ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKUAPONİK SİSTEMDE BROKOLİ (*Brassica oleraceae* L.) FİDELERİNİN GELİŞİMİ VE SU KALİTESİNE ETKİSİ

Yasemin Canan AKSOY

TARIM VE YAŞAM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2020

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Yasemin Canan AKSOY tarafından hazırlanan **"Akuaponik Sistemde Brokoli (*Brassica oleraceae* L.) Fidelerinin Gelişimi ve Su Kalitesine Etkisi"** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK
Eş Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Arda ÖZEN

Jüri Üyeleri :

Başkan: Prof. Dr. Cihat KÜTÜK

Üye: Doç. Dr. Şebnem KUŞVURAN

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK

Yukarıdaki sonucu onaylarım
Dr. Öğr. Üyesi İlkay ÇORAK ÖCAL
Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum **"Akuaponik Sistemde Brokoli *(Brassica oleraceae* L.*)* Fidelerinin Gelişimi ve Su Kalitesine Etkisi"** konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim. (22/07/2020).

Yasemin Canan AKSOY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Akuaponik Sistemde Brokoli (*Brassica oleraceae* L.) Fidelerinin Gelişimi ve Su Kalitesine Etkisi

Yasemin Canan AKSOY

Çankırı Karatekin Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı

Danışmanlar: Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK

Dr. Öğr. Üyesi Arda ÖZEN

Bu tez çalışmasında; akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği, brokoli fidesinin gelişim ve kalite parametreleri açısından karşılaştırılmıştır. Ayrıca akuaponik sistemlerin önemli bir özelliği olan su kalitesini iyileştirmesi üzerine etkileri incelenmiştir. Her birinde 20 adet Japon balığı (*Carassius auratus* L.) olan 80 L'lik polietilen su tanklarından biri kontrol ve üçü akuaponik sistem için olmak üzere toplamda 4 adet kullanılmıştır. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 6 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Denemenin sonunda; brokoli fidesinin, gövde çapı, fide boyu, kök uzunluğu, kök kuru ağırlığı ve bitki besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn, Cu ve B) bakımından akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmasına karşın fide yaş ağırlığı, kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı arasında istatistiki olarak belirgin farklılıklar saptanmamıştır. Su kalitesi bakımından ise su sıcaklığı, suda çözünmüş oksijen miktarı, pH arasında istatistiki olarak önemli farklar tespit edilirken tuzluluk, EC ve bulanıklık arasında farklılıklar bulunmamıştır. Akuaponik sistemin brokoli fide yetiştiriciliğine uygun olduğu hatta bazı özellikleri ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinden üstün olduğu tespit edilmiştir.

2020, 100 sayfa

Anahtar Kelimeler: Akuaponik, brokoli fidesi, bitki yetiştirme ortamı, su kalitesi, su arıtma sistemi

ABSTRACT

Master's Thesis

Development of Broccoli (*Brassica oleraceae* L.) Seedlings in Aquoponic System and The Effect on Water Quality

Yasemin Canan AKSOY

Cankiri Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agriculture and Life Sciences

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Nuray ÇİÇEK
Asst. Prof. Dr. Arda ÖZEN

In this study; the aquaponic system and traditional soil cultivation were compared in terms of development and quality parameters of broccoli (*Brassica oleraceae* L.) seedling. In addition, the effects of aquaponic systems on improving water quality, which is an important feature, have been investigated. A total of 4 units of 80 L polyethylene water tanks, each with 20 goldfish (*Carassius auratus* L.), were used, one in control and three in the aquaponic system. The experiment was conducted with 6 replications according to the randomized blocks trial design. Although statistically significant differences were found between the traditional soil cultivation and the aquaponic system in terms of the stem diameter, seedling length, root length, root dry weight and plant nutrients (N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn, Cu and B) of broccoli seedlings, no significant differences were found in terms of seedling wet weight, dry weight, and root age weight at the end of the experiment. In terms of water quality, there were statistically significant differences between water temperature, dissolved oxygen and pH, while no difference was found between salinity, electrical conductivity and turbidity. The result of the study revealed that the aquaponic system is suitable for broccoli seedling cultivation and even superior to traditional soil cultivation in terms of some features.

2020, 100 pages

Key words: Aquaponics, broccoli seedling, plant growth media, water quality, water pouring system

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

"Akuaponik Sistemde Brokoli *(Brassica oleraceae* L.*)* Fidelerinin Gelişimi ve Su Kalitesine Etkisi" adlı çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne "Yüksek Lisans Tezi" olarak sunulmuştur. Bu çalışmanın amacı; modern ve bütüncül bir yetiştiricilik türü olan akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğini brokoli fidesinin kalite parametreleri ve bitki besin maddeleri içeriği açısından karşılaştırılmasıdır. Çalışmanın bir diğer amacı da brokoli fideleri ile gerçekleştirilen yetiştiriciliğin, akuaponik sistemlerin en önemli özelliği olan su kalitesini iyileştirmesi üzerine etkileri incelemektir.

Bu tez OF061218L01 proje numarası ile ÇAKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

Tez çalışmamın her aşamasında benden desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübesiyle çalışmamı sabırla takip eden, yakın ilgi ve önerileriyle beni yönlendiren, bana her daim güvenen ve desteğini her zaman hissettiğim değerli hocam ve dostum Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK'e teşekkür ederim.

Bilgi, öneri ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, sabır ve içtenliğiyle her zaman yanımda hissettiğim çalışmalarımızın fikir babası Sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Arda ÖZEN'e ve çalışmam boyunca yardımlarını gördüğüm sayın hocam Doç. Dr. Şebnem Kuşvuran'a ve Mustafa KAHYA'ya teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca attığım her adımda yanımda olan ve destekleyen, benden umudunu kesmeyen Annem, Babam, BAKKALOĞLU ve BAYRAKÇI ailelerine, hayatımın geri kalanında sevgisi ve desteğiyle yanımda olacağını bildiğim müstakbel eşim Sayın Turan UÇAR'a teşekkür ederim.

Avucunuzdaki kelebek misali hayat sizin elinizdedir.

Çankırı, Temmuz 2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET iii
ABSTRACT iv
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR v
SİMGELER ix
ŞEKİLLER x
ÇİZELGELER xi
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 6
2.1 Akuaponik Sistem Hakkında Genel Bilgiler 6
2.2 Akuaponik Üretim Teknikleri 7
2.2.1 Besleyici film tekniği (Nutrient film technique, NFT) yöntemi 8
2.2.2 Derin su kültürü yöntemi 9
2.2.3 Ortam kültürü yöntemi 10
2.3 Akuaponik Sistemde Bitki Seçimi 11
2.4 Akuaponik Sistemde Balık Seçimi 12
2.5 Akuaponik Sistemlerde Su Kalitesi 12
2.6 Akuaponik Sistem Üzerine Yapılmış Çalışmalar 13
2.6.1 Akuaponik sistemlerde su kalitesi üzerine yapılmış çalışmalar 13
2.6.2 Akuaponik sistemlerde bitkisel üretim üzerine yapılmış çalışmalar 14
3. MATERYAL VE YÖNTEM 27
3.1 Materyal 27
3.1.1 Denemede kullanılan balık türü 27
3.1.2 Deneme bitkisi 28
3.1.3 Geleneksel toprak yetiştiriciliğinin deney setinin hazırlanması 29
3.1.4 Akuaponik sistemin deney setinin hazırlanması 30
3.2 Yöntem 33
3.2.1 Brokoli fidesinde yapılan fenolojik gözlemler ve ölçülen kalite parametreleri 33
3.2.1.1 Gövde çapının belirlenmesi 33
3.2.1.2 Fide boyunun belirlenmesi 33
3.2.2 Brokoli fidelerin hasat edilmesi ve analizlere hazırlanması 34
3.2.2.1 Fide yaş ağırlığının belirlenmesi 34
3.2.2.2 Fide kuru ağırlığının belirlenmesi 34
3.2.2.3 Fide kök uzunluğunun belirlenmesi 34

3.2.2.4 Fide kök yaş ağırlığının belirlenmesi 34
3.2.2.5 Fide kök kuru ağırlığının belirlenmesi 35
3.2.3 Brokoli fidesinde yapılan bitki analizleri 35
3.2.3.1 Yaprak örneklerinin yakılması 35
3.2.3.2 Toplam azotun belirlenmesi 35
3.2.3.3 Toplam fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt, sodyum, demir, ... 35
çinko, mangan, bakır ve bor 35
3.2.4 İstatistiksel analizler 37
4. BULGULAR 38
4.1 Akuaponik Sistem ile Geleneksel Toprak Yetiştiriciliğinin Brokoli Fidesinin Fenolojik Özelliklerine Etkisi 38
4.1.1 Fide gövde çapı üzerine etkisi 38
4.1.2 Fide boyu üzerine etkisi 39
4.1.3 Fide yaş ağırlığı üzerine etkisi 40
4.1.4 Fide kuru ağırlığı üzerine etkisi 41
4.1.5 Fide kök uzunluğu üzerine etkisi 42
4.1.6 Fide kök yaş ağırlığı üzerine etkisi 43
4.1.7 Fide kök kuru ağırlığı üzerine etkisi 44
4.2 Akuaponik Sistem ile Geleneksel Toprak Yetiştiriciliğinin Brokoli Fidesinin Besin Maddeleri Kapsamı Üzerine Etkisi 45
4.2.1 Toplam azot kapsamı üzerine etkisi 45
4.2.2 Toplam fosfor kapsamı üzerine etkisi 46
4.2.3 Toplam potasyum kapsamı üzerine etkisi 47
4.2.4 Toplam kalsiyum kapsamı üzerine etkisi 48
4.2.5 Toplam magnezyum kapsamı üzerine etkisi 49
4.2.6 Toplam sodyum kapsamı üzerine etkisi 50
4.2.7 Toplam demir kapsamı üzerine etkisi 51
4.2.8 Toplam çinko kapsamı üzerine etkisi 52
4.2.9 Toplam mangan kapsamı üzerine etkisi 53
4.2.10 Toplam bakır kapsamı üzerine etkisi 54
4.2.11 Toplam bor kapsamı üzerine etkisi 55
4.3 Akuaponik Sistem ile Kontrol Grubunun Su Kalitesi Üzerine Etkisi 56
4.3.1 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun su sıcaklığı üzerine etkisi 57
4.3.2 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun çözünmüş oksijen konsantrasyonu üzerine etkisi 58
4.3.3 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun pH değerlerinin üzerine etkisi 60

4.3.4 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun suyun tuzluluğu üzerine etkisi 61
4.3.5 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun suyun elektriksel iletkenliği (EC) üzerine etkisi 62
4.3.6 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun suyun bulanıklığı üzerine etkisi 63
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 64
6. KAYNAKLAR 76
7. EKLER 83
8. ÖZGEÇMİŞ 100

SİMGELER

g	Gram
g/L	Gram/Litre
mg/L	Miligram/Litre
mL	Mililitre
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
psu	Pratik tuzluluk birimi
mg kg^{-1}	Milyonda bir kısım (ppm)
mg L^{-1}	Milyonda bir kısım (ppm)
rpm	Revolutions per minute (dakikadaki devir sayısı)
%	Yüzde konsantrasyon
% h/h (% v/v)	Hacimce yüzde
°C	Celcius
N	Normalite
L	Litre

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 Besleyici film tekniği yöntemi……...……8
Şekil 2.2 Derin su kültürü yöntemi……..9
Şekil 2.3 Ortam kültürü yöntemi……..…….……..10
Şekil 3.1 Denemede kullanılan japon balıkları……..…..27
Şekil 3.2 Denemede kullanılan balıkların boy ve ağırlık ölçümleri……..……..28
Şekil 3.3 Denemenin kurum hazırlıkları……..30
Şekil 3.4 Akuaponik sistemin kurulum aşaması……..31
Şekil 3.5 Akuponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği deney seti …….31
Şekil 3.6 Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinden bir görüntü……..……..32
Şekil 3.7 Fide boyunun belirlenmesi…….……..33
Şekil 3.8 Örneklerinin öğütülmesi…….……..36
Şekil 3.9 Kül fırınından çıkan yanmış örnekler……..36
Şekil 3.10 Örneklerden elde edilen ekstraktların süzülmesi……...37
Şekil 4.1 Deney süresince su sıcaklığının değişimi…….....58
Şekil 4.2 Deney süresince su sıcaklığının değişiminin kutu grafiği ile gösterimi ……..……..…..58
Şekil 4.3 Deney süresince suda çözünmüş oksijen konsantrasyonu değişimi……..……..59
Şekil 4.4 Deney süresince sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının değişiminin kutu grafiği ile gösterimi……..59
Şekil 4.5 Deney süresince pH değerinin değişimi…….……..60
Şekil 4.6 Deney süresince sudaki pH değişiminin kutu grafiği ile gösterimi……..60
Şekil 4.7 Deney süresince tuzluluk konsantrasyonlarının değişimi……61
Şekil 4.8 Deney süresince sudaki tuzluluk konsantrasyonlarının değerinin Değişiminin kutu grafiği ile gösterimi……..61
Şekil 4.9 Deney süresince EC değerinin değişimi……...62
Şekil 4.10 Deneme süresince sudaki elektriksel iletkenlik değerinin değişiminin kutu grafiği ile gösterimi……..……..62
Şekil 4.11 Deney süresince bulanıklık konsantrasyonlarındaki değişim……63
Şekil 4.12 Deney süresince sudaki bulanıklık konsantrasyonlarının değişiminin kutu grafiği ile gösterimi……..……..63

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1 Akuaponik sistemde kullanılabilecek bitki türleri ……11
Çizelge 2.2 Akuaponik sistemde kullanılabilecek balık türleri ……...12
Çizelge 2.3 Akuaponik sistemde ideal su kalitesi değerleri ……....13
Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ……....29
Çizelge 3.2 Çalışmada gerçekleştirilecek uygulamalar ve deneme planı ……...32
Çizelge 4.1 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin gövde çaplarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları .…….38
Çizelge 4.2 Brokoli fidesinin gövde çaplarına etkisi……...38
Çizelge 4.3 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin boylarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları……39
Çizelge 4.4 Brokoli fidesinin boylarına etkisi ……...40
Çizelge 4.5 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin yaş ağırlıklarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları ..…..40
Çizelge 4.6 Brokoli fidesinin yaş ağırlığına etkisi ……41
Çizelge 4.7 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin kuru ağırlıklarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları ……..41
Çizelge 4.8 Brokoli fidesinin kuru ağırlığına etkisi ……..……..42
Çizelge 4.9 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin kök uzunluklarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları …….42
Çizelge 4.10 Brokoli fidesinin kök uzunluğuna etkisi……....43
Çizelge 4.11 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin kök yaş ağırlıklarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları ……43
Çizelge 4.12 Brokoli fidesinin kök yaş ağırlığına etkisi……...……..44
Çizelge 4.13 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin kök kuru ağırlığına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları ……..44
Çizelge 4.14 Brokoli fidesinin kök kuru ağırlığına etkisi ……...45
Çizelge 4.15 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam azot kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları…….45
Çizelge 4.16 Brokoli fidesinin toplam azot kapsamlarına etkisi……....46
Çizelge 4.17 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam fosfor kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları…….46
Çizelge 4.18 Brokoli fidesinin toplam fosfor kapsamlarına etkisi……..47
Çizelge 4.19 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam potasyum kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları…….47

Çizelge 4.20 Brokoli fidesinin toplam potasyum kapsamlarına etkisi……48
Çizelge 4.21 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam kalsiyum kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları…….48
Çizelge 4.22 Brokoli fidesinin toplam kalsiyum kapsamlarına etkisi…….....49
Çizelge 4.23 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam magnezyum kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları …….49
Çizelge 4.24 Brokoli fidesinin toplam magnezyum kapsamlarına etkisi ……..50
Çizelge 4.25 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam sodyum kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları……..50
Çizelge 4.26 Brokoli fidesinin toplam sodyum kapsamlarına etkisi…….....51
Çizelge 4.27 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam demir kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları……..51
Çizelge 4.28 Brokoli fidesinin toplam demir kapsamlarına etkisi……..52
Çizelge 4.29 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam çinko kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları …… 52
Çizelge 4.30 Brokoli fidesinin toplam çinko kapsamlarına etkisi…….53
Çizelge 4.31 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam mangan kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları……..53
Çizelge 4.32 Brokoli fidesinin toplam mangan kapsamlarına etkisi……..54
Çizelge 4.33 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam bakır kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları …….54
Çizelge 4.34 Brokoli fidesinin toplam bakır kapsamlarına etkisi …….55
Çizelge 4.35 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin Brokoli…….....55
Çizelge 4.36 Brokoli fidesinin toplam bor kapsamlarına etkisi fidesinin toplam bor kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları…..……..……..56
Çizelge 4.37 Su kalite değişkenlerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları……...56
Çizelge 4.38 Su kalite değişkenlerinin ANOVA ve Tukey test sonuçları……...57

1. GİRİŞ

Tarım, insanoğlunun avcı toplayıcı toplumdan yerleşik hayata geçtiği dönemden beri devam etmektedir. Bu sayede toplumların giyim, barınma ve özellikle beslenme gibi birçok ihtiyacı bitkilerden karşılanmaktadır. Bu bağlamda yaşamın çeşitli alanlarında kullanılan bitkilere, nüfusun artışı ve teknolojik gelişmeler sayesinde değişen hayat düzeyinde daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Çok köklü ve eski bir tarihe sahip tarımsal faaliyetler, zamanla farklı teknik, yöntem ve uygulamalar sayesinde gelişerek şekillenmiştir (Aksoy 2018).

Tarımsal üretim için; hızla artan dünya nüfusu, iklim değişikliği, tarım alanlarının başka amaçla kullanımı önemli sorunlara sebep olmaktadır. Tarımsal faaliyetlerin yapılabildiği toprakların sınırlı olması ve bu toprakların son sınırına yaklaşılması önemli bir sorundur. Mevcut tarım alanlarının planlı ve doğru kullanımı kadar yeni ve faydalı teknikleri kullanarak birim alandan daha çok ürün elde etmek için gerekli araştırma ve çalışmalara önem verilmektedir (Çiçek Atikmen *et al.* 2013).

Yeni ve faydalı tekniklerden biri olan topraksız tarım, bitki gelişimi için gerekli olan su ve besin elementlerinin kök ortamına verilmesi esasına dayanmaktadır. Topraksız yetiştiricilik; su kültürü ve katı ortam kültürü olarak ikiye ayrılmaktadır. Ticari anlamdaki bitki yetiştiriciliğinde katı ortam kültürü yaygındır. Ortam materyalleri organik, inorganik veya sentetik olarak gruplandırılmaktadır (Leonardi 2004, Merdin 2009). Üreticiler tarafından en fazla organik topraklar (peat) tercih edilmektedir (Çiçek Atikmen and Kütük 2014, Çiçek Atikmen *et al.* 2018a). Klasik yetiştiricilik teknikleri yanında, topraksız tarım uygulamaları her geçen gün daha fazla üretim alanı bulmakta ve önemi hızla artmaktadır. Topraksız tarım uygulamaları, özellikle seracılığın yoğun olduğu ülkelerde daha da ön plana çıkmaktadır. Topraksız tarım uygulamalarında Hollanda ilk sırada yer almaktadır, ancak son yıllarda ise seracılığın fazla olduğu Akdeniz ülkelerinde de bu konuda hızlı bir gelişme görülmektedir. Türkiye'de ise

özellikle sebze üretiminin söz konusu olduğu Antalya ilinde topraksız yetiştiricilik yoğunlaşmıştır ve sera alanlarının % 96'sında sebze yetiştiriciliği mevcuttur (Tüzel *et al.* 2007).

Günümüzde, topraksız tarım şeklinin seracılıkta yaygınlaşmasının en önemli sebeplerinden birisi toprak kökenli sorunlardır. Topraksız tarımda toprak yorgunluğu ve topraktan kaynaklanan hastalık-zararlı gibi sorunların olmaması, gübre ve sulamanın denetlenebilmesi sonucunda bitki gelişiminin kontrol altına alınması kolaylaşmaktadır. Bu nedenle, bu tarım şekli topraktan kaynaklanan kaliteyi düşürücü unsurları ortadan kaldırması ve verimi arttırması gibi üstünlüklere sahiptir (Pardossi *et al*. 2004, Tognoni *et al.* 2004, Gül 2008).

Diğer taraftan bitkisel üretimde toprak ve yetiştirme ortamları gibi önemli olan suyun dünyadaki toplam miktarı yaklaşık 1,4 milyar km^3 olup; bu miktarın % 97,5'i tuzlu su olarak okyanuslarda ve denizlerde, % 2,5'i ise tatlı su olarak nehir ve göllerde bulunmaktadır (Unesco 2012). Az miktarda mevcut olan tatlı su kaynaklarının yaklaşık % 70'lik kısmı buz ve buzulların içinde tutulmaktadır. Geriye kalan yaklaşık % 30 ise yeraltı sularıdır. Bu bağlamda dünyadaki tatlı su miktarı oldukça sınırlıdır. Bu sınırlı su kaynaklarına rağmen, hızlı artan nüfus ile dünyadaki su tüketimi de her geçen yıl artmaktadır ve dünyada yaklaşık 1,4 milyar kişi yeterli içme suyu olanağına sahip değildir. Dünyadaki toplam su tüketiminin yaklaşık % 70'i tarım, % 22'si sanayi ve %8'i içme ve kullanma amaçlıdır. Türkiye'de ise, temiz ve tatlı su kaynaklarının % 72-75'i tarımda, % 15-16'sı içme ve kullanma amaçlı evsel kullanımda ve % 10-12'si sanayide tüketilmektedir (Anonim 2009a).

Son yıllarda üreticiler, su ve toprak gibi doğal kaynakları koruyarak kaliteli ürünler almayı hedeflemektedir. Topraksız tarım şekillerden biri olarak tanımlanan akuaponik sistemler, çevreye karşı olmayan, çevrenin yanında ve çevreye duyarlı bir üretim şeklidir. Akuaponik sistemler, çevreyi kirletebilecek çok az sayıdaki kirleticileri bile

kontrol altında tutmaktadır. Bu nedenle özellikle bilinçli üreticilerin tercih edebileceği bir tarımsal üretim modeli olabileceği öngörülmektedir. Akuaponik üretim sistemi ile ilgili ilk fikirler ve girişimler 1980'li yıllarda başlamış olup, teknolojinin gelişimiyle birlikte 1990'lı yıllarda hız kazanmıştır. Bu konuda ilk araştırmalar Watten and Busch (1984) ile Zweig (1986) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Yenilikçi ve kendi besinini üretme özelliğine sahip olan akuaponik sistemlerin ilkelerinden biri doğada sınırlı olan tatlı su kaynaklarını koruyarak asgari miktarda su tüketimidir. Diğer önemli ilkesi ise, balıkların metabolik ve dışkısal atıkları olan organik materyallerin besin elementi (azot, fosfor vb.) olarak değerlendirilerek bitkilerin aynı su sistemi içinde üretilmesidir.

Akuaponik, geleneksel akuakültür (akuatik canlılardan olan balık, kerevit, karides üretimi) ile hidroponik sistemin (topraksız tarım/bitkilerin su ve besin eriyikleri ile beslenmesi) birleşmesi ile sürdürülebilir bitkisel modeline bir alternatiftir (Pamukoğlu 2018).

Akuakültür sisteminde gerek balıkların dışkılarından gerekse tüketilmeyen balık yemlerinden oluşan suyun kirliliği zamanla balıklar için zararlı düzeye gelir. Bu kirli su herhangi bir tıkanıklığa sebep olmamak için basit bir şekilde filtrelendikten sonra hidroponik sistemde yetişen ürünlere uygulanarak besin çözeltisi olarak kullanılmaktadır. Böylece balıklar için sorun olan su kirliliği bitkiler için besin maddesi görevini görmekte ve aynı zamanda temizlenmektedir ve tekrar akuakültür sistemine gönderilmektedir. Kısaca belirtmek gerekirse akuaponik terimi akuakültür ve hidroponik kelimelerinin birleşiminden meydana gelmiştir diğer taraftan basit ve kapalı bir sistemdeki simbiyotik yaşamı temsil etmektir.

Her tarımsal faaliyet de olabileceği gibi akuoponik sistemlerin de avantajları ve dezavantajları vardır. Akuaponik sistemin avantaj ve dezavantajları Erdem (2013) tarafından aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Akuaponik sistemlerin avantajları;

1. Düşük su kullanımı ile aynı miktarda bitki üretiminin (geleneksel tarıma göre %2 oranında su kullanımı) mümkün olması.
2. Doğal balık emülsiyonu sayesinde organik gübreleme yapılması.
3. Akuakültürde ortaya çıkan atığın bu sistemde değerlendirilmesi.
4. Katlı sistem ile daha küçük alanlarda büyük miktarlarda tarım ürünü elde etme olanağı.
5. Pestisit kullanılmaması ve toprağa oranla nispeten daha temiz bir ortamda bitki yetiştirilmesi.
6. Hidroponik yetiştiricilerinin balık gübresi içeren suyu organik gübre olarak kullanarak bitkilerin iyi bir şekilde büyümesini sağlaması.
7. Balık üreticilerinin hidroponik sistemi biofiltreleme için bir çözüm olarak görmesi.
8. Üreticilerin akuaponik sistemde üretiminin organik açıdan en doğru yollardan biri olduğunu düşünmeleri.
9. Akuaponik sistemin sebze ve balık üretimini aynı anda üretebilmesi.

Akuaponik sistemin dezavantajları;

1. Sistemin ilk kurulumunun maliyetli olması.
2. Sistemin hatlarının kesin olarak oturmuş olmaması.
3. Kaynak bilginin az olması.
4. Pompanın çalışması için gereken enerji giderinin fazla olması.
5. Pompanın tıkanması sonucu bitkilerin veya balıkların yaşamının tehlikeye girmesi.
6. Balığı beslemek için kullanılacak yemin özenle seçilmesi.
7. Suyun pH ve EC değerlerinin belirli değerlerde tutulması gerekmektedir.

Topraksız tarımda yetiştirilen ürünler içerisinde ilk sırada domates, hıyar ve biber yer almaktadır. Akuaponik sistemlerde ise başta marul olmak üzere salata bitkileri ve diğer sebzeler öncelikle tercih edilmektedir. Diğer tarafından brokoli (*Brassica oleraceae* L.) fideleri akuaponik sistemde çok az sayıda denenmiştir. Brokoli kışlık sebzeler arasında yer almaktadır ve ülkemizde son yıllarda üretimi ve tüketimi hızla artan bir sebzedir.

Araştırmalara göre dünya nüfusunun yaklaşık 7,5 milyar olduğu bilinmektedir. 2050 yılında ise yaklaşık 9,7 milyar olacağı öngörülmekte olup, artan nüfusun gıda gereksiniminin büyük bir kısmı ise denizlerden ve tatlı sulardan elde edilen su ürünleri ile karşılanacağı düşünülmektedir (Selek 2017). Bu bağlamda akuaponik sistemlerin gelecekte daha fazla önem kazanacağı öngörülmektedir.

Bu çalışmanın amacı; modern ve bütüncül bir topraksız yetiştiricilik türü olan akuaponik sistem ile geleneksel yöntemin, brokoli fidesi yetiştiriciliğinde fide kalitesi ve bitki besin elementleri içerikleri açısından karşılaştırılmasıdır. Çalışmanın bir diğer amacı da brokoli fideleri ile gerçekleştirilen yetiştiriciliğin, akuaponik sistemlerin su kalitesini iyileştirmesi üzerine etkilerini incelemektir. Akuaponik çalışmalar daha çok su kalitesi ve balık üretimi üzerine yoğunlaşmıştır. Dünyada ve Türkiye'de Akuaponik sistemlerde bitki besleme, bitkilerin gelişim ve kalite parametreleri üzerine yapılan az sayıda bilimsel çalışma mevcuttur ve çalışma bu yönü ile de dünya literatürüne önemli bir katkı sağlayacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Akuaponik Sistem Hakkında Genel Bilgiler

Tarım ve su ürünleri yetiştiriciliğini etkileyen ve ileride bu sektörler için daha önemli bir yer tutacağı tahmin edilen akuaponik sistem; akuakültür ve hidroponik sistemlerin birleşimi olarak tanımlanır (Rakocy *et al.* 1992, Sfetcu *et al.* 2008). Akuaponik terimi 1970 yıllarında kullanılmaya başlamasına rağmen kökeni çok daha eski dönemlere dayanmaktadır (Goddeck *et al.* 2016). Akuaponik sistemin ilk örneğinin, Orta Amerika'da yaşamış olan Aztek'lere ait bir tarım metodu olan Chinampa olduğu düşünülmektedir (Aksoy 2018). Bazı araştırmacılar ise, hiyegrografiler ve duvar resimlerine dayanarak ilk örneklerin Mısırlılara ait olduğunu savunmaktadır (Anonim 2009b, Aksoy 2018). Çok Uzun yıllardan beri bu bileşik üretim şekli uzak doğu ülkelerinden Çin ve Tayvan da çiftlik hayvanlarının artıklarının bitki besin maddesi olarak su basmış çeltik tavalarında kullanılmaktadır. Ayrıca bu ülkelerde yine çeltik tavalarında balık yetiştiriciliği yapılmaktadır (Aksoy 2018, Yeniçeri 2017). Batıda ise, balık dışkılarının ve artıklarının bitki üretiminde gübre olarak kullanılması fikrinden yola çıkılmıştır ve New Alchemy Enstitüsü'nde, atık su yönetiminde balık dışkılarının bitkisel üretiminde kullanılması üzerine yapılan çalışmalarla başlamıştır (Akdoğan 2014).

Akuaponik sistemde besin maddeleri bakımından zengin olan balık gübresinin, sistemin bitkisel üretim yataklarında bitkilerin beslenmesi için kullanılmasının balık üretim tesisi için de faydası vardır. Sistemde bitki kökleri ve kök bakterileri sudaki balıklar için zararlı olan amonyak ve fekal (dışkı ile ilgili olan) atıkları ayrıştırmaktadır. Söz konusu olan atıklar balık dışkısı, yenmeyen yem veya ortamda oluşan alglerden kaynaklanmaktadır. Normal şartlarda balık yaşamı için toksik özellik gösteren bu organik atıklar su ortamından uzaklaştırılmalıdır. Bu işlemler, ya su akışlı sistemlerde ortam suyunun sürekli yeni su girdisi ile değiştirilmesi şeklinde ya da ortamdaki suyun mekanik ve biyolojik filtrasyondan geçirilmesiyle yapılabilmektedir. Akuaponik

sistemlerde ise, bu filtrasyon işlemi doğrudan bitki kökleriyle doğal yollardan sağlanabilmektedir.

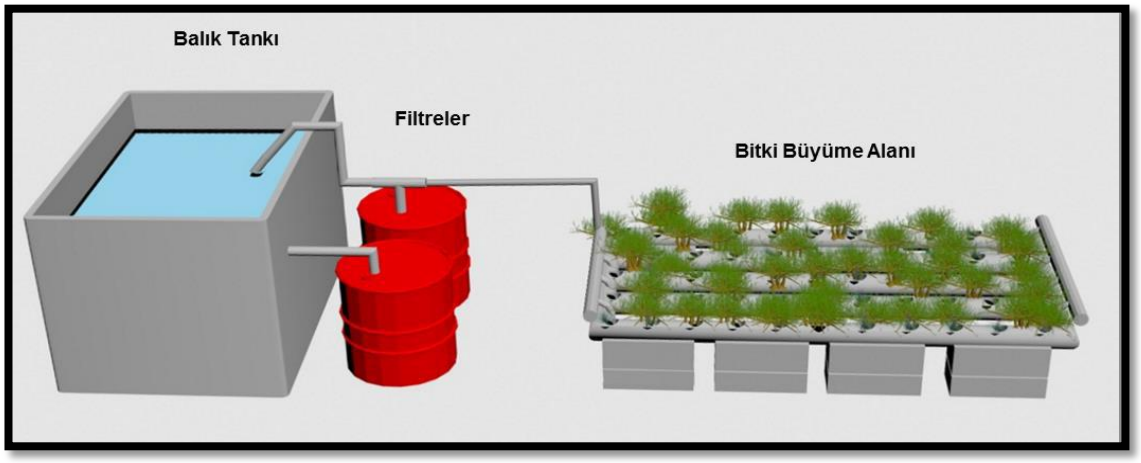
2.2 Akuaponik Üretim Teknikleri

Tercih edilecek akuaponik sistem modelinin balık ve bitki ihtiyaçları göz önünde bulundurularak tasarlanması gerekmektedir. Sistemdeki balık dışkısının en kısa sürede bitki besinine dönüştürülmesi için iyi bir nitrifikasyon ortamı sağlanmalı ve sistem içerisindeki suyun tamamının herhangi bir kör nokta kalmadan döngüye katılması arzu edilir. Sistemde taşınan bütün su tam olarak döngüye katılır ve bu dönüşüm miktarı da hesaplanan balık/bitki oranıyla iyi uyuşursa başarı sağlanır (Tacon 1987, Bodur ve Okudur 2017). Büyük çapta bir yetiştiricilik yapılacaksa, sistemi tasarlarken çoğunlukla göz önünde bulundurulan en önemli etmen balık miktarıdır. Öncelikle balık tanklarında sorunsuz bir şekilde yaşayabilecek azami balık miktarı belirlenerek o balıklara verilmesi gereken yem miktarı da hesaplanır. Daha sonra bu yemin suya bırakacağı azot miktarı hesaplanarak sistemde ne kadar bitki yetiştirilebileceği hesaplanır. Bu şekilde yaklaşık olarak sistemin kapasitesi belirlenebilir. Bu balık/bitki kapasitesi hesabını yapabilmek için birçok araştırmacı kendi yöntemlerini geliştirmiştir (Bernstein 2011, Palm *et al.* 2018, Yep and Zhengen 2019). Küçük çapta yapılacak yetiştiriciliklerde bitkiler besin maddesi bakımından herhangi bir mücadeleye girmeyeceğinden genellikle bu tarz bir hesaplama yapılmamaktadır.

Topraksız tarım tekniğinde çeşitli yöntemler mevcuttur. Akuaponik sistemlerde tıpkı topraksız tarımda olduğu gibi birkaç farklı yöntem kullanılmaktadır. Yöntemler arasından en çok tercih edilenler ise “Besleyici Film Tekniği”, “Derin Su Kültürü” ve “Ortam Kültürü” dür (Nelson and Pade 2008, Kopsa 2015, Anon 2015, Yep and Zhengen 2019).

2.2.1 Besleyici film tekniği (Nutrient film technique, NFT) yöntemi

Akuaponik üretimde en yaygın kullanılan yöntem Şekil 2.1'de gösterilen besleyici film tekniğidir (BFT). Besin çözeltisinin pompalandığı kanal içerisinde bitkiler topraksız tarım yani hidroponik yönteme göre büyütülmektedir (Nelson and Pade 2008, Witzel *et al.* 2019, Li *et al.* 2019, Perez-Urrestarazu *et al.* 2019). Besleyici film tekniği yönteminde bitkilerin köklerinin uç kısmı besin solüsyonuna temas ettirilerek köklerin üst kısımlarının nemli kalması sağlanmaktadır (Li *et al.* 2019, Nelson and Pade 2008). Besleyici film tekniğinde bitkilerin yerleştirildiği kanal içerisine ortalama dakikada 1 litre besin solüsyonu pompalanmaktadır (Nelson and Pade 2008). Bitkiler herhangi bir yetiştirme ortam üzerinde veya içinde büyütülmediği için sürekli nemli tutulmaları gerekmektedir. BFT yönteminin avantajlarından biri az miktarda balık ve az iş gücü ile çok miktarda bitki üretimi yapılabilmektedir. Diğer taraftan sistem günlük ve periyodik olarak temizlenmelidir (Nelson and Pade 2008, Perez-Urrestarazu *et al.* 2019). Besleyici film tekniğinde hidroponik sistem kanallarının tıkanmasını önlemek amacıyla balık atıklarının üretim suyundan ayrıştırılması ve basit bir mekanik filtrasyona tabi tutulmalıdır (Witzel *et al.* 2019, Nelson ve Pade 2008, Somerville *et al.* 2014). Besleyici film tekniği sistemdeki su miktarının düşük olması sebebiyle diğer tekniklerle karşılaştırıldığında daha az risk içermektedir. Bu yöntemde nitrifikasyonun gerçekleşmesi ve besin solüsyonunda yeteri kadar nitrat miktarının oluşmasını sağlamak amacıyla biyolojik filtrasyona gereksinimi vardır (Nelson and Pade 2008, Somerville *et al.* 2014)



Şekil 2.1 Besleyici film tekniği yöntemi (Uslu 2019)

2.2.2 Derin su kültürü yöntemi

Derin su kültüründe, su üzerinde yüzebilen bir materyal üzerine bitkiler plastik ya da hafif malzemeden yapılmış sepetler yardımıyla yerleştirilir. Bitki kökleri tamamen su içerisindedir (Şekil 2.2). Köklerin yeterince oksijen alabilmesini sağlamak için suya oksijen takviyesi gerekmektedir. Bu sorunun çözümü için hava motoru, hava taşı veya başka bir yöntem kullanılarak oksijenlendirme yapılmalıdır (Bernstein 2011, Bodur ve Okudur 2017).



Şekil 2.2 Derin su kültürü yöntemi (Shu 2018)

2.2.3 Ortam kültürü yöntemi

Akuaponik sistemlerde yetiştirme ortamı olarak organik toprak, kokopit, ağaç kabukları, hidroton, kum, çakıl, plastik köpükler vb. gibi organik ve inorganik malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemeler genellikle bitkiye mekanik destek olarak bitkinin tutunmasını sağlamaktadır (Şekil 2.3). Bitkilere besin çözeltisi, gel git yöntemi kullanılarak uygulanır. Bu sayede köklerin hava alması sağlanır (Bernstein 2011, Kopsa 2015, Bodur ve Okudur 2017).



Şekil 2.3 Ortam kültürü yöntemi (Anon 2015)

2.3 Akuaponik Sistemde Bitki Seçimi

Akuaponik sistemlerde özellikle sebze ağırlıklı yetiştiricilik yapılmaktadır. Bitki seçimi yapılırken öncelikle balık tanklarının stok yoğunluğu ve akuakültür atık sularının bitki besin konsantrasyonu dikkate alınır. Su ve ortam sıcaklığı, ışık ve pH bitki seçimine etki eden diğer faktörlerdir (Bernstein 2011, Hu *et al*. 2015). En fazla tercih edilen bitkiler arasında salata-marul grubu ilk sırada ter almaktadır (Çizelge 2.1). Bunun yanı sıra akuakültür sistemlerde en çok yetiştirilen bitkiler arasında salata-marul, fesleğen, Frenk maydanozu, Çin maydanozu, italyan maydanozu, nane, dereotu, Frenk soğanı, Çin lahanası, kıvırcık lahana, komatsuna, tatsoi, horoz ibiği yaprakları, ıspanak, limon otu vb. sebzeler sayılabilir (Khater and Ali 2015; Palm *et al*. 2014).

Çizelge 2.1 Akuaponik sistemde kullanılabilecek bitki türleri (Selek 2017)

Sebze		**Meyve**	**Diğer Türler**
Marul	Biber	Çilek	Fesleğen
Fasulye	Ispanak	Domates	Kekik
Su teresi	Hıyar		Kişniş
Kabak	Bezelye		Buğday çimi
Karpuz	Kavun		
Brokoli	Maydanoz		

Akuaponik sistemlerde azot döngüsü doğrudan bitki seçimine bbağlı olup bitkilerin beslenme alışkanlıkları ve azot tüketimleri türlere göre değişmektedir. Diğer taraftan nitrifikasyonu sağlayan bakterilerinin gelişebilmesi için yüzey alanına ihtiyaç vardır. Bu bağlamda daha büyük kök yüzey alanına sahip olan bitkiler, akuaponik sistemden daha fazla fayda sağlayabilir. Ancak, bitki seçiminin akuaponik sistemdeki etkisini araştıran çalışma sayısı çok azdır (Hu *et al.* 2015).

2.4 Akuaponik Sistemde Balık Seçimi

Akuakültüre uyumlu tatlı ve acı su balık türlerinden *Tilapia sp., Dicentrarchus labrax* (Levrek), *Salmo trutta* (Alabalık) aynı zamanda akuaponik içinde tercih edilen türler arasındadır. Kuzey Amerika'daki ticari işletmeler akuaponik sistemlerini Güney Afrika kökenli *Tilapia sp*. üzerine kurmuşlardır. Bunun sebebi ise bu türün diğer türlere nazaran daha dayanıklı olması ve Kuzey Amerika'da en çok tüketilen tatlı su balığı olmasıdır (Rakocy *et al.* 2004). Diğer tarafından Türkiye'de Konya ilinin Çumra ilçesinde faaliyet gösteren ilk ticari işletme akuaponik sistemlerini yine *Tilapia sp.* üzerine kurmuşlardır. Akuaponik sistem için uygun diğer balık türleri Çizelge 2.2.'de gösterilmiştir (Selek 2017).

Çizelge 2.2 Akuaponik sistemde kullanılabilecek balık türleri (Selek 2017)

Balık Türleri				
Tilapia	Alabalık	Tatlı Su Levreği	Adi Sazan	Hibrit Sazan
Koi Balığı	Kırmızı Kerevit	Gökkuşağı Alabalığı	Yayın Balığı	Süs Balıkları

2.5 Akuaponik Sistemlerde Su Kalitesi

Akuaponik sistemlerinde su kalitesi kriterlerinden en önemlileri çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklık, pH ve amonyak nitrit nitrat dönüşümünden kaynaklanan azot olarak değerlendirilmektedir (Çizelge 2.3). Balık tanklarında oluşan amonyak nitrite ve nitrata dönüşmektedir. Nitratın balıklarda toksik etkiye sahip olması için 300-400 mg L^{-1} olması gerekir. Akuaponik sistemlerde biyofiltrasyon (bitkiler) sistemi nitrat düzeyinin çok daha düşük seviyelerde olmasını sağlamaktadır (De Long *et al.* 2009). Diğer önemli su parametreleri ise tuzluluk, fosfor, klor ve karbondioksittir. Bu değerler; balıklara verilen yem oranı, balık tankındaki yoğunluk, sistemdeki su miktarına bağlı olarak değişmektedir (Diver 2006).

Çizelge 2.3 Akuaponik sistemde ideal su kalitesi değerleri (Sommerville *et al.* 2014)

Organizma	Sıcaklık ^{o}C	pH	NH_4 mg L^{-1}	NO_2 mg L^{-1}	NO_3 mg L^{-1}	O_2 mg L^{-1}
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

2.6 Akuaponik Sistem Üzerine Yapılmış Çalışmalar

2.6.1 Akuaponik sistemlerde su kalitesi üzerine yapılmış çalışmalar

Adler *et al.* (2000) tarafından gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), marul *(Lactuca sativa)* bitkisi ve fesleğen *(Ocimum basilicum)* bitkisinin üretiminin birleştirildiği akuaponik sistemde su kalitesi özellikleri ve sistemin ekonomik analizi belirlenmiştir. Akauaponik gibi kapalı devre bir sistemde her yıl 22,680 kg alabalık yetiştiriciliği ile sistemin hidroponik kısmında marul ve fesleğenin yetiştirilmesinin ekonomiye katkı sağlayacağı bildirilmiştir. Diğer taraftan üretim sonunda balık çiftliklerinden bırakılan sudaki fosfor seviyesinin 0,1 mg L^{-1}'den daha az seviyelere kadar azaltılabileceğini belirtilmiştir.

Khiari *et al.* (2019), organik materyal bakımından zengin olan akuaponik balık üretim suyunda, heterotrofik ve nitrifikasyon bakterilerini kullanarak gerçekleştirilen aerobik dönüşüm prosesi için en uygun şartların belirlenmesini amaçlayan araştırmada üç farklı pH (5,5-6,0-6,5) derecesi, üç farklı sıcaklık (30, 35, 40°C) ve iki farklı (1-30 gün) sürede biyolojik artım prosesi ve kontrol olarak biyoreaktör (pH ayarlaması olmadan) karşılaştırılmıştır. Kontrol grubu dahil olmak üzere tüm pH değerlerinde su içerisindeki

organik maddelerin dönüşümü gerçekleşmiştir. Denemede üç farklı sıcaklık seviyesinde de nitrifikasyon reaksiyonları gözlenmemiştir. pH ve sıcaklık ayarlamalarının yapılmadığı kontrol grubu biyolojik filtrede ise amonyum nitrata oksitlenmiş ve nitrifikasyon biyokimyasal reaksiyonunun tamamlandığı tespit edilmiştir. Çalışmada 40°C sıcaklığın altındaki değerlerde nitrat gözlemlenirken, yüksek sıcaklıklarda nitrifikasyon reaksiyonunun gerçekleşmediği belirlenmiştir. Su içerisindeki katı organik maddelerin 35°C sıcaklıkta, pH 6,0 ve 6,5 değerinde 15 gün sürede biyolojik dönüşüme uğrayarak amonyum formuna (NH_4^+) dönüştüğü bildirilmişlerdir. Araştırıcılar, bu çalışma ile balık gübresi gibi su ürünleri katı atıklarının daha verimli işlenmesi için sıcaklık ve pH optimizasyonun önemini belirtmişlerdir.

Yen and Chou (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada su ıspanağı (*Ipomoea aquatic*) ve fesleğen *(Ocimum basilicum)* bitkisinin üretimi yapılan akuponik sistemlerde istiridye kabuğu ve seramik halkalardan oluşturulmuş biyolojik filtreler karşılaştırılmıştır. Deneme iki farklı filtre malzemesi ve iki farklı bitki türü ile dört kombinasyonlu olarak gerçekleştirilmiştir (İstiridye kabuğu + Su ıspanağı, İstiridye kabuğu + Fesleğen ve Seramik halka + Su ıspanağı, Seramik halka + Fesleğen). Araştırmada, istiridye kabuğunun biyofilm oluşumunda destekleyici katman oluşturduğu, suyun pH ve kalsiyum miktarını önemli ölçüde artırdığı ve bunun sonucunda iyi bir nitrifikasyon prosesinin gerçekleştiği belirlenmiştir. Araştırıcılar, istiridye kabuğu kullanılan akuaponik sistemdeki su kalitesinin seramik halka kullanılan akuaponik sistem ile karşılaştırıldığında daha iyi bir sonuç verdiğini açıklamışlardır.

2.6.2 Akuaponik sistemlerde bitkisel üretim üzerine yapılmış çalışmalar

Naegel (1977), hazırladığı akuaponik sistemde tilapia ve sazan balıkları ile domates *(Lycopersicon esculentum)* bitkisi ve marul *(Lactuca sativa)* bitkisi yetiştirmiştir. Aynı zamanda besin elementi eklenmeden, balık atık sularında, steril olmayan koşullarda tek hücreli alglerden, *Scenedesmus* spp. (green microalgae) yetiştirilebileceğini de belirtmiştir. Araştırmacı, artan insan popülasyonunun besin ihtiyacının karşılanmasında,

balık ve bitki yetiştiriciliğinin kombine edildiği akuaponik sistemin önemini vurgulamıştır.

Rakocy (1984), Rakocy *et al.* (1992), Rakocy (1994), Rakocy *et al.* (2006), Rakocy (2012) tarafından gerçekleştirilen araştırmalarda çeşitli sebze türlerini balık üretim havuzlarıyla entegre ederek oluşturdukları akuaponik sistemde önemli başarılar elde etmişlerdir. Akuaponik sistem içerisinde yağmur sularından da faydalanarak yılda 80 kg m^{-3} tilapia üretimi yapılabildiğini, ayda 42 marul m^{-2} ürün elde edildiğini ve bu bağlamda sistemden önemli bir kazanç elde edilebildiğini kaydetmişlerdir. Araştırıcılar tarafından, insektisid veya antibiyotik kullanılmadan üretim yapma olanağı sunan akuaponik sistemlerdeki sebze üretiminin organik tarım kapsamında yer alabileceği bildirilmiştir.

Rakocy (1995), akuaponik üretim modeliyle bitkiler tarafından gerçekleştirilen biyolojik filtrasyonun balık üretim sistemleri için istenen bir hedef olduğunu ve bu biyolojik filtrasyonun akuaponik sistemde doğal yoldan oluşturularak, filtrasyon sistemleri için gereken maliyetin önemli ölçüde azaltılacağını belirtmiştir.

Lennard and Leonard (2004) tarafından yetiştirme ortamı olarak çakıl taşı kullanarak hazırlanan akuaponik sistemde Morina balığı *(Maccullochella peelii peelii)* ile marul *(Lactuca sativa)* bitkisinin yetiştiriciliğinde, sürekli su akışına karşı, süreksiz su akışını karşılaştırarak hangisinin daha verimli olduğunu araştırılmışlardır. Denemenin sonunda, murray cod balığının her iki akuaponik sistemde de yem değerlendirme ve ağırlık kazancı bakımından aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Sürekli su akışı olan akuaponik sistem de ise marul bitkisinin daha iyi gelişim gösterdiği ve daha fazla biyokütle oluşturduğu belirlenmiştir.

Rakocy *et al.* (2004) tarafından tilapia *(Oreochromis niloticus)* balığı ve fesleğen *(Ocimum basilicum)* bitkisi ile hazırlanan akuaponik sistem, geleneksel üretim

yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Denemenin sonunda ortalama olarak yıllık tilapia üretimi 4,37 ton olarak belirlenmiştir ve fesleğen üretiminin akuaponik sistemde sürdürülebilir olduğu tespit edilmiştir.

Lennard and Leonard (2006**)** Morina balığı (*Maccullochella peelii peelii*) ile marul (*Lactuca sativa*) bitkisi kullanarak üç farklı hidroponik teknik olan ortam kültürü, derin su kültürü ve besleyici film teknikleri (NFT) arasındaki farklılıkları akuaponik sistem ile karşılaştırmışlardır. Balıkların tüm sistemlerde FCR (yem dönüşüm oranı) ve biyokütle kazançları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Marul gelişimleri ve verim bakımından uygulamalar arasındaki fark istatiksel olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada en etkin yöntem ortam kültüründe tespit edilmiştir. Nitrat ve fosfat giderimi, çözünmüş oksijen ve EC bakımından tüm uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Denemenin sonunda NFT sisteminin diğer sistemlere göre bir miktar daha az etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Tyson (2007) tarafından tilapia balığı, hıyar bitkisi *(Cucumis sativus)* ve yetiştirme ortamı olarak perliti kullanarak hazırlanan akuaponik sistemde, amonyağın biyolojik filtrasyonundaki uygun pH aralığının belirlenmesi araştırılmıştır. Denemede, yüksek pH değerinin özellikle bitkilerin balık gübresinden yararlanmasını azalttığı tespit edilmiştir. Denemenin sonunda, biyolojik filtrasyondaki bakterilerin üreyebilmesi ve hıyarların yetiştirilmesi için uygun pH aralığının 7,5-8,0 olduğunu bildirmiştir.

Al-Hafedh *et al.* (2008) akuaponik sistemde marul bitkisi ve nil tilapia balığı yetiştiriciliği üzerine yaptıkları çalışmalarında, farklı yemleme faktörünü de değerlendirmişlerdir. Deneme süresince toplam su miktarının % 1,4 oranında günlük olarak sisteme su ilave edilmiştir. Bitki yetiştirme alanının her bir metrekaresi için yetiştirilen marul miktarının 42 adet m^{-2}, maruldan 25-30 adet m^{-2} marul oranına düşürüldüğünde birim alandan daha çok fayda sağlanacağını ve daha kaliteli marul elde edilebileceğini rapor etmişlerdir. Deneme süresince tanklarda ortalama çözünmüş oksijen 5,5 mg L^{-1}; pH 8,0; NO_2-N 0,6 mg L^{-1}; NO_3-N 19,6 mg L^{-1} ve NH_3-N 1,3 mg L^{-1} olarak ölçülmüştür.

Graber and Junge (2009), domates *(Lycopersicon esculentum),* patlıcan *(Solanum melongena)*, hıyar (Cucumis sativus), tilapia *(Oreochromis niloticus)* balığı ve levrek *(Perca fluviatilis)* balığı yetiştiriciliği üzerine yaptığı araştırmada akuaponik sitem ile hidroponik sistemi karşılaştırmıştır. Akuaponik sistemde hasat edilen ürün miktarının hidroponik sistem ile karşılaştırıldığında birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın sonunda, balık tanklarından çıkan atık suların, bitki besin elementlerine dönüştürülmesi ve yetiştiricilikte kullanılması ile ekonomi ve çevre açısından önemli bir kazanç elde edileceği bildirilmiştir.

Pantanella *et al.* (2010), Tuscia Üniversitesi Araştırma Çiftliği'nde yürütülen denemede akuaponik ve hidroponik sistemde yetiştirilen marul (*Lactuca sativa,* L. integral) bitkisinin verimi kıyaslanmıştır. Hidroponik sistemde EC'si 1,7 dS m^{-1} ve pH değeri 5,5 olan besin çözeltisi kullanılmıştır. Akuaponik denemesinde ise tilapia *(Oreochromis niloticus)* balığı ile stoklanmış üç bağımsız 250 L'lik tanktan sağlanan balık atıkları besin çözeltisi olarak kullanılmıştır. Her balık tankı için bitki yoğunluğu m^2'de 20 bitki olacak şekilde 1,5 m^2 yüzen bitki platformu meydana getirilmiştir. Çalışmanın sonucunda hidroponik sistemden m^2'de 2,8 kg verim elde edilirken, akuaponik sistemde ise bu verim 2,7 kg olarak belirlenmiştir. Ayrıca, akuaponik sistemdeki marul bitkilerinin fosfor değerleri daha düşük olmasına rağmen kalsiyum, potasyum magnezyum ve sodyum değerleri hidroponik sisteme göre daha yüksek bulunmuştur.

Goodman (2011), akuaponik sistemler üzerine yaptığı ekonomik analizde, iyi bir planlama olmadan gerçekleştirilecek akuaponik yetiştiricilik sisteminin ekonomik olarak kazançlı olmadığını, fakat üretim yönetimi ve stratejilerinin geliştirilmesiyle bu sistemin ekonomik hale dönüşeceği vurgulamıştır. Özellikle, ilk kurum masraflarının yüksek olmasından dolayı yeni bir işletme kurmak yerine var olan bir işletmeye akuaponik sistemlerin eklenebileceği, bu şekilde yeniden su kaynağı, arazi vb. temel yatırım masraflarının ortadan kaldırılabileceği belirtilmiştir.

Gökvardar (2013) tarafından tatlı suya adapte edilen levrek *(Dicentrarchus labrax)* balığının akuaponik sistem için uygunluğu araştırılmıştır. Deneme bitkisi olarak marul *(Lactuca sativa)* seçilmiştir. Başlangıçtaki canlı ağırlıkları ortalama 27,9 g olan levrekler 100 gün sonunda 44 g canlı ağırlığa ulaşmıştır. Marul bitkisi ise hasat olgunluğuna gelmiştir. Araştırmanın sonunda, levrek türünün akuaponik sistemler için uygun bir tür olduğu belirlenmiştir.

Liang and Chien (2013), kırmızı tilapia (*Oreochromis* sp.) balığı ile akuaponik sistemde su ıspanağı *(Ipomoea aquatica)* bitkisi yetiştiriciliğini araştırmışlardır. Denemede ayrıca 24 saat ve 12 saat olmak üzere iki farklı aydınlatma etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, su kalitesinin güvenli sınırlarda bulunduğu belirlenmiş, yaprak transpirasyonundan ve 4 hafta içindeki buharlaşmadan dolayı oluşan su kaybı % 3,3 oranında hesaplanmıştır. Balık ölümü gerçekleşmemiştir. Genel olarak ortalama ağırlık kazancı balıklar için % 43,9 ve bitki için de %169 hesaplanmıştır. Diğer taraftan ise 24 saat aydınlık olan uygulamada, 12 saat aydınlık olan uygulamaya göre % 2,4 oranında daha fazla balık büyümesi ve bitki büyümesi bakımından ise % 12'lik bir artış belirlenmiştir.

Shete *et al.* (2013) tarafından Japon (*Carassius auratus* L. 1758) balığı ve ıspanak (*Spinacia oleracea)* bitkisi ile akuaponik sistemde su devir daimî periyodunun optimizasyonunda 4 farklı grupta günlük 4, 8, 12 ve 24 saatlik su sirkülasyonu denemesi gerçekleştirilmiştir. En yüksek balık ve bitki gelişimi 12 ve 24 saatlik su döngülerinde tespit edilmiştir. Balıklarda ortalama canlı ağırlık en yüksek 24 saatlik su döngüsünde belirlenmiştir. Bütün gruplarda yaşama oranının %100 olduğu kaydedilmiştir. Spesifik büyüme oranı yüksek 24 saatlik grupta bulunmasına rağmen 12 saatlik grupla karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Araştırma sonucunda, balıkların büyüme parametreleri ve su kalitesi göz önüne alındığında, Japon balığının akuaponik sistemde ekonomik verimliliği bakımından su döngüsünün optimum olması için günlük 12 saat yapılmasının yeterli olabileceği hesaplanmıştır.

Hussain *et al.* (2014) tarafından, koi *(Cyprinus carpio)* balığı yetiştiriciliğinde farklı stoklama oranlarının, akuaponik ve hidroponik sistemlerde üretilen ıspanak *(Spinacia oleracea)* bitkisi üzerine yaptıkları çalışmalarında; akuaponik sistemde ıspanak yetiştiriciliği için koi balığı stoklama oranının 1,4 kg m^{-3} ve bitki stoklama oranının 28 bitki m^{-2} olması gerektiği belirtilmiştir. Çalışma sonunda, akuaponik sistemde balıkların aldıkları yemleri daha iyi değerlendirdiği, canlı ağırlık artışının daha fazla olduğunu ve daha çok günlük ağırlık kazandığı hesaplanmıştır.

Adiloğlu vd. (2015) gerçekleştirdikleri çalışmada artan dozdaki balık atığı ve solucan gübresinin kıvırcık salata (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) bitkisinin verim ve bazı bitki besin elementleri içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Denemede balık gübresi Tilapia *(Oreochromis niloticus)* türü balıktan elde edilmiştir. Dikimden 30 gün sonra hasadı gerçekleştirilen kıvırcık salata bitkisinin; yaş ağırlık, bitki boyu, bitki çapı, yaprak sayısı, yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, kuru ağırlığı ve N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn bitki besin elementleri içeriği belirlenmiştir.

Hu *et al.* (2015), domates *(Lycopersicon esculentum)* bitkisi ve lahanagillerle aynı grupta yer alan Çin'e özgü bir sebze türü olan pak choi (*Brassica campestris* L. subsp. chinensis) bitkisinin akuaponik sistemlerde azot dönüşümlerine etkisini inceleyip karşılaştırmışlardır. Denemenin sonucunda, domates ve pak choi tabanlı akuaponik sistemlerin azot kullanım verimlerinin (NUE) sırasıyla % 41,3 ve % 34,4 olduğu tespit edilmiştir. Domates tabanlı akuaponik sistemde nitrifikasyon yapan bakterilerin sayısı, domates bitkisinin daha fazla kök yüzey alanına sahip olması nedeniyle, pak choi tabanlı akuaponik sisteme göre 4,2 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca domates tabanlı akuaponik sistemin, pak choi tabanlı sisteme göre daha iyi su kalitesine sahip olduğu belirtilmiştir.

Keskinbalta vd. (2015)'in laboratuvar ortamında kurdukları modern akuaponik sistemde deneme materyali olarak Japon balığı (*Carassius auratus* L. 1758) ve arpa bitkisi (*Hordeum vulgare* L.) kullanılmıştır. Araştırmada arpa bitkisinin, akvaryum suyun nitrit

(NO_2^-), nitrat (NO_3^-) ve fosfat (PO_4^-) değerlerinde gerçekleştirdiği etki ve balıkların gelişimi üzerindeki tepkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneme süresi olan 30 gün boyunca günlük olarak pH, sıcaklık ve oksijen değerleri kaydedilmiştir. Haftalık olarak ise yetiştirme ortamına giren ve bitkiden süzülen suda NO_2^-, NO_3^-ve PO_4^- ölçülerek kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, NO_2^- miktarının kontrol grubuna göre % 90 daha az, nitrat miktarının kontrol grubuna göre % 68,20 oranında daha fazla ve fosfat değerinin ise kontrol grubuna göre % 61,86 daha az olduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan akuaponik sistemdeki balıkların ağırlıkça büyüme oranının kontrol grubuna göre daha fazla olduğu tespit kaydedilmiştir. Araştırıcılar denemenin sonucunda akuaponik sistemde kullanılan arpa bitkisinin Japon balığı üretimi sırasında oluşan ara ürünleri kullanarak su kalitesini iyileştirdiğini belirlemişlerdir.

Khater *et al.* (2015) tarafından hazırlanan akuaponik sistemin atığının domates *(Lycopersicon esculentum)* yetiştiriciliği için sistemin debisine bağlı olarak bitki besin maddesi bağlamında ne ölçüde yeterli olduğu araştırılmıştır. Vejetatif periyodunun sonunda atık suyun debisinin 4,0 L h^{-1} ten 6,0 L h^{-1}'e yükseltilmesinin, bitki kökleri ve gövdesi değerlerini sırasıyla 50,33 cm'den 55,33 cm'ye 149,33 cm'den 191,33 cm'ye artırdığı tespit edilmiştir. Debinin 4 L h^{-1} ten 6,0 L h^{-1} yükseltilmesiyle gövdenin yaş ve kuru ağırlıklarının da arttığı belirlenmiş (sırasıyla 998,01 g'dan 1372,10 g'a ve 83,71 g'dan 275,09 g'a). Debi artışı ile kökün yaş ve kuru ağırlıkları da artış göstermiştir (sırasıyla 388,07 g'dan 423,91 g'a ve 30,37 g'dan 38,98 g'a). Yine debi artışı ile bitki verimi, meyvelerin ağırlığı, meyve sayısı ve su kullanımı verimi artmıştır (sırasıyla 1,06 kg $bitki^{-1}$ den 1,37 kg $bitki^{-1}$; 75,07g'dan 81,32 g'a; 14,12'den 16,85'e; 5,54 kg m^{-3}'den 7, kg m^{-3}'e). Denemeden elde edilen sonuçlara göre, suyun akış hızının artması ile besin tüketiminin arttığı ve akuaponik sistemde domates yetiştiriciliği için suyun debisinin önemli olduğu vurgulanmıştır.

Medina *et al*. (2015) yaptıkları çalışmada, mavi tilapia *(Oreochromis aureus)* balığı ile akuaponik sistemde horozibiği *(Amaranthus tricolor)* süs bitkisinin yetiştiriciliğini 60 gün boyunca araştırmışlardır. Bu kapsamda balıklara verilen yem, balık unu bazlı

kontrol yemleri, bitki bazlı alternatif yemlerden daha yüksek ham protein (%40) ve fosfor (%1,12) içermiştir. Alternatif yem, deney boyunca balık tanklarının suyunda önemli ölçüde daha düşük konsantrasyonlarda nitrat-N (NO_3-N) ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) sağlamıştır. Ortofosfat (PO_4-P), toplam amonyak (NH_3-N), pH ve çözünmüş oksijen seviyeleri bakımından kontrol ve alternatif yem uygulamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ekonomik analiz sonucuna göre ise, bitki bazlı, daha düşük proteinli yemden sağlanan horozibiği yetiştiriciliğinin azalmış balık üretimine rağmen potansiyel olarak toplam akuaponik çiftlik gelirini artırabileceğini belirlenmiştir.

Wahyuningsih *et al.* (2015) hazırladıkları akuaponik sistemde akuakültür kaynaklı azot atığı miktarını azaltmayı hedeflemişlerdir. Araştırmanın sonucunda, tilapia *(Oreochromis niloticus)* balığı, marul *(Lactuca sativa)* bitkisi ve bakteri entegrasyonunun inorganik azotu en etkin bir biçimde azaltabileceği belirlenmiştir.

Adiloğlu vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışma, artan dozlardaki (0 g m^{-2}, 50 g m^{-2}, 110 g m^{-2}, 150 g m^{-2}) balık gübresi (akuakültür atığı) uygulamasının kıvırcık salata (*Lactuca sativa* L. var. crispa) bitkisinin gelişimine, makro ve mikro bitki besin elementleri içeriği üzerine etkisini belirlemek amacı ile yürütülmüştür. Denemede, kıvırcık salata yetiştiriciliğinde organik gübre olarak tatlı su akvaryumundan alınan balık gübresi suyu azaltılarak uygulanmıştır. Elde edilen verilere göre artan dozlardaki balık gübresinin kıvırcık salata bitkisinin P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri kontrole göre genellikle artış göstermiştir. Fakat bu durum istatiksel olarak önemli bulunmamıştır ve bunun en önemli sebebi deneme süresinin 30 gün gibi kısa bir süre olması gösterilmiştir. Doz ayarlaması yapıldıktan sonra özellikle sera yetiştiriciliğinde kullanılabilecek organik gübrelere bir alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Eltez ve Taşkavak (2016) tarafından akuaponik sistemde balık yemleme oranlarını araştırmak amacı ile besleyici film tekniği şeklinde dizayn edilen kapalı devre

akuaponik sistemde ot sazanı *(Ctenopharyngodon idella Valenciennes)* balığı ve marul *(Lactuca sativa)* bitkisi yetiştiriciliği gerçekleştirilmiştir. İki farklı yemleme oranından ağırlığın %3'ü olarak gerçekleştirilen yemlemenin %4'e göre daha uygun olduğu hesaplanmıştır.

Lastiri *et al.* (2016) gerçekleştirdikleri matematiksel modellemeye dayalı akuaponik sisteminde 40 m^3 balık tankları ve 1000 m^2'lik bitki yetiştirme alanı ile yıllık 5 ton tilapia *(Oreochromis niloticus)* ve 75 ton domates *(Lycopersicon esculentum)* bitkisi üretilmektedir. Sistemin su döngüsü, ışıklandırma ve ısıtma gibi enerji giderleri için yıllık enerji ihtiyacı 1,3 GJ m^{-2} olarak hesaplanmıştır. Araştırmanın sonunda, kurulan akuaponik sistemde balıkların, bitkiler için gerekli azotun %26'sını karşılayabildiği belirlenirken diğer taraftan bitkilerde balık tanklarındaki NO_3 seviyesini %35 oranında düşürdüğü saptanmıştır.

Sreejariya *et al.* (2016) hazırladıkları akuaponik sistemde kırmızı tilapia (*Oreochromis* sp.) balığı ile marul (*Lactuca sativa*) bitkisinin gelişimine üç farklı su devridaim süresini [(gündüz (07.00- 18.00 saatleri arası), gece (18.00- 07.00 saatleri arası) ve 24 saat kontrol)] ve 3 farklı gölgelemenin (% 30, %60 ve kontrol) etkisini araştırmışlardır. Denemenin sonunda suyun sirkülasyon süresinin marul gelişimini etkilemediği gözlemlenmiştir. Bu durum işletme maliyetini azaltarak akuaponik sistemlerin kârlılığını artırma olanağı sunmaktadır. Diğer taraftan en yüksek marul verimi %30 oranındaki gölgelemede en düşük marul verimi ise %60'lık gölgeleme de belirlenmiştir.

Ödün (2016), koi *(Cyprinus carpio)* balığı ve hıyar *(Cucumis sativus)* ile kurduğu akuaponik sistemi, hidroponik sistem ile karşılaştırmıştır. Ortalama canlı ağırlığı 11,3 g olan koi balıklarına ad-libitum (yem alımı kesilinceye kadar yemleme) yemleme yapılmıştır. Hidroponik sistemde ise hıyar fidelerine günde 2 defa besin solüsyonu uygulanmıştır. Araştırmanın sonunda kontrol ve akuaponik grubundaki koi balıklarında büyüme oranları, yem değerlendirme ve yaşama oranları bakımından aralarında istatistiksel bir fark bulunmadığı belirlenmiştir. Diğer taraftan ise hidroponik sisteme

göre akuaponik sistemde hasat edilen hıyarların daha düşük ağırlıklara sahip olduğu ölçülmüştür.

Özen and Çiçek Atikmen (2018), yaptıkları çalışmada akuaponiği sürdürülebilir, yenilikçi bir tarım teknolojisi olarak tanımlamıştır ve Türkiye'de potansiyel kullanımını değerlendirmişlerdir. Ayrıca bu üretim şeklinin gıda ve tarım güvenliğini sağlamada ve özellikle kuraklığın ve su sıkıntısının yaşandığı kurak ve yarı kurak bölgelerde iklim değişikliği ile mücadelede önemli avantajlar sağlayacağını belirtmişlerdir. Akuaponik sistemin geleneksel tarım üretimi ve hidroponik sistemlere göre avantajlar ve dezavantajlarını tartışmışlardır. Gübre kullanımının azalması, aynı anda iki ürünün yetiştirilmesi, üretimde daha az suyun kullanılması bu üretim sisteminin öne çıkan avantajlarıdır. Dünyada özellikle Amerika ve Avustralya'da akuaponik ile ilgili çalışmalar 1970'lerden itibaren yapılırken ülkemizde bu konuda yapılan çalışmaların henüz başlangıç aşamasında olduğunu belirtmişlerdir.

Çiçek Atikmen *et al.* (2018b) yaptıkları çalışmada Türkiye'de su ürünleri üretimi için meydana gelen kirliliğin azaltılmasında (ötrofikasyon), akuaponik sistemlerin sürdürülebilir ve çevre dostu bir uygulama olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Yaptıkları GZFT (SWOT) analizine göre, daha az su kullanılması, çıkan atık suların su kaynaklarına verilmemesi, yeni ve gelişen bir sistem olması bu tekniğin olumlu yanları iken tüketicilerin bu teknikle yetişen balıklara olan ilgilerinin bilinmemesi, yeterli teknik personel ve deneyimin bulunmaması ise sistemin olumsuz yanları olarak belirtilmiştir. Türkiye'de bu sistemin başlangıç aşamasında olduğu ve ilerde önemli bir sektör haline geleceği yapılan çalışmada belirtilmiştir.

Çiçek Atikmen *et al.* (2018c) yaptıkları çalışmada literatüre dayalı olarak üretim amacına göre en uygun akuaponik sistemi seçmek için bir rehber hazırlamışlardır. Ticari sera üretimi için derin su kültürü yöntemi maksimum yer sağlamasının yanında su kalitesi ve balık sağlığı açısından da önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu sistem özellikle hızlı yetişen ve düşük besin ihtiyacı olan ürünler için avantajlıdır. NFT (Besleyici film tekniği yöntemi), bitkilerin uzun ve dar kanallarda yetiştiği ve bitki

köklerine sürekli su, besin ve oksijen sağlandığı bir sistemdir. Çilek gibi az bakım isteyen bitkiler için bu sistem idealdir. Ortam kültürü yöntemi ise bitkiler için perlit, taş gibi yetiştirme ortamlarında tank içinde üretilir. Periyodik olarak bu bitki yatağı balık tankından gelen su ile beslenir. Bu sistem işletmesi en kolay, kurma ve işletme maliyeti en düşük olan sistemdir. Bu sistem daha çok hobi amaçlı üretim için kullanılmaktadır. Sonuç olarak araştırıcılar üreticilerin akuaponik sisteme başlamadan önce dizayn aşamasında tercihlerini doğru yapmalarının üretim başarılarını doğrudan etkileyeceğini belirtmişlerdir.

Çiçek Atikmen and Özen (2018a) yaptıkları çalışmada gelişmekte olan ülkeler için akuaponik sistemlerin sürdürülebilir, çevre dostu ve ekonomik bir sistem olarak kullanılabileceğini önermişlerdir. Araştırmacılar, daha az su kullanılması, gübre kullanılmaması, topraklı tarımda meydana gelen sorunların bu sistemde yaşanmaması, çevreye atık su vermemesi, aynı anda iki farklı ürün elde edilebilmesi, gıda güvenliğini sağlaması, istihdam sağlaması ile gelişmekte olan ülkelerde akuaponiğin rahatlıkla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Çiçek Atikmen and Özen (2018b) yaptıkları çalışmada marul bitkisi ve japon balıklarını birarada yetiştiği küçük ölçekli derin su kültürü akuaponik sistemde 30 gün içerisinde su kalitesinin nasıl değiştiğini araştırmışlardır. Sonuç olarak akuaponik sistemde kontrol akvaryumuna göre çözünmüş oksijen miktarının daha yüksek, bulanıklığın daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca kontrol akvaryumunda alg gelişiminin daha hızlı olduğu ve balık ölümlerinin gerçekleştiğini tespit etmişlerdir.

Çiçek Atikmen and Özen (2018c) yaptıkları çalışmada marul bitkisi ve japon balıklarını birarada yetiştiği küçük ölçekli derin su kültürü akuaponik sistemde, geleneksel toprak yetiştiriciliğinde ve hidroponik sistemde yetişen marul bitkilerinin gelişimlerini karşılaştırmıştır. Toplam ürün verimi, kuru kök ağırlığı ile kök gelişimi en fazla geleneksel toprakta yetiştiricilikte bulunmuştur. Ayrıca ölçülen parametreler bir arada değerlendirildiğinde akuaponik sistemin hidroponik sistemden daha iyi sonuçlar verdiği de anlaşılmıştır.

Çiçek Atikmen *et al.* (2019a) Brokoli ve japon balıklarının bulunduğu küçük ölçekli ortam kültürü yönteminin uygulandığı bir akuaponik sistemde su kalitesinin nasıl değiştiğini anlamak için 48 gün süren bir deney gerçekleştirmişlerdir. Kontrol grubuna göre akuaponik sistemde su sıcaklığı daha fazla iken pH daha düşük olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sistemin brokoli gelişimi için de uygun olduğu belirlenmiştir.

Çiçek Atikmen *et al.* (2019b) yaptıklara üç farklı çalışmaya (Marul-Japon Balığı, derin su kültürü yöntemi; Brokoli-Japon Balığı ortam kültürü yöntemi; Fesleğen-Japon Balığı, derin su kültürü yöntemi) dayanarak akuaponik sistemlerde balık sağlığı için önerilerde bulunmuşlardır. Balık sayısı, balık yemleme miktarı ve gün içinde yem verme sayısı, küçük ve farklı yemlerin verilmesi su kalitesini ve balık sağlığını etkilemektedir. Derin su kültürü yöntemi gölgeleme nedeni ile balıkların renginin solmasına yol açarken, ortam kültürü yöntemi akvaryumun doğrudan güneş ışığına maruz kalması alg miktarını arttırmaktadır. Balık sayısının iki katına çıkması balık ölümlerine neden olurken su kalitesinin daha hızlı bozulmasına yol açmıştır. Yine dış filtrenin süzme kapasitesinin azalması alg artışına ve su kalitesinin düşmesine neden olmuştur. Ayrıca otomatik filtre motorlarının kullanılması harcanan emek ve zamanın azalmasını sağlamıştır.

Türker (2018), modern ve sürdürülebilir üretim tekniklerinden biri olan akuaponik sistemde farklı dönemlerde yetiştirilen bitkilerinin su kalitesi üzerine etkilerini incelemiştir. Hazırlanan akuaponik üretim sisteminde koi (*Cyprinus carpio* var.) balık türü kullanılmıştır. Çalışmada marul (*Lactuca sativa* var.) ve çilek (*Fragaria* sp.) deneme bitkileri olarak seçilmiştir. Bitkilerin makro bitki besin elementleri değerleri ve değişim oranları, bitkilerin su kalitesi parametreleri üzerine etkileri ve bitki ve balıkların büyüme performansı izlenmiştir. Balık ve bitki üretim üniteleri ve filtreleme ünitelerinden oluşan akuaponik üretim sistemde yapılan çalışmada makro bitki besin elementlerinin sistemden giderilme oranları marul uygulamasında fosfat için %42,95 ve nitrat için %55,45 ve çilek uygulamasında ise fosfat için %35,49 ve nitrat için %46,36 olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucundan elde edilen verilere göre marul ile yapılan denemede, genel olarak makro besinlerin balık yetiştirme ortamlarından giderilmesi

çilek ile yapılan denemelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda akuaponik üretim sistemleri içinde balık yetiştirme ortamındaki artan besin maddelerinin başka bir ürüne çevirerek gidermesi ve uygun su kalitesi sağlaması açısından sürdürülebilir bir teknik olduğu belirtilmiştir.

Finizola and Passel (2020) Aquaponova adlı projede, akuaponik sistemlerin Brezilya'nın yarı kurak bölgelerindeki gıda güvensizliğini azaltıp azaltamayacağını ve faydalanıcılar için gelir üretip üretemeyeceğini araştırmışlardır. Projede akuaponik sistem; bahçecilik, hidroponik ve su ürünleri yetiştiriciliğine dayalı gıda üretmenin potansiyel olarak sürdürülebilir bir yolu olarak açıklanmış ve dar gelirli gruplar için tasarlanmıştır. Sonuçlar, akuaponik sistemlerin büyük bir potansiyele sahip olduğunu ve faydalanıcılar için gelir üretirken yarı kurak bölgelerde gıda güvensizliğini azaltabildiğini göstermektedir. Sistem, tahmini toplam üretimin sadece %40'ını üretse bile, yarı kurak bölgeler için önemli olacağı açıklanmıştır. Bununla birlikte, düşük işgücü maliyeti, bu olumlu sonuçların elde edilmesi için önemli bir faktör olacağı tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

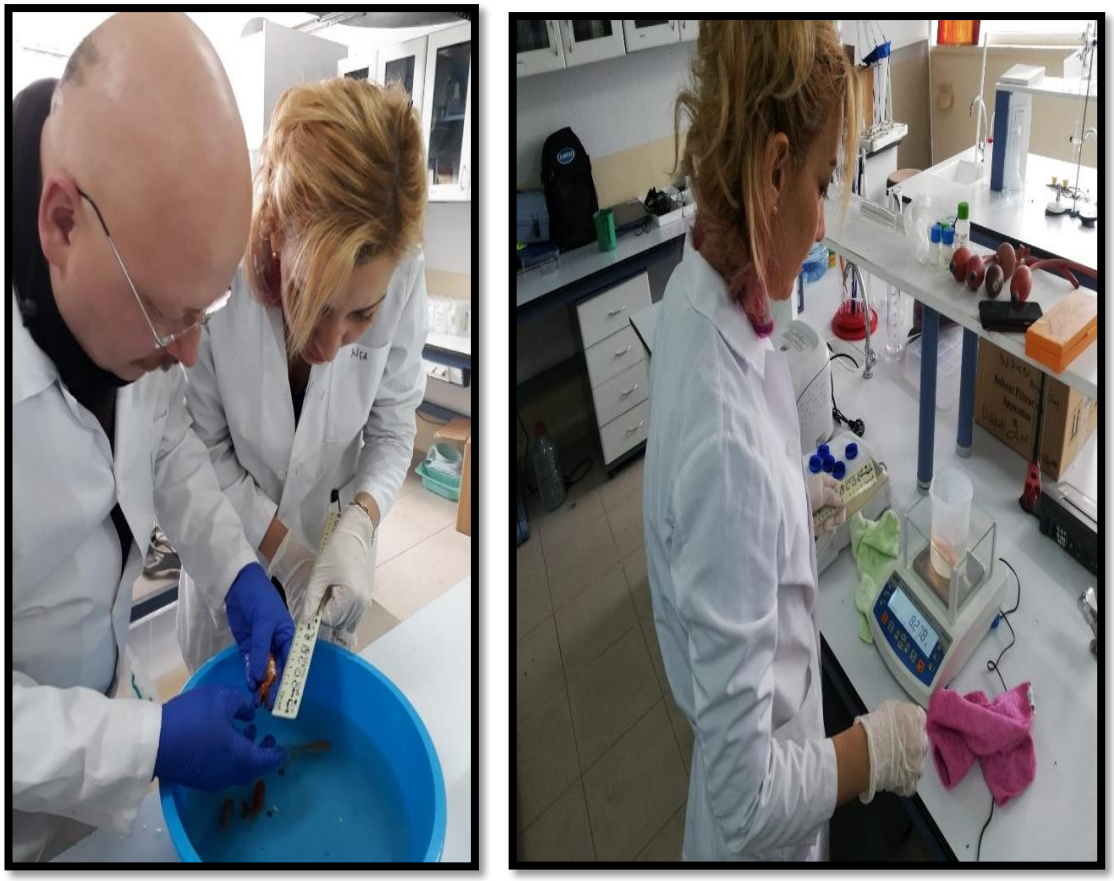
3.1.1 Denemede kullanılan balık türü

Japon balıklarının (*Carassius auratus* L.) süs balığı olarak kullanımı çok eski dönemlere dayanmaktadır. Hatta Çin`de M.Ö. 2000 yıllarında havuzlarda süs amaçlı barındırıldıkları konusunda tarihi bilgiler vardır (Alpbaz 1990). Japon balıkları vücut yapıları ve beyazdan kırmızıya kadar değişen renkleri ile akvaryum balıkları içerisinde en fazla ilgi çeken tüm dünyaya yayılmış bir türdür (Şekil 3.1). Buna bağlı olarak da süs balığı olduğu halde bu türün üzerinde çok fazla durulmaktadır. Güzel yapıları yanında, bakımlarının birçok türe göre daha kolay olması da ilgiyi arttırmaktadır. Japon balıkları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda çeşitli varyeteler geliştirilmiştir. Varyetelere özgü olan özelliklerin; vücut şekli ve rengine göre oluşturulduğu bilinmektedir. Örneğin, vücut şekli bakımından aslan baş, buffalo, vatanai, teleskop ve saçak kuyruk gibi farklı varyeteler geliştirilmiştir. (Hekimoğlu 2005).



Şekil 3.1 Denemede kullanılan japon balıkları

Bu çalışmada, akuaponik sistemlerde kullanılan ve önemli bir ticari değeri olan japon (*Carassius auratus* L.) balığı kullanılmıştır. Japon balıkları, ağırlıkları ve boyları yaklaşık olarak aynı olacak şekilde yerel bir akvaryumcudan temin edilmiştir. Denemenin kurumu sırasında balıkların boy ve ağırlıkları ölçümleri kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.2). Denemede kullanılan balıkların boylarının ortalaması 7,88 cm, ağırlıklarının ortalaması ise 7.78 g olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.2 Denemede kullanılan balıkların boy ve ağırlık ölçümleri

3.1.2 Deneme bitkisi

Bu çalışmada, kışlık sebzeler arasında son yıllarda üretimi ve tüketimi hızla artan bir lahanagil sebzesi olan brokoli (*Brassica oleraceae* L.) deneme bitkisi olarak kullanılmıştır. Brokoli fideleri üç yapraklı olarak özel bir seradan temin edilmiştir. Brokoli bitkisinin bilimsel sınıflandırılması aşağıdaki gibidir.

- **Âlem :** Plantae
- **Bölüm :** Magnoliophyta
- **Sınıf :** Magnoliopsida
- **Takım :** Brassicales
- **Familya :** Brassicaceae
- **Cins :** Brassica
- **Tür :** Boleracea
- **Kültür Grubu :** *Brassica oleracea* var. Italica

Brokoli bitkisi, orta verimli, yüksek su tutma kapasitesine sahip, iyi drene edilmiş, pH 6,0-7,0 arasında, hafif bünyeli kumlu tınlı ve nemli topraklarda iyi yetişir (Balkaya 2011).

3.1.3 Geleneksel toprak yetiştiriciliğinin deney setinin hazırlanması

Denemede, geleneksel yetiştiriciliği temsil etmek üzere hazırlanan toprak için brokoli fideleri 12 L toprak alabilen drenaj delikleri kapalı uzun dikdörtgen saksılara her bir saksıya 6 adet olacak şekilde şaşırtılmıştır. Fideler şaşırtılmadan önce toprağa temel gübreleme olarak 100 ppm N (NH_4NO_3 kimyasalından) 125 ppm P ve 100 ppm K (KH_2PO_4 kimyasalından) uygulanmıştır. Deneme toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analizler	Toprak	Analizler	Toprak
pH	7,20	Alınabilir Ca (mg kg^{-1})	9850
EC (µS/cm)	240	Alınabilir Mg (mg kg^{-1})	678
Kireç (%)	11,23	Bitkiye Yarayışlı Fe (mg kg^{-1})	5,28
Toplam N (%)	0,220	Bitkiye Yarayışlı Zn (mg kg^{-1})	0,96
Alınabilir P (mg kg^{-1})	3,2	Bitkiye Yarayışlı Cu (mg kg^{-1})	0,91
Alınabilir K (mg kg^{-1})	410	Bitkiye Yarayışlı Mn (mg kg^{-1})	4,18

3.1.4 Akuaponik sistemin deney setinin hazırlanması

Çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Ballıca Kampüsünde Hidroekoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Brokoli için optimun ışık isteği ve ışıklanma süresi otomatik led lambalı düzenek ile sağlanmıştır (16 saat gündüz/aydınlık 8 saat gece/karanlık).

Akuaponik sistem için 80 L'lik polietilen su tankları kullanılmıştır. Ayrıca su kalitesini belirleyebilmek ve su kalitesi açısından kontrol grubu olması için 80 L'lik başka bir su tankı bitkisiz olarak hazırlanmıştır. Her bir su tankında toplam 20 adet Japon balığı stoklanmıştır. Bitki yetiştirme ortamı olarak su tankların üzerine 12 L'lik plastik saksılara pomza ilave edilmiştir. Brokoli fideleri 12 L pomza taşı alabilen uzun dikdörtgen saksılara her bir saksıda 6 bitki olacak şekilde şaşırtılmıştır (Şekil 3.3 –Şekil 3.6). Laboratuvar ortamında 48 gün boyunca yürütülen denemenin uygulamaları ve planı Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.3 Denemenin kurulum hazırlıkları



Şekil 3.4 Akuaponik sistemin kurulum aşaması



Şekil 3.5 Akuponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği deney seti



Şekil 3.6 Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinden bir görüntü

Çizelge 3.2 Çalışmada gerçekleştirilecek uygulamalar ve deneme planı

Uygulamalar	**Fide Numaraları**					
Akuaponik Sistem Kontrol (bitkisiz)						
1.Toprak Ortamında brokoli fideleri	1	2	3	4	5	6
2.Toprak Ortamında brokoli fideleri	7	8	9	10	11	12
1.1 Akuaponik Sistem brokoli fideleri	37	38	39	40	41	42
1.2 Akuaponik Sistem brokoli fideleri	43	44	45	46	47	48
3. Toprak Ortamında brokoli fideleri	13	14	15	16	17	18
4. Toprak Ortamında brokoli fideleri	19	20	21	22	23	24
2.1 Akuaponik Sistem brokoli fideleri	49	50	51	52	53	54
2.2 Akuaponik Sistem brokoli fideleri	55	56	57	58	59	60
5. Toprak Ortamında brokoli fideleri	25	26	27	28	29	30
6. Toprak Ortamında brokoli fideleri	31	32	33	34	35	36
3.1 Akuaponik Sistem brokoli fideleri	61	62	63	64	65	66
3.2 Akuaponik Sistem brokoli fideleri	67	68	69	70	71	72

3.2 Yöntem

3.2.1 Brokoli fidesinde yapılan fenolojik gözlemler ve ölçülen kalite parametreleri

Deneme süresince günlük olarak brokoli fidesinin gelişimlerinde ortaya çıkan değişimler sürekli izlenmiş ve çeşitli resimler çekilmiştir. Brokoli bitkisinin, fide çapı ve bitki boyu (Kütük vd. 1998) aşağıda açıklandığı şekilde belirlenmiştir.

3.2.1.1 Gövde çapının belirlenmesi

Deneme hasat edilmeden önce fidelerin kök boğazının üstünden, sap kalınlığı kumpas yardımı ile kuzey-güney ve doğu-batı olacak şekilde iki farklı yönde (± 0,1 mm) ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.1.2 Fide boyunun belirlenmesi

Her saksıdaki ortam yüzeyinden itibaren bitkide belirlenen en yüksek noktanın cetvel ile ölçülmesiyle (± 0,5 cm) saptanmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Fide boyunun belirlenmesi

3.2.2 Brokoli fidelerin hasat edilmesi ve analizlere hazırlanması

Fideler denemenin kurumundan 48 gün sonra 17.12.2019 tarihinde makas ile saksı yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir. Yaş fide ağırlığı hassas terazide belirlendikten sonra bitkiler 2 kez çeşme suyu, 1 kez redestile su ile yıkanmış, aşırı suyun uzaklaşması için bir süre kaba filtre kağıtları üzerinde bekletilmişlerdir. Daha sonra fideler kese kağıtların içinde 65-70 °C'de hava dolaşımlı kurutma fırınında durağan ağırlığa gelene kadar kurutulmuşlardır. Kurutma işleminden sonra yaprak örnekleri öğütülmek üzere ayrı plastik kaplarda saklanmışlardır.

3.2.2.1 Fide yaş ağırlığının belirlenmesi

Deneme hasat edildikten sonra her bir saksıdaki fidelerin zaman yitirilmeden hassas terazide tartılmasıyla belirlenmiştir.

3.2.2.2 Fide kuru ağırlığının belirlenmesi

Kurutma fırınından (65-70 °C) çıkan kuru bitki örneklerinin zaman geçirilmeden hassas terazide tartılmasıyla belirlenmiştir.

3.2.2.3 Fide kök uzunluğunun belirlenmesi

Deneme hasat edildikten sonra her bir saksıdaki bitki köklerinin su yardımıyla temizlenip cetvel ile ölçülmesiyle (± 0,5 cm) belirlenmiştir.

3.2.2.4 Fide kök yaş ağırlığının belirlenmesi

Su ile temizlenen fide köklerinin kaba filtre kağıtları üzerinde kuruması sağlandıktan sonra zaman kaybetmeden tartılmasıyla belirlenmiştir.

3.2.2.5 Fide kök kuru ağırlığının belirlenmesi

Kurutma fırınından (65-70 °C) çıkan kuru fide köklerinin zaman geçirilmeden tartılmasıyla belirlenmiştir.

3.2.3 Brokoli fidesinde yapılan bitki analizleri

3.2.3.1 Yaprak örneklerinin yakılması

Kurutulup öğütülen yaprak örnekleri yüksek ısıya dayanaklı porselen krozelerde Kacar ve İnal (2008) tarafından belirtilen ilkeler doğrultusunda 500±50 °C'de kül fırınında yakılmıştır. Krozeler içindeki yanmış örneklerin üzerine 2 mL 10 N HNO_3 ilave edilerek ısıtıcılı plaka üzerinde hafifçe ısıtma yapılarak mineral maddelerin çözünmesi sağlanmıştır. Örnekler cam ölçü balonlarına redestile su ile yıkanarak boşaltılmış ve derecesine tamamlanmıştır. Ölçü balonu içindeki çözeltiler mavi bantlı ince filtre kağıdından plastik ekstrakt kaplarına süzülmüş ve analizlere kadar buzdolabında (4 °C) saklanmıştır (Şekil 3.8-Şekil 3.10).

3.2.3.2 Toplam azotun belirlenmesi

Toplam azot, Kacar ve İnal (2008) tarafından açıklandığı şekilde kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir.

3.2.3.3 Toplam fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt, sodyum, demir, çinko, mangan, bakır ve bor

Toplam fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt, sodyum, demir, çinko, mangan, bakır ve bor kuru yakma sonucu elde edilen ekstraktlardan Kacar ve İnal

(2008) tarafından belirtilen ilkeler doğrultusunda, Perkin Elmer Optima 2100 marka ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir.



Şekil 3.8 Örneklerinin öğütülmesi



Şekil 3.9 Kül fırınından çıkan yanmış örnekler



Şekil 3.10 Örneklerden elde edilen ekstraktların süzülmesi

3.2.4 İstatistiksel analizler

Denemede elde edilen parametreler açısından fark olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiştir ve gruplar arasındaki kıyaslama Tukey çoklu karşılaştırma analizi ile yapılmıştır. Bitkilerdeki kalite ve gelişim analizleri için SAS, su kalitesi analizleri için ise Minitab 18 proğramı kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Akuaponik Sistem ile Geleneksel Toprak Yetiştiriciliğinin Brokoli Fidesinin Fenolojik Özelliklerine Etkisi

4.1.1 Fide gövde çapı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin fide gövde çapı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 1'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de ve fide çaplarına ait ortalamalar Çizelge 4.2'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin gövde çapları üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

Çizelge 4.1 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin gövde çaplarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	*P*
Genel	11	0.15749167	-	14.00**	0.0038**
Uygulama	1	0.09187500	0.09187500		
Hata	10	0.06561667	0.00656167		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin ortalama gövde çapları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre fide gövde çapını artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Brokoli fidesinin gövde çaplarına etkisi

Uygulamalar	Fide Gövde Çapı (cm)
Akuaponik Sistem	1.277 a[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	1.104 b

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.1.2 Fide boyu üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin fide boyu üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 2'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'te ve fide çaplarına ait ortalamalar Çizelge 4.4'te verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin boyları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin boylarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	*P*
Genel	11	32.13035900	-	27.69***	0.0004***
Uygulama	1	23.60407500	23.60407500		
Hata	10	8.52628400	0.85262840		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin ortalama boyları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre fide boyunu artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Brokoli fidesinin boylarına etkisi

Uygulamalar	Fide Boyu (cm)
Akuaponik Sistem	20.055 a[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	17.250 b

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.1.3 Fide yaş ağırlığı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin fide yaş ağırlığı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 3'te, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te ve fide yaş ağırlıklarına ait ortalamalar Çizelge 4.6'da verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin yaş ağırlıkları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin yaş ağırlıklarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	*P*
Genel	11	1.00486225		3[öd]	0.1137[öd]
Uygulama	1	0.23213008	0.23213008		
Hata	10	0.77273217	0.07727322		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin ortalama yaş ağırlıkları Çizelge 4.6 da sunulmuştur. Fide yaş ağırlığı bakımından akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği arasında belirlenen farklılıklar önemli olmamak ile birlikte, akuaponik sistemin fide yaş ağırlığını daha fazla artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Brokoli fidesinin yaş ağırlığına etkisi

Uygulamalar	Fide Yaş Ağırlığı (g)
Akuaponik Sistem	2.679
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	2.401

4.1.4 Fide kuru ağırlığı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin fide kuru ağırlığı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 4'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de ve fide kuru ağırlıklarına ait ortalamalar Çizelge 4.8'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin kuru ağırlıkları üzerine istatistiksel olarak önemli etkileri bulunmamıştır (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8).

Çizelge 4.7 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin kuru ağırlıklarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	*P*
Genel	11	0.00287500		$0.00^{öd}$	$0.9470^{öd}$
Uygulama	1	0.00000133	0.00000133		
Hata	10	0.00287367	0.00028737		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin ortalama kuru ağırlıkları Çizelge 4.8'de sunulmuştur. Fide kuru ağırlığı bakımından akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği arasında belirlenen farklılıklar önemli olmamak ile birlikte, akuaponik sistemin fide kuru ağırlığını çok az da olsa artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Brokoli fidesinin kuru ağırlığına etkisi

Uygulamalar	Fide Kuru Ağırlığı (g)
Akuaponik Sistem	0.172
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	0.171

4.1.5 Fide kök uzunluğu üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin fide kök uzunluğu üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 5'te, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da ve fide çaplarına ait ortalamalar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin kök uzunlukları üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.9, Çizelge 4.10).

Çizelge 4.9 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin kök uzunluklarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	*P*
Genel	11	13.11412567	-	24.16**	0.0006**
Uygulama	1	9.27520833	9.27520833		
Hata	10	3.83891733	0.38389173		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin ortalama kök uzunlukları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre daha kısa kök uzunluklarına sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Brokoli fidesinin kök uzunluğuna etkisi

Uygulamalar	Fide Kök Uzunluğu (cm)
Akuaponik Sistem	7.075 b[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	8.833 a

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.1.6 Fide kök yaş ağırlığı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin fide kök yaş ağırlığı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 6'da varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de ve fide kök yaş ağırlıklarına ait ortalamalar Çizelge 4.12'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin kök yaş ağırlıkları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12).

Çizelge 4.11 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin kök yaş ağırlıklarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	*P*
Genel	11	0.06633867		4.80[öd]	0.0533[öd]
Uygulama	1	0.02150533	0.02150533		
Hata	10	0.04483333	0.00448333		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin ortalama kök yaş ağırlıkları Çizelge 4.12 de sunulmuştur. Fide kök yaş ağırlığı bakımından akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği arasında belirlenen farklılıklar önemli olmamak ile birlikte, geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin fide kök yaş ağırlığını daha fazla artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 Brokoli fidesinin kök yaş ağırlığına etkisi

Uygulamalar	Fide Kök Yaş Ağırlığı (g)
Akuaponik Sistem	0.456
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	0.541

4.1.7 Fide kök kuru ağırlığı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin fide kök kuru ağırlığı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 7'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'de ve fide kök kuru ağırlıklarına ait ortalamalar Çizelge 4.14'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin kök kuru ağırlıkları üzerine etkileri istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14).

Çizelge 4.13 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin kök kuru ağırlığına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	*P*
Genel	11	0.00129367	-	5.93*	0.0352*
Uygulama	1	0.00048133	0.00048133		
Hata	10	0.00081233	0.00008123		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin ortalama kök kuru ağırlıkları Çizelge 4.14 de sunulmuştur. Fide kök kuru ağırlığı bakımından akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği arasında belirlenen farklılıklar önemli olmamak ile birlikte, geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin fide kök kuru ağırlığını daha fazla artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14 Brokoli fidesinin kök kuru ağırlığına etkisi

Uygulamalar	Fide Kök Kuru Ağırlığı (g)
Akuaponik Sistem	0.038 b[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	0.051 a

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.05$) göre önemlidir.

4.2 Akuaponik Sistem ile Geleneksel Toprak Yetiştiriciliğinin Brokoli Fidesinin Besin Maddeleri Kapsamı Üzerine Etkisi

4.2.1 Toplam azot kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam azot kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 8'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'de ve toplam azot kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.16'da verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam azot kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16).

Çizelge 4.15 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam azot kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	*P*
Genel	11	0.66092892	-	74.81***	0.0001***
Uygulama	1	0.58300208	0.58300208		
Hata	10	0.07792683	0.00779268		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam azot kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre toplam azot kapsamlarını artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16 Brokoli fidesinin toplam azot kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	**Toplam N Kapsamı (%)**
Akuaponik Sistem	4.327 a[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	3.886 b

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.2.2 Toplam fosfor kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam fosfor kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 9'da, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de ve toplam fosfor kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.18'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam fosfor kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18).

Çizelge 4.17 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam fosfor kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Kareler Ortalaması**	**F değeri**	***P***
Genel	11	0.02548267	-	155.33***	0.0001***
Uygulama	1	0.02394133	0.02394133		
Hata	10	0.00154133	0.00015413		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam fosfor kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre toplam fosfor kapsamlarını artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18 Brokoli fidesinin toplam fosfor kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	Toplam P Kapsamı (%)
Akuaponik Sistem	0.708 a[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	0.619 b

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.2.3 Toplam potasyum kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam potasyum kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 10'da, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19'da ve toplam potasyum kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.20'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam potasyum kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20).

Çizelge 4.19 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam potasyum kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	*P*
Genel	11	0.07985267	-	53.11***	0.0001***
Uygulama	1	0.06720033	0.06720033		
Hata	10	0.01265233	0.00126523		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam potasyum kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre toplam potasyum kapsamlarını artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 Brokoli fidesinin toplam potasyum kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	**Toplam K Kapsamı (%)**
Akuaponik Sistem	2.447 a[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	2.298 b

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.2.4 Toplam kalsiyum kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam kalsiyum kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 11'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21'de ve toplam kalsiyum kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.22'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam kalsiyum kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22).

Çizelge 4.21 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam kalsiyum kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Kareler Ortalaması**	**F değeri**	***P***
Genel	11	2.33021625	-	270.93***	0.0001***
Uygulama	1	2.24727075	2.24727075		
Hata	10	0.08294550	0.00829455		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam kalsiyum kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre toplam kalsiyum kapsamlarını artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22 Brokoli fidesinin toplam kalsiyum kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	**Toplam Ca Kapsamı (%)**
Akuaponik Sistem	4.310 a[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	3.444 b

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.2.5 Toplam magnezyum kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam magnezyum kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 12'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23'de ve toplam magnezyum kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.24'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam magnezyum kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24).

Çizelge 4.23 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam magnezyum kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Kareler Ortalaması**	**F değeri**	***P***
Genel	11	0.00272267	-	10.06**	0.0100**
Uygulama	1	0.00136533	0.00136533		
Hata	10	0.00135733	0.00013573		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam magnezyum kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre toplam magnezyum kapsamlarını artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24 Brokoli fidesinin toplam magnezyum kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	**Toplam Mg Kapsamı (%)**
Akuaponik Sistem	0.766 a[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	0.745 b

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.2.6 Toplam sodyum kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam sodyum kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 13'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'de ve toplam sodyum kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.26'da verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam sodyum kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26).

Çizelge 4.25 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam sodyum kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Kareler Ortalaması**	**F değeri**	***P***
Genel	11	0.22154067	-	259.93***	0.0001***
Uygulama	1	0.21333333	0.21333333		
Hata	10	0.00820733	0.00082073		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam sodyum kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre toplam sodyum kapsamlarının daha düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26 Brokoli fidesinin toplam sodyum kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	**Toplam Na Kapsamı (%)**
Akuaponik Sistem	0.577 b[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	0.844 a

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.2.7 Toplam demir kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam demir kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 14'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27'de ve toplam demir kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.28'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam demir kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28).

Çizelge 4.27 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam demir kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Kareler Ortalaması**	**F değeri**	***P***
Genel	11	5408.910300	-	121.89***	0.0001***
Uygulama	1	4998.817200	4998.817200		
Hata	10	410.093100	41.009310		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam demir kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Geleneksel toprak yetiştiriciliğinin akuaponik sisteme göre toplam demir kapsamlarını daha fazla artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28 Brokoli fidesinin toplam demir kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	**Toplam Fe Kapsamı (mg kg^{-1})**
Akuaponik Sistem	196.617 b[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	237.433 a

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.2.8 Toplam çinko kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam çinko kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 15'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29'da ve toplam çinko kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.30'da verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam çinko kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30).

Çizelge 4.29 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam çinko kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Kareler Ortalaması**	**F değeri**	***P***
Genel	11	3145.273567	-	108.52***	0.0001***
Uygulama	1	2879.900833	2879.900833		
Hata	10	265.372733	26.537273		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam çinko kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre toplam çinko kapsamlarını artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30 Brokoli fidesinin toplam çinko kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	**Toplam Zn Kapsamı (mg kg^{-1})**
Akuaponik Sistem	105.441 a[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	74.457 b

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.2.9 Toplam mangan kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam mangan kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 16'da, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31'de ve toplam mangan kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.32'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam mangan kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32).

Çizelge 4.31 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam mangan kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Kareler Ortalaması**	**F değeri**	***P***
Genel	11	8651.755292	-	285.30***	0.0001***
Uygulama	1	8358.768675	8358.768675		
Hata	10	292.986617	29.298662		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam mangan kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Geleneksel toprak yetiştiriciliğinin akuaponik sisteme göre toplam mangan kapsamlarını daha fazla artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32 Brokoli fidesinin toplam mangan kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	**Toplam Mn Kapsamı (mg kg^{-1})**
Akuaponik Sistem	101.294 b[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	154.079 a

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.2.10 Toplam bakır kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam bakır kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 17'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'de ve toplam bakır kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.34'de verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam bakır kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34).

Çizelge 4.33 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam bakır kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Kareler Ortalaması**	**F değeri**	***P***
Genel	11	5.29849167	-	13.36**	0.0044**
Uygulama	1	3.03007500	3.03007500		
Hata	10	2.26841667	0.22684167		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam bakır kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.34'ün incelenmesinden de görülebileceği gibi; akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre toplam bakır kapsamlarını artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34 Brokoli fidesinin toplam bakır kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	**Toplam Cu Kapsamı (mg kg^{-1})**
Akuaponik Sistem	13.757 a[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	12.752 b

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.2.11 Toplam bor kapsamı üzerine etkisi

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinin toplam bor kapsamı üzerine etkilerine ilişkin tekerrürler ve paralellere ait değerler Ek 18'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.35'de ve toplam bor kapsamlarına ait ortalamalar Çizelge 4.36'da verilmiştir. Farklı yetiştirme yöntemlerinin brokoli fidelerinin toplam bor kapsamları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36).

Çizelge 4.35 Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin toplam bor kapsamlarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Kareler Ortalaması**	**F değeri**	***P***
Genel	11	50.81162500	-	40.81***	0.0001***
Uygulama	1	40.81140833	40.81140833		
Hata	10	10.00021667	1.00002167		

*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

Akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemleriyle yetiştirilen brokoli fidelerinin toplam bor kapsamları arasında belirlenen farklar Tukey's HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre toplam bor kapsamlarını artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36 Brokoli fidesinin toplam bor kapsamlarına etkisi

Uygulamalar	**Toplam B Kapsamı (mg kg^{-1})**
Akuaponik Sistem	31.017 a[#]
Geleneksel Toprak Yetiştiriciliği	27.328 b

[#] Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey's HSD testine ($\alpha < 0.01$) göre önemlidir.

4.3 Akuaponik Sistem ile Kontrol Grubunun Su Kalitesi Üzerine Etkisi

Çizelge 4.37 Su kalite değişkenlerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları

	Tank	**Su sıcaklığı °C**	**Çözünmüş Oksijen (mg L^{-1})**	**pH**	**Tuzluluk (psu)**	**Elektriksel İletkenlik (µS cm^{-1})**	**Bulanıklık (NTU)**
Ortalama	Kontrol	21.45	6.97	7.68	0.18	355	0.77
	T1	22.61	6.63	7.55	0.18	364	0.71
	T2	22.68	6.81	7.49	0.18	371	0.61
	T3	22.72	6.21	7.44	0.19	379	0.81
Standart Sapma	Kontrol	0.78	0.47	0.24	0.03	56	0.54
	T1	0.91	0.42	0.18	0.02	50	0.75
	T2	0.91	0.25	0.18	0.03	59	0.65
	T3	0.92	0.91	0.19	0.03	64	0.84
Minimum	Kontrol	19.5	4.11	7.25	0.14	242	0.27
	T1	19.6	4.56	7.15	0.14	267	0.32
	T2	19.6	5.76	7.14	0.14	263	0.24
	T3	19.6	3.36	7.01	0.14	269	0.16
Maksimum	Kontrol	22.7	7.67	8.50	0.24	460	2.95
	T1	24.2	7.03	7.99	0.23	453	1.74
	T2	24.1	7.14	7.87	0.25	494	4.76
	T3	24.0	6.94	7.84	0.26	509	5.69

Deney süresince su kalite parametrelerine ait tanımlayıcı istatistiklere ait sonuçlar Çizelge 4.37 de ve tek yönlü varyans analizi ve Tukey test sonuçları Çizelge 4.38'de gösterilmiştir.

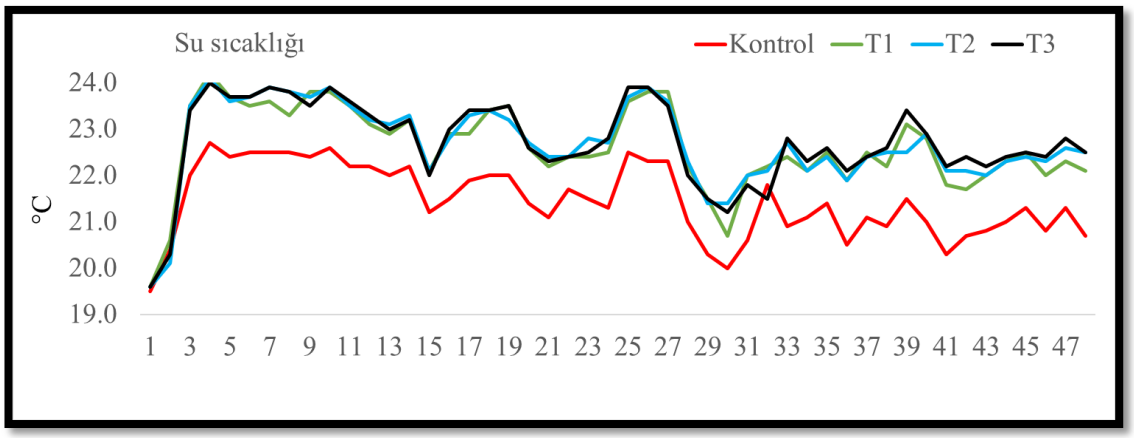
Çizelge 4.38 Su kalite değişkenlerinin ANOVA ve Tukey test sonuçları

	ANOVA	**Tukey**
Su sıcaklığı °C	p: 0.000	Kontrol***T1,T2 ve T3
Çözünmüş Oksijen (mg L^{-1})	p: 0.000	Kontrol*** T1, Kontrol***T3, T3***T1, T3***T2
pH	p: 0.000	Kontrol***T1,T2 ve T3
Tuzluluk (psu)	Fark yok	Fark yok
Elektriksel İletkenlik (µS cm^{-1})	Fark yok	Fark yok
Bulanıklık (NTU)	Fark yok	Fark yok

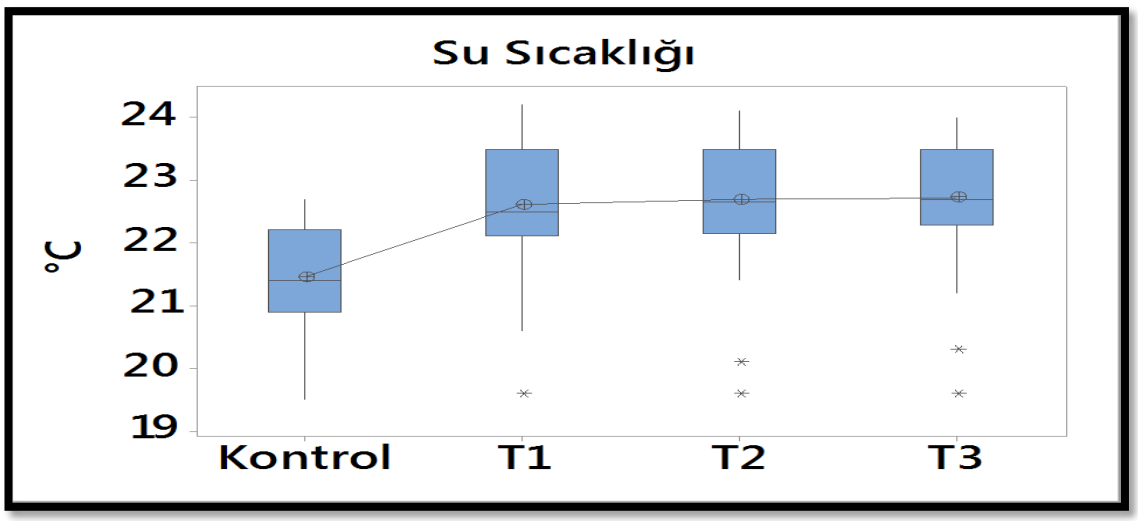
*: $P < 0.050$ **: $P < 0.010$ ***: $P < 0.001$ öd: önemli değil

4.3.1 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun su sıcaklığı üzerine etkisi

Deney süresince su sıcaklığı bakımından akuaponik tankları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmaz iken kontrol tankının su sıcaklığı ile akuaponik tanklar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p: 0,000). Kontrol tankının su sıcaklığı akuaponik tanklarından daha düşüktür (Çizelge 4.37). Şekil 4.1'de deney süresince su sıcaklığının değişimi ve Şekil 4.2'de ise deney süresince su sıcaklığının dağılımı kutu grafiği ile gösterilmiştir.



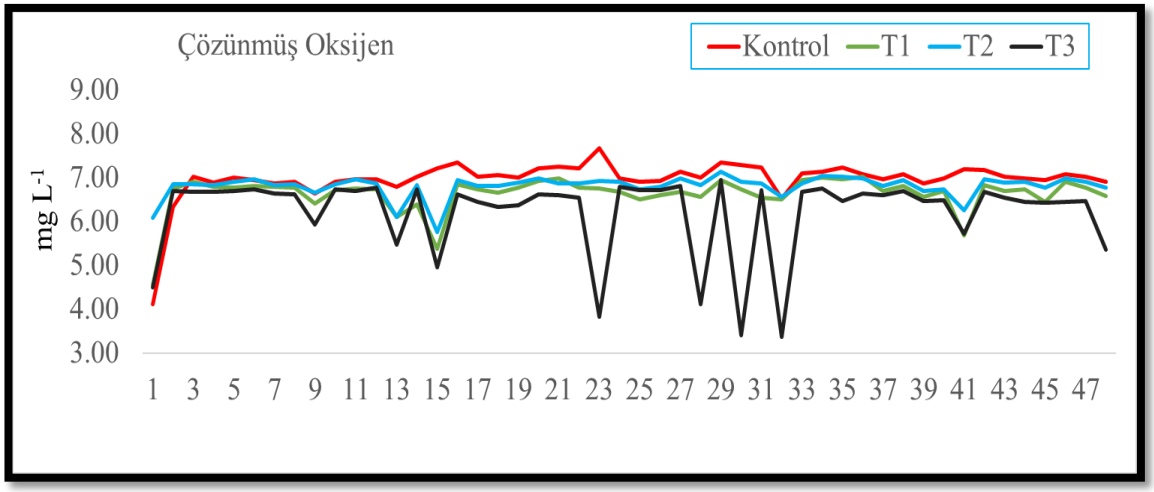
Şekil 4.1 Deney süresince su sıcaklığının değişimi



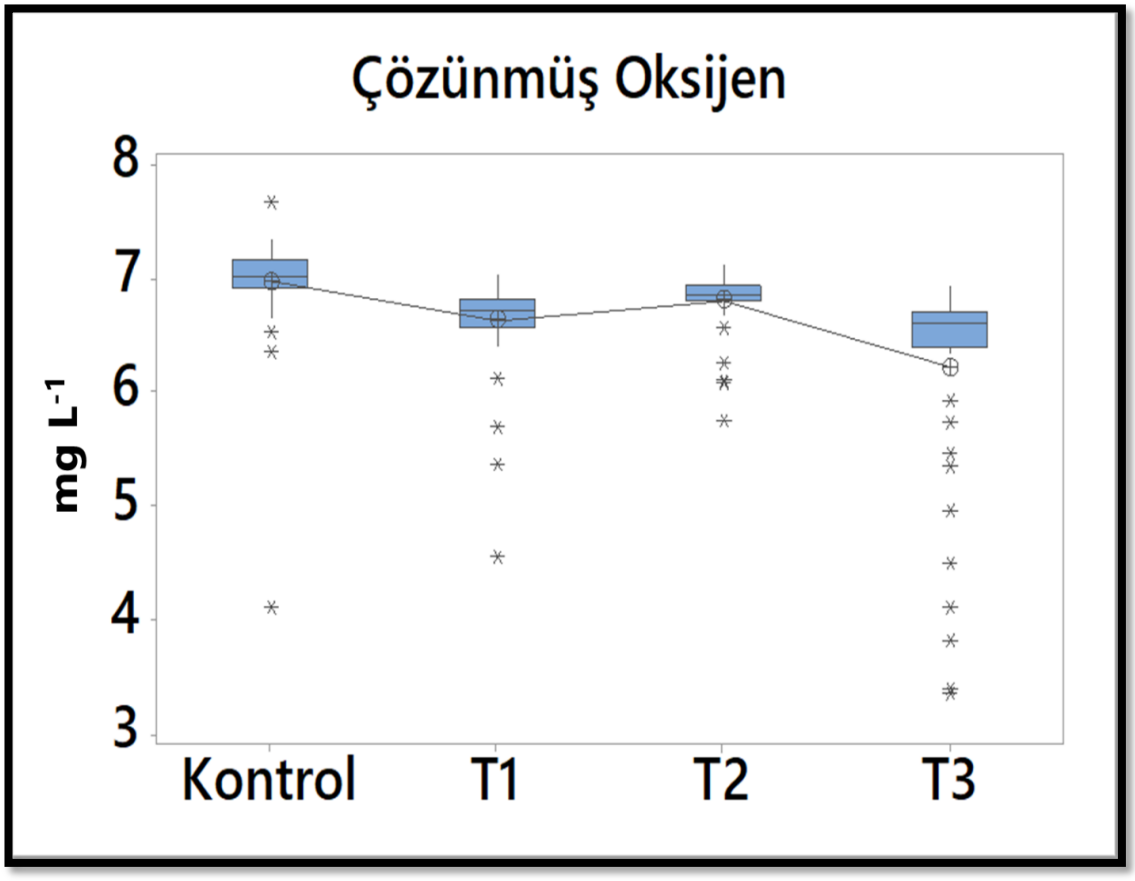
Şekil 4.2 Deney süresince su sıcaklığının değişiminin kutu grafiği ile gösterimi

4.3.2 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun çözünmüş oksijen konsantrasyonu üzerine etkisi

Deney süresince çözünmüş oksijen bakımından kontrol tankı ile akuaponik tanklarından tank 1 (T1) ve tank 3 (T3) arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p: 0,000). T3 diğer iki akuaponik tankına göre daha az çözünmüş oksijen değerine sahiptir (Çizelge 4.37). Şekil 4.3'te deney süresince suda çözünmüş oksijen konsantrasyonu değişimi ve Şekil 4.4'te ise deney süresince çözünmüş oksijen konsantrasyonu dağılımı kutu grafiği ile gösterilmiştir.



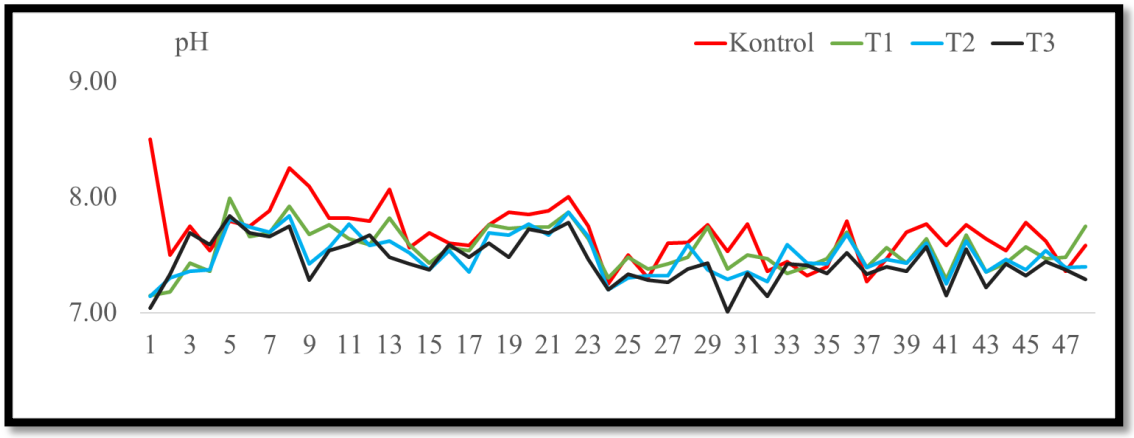
Şekil 4.3 Deney süresince suda çözünmüş oksijen konsantrasyonu değişimi



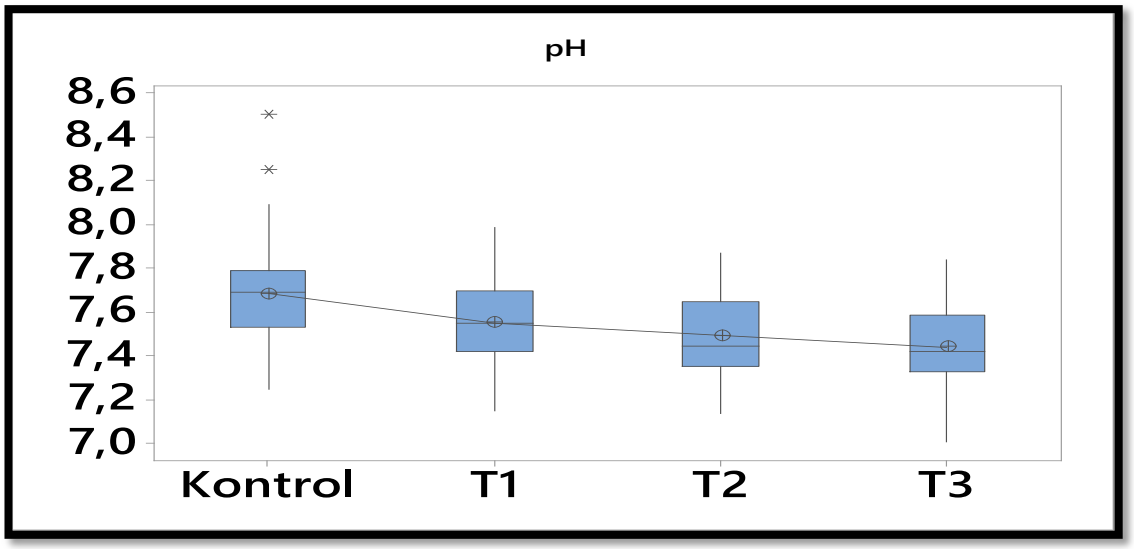
Şekil 4.4 Deney süresince sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının değişiminin kutu grafiği ile gösterimi

4.3.3 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun pH değerlerinin üzerine etkisi

Deney süresince pH değerleri bakımından kontrol tankı ile akuaponik tanklar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p: 0,000). Kontrol tankında pH değerleri akuaponik tanklarına göre daha yüksektir. Akuaponik tanklarının kendi aralarında ise istatistiki olarak önemli bir fark yoktur (Çizelge 4.37). Şekil 4.5'te deney süresince sudaki pH değerinin değişimi ve Şekil 4.6'de ise deney süresince pH değerinin dağılımı kutu grafiği ile gösterilmiştir.



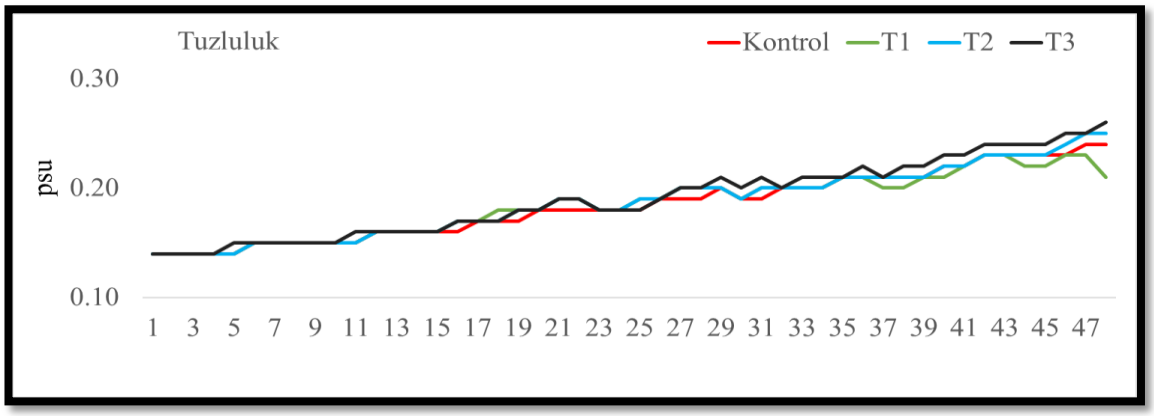
Şekil 4.5 Deney süresince pH değerinin değişimi



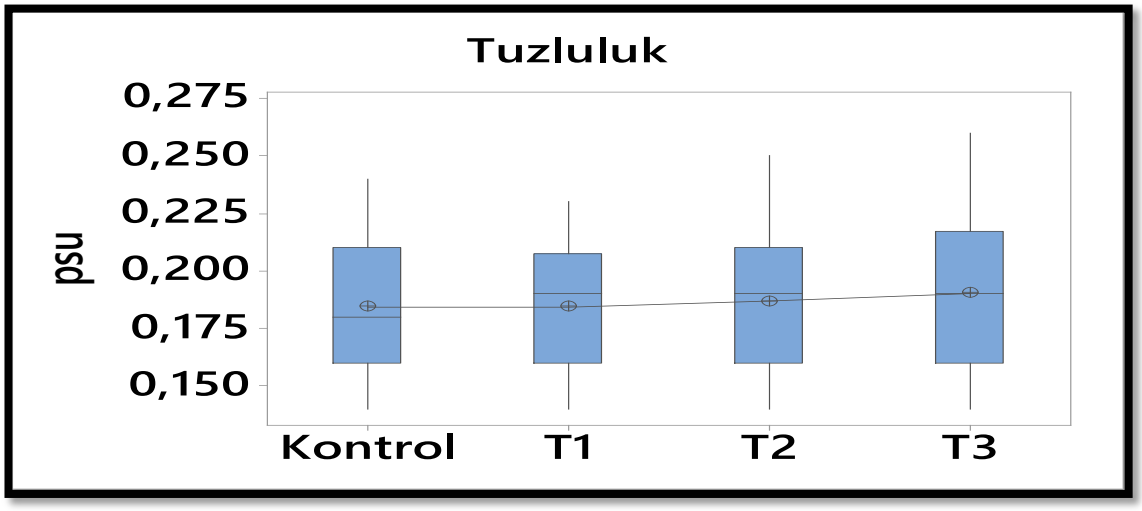
Şekil 4.6 Deney süresince sudaki pH değişiminin kutu grafiği ile gösterimi

4.3.4 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun suyun tuzluluğu üzerine etkisi

Deney süresince suyun tuzluluk değeri bakımından kontrol ve akuaponik tankları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.37). Ancak tuzluluğun deney süresince zamansal olarak doğrusal bir şekilde giderek arttığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.7'de deney süresince sudaki tuzluluk değerinin değişimi ve Şekil 4.8'de ise deney süresince tuzluluk değerinin dağılımını kutu grafiği ile gösterilmiştir.



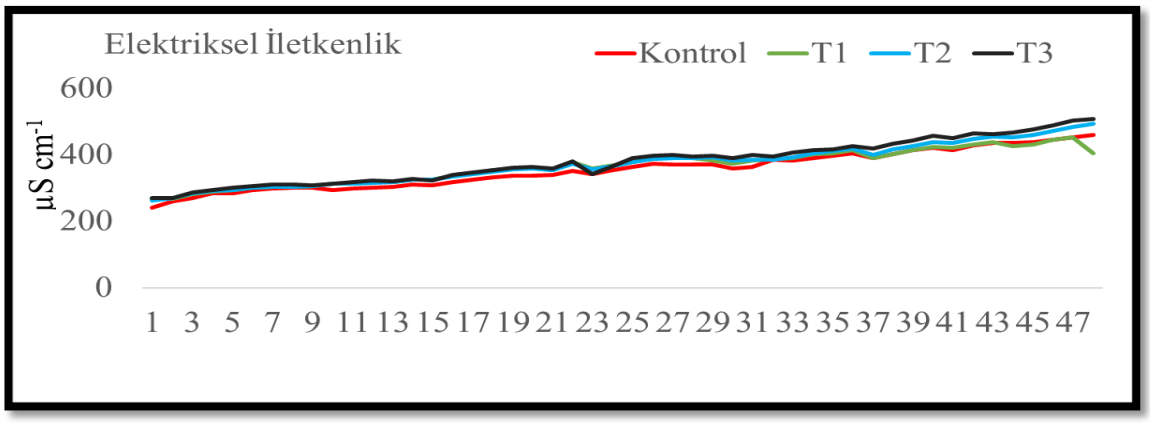
Şekil 4.7 Deney süresince tuzluluk konsantrasyonlarının değişimi



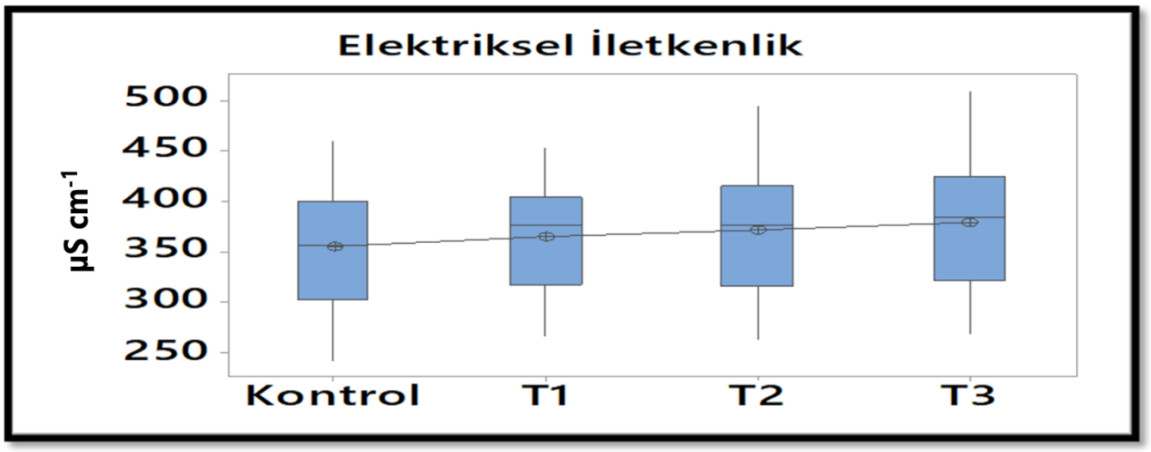
Şekil 4.8 Deney süresince sudaki tuzluluk konsantrasyonlarının değerinin değişiminin kutu grafiği ile gösterimi

4.3.5 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun suyun elektriksel iletkenliği (EC) üzerine etkisi

Deney süresince suyun elektriksel iletkenlik (EC) değeri bakımından kontrol ve akuaponik tankları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.37). Ancak elektriksel iletkenliğin deney süresince zamansal olarak doğrusal bir şekilde giderek arttığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.9'da deney süresince sudaki tuzluluk değerinin değişimi ve Şekil 4.10'da ise deney süresince tuzluluk değerinin dağılımını kutu grafiği ile gösterilmiştir.



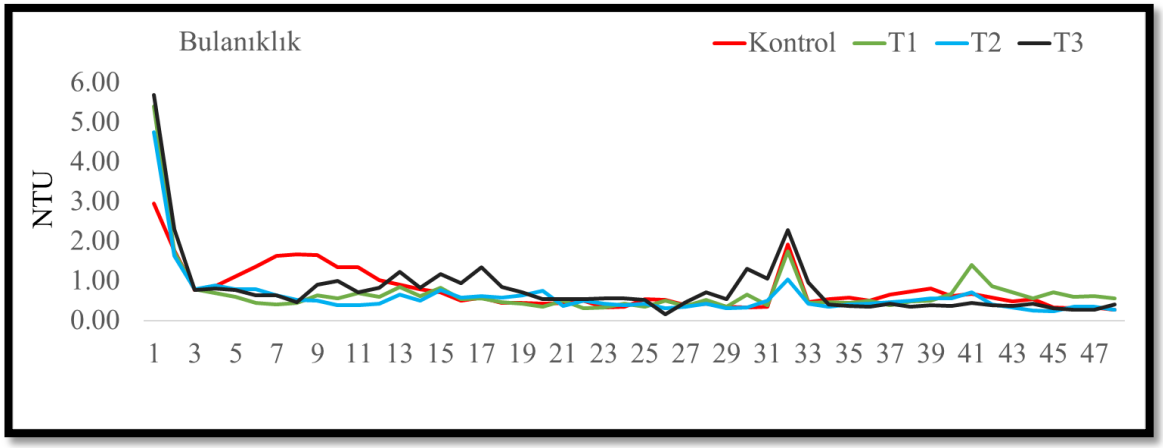
Şekil 4.9 Deney süresince EC değerinin değişimi



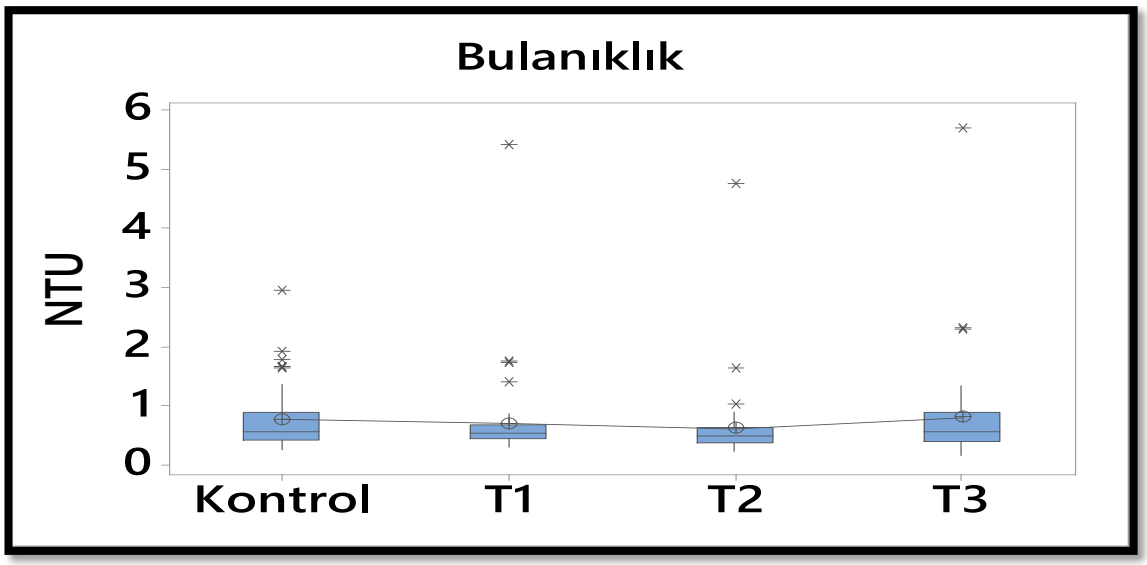
Şekil 4.10 Deneme süresince sudaki elektriksel iletkenlik değerinin değişiminin kutu grafiği ile gösterimi

4.3.6 Akuaponik sistem ile kontrol grubunun suyun bulanıklığı üzerine etkisi

Deney süresince suyun bulanıklık değeri bakımından kontrol ve akuaponik tankları arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmamıştır (Çizelge 4.37). Şekil 4.11'de deney süresince sudaki bulanıklık değerinin değişimi ve Şekil 4.12'de ise deney süresince bulanıklık değerinin dağılımı kutu grafiği ile gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Deney süresince bulanıklık konsantrasyonlarındaki değişim



Şekil 4.12 Deney süresince sudaki bulanıklık konsantrasyonlarının değişiminin kutu grafiği ile gösterimi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Deneme sonunda elde edilen sonuçlara göre akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin fenolojik özelliklerinden fide gövde çapı, fide boyu, fide kök uzunluğu, fide kök kuru ağırlığı, üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunurken diğer taraftan fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı, fide kök yaş ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Literatürde brokoli fidelerin akuaponik sistemde yetiştiriciliğine dair sonuçlar bulunmadığı gibi akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğini kıyaslayan herhangi bir çalışma mevcut değildir. Literatürde brokoli bitkisinin fenolojik ve diğer özeliklerine ait veriler genelde hasat olgunluğuna erişmiş brokolilerden elde edilen sonuçlar yer almaktadır (Altındişli Atağ vd. 2012, Yoldaş vd. 2017, Altun vd. 2017).

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin fide gövde çapı ve boyu arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin gövde çapı (1,277 cm) ve boyu (20,055 cm) geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin gövde çapı (1,104 cm) ve boyuna (17,250 cm) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.4). Çavuşoğlu (2012) serada organik toprak (%68,6) + vermikülit (%22,2) + perlit (%9,2) karışımında yetiştirdiği 30 günlük brokoli fidelerinde; gövde çapını 2,43-2,69 cm aralığında, boyunu ise 18,45- 18,78 cm olarak kaydetmiştir. Ekici vd. (2016) ise yine serada organik toprakta yetiştirdiği 40 günlük brokoli fidelerinde; gövde çapını 2,42 cm, boyunu ise 13,75 cm olarak kaydetmiştir. Bu çalışmada akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliği yöntemi için laboratuvar ortamında deney düzeneği kurulmuştur ve yapay ışıklandırma sarı ışık yerine beyaz ışık olarak tercih edilmiştir. Bu durum laboratuvar ortamındaki fidelerin bir miktar ışık stresine girerek etiyolleşmeye uğramasına ve serada yetişen fidelere göre daha uzun ve ince olmasını açıklamaktadır. Bununla birlikte Akuaponik sistemdeki bitkilerin daha iyi geliştikleri ve gelişme oramının brokoli fidelerinin gelişimini geleneksel toprak ortamına göre olumlu yönde etkiledikleri söylenebilir. Akuaponik sistemdeki fidelerin geleneksel toprak yetiştiriciliğindeki fidelere göre daha fazla fide gövde çapı ve boyu

oluşturmaları yetiştirildikleri ortam koşulları ve bitkilere sunulan besin maddeleri bakımından herhangi bir sorunun olmadığını göstermektedir.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin fide yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.7). Fakat akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin yaş ağırlıkları (2,679 g) ve kuru ağırlıkları (0,172 g) geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin yaş ağırlıkları (2,401 g) ve kuru ağırlıklarına (0,171 g) göre bir miktar daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.8). Çavuşoğlu (2012) brokoli fidelerinde yaş ağırlığı 1,21- 1,53 g aralığında, kuru ağırlığı ise 0,081-0,111 g olarak kaydetmiştir. Çalışmada, Çavuşoğlu (2012) ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bitkilerde yaş ve kuru ağırlık ölçümleri klasik gelişim parametrelerinden sayılır ve bitkinin yetiştirildiği ortam koşulları hakkında bilgi verir (Çiçek 2004, Çiçek 2010). Kuru ağırlık değerleri yaş ağırlık değerlerine göre daha stabil sonuçlar vermektedir. Bu bağlamda akuaponik sistemdeki ve geleneksel toprak yetiştiriciliğindeki fidelerin yaş ve kuru ağırlık değerleri incelendiğinde yetiştirildikleri ortam koşulları ve bitkilere sunulan besin maddeleri bakımından temelde önemli bir sorunun olmadığı anlaşılmaktadır.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin fide kök uzunluğu ve kök kuru ağırlığı arasındaki farklılıklar önemli bulunurken, fide kök yaş ağırlığı üzerine etkileri önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.9, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.13). Geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin kök uzunlukları (8,833 cm), kök yaş ağırlıkları (0,541 g) ve kök kuru ağırlıkları (0,051 g) akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin kök uzunlukları (7,075 cm), kök yaş ağırlıkları (0,456 g) ve kök kuru ağırlıklarına (0,038 g) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4. 10, Çizelge 4. 12 ve Çizelge 4.14). Çavuşoğlu (2012) brokoli fidelerinde kök uzunluğunu 10,21-10,50 cm aralığında, kök yaş ağırlığını ise 0,34- 0,37 g olarak kaydetmiştir. Ekici vd. (2016) ise brokoli fidelerinde kök kuru ağırlığını 0,65 g olarak belirlemiştir. Topraksız yetiştiricilik sistemlerinde bitki yaşamı için gerekli olan su ve besin maddeleri kök ortamına gereken miktarlarda uygulanması prensibine dayanmaktadır. (Gül 2008). Bu bağlamda bitki kökleri su ve bitki besin maddeleri için yetiştirme ortamında herhangi bir mücadeleye girmeyeceği için fazla

miktarda kök oluşturmalarına gerek kalmadan enerjilerini, toprak üstü aksamlar için harcarlar. Bununla ilişkili olarak akuaponik sistemdeki fidelerin daha az kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı oluşturmalarının nedeni kök bölgelerinde yetiştirme koşulları bakımından dengeli bir ortamın oluşmasından kaynaklanmaktadır.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin N kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.15). Akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin N içerikleri (%4,327) geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin N içeriklerine (%3,886) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.16). Campbell (2000) tarafından brokoli için yeterli N düzeyinin %3,0-4,5 arasında olduğu belirtilmiştir. Çavuşoğlu (2012) brokoli fidelerinde N içerikleri % 2,98-3,02 aralığında, Domínguez-Perles *et al.* (2010) ise hidroponik sistemde yetiştirdiği brokoli türlerinde N içeriğini %3,81 – 4,19 aralığında, Yoldaş *et al.* (2008) ise arazi koşullarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında N içeriğini %3,06 olarak belirlemişlerdir. Bütün veriler göz önünde bulundurulduğunda akuaponik yetiştiricilikte en yüksek N değerine ulaşıldığı gözlemlenmektedir. Akuaponik sistemde balık atıkları, balıklar için toksik olan NH_3 formundadır. Nitrosomonas bakterileri tarafından NH_3 absorbe edilerek ortama NO_2 iyonları bırakılır. NO_2 iyonları ise nitrospira bakterileri tarafından NO_3 formuna dönüştürülür. Böylece sistemde bitki besin maddesi olarak kullanılacak N elementinin kaynağı NO_2'dir. Bu bağlamda akuaponik sistemde yetiştirilen bitkilerin NO_3 formuna dönüşmüş ve genellikle bitkiler tarafından yüksek düzey alınma özelliği olan bu azot formu nedeniyle özellikle N kapsamı bakımından herhangi bir noksanlık yaşamayacağı ve geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre daha üstün olacağı anlaşılmaktadır.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin P kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.17). Akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin P içerikleri (%0,708) geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin P içeriklerine (%0,619) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.18). Campbell (2000) tarafından brokoli için yeterli P düzeyinin %0,3-0,5 arasında olduğu belirtilmiştir. Çavuşoğlu (2012) brokoli fidelerinde P içerikleri % 0.82-0,85 aralığında, Domínguez-Perles *et al.* (2010) ise brokoli türlerinde P içeriğini %0,25–0,46 aralığında, Yoldaş *et*

al. (2008) ise P içeriğini %0,43 olarak belirlemiştir. Akuakültürde kullanılan su, zamanla balık atıklarından dolayı kirlenir ve fosforun askıdaki katı madde miktarı artar (Ayık vd. 2006). Bu nedenle akuakültürde kullanılan su P bakımından oldukça zengindir. Yukarıda bahsedilen diğer çalışmalardan elde edilen veriler de göz önünde bulundurulduğunda akuaponik sistemde yetiştirilen brokoli fidelerinin P kapsamı bakımından yeterlilik düzeyinin de üstünde olduğu ve geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre daha iyi beslendikleri gözlemlenmektedir.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin K kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.19). Akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin K içerikleri (%2,447) geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin K içeriklerine (%2,298) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.20). Campbell (2000) tarafından brokoli için yeterli K düzeyinin %1,5-4,0 arasında olduğu belirtilmiştir. Çavuşoğlu (2012) brokoli fidelerinde K içerikleri %3,15-3,34 aralığında, Domínguez-Perles *et al.* (2010) ise brokoli türlerinde K içeriğini %2,26–4,73 aralığında, Yoldaş *et al.* (2008) ise K içeriğini %2,10 olarak belirlemiştir. Diğer çalışmalardan elde edilen veriler de göz önünde bulundurulduğunda akuaponik sistemde yetiştirilen brokoli fidelerinin K kapsamı bakımından yeterlilik düzeyinde olduğu ve geleneksel toprak yetiştiriciliğine göre daha üstün olduğu gözlemlenmektedir.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin Ca kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.21). Akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin Ca içerikleri (%4,310) geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin Ca içeriklerine (%3,444) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.22). Campbell (2000) tarafından brokoli için yeterli Ca düzeyinin %1,2-2,5 arasında olduğu belirtilmiştir. Domínguez-Perles *et al.* (2010) brokoli türlerinde Ca içeriğini %0,54–1,92 aralığında, Yoldaş *et al*. (2008) ise Ca içeriğini %0,91 ve Shelp and Liu (1992) %1,13-3,98 aralığında belirlemiştir. Diğer çalışmalardan elde edilen veriler de göz önünde bulundurulduğunda akuaponik sistemde ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen brokoli fidelerinin Ca kapsamı bakımından yeterlilik düzeyinin de üstünde olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumun kullanılan balık yemlerinin Ca içeriğinden, balık

tanklarında kullanılan dinlendirilmiş musluk suyundan ve deneme toprağının Ca içeriğin fazla olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin Mg kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.23). Akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin Mg içerikleri (%0,766) geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin Mg içeriklerine (%0,745) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.24). Campbell (2000) tarafından brokoli için yeterli Mg düzeyinin %0,23-0,40 arasında olduğu belirtilmiştir. Domínguez-Perles *et al.* (2010) brokoli türlerinde Mg içeriğini %0,35–0,46 aralığında, Yoldaş *et al.* (2008) ise Mg içeriğini %0,25 ve Shelp and Liu (1992) ise %0,26-0,45 aralığında belirlemiştir. Diğer çalışmalardan elde edilen veriler de göz önünde bulundurulduğunda akuaponik sistemde ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen brokoli fidelerinin Mg kapsamı bakımından yeterlilik düzeyinin yine üstünde olduğu gözlemlenmektedir. Bu duruma kullanılan balık yemlerinin Mg içeriğinin yüksek olması balık tanklarında kullanılan dinlendirilmiş musluk suyunda ve deneme toprağının Mg içeriğin fazla olması yol açmış olabilir.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin Na kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.25). Geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin Na içerikleri (%0,844) akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin Na içeriklerine (%0,577) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.26). Kacar ve İnal (2008) tarafından bitkilerin Na içeriklerinin %0,01-10 arasında olduğu belirtilmiştir. Domínguez-Perles *et al.* (2010) brokoli türlerinde Na içeriğini %0,18– 0,31 aralığında, Yoldaş *et al.* (2008) ise Na içeriğini %0,022 ve Ekici vd. (2016) ise %0,015 olarak belirlemiştir. Diğer çalışmalardan elde edilen veriler de göz önünde bulundurulduğunda geleneksel toprak yetiştiriciliğinde ve akuaponik sistemde üretilen brokoli fidelerinin Na kapsamlarının oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fakat fidelerde herhangi bir Na toksitesi gözlemlenmemiştir. Diğer organik gübrelerde olduğu gibi balık atıklarından oluşan gübrenin yapısında da bir miktar Na bulunması olasıdır.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin Fe kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.27). Geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin Fe içerikleri (237,433 mg kg^{-1}) akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin Fe içeriklerine (196,617 mg kg^{-1}) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.28). Campbell (2000) tarafından brokoli için yeterli Fe düzeyinin 40 mg kg^{-1} – 300 mg kg^{-1} arasında olduğu belirtilmiştir. Domínguez-Perles *et al.* (2010) brokoli türlerinde Fe içeriğini 87,2 mg kg^{-1} – 211,4 mg kg^{-1} aralığında, Yoldaş *et al.* (2008) ise Fe içeriğini 100,17 mg kg^{-1} olarak belirlemiştir. Diğer çalışmalardan elde edilen veriler de göz önünde bulundurulduğunda bitkilerin Fe içeriklerinin araştırmalarda bildirilen değerlerle genelde uyumlu olduğu, geleneksel toprak yetiştiriciliğinde ve akuaponik sistemde üretilen brokoli fidelerinin Fe kapsamı bakımından yeterlilik sınırları içerisinde olduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamda akuaponik sistemde yetiştirilen bitkilerin her ne kadar Fe içerikleri geleneksel toprak yetiştiriciliğine oranla biraz düşük olmakla birlikte özellikle Fe kapsamı bakımından herhangi bir noksanlık göstermeyeceği anlaşılmaktadır.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin Zn kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.29). Akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin Zn içerikleri (105,441 mg kg^{-1}) geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin Zn içeriklerine (74,457 mg kg^{-1}) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.30). Campbell (2000) tarafından brokoli için yeterli Zn düzeyinin 45 - 90 mg kg^{-1} arasında olduğu belirtilmiştir. Domínguez-Perles *et al.* (2010) brokoli türlerinde Zn içeriğini 7,5 mg kg^{-1} – 12,3 mg kg^{-1} aralığında, Yoldaş *et al.* (2008) ise Zn içeriğini 36,91 mg kg^{-1}- 62,12 mg kg^{-1} aralığında ve Shelp and Liu (1992) ise 19 mg kg^{-1} – 46,3 mg kg^{-1} aralığında belirlemiştir. Diğer çalışmalardan elde edilen veriler de göz önünde bulundurulduğunda geleneksel toprak yetiştiriciliğinde ve akuaponik sistemde üretilen brokoli fidelerinin Zn kapsamı bakımından yeterlilik düzeyinden fazla olduğu gözlemlenmektedir. Balık atıkları ve yemlerinde bulunan Zn nedeni ile akuaponik sistemde yetiştirilen bitkilerin Zn kapsamı bakımından herhangi bir noksanlık göstermeyeceği anlaşılmaktadır.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin Mn kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.31). Geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin Mn içerikleri (154,079 mg kg^{-1}) akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin Mn içeriklerine (101,294 mg kg^{-1}) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.32). Campbell (2000) tarafından brokoli için yeterli Mn düzeyinin 25–150 mg kg^{-1} arasında olduğu belirtilmiştir. Domínguez-Perles *et al.* (2010) brokoli türlerinde Mn içeriğini 10,6– 44,3 mg kg^{-1} aralığında, Yoldaş *et al.* (2008) ise Mn içeriğini 34,27–37,32 mg kg^{-1} aralığında ve Shelp and Liu (1992) ise 15,4– 63,3 mg kg^{-1} aralığında belirlemiştir. Diğer çalışmalardan elde edilen veriler de göz önünde bulundurulduğunda geleneksel toprak yetiştiriciliğinde ve akuaponik sistemde üretilen brokoli fidelerinin Mn kapsamı bakımından genelde yüksek olmakla birlikte yeterlilik düzeyinde olduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamda akuaponik sistemde yetiştirilen bitkilerin Mn kapsamı bakımından herhangi bir noksanlık göstermeyeceği anlaşılmaktadır.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin Cu kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.33). Akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin Cu içerikleri (13,757 mg kg^{-1}) geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin Cu içeriklerine (12,752 mg kg^{-1}) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.34). Campbell (2000) tarafından brokoli için yeterli Cu düzeyinin 5-10 mg kg^{-1} arasında olduğu belirtilmiştir. Yoldaş *et al.* (2008) Cu içeriğini 5,21 mg kg^{-1} olarak, Ekici vd. (2016) 3,37– 3,70 mg kg^{-1} ve Shelp and Liu (1992) ise 2 –5,6 mg kg^{-1} aralığında belirlemiştir. Diğer çalışmalardan elde edilen veriler de göz önünde bulundurulduğunda akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen brokoli fidelerinin Cu kapsamı bakımından yeterlilik düzeyinden bir miktar fazla olduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamda akuaponik sistemde yetiştirilen bitkilerin Cu kapsamı bakımından herhangi bir noksanlık göstermeyeceği ortaya çıkmaktadır.

Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliğinin brokoli fidesinin B kapsamları üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 4.35). Akuaponik sistemde yetiştirilen fidelerin B içerikleri (31,017 mg kg^{-1}) geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen fidelerin B içeriklerine (27,328 mg kg^{-1}) göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.36).

Campbell (2000) tarafından brokoli için yeterli B düzeyinin 30-50 mg kg^{-1} arasında olduğu belirtilmiştir. Yoldaş *et al.* (2008) B içeriğini 20,62 mg kg^{-1} olarak ve Shelp and Liu (1992) ise 14– 28,4 mg kg^{-1} aralığında belirlemiştir. Diğer çalışmalardan elde edilen veriler de göz önünde bulundurulduğunda akuaponik sistem ve geleneksel toprak yetiştiriciliğinde üretilen brokoli fidelerinin B kapsamı bakımından araştırmalardan elde edilen sonuçlarla genelde uyumlu olduğu ve yeterlilik düzeyinde olduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamda akuaponik sistemde yetiştirilen bitkilerin B kapsamı bakımından herhangi bir noksanlık göstermeyeceği anlaşılmaktadır. Bor diğer besin maddelerine oranla çok kolay toksidite yaratabilen bir besin maddesidir. Fidelerin, özellikle de akuaponik sistemde yetiştirilen bitkilerin bor içeriklerinin yeterlilik sınırları arasında bulunması önemli bir bulgu olup, büyük önem taşımaktadır.

Akuaponik sistem için hazırlanan balık tankları ile kontrol balık tankının su kalitesi parametrelerinden su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve pH üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunurken diğer taraftan tuzluluk, EC ve bulanıklık üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Su kalitesi parametreleri, akuaponik üretimi optimize etmek için temel çevresel faktördür ve hem balık hem de bitki gelişimini birinci dereceden etkiler (Yıldız *et al.* 2017). Deneme süresince akuaponik tanklarında balıkların yaşama oranı %100, kontrol tankında ise %95 olarak belirlenmiştir. Bu durum balıkların su kalitesi bakımında herhangi bir olumsuzluğa maruz kalmadıklarını açıklamaktadır.

Akuaponik balık tankları ile kontrol balık tankının su sıcaklığı bakımından arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.38). Japon balığı (*Carassius auratus*) için su sıcaklığında büyük değişikliklerin olmaması önemlidir. Balıkların fizyolojileri üzerinde önemli bir etkiye sahip olan su sıcaklığına ait verilere bakıldığında (Şekil 4.1–Şekil 4.2 ve EK 19-EK 22) sistemde büyük sıcaklık değişimlerinin olmadığı anlaşılmaktadır. Kontrol balık tankı için deneme boyunca ortalama su sıcaklığı 21,5 ^{o}C, 1. akuaponik balık tankı için 22,61 ^{o}C, 2. akuaponik balık tankı için 22,69 ^{o}C ve 3. akuaponik balık tankı için 22,72 ^{o}C olarak ölçülmüştür. Sommerville *et al.* (2014) japon balıklarının da içinde bulunduğu ılık su balıkları için

optimum su sıcaklığının 22 ^{o}C-32 ^{o}C arasında olduğunu belirtmiştir. Bu bağlamda akuaponik tankları kontrol tankına göre balıklar için daha uygun bir su sıcaklığı sunmuştur. Suyun devir daimî esnasında bitki saksıları içerisinden geçerken hava ile daha çok temas etmesi suyun daha fazla ısınmasına neden olmuş olabilir.

Akuaponik balık tankları ile kontrol balık tankının suda çözülmüş oksijen miktarları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.38). Çözünmüş oksijen (DO) miktarı, akuaponik sistemlerdeki balıklar için birincil su kalitesi konusudur (Yıldız *et al.* 2017). Yapılan ölçümlerde çıkan sonuçlara göre çözünmüş oksijen miktarının sistem içerisinde zamanla arttığı ve durağan hale geldiği ve balıkların yaşaması için yeterli seviyede olduğu görülmüştür. Bu da yapılan havalandırmanın yeterli olduğu sistemin sağlıklı bir şekilde yürütüldüğünün göstergesidir (Şekil 4.3–Şekil 4.4 ve EK 19-EK 22). Kontrol balık tankı için deneme boyunca ortalama DO miktarı 6,97 mg L^{-1}; 1. akuaponik balık tankı için 6,63 mg L^{-1}; 2. akuaponik balık tankı için 6,81 mg L^{-1} ve 3. akuaponik balık tankı için 6,22 mg L^{-1}olarak ölçülmüştür. Sommerville *et al.* (2014) japon balıkları için optimum DO miktarının 4 mg L^{-1}-6 mg L^{-1} arasında olduğunu belirtmiştir. Bu bağlamda bütün tanklar için gerekli oksijen ihtiyacının iyi bir şekilde karşılandığı görülmektedir. Kontrol tankında DO miktarının daha yüksek olması bu tankta sıcaklığın daha düşük olmasına bağlı olarak oksijenin suda daha fazla çözünmesi ile açıklanabilir. Ayrıca deney süresince elektrik arızalarına bağlı olarak akuaponik tanklarında motorun kısa süreli durması da çözünmüş oksijen değerlerinin düşmesine neden olmuş olabilir.

Akuaponik balık tankları ile kontrol balık tankının pH değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.38). Bitkilerin akuaponik sistemde azotu NO_3 veya NH_4 alabilmesi pH değerine bağlı olduğu bilinmektedir. Asidik ortamda bitkiler NO_3'ı tercih ederken, bazik ortamda ise NH_4'ı tercih etmektedir (Jones 2005, Goddek *et al.* 2016) Fakat düşük pH balıklara bazı zararlar verdiği gibi Bregnballe (2015) bildirdiği üzere biyofiltrasyon kapasitesinin azaltmasına da sebep olduğu için pH'ın belli bir seviyenin üzerinde olması önemlidir. Kontrol balık tankı için deneme boyunca ortalama pH değeri 7,68; 1. akuaponik balık tankı için 7,55; 2.

akuaponik balık tankı için 7,49 ve 3. akuaponik balık tankı için 7,44 olarak ölçülmüştür. Sommerville *et al.* (2014) japon balıkları için optimum pH aralığını 6-8,5 olarak belirtmiştir. Deney süresince balıklara zarar verecek ani pH değişimleri görülmemiştir (Şekil 4.5–Şekil 4.6 ve EK 19-EK 22) ve balık tanklarının pH'ları izin verilen değerler arasında kalmıştır. Akuaponik tanklarında bakteriler ve bitkiler aracılığı ile gerçekleşen azot döngüsü ile sistemde oluşan nitrik asit sistemin pH değerlerinin düşmesine neden olmuş olabilir. Sistemde pH değerinin çok yükselmemesi brokoli fideleri bakımından avantaja dönüşmüştür çünkü yüksek pH sebebiyle bitkiler demir ve mangan gibi mikro elementlerden yeterince faydalanamaz (Tyson *et al.* 2004, Stankus 2013, Eltez ve Taşkavak 2016).

Akuaponik balık tankları ile kontrol balık tankının EC ve tuzluluk değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.38).Kontrol balık tankı için deneme boyunca ortalama EC değeri 355,33 µS cm^{-1} ve tuzluluk değeri % 0,18; 1. akuaponik balık tankı için EC değeri 364,69 µS cm^{-1} ve tuzluluk değeri % 0,18; 2. akuaponik balık tankı için EC değeri 371,38 µS cm^{-1} ve tuzluluk değeri % 0,19 ve 3. akuaponik balık tankı için EC değeri 379,04 µS cm^{-1} ve tuzluluk değeri % 0,19 olarak ölçülmüştür. Tuzluluk ve elektriksel iletkenlik değerleri deney süresince düşük miktarda olduğu için japon balıklarının tolere edebileceği aralıklarda kalmıştır bu da sistemin sağlıklı bir şekilde çalıştığını göstermiştir (Şekil 4.7–Şekil 4.10 ve EK 19-EK 22).

Akuaponik balık tankları ile kontrol balık tankının bulanıklık değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.38). Askıdaki 0,45 mikrondan büyük katı maddelerden kaynaklanan bulanıklık ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. Suyun bulanıklığı, havuzlarda yapılan yetiştiricilikte balık sağlığını negatif yönde etkiler. Kontrol balık tankı için deneme boyunca ortalama bulanıklık değeri 0,77; 1. akuaponik balık tankı için 1,04; 2. akuaponik balık tankı için 0,62 ve 3. akuaponik balık tankı için 0,81 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.11–Şekil 4.12 ve EK 19-EK 22). Ancak deneyin başında meydana gelen elektrik kesintilerine bağlı zaman zaman havalandırma motorlarının durması bulanıklıkta istatistiksel yönden önemli olmamakla birlikte bazı farklılıkların gözlemlenmesinin nedeni olabilir. Bununla birlikte, akuaponik tanklarında

balıkların yaşama oranı %100, kontrol tankında ise %95 olarak hesaplanmıştır ve balıklarda herhangi bir hastalık gözlemlenmediği için bulanıklık ve diğer su kalitesi parametreleri bakımından sistemin uygunluğu belirlenmiştir.

Tarımda toprak kaynaklı sorunlara alternatif olarak düşünülen akuaponik sistemler sürdürülebilir çevre dostu üretim modelleridir. Akuaponik sistemlerde balık veya diğer sucul canlılarla birlikte topraksız tarım yapılmakta bu bağlamda simbiyotik yaşam dengeleri kurulmaktadır. Akuaponik sistemlerin içerisinde yetiştiriciliği yapılan balıkların yaşayabileceği en uygun su kalitesi kriterlerine göre tasarlanması ve projelendirilmesi gereklidir. Bu bağlamda içerisinde üretilen canlı türlerine göre akuaponik sistem ihtiyaçları ve yönetimi önemli farklılıklar içerir. Ayrıca üretimi yapılacak bitki desenine göre gereksinim duyulacak gübre miktarı değişmektedir. Bu neden ile çalışmalarda tanklarının içindeki balık popülasyonu artırıp azaltılarak farklı dozlarda bitki besin maddesi elde edilebilir.

Akuaponik sistemlerin gelecekte önemli miktarda ticari üretim sağlayacağı düşünülmektedir. Bu durumda sistemin sorunsuz ve verimli çalışabilmesi için bilimsel temel verilere ihtiyaç vardır. Bu bağlamda üniversitelerin, enstitülerin ve özel girişimcilerin AR-GE çalışmasına ihtiyaç vardır. Sistemde verimliliği ve karlılığı etkileyen en önemli faktörler bitki seçimi, su kalitesi ve üretim tesisinin büyüklüğüdür. Yeterli bilgi birikimine ulaşıldıktan sonra sistemin en yüksek kar ile işletilebileceği büyüklükler, bitki deseni, metodoloji, nitelikli iş gücü, pazarlama prosesleri üreticiler için hazırlanmalıdır.

İleride bu konuda yapılabilecek çalışmalar için öneriler aşağıda sıralanmıştır;

1) Farklı balık ve bitki türleri denenmelidir.

2) Sistemde bitkinin gelişimi açısından, yetiştirme ortamının su ve havalanma dengesini sağlayacak şekilde seçilmesi gereklidir. Bu çalışmada yetiştirme ortamı olarak pomza taşı kullanılmıştır ve iyi bir sonuç alınmıştır.

3) Balık tankında yetiştirilecek balıkların yoğunluğuna dikkat edilmesi gerekir. Yeterli balık popülasyonun olmadığı sistemlerde bitkiler için gerekli besin maddesi sağlanamaz. Diğer taraftan aşırı balık popülasyonun varlığında ise özellikle çözünmüş oksijen değerleri gibi su kalitesi parametreleri olumsuz etkilenecektir.

4) Sistemde organik yem kullanıldığı takdirde sürdürülebilir bir tarım şekli olmaktadır.

5) Büyük akuaponik sistemlerden daha fazla kar elde edilebilir. Bu neden ile sistemin büyüklüğü iyi hesaplanmalıdır.

6) Akuaponik sistemler sera ya da bu çalışmada olduğu gibi laboratuvar ortamında kurulmaktadır. Bitkinin ışık stresine girmemesi için iyi bir aydınlatma gereklidir.

7) Elektrik kesilmelerinin olumsuz etkilerini önlemek için mutlaka enerji destek ve besleme sistemi kurulmalıdır.

Tez çalışmasının sonucunda, Japon balığının kullanıldığı brokoli fidesinin yetiştirildiği akuaponik sistemin geleneksel toprak yetiştiriciliği ile karşılaştırıldığında bitki gelişimi, kalitesi ve besin maddeleri bakımından genelde daha verimli olduğu ve entegre bir sistem olduğu için ekonomik olacağı öngörülmüştür.

6. KAYNAKLAR

Adiloğlu, A., Açıkgöz, F.E., Adiloğlu, S. ve Solmaz, Y. 2015. Akuakültür atığı ve solucan gübresi uygulamalarının salata *(Lactuca Sativa* L. Var. *Crispa*) bitkisinin verim, bazı bitki besin elementi içeriği ile bazı agronomik özellikleri üzerine etkisi. Namık Kemal Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi (Proje No: NKUBAP.00.24.AR.15.11).

Adiloğlu, A., Eryılmaz Açıkgöz, F., Adiloğlu, S., Solmaz, Y. 2016. Artan miktarlarda akuakültür atığı uygulamasının salata (*Lactuca sativa* L. var. crispa*)* bitkisinin bazı makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri üzerine etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (2), 96-101.

Adler, P., Harper, J. K., Wade., E. M. Takeda, F. 2000. Economic analysis of an aquaponic system for the integrated production of rainbow trout and plants. International Journal of Recirculating Aquaculture, 1(1),15–34.

Akdoğan, B. 2014. Balık çiftliği ve arıtma tesisi atık sularının hidroponik sistemlerde kıvırcık yapraklı salatanın verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri (Yüksek lisans tezi, (Basılmamış). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, 85s.,Tokat.

Aksoy, Y.C. 2018. Dünyada ve Türkiye'de akuaponik sistemlerin kullanımı. Yüksek Lisans Semineri (basılmamış), Çankırı Karatekin Üniversitesi, 26 s., Çankırı.

Al Hafedh, Y. S., Alam, A. and Beltagi, M. S. 2008. Food production and water conservation in are circulating aquaponic system in Saudi Arabia at differentratios of fishfeedtoplants. Journal of The World Aquaculture, 39 (4),510-520.

Alpbaz, A. G. 1990. Goldfish Breeding (in Turkish). Alp yayınları. İzmir.

Altındişli Atağ, G., Kuşvuran, K., Şeyhanlı, İ., Kuşvuran, Ş. ve Daşgan, H.Y. 2012. Marathon brokoli çeşidinin verimi ve azot içeriği üzerine farklı azot dozlarının etkisi. Alatarım, 11 (1): 1-6.

Altun, M. 2017. Fertigasyon tekniği ile organik ve kimyasal gübre uygulamalarının brokolinin (Brassica oleracea L. var. italica) verim ve kalitesi üzerine etkinliğinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi (basılmamış) Namık Kemal Üniversitesi, 71 s.

Anon, 2015 www.backyardaquaponics. Erişim tarihi:01.06.2018.

Anonim 2009b. How does aquaponics work. http://www.growseed.org/aquaponics.html Erişim Tarihi: 05.01.2019.

Anonim. 2009a. http://www.wwf.org.tr/su/rakamlarla-susorunu/duenyada-su/ Erişim Tarihi:15.06.2019.

Ayık, Ö., Atamanalp, M., Kocaman, M. ve Kocaman, B. 2006. Sapaca Deresi (Erzurum, Uzundere) üzerinde kurulan alabalık üretim çiftliklerinin dere suyu ve çevreye etkileri üzerine bir araştırma. 1. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, s. 501-507, Antalya.

Balkaya, A. 2011. Lahanagil yetiştiriciliği. Bahçe Tarımı 2. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 1355, 148-150.

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.

Bodur, T. ve Okudur, E. 2017.Akuaponik balık ve bitki üretim sistemi. Nobel Eğitim, Antalya, 978-605-320-692-7.

Bregnballe J. 2015. A guide to recirculation aquaculture an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems.

Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and Eurofish International Organisation. 100 pp.
Campbell, C.R. 2000. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the united states. Southern Cooperative Series Bulletin. 134 pp.
Çavuşoğlu, M.C. 2012. Farklı dozda tuz içeren sulama sularının bazı sebze fidelerinin gelişimi üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi (basılmamış). Namık Kemal Üniversitesi, 94 s., Tekirdağ.
Çiçek 2004. Atık mantar kompostu ile hazırlanan değişik yetiştirme ortamlarının krizantem (Chrysanthemum morifolium)`in gelişim parametreleri ve besin maddesi içeriğine etkisi. Yüksek lisans tezi (basılmamış) Ankara Üniversitesi, 145 s.
Çiçek 2010. Sakarya-Akgöl organik toprağının bitki yetiştirme ortamında kullanımı. Doktora tezi (basılmamış) Ankara Üniversitesi, 309 s.
Çiçek Atikmen N., Şahin, Y., Toprak, N., Anayurdu, S. and Ünsal, T.N., 2013. Determining of Potential Plant Pattern in a Certain Place in Malatya. Soil-Water Journal vol 2, Number 2 (1):1029-1038.
Çiçek Atikmen, N. and Ozen, A. 2018a. Could aquaponics be a sustainable food solution for developing countries (Poster). International Congress on Agriculture and Animal Sciences (ICAGAS) s. 37 Alanya, Turkey.
Çiçek Atikmen, N. and Ozen, A. 2018b. Preliminary results of small scale aquaponic system. Ecology 2018, s. 355, Kastamonu, Turkey.
Çiçek Atikmen, and N. Ozen, A. 2018c. Effect of an aquaponic system on the growth of lettuce (lactuca sativa) (oral presentatıon). "International Congress on Agriculture and Animal Sciences (ICAGAS)" s. 38 Alanya, Turkey.
Çiçek Atikmen, N., Baran, A., Kütük, C., Çaycı, G., Özaytekin, H. and Karaca, S. 2018a Effects of different growth media to the nutrient content of primula (primula obconica) plant. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 33 (2):170-176.
Çiçek Atikmen, N. and Kütük, C. 2014. Effect of Sakarya Akgöl peat on quality parameters of tomato. Trakya University Journal of Natural Sciences, 15 (2), 89-94.
Çiçek Atikmen, N., Ozen, A. and Aksoy, Y.C. 2019a. Impact of the growth and development of broccoli *(Brassica oleraceae* L.*)* seedlings on the water quality of a small scale aquoponic system (Oral Presentation). 2. Uluslararası Limnoloji ve Tatlısu Balıkçılığı Sempozyumu (Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries "LimnoFish 2019"), s. 27, Elazığ, Turkey.
Çiçek Atikmen. N., Ozen, A. and Aksoy, Y.C. 2019b. Fish health in aquaponic systems: recommendations for beginners from our experiences" (Poster). 2. Uluslararası Limnoloji ve Tatlısu Balıkçılığı Sempozyumu (Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries "LimnoFish2019"), s 2, Elazığ, Turkey.
Çiçek Atikmen., N., Ozen, A. and Aksoy, Y.C. 2018c. How to choose the right aquaponics system (poster). Ecology 2018, s. 890, Kastamonu, Turkey.
Çiçek Atikmen., N., Ozen, A. and Yılmaz, E. 2018b. Aquaponics: sustainable and environmenal friendly solution for water pollution problems related with aquaculture ın Turkey (poster). Ecology 2018, s. 895, Kastamonu, Turkey.
DeLong, D., Losordo, T. and Rakocy, J. 2009. Tank culture of tilapia. *Southern Region Aquaculture Center*, No. 282.
Diver S., 2006 Aquaponics-integration of hydroponics with aquaculture. National Centerfor Appropriate Technology (NCAT), United States, pp. 1-28.

Domínguez-Perles, Maria Carmen Martínez-Ballesta, Micaela Carvajal, Garcia-Viguera Cristina, Diego A. Moreno. 2010. Broccoli-Derived By-Products-A Promising Source of Bioactive Ingredients. Journal of Food Science 75(4), 383-392

Ekici, M., Yıldırım, E ve Kotan, R. 2016. Bazı bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokoli *(Brassica oleraceae* L. var. *italica)* fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkileri . Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28 (2), 53-59.

Eltez R.Z., ve Taşkavak E., 2016 Ot sazanı *(Ctenopharyngodon idella valenciennes)* yetiştiriciliğinde kullanılan havuz suyunun salata-marul üretiminde kullanılabilirliği üzerine bir araştırma. Su Ürünleri Dergisi (2016) Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(4), 381-388.

Erdem, Y. 2013. http://www.gelbalder.org/balik-yetistiriciligi/2861-aquaponic-sistemler-balik-ve-sebzenin-birlikte-yetistiriciligi.html. Erişim Tarihi: 15.03. 2018

Finizola e Silva, M. and Van Passel, S. 2020. Climate-smart agriculture in the Northeast of Brazil: an ıntegrated assessment of the aquaponics technology. Sustainability 12, 3734.

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh,U., Ragnarsdottir,K.V., Jijakli,H., Thorarinsdottir, R. 2015. Challenges of sustainable and commercial aquaponics , Sustainability 74, 4199-4224.

Goddek, S., Scott, B., Delaide, B., Keesman, K.J., Wuertz, S. and Junge R. 2016. The effect of anaerobic and aerobic fish sludge supernatant on hydroponic lettuce simon. Agronomy, 6: 37.

Goodman, E.R. 2011. Aquaponics: community and economic development. Master Thesis(unpublished) The Massachusetts University, 100p., Boston, USA.

Gökvardar A., 2013. Kapalı devre sistemlerde akuaponik uygulamaları: Deniz balıkları bitkisel üretim entegrasyonunun araştırılması. Yüksek lisans tezi (basılmamaış) Ege Üniversitesi, 81 s., İzmir.

Graber, A and Junge, R. 2009. Aquaponic system: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Science Direct, 246:147-156.

Gül, A. 2008. Topraksız tarım. Hasad Yayıncılık, 144 s. İstanbul.

Hekimoğlu, M. A. 2005. Renkli tanklarda japon balıklarının (Cyprinus auratus, 1778) renklendirilmesi ve gelişmesi üzerine bir çalışma. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences 2005 Cilt/Volume 22, Sayı/Issue (1-2): 137–141

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. 188; 92-98.

Hussain, T., Verma, A., K., Tivari, V., K., Prakash, C., Rathore, G., Shete, A., P., Nuwansi, K., K., T. 2014. Optimizing Koi Carp, (*Cyprinus carpio* var.) Koi (*Linnaeus*, 1758), stocking density and nutrient recycling with spinach in an aquaponic system. Journal of the World Aquaculture Socıety, 45(6),652-661.

Jones, B.J., 2005. Hydroponics-a practical guide for the soilless grower, 2nd ed.; CRCPress: Boca Raton, FL, USA, 2005.

Kacar, B. ve İnal, A. 2008. Bitki analizleri. Nobel Yayınları. Yayın No1241, 892 sayfa.

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 and Ali, A.S. 2015. Effect of Flow Rate and Length of Gully on Lettuce Plants in Aquaponic and Hydroponic Systems. J Aquac Res Development 2015, 6:(3)2-5.

Khater, E. G., Bahnasawy, A. H., Shams, A. S., Hassaan, M. S. and Hassan, Y. A. 2015. Utilization of effluent fish farms in tomato cultivation. Ecological Engineering. 83; 199–207.

Khiari, Z., Kaluthota, S., ve Savidov, N. 2019. Aerobic bioconversion of aquaculture solid waste into liquid fertilizer: Effects of bioprocess parameters on kinetics of nitrogen mineralization. Aquaculture, 500: 492-499.

Kopsa, P. 2015. Aquaponics pratical thesis in Australia, Thesis (BS), Hamk University of Applied Sciences. 60pp.

Kütük, C., Topçuoğlu, B. and Çaycı, G. 1998. The effect of different growing media on growth of croton (*Codiaeum variegatum* "Petra") plant. M. Şefik Yeşilsoy Int. Symp. on Arid Region Soil. Int. Agrohydrology Research and Training Center, Turkey.

Lastiri, D.R., Slinkert T., Cappon H.J., Baganz, D., Staaks G. And Keesman K.J. 2016. Model of an aquaponic system for minimised water, energy and nitrogen requirements. Water Science and Technology, 127pp.

Lennard, W. A. and Leonard, B. V. 2004. A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated. gravel bed. aquaponic test system. Aquaculture International, 12; 539–553.

Lennard, W. A. and Leonard, B. V. 2006. A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed. floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. Aquaculture Int., 14; 539–550

Leonardi, C. 2004. Growing media. Reginal Training Workshop on Soilless Culture Technologies, 83-92 pp., İzmir-Turkey.

Li, C., Zhang, B., Luo, P., Shi, H., Li, L., Gao, Y., and Wu, W. M. 2019. Performance of a pilot-scale aquaponics system using hydroponics and immobilized biofilm treatment for water quality control. Journal of Cleaner Production, 208: 274-284.

Liang, J. Y. and Chien, Y. H. 2013. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia water spinach raft aquaponics system. International Biodeterioration & Biodegradation, 85; 693-700.

Medina, M., Jayachandran, K., Bhat, M. G. and Deoraj, A. 2015. Assessing plant growth. water quality and economic effects from application of a plant-based aquafeed in a recirculating aquaponic system. AquacultureInt. 102, 107–115.

Merdin, S. 2009. Bitki gelişimi artıran kök bakterilerinin farklı ortamlarda baş salata yetiştiriciliğine etkisi. Yüksek lisans tezi (basılmamış), Ege Üniversitesi, 73s., İzmir.

Naegel, L. C. A. 1977. Combined production of fish and plants in recirculating water. Aquaculture 10: 17-24.

Nelson, R.L., Pade, J.S. 2008. Aquaponic food production-Growing fish and vegetables for food and profit, Nelson and Pade inc., USA.

Ödün U.C. 2016. Güneş enerjisi destekli akuaponik sistemlerde koi *(Cyprinus carpio)* ve Hıyar *(Cucumis sativus)* yetiştiriciliği üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi (basılmamış), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, 65 s., Van.

Özen, A. and Çiçek Atikmen, N., 2018. A Sustainable ınnovative agriculture technology aquaponic systems and potential use ın Turkey (poster). International Congress on Engineering and Life Sciences (ICELIS), 785pp., Kastamonu, Turkey.

Palm, H.W., Knaus U, Appelbaum S, Goddek S, Strauch SM, Vermeulen T, Jijakli MH, Kotzen, B. 2018 Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature. Aquac Int 26(3),813–842

Pamukoğlu, M. 2018. Akuaponik (biyolojik arıtma tekniği) tekniği ile balık atıksularının arıtılması. İklim Değişikliği ve Çevre, 3 (2), 1-9.

Pantanella, E., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E. and Marcucci, A. 2010. Aquaponics vs. hydroponics: production and quality of lettuce crop. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 927-887-893 pp.

Pardossi, A., Tognoni, F. and Incrocci, L. 2004. Mediterranean Greenhouse Technology. Chronica Horticulturae 44 (2):28-34.

Pérez-Urrestarazu, L., Lobillo-Eguíbar, J., Fernández-Cañero, R., ve Fernández-Cabanás, V. M. 2019. Suitability and optimization of FAO's small-scale aquaponics systems for joint production of lettuce (*Lactuca sativa*) and fish (*Carassius auratus*). Aquacultural Engineering, 85: 129-137.

Rakocy J.E. 2012. Chapter 14: aquaponics–integrating fish and plant culture. In: Tidwell JH (ed) Aquaculture Production Systems, 2012, 1st edn. Wiley, Hoboken, 343–386pp.

Rakocy, J., Shultz, R., Bailey, D. and Thoman, E. 2004. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. ISHS Acta Horticulturae. 2004; 648: 63-69.

Rakocy, J.E. 1984. A recirculating system for tilapia culture and vegetable hydroponics. Auburn, AL, 103-114 pp.

Rakocy, J.E. 1995. Aquaponics: the Integration of Fish and Vegetables Culture in Recirculating System. 101–108 pp.

Rakocy, J.E., Losordo T.M. and Masser M.P. 1992. Recirculating aquaculture tank production systems: inte-grating fish and plant culture. Southern Regional Aqua-culture Center, Stoneville, MS, USA. Publication No. 454. (17).

Rakocy, J.E., Massor, M.P., and Losordo, T.M. 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication No. 454, 16 pp.

Rakocy, J.E., 1994. Aquaponics: the ıntegration of fish and vegetable culture ın recirculating systems, 30th Annual Meeting Caribbean Food Crops Society, 258 746 pp., St. Thomas, U.S. Virgin Islands.

Selek, M. 2017. Balık ve bitki üretiminin entegrasyonu: kapalı devre ve akuaponik sistemlerde nil tilapia balığı (*Oreochromis niloticus*) ve fesleğen yetiştiriciliği (*Ocimum basillicum*). Yüksek lisans tezi (basılmamış). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 38 s., Çanakkale.

Sfetcu, L., Cristea, V. and Oprea, L. 2008. Nutrients dynimic in an aquaponic recirculating systems for sturgeon and lettuce (*Lactuca sativa*) production. Lucrari ġtiintifice Zootehnie Biotehnologii, Timişoara, 41 (2), 137-143.

Shelp, B.J.and Liu, L. 1992. Nutrient uptake by field-grown broccoli and net nutrient mobilization during inflorescence development. Plant Soil 140, 151–155.

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.

Shu, A. 2018, Comparing the different methods of aquaponics growing, http://www.projectfeed1010.com/blog/2014/07/16/comparing-the-different-methods-ofaquaponics-growing/. Erişim Tarihi: 05.05.2019.

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. and Lovatelli, A. 2014. Small-scale aquaponic food production. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No: 589, 262p.

Sreejariya, P., Raynaud, T., Dabbadie, L. and Yakupitiyage. A. 2016. Effect of water recirculation duration and shading on lettuce (*Lactuca sativa*) growth and leaf nitrate content in a commercial aquaponic system. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 16; 311-319.

Stankus, A., 2013. Integrating biosystems to foster sustainable aquaculture: Using black soldier fly larvae as feed in aquaponic systems. Master of Science Candidate (unpublished), University of Hawaii Manoa, USA.

Tacon, A.G.J. 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp; a training manual 1: Erişim Tarihi: 01.04.2019.

Tognoni, F. Incrocci, L., and Pardosssi, A. 2004. Use of substrates for intensive production of vegetables in Europe and mediterranean regions. Proc. of Int. Cont. On Alternatives to Methyl Bromide, 177-181 pp., Lizbon-Portugal.

Türker, H. 2018. Akuaponik yetiştiricilik sisteminde farklı bitkilerin besin dinamiği. Aquatic Sciences and Engineering, 33(3): 77-83.

Tüzel, Y., Tüzel, İ.H., Gül, A., Üçer, F. and Öztekin, G.O. 2007. Tomato production in subirrigated systems. Acta Hort. 747, 441-445.

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.

Tyson, R., V. 2007. Reconciling pH for Ammonia Biofiltration in a Cucumber/Tilapia Aquaponics System Using a Perlite Medium (doctoral thesis Printed). A dissertation presented to the graduate school of the university of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy universıty of Florida, Florida.

Unesco, 2012, https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000215644. Erişim Tarihi: 25.05.2019.

Uslu, O., 2019. Akuaponik üretim sisteminde bitkilerin su kalitesi üzerindeki etkileri. Yüksek lisans tezi (basılmamış) Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi. 45 s., Muğla.

Wahyuningsih, S., Effendi H. and Wardiatno Y. 2015. Nitrogen removal of aquaculture wastewater in aquaponic recirculation system. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society (AACL) Bioflux, 8(4).

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.

Witzel, O., Wilm, S., Karimanzira, D. and Baganz, D. 2019. Controlling and regulation of integrated aquaponic production systems–An approach for a management execution system (MES). Information Processing in Agriculture.

Yen, H. Y., and Chou, J. H. (2016) Water purification by oyster shell bio-medium in arecirculating aquaponic system. Ecological engineering, 95: 229-236.
Yeniçeri, G. 2017. İrimtüzen. http://www.havatopraksu.org/blog/irimtuzen/. Erişim Tarihi: 11.04.2018.
Yep, B., Zhengen,Y. 2019. Aquaponic trends and challenges - a review, Journal of clear production, 228: 1586-1599.
Yildiz, H. Y., Robaina, L., Pirhonen, J., Mente, E., Domínguez, D. and Parisi, G. 2017. Fish welfare in aquaponic systems: ıts relation to water quality with an emphasison feed and faeces : A Review. Water, 9 (1):13.
Yoldaş, F., Ceylan, S., Yagmur, B., and Mordogan, N. 2008. Effects of nitrogen fertilizer on yield quality and nutrient content in broccoli. Journal of Plant Nutrition, 31(7): 1333-1343.
Yoldaş, F., Ceylan, Ş., Mordoğan., N. ve Ongun A.R. 2017. Effects of organic chicken manure on nitrate accumulation and nutrient element content of broccoli (Brassica oleracea L. var. Italica). Acta Biologica Turcica, 30(4):169-173.
Zweig, R., 1986. An integrated fish culture hydroponic vegetable production system. Aquaculture Magazine, 12(3): 34-40.

7. EKLER

EK 1. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin çapı (cm) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	1,08	1,23	1,19	0,84	1,14	1,08
2.Toprak	0,91	0,84	1,05	1,07	0,98	0,96
3.Toprak	0,91	0,94	1,39	0,99	1,31	1,00
4.Toprak	1,33	1,02	1,25	1,40	1,07	0,93
5.Toprak	1,13	1,25	1,28	1,19	1,10	0,95
6.Toprak	1,00	1,27	1,32	1,10	1,19	1,04
1.1.Tank	1,22	1,39	1,23	1,30	1,23	1,08
1.2.Tank	1,10	1,66	1,22	1,09	1,01	1,34
2.1.Tank	1,28	1,41	1,13	1,86	1,23	1,32
2.2.Tank	1,30	1,38	1,50	1,30	1,36	1,53
3.1.Tank	1,51	1,05	1,17	1,23	1,03	1,03
3.2.Tank	1,32	1,16	1,27	1,21	1,24	1,28

EK 2. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin boyu (cm) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	18,6	16,3	18,4	17,8	15,9	18,8
2.Toprak	16,2	13,9	16,4	8,5	20,5	17,9
3.Toprak	18,1	16,4	18,3	17,2	17,9	16,2
4.Toprak	18,0	15,4	19,2	18,3	19,1	14,7
5.Toprak	18,8	17,6	18,7	18,8	15,9	15,5
6.Toprak	17,8	17,7	20,2	17,9	15,9	18,2
1.1.Tank	14,9	16,5	19,9	21,9	19,0	18,9
1.2.Tank	21,2	20,0	19,2	20,5	21,9	22,0
2.1.Tank	22,1	19,9	19,8	19,5	21,0	22,0
2.2.Tank	23,4	19,6	21,7	20,7	20,9	19,5
3.1.Tank	19,9	19,9	19,2	20,6	20,8	20,4
3.2.Tank	17,6	19,6	20,1	19,2	19,0	19,6

EK 3. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin bitki yaş ağırlığı (g) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	2,210	1,975	2,554	2,347	1,610	2,149
2.Toprak	2,515	1,159	1,825	2,553	3,000	2,528
3.Toprak	2,517	1,913	3,890	2,499	2,675	2,185
4.Toprak	2,630	1,826	2,872	3,247	3,131	1,556
5.Toprak	2,759	2,422	2,720	2,907	1,497	1,885
6.Toprak	2,571	2,773	3,068	2,512	1,363	2,601
1.1.Tank	1,246	1,822	2,530	3,069	2,740	2,122
1.2.Tank	3,114	3,129	1,975	3,317	2,841	3,106
2.1.Tank	3,681	2,272	2,647	3,117	2,564	3,562
2.2.Tank	3,567	2,617	3,189	2,975	3,166	2,519
3.1.Tank	2,120	2,558	3,060	2,723	2,732	2,868
3.2.Tank	2,448	2,344	2,246	2,022	2,211	2,229

EK 4. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin bitki kuru ağırlığı (g) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	0,16	0,14	0,19	0,17	0,10	0,15
2.Toprak	0,18	0,11	0,14	0,17	0,20	0,17
3.Toprak	0,17	0,14	0,20	0,20	0,20	0,16
4.Toprak	0,13	0,14	0,22	0,21	0,20	0,15
5.Toprak	0,21	0,18	0,20	0,20	0,13	0,19
6.Toprak	0,18	0,16	0,22	0,18	0,12	0,19
1.1.Tank	0,12	0,12	0,16	0,19	0,17	0,13
1.2.Tank	0,20	0,19	0,14	0,21	0,18	0,20
2.1.Tank	0,23	0,18	0,16	0,19	0,17	0,22
2.2.Tank	0,23	0,16	0,19	0,18	0,20	0,16
3.1.Tank	0,16	0,17	0,19	0,16	0,18	0,17
3.2.Tank	0,15	0,15	0,14	0,15	0,14	0,14

EK 5. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin bitki kök uzunluğu (cm) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	9,0	7,5	10,0	10,0	4,0	9,0
2.Toprak	8,6	8,0	10,0	10,2	10,5	10,4
3.Toprak	8,5	13,0	9,5	9,4	10,0	8,0
4.Toprak	7,5	9,5	8,0	9,0	9,50	9,0
5.Toprak	10,0	7,7	9,4	8,5	8,3	9,0
6.Toprak	7,0	6,5	9,0	7,0	9,5	8,0
1.1.Tank	6,5	7,5	7,8	5,9	6,5	6,9
1.2.Tank	7,0	8,5	5,8	6,5	6,3	7,0
2.1.Tank	7,9	7,5	7,5	8,0	6,5	7,8
2.2.Tank	8,5	8,0	9,0	8,5	6,0	6,5
3.1.Tank	6,3	6,4	7,5	6,0	5,8	7,3
3.2.Tank	7,0	7,5	7,0	7,0	6,0	7,0

EK 6. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin bitki kök yaş ağırlığı (g) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	0,390	0,762	0,550	0,559	0,232	0,833
2.Toprak	0,624	0,278	0,275	0,400	0,474	0,920
3.Toprak	0,581	0,378	0,613	0,663	0,580	0,209
4.Toprak	0,593	0,558	0,610	0,791	0,409	0,496
5.Toprak	0,382	0,433	0,397	0,608	0,579	0,780
6.Toprak	0,778	0,476	0,324	0,578	0,588	0,765
1.1.Tank	0,314	0,808	0,459	0,608	0,595	0,363
1.2.Tank	0,450	0,677	0,428	1,063	0,476	0,456
2.1.Tank	0,602	0,398	0,267	0,295	0,320	0,300
2.2.Tank	0,538	0,357	0,418	0,343	0,528	0,206
3.1.Tank	0,357	0,429	0,396	0,526	0,415	0,292
3.2.Tank	0,422	0,547	0,325	0,408	0,501	0,519

EK 7. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin bitki kök kuru ağırlığı (g) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	0,04	0,07	0,04	0,05	0,04	0,10
2.Toprak	0,06	0,04	0,05	0,04	0,05	0,07
3.Toprak	0,06	0,04	0,06	0,07	0,06	0,04
4.Toprak	0,05	0,06	0,05	0,07	0,05	0,04
5.Toprak	0,03	0,03	0,04	0,06	0,04	0,06
6.Toprak	0,05	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05
1.1.Tank	0,03	0,07	0,07	0,05	0,05	0,03
1.2.Tank	0,04	0,05	0,03	0,06	0,03	0,04
2.1.Tank	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01
2.2.Tank	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02
3.1.Tank	0,04	0,03	0,05	0,07	0,06	0,05
3.2.Tank	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04

EK 8. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin N içerikleri (%) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	3,472	3,254	3,278	4,480	3,590	4,105
2.Toprak	4,050	3,590	3,690	3,520	3,480	4,368
3.Toprak	4,102	4,020	3,908	3,805	3,520	4,250
4.Toprak	4,050	3,850	3,946	3,745	4,026	4,108
5.Toprak	3,980	4,040	3,850	3,980	3,790	4,106
6.Toprak	4,100	4,080	4,110	3,890	3,750	4,010
1.1.Tank	4,276	4,480	4,356	4,350	4,150	4,280
1.2.Tank	4,360	4,480	4,460	4,120	4,348	4,450
2.1.Tank	4,150	4,368	4,480	4,400	4,560	4,360
2.2.Tank	4,250	4,365	4,280	4,310	4,416	4,225
3.1.Tank	4,398	4,350	4,408	4,100	4,324	4,230
3.2.Tank	4,410	4,300	4,240	4,200	4,360	4,170

EK 9. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin P içerikleri (%) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	0,570	0,575	0,638	0,593	0,648	0,582
2.Toprak	0,660	0,632	0,555	0,610	0,640	0,686
3.Toprak	0,697	0,710	0,650	0,590	0,610	0,589
4.Toprak	0,612	0,586	0,650	0,648	0,640	0,560
5.Toprak	0,602	0,582	0,625	0,624	0,590	0,584
6.Toprak	0,697	0,610	0,642	0,620	0,612	0,550
1.1.Tank	0,742	0,745	0,642	0,724	0,712	0,676
1.2.Tank	0,712	0,680	0,745	0,690	0,716	0,724
2.1.Tank	0,694	0,720	0,756	0,720	0,710	0,694
2.2.Tank	0,724	0,726	0,710	0,680	0,695	0,723
3.1.Tank	0,700	0,680	0,651	0,690	0,712	0,740
3.2.Tank	0,740	0,710	0,715	0,640	0,740	0,710

EK 10. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin K içerikleri (%) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	2,423	2,420	2,046	2,130	2,150	2,260
2.Toprak	2,320	2,360	2,340	2,400	2,120	2,220
3.Toprak	2,230	2,210	2,230	2,420	2,360	2,340
4.Toprak	2,320	2,120	2,126	2,250	2,510	2,400
5.Toprak	2,420	2,134	2,260	2,345	2,540	2,310
6.Toprak	2,348	2,500	2,450	2,410	2,120	2,170
1.1.Tank	2,540	2,610	2,420	2,350	2,560	2,420
1.2.Tank	2,540	2,438	2,360	2,420	2,456	2,428
2.1.Tank	2,560	2,430	2,420	2,310	2,340	2,415
2.2.Tank	2,640	2,520	2,460	2,560	2,430	2,380
3.1.Tank	2,450	2,420	2,358	2,520	2,310	2,426
3.2.Tank	2,650	2,560	2,250	2,320	2,450	2,380

EK 11. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin Ca içerikleri (%) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	3,650	3,680	3,420	3,530	3,610	3,562
2.Toprak	3,510	3,620	3,456	3,560	3,450	3,540
3.Toprak	3,620	3,460	3,456	3,458	3,426	3,454
4.Toprak	3,340	3,240	3,426	3,248	3,240	3,426
5.Toprak	3,256	3,426	3,428	3,510	3,260	3,284
6.Toprak	3,423	3,421	3,350	3,464	3,442	3,354
1.1.Tank	4,402	4,538	4,107	4,134	4,127	4,020
1.2.Tank	4,090	4,120	4,260	4,450	4,405	4,128
2.1.Tank	4,132	4,250	4,230	4,256	4,450	4,410
2.2.Tank	4,210	4,457	4,470	4,125	4,238	4,280
3.1.Tank	4,320	4,384	4,258	4,536	4,258	4,438
3.2.Tank	4,560	4,520	4,380	4,468	4,426	4,324

EK 12. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin Mg içerikleri (%) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	0,757	0,747	0,783	0,707	0,786	0,742
2.Toprak	0,786	0,749	0,750	0,756	0,740	0,760
3.Toprak	0,756	0,784	0,755	0,750	0,710	0,774
4.Toprak	0,715	0,760	0,742	0,756	0,762	0,763
5.Toprak	0,756	0,710	0,756	0,745	0,745	0,705
6.Toprak	0,720	0,730	0,716	0,721	0,708	0,710
1.1.Tank	0,760	0,755	0,780	0,768	0,810	0,786
1.2.Tank	0,766	0,759	0,764	0,758	0,790	0,780
2.1.Tank	0,785	0,762	0,752	0,764	0,767	0,764
2.2.Tank	0,763	0,758	0,754	0,786	0,754	0,762
3.1.Tank	0,762	0,762	0,762	0,754	0,766	0,756
3.2.Tank	0,754	0,772	0,756	0,754	0,752	0,786

EK 13. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin Na içerikleri (%) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	0,862	0,874	0,863	0,936	0,911	0,862
2.Toprak	0,823	0,876	0,868	0,860	0,720	0,850
3.Toprak	0,862	0,851	0,924	0,899	0,850	0,811
4.Toprak	0,864	0,856	0,848	0,708	0,839	0,851
5.Toprak	0,840	0,913	0,888	0,839	0,800	0,853
6.Toprak	0,845	0,837	0,697	0,745	0,841	0,812
1.1.Tank	0,515	0,575	0,516	0,525	0,526	0,541
1.2.Tank	0,616	0,651	0,679	0,513	0,573	0,514
2.1.Tank	0,523	0,524	0,539	0,614	0,649	0,677
2.2.Tank	0,543	0,603	0,544	0,553	0,554	0,569
3.1.Tank	0,644	0,579	0,607	0,620	0,552	0,551
3.2.Tank	0,642	0,677	0,585	0,588	0,550	0,549

EK 14. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin Fe içerikleri (mg kg^{-1}) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	255,338	213,140	234,649	194,986	252,542	269,802
2.Toprak	254,723	253,401	211,366	264,521	256,231	234,560
3.Toprak	250,104	207,906	229,415	189,752	247,308	264,568
4.Toprak	249,489	248,167	206,132	259,287	250,997	229,326
5.Toprak	250,421	247,521	213,540	246,890	251,421	231,450
6.Toprak	251,656	248,756	204,775	238,125	212,656	222,685
1.1.Tank	209,436	199,960	218,162	219,671	218,820	179,348
1.2.Tank	194,410	182,132	186,316	204,560	185,421	201,456
2.1.Tank	226,466	176,994	180,210	175,460	201,230	203,521
2.2.Tank	180,560	165,421	201,456	195,560	194,562	206,666
3.1.Tank	198,560	187,560	178,206	163,067	199,102	229,671
3.2.Tank	228,820	179,348	198,560	201,235	227,317	178,960

EK 15. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin Zn içerikleri (mg kg^{-1}) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	84,324	83,500	64,613	67,213	77,266	79,142
2.Toprak	69,469	55,942	57,055	71,989	58,462	59,575
3.Toprak	73,799	60,272	61,385	69,733	79,786	81,662
4.Toprak	71,543	81,596	83,472	86,844	86,020	67,133
5.Toprak	88,654	87,830	68,943	85,420	84,560	75,670
6.Toprak	72,560	82,561	69,850	72,550	74,523	85,542
1.1.Tank	110,234	103,585	105,214	103,502	102,845	110,939
1.2.Tank	107,521	110,741	103,251	108,745	99,567	100,230
2.1.Tank	104,396	109,890	100,712	101,375	111,379	104,730
2.2.Tank	106,359	104,647	103,990	112,084	108,666	111,886
3.1.Tank	98,815	108,819	102,170	109,524	106,106	109,326
3.2.Tank	101,836	107,330	98,152	103,799	102,087	101,430

EK 16. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin Mn içerikleri (mg kg^{-1}) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	175,237	161,509	153,164	160,989	152,644	174,717
2.Toprak	166,677	152,949	144,604	152,429	164,084	166,157
3.Toprak	168,257	154,529	146,184	154,009	155,664	167,737
4.Toprak	159,697	145,969	157,624	145,449	147,104	159,177
5.Toprak	161,497	147,769	139,424	147,249	158,904	160,977
6.Toprak	152,937	139,209	130,864	138,689	130,344	152,417
1.1.Tank	109,622	98,838	95,823	102,737	96,816	102,417
1.2.Tank	102,659	102,656	97,546	101,230	104,325	101,622
2.1.Tank	112,838	97,823	105,737	98,816	104,417	94,839
2.2.Tank	115,836	94,726	98,410	96,505	96,392	101,608
3.1.Tank	102,593	108,507	96,586	99,187	102,289	93,286
3.2.Tank	104,176	100,860	103,955	104,560	99,230	97,124

EK 17. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin Cu içerikleri (mg kg^{-1}) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	12,112	15,040	15,028	12,327	12,593	12,605
2.Toprak	12,795	11,406	11,982	14,910	14,898	12,197
3.Toprak	12,463	12,475	12,665	11,276	11,977	14,905
4.Toprak	14,893	12,192	12,458	12,470	12,660	11,271
5.Toprak	11,989	14,917	14,905	12,204	12,470	12,482
6.Toprak	12,672	11,283	11,220	11,320	11,450	12,560
1.1.Tank	13,199	13,121	13,572	14,560	14,250	15,420
1.2.Tank	13,429	13,351	13,802	14,790	14,480	15,650
2.1.Tank	15,105	15,093	12,392	12,658	12,670	12,860
2.2.Tank	12,922	14,533	13,470	14,570	11,700	12,810
3.1.Tank	15,122	15,110	12,409	12,675	12,687	12,877
3.2.Tank	15,134	15,122	12,421	13,251	13,521	14,523

EK 18. Akuaponik sistem ile geleneksel toprak yetiştiriciliği yönteminin brokoli fidesinin B içerikleri (mg kg^{-1}) üzerine etkileri

Yetiştirme Ortamları	Paraleller					
1.Toprak	22,847	27,548	31,154	28,754	24,854	29,743
2.Toprak	26,114	26,085	25,334	30,946	27,317	27,288
3.Toprak	26,537	22,847	27,548	31,154	26,114	26,085
4.Toprak	25,334	32,357	29,957	26,057	28,754	24,854
5.Toprak	29,743	24,050	28,751	27,105	26,354	23,867
6.Toprak	28,568	27,557	32,174	27,134	25,469	27,456
1.1.Tank	31,145	33,356	29,857	27,771	26,660	28,883
1.2.Tank	23,164	33,489	32,574	26,520	36,845	35,930
2.1.Tank	29,889	32,100	28,601	33,380	35,591	32,092
2.2.Tank	30,006	28,895	31,118	34,501	36,712	33,213
3.1.Tank	26,515	25,404	27,627	25,399	35,724	34,809
3.2.Tank	31,908	32,233	31,318	31,127	30,016	32,239

EK 19. Deneme süresince kontrol tankındaki su kalitesi parametreleri

Gün	Sıcaklık ^{o}C	DO mg kg^{-1}	pH	Tuzluluk psu	EC µS cm^{-1}	Bulanıklık NTU
1	19,5	4,11	8,5	0,14	242	2,95
2	20,4	6,34	7,5	0,14	259	1,77
3	22,0	7,02	7,75	0,14	271	0,77
4	22,7	6,89	7,54	0,14	284	0,87
5	22,4	7,00	7,79	0,14	284	1,11
6	22,5	6,95	7,75	0,15	294	1,36
7	22,5	6,87	7,88	0,15	299	1,64
8	22,5	6,9	8,25	0,15	302	1,66
9	22,4	6,64	8,09	0,15	300	1,65
10	22,6	6,91	7,82	0,15	294	1,34
11	22,2	6,96	7,82	0,15	299	1,34
12	22,2	6,97	7,79	0,16	302	1,01
13	22,0	6,80	8,07	0,16	304	0,9
14	22,2	7,02	7,56	0,16	310	0,79
15	21,2	7,22	7,69	0,16	309	0,71
16	21,5	7,35	7,60	0,16	319	0,50
17	21,9	7,02	7,58	0,17	324	0,57
18	22,0	7,06	7,76	0,17	332	0,45
19	22,0	7.00	7,87	0,17	338	0,44
20	21,4	7,22	7,85	0,18	338	0,43
21	21,1	7,26	7,88	0,18	339	0,44
22	21,7	7,21	8,00	0,18	352	0,51
23	21,5	7,67	7,75	0,18	343	0,33
24	21,3	6,99	7,25	0,18	353	0,34

EK 19. Deneme süresince kontrol tankındaki su kalitesi parametreleri (devam)

Gün	Sıcaklık ^{o}C	DO mg kg^{-1}	pH	Tuzluluk psu	EC µS cm^{-1}	Bulanıklık NTU
25	22,5	6,91	7,50	0,18	363	0,54
26	22,3	6,93	7,30	0,19	373	0,52
27	22,3	7,14	7,60	0,19	371	0,39
28	21,0	7,00	7,61	0,19	370	0,42
29	20,3	7,35	7,76	0,20	370	0,35
30	20,0	7,30	7,53	0,19	359	0,33
31	20,6	7,23	7,77	0,19	364	0,35
32	21,8	6,53	7,36	0,20	386	1,92
33	20,9	7,10	7,44	0,20	383	0,47
34	21,1	7,14	7,32	0,20	389	0,54
35	21,4	7,23	7,40	0,21	397	0,57
36	20,5	7,08	7,79	0,21	405	0,51
37	21,1	6,97	7,27	0,21	391	0,66
38	20,9	7,08	7,47	0,21	401	0,74
39	21,5	6,87	7,70	0,21	413	0,80
40	21,0	6,99	7,77	0,22	421	0,61
41	20,3	7,20	7,58	0,22	414	0,68
42	20,7	7,18	7,76	0,23	428	0,57
43	20,8	7,03	7,64	0,23	435	0,49
44	21,0	6,98	7,54	0,23	435	0,54
45	21,3	6,94	7,78	0,23	438	0,33
46	20,8	7,09	7,62	0,23	446	0,32
47	21,3	7,03	7,36	0,24	453	0,33
48	20,7	6,91	7,58	0,24	460	0,27

EK 20. Deneme süresince 1. akuaponik tankındaki su kalitesi parametreleri

Gün	Sıcaklık ^{o}C	DO mg kg^{-1}	pH	Tuzluluk psu	EC µS cm^{-1}	Bulanıklık NTU
1	19,6	4,56	7,15	0,14	267	5,4
2	20,6	6,76	7,18	0,14	267	1,73
3	23,5	6,9	7,43	0,14	282	0,79
4	24,2	6,79	7,36	0,14	290	0,69
5	23,7	6,78	7,99	0,14	293	0,59
6	23,5	6,81	7,66	0,15	302	0,45
7	23,6	6,80	7,69	0,15	304	0,40
8	23,3	6,77	7,92	0,15	303	0,45
9	23,8	6,42	7,68	0,15	305	0,63
10	23,8	6,72	7,76	0,15	312	0,55
11	23,5	6,75	7,64	0,15	314	0,69
12	23,1	6,73	7,59	0,16	317	0,59
13	22,9	6,11	7,82	0,16	318	0,84
14	23,2	6,40	7,59	0,16	326	0,61
15	22,1	5,37	7,43	0,16	324	0,82
16	22,9	6,85	7,56	0,17	337	0,54
17	22,9	6,73	7,54	0,17	344	0,55
18	23,4	6,66	7,76	0,18	355	0,47
19	23,5	6,78	7,73	0,18	360	0,43
20	22,6	6,93	7,74	0,18	361	0,34
21	22,2	6,99	7,74	0,19	355	0,51
22	22,4	6,78	7,87	0,19	377	0,32
23	22,4	6,75	7,64	0,18	358	0,33
24	22,5	6,68	7,30	0,18	368	0,43

EK 20. Deneme süresince 1. akuaponik tankındaki su kalitesi parametreleri (devam)

Gün	Sıcaklık ^{o}C	DO mg kg^{-1}	pH	Tuzluluk psu	EC µS cm^{-1}	Bulanıklık NTU
25	23,6	6,51	7,48	0,19	377	0,34
26	23,8	6,60	7,38	0,19	390	0,50
27	23,8	6,67	7,42	0,20	391	0,37
28	22,2	6,57	7,48	0,20	389	0,52
29	21,5	6,95	7,74	0,20	384	0,35
30	20,7	6,73	7,38	0,19	374	0,65
31	22,0	6,54	7,50	0,20	382	0,39
32	22,2	6,50	7,47	0,20	388	0,74
33	22,4	6,95	7,34	0,20	390	0,44
34	22,1	7,00	7,40	0,20	401	0,46
35	22,5	6,96	7,47	0,21	404	0,44
36	21,9	7,03	7,70	0,21	413	0,51
37	22,5	6,70	7,39	0,20	390	0,38
38	22,2	6,82	7,56	0,20	403	0,48
39	23,1	6,56	7,43	0,21	415	0,51
40	22,8	6,69	7,64	0,21	424	0,68
41	21,8	5,69	7,29	0,22	421	1,40
42	21,7	6,83	7,67	0,23	431	0,87
43	22.0	6,70	7,35	0,23	439	0,72
44	22,3	6,74	7,43	0,22	427	0,55
45	22,5	6,45	7,57	0,22	431	0,72
46	22,0	6,90	7,47	0,23	445	0,59
47	22,3	6,78	7,48	0,23	453	0,62
48	22,1	6,59	7,75	0,21	404	0,55

EK 21. Deneme süresince 2. akuaponik tankındaki su kalitesi parametreleri

Gün	Sıcaklık ^{o}C	DO mg kg^{-1}	pH	Tuzluluk psu	EC µS cm^{-1}	Bulanıklık NTU
1	19,6	6,08	7,14	0,14	263	4,76
2	20,1	6,86	7,3	0,14	270	1,64
3	23,5	6,85	7,36	0,14	284	0,78
4	24,1	6,83	7,37	0,14	291	0,89
5	23,6	6,90	7,81	0,14	294	0,78
6	23,7	6,96	7,74	0,15	301	0,79
7	23,9	6,83	7,7	0,15	304	0,63
8	23,8	6,86	7,84	0,15	304	0,52
9	23,7	6,66	7,42	0,15	307	0,51
10	23,9	6,86	7,56	0,15	313	0,38
11	23,5	6,96	7,77	0,15	314	0,38
12	23,2	6,87	7,58	0,16	316	0,43
13	23,1	6,10	7,62	0,16	319	0,65
14	23,3	6,84	7,52	0,16	325	0,50
15	22,1	5,76	7,37	0,16	324	0,77
16	22,8	6,94	7,54	0,17	335	0,57
17	23,3	6,82	7,35	0,17	343	0,61
18	23,4	6,81	7,69	0,17	350	0,58
19	23,2	6,89	7,67	0,18	357	0,63
20	22,7	6,99	7,77	0,18	360	0,76
21	22,4	6,88	7,67	0,19	355	0,37
22	22,4	6,88	7,87	0,19	374	0,50
23	22,8	6,93	7,66	0,18	356	0,43
24	22,7	6,90	7,20	0,18	366	0,39

EK 21. Deneme süresince 2. akuaponik tankındaki su kalitesi parametreleri (devam)

Gün	Sıcaklık ^{o}C	DO mg kg^{-1}	pH	Tuzluluk psu	EC µS cm^{-1}	Bulanıklık NTU
25	23,7	6,74	7,3	0,19	378	0,43
26	23,9	6,79	7,32	0,19	388	0,32
27	23,6	6,98	7,32	0,20	390	0,35
28	22,3	6,84	7,59	0,20	391	0,42
29	21,4	7,14	7,37	0,20	392	0,32
30	21,4	6,91	7,29	0,19	382	0,33
31	22,0	6,88	7,35	0,20	385	0,51
32	22,1	6,56	7,27	0,20	386	1,03
33	22,7	6,87	7,59	0,20	393	0,43
34	22,1	7,05	7,43	0,20	404	0,34
35	22,4	7,03	7,42	0,21	411	0,40
36	21,9	6,99	7,68	0,21	420	0,43
37	22,4	6,81	7,39	0,21	400	0,47
38	22,5	6,94	7,46	0,21	416	0,51
39	22,5	6,70	7,43	0,21	426	0,56
40	22,9	6,74	7,60	0,22	439	0,55
41	22,1	6,25	7,25	0,22	435	0,72
42	22,1	6,96	7,62	0,23	448	0,40
43	22.0	6,89	7,35	0,23	455	0,33
44	22,3	6,90	7,46	0,23	453	0,26
45	22,4	6,78	7,37	0,23	461	0,24
46	22,3	6,98	7,54	0,24	471	0,34
47	22,6	6,90	7,39	0,25	483	0,35
48	22,5	6,77	7,40	0,25	494	0,28

EK 22. Deneme süresince 3. akuaponik tankındaki su kalitesi parametreleri

Gün	Sıcaklık ^{o}C	DO mg kg^{-1}	pH	Tuzluluk psu	EC µS cm^{-1}	Bulanıklık NTU
1	19,6	4,49	7,04	0,14	270	5,69
2	20,3	6,69	7,33	0,14	269	2,31
3	23,4	6,68	7,69	0,14	286	0,77
4	24.0	6,68	7,59	0,14	295	0,81
5	23,7	6,70	7,84	0,15	300	0,77
6	23,7	6,73	7,69	0,15	307	0,63
7	23,9	6,65	7,66	0,15	310	0,64
8	23,8	6,63	7,75	0,15	311	0,46
9	23,5	5,93	7,28	0,15	308	0,91
10	23,9	6,74	7,54	0,15	313	0,99
11	23,6	6,70	7,59	0,16	318	0,72
12	23,3	6,78	7,67	0,16	323	0,83
13	23,0	5,47	7,48	0,16	321	1,23
14	23,2	6,73	7,42	0,16	327	0,83
15	22,0	4,95	7,37	0,16	323	1,17
16	23,0	6,62	7,59	0,17	339	0,95
17	23,4	6,45	7,48	0,17	346	1,35
18	23,4	6,34	7,6	0,17	353	0,84
19	23,5	6,38	7,48	0,18	361	0,71
20	22,6	6,63	7,72	0,18	363	0,54
21	22,3	6,61	7,69	0,19	360	0,54
22	22,4	6,55	7,78	0,19	380	0,54
23	22,5	3,83	7,46	0,18	343	0,55
24	22,8	6,79	7,2	0,18	366	0,56

EK 22. Deneme süresince 3. akuaponik tankındaki su kalitesi parametreleri (devam)

Gün	Sıcaklık ^{o}C	DO mg kg^{-1}	pH	Tuzluluk psu	EC µS cm^{-1}	Bulanıklık NTU
25	23,9	6,72	7,33	0,18	390	0,53
26	23,9	6,72	7,28	0,19	397	0,16
27	23,5	6,82	7,26	0,20	399	0,46
28	22,0	4,12	7,38	0,20	396	0,72
29	21,5	6,94	7,43	0,21	398	0,54
30	21,2	3,40	7,01	0,20	389	1,31
31	21,8	6,71	7,34	0,21	399	1,05
32	21,5	3,36	7,14	0,20	394	2,29
33	22,8	6,67	7,42	0,21	406	0,97
34	22,3	6,75	7,41	0,21	414	0,41
35	22,6	6,47	7,34	0,21	417	0,37
36	22,1	6,64	7,52	0,22	427	0,35
37	22,4	6,61	7,33	0,21	418	0,42
38	22,6	6,69	7,4	0,22	434	0,35
39	23,4	6,46	7,36	0,22	444	0,39
40	22,9	6,48	7,57	0,23	457	0,36
41	22,2	5,73	7,15	0,23	450	0,44
42	22,4	6,67	7,55	0,24	465	0,38
43	22,2	6,54	7,22	0,24	463	0,37
44	22,4	6,45	7,42	0,24	468	0,42
45	22,5	6,43	7,32	0,24	477	0,32
46	22,4	6,44	7,44	0,25	488	0,27
47	22,8	6,47	7,37	0,25	503	0,28
48	22,5	5,35	7,29	0,26	509	0,41

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yasemin Canan AKSOY

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 08.11.1978

Medeni Hali : Bekâr

Yabancı Dili : İngilizce

Adres : Doğuş mah. Bağlar cad. 114/16 Çankaya/Ankara

Telefon No : 0 534 842 82 12

E-Posta : ycaksoy@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ankara 50. Yıl Lisesi, 1995

Lisans : Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Teknolojisi Toprak Bölümü, 2006

Yüksek Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı, 2020

Yayınları

1. Çiçek Atikmen, N. and Aksoy, Y.C. 2018. The concept of permaculture in turkey and the world. Ecology 2018, Kastamonu. Sayfa 250, 19-23 June 2018.

2. Çiçek Atikmen, N., Ozen, A., Aksoy, Y.C. 2018. How to choose the right aquaponics system. Ecology 2018. Kastamonu, Sayfa 890, 19-23 June 2018

3. Çiçek Atikmen, N., Ozen, A., Aksoy, Y.C., 2019. Impact of the growth and development of broccoli *(Brassica oleraceae* L.*)* seedlings on the water quality of a small scale aquoponic system (Oral Presentation). 2. Uluslararası Limnoloji ve Tatlısu Balıkçılığı Sempozyumu (Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries LimnoFish'2019) 3-5 Eylül 2019.

4. Çiçek Atikmen, N., Ozen, A., Aksoy, Y.C., 2019. Fish health in aquaponic systems: recommendations for beginners from our experiences (Poster). 2. Uluslararası Limnoloji ve Tatlısu Balıkçılığı Sempozyumu (Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries LimnoFish'2019) 3-5 Eylül 2019.