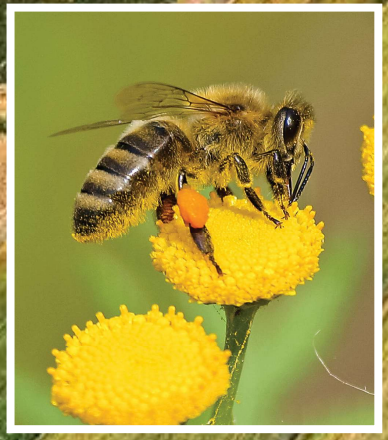








# TARIM VE HAYVANCILIĞIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DİNAMİKLERİ ÜZERİNE AKADEMİK ÇALIŞMALAR


**EDİTÖRLER**
**Prof. Dr. Kağan KÖKTEN**
**Doç. Dr. Hakan İNCİ**



İKSAD
Publishing House

# TARIM VE HAYVANCILIĞIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DİNAMİKLERİ ÜZERİNE AKADEMİK ÇALIŞMALAR

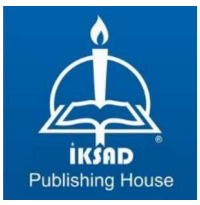

## EDİTÖRLER

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN

Doç. Dr. Hakan İNCİ

## YAZARLAR

Prof. Dr. Ahmet ŞEKEROĞLU
Prof. Dr. Bünyamin SÖĞÜT
Prof. Dr. Şaziye Canan BÖLÜKBAŞI AKTAŞ
Prof. Dr. Yasemin KUŞLU
Doç. Dr. Aziz GÜL
Doç. Dr. Hakan İNCİ
Doç. Dr. Metin GÜRÇAY
Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜLLER
Dr. Öğr. Üyesi Figen CERİTOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Mahinur KIRICI
Dr. Öğr. Üyesi Münire TURHAN
Öğr. Gör. Dr Havva AYBEK
Arş. Gör. Dr. Ersin KARAKAYA
Arş. Gör. Dr. M. Reşit TAYSI
Arş. Gör. Dr. Sıraç YAVUZ
Arş. Gör. Dr. Sinem IŞIK
Öğr. Gör. Ebubekir İZOL
Öğr. Gör. Enes KAYA
Öğr. Gör. Davut KARAHAN
Öğr. Gör. İbrahim ŞAHİN
Öğr. Gör. Serhat KOÇYİĞİT
Öğr. Gör. Zafer TABUR
Arş. Gör. Hasan ER
Arş. Gör. Işıl SARAÇ SİVRİKAYA
Arş. Gör. Mustafa GÜNEŞDOĞDU
Zir. Yük. Müh. Gözdenur ÇAKAR
Abdurrahman ŞİMŞEK
Hakan KEÇECİ
Mehmet Ali KUTLU
Mehmet İLKAYA
Sinan ERDEM
Pınar COŞKUN
Zeynep AYAN
Yusuf TOY

Copyright © 2022 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2022©

**ISBN: 978-625-8405-33-0**
Cover Design: İbrahim KAYA
February / 2022
Ankara / Turkey
Size = 16x24 cm

**İÇİNDEKİLER**

**EDİTÖRDEN**

**ÖNSÖZ**

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN

Doç. Dr. Hakan İNCİ…….……...……1

**BÖLÜM 1**

**TÜRKİYE KANATLI SEKTÖRÜNÜN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DİNAMİKLERİNE GENEL BİR BAKIŞ**

Arş. Gör. Dr. Ersin KARAKAYA

Arş. Gör. Dr. M. Reşit TAYSI…….……...…..3

**BÖLÜM 2**

**TARIM ve HAYVANCILIKTA TEKNOLOJİK YENİLİKLERİN KULLANIMI**

Arş. Gör. Dr. Sıraç YAVUZ

Arş. Gör. Dr. Sinem IŞIK……...……..21

**BÖLÜM 3**

**METEOROLOJİK FAKTÖRLERDEKİ DEĞİŞME EĞİLİMİNİN HAYVANSAL ÜRETİM ve ÜRÜN KALİTESİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Şaziye Canan BÖLÜKBAŞI AKTAŞ

Arş. Gör. Hasan ER

Prof. Dr. Yasemin KUŞLU…….……....45

**BÖLÜM 4**

**AKUAPONİK TARIM SİSTEMLERİ**

Prof. Dr. Yasemin KUŞLU

Arş. Gör. Hasan ER……..……....71

**BÖLÜM 5**

**BAKTERİLERDE GEN AKTARIM YÖNTEMLERİ**

Yusuf TOY.....95

**BÖLÜM 6**

**TOPRAKTA AĞIR METAL ANALİZ YÖNTEMLERİ**

Öğr. Gör. Serhat KOÇYİĞİT……..……...117

**BÖLÜM 7**

**BİTKİLERDE FUNGAL HASTALIKLARIN KONTROLÜNE YÖNELİK GÜNCEL YAKLAŞIMLAR**

Arş. Gör. Işıl SARAÇ SİVRİKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜLLER……...135

**BÖLÜM 8**

**EVCİL-YABANİ HAYVANLAR, VARYANT VİRUSLAR ve TEK SAĞLIK**

Doç. Dr. Metin GÜRÇAY…….……....183

**BÖLÜM 9**

**ARILARININ EKOSİSTEM İÇERİSİNDEKİ YERİ ve ÖNEMİ**

Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU…….205

# BÖLÜM 4

## AKUAPONİK TARIM SİSTEMLERİ

Prof. Dr. Yasemin KUŞLU[1]

Arş. Gör. Hasan ER[2,3]

[1] Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum, Türkiye, Orcid: 0000-0003-4008-1004, ykuslu@atauni.edu.tr

[2] Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-7880-8697, hasaner@bingol.edu.tr

[3] Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal Ürünler AR-GE ve ÜR-GE Uyg. ve Arş. Merkezi / Rektörlük, Orcid: 0000-0002-7880-8697, hasaner@bingol.edu.tr

## GİRİŞ

Artan dünya nüfusunun beraberinde getirdiği problemlerin başında su kaynakları kıtlığı ve buna bağlı olarak tarımsal üretim sıkıntısı gelmektedir (Demir ve ark., 2021; Oskay ve ark., 2021a). Su sıkıntısı özellikle hızlı nüfus arıtışına sahip ülkelerde daha belirgin hale gelmiştir (Lu ve ark., 2019). Dünyada 1 milyar 400 milyon km³'lük bir su miktarı olup yerkürenin dörtte üçünü kaplamaktadır. Suların %97,5'i deniz ve okyanuslarda tuzlu su olarak bulunmakta iken, sadece %2,5'lik kısmı tatlı su kaynağı olduğundan dolayı yerkürede bulunan suların tamamı kullanılamamaktadır (Shiklomanov ve ark., 2003). Su kaynakları ülkelerin gelecek planlamalarının başında gelmektedir. Bu çerçevede suyun doğru yönetimine yönelik bütün dünyada araştırmalar artmaktadır. İnsanlığın varlığını tehdit eden su kıtlığı ile ilişkili diğer önemli bir husus ise gıda temini sorunudur (Dadmand ve ark., 2020). Dünyamızda denize kıyısı olmayan ve/veya tatlı su kaynaklarından yoksun olan ve su sıkıntısı çekilen bölgelerde bu iki yaşamsal ögenin her ikisine de ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde su kaynaklarını içme suyu kullanımında veya su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanım seçenekleri tartışılmaktadır.

Mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için içme ve kullanma amacıyla planlanan barajlar ve göletler ile akarsularda kirlilik unsurlarının sürekli gözlenmesi önem taşımaktadır (Oskay ve ark., 2021b). Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanımı sonucu yetiştiricilik tesislerden çıkan atık sular, su kaynaklarını kirleten önemli bir unsur olarak görülmektedir. Su ürünleri yetiştiricilik tesislerinin çıkış suları

yüksek besin maddeleri, çeşitli organik maddeler ve amonyum, fosfor ve çözünmüş organik karbon gibi inorganik bileşikler içeren atık suların deşarjı, su kirliliğinin nedenlerinden biri olarak belirlenmiştir. Bu durum ise su ürünleri sektöründe kullanılan suyun korunumu için tedbirler alınmasına ihtiyaç duyulacağı anlamı taşımaktadır (Selek, 2017;). Su ürünleri yetiştiriciliği nedeniyle kirlenen suların hem su kaynaklarımızı etkin kullanmak hem de kirlenerek vereceği zararları ortadan kaldırmak amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların içerinde işletim ve ilk yatırım maliyetlerinin diğer geleneksel arıtma yöntemlerine kıyasla daha düşük görülen doğal arıtma sistemleri ön plana çıkarak bu konu üzerine çalışmalar artmaktadır. Bu doğal arıtma metotlarından bir tanesi de akuaponik sistemlerdir (König, 2018; Datta ve ark., 2018). Akuaponik üretim sistemleri son zamanlarda üzerinde oldukça durulan bir konu olup suyu doğru kullanarak su ürünleri yetiştiriciliğiyle bitki üretimini sağlayan bir tarımsal üretim yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Tyson ve ark, 2011).

Akuaponik kelime anlamı ve teknik olarak topraksız bitki yetiştiriciliği (hidroponik) ve su ürünleri yetiştiriciliği (akuakültür) kavramlarının entegrasyonu ile ortaya çıkan bir besin üretim modeli olarak tanımlanmaktadır (Kyaw ve Andrew, 2017).

Akuakültür, balıklar, kabuklular, yumuşakçalar, ya da derisidikenliler ve diğer omurgasızların, insan faktörü dahilinde kontrollü veya yarı kontrollü olarak gıda, stokların takviyesi, süs, hobi ve bilimsel araştırmalar için yetiştirilmesi olarak ifade edilebilir (Palm ve ark., 2018). Hidroponik, topraksız bitki yetiştiriciliği olarak en çok

kullanılan isimdir. Hidroponik toprak kullanmadan, su içinde mineral besin solüsyonları kullanarak bitki yetiştirme yöntemi anlamına gelmektedir. Hidroponik sistem, geleneksel tarıma göre çapalama gibi bakım işlerinin olmayışı ve birim alandan alınan verimin fazla oluşu nedeniyle günümüzde tarımsal üretim yöntemi olarak konu ile ilgili çalışmalar artmaktadır (Akdoğan, 2014). Bu bağlamda su ürünleri yetiştiriciliğinin ve topraksız tarımın (Hidroponik) entegre edildiği bir organik yetiştiricilik yöntemi olan akuaponik sistemler, son yılların önemli bir yetiştiricilik faaliyeti olarak hızla yayılmaktadır.

Akuaponik sistemlerin tarihçesine bakıldığında Aztekler ilk örneklerden birisi olarak görülmektedir (Fernández ve ark., 2015). Aztekler Chinampa adlı tarım yöntemini uygulamış olup bu yöntem kanallardan ve sabit yapay adacıklardan oluşmuştur. Bu yöntemde çamur ve su kullanılarak bitki yetiştiriciliği yapıldığı bilinmektedir (Goddek ve ark., 2015). Tarihteki diğer bir akuaponik sistem örneği de MS 500 yıllarında; Çin, Tayland ve Endonezya gibi uzak doğu ülkelerinde yapılan, çeltik tarlalarında pirinç yetiştiriciliği ve balık kültürünün kombinasyonudur. Bu polikültür metodu o yıllarda birçok uzak doğu ülkesinde kullanılmıştır (Dunwoody, 2013; Kopsa, 2015; Shaalan ve ark.. 2018). “Akuaponik” terimi ise akademik literatürde 1990'lı yılların sonlarında yer almaya başlamıştır (Tokunaga ve ark., 2015).



**Şekil 1.** Aztek yerlilerine ait akuaponik tarım sistemi (Nelson, 2008).

Akuaponik ve hidroponik gibi alternatif tarım uygulamaları, sınırlı arazi, su ve toprak kullanmadan birim alan başına yüksek verim üretme potansiyeline sahip olduğundan dolayı "Akuaponik Sistemler" son yıllarda su kalitesini koruma ve pazarlanabilir sebze üretimi sağlama sebebiyle üreticiler arasında ilgi gören bir üretim yöntemi haline gelmiştir (Espinosa ve ark., 2016). İyi tasarlanmış bir akuaponik sistem organik yükü fazla olan sudan yararlanma oranını arttırırken, su tüketimini azaltabilir ve balık ve bitki olmak üzere iki ürün üreterek karlılığı artırmayı sağlayabilmektedir (Pantanella ve ark., 2012; Hu ve ark., 2015).

Akuaponik sistemlerinin temel amacı, akuakültürde kullanılan suyun kirlilik derecesinin azaltılması ya da tamamen bertaraf edilmesidir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemler sindirilir, emilir ve metabolik işlemlerde kullanılır ve balığın vücudunda farklı ölçülerde tutulur. Bu bileşiklerin bir kısmı solungaçlar veya feçes yoluyla atılır.

Yemdeki besinlerin sadece yaklaşık 1/ 3'ü balık hasadında, 2/3'ü ise büyüme sırasında balık tarafından atılır (Edwards, 2015; Yildiz, 2017).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan su, balıkların vücutlarından attıkları besinler nedeniyle besleyici element açısından oldukça zengindir. Bu suyun hidroponik sistemlere verilmesiyle bitkiler besleyici elementlerden yararlanabilmektedir. Bitkiler bu suyu filtre ederek balık tankının arıtma ünitesi gibi bir görev üstlenmektedir. Bitkiler tarafından filtre edilen suyun kirlilik derecesi azalmış olur ve balıklar yaşamlarına sağlıklı şekilde devam edebilmektedir. Bu süreçle işleyen sistem doğal bir arıtma sağlamış olmaktadır. (Eltez ve Taşkavak, 2016).

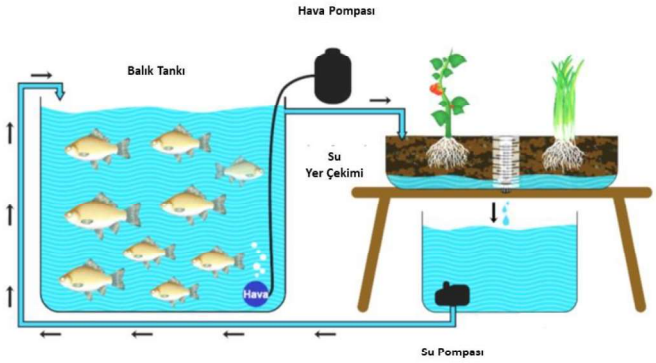



**Şekil 2.** Akuaponik tarım sistemlerinin çalışma ilkesi

Doğal bir arıtma yöntemi olan akuaponik sistemler su kaynaklarının korunması, organik gübreleme yapılmaması, atıkların doğal yollar ile bertaraf edilmesi, kimyasal tarım ilaçlarının kullanılmaması ve sebze ve su ürünlerinin aynı anda yetiştirilmesi gibi birçok avantajı mevcuttur (Kerim ve ark., 2009; Khater ve Ali, 2015). Akuaponik sistemlerinde

bitkilere, balıklara zararlı olabileceği düşüncesi ile kimyasal gübre verilmez ve organik tarım sertifikasına sahip olmayan tarım ilacı kullanılmaz, dolayısı ile topraksız tarım üretiminde bir şekilde organik bitki yetiştirilmiş olunur. Yine akuaponik sisteminde mecbur olmadıkça su değişiminden kaçınılır. Böylece sudan, gübreden ve ilaçtan tasarruf edilir, çevre kirliliğinin de önüne geçilir (Diver, 2006; Christopher ve ark., 2014; Eltez ve Taşkavak, 2016).

Tipik bir akuaponik sistem, bir balık tankından (su kültürü), bir biyolojik filtreden (nitrifikasyon için) ve bir yetiştirme yatağından (hidroponik) oluşmaktadır (Wongkiew ve ark., 2017). Balık atıklarının bitkiler tarafından yararlanılabilmesi için gerekli nitrifikasyon işlemi biyolojik filtrede gerçekleşir. (Kim ve ark., 2005). Balık tankı içerisinde amonyak seviyesinin yükselmesi balıkların metabolik aktivitelerinin bir sürecidir. Su döngüsü ile biyolojik filtreye giren amonyak, nitrosomonas bakterileri tarafından biyolojik filtrede nitrite dönüştürülür. Bir sonraki adım ise nitrobakter bakterileri tarafından nitrit nitrata dönüştürülür (Bernstein, 2011; Mol, 2019).




**Şekil 3.** Akuaponik sistem unsurları (Somerville ve ark., 2014).

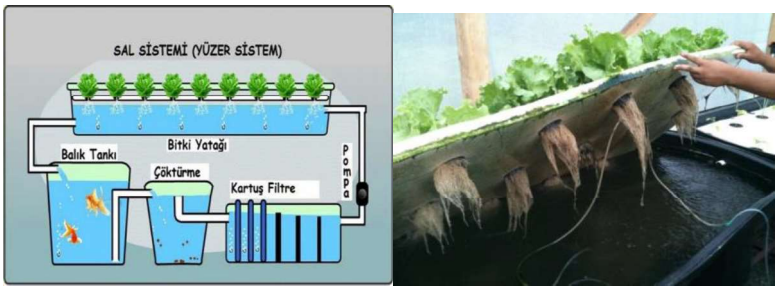
Akuaponik sistemlerin tasarım ilkelerine bakıldığında yetiştirilen balıklar için karbon dioksit, pH, nitrit, amonyak, oksijen gibi su kalitesi koşullarının kabul edilebilir sınırlar içinde olması gerekmektedir. Su kalitesi parametrelerinin bozulması balık fizyolojisini, büyüme hızını ve yem verimliliğini etkiler, aşırı koşullarda patolojik değişikliklere ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. (Macintrye ve ark., 2008; Person-Le ve ark., 2008) Bu kritik su kalitesi parametrelerinin düzenli ölçümü esastır (Yildiz, 2017). Nitratın balıklarda toksik etki yaratması için 300-400 mg/L olması gerekir. Biyolojik filtrasyon akuaponik sistemlerde nitrat değerinin çok daha düşük düzeylerde olmasını sağlar (DeLong, ve ark., 2009). Bu parametreleri optimize etmede en yaygın sorunlardan biri pH'dır. Balık yetiştiriciliği genel olarak balığın fizyolojik gereksinimlerini karşılamak üzere organize edilmektedir. Genel olarak balık yetiştiriciliğinde optimal pH 7-8 aralığında olması gerekmektedir (Palm ve ark., 2018).

**Tablo 1.** Akuaponik Sistem Koşulları

| Organizma | Sıcaklık | pH | Amonyum | Nitrit | Nitrat | Oksijen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ilık Su Balığı | 22-32 | 6-8,5 | <3 | <1 | <400 | 4-6 |
| Soğuk Su Balığı | 10-18 | 6-8,5 | <1 | <0,1 | <400 | 6-8 |
| Bitkiler | 16-30 | 5,5-7,5 | <30 | <1 | | >3 |
| Bakteriler | 14-34 | 6-8,5 | <3 | <1 | | 4-8 |

Yaygın olarak kullanılan akuaponik sistemler yetiştirme yatağı türlerine göre sınıflandırılmaktadır. Akuaponik Tarım Sitem Türleri;

Sal Sistemi (Yüzen Sistem): Bu sistem yüzen sistem olarak da adlandırılmaktadır. Bu yöntemde bitkiler strafor üzerine yetiştirilmektedir. Bitki yatağı genellikle balık tanklarından ayrı bir konumda bulunur. Su devamlı bir şekilde balık tankından bitkilere ve filtrasyon sistemine pompalanır ve su bitki yatağından geçip tekrar balık tankına doğru devirdaim olmaktadır. Akuaponik yüzen sistemler metrekare başına oldukça yüksek verim elde edilen bir yöntemdir (Engle, 2015).




**Şekil 4.** Sal Sistemi örneği (Gökvardar, 2013).

Dolgulu ortam tankları: Bu sistemde konteynır veya tank perlit, çakıl veya diğer dolgu malzemeleriyle doldurulmaktadır. Bitkiler balık tankından pompalanan su ile periyodik olarak sulanmaktadır. Bitki tankının dolması ile su tekrar balık tankına geri dönmektedir (Yiğit, 2019).



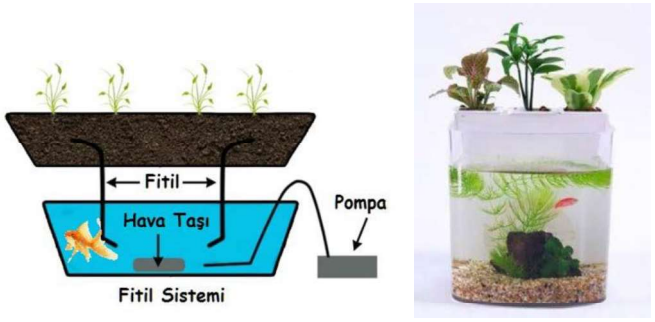
**Şekil 5.** Dolgulu ortam tankları sistemi

Besin filmi tekniği (NFT): Bu sistem bitkilerin uzun ve dar boru kanallarında yetiştirildiği teknikleri içermektedir. Su yukarıdan aşağıya doğru bir kanal boyunca ilerlerken bitki için gerekli olan oksijen ve besini köklere iletir. Bitkiler tarafından filtre edilen su, tekrar balık tankına doğru ilerlemektedir (Goddek ve ark., 2015).



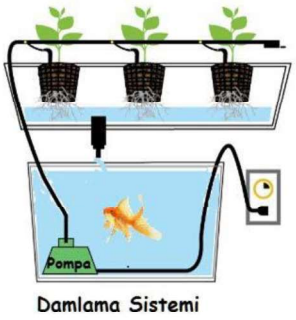
Şekil 6. Besin Filmi Tekniği (Wongkiew ve ark., 2017)

Fitil sistemi: Suyun emici bir madde vasıtası ile emilerek köklere taşındığı sistemdir. Genelde hobi amaçlı tercih edilen sistemlerdir (Gönen, 2013).




**Şekil 7.** Fitil Sistemiyle yapılan yetiştiricilik

Damlama sistemi: Sulama sistemine benzeyen bu yöntemde geleneksel tarımda kullanılan damlama metodu kullanılarak bitki sulanmaktadır (Gönen, 2013).




**Şekil 8.** Damlama Sistemi

Akuaponik sistemlerde üretilen su ürünleri ve bitkiler çeşitli amaçlı ve türlerde olabilmektedir. Bu amaçla marul (Lactuca sativa), pırasa (Allium porrum ), brokoli (Brassica oleracea italica), biber (capsicum annum l.), lahana (Brassica oleracea L var. capitata), bezelye (Pisum

sativum), ), kabak (Cucurbita pepo L.), soğan (Allium cepa), çilek (Fragaria ananassa), bamya (Abelmoschus esculentus), kereviz (Apium graveolens), mısır (Zea mays), domates (Lycopersicum esculantum), karnabahar (Brassica oleracea), patlıcan (Solanum melongena), fasulye (Phaseolus vulgaris L.), pazı (Beta vulgaris var. cicla), fesleğen (Ocimum basilicum), pancar (Beta vulgaris), kavun (Cucumis melo), çiçekler ve süs bitkileri gibi birçok bitki ve sebze türü yetiştirilmektedir (Love ve ark., 2014). Bidyanus bidyanus (Gümüş Levrek), Ctenopharyngodon idella (Ot sazanı), Cyprinus carpio (Koi), Maccullochella peelii peelii (Morina Balığı), Oncorhynchus mykiss (Gökkuşağı alabalığı), Oreochromis sp. (Tilapya), Hypophthalmichthys molitrix (Gümüş sazanı), Macquaria ambigua (Altın Levrek), Salmo salar (Atlantik salmonu), Perca fluviatilis (Tatlı su levreği) ve Salmo trutta fario (Dere alabalığı), ise akuponik sistemlerde yetiştiriciliği yapılan balıklar arasındadır (Rakocy ve ark., 2006; Kerim ve Tırıl, 2009).

Yapılan araştırmalara incelendiğinde Türker (2018) farklı bitkilerin akuaponik sistemler üzerine yürüttüğü çalışma da makro besinlerin döngüsü, büyüme oranları ve su kalitesi parametreleri takip edilmiştir. Araştırma sonucunda ortamda bulunan makro elementlerin girilmesi açısından marul ve çilek bitkileri kıyaslandığında, marul bitkisinin daha yüksek makro besinleri giderdiği ifade edilmiştir.

Sreejariya ve ark., (2016) su devirdaim süresinin gündüz (07.00 ila 18.00), gece (18.00 ila 07.00) ve 24 saatlik kontrol ile beraber gölgelemenin (%30, %60 ve gölgeleme kontrolü yok) etkilerini

değerlendirmek amacıyla çalışma gerçekleştirildi. Çalışmada Tilapia kültürü ile marulun akuaponik sistemde büyüme ve nitrat içeriği incelenmiştir. Araştırmada su devirdaim süresinin marul büyümesini etkilemediğini ve böylece işletme maliyetini azaltarak akuaponik karlılığı artırma imkanı sunduğunu belirtilmiştir. Gölgelemenin yapraklarda nitrat içeriğini etkilediğini gözlemlenmiştir. Ayrıca en yüksek marul büyümesi %30 gölgeleme oranında gözlenirken, %60 gölgelemede en düşük büyümeye ulaşıldığı belirtilmiştir. Akuaponik sistemde Tilapia cinsi balık ile marul bitkisi üzerine yapılan çalışmada benzer sonuçlar elde ettiği ifade edilmiştir (Pamukoğlu 2018).

İzci ve ark., (2020) akuaponik sistemde nane (mentha piperita) ve nil tilapia (oreochromis niloticus) üzerine 70 gün sürebilecek bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada oksijen, sıcaklık, pH ve su analizleri haftalık periyotlar ile yapılarak $NO_2$, $NO_3$, $NH_4$ ve $PO_4$ değerleri incelenmiştir. Nane çelik ağırlıkları 3.83 g olarak borulara yerleştirilirken, çalışmanın sonunda nane bitki verim ortalaması 54.76 g olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca büyüme performanslarının yanında akuponik sistemlerinin su kirliliğini azalttığı ve sistem içerisinde bulunan suyun daha uzun süreler kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Shete (2013) akuaponik sistemlerde ıspanak bitkisi ile japon balığı için su dolaşım süresinin optimizasyonunun değerlendirilmesinde T1, T2, T3 ve T4 olarak 4, 8, 12 ve 24 saat/gün olan çeşitli su sirkülasyon periyotları uygulamıştır. Balık ve bitki büyüme performansları T3 ve T4 de daha fazla olduğu bildirilmiştir. Tüm büyüme özelliklerinin ve su kalitesi parametrelerinin karşılaştırılması, ekonomik olarak etkili

akuaponikler için su sirkülasyonunu 12 saat/gün periyodunun uygun olacağı ve akuaponik sistemde akvaryum balığı üretimi için optimum su sirkülasyon süresi olarak kabul edilebileceğini gösterilmiştir.

Saha ve ark., (2016) Fesleğen (Ocimum basilicum L.) çeşidi ve kerevit (Procambarus spp.) yetiştirilerek akuaponik ve hidroponik sistemlerin karşılaştırılması üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bitki büyüme parametrelerine bakıldığında akuaponik sistemde yetişen fesleğen ile hidroponik sistemde yetişen fesleğen karşılaştırıldığında sırasıyla %14, %56 ve %65 daha fazla boy, taze ağırlık ve kuru ağırlık gösterdiği belirlenmiştir. Kerevit atığının (dışkı ve tüketilmeyen yem) akuaponik sistemlerde ek besinler sağladığını ve bunun daha fazla büyüme ve verimle sonuçlandığı ifade edilmiştir.

Diem ve ark., (2017) Akuaponik sistemlerde devirdaim oranlarının su kalitesi ve Oreochromis niloticus büyümesi üzerine etkileri incelemiştir. Akuaponik sistemlerde düşük ve yüksek balık stoklama yoğunluklarında (122 ve 220 balık/$m^3$) su kalitesi ve biyokütle büyümesi üzerindeki üç devirdaim oranının (%50, %200 ve %400) etkilerini incelenmiştir. %50'lik devirdaim oranı oksijen eksikliğinden dolayı balıklarda toplu ölüm meydana getirdiği gözlemlenmiştir. 122 balık/$m^3$'lük düşük balık yoğunluğunda %400'lük devirdaim oranında balık büyümesi ve hayatta kalmasının yüksek olduğu belirtilmiştir. Aquaponic sistemlerde iyi bir büyüme için günde %200-400'lük yüksek su devirdaim oranının ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

Nuwansi ve ark., (2019) bir akuaponik sisteminde koi sazan (Cyprinus carpio var. koi) ve gotukola (Centella asiatica) üretimi için

fitoremediasyonlu yetiştiricilik atık sularının kullanımı üzerine gerçekleştirilen çalışmada 60 gün boyunca bir deney gerçekleştirilmiştir. Arıtılmış su ve kuyu suyu 100:0 (T1), 75:25 (T2), 50:50 (T3) ve 25:75 (T4) olmak üzere farklı kombinasyonlarda karıştırılarak dört işlem elde edilmiştir. Bitki büyüme parametreleri, T1 en iyi performansı göstermiştir. Ancak nihai verim dışında T2 ve T3'ten önemli ölçüde farklı olmadığı ifade edilmiştir. Balıkların en iyi büyüme performansı, ağırlık artışı, boy artışı, yem dönüşüm oranı , yem verimlilik oranı, protein verimlilik oranı ve spesifik büyüme hızı T3'te gözlendiği ölçülmüştür. Araştırma sonuçları, fitoremediasyonlu kültür balıkçılığı atık sularının, balık ve bitki üretimi için akuaponikte sürdürülebilir bir şekilde yeniden kullanılabileceğini ortaya çıkarmıştır.

Graber ve Junge (2009) akuaponik sistem üzerine gerçekleştirilen çalışmada patlıcan, domates ve hıyar biktilerinin balık atık suyundan besinleri geri dönüştürme potansiyeli değerlendirilmiştir. Bitki hasadı sonrasında en yüksek besin uzaklaştırma oranları domates yetiştiriciliği sırasında elde edildiği ifade edilmiştir. Deneyler, besin geri dönüşümünün küçük alan sınırlaması olan kırsal alanlara ayrılmış bir lüks olmadığını göstermiştir. Besin maddelerini biyokütleye dönüştürerek atık suların arıtılması karlı bir iş haline gelebileceği varsayılmıştır.

Keskinbalta ve ark., (2015) Japon balığı ve arpa bitkisi kullanılarak akuaponik bir sistem oluşturmuştur. Çalışma periyodu boyunca arpa bitkisinin sistem su kalitesi ve balıklar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma süresince sıcaklık, oksijen ve pH

günlük olarak ölçülmüştür. Haftalık olarak sistem içerisine giriş ve bitkiden filtre olan suların nitrit, nitrat ve fosfat değerleri ölçülüp kontrol grubu ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda nitrit ve fosfat miktarlarında önemli azalışların olduğu, büyüme performansları kontrol grubuna göre arttığı ve arpa bitkisinin su kalitesini iyileştirdiği kanısına varıldığı ifade edilmiştir.

Hu ve ark., (2015) akuaponik sistemlerde pak choi (Brassica campestris L. subsp. chinensis) ve domates (Lycopersicon esculentum) bitkilerinin azot dönüşümleri incelenip kıyaslama üzerine çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonuçları bitkilerin nitrojen kullanımlarını domates için %41.3 ve pak choi için ise %34.4 olduğu belirlenmiştir. Nitrifikasyon yapan bakterilerin sayısında pak choi-bazlı akuaponik sisteme göre domatesin 4.2 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca domates tabanlı akuaponik sistemin su kalitesinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Makhdom ve ark., (2017) İnci gurami (Trichopodus leerii) türünün atık sulardan gelen besinlerin geri dönüşümü için akuaponik sistemde kiraz domates (Solanum lycopersicum) bazlı bir çalışma yürütmüşlerdir. Sabit balık stok yoğunluğu ile kiraz domates sisteme 0 (kontrol), 3 (T1), 6 (T2) ve 9 (T3) tane olacak şekilde dikilmiştir. Sistemin bitki süzüntü suyu 60 günlük boyunca nitrat, nitrit, fosfat, pH, oksijen parametreleri ölçülmüştür. Araştırma sonucu bitki büyüme performansı T3'te en yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada akuoaponik sistemlerin sürdürülebilir bir ekosistem için olumlu katkılar verebileceği varsayılmıştır.

Aksoy (2020) çalışmasında Japon balığı (Carassius auratus L.) ve brokoli tabanlı akuaponik bir sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği karşılaştırılmıştır. Araştırmada brokoli bitkisine ait kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, bitki uzunluğu, gövde çapı ve bitki besin elementleri incelenmiştir. Analiz sonucunda akuaponik sistemlerin geleneksel yetiştiriciliğe göre uygun olduğu belirlenmiştir. Hıyar ve levrek (Micropterus salmoides) balığı yetiştiriciliği üzerine yapılan benzer bir çalışmada nitrat, elektrik iletkenlik, bitki verimi, yem değerlendirme oranı ve spesifik büyüme oranları sırasıyla; 40-160 ppm, 0.7-1.8 dS m-1, 2.42-2.45 kg, ve 1.5±0.16 ve %0.77±0.03 bildirilmiştir. Araştırmada akuaponik sistemlerin balık ve bitki yetiştirmede uygun olabileceği varsayılmaktadır (Pantanella ve Colla 2013). Akuaponik ve geleneksel balık yetiştiriciliği üzerine yapılan benzer bir çalışmada su kaynaklarının etkin kullanımı, tarımsal alan ve verimliliği açından avantajlı olduğunu bildirmiştir (Datta 2016).

## SONUÇ

Gelişmekte olan ülkelerde azalan su kaynaklarını içme suyu kullanımında veya su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanım seçenekleri tartışılmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği nedeniyle kirlenen suların hem su kaynaklarımızı etkin kullanmak hem de kirlenerek vereceği zararları ortadan kaldırmak amacıyla doğal arıtma yöntemleri olarak akuaponik sistemler düşünülmektedir. Akuaponik sistemler, tarım sektöründeki çeşitli sürdürülebilirlik zorluklarının üstesinden gelmek için büyük potansiyel taşımakta olup öncelikle minimum eklenmiş besin maddesi ile yüksek verim üretme yeteneği, aynı zamanda su

ürünleri yetiştiriciliğinden besin deşarjını, atıksu kirliliğini ve su kaybını büyük ölçüde azaltabileceği belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarının dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının daha etkin kullanılmasına zemin oluşturabilecek önemli bilgileri ortaya koyabileceği ve özellikle daha az su kullanımı ile hem su ürünleri yetiştiriciliği hem de tarımsal üretimin mümkün olabileceğini ortaya koyabilecektir.

## KAYNAKLAR

Akdoğan B., (2014). Balık Çiftliği ve Arıtma Tesisi Atık Sularının Hidroponik Sistemlerde Kıvırcık Yapraklı Salatanın Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Gaziosman Paşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.

Aksoy, Y. C., (2020). Akuaponik Sistemde Brokoli (Brassica Oleraceae L.) Fidelerinin Gelişimi Ve Su Kalitesine Etkisi. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı.

Bernstein, S., (2011). Aquaponic gardening- A step-by-step guide to raising vegetables and fish together, New society publishers, Canada, 978-1-55092-489-3.

Christopher, Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli A. (2014). Small-scale aquaponic food production (Integrated fish and plant farming). FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 589. ISSN 2070-7010. Rome.

Dadmand, F., Naji-Azimi, Z., Farimani, N. M., & Davary, K. (2020). Sustainable allocation of water resources in water-scarcity conditions using robust fuzzy stochastic programming. Journal of Cleaner Production, 276, 123812.

Datta, S., (2016). Aquaponics- A Modern Tool for Integrating Fish Farming with Agriculture. International Conference on Aquatic Resources & Sustainable Management, 17-19 February, Kolkata, India, 58-64.

Datta, S., B. Mahapatra, J. Bhakta, S. Bag, S. Lahiri, R. Mandal and B. Jana (2018). Aquaponics: A Green and Sustainable Eco-tech for Environmental Cum Economic Benefits Through Integration of Fish and Edible Crop Cultivation. Wastewater Management Through Aquaculture, Springer: 207-224.

DeLong, D., Losordo, T., Rakocy, J., 2009. Tank Culture of Tilapia, Southern Regional Aquaculture Center, Publication No. 282 .

Demir, Y., Er, H., Demir, A. D., & İnik, O. (2021). Çapakçur Çayı Bazı Su Kalite Parametreleri Üzerine Bingöl Yerleşim Merkezinin (Kentleşmenin) Etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 8(4), 1160-1166.

Diem, T. N. T., Konnerup, D., & Brix, H. (2017). Effects of recirculation rates on water quality and Oreochromis niloticus growth in aquaponic systems. Aquacultural Engineering, 78, 95-104.

Diver, S., 2006. Aquaponics Integration of Hydroponics with Aquaculture. ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service (National Center for Appropriate Technology).

Dunwoody,R.K., (2013). Aquaponics and hydroponics: The effect of nutrient source and hydroponic subsystem design on sweet basil production, Phd Thesis,

Master of science in the department of biology and agriculture, University of central Missouri.

Edwards, P. Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. Aquaculture (2015), 447, 2–14.

Eltez, R. Z., ve Taşkavak, E. (2016). Ot sazanı (Ctenopharyngodon idella valenciennes) yetiştiriciliğinde kullanılan havuz suyunun salata-marul üretiminde kullanılabilirliği üzerine bir araştırma A study on the usability of pond water used for growing grass carp (Ctenopharyngodon idella valenciennes) in salad-lettuce production. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(4), 381-388.

Engle, C.R., 2015. Economics of Aquaponics. SRAC Publ. Reg. Aquac. Cent.

Espinosa Moya EA, Angel Sahagún CA, Mendoza Carrillo JM, Albertos Alpuche PJ, Álvarez-González CA, Martínez-Yáñez R, (2016). Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. Aquacult. Res. 47:1716-26.

Fernández Cañero, R., L. Pérez Urrestarazu and G. Egea Cegarra (2015). Design and preliminary assessment of a vertical aquaponics system for ornamental purposes. International Conference on Living Walls and Ecosystems Services (2015), p 1-41.

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H., & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. Sustainability, 7(4), 4199-4224.

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H. And Thorarinsdottir, R., (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. Sustainability, 7 (4); 4199-4224.

Gökvardar, A., (2013). Kapalı Devre Sistemlerde Akuaponik Uygulamaları: Deniz Balıkları-Bitkisel Üretim Entegrasyonun Araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

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).

Graber, A., & Junge, R. (2009). Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Desalination, 246(1-3), 147-156.

Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C. and Khanal, S. K., 2015. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. Bioresource Technology.

Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C. and Khanal, S. K., 2015. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. Bioresource Technology.

İzci, B., Selek, M., & 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.

Kerim, M., Tırıl S.U., 2009. ‘‘Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Akuaponik Uygulamaları’’ Rize.

Keskinbalta, M., Hamzaoğlu G., Çelik, M. and Dernekbaşı, S. 2015. Effect of an aquaponic model system on the water quality ımprovement and growth of goldfish (Carassius auratus L. 1758) and barley plant (Hordeum vulgare L.). Aquaculture Studies, 15(4),35-44.

Khater, E.G.,Ali,S.A., 2015, Effect of flow rate and length of gully on lettuce plants in aquaponic and hydroponic systems, Aquaculture Research & Development, 6(3), 1.

Kim, D.-J., Ahn, D.H., Lee, D.-I., 2005. Effects of free ammonia and dissolved oxygen on nitrification and nitrite accumulation in a biofilm airlift reactor. Korean J. Chem. Eng. 22, 85–90.

Kopsa,P., (2015). Aquaponics pratical thesis in Australia, Thesis (BS), Hamk University of Applied Sciences.

König, B., J. Janker, T. Reinhardt, M. Villarroel and R. Junge (2018). "Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system." Journal of Cleaner Production 180: 232-243.

Kyaw, T. Y., & Ng, A. K. (2017). Smart aquaponics system for urban farming. Energy procedia, 143, 342-347.

Love, D. C., Fry, J. P., Genello, L., Hill, E. S., Frederick, J. A., Li, X. And Semmens, K., 2014. An International Survey of Aquaponics Practitioners. Plosone, 9 (7); e102662.

Lu, Z., Mo, W., Dilkina, B., Gardner, K., Stang, S., Huang, J. C., & Foreman, M. C. (2019). Decentralized water collection systems for households and communities: Household preferences in Atlanta and Boston. Water Research, 167, 115134.

MacIntrye, M.C.; Ellis, T.; North, B.P.; Turnbull, J.F. The Influences of water quality on the welfare of farmed rainbow trout: A Review. In Fish Welfare; Branson, E.J., Ed.; Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK, 2008; pp. 150–178.

Makhdom, S., Shekarabi. S. P. H. and Mehrgan. M. S., 2017. Biological nutrient recovery from culturing of pearl gourami (Trichogaster leerii) by cherry tomato (Solanum lycopersicum) in aquaponic system. Environ Sci. Pollut. Res., DOI 10.1007/s11356-017-9702-1.

Mol, O., (2019). Dünya da ve Türkiye 'de Yenilikçi Tarım Yöntemi Olan Akuaponik Uygulamasında Alternatif Bir Balık Türü Clarias gariepinus’un (Burchell,1822) (Kara Yayın) Denenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi,

Fen Bilimleri Ensitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Nelson, R., 2008, Aquaponic Food Production: Raising Fish and Plants For Food and Profit, Published by Nelson and Pade, Inc., USA.

Nuwansi, K. K. T., Verma, A. K., Rathore, G., Prakash, C., Chandrakant, M. H., & Prabhath, G. P. W. A. (2019). Utilization of phytoremediated aquaculture wastewater for production of koi carp (Cyprinus carpio var. koi) and gotukola (Centella asiatica) in an aquaponics. Aquaculture, 507, 361-369.

Oskay, V., Karagöz, Ö., Kuşlu, S., (2021a). Gümüşhane İlinin İçme Suyunu Karşılayacak Bahçecik Barajını Besleyen Şöbet Deresinin İçme Suyu Kalitesinin Araştırılması. IOCENS'21 Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Online Konferansı, Özet Kitapçığı, s:347.

Oskay, V., Karagöz, Ö., Kuşlu, S., (2021b). Gümüşhane İlinin İçme Suyunu Karşılayacak Bahçecik Barajını Besleyen Şenkale Deresinin İçme Suyu Kalitesinin Araştırılması IOCENS'21 Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Online Konferansı, Özet Kitapçığı, s:130

Palm, H. W., Knaus,U., Appelbaum,S., Goddek,S., Strauch,S.M., Vermeulen,T., Jijakli, M.H., Kotzen,B., (2018). Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature, Springer International Publishing AG.

Palm, H. W., Knaus,U., Appelbaum,S., Goddek,S., Strauch,S.M., Vermeulen,T., Jijakli, M.H., Kotzen,B., 2018, Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature, Springer International Publishing AG.

Pamukoğlu, M. Y. Akuaponik (Biyolojik Arıtma Tekniği) Tekniği ile Balık Atıksularının Arıtılması. İklim Değişikliği ve Çevre, 3(2), 1-9.

Pantanella, E., Colla, G., (2013). Advances in freshwater aquaponic research. International Aquaponic Conference: Aquaponic and Global Food Security. 19-21 June 2013, university of wisconsin-stevens point.

Person-Le Ruyet, J.; Labbé, L.; Le Bayon, N.; Sévère, A.; Le Roux, A.; Le Delliou, H.; Quéméner, L. Combined effects of water quality and stocking density on welfare and growth of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquat. Living Resour. 2008, 21, 185–195.

Rakocy J., Messer, M., Lossordo, T., 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, Aquaponics Integrating Fish and Plant Culture, Southern Regional Aquaculture Center, Publication No. 454 , 1-16.

Saha, S., Monroe, A., & Day, M. R. (2016). Growth, yield, plant quality and nutrition of basil (Ocimum basilicum L.) under soilless agricultural systems. Annals of Agricultural Sciences, 61(2), 181-186.

Selek, M., (2017). Balık ve Bitki Üretiminin Entegrasyonu: Kapalı Devre ve Akuaponik Sistemlerde Nil Tilapia Balığı (Oreochromis Niloticus) ve Fesleğen Yetiştiriciliği (Ocimum Basillicum). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.

Shaalan, M., M. El-Mahdy, M. Saleh and M. El-Matbouli (2018). "Aquaculture in Egypt: Insights on the Current Trends and Future Perspectives for Sustainable Development." Reviews in Fisheries Science & Aquaculture 26(1): 99-110.

Shete, A. P., Verma, A. K., Tandel, R. S., Prakash, C., Tiwari, V. K., & Hussain, T. (2013). Optimization of water circulation period for the culture of goldfish with spinach in aquaponic system. Journal of Agricultural Science, 5(4), 26.

Shiklomanov, I. A. ve Rodda, J. C.; (2003). World Water Resources at the Beginning of the 21st Century. Cambridge, UK, Cambridge University Press.

Somerville C., Cohen M., Pantanella E., Stankus A., Lovatelli A., 2014. Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper - 589. ISSN 2070-7010.

Sreejariya, P., Raynaud, T., Dabbadie, L., & Yakupitiyage, A. (2016). Effect of water recirculation duration and shading on lettuce (Lactuca sativa) growth and leaf nitrate content in a commercial aquaponic system.

Tokunaga, K., Tamaru, C., Ako, H. and Leung, P., 2015. Economics of Smallscale Commercial Aquaponics in Hawaii. Journal of the World Aquaculture Society, 46; 20-32.

Türker, H., 2018. Akuaponik Yetiştiriclik Sisteminde Farklı Btikilerin Besin Dinamiği. Aquatic Sciences and Engineering. 33(3), 77-83.

Tyson, R.V., Simonne E.H., White, J.M., & Lamb, E.M. (2004). Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: the pH levels. Proc. Fla. State Hort. Soc. 117: 79-83.

Wongkiew, S., Hu, Z., Chandran, K., Lee, J.W., Khanal, S.K., 2017a. Nitrogen transformations in aquaponic systems: a review. Aquacult. Eng. 76, 9e19.

Yildiz, H., Robaina, L., Pirhonen, J., Mente, E., Domínguez, D., & Parisi, G. (2017). Fish welfare in aquaponic systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces—a review. Water, 9(1), 13.

Yildiz, H., Robaina, L., Pirhonen, J., Mente, E., Domínguez, D., & Parisi, G. (2017). Fish welfare in aquaponic systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces—a review. Water, 9(1), 13.