Akuaponik ve Hidroponik Sistemlerde Yetiştirilen *Salvia officinalis* L. (Adaçayı) Bitkisinde Bazı Fizyolojik Çalışmalar

Şafak Zeybek

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalı

Ocak 2023

Some Physiological Studies on *Salvia officinalis* L. (Sage) Grown in Aquaponic and Hydroponic Systems

Şafak Zeybek

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Biology

January 2023

Akuaponik ve Hidroponik Sistemlerde Yetiştirilen *Salvia officinalis* L.. (Adaçayı) Bitkisinde Bazı Fizyolojik Çalışmalar

Şafak Zeybek

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Biyoloji Anabilim Dalı
Botanik Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Murat Ardıç

Ocak 2023

ONAY

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Şafak Zeybek'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Akuaponik ve Hidroponik Sistemlerde Yetiştirilen Salvia officinalis L.. (Adaçayı) Bitkisinde Bazı Fizyolojik Çalışmalar" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman **:** Prof. Dr. Murat ARDIÇ

İkinci Danışman **:** -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Murat ARDIÇ

Üye : Doç. Dr. Gülçin IŞIK

Üye : Doç. Dr. Okan SEZER

Üye : [Jüri Üyesini yazmak için tıklayın]

Üye : [Jüri Üyesini yazmak için tıklayın]

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Murat ARDIÇ danışmanlığında hazırlamış olduğum "Akuaponik ve Hidroponik Sistemlerde Yetiştirilen *Salvia officinalis* L.. (Adaçayı) Bitkisinde Bazı Fizyolojik Çalışmalar" başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde yazmış verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etil ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 06/01/2023

Şafak Zeybek

İmza

ÖZET

Bu çalışmada hem dünyada hem de ülkemizde kullanımı her geçen gün artan iki farklı akuakültür sistemi olan akuaponik ve hidroponik sistemlerde yetiştirilen tıbbi ve aromatik bir bitki olan adaçayı bitkisinin (*Salvia officinalis* L. (1753)) cevapları incelenmiştir. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerin karşılaştırılabilmesi için kontrol grubu olarak arazi toprağı bulunan saksılara ekilen bitkiler kullanılmıştır. Akuaponik sistemde balık türü olarak *Carassius auratus* (Linneus, 1758), hidroponik sistemde ise Hoagland çözeltisi kullanılmıştır. Çalışma boyunca akuaponik ve hidroponik sistemlerde bulunan balık, bakteri ve bitki besleme tanklarının pH, EC, sıcaklık ve çözünmüş oksijen değerleri periyodik olarak ölçülmüştür. Çalışma süresinde periyodik olarak bitkilerin bitkisel indeks analizleri ve SPAD değerleri ölçülmüş, çalışma sonunda ise morfolojik analizleri ile klorofil a, klorofil b ve total klorofil ölçümleri yapılmıştır. Tüm bu veriler istatistik programlarında işlenerek analiz edilmiştir.

Yapılan tüm analizler ve ortaya çıkan sonuçlar ele alındığında akuaponik sistemde yetiştirilen adaçaylarının birçok morfolojik ve indeks analizinde diğer bitki yetiştirme ortamlarından daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüş olsa da özellikle klorofil ve buna bağlı analizlerde son derece akuaponik sistemin son derece yetersiz kaldığı görülmüştür. Hidroponik sistemde yetiştirilen bitkilerin ise diğer sistemlerin uzağında kaldığı ve adaçayı yetiştiriciliği için optimum koşulları sağlayamadığı görülmektedir. Akuaponik, hidroponik ve geleneksel tarım sistemlerde yetiştirilen *Salvia officinalis* L. bitkisinden karşılaştırılmasından elde edilen sonuçların, gelecekte benzer çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Adaçayı, Salvia officinalis, Akuaponik, Hidroponik, Topraksız Tarım

SUMMARY

In this study, the responses of a medicinal and aromatic plant, sage (*Salvia officinalis* L. (1753)), grown in two different aquaculture systems, aquaponic and hydroponic, which are increasingly used in both the world and our country, were examined. To compare the plants grown in different cultivation environments, plants grown in pots with field soil were used as the control group. Carassius auratus (Linneus, 1758) was used as a fish species in the aquaponic system and Hoagland solution was used in the hydroponic system. During the study, the pH, EC, temperature and dissolved oxygen values of the fish, bacteria and plant feeding tanks in the aquaponic and hydroponic systems were measured periodically. During the study, the plant indices were measured periodically and the SPAD values were measured at the end of the study. Morphological analyses and chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll measurements were also made. All of this data was processed and analyzed using statistical software.

When all the analyses conducted and the results obtained are considered, it has been observed that the rosemary grown in the aquaponic system provides more positive results in many morphological and index analyses compared to other plant growing environments, but it has been seen that the aquaponic system is highly inadequate, especially in terms of chlorophyll and related analyses. Plants grown in hydroponic systems, on the other hand, fall far behind other systems and cannot provide optimum conditions for rosemary cultivation. The results obtained from the comparison of Salvia officinalis L. plants grown in aquaponic, hydroponic, and traditional agricultural systems are thought to shed light on future similar studies.

Keywords: Common sage, Salvia officinalis, Aquaponic, Hydroponic, Soilless Agriculture

TEŞEKKÜR

Tüm yüksek lisans hayatım ve çalışmalarım esnasında yardımlarını ve değerli bilgilerini benden esirgemeyip her zaman bana yol gösteren çok değerli danışmanın sayın Prof. Dr. Murat ARDIÇ'a, görüşleri, önerileri ve bilgileri ile her zaman yanımda olan hocam sayın Prof. Dr. Murat OLGUN'a, çalışmalarım sırasında her zaman desteklerini gördüğüm sayın hocam İsmühan POTOĞLU ERKARA'ya, gerek laboratuvar çalışmalarımda gerekse analiz kısmında hiçbir zaman destek ve bilgilerini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Okan SEZER'e, özellikle sistemlerde kullanılan balıklar hakkında her sorumu ve kafama takılanı yanıtlayan sayın hocalarım Prof. Dr. Özgür EMİROĞLU ve Doç. Dr. Sadi AKSU'ya, hem tez çalışmalarım konusunda hem de yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olan ve desteğini her zaman hissettiğim çok kıymetli ağabeyim Dr. Sercan BAŞKURT'a, çalışmalarım hakkında sıkça fikir alışverişi yaptığım değerli dostum Oğuzcan MOL'e, analizlerim sırasında bilgilerini benden esirgemeyen Bahar Gülce KORKMAZ KAHVECİ'ye ve son olarak bugünlere gelmemi sağlayan, maddi manevi hiçbir desteklerini benden esirgemeyen sevgili annem ve babam Nilüfer ve Mustafa ZEYBEK'e ayrıca biricik kardeşim Tuana ZEYBEK'e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **vi**
SUMMARY ..... **vii**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **x**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xi**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xii**
1 GİRİŞ ve AMAÇ **1**
2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **3**
3 MATERYAL VE YÖNTEM **14**
4 BULGULAR VE TARTIŞMA **18**
4.1 Su Analizleri 18
4.2 Bitkilerin morfolojik ve klorofil analizleri 21
4.2.1 Yapılan analizlerin ortalamaları 21
4.2.2 Yapılan analizlerin varyans analiz sonuçları 23
4.3 Korelasyon analizi sonuçları 25
4.4 Uçucu Yağ Analizleri Sonuçları 27
4.5 Bitkisel İndeks Analizleri Sonuçları 28
5 SONUÇ VE ÖNERİLER **38**
KAYNAKLAR DİZİNİ **42**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

3.1 Kontrol grubu ekimleri 15
3.2 Akuaponik-hidroponik sistemler kurulum (Üst kat hidroponik, alt kat akuaponik sistem olarak kullanılmıştır) 15
3.3 Akuaponik sistemde bitki besleme-bakteri ve balık tankları 16
3.4 Boy- ağırlık ölçümleri için hazırlanmış bitkiler 17
3.5 Bitki Boy Ölçümleri 17

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.1 Su Analizleri 18
4.2 Su Analizleri (devamı) 19
4.3 Su Analizleri (devamı) 19
4.4 Sistemlerde yetiştirilen bitkilerden elde edilen örneklerin morfolojik yönden karşılaştırılması 21
4.5 Sistemlerde yetiştirilen bitkilerden elde edilen örneklerin morfolojik yönden karşılaştırılması (devamı) 22
4.6 Varyans analiz tablosu 23
4.7 Korelasyon analizi sonuçları 25
4.8 Uçucu yağ analizi sonuçları 27
4.9 Birinci bitkisel indeks analizi sonuçları 29
4.10 İkinci bitkisel indeks analizi sonuçları 30
4.11 Üçüncü bitkisel indeks analizi sonuçları 31
4.12 Dördüncü bitkisel indeks analizi sonuçları 32
4.13 Beşinci bitkisel indeks analizi sonuçları 33
4.14 Altıncı bitkisel indeks analizi sonuçları 34
4.15 Yedinci bitkisel indeks analizi sonuçları 35
4.16 Sekizinci bitkisel indeks analizi sonuçları 36

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
µs/cm	Mikrosiemens/santimetre
cm	Santimetre
ºC	Santigrad derece
mg	Miligram
g	Gram
ns	Not significant
ml	Mililitre
L	Litre

1 GİRİŞ ve AMAÇ

Günümüz dünyasında artan sanayileşme neticesinde meydana gelen hava ve toprak kirliliğine bağlı olarak gelişen küresel ısınma ve toprak kirliliği, tarım yapılan alanları ve buna bağlı olarak tarımsal üretimi geçmiş dönemlere göre son derece azaltmıştır. Atmosferin kirlenmesi, sanayi üretiminin atıklarının suya karışması sebebiyle tarımsal alanlar her geçen gün elverişsiz hale gelmektedir. Son yarım yüzyıldır üreticiler, sanayileşmenin oluşturduğu bu olumsuz şartları bertaraf edebilmek adına, kimyasal ve sentetik gübrelere yönelmektedir. Ancak bu yönelim sularda ötrofikasyona neden olmakla birlikte, toprağın gerek mikroflorasının gerekse fizikokimyasal yapısının geri dönülemeyecek şekilde bozunmasını hızlandırmaktadır. Tarım alanlarındaki toprağın hem atmosfer ile dengesinin bozulması hem de ötrofikasyona uğrayan sular sebebiyle toprak/tarım kalitesi düşmesi ve buna bağlı olarak bitki ve insan sağlığının devamlılığı için son derece büyük sorunlara yol açtığı bir gerçektir (Sönmez vd., 2008).

Dünyada sanayileşme yalnızca atmosfer ve toprak sağlığını değil insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Sentetik ve yarı sentetik ilaçların üretiminin artması insan sağlığını ve vücut dengesini değiştirmektedir. Özellikle son dönemde yapılan çalışmalar göstermiştir ki sentetik ve yarı sentetik ilaçların kullanımı insanlar üzerinde medikal ve ekonomik sorunları da yanında getirmektedir. Bu sorunlar neticesinde de insanlar özellikle son zamanlarda tıbbi bitkiler ile tedavi tekrar popüler hale gelmiştir (Özbek, 2005).

Salvia officinalis L. (1753) dünyada insanlığın neredeyse tüm devirlerinde tıbbi bir bitki olarak kullanıldığı bilinmektedir. Doğal yayılış alanı olarak ülkemiz toprakları dahil olmak üzere, Avrupa kıtasının büyük bir çoğunluğu ve kuzey Amerika'nın bir kısmı ve güney Amerika'nın küçük bir kısmı olarak gösterilebilmektedir (Güner ve vd.., 2012). Ülkemizde 100'e yakın taksonu bulunan Salvia türlerinin 53 tanesinin endemik olduğu bildirilmiştir (Celep vd., 2020). 2012 yılından itibaren ülkemizdeki adaçayı üretimine bakıldığında ekiliş alanları arttığı gibi üretim miktarları ve buna bağlı olarak verim (kg/da) da artmaktadır. 2012 yılında 54 dekar ekiliş alanı bulurken 2019 yılında 5602 dekara kadar

çıkmıştır. Aynı şekilde 2012 yılında ülkemizde adaçayı üretim miktarı 7 ton iken 2019 yılında bu miktar 1233 tona kadar ulaşmıştır (TÜİK, 2020).

Topraksız bir ortamda genellikle su ve bazı besinler kullanılarak bitki yetiştirilmesine genel olarak topraksız tarım ismi verilmektedir. Akuakültür adı ile de anılan bu sistemler genellikle ana sistem olan hidroponik sistemin çeşitli varyasyonlarından oluşmaktadır. Akuakültür sistemleri sirküle sistemlerdir. Hidroponik sistemlerde hazırlanan besinler belirli zamanlarda sistem içerisinde gezdirilirken, akuaponik sistemde ise balıklar ve bakteriler sisteme dahil olmaktadır. Akuaponik sistemlerde balıkların gübresi bakteriler ile bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürülür. Bu sayede doğal bir döngü sağlanırken hem balık hem bitki üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Yapılan bu çalışmada *Salvia officinalis* L. (1753) (Adaçayı) bitkisinin topraksız bitki yetiştirme sistemleri olan akuaponik, hidroponik sistemlerde yetiştirilmesi ve hem morfolojik hem de fizyolojik içeriklerinin belirlenip geleneksel tarım yöntemi ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Dünyada artan sanayileşme neticesinde özellikle son yarım yüzyılda canlı hayatını olumsuz etkileyecek birçok etken ortaya çıkmaktadır. Özellikle son yıllarda dünya kamuoyunun sıklıkla dile getirdiği küresel ısınma, bu sorunların en önemlilerinden birisi olarak görülmektedir. Küresel ısınma neticesinde değişen iklim şartları birçok canlıyı olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle bitkiler bu durumdan olumsuz etkilenmektedir. Artan sanayileşme ile yalnızca atmosferin değil toprağın da etkilendiği bilinmektedir. Fosil yakıtların her geçen gün daha da kullanılması atmosferi ve toprağı son derece olumsuz etkilemektedir. Dünya üzerinde kullanılan enerji kaynaklarının %33'ü petrol, %30'u kömür, %24'ü doğalgazdır. Bu oranlar bizlere göstermektedir ki dünyada kullanılan birincil enerji kaynaklarının %87'si yenilenemez enerji kaynaklarıdır (BP, 2015).

Dünyamızda her geçen gün etkisini daha fazla hissettiren sera etkisi küresel ısınmaya neden olmakta ve buna bağlı olarak da iklimler ve mevsim normalleri hızla değişmektedir. Mevsimlerin değişmesi ise tarım yapılan alanların ortalama sıcaklara bağlı olarak tarımsal yeterliliklerini kaybetmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda köylerden kentlere artan göç oranı nedeniyle de tarımsal üretim son derece etkilenmektedir (Korkmaz, 2007).

Bitkisel kaynaklı ilaç sanayisinin gelişiminde sentetik ilaçların insan sağlını olumsuz etkilemesinin rolü oldukça büyüktür. Bu sebeple tıbbi bitkilerin değerinin tekrar artması kaçınılmaz olmuştur. Son yarım yüzyıldır insanların kontrolsüz şekilde sentetik ilaç kullanmaları sebebiyle patojenler sentetik ilaçlara karşı direnç geliştirmiş ve sentetik ilaçlar etkilerini hızla kaybetmeye başlamıştır. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki patojenler, kullanılan sentetik ilaçlara karşı yeni suşlar geliştirmekte ve bu suşlar ilaçlara direnç göstermektedir. Bu nedenle insanların sentetik ilaçlardansa bitkiler ile tedavi yöntemlerini kullanmaya yöneldiklerini bilinmektedir. (Ceylan, 1995)

Artan beslenme bozuklukları ve stres nedeniyle insan vücudunda artan serbest radikallerin immün sistemimiz ile engellenemediği durumlarda vücutta oluşan strese oksidatif stres adı verilmektedir. Oksidatif stres vücuda birçok olumsuz etkiyi beraberinde getirmektedir. Vücutta biriken serbest radikalleri ve buna bağlı olarak oksidatif stresin etkilerini indirgeyen yapılar antioksidanlardır. Yapılan çalışmalar neticesinde antioksidanlar vücuttaki serbest radikalleri uzaklaştırdıkları ve bu şekilde oluşturdukları etkileri azaltabildikleri görülmüştür (Wattenberg, 1993).

Antioksidanlar doğal yollar ile canlıların metabolitleri olarak oluşturulabildikleri gibi sentetik olarak üretilerek vücuda dışarıdan da alınabilmektedir. Örneğin günümüzde sıkça takviye gıda olarak kullanılan C vitamini olarak da bilinen Askorbik asit, hem doğal yollarla birçok meyve ve sebzeden alınabildiği gibi aynı zamanda medikal sanayiinde sentetik olarak üretilip satılabilmektedir. Buna rağmen yapılan çalışmalar neticesinde sentetik olarak üretilen antioksidanların vücutta toksisiteye neden olduğu görülebilmektedir. Bu nedenle uzmanlar sentetik antioksidanlar yerine doğal yollarla alınabilen antioksidanları önermektedirler (Pokorny ve vd.., 2001).

Günümüzde gerek ilaç sanayisinin hızla gelişimi gerekse aroma terapi gibi yöntemler nedeniyle doğal, bitkisel esansiyel yağlara olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Birçok tıbbi ve aromatik bitki içerdiği esansiyel yağlar için üretilmektedir. Bu bitkilerden en önemlilerinden birisi de adaçayı bitkisidir. Adaçayı bitkisinin içerdiği esansiyel yağların sindirimi uyarıcı olduğu ve aynı zamanda antiseptik özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Bayaz, 2013).

Adaçayı bitkisi sistematik olarak;

Domain: Ökaryotlar (Eukaryota), Alem: Bitkler (Plantea), Şube: Kapalı tohumlular (Angiospermae), Sınıf: İki çenekliler (Magnoliopsida), Takım: Ballıbabagiller (Lamiales), Aile: Ballıbabagiller (Lamiaceae), Cins: Salvia Tür: Adaçayı (*Salvia officinalis*) şeklinde tanımlanmaktadır (Clebsh ve vd.., 2003).

Adaçayı bitkisi (*Salvia officinalis* L.) akdeniz kökenli olup ballıbabagiller (Lamiaceae) familyasına ait çok yıllık bir bitki türüdür. Dokunulduğunda kadifemsi ve alt tarafı tüylü olan yumuşak, grimsi yeşil yapraklı odunsu gövdelere sahiptir. 40 ila 100 cm arasında boylanabilen adaçayı bitkisinin yaprakları kenarlarda dik ve oval şekildedir. Yaprakların alt yüzeyinde adaçayının kendine has karakteristik kokusunu sağlayan aromatik koku salgıları bulunmaktadır. Çiçekleri menekşe benzeri salkımlar halindedir ve her salkım 2-10 arası çiçek bulundurmaktadır. Bitkiler hem dişi hem erkek organı taşıyabilir veya yalnızca dişi organlar bulunabilir. Özellikle Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde yaprakları yemeklik olarak veya tüm bitki tıbbi amaçlarla yaygın şekilde kullanılmaktadır (Altındal ve Altındal, 2016).

Salvia officinalis, yüzyıllar boyunca tıbbi ve mutfak amaçları için kullanıldığı bilinen bir bitkidir. Bu bitki, Mısır, Yunanistan ve Roma gibi eski medeniyetlerde tanınmış ve kullanılmıştır. Tıbbi kaynaklara göre, adaçayı çeşitli sağlık sorunları için kullanılmıştır, bunlar arasında öksürük, bronşit, gribi, astım, mide problemleri, baş ağrısı, uyku problemleri ve sinüzit sayılabilir. Ayrıca, adaçayı mutfakta da yaygın olarak kullanılmıştır. Özellikle, et yemekleri, salata sosları, çorbalar ve çeşitli meze ve atıştırmalıklar için kullanılmıştır. Adaçayı aynı zamanda bir çeşit tat vericiden oluşan özel bir özüt olarak da satılmıştır ve bu özüt, çeşitli yiyeceklerin tadını iyileştirme amacıyla kullanılmıştır. Son yıllarda, adaçayı ayrıca aromaterapi ve diğer alternatif tıbbi yöntemlerde de kullanılmaya başlanmıştır. Bu bitkinin özellikle stres ve gerginlik giderme özelliği olduğu belirtilmektedir (WebMD, 2023)

Dünya üzerinde yaklaşık olarak 900 adaçayı (Salvia) türü olduğu bilinmektedir. Meksika'dan sonra en fazla Salvia türüne sahip ülke Türkiye'dir. Ülkemizde ise yaklaşık 100'e yakın adaçayı türü olduğu ve bu türlerin 53 tanesinin ülkemiz topraklarına endemik olduğu bildirilmiştir. Endemizm oranı %52,5 olan adaçayı bitkisi bu açıdan son derece yüksek bir orana sahiptir. Ancak yapılan çalışmalarda belirtildiği üzere ülkemizde bulunan endemik adaçayı türlerinin birçoğunun tehdit sınırları içerisinde olduğu görülmektedir. Bu nedenle uzmanlar tehdit altında olan türlerin kültüre alınmasını önermektedirler (Celep ve vd., 2020).

Ülkemizde 2012 yılından itibaren adaçayı üretimi ilgili verilere ulaşılabilmektedir. Bu verilere göre 2012 yılında adaçayının 54 dekar ekili alanı bulunurken 2021 yılında ekili alan miktarı 9326 dekara kadar ulaşmıştır. Aynı şekilde 2012 yılında ülkemizde yalnızca 7 ton üretimi yapılan adaçayının 2021 yılına geldiğimizde üretim miktarının 1848 tona kadar çıktığı görülmektedir. Bu alanda ülkemiz dünyada en fazla adaçayı üretimi yapan ülke konumundadır (TUİK, 2021).

Salvia officinalis bitkisi, özellikle yapraklarında bol miktarda esansiyel yağ bulunan bir bitkidir. Bu esansiyel yağlar, bitkinin kokusunu ve tadını veren bileşiklerdir ve ayrıca birçok tıbbi özelliğe sahiptirler. Adaçayı bitkisinin yapraklarında bulunan esansiyel yağlar arasında, karvakrol, borneol, timol ve kamfen bulunmaktadır. Bu esansiyel yağların çeşitli tıbbi özellikleri vardır. Bu özelliklerden bazıları şunlardır: Karvakrol: Bu esansiyel yağ, özellikle öksürük giderme, bronşit tedavi etme ve sinüzit iyileştirme gibi özelliklere sahiptir. Ayrıca, karvakrol, bakterisidal ve antiviral özelliklere de sahiptir ve bu nedenle, çeşitli enfeksiyonların tedavisinde de kullanılmaktadır. Borneol: Bu esansiyel yağ, özellikle nefes darlığı giderme, öksürük azaltma ve baş ağrısı giderme gibi özelliklere sahiptir. Ayrıca, borneol, antispazmodik özelliklere de sahiptir ve bu nedenle, kasılmaları azaltarak rahatlama sağlamaktadır. Timol: Bu esansiyel yağ, özellikle antifungal ve antiviral özelliklere sahiptir ve bu nedenle, çeşitli mantar ve virüs enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılmaktadır. Ayrıca, timol, öksürük giderme ve solunum sistemi rahatlatma özelliklerine de sahiptir. Kamfen: Bu esansiyel yağ, özellikle ağrı giderme, spazm azaltma ve iştah uyarıcı özelliklere sahiptir. Ayrıca, kamfen, antiviral özelliklere de sahiptir ve bu nedenle, çeşitli virüs enfeksiyonlarının tedavisinde de kullanılmaktadır. (WebMD, 2023)

Karık ve vd..'nın 2016 yılında yaptıkları 5 farklı adaçayı türünde esansiyel yağ çalışmadan elde edilen sonuçlara göre *Salvia officinalis* bitkisi camphene, ß-thujone, camphor, α-thujone, α-humulene, borneol ve 13-epı manool komponentlerini diğer 4 türden daha fazla içerdiği belirlenmiştir. Özellikle ß-thujone komponentinin yaklaşık %35 oranında bulunması dikkate değer bir özellik olduğu belirtilmektedir (Karık ve vd.., 2018).

2018 yılında Eskişehir'de *Salvia officinalis* bitkisinin gelişim dönemlerine göre uçucu yağ ve oranlarının analizi yapılmış olup, bu sonuçlara göre; her ne kadar farklı hasat zamanlarına bağlı olarak bir miktar değişiklik gösterse de uçucu yağın %98-99'luk kısmını 18 farklı bileşenin oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu bileşenlerin içerisinde alfathujon ve kafur ana bileşenler olarak öne çıkmaktadır. Alfa-thujon gelişim dönemlerine bağlı olarak %23.09-47.24 arasında değişim göstermiştir. En yüksek alfathujon oranına tam çiçeklenme döneminde ulaşırken, en düşük orana ise çiçeklenme başlangıcında ulaşılmıştır. Kafur oranı ise yine bitkinin gelişim dönemine bağlı olarak %12.41-20.63 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük kafur oranı tam çiçekte yapılan hasattan alınırken, en yüksek kafur oranı ise çiçeklenme öncesi yapılan hasattan alınmıştır. Tıbbi adaçayı uçucu yağının diğer önemli bir bileşen olan 1.8-sineol ise %4.10-6.30 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek 1.8-sineol oranı tohum bağlama döneminde yapılan hasattan elde edilirken, en düşük oran ise çiçeklenme başlangıcında yapılan hasattan elde edilmiştir (Katar vd., 2018).

Topraksız tarım sistemleri, bitkilerin topraksız ortamlarda yetiştirilmesi için kullanılan yöntemlerdir. Bu sistemler, toprağın kirlenmesini ve tükenmesini önleme amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, topraksız tarım sistemleri, bitkilere toprak olmadan direkt olarak besinlerin verilmesini sağlar ve bu nedenle de bitkilerin daha verimli ve sağlıklı bir şekilde yetiştirilebilmesine yardımcı olur. Topraksız tarım sistemleri arasında, hidroponik tarım ve aeroponik tarım gibi yöntemler bulunmaktadır. Hidroponik tarım, bitkilere suda çözülmüş besinlerin verilerek yetiştirilmesi yöntemidir. Bu yöntemde, bitkiler toprak olmadan direkt olarak suda yetiştirilir ve bu suda çeşitli mineral ve besinler bulunur. Hidroponik tarım, özellikle seralar ve kapalı alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu sistemde, bitkilerin büyüme oranı toprakta yetişen bitkilere göre daha hızlıdır. Aeroponik tarım ise, bitkilere hava yoluyla besinlerin verilerek yetiştirilmesi yöntemidir. Bu yöntemde, bitkiler toprak olmadan havada yetiştirilir ve bu havada çeşitli mineral ve besinler bulunur. Aeroponik tarım, özellikle seralar ve kapalı alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu sistemde de bitkilerin büyüme oranı toprakta yetişen

bitkilere göre daha hızlıdır. Topraksız tarım sistemleri, özellikle su kaynaklarının az olduğu bölgelerde ve toprağın kalitesinin düşük olduğu bölgelerde tercih edilmektedir. Ayrıca, bu sistemler, çeşitli meyve, sebze ve çiçeklerin yetiştirilmesine uygun hale getirilebilmektedir (Britannica, 2023).

Hidroponik sistemler topraksız tarımda kullanılan ilk teknik olarak tarihte karşımıza çıkmaktadır. Latince "*hyrdo"* ve *"ponos"* kelimeleri olan su ve çalışma kelimelerinden gelmektedir. Hidroponik sistemler hazır besin ortamı içerisinde toprağa ihtiyaç duymadan su ortamı ile bitki yetiştirme ortamlarına verilen genel isimdir. Kavram olarak hidroponik sistemler iki başlık altında incelenmektedir. Bunlar agretat ve agretat olmayan hidroponik sistemlerdir. Agertat hidroponik sistemlerde katı ortam desteği bulunur. Yani file saksı, viol gibi kaplara doldurulan organik veya inorganik maddeler ile bitkinin desteklenmesi sağlanmaktadır. Agretat olmayan hidroponik sistemlerde ise herhangi bir katı ortam bulunmaz. Özellikle hem ticari uygulamalarda hem de bireysel uygulamalarda sıkça kullanılan NFT (Nutrient Film Technique) en yaygın hidroponik modelidir (Megep, 2008).

Nutrient Film Technique ya da kısaca NFT modeli, ticari uygulamalarda en yaygın kullanılan hidroponik modelidir. Akuakültürde kullanılan diğer sistemlere göre NFT tekniğinin birçok avantajı mevcuttur. Bu sistem ile son derece muazzam su tasarrufu elde edilmekle birlikte bitkilerin suyun içerisinde kalması engellenerek su stresine girmeleri engellenmektedir. Aynı zamanda hem sistem çalışırken hem de duruyorken sistemin temizliği ve alg, mantar gibi zararlılar ile mücadelesi son derece kolay hale gelmektedir. NFT sisteminde su sürekli akış halinde veya belirli aralıklar ile sisteme verilebilir. Belirli aralıklarla verildiğinde hem enerjiden tasarruf edildiği gibi hem de sistemde kullanılan pompaların ömrü uzamakta bu sayede daha az maliyetli olmaktadır (Elzet ve vd.., 2002).

Topraksız tarım sistemlerinin avantajlarından en önemlilerinden birisi de insan ve çevreyi olumsuz yönde etkileyen faktörlerden olan ve geleneksel tarımda kullanımı her geçen gün artan insektisit, fungisit, pestisit ve herbisit gibi tarım zararlılarından koruyucu ürünlerin kullanımı ayrıca kimyasal gübrelerin kullanımına ihtiyaç duyulmamasıdır.

Günümüzde gerek tarım zararlılarından koruma ürünlerinin gerekse kimyasal gübrelerin kontrolsüz kullanımı sebebiyle toprakta çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyen maddelerin biriktiği bilinmektedir. Topraksız tarım sistemlerinde gerek gübre kullanımına gerekse zararlı önleyici ürün kullanımına gerek olmaması hem insan hem de çevre sağlığının etkilenmemesi açısından son derece olumlu bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır (Bodur ve Okudur, 2017).

Hidroponik sistemlerde besin eriği olarak çoğunlukla Hoagland Çözeltisi kullanılmaktadır. Bu çözelti, bitkilerin ihtiyaç duydukları azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bakır, demir, manganez, molibden ve çinko gibi elementleri içerir ve bu elementler, bitkilerin büyüme sürecinde gereklidir. Hoagland çözeltisi, hidroponik sistemlerde kullanılırken, öncelikle çözeltinin doğru oranda hazırlanması gerekir. Bu çözeltinin dozajı, bitkilerin büyüme süreci ve hangi bitki türünün yetiştirildiğine göre değişebilir ve bu nedenle, çözeltinin dozajının doğru bir şekilde yapılması önemlidir. Daha sonra, hazırlanan çözelti, bitkilere gereken miktarda verilir ve bitkiler bu çözelti sayesinde sağlıklı bir şekilde büyür ve gelişir (van Delden, ve Vd.., 2020). Hidroponik sistemlerde kullanılan besinlerin dozajı, bitkilerin büyüme süreci ve hangi bitki türünün yetiştirildiğine göre değişebilir. Bu nedenle, hidroponik sistemlerde besinlerin dozajının doğru bir şekilde yapılması önemlidir (Britannica, 2023).

Yapılan bir market çalışmasına göre 2018 yılında tüm dünyada hidroponik sistemlerde üretilen domates, salatalık, marul, biber, bazı meyveler ve haşhaş üretiminin toplam değerinin 135.9 milyon dolar olduğu, bu market değerinin 2019 yılında 171 milyon dolara ulaştığı belirlenmiştir. Global olarak tüm hidroponik sistemin market değerine bakıldığında ise 2020 yılında 2.1 milyar dolar olduğu ve 2021 yılında 2.6 milyar dolar olduğu görülmüştür. Geçmiş yıllar referans alınarak yapılan analize göre ise her yıl ortalama %20.7 büyüyen hidroponik marketi, 2028 yılında 9.8 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Hydroponics Market Size & Share Report, 2021-2028., 2022 https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hydroponics-market Erişim tarihi: 5.01.2023)

Günümüzde ve yakın gelecek projeksiyonlarında görüldüğü üzere su sıkıntıları ve tarımsal sulama sorunları baş göstermektedir. Sanayi atıkları ve ekolojik dengenin günden güne bozulması sebebiyle kirlenen sular tarım için kullanışsız hale gelmektedir. Tarım haricinde insan beslenmesinin temel yapılarından birisi olan başta balıklar gibi deniz gıdaları da bu durumdan olumsuz etkilenmektedir. Üreticiler ticari olarak üretimlerini gelişen teknoloji sayesinde neredeyse her balık türünü her ortamda üretebilmektedirler. Bu tarz üretim ortamlarına genel olarak akuakültür denilmektedir (Losordo ve vd.., 1992).

Akuakültür sistemleri günümüzde yalnızca balık üretimine değil aynı zamanda ekolojik bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır. Bu sayede hem yüksek oranda enerji tasarrufu edilmekte hem de birden fazla türü ve canlı çeşidini aynı ortamda doğal şekilde yetiştirmek mümkündür. Bu bütünleşmiş ve birlikte bir uyum içerisinde çalışan sistemler akuakültür ve topraksız tarım tekniklerinin birleştirilmesinden ortaya çıkmıştır. Bu entegre sistemlere genel olarak akuaponik sistemler adı verilmektedir (Rakocy, 1987).

Akuaponik sistemler balık, bakteri ve bitki türlerinin simbiyotik bir şekilde bütünleşmiş olarak birlikte çalışmaları ile üretim ve yetiştiricilik yapılmasına olanak veren sistemlerdir. Bu sistemlerde balık ve bitki odaklı üretimler yapıldığı taktirde geleneksel tarıma kıyasla daha az su ve enerji daha fazla verim ilkesi sayesinde ön plana çıkmaktadır (Rakocy ve vd.., 1993).

Akuaponik sistemlerin, artan nüfus ve verimsizleşen toprak nedenleriyle oluşan besin tedariği sorununa bir çözüm olarak ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu sistemlerde aynı zamanda son derece düşük enerji tüketimi sayesinde yüksek tasarrufa dayanan ekolojik sistemlerdir (Türker, 2018).

Akuaponik sistemler simbiyotik olarak çalışan geri dönüşümlü sistemlerdir. Akuakültür ve topraksız tarımın birleştirildiği bu sistemlerde işleyiş kısaca 3 şekilde olmaktadır. Öncelikle akuakültür kısmında bulunan balıkların tükettikleri besin neticesinde ortama bıraktıkları dışkıları başka bir canlı grubu olan bakteri türleri tarafından, bitkilerin

kullanabileceği forma parçalanır. Daha sonra bu besinleri bitkiler kullanarak hem kendi büyüme ve gelişmelerini sürdürürler hem de suyu bir nevi filtre ederek balık tankına geri aktarırlar. Bu sayede hem kapalı devre hem de döngüsel bir sistem kurulmuş olur (Rakocy, 1989).

Akuaponik sistemin birçok avantajı mevcuttur; Akuaponik sistemler ekolojik sistemlerdir. Yani doğayla uyumlu, az seviyede enerji ve su kullanımı ile birden fazla ürün eldesi yapılabilir. Yapılan çalışmalara göre akuaponik sistemde üretilen bitkiler daha hızlı gelişirler. Akuaponik sistemlerde gübre ihtiyacı yoktur. Bu nedenle hem doğal üretim hem de daha az maliyetli üretim gerçekleşebilmektedir. Akuaponik sistemler katlı olarak tasarlanabildiği için geleneksel tarıma göre birim alanda daha fazla üretim yapılabilmektedir. Günümüz şartlarında organik üretim kriterlerinin sağlanması son derece zor olduğu bilinmektedir. Akuaponik sistemlerde yetiştiriciliği hem organik yetiştiricilik hem de iyi tarım uygulamaları sertifika şartlarını kolayca sağlayan sistemlerdir. Herhangi bir toprakla temas etmedikleri için bitkilerin hastalanma veya böceklenme riski son derece azdır. Bu nedenle de pestisit, herbisit ve insektisit gibi tarım zararlıları engellemek için kullanılan kimyasal ürünleri kullanma ihtiyacı yoktur. Akuaponik sistemlerde belleme, çapa, gübreleme gibi bir istek olmadığından iş gücünden de tasarruf edilebilir. En önemli avantajı, akuaponik sistemler sürdürülebilir sistemlerdir. Bu sistemlerde devamlı bitki-balık yetiştiriciliği yapmak mümkündür (Bodur ve Okudur, 2017).

2018 yılında yapılan bir çalışmada akuaponik sistemlere 3 farklı bitki türü ekilmiş (Marul, nane ve mantar bitkisi (*Rungia klossii*) ve 4 farklı deneme yapılmıştır. Bu denemelere göre 1. Denemeye herhangi bir takviye besin eklenmemiş, akuaponik sistemin kendi döngüsü denenmiştir. İkinci denemeye haftalık mikro besinler ve demir takviyesi yapılmış, üçüncü denemeye ikinci sistemle aynı takviyenin yanı sıra makro besin elementleri fosfor ve potasyum takviyesi yapılmıştır. 4. denemede ise tüm bu takviyelerin yanında azot ve kalsiyum da eklenmiştir. Sonuçlara bakıldığında marul bitkisi en yüksek verimini üçüncü denemede elde etmiş, nane bitki en yüksek verimini ikinci denemede elde etmiş *Rungia klossii* bitkisi ise en yüksek verimi birinci ve ikinci sistemlerde elde etmiştir (Nozzi ve vd.., 2018).

Akuaponik sistemlerde birçok bitki yetiştirilebilmektedir. Bailey ve Ferrarezi 2017 yılında yapraklı sebzeleri önermiştir. Bunun nedeninin yapraklı sebzelerin yüksek nitrojen yoğunluklarında bu bitkilerin daha iyi gelişmeleri olduğunu belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada da akuaponik sistemlerde domates, salatalık, biber, pazı ve lahana gibi bitkilerin yetiştirilmesi önerilmektedir (Love ve vd.., 2015).

Yapılan çalışmalar sonucunda akuaponik sistemlerde araştırmacıların birçoğunun Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Sazan (*Cyprinus carpio*) ve yayın balığı (*Siluriformes*) kullandığı görülmüştür (Bildirici ve Bildirici, 2021). Başka bir çalışmada ise akuaponik sistemlerde kullanılan balıklardan olan Tilapia türünün günde üç kez beslenmesi ile gelişimini en üst düzeye çıkardığı belirtilmiştir (Rakocy ve vd.., 2004). Spade 2009 yılında yayımladığı makalesinde balıklar için en iyi yemin en az %32 protein içeriğine sahip olduğunu belirtmiştir.

Akuaponik sistemlerde sistem koşulları hem balık sağlığı hem de bitki sağlığı için son derece önemlidir. Suyun pH'ı EC değeri, Sıcaklığı ve çözünmüş oksijen miktarı son derece kritiktir. Bu değerlerin ani değişimi veya zamanla artış veya azalış göstermesi hem balık hem de bitki sağlığı için son derece olumsuz sonuçlara neden olabilir. FAO 2014 yılında akuaponik sistem optimum koşullarında belirttiği üzere balıklar için sıcaklık değeri 22-32 ºC iken, bitkiler için bu değer 16-30 ºC aralığındadır. Sistemde bulunan bakteriler içinse bu sıcaklık 14-34 ºC olarak gösterilmektedir. pH değerlerine bakıldığında da sırasıyla balıklar için 6-8,5, bitkiler için 5,5-7,5 ve bakteriler için 6-8,5 olarak verilmiştir. Çözünmüş oksijen değerlerinde de balıklar için 4-6 bitkiler için 3 ve üstü, bakteriler için ise 4-8 aralığında verilmiştir.

NDVI analizi bitki örtüsünün sağlık durumuna göre +1 ile -1 arasında değer almaktadır. Kısaca bitki örtüsünden yansıyan ışığın diğer tüm kaynaklardan gelen ışığa oranı olarak tanımlanmaktadır (Çamoğlu ve vd..,2010). MCARI ve modifiye edilmiş olan MCARI1 indeksleri ise klorofil ile ilişkili indekslerdir. MCARI klorofil yoğunluğunu gösterirken MCARI1 daha çok yeşil yaprak alanı hakkında bilgi verir (Daughtry, 2000). PRI karotenoid pigmentinin değişimlerine duyarlıdır. Ayrıca stres çalışmalarında da

kullanılmaktadır. PRI değerinin düşmesi stres seviyesinin arttığı anlamına gelmektedir. NPCI indeksi bir bitkinin nitrojene doygunluk seviyesini tahmin etmede kullanılmaktadır (Thenot ve vd.., 2002).

3 MATERYAL VE YÖNTEM

Deneysel çalışmalar Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi Bitki Fizyolojisi Laboratuvarında kontrollü koşullardaki ortam sıcaklığı 22±2 ºC'de temiz hava girişinin olduğu ortamda yetiştirilmiştir. Işıklandırma 18 saat yapılmış olup 6 saat karanlık periyotta tutulmuştur. Sistemleri ışıklandırmak için Planttekno marka 60W G1 model LED ışıklandırma sistemi kullanılmıştır. Çalışma süresince sistemlerin ve yetiştirilen bitkilerin kontrolü gün aşırı olmak üzere periyodik olarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan *Salvia officinalis* L. (1753) bitki tohumları Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsünün tescilli türüdür. Çalışma 60 gün süre ile yapılmıştır.

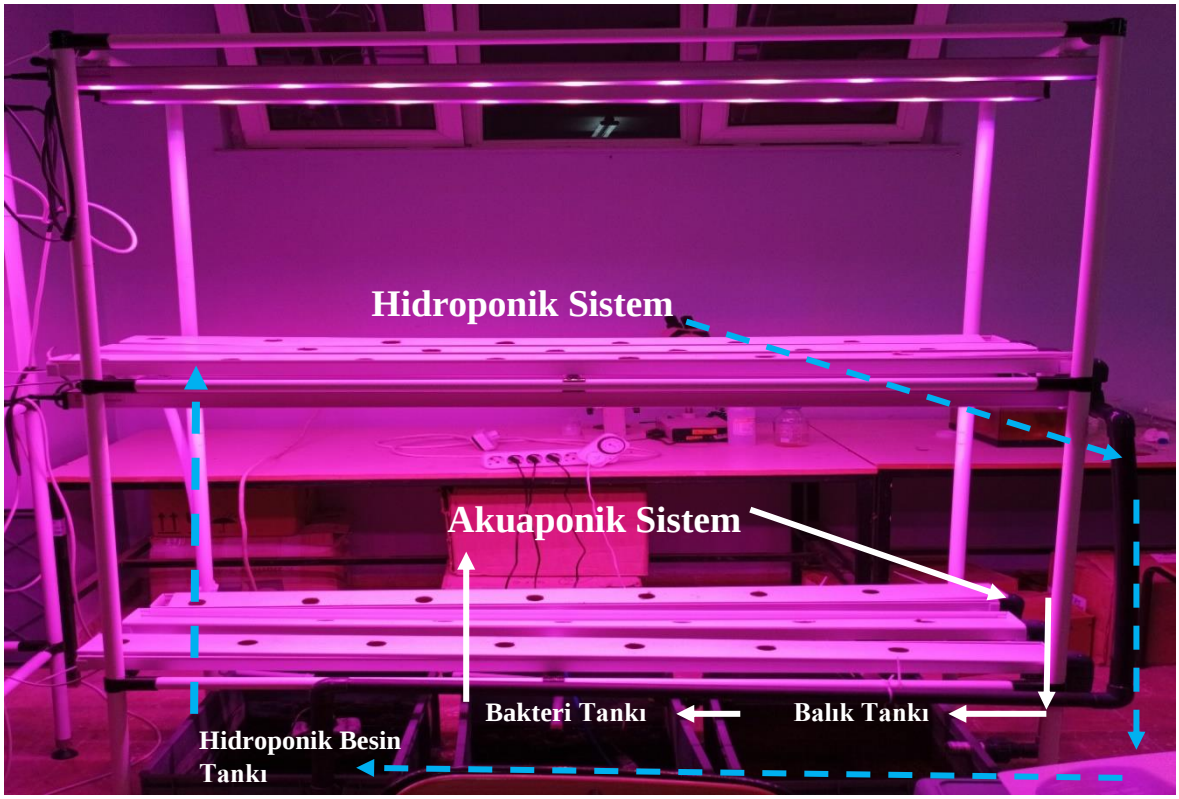
Çalışmada kullanılan 3 farklı yetiştirme ortamı bulunmaktadır. Bu ortamlardan biri kontrol grubu olan topraklı yetiştirme ortamıdır. Diğer iki yetiştirme ortamı akuaponik ve hidroponik sistemdir. Hidroponik sistemde ve akuaponik sistemde Nutrient Film Teqnique (NFT) adı verilen teknik ile bitkiler 5 cm sıra aralıklı içerisinde kaya yünü bulunan file saksılarda yetiştirilmiştir. Akuaponik ve hidroponik sistemdeki sulama periyodu her iki sistem içinde günde sekiz saat olmak üzere pompa vasıtası ile yapılmıştır. Hidroponik sistemde, sistemin en altında besin haznesi olup pompa vasıtasıyla besin, sistemin en üst NFT yatağına ulaştırılıp, NFT yatağı içinde kendi eğimiyle beraber alt NFT yataklarından geçip tekrar besin tankına akması sağlanmıştır. Akuaponik sistemde sistemin altında bulunan balık tankından su, pompa vasıtasıyla önce biyolojik dengeleme tankı adını verdiğimiz içerisinde nitrifikasyon bakterileri bulunan tanktan geçip, aynı şekilde sistemin en üst NFT yatağına oradan da aynı şekilde NFT yatağının kendi eğimiyle tekrardan balık havuzuna akması sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan balık türü *Carassius auratus* L. 1758 (Japon Balığı) olup, akuaponik sistem için ortalama 7 cm boy ve ortalama balık biyokütlesi 148,5 gr olarak 17 balık kullanılmıştır. Balıklar çalışma süresi boyunca günde toplam biyokütlenin %2 si kadar (2,970 gr) %42 protein içeriğine sahip yem ile yemlenmiştir. Akuaponik sistemlerde kullanılan bakteriler BIODIGEST marka bakteri ampulleri olup içerisinde Nitrosomonas

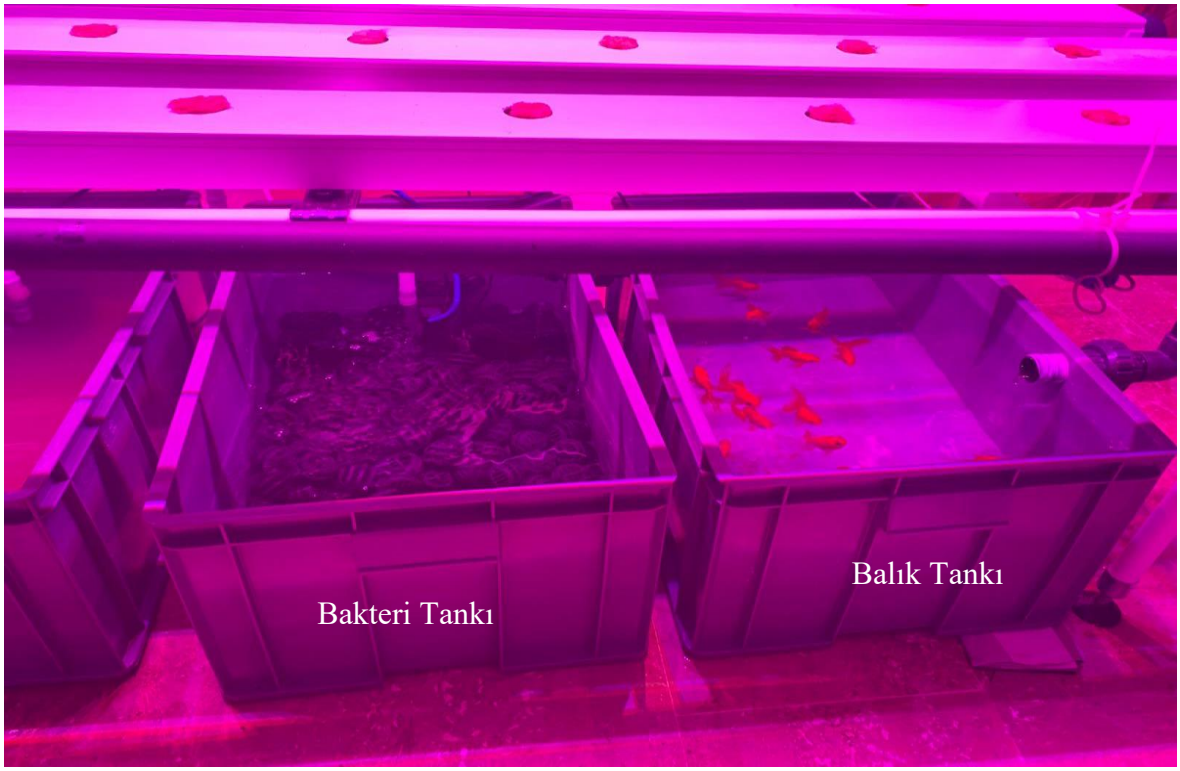
sp., Nitrococcus sp., Paracoccus sp., Pseudomonas sp. ve Nitrobacter sp. bakteri türleri bulunmaktadır.



Şekil 3.1 Kontrol grubu ekimleri



Şekil 3.2 Akuaponik-hidroponik sistemler kurulum (Üst kat hidroponik, alt kat akuaponik sistem olarak kullanılmıştır)



Şekil 3.3 Akuaponik sistemde bitki besleme-bakteri ve balık tankları

Çalışmanın sonunda her deney grubundan hasat zamanına gelen bitkilerin kök, gövde yaprak ağırlıkları ve boyları, ayrıca yaprak sayıları belirlenmiştir. Ayrıca bitkilerin klorofil içerikleri Arnon (1949) yöntemine göre belirlenmiştir. Bitkilerde yapılan SPAD ölçümleri Konica Minolta marka 502-plus model SPADmetre ile yapılmıştır. İndeks analizleri ise Photon System Instruments marka, Poly Pen RP410 UVIS model xenon lamp spectral reflectometre ile ölçülmüştür. Hidroponik ve akuaponik sistemdeki pH, su sıcaklığı, EC ve çözünmüş oksijen analizleri HACH marka HQ40D model cihaz ile yapılmıştır.

Yapılan tüm çalışmalar MINITAB ve TARIST istatistik programlarında korelasyon ve varyans analizleri yapılmış, sonuçlar bulgular kısmında verilmiştir. İstatistik sonuçlarında korelasyon sonuçlarında görülen “*“%5 düzeyinde önemliliği ifade ederken, “**” %1 düzeyinde önemli olduğunu ve “ns” ise önemsiz olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.4 Boy- ağırlık ölçümleri için hazırlanmış bitkiler



Şekil 3.5 Bitki Boy Ölçümleri

4 BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneme süresi boyunca hidroponik, akuaponik ve kontrol grubunda yapılan analizlerin sonuçları şu şekildedir;

4.1 Su Analizleri

Akuaponik sistemde bulunan balık ve bakteri tankından, hidroponik sistemden ise bitki besleme tankından yapılan analizler sonucu elde edilen veriler aşağıda verilen tablolarda belirtilmiştir;

Çizelge 4.1 Su Analizleri

Ölçülen parametreler	Balık Tankı	Bakteri Tankı	Hidroponik Tankı
İlk Ölçüm			
pH	8,00	7,80	7,80
Sıcaklık (ºC)	19,70	19,70	19,60
EC (µs/cm)	1372,00	1416,00	1321,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	7,92	8,49	7,81
İkinci Ölçüm			
pH	8,80	8,70	8,60
Sıcaklık (ºC)	20,70	20,50	21,20
EC (µs/cm)	1394,00	1394,00	2850,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	7,42	7,46	8,07
Üçüncü Ölçüm			
pH	7,90	8,30	7,50
Sıcaklık (ºC)	20,10	20,10	20,80
EC (µs/cm)	1544,00	1534,00	2950,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	7,04	6,94	7,64
Dördüncü Ölçüm			
pH	7,40	7,50	8,10
Sıcaklık (ºC)	20,20	20,10	20,90
EC (µs/cm)	1594,00	1597,00	3100,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	6,73	6,10	8,65
Beşinci Ölçüm			
pH	7,80	7,80	8,20
Sıcaklık (ºC)	22,10	21,70	23,10
EC (µs/cm)	1641,00	1649,00	3230,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	7,63	7,13	8,77
Altıncı Ölçüm			
pH	7,80	7,80	7,90
Sıcaklık (ºC)	24,10	23,20	23,90
EC (µs/cm)	1946,00	1952,00	4010,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	6,74	6,27	7,79
Yedinci Ölçüm			
pH	7,90	7,80	8,10
Sıcaklık (ºC)	25,00	24,10	24,90
EC (µs/cm)	2001,00	2008,00	4270,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	6,48	6,11	8,76

Çizelge 4.2 Su Analizleri (devamı)

Sekizinci Ölçüm			
pH	7,80	7,70	8,10
Sıcaklık (ºC)	23,90	23,00	24,40
EC (µs/cm)	2073,00	2048,00	4730,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	6,18	4,65	9,07
Dokuzuncu Ölçüm			
pH	7,80	7,60	8,20
Sıcaklık (ºC)	24,70	24,40	25,40
EC (µs/cm)	2063,00	2076,00	4400,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	5,73	5,08	8,57
Onuncu Ölçüm			
pH	7,80	7,70	8,40
Sıcaklık (ºC)	26,30	25,30	25,80
EC (µs/cm)	2168,00	2182,00	4860,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	5,96	4,82	12,12
On Birinci Ölçüm			
pH	7,80	7,80	8,30
Sıcaklık (ºC)	26,00	25,50	26,00
EC (µs/cm)	2330,00	2230,00	4940,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	5,96	2,87	7,91
On İkinci Ölçüm			
pH	7,80	7,90	8,30
Sıcaklık (ºC)	24,50	24,10	25,10
EC (µs/cm)	2360,00	2380,00	4550,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	6,04	4,60	8,33
On Üçüncü Ölçüm			
pH	7,80	7,90	8,40
Sıcaklık (ºC)	24,80	24,70	25,60
EC (µs/cm)	2250,00	2260,00	4550,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	6,55	6,13	11,64
On Dördüncü Ölçüm			
pH	7,90	7,90	8,30
Sıcaklık (ºC)	24,70	24,40	25,20
EC (µs/cm)	2330,00	2320,00	4720,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	6,71	5,80	8,75

Çizelge 4.3 Su Analizleri (devamı)

On Beşinci Ölçüm			
pH	7,80	7,90	8,40
Sıcaklık (ºC)	24,00	23,80	25,20
EC (µs/cm)	2345,00	2350,00	4800,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	6,40	6,20	11,65
On Altıncı Ölçüm			
pH	7,80	7,80	8,30
Sıcaklık (ºC)	23,80	23,60	24,70
EC (µs/cm)	2390,00	2400,00	4860,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	7,55	3,11	8,20
On Yedinci Ölçüm			
pH	7,90	7,80	8,30
Sıcaklık (ºC)	23,90	23,80	25,00
EC (µs/cm)	2450,00	2460,00	4890,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	6,75	5,82	8,74
On Sekizinci Ölçüm			
pH	7,80	7,90	8,35
Sıcaklık (ºC)	24,80	24,40	24,60
EC (µs/cm)	2500,00	2520,00	5112,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	5,99	2,80	7,93
On Dokuzuncu Ölçüm			

pH	7,80	7,90	8,30
Sıcaklık (ºC)	23,90	23,50	24,50
EC (µs/cm)	2520,00	2580,00	5090,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	7,52	3,13	8,28
Yirminci Ölçüm			
pH	7,80	7,80	8,30
Sıcaklık (ºC)	24,40	23,80	24,80
EC (µs/cm)	2570,00	2590,00	5210,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	2,22	1,99	8,26
Yirmi Birinci Ölçüm			
pH	7,80	7,90	8,30
Sıcaklık (ºC)	23,90	23,60	24,60
EC (µs/cm)	2620,00	2720,00	6110,00
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	7,53	3,12	8,27

Su analiz sonuçlarına bakıldığında akuaponik sistemin bir barçası olan balık ve bakteri tanklarındaki pH düzeyinin ilk iki ölçüm olan 04/10/2022 ve 06/10/2022 tarihlerinde oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu pH düzeyi literatürde de belirtildiği üzere balık, bakteri ve bitki sağlığı için son derece yüksektir. Sistemdeki canlıların etkilenmemesi adına balık tankının pH değeri hidroklorik asit (HCl) kullanılarak bir kereye mahsus olarak düşürülmüştür. Bu pH dengeleme işleminden sonra görülmektedir ki balık ve bakteri tanklarında pH değeri son dere stabil ve normal şartlarda seyretmiştir. Hidroponik tankındaki pH durumu ise sistemin başlatıldığı günden itibaren bir yükseliş içerisindeyken yaklaşık sistemin 30. gününde stabil hale gelmiş ve deney sonlanana kadar da bu seyrini korumuştur.

Sıcaklık değerleri ise her üç tankta da normal seyrinde olup, bitki, balık ve bakteri sağlığını olumsuz etkileyecek herhangi bir durum ile karşılaşılmamıştır.

Elektriksel iletkenlik (EC) değerine bakıldığında her üç tank içinde aynı şeyler söylenebilmektedir. Balık ve bakteri tanklarında 1372 ve 1416 µs/cm olarak başlangıç yapan EC değeri deney sonunda 2620 ve 2720 µs/cm değerlerine ulaşmıştır. Akuaponik sistemde bakteri tankında bulunan bakterilerin balık tankından gelen organik atıkları nitrit ve nitrat formuna dönüştürmesi, bitkilerin ise yalnızca nitratı kullanmaları sebebiyle sistemde nitrit birikmesi olası ve doğaldır. Bu nedenle de sistemde bulunan tanklarda EC değerinin arttığı düşünülmektedir. Hidroponik sistemde bulunan bitki besleme tankındaki EC değerlerine bakıldığına ise 1321 µs/cm ile başlayan sistem 6110 µs/cm ile son bulmuştur. Bu anormal bir yükseliş olarak görülebilir. Bunun nedeni olarak deneyin

yapıldığı ortamda hava sirkülasyonun yetersizliğinden kaynaklı ufak çaplı bir alg birikmesi olarak gösterilebilir. Hidroponik sistemin bitki besleme tankında görülen ufak çaplı alg üremesi sebebiyle EC değerinin anormal şekilde arttığı düşünülmektedir.

Suda yapılan analizlerin sonuncusu olan çözünmüş oksijen analizlerinin sonuçlarına bakıldığında her üç tankta da normal seyirde olduğu görülebilmektedir. Yalnızca 20/12/2022 tarihinde balık ve bakteri tanklarında anormal şekilde bir düşüş gösterdiği o tarihten sonra yeniden optimum koşullara ulaştığı görülmektedir. Bu düşüşün nedeninin o tarihlerde balık ve bakteri tanklarında bulunan ve suya oksijen vermek için çalışan pompaların arıza yapması ve pompaların durması olarak gösterilebilir.

4.2 Bitkilerin morfolojik ve klorofil analizleri

Bitkilerin hasat zamanına geldikten sonra sistemlerden ve kontrol grubundan dikkatlice alınan bitki örnekleri morfolojik ve klorofil ölçümleri yapıldıktan sonra elde edilen veriler istatistik programları ile işlenmiş ve ortaya aşağıdaki sonuçlar çıkmıştır.

4.2.1 Yapılan analizlerin ortalamaları

Çizelge 4.4 Sistemlerde yetiştirilen bitkilerden elde edilen örneklerin morfolojik yönden karşılaştırılması

Sistem	Kök Boyu	Gövde Boyu	Yaprak Boyu	Kök Ağırlığı	Gövde Ağırlığı	Yaprak Ağırlığı
Hidroponik	27,800 a	9,433 B	2,5 b	0,689 a	0,354 b	0,640 B
Akuaponik	18,746 b	20,915 A	5,615 a	1,114 a	1,105 a	1,593 AB
Kontrol	18,284 b	16,764 AB	5,148 a	0,475 a	0,879 ab	1,776 A
ÖD (%)	7,844	10,177	2,489	0,870	0,675	1,014

Çizelge 4.5 Sistemlerde yetiştirilen bitkilerden elde edilen örneklerin morfolojik yönden karşılaştırılması (devamı)

Sistem	Toplam Bitki Ağırlığı	Yaprak Sayısı	Klorofil a	Klorofil b	Total Klorofil	SPAD
Hidroponik	1,683	12,5	29,494 a	25,366	54,859	41,15 A
Akuaponik	3,813	14,5	25.822 b	8,842	34,663	29,628 B
Kontrol	3,130	18,0	28,690 a	37,376	66,066	41,183 A
ÖD (%)			2,758			5,364

Sistemler ve kontrol grubundan alınan bitki örneklerinden yapılan kök boyu analizlerine bakıldığında ortalama en uzun kök boylarının hidroponik sistemde yetiştirilen bitkilerden elde edildiği (27,8 cm), en kısa kök boylarının ise kontrol grubundan (18,284 cm) elde edildiği görülmektedir. Akuaponik sistemde yetiştirilen sistemlerde ise kontrol grubuna yakın sonuçlar (18,746 cm) çıkmıştır. Gövde boyu sonuçlarında ise en yüksek değer (20,915 cm) akuaponik sistemlerden elde edilmişken en düşük değer (9,433 cm) hidroponik sistemlerden elde edilmiştir. Yaprak boyları sonuçlarında ise en yüksek akuaponik sistemlerden elde edilen bitkilerin (5,615 cm) ve kontrol grubundaki bitkilerin (5,148 cm) yaprak boylarının birbirlerine son derece yakın oldukları, hidroponik sistemdeki bitkilerin ise neredeyse bu iki grubun yarısı kadar olduğu (2,5 cm) görülmektedir. Kök ağırlıkları sonuçlarına bakıldığında her üç grubunda birbirine yakın sonuçlar verdikleri ancak kontrol grubun kök boylarının (0,475 g) diğer deneme gruplarına kıyasla (akuaponik:1,114 g, hidroponik:0,689 g) daha geride olduğu görülmektedir. Gövde ağırlıkları analizlerine bakıldığında en iyi değerlerin akuaponik sistemlerde yetiştirilen bitkilerden elde edildiği (1,105 g), en düşük sonucun ise hidroponik sistemlerde olduğu (0,354 g) görülmektedir. Yaprak ağırlıkları analizlerinde en yüksek sonuçlar kontrol grubundan (1,776 g) alınmış olunasına rağmen akuaponik sistemler ile aralarında büyük farklar olmadığı (1,593 g) görülmektedir. En düşük sonuç ise hidroponik sistemlerden (0,640 g) elde edilmiştir. Toplam bitki ağırlıklarında sonuçlarda en iyi verim akuaponik sistemlerden elde edilmiştir (3,813 g). En düşük verim ise hidroponik sistemlerde (1,683 g) yetiştirilen bitkilerde görülmüştür. Bitkilerin yaprak sayılarına bakıldığında yetiştirme grupları arasında büyük farklar olmasa da en çok yaprak sayısı kontrol grubunda (18,5), daha sonra akuaponik sistemlerde (14,5) ve en az ortalama yaprak sayısı hidroponik sistemlerden (12,5) elde edilmişidir.

Bitkilerden elde edilen klorofil a, klorofil b, total klorofil ve SPAD sonuçlarına göre; En yüksek klorofil a değeri (29,494 µg/ml) hidroponik sistemlerde görülmüştür. Çok büyük farklar olmasa da en düşük klorofil a değeri ise akuaponik sistemlerde (25,822 µg/ml) görülmektedir. Klorofil b değerlerinde ise açık ara en yüksek değer kontrol grubunda (37,376 µg/ml) görülmüştür. En düşük değer ise akuaponik sistemlerden (8,842 µg/ml) elde edilmiştir. Total klorofil sonuçları ise klorofil b sonuçlarının ortaya çıkardığı büyük farklar neticesinde en yüksek kontrol grubunda (66,066 µg/ml) elde edilirken en düşük değer akuaponik sistemlerden (34,663 µg/ml) elde edilmiştir. Son olarak SPAD sonuçlarına bakıldığında kontrol grubu (41,183) ile hidroponik sistemler (41,15) arasında belirgin bir fark olmadığı ancak akuaponik sistemin (29,628) bu iki ortama göre geride kaldığı görülmüştür.

4.2.2 Yapılan analizlerin varyans analiz sonuçları

Elde edilen verilen varyans analizleri sonuçları şu şekildedir;

Çizelge 4.6 Varyans analiz tablosu

Varyans	F Değeri	C.V.
Klorofil a	9,992*	6,61
Klorofil b	6,819ns	59,31
Total Klorofil	9,117 ns	29,61
Gövde Ağırlığı	3,470*	69,82
Gövde Boyu	6,389**	42,95
Kök Ağırlığı	5,621**	88,73
Kök Boyu	5,042*	37,15
SPAD	24,730**	17,76
Toplam Bitki Ağırlığı	3,089ns	58,01
Yaprak Ağırlığı	4,141*	59,36
Yaprak Boyu	8,384*	37,56
Yaprak Sayısı	1,005ns	60,86

Varyans analiz tablolarını incelediğimizde sistemler arasında klorofil a değerleri arasındaki farklarda %5 düzeyinde önemli farklar olduğu tespit edilmiştir. Klorofil b sonuçlarında ise sistemler arasında önemsiz (ns) farklar olduğu görülmektedir. Total klorofil sonuçlarında da sistemler arasında önemsiz düzeyde sonuçlar olduğu görülmektedir. Gövde ağrılıklarının varyans analiz sonuçlarına bakıldığında %5 düzeyinde önemli farklar olduğu görülmektedir. Gövde boylarına bakıldığında ise %1 düzeyinde çok önemli farklar olduğu ortaya çıkmaktadır. Kök ağırlıkları varyans analizleri sonucunda da %1 düzeyinde çok önemli farklar çıktığı ortaya konmuştur. Kök boyları arasında ise %5 düzeyinde önemli farklar olduğu görülmektedir. SPAD değerlerine bakıldığında sistemler arasında yetiştirilen bitkiler arasında %1 düzeyinde çok önemli farklar olduğu görülmüştür. Toplam bitki ağırlıklarında ise önemsiz sonuçlar olduğu görülmektedir. Son olarak yaprak ağırlıklarında %5 düzeyinde önemli, yaprak boylarında %1 düzeyinde çok önemli farklar görülürken yaprak sayıları arasında ise önemsiz düzeyde fark olduğu görülmüştür.

Varyans analiz tablosu sonuçlarına genel olarak bakıldığında sistemler arasındaki %1 düzeyinde çok önemli farklar gövde boyları, kök ağırlıkları, SPAD ve yaprak boyları arasında olduğu görülmektedir. Buna göre sistemler arasında kayda değer ve çok önemli farklar bu verilerden elde edilmiştir. Bu verileri kendi içlerinde değerlendirdiğimizde ise gövde boylarında en yüksek değer akuaponik sistemlerde yetiştirilen bitkilerden elde edilmişken, en düşük değerler hidroponik sistemden elde edilmiştir. Kök ağırlıkları arasındaki değerlere bakıldığında ise yine en yüksek değerler akuaponik sistemden elde edilmiş olup en düşük değerler ise bu defa kontrol grubundan elde edilmiştir. SPAD değerlerinin sonuçlarına göre ise kontrol grubu ile hidroponik sistemler arasında çok büyük farklar yokken akuaponik sistemler bu iki bitki yetiştirme ortamının fazlaca gerisinde kalmıştır. Son olarak yaprak boyları arasındaki ilişkiye bakıldığında akuaponik ortam ile kontrol grubu arasında neredeyse fark yokken hidroponik sistemler diğer iki sistemin neredeyse yarısı kadar değer alabilmişlerdir.

Varyans analiz tablosunun verdiği sonuçlara göre %5 düzeyinde önemli farklara bakıldığında klorofil a, gövde ağırlıkları, kök boyları ve yaprak ağırlıkları arasında ulaşıldığı tespit edilmiştir. Bu düzeyi kendi içinde değerlendirdiğimizde ise klorofil a

değerlerine göre en yüksek sonuç hidroponik sistemden elde edilmesine rağmen kontrol grubu ile büyük farklar olmadığı görülmektedir. En düşük klorofil a değerleri ise akuaponik sistemlerden elde edilmiştir. Gövde ağırlıkları sonuçlarına göre ise en yüksek değer akuaponik sistemlerden elde edilmiş olup, en düşük sonuçlar hidroponik sistemlerden elde edilmiştir. Kök boylarına bakıldığında en yüksek değerler hidroponik sistemlerden elde edilmiş olup, akuaponik sistemler ve kontrol grubu birbirine son derece yakın değerler almışlardır. Bu önem düzeyinde son olarak yaprak ağırlıklarına bakıldığında en yüksek sonuçlar kontrol grubundan elde edilmiş olup en düşük sonuçlar ise hidroponik sistemlerde gözlemlenmiştir.

4.3 Korelasyon analizi sonuçları

Yapılan analizler arasındaki ilişkiyi anlayabilmek adına yapılan Korelasyon analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.7 Korelasyon analizi sonuçları

Varyant	KB	GB	YB	KA	GA	YA	TBA	YS	CA	CB	CT	SPAD
KB	1.000											
GB	0.373**	1.000										
YB	0.334*	0.838**	1.000									
KA	0.290*	0.373**	0.508**	1.000								
GA	0.310*	0.781**	0.731**	0.543**	1.000							
YA	0.242ns	0.683**	0.756**	0.495**	0.720**	1.000						
TBA	0.320*	0.728**	0.793**	0.758**	0.874**	0.910**	1.000					
YS	0.369*	0.413**	0.442**	0.276ns	0.543**	0.682**	0.617**	1.000				
CA	0.292*	0.106ns	-0.030ns	0.056ns	0.105ns	-0.046ns	0.029ns	0.001ns	1.000			
CB	0.249ns	0.149ns	0.068ns	0.048ns	0.141ns	-0.008ns	0.058ns	-0.075ns	0.883**	1.000		
CT	0.279ns	0.131ns	0.019ns	0.054ns	0.127ns	-0.028ns	0.045ns	-0.038ns	0.971**	0.970**	1.000	
SPAD	0.001ns	-0.020ns	-0.263ns	-0.190ns	0.021ns	-0.250ns	-0.183ns	-0.163ns	0.316*	0.311*	0.323*	1.000

Yapılan korelasyon analizi göstermektedir ki; kök boyu ile negatif ilişki içerisinde olan herhangi bir analiz bulunmadığı görülmektedir. Ayrıca kök boyunun yalnızca gövde boyu ile %1 düzeyinde çok önemli korelasyon gösterdiği görülmektedir. Yaprak boyu kök ağırlığı, gövde ağırlığı, toplam bitki ağırlığı, yaprak sayısı ve klorofil a değerlerinde ise %5 düzeyinde önemli korelasyon gösterdiği görülmüştür. Gövde boyu korelasyon analizi sonuçlarına baktığımızda ise tıpkı kök boyunda olduğu gibi negatif ilişki gösteren herhangi

bir bulguya rastlanmamıştır. Ayrıca gövde boyu sonuçlarının yaprak boyu, gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı ve toplam bitki ağırlığı ile güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Yaprak boyu analizine baktığımızda ise gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı ve Toplam bitki ağırlığı ile güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Kök ağırlığı sonuçlarına baktığımızda ise kök ağırlığının herhangi bir analiz ile negatif ilişki içinde olduğu görülmemektedir buna karşın kök ağırlığı toplam bitki ağırlığı ve gövde ağırlığı ile bu güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Ayrıca kök ağırlığının yaprak ağırlığı ile de pozitif ilişki içerisinde olduğu ve %1 düzeyinde korelasyon gösterdiği görülmektedir. Gövde ağırlıkları sonuçlarına bakıldığında ise gövde ağırlıklarının yaprak sayısı, toplam bitki ağırlığı ve yaprak ağırlığı ile güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Yaprak ağırlığı sonuçlarına bakıldığında ise yaprak ağırlıklarının özellikle toplam bitki ağırlığı ve yaprak sayısı ile güçlü pozitif bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir ayrıca yaprak ağırlıklarının SPAD değeri ile negatif bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Total bitki ağırlıkları ise yaprak sayısı ile güçlü pozitif bir ilişki içerisindedir. Buna rağmen SPAD analizi ile negatif bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Yaprak sayısı sonuçlarına bakıldığında ise yaprak sayısının SPAD analizi ile negatif bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Klorofil a analiz sonuçlarına bakıldığında klorofil a'nın total klorofil ve klorofil b ile güçlü pozitif bir ilişki içerisinde olduğu SPAD analizi ile ise görece daha az da olsa pozitif ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Klorofil b sonuçlarına baktığımızda ise klorofil b'nin Total klorofil ile son derece güçlü bir ilişki içerisinde olduğu SPAD analizi ile ise pozitif bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Son olarak Total klorofil değerinin SPAD ile pozitif bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir.

4.4 Uçucu Yağ Analizleri Sonuçları

Yapılan analizler sonucu elde edilen uçucu yağ bileşenleri aşağıda verilmiştir. Buna göre;

Çizelge 4.8 Uçucu yağ analizi sonuçları

Bileşik Adı	CAS No.	Kontrol (%)	Hidroponik (%)	Akuaponik (%)
7-Propan-2-ylidenebicyclo[4.1.0]heptane	53282-47-6	0	0	1,78
1,8-Cineole	470-82-6	2,37	0	2,58
α-Thujone	546-80-5	39,33	1,91	19,83
trans-Caryophyllene	87-44-5	1,28	3,33	4,4
Viridiflorene	21747-46-6	2,73	2,44	8,58
Bornyl acetate	76-49-3	2,96	2,92	5,93
Camphor	76-22-2	22,68	4,54	37,34
α-humulene	6753-98-6	7,56	8,96	7,13
Longipinene epoxide	142792-93-6	0	0	3,39
Cembrene	1898-13-1	0	0	0,9
Farnesol	4602-84-0	0	7,46	0,84
Geranyl linalool	1113-21-9	2,41	19,41	2,27
Phyllocladene	1438-63-7	5,99	0	5,03
Guanidine	113-00-8	1,62	4,3	0
1H,15H-Hexadecamethyloctasiloxane	19095-24-0	0	27,97	0
(+)-aromadendrene	489-39-4	5,19	9,59	0
Dacrene	20070-61-5	0	1,94	0
Patchoulane	25491-20-7	0	5,23	0
(-)-atisirene	20230-48-2	3,81	0	0
8,11-Octadecadiynoic acid methyl ester	18202-23-8	1,08	0	0
Docosahexaenoic acid	6217-54-5	0,99	0	0

Uçucu yağ analizlerine genel anlamda bakıldığında, adaçayı bitkisinde bulunan en önemli bileşiklerden olan 1,8 cineole hidroponik sistemlerde görülmemiş olmasına rağmen kontrol grubu olan saksı ekimlerinde %2,37, akuaponik sistemlerde ise %2,58 oranında görülmüştür. Yine bir diğer önemli esansiyal yağlardan olan thujone ise en yüksek kontrol grubunda (%39,33) görülmüş olup, daha sonra akuaponik sistemlerde (%19,83) ve en düşük hidroponik sistemlerde (%1,91) görülmüştür. trans-Caryophyllene, Viridiflorene, Bornyl acetate, Camphor ve Phyllocladene bileşikleri en yüksek akuaponik sistemlerde görülmektedir. αHumulene, Farnesol ve Geranyl linalool bileşikleri ise en yüksek hidroponik sistemlerde görülmüştür. Yalnızca phyllocladene bileşiği kontrol grubunda diğer yetiştirme ortamlarından farklı bulunmuştur. 7-Propan-2-ylidenebicyclo[4.1.0]heptane, Longipinene epoxide ve Cembrene bileşikleri ise yalnızca akuaponik sistemlerde yetiştirilmiş bitkilerde görülmüştür. 1H,15H-

Hexadecamethyloctasiloxane, Dacrene ve Patchoulane bileşiklerine ise yalnızca hidroponik sistemlerde yetiştirilen bitkilerde rastlanmıştır. (-)-atisirene, 8,11-Octadecadiynoic acid methyl ester ve Docosahexaenoic acid bileşiklerine ise sadece kontrol grubunda rastlanmıştır.

4.5 Bitkisel İndeks Analizleri Sonuçları

Yapılan bitkisel indeks analizlerinin sonuçları aşağıda verildiği gibidir;

Çizelge 4.9 Birinci bitkisel indeks analizi sonuçları

Sistem	NDVI	SR	MCARI1	OSAVI	G	MCARI	TCARI	TVI	ZMI	SPRI	NPQI	PRI	NPCI	CTR1	CTR2	Lic1	Lic2	SIPI	GM1	GM2	ARI1	ARI2	CRI1	CRI2	RDVI
Kontrol1	0,5732	3,6865	0,6737	0,5836	1,9081	0,1496	-0,1620	25,5400	1,7530	0,9930	0,0190	0,0200	0,0034	1,3663	0,3104	0,6399	0,8515	0,6276	2,4167	2,5435	-0,2713	-0,1288	2,6960	2,4246	0,4874
Kontrol2	0,5590	3,5360	0,6524	0,5713	1,7979	0,1338	-0,1561	24,4488	1,7780	0,9560	0,0186	0,0151	0,0224	1,3884	0,3192	0,6218	0,8385	0,6168	2,3937	2,5075	-0,2491	-0,1158	2,3809	2,1318	0,4770
Kontrol3	0,5830	3,7971	0,6788	0,5889	1,8134	0,1430	-0,1552	25,6847	1,8176	0,9607	0,0296	0,0187	0,0200	1,4752	0,3130	0,6426	0,7989	0,6340	2,5275	2,5819	-0,1141	-0,0554	2,5846	2,4704	0,4955
Kont. Ort.	0,5717	3,6732	0,6683	0,5813	1,8398	0,1421	-0,1578	25,2245	1,7829	0,9699	0,0224	0,0179	0,0153	1,4100	0,3142	0,6348	0,8296	0,6261	2,4460	2,5443	-0,2115	-0,1000	2,5538	2,3423	0,4866
Hidroponik1	0,5133	3,1097	0,7239	0,5528	1,7878	0,1703	-0,1952	27,1691	1,6347	0,9827	-0,0035	0,0175	0,0087	1,4462	0,3672	0,5895	0,8336	0,5749	2,1595	2,2402	-0,1564	-0,0820	1,8595	1,7030	0,4799
Hidroponik2	0,4525	2,6532	0,7404	0,5506	2,3007	0,2961	-0,2615	26,9326	1,3995	0,9071	0,0070	0,0066	0,0486	1,9045	0,4310	0,6036	0,6747	0,5800	1,7766	1,8595	-0,1774	-0,0841	2,2389	2,0615	0,4631
Hidroponik3	0,5427	3,3744	0,7041	0,5781	1,9440	0,1769	-0,1822	26,1143	1,6541	0,9761	0,0336	0,0151	0,0120	1,5787	0,3396	0,6312	0,7766	0,6184	2,2323	2,3425	-0,2314	-0,1128	2,4636	2,2321	0,4881
Hid. Ort.	0,5028	3,0458	0,7228	0,5605	2,0108	0,2144	-0,2130	26,7387	1,5628	0,9553	0,0124	0,0131	0,0231	1,6431	0,3793	0,6081	0,7616	0,5911	2,0561	2,1474	-0,1884	-0,0930	2,1873	1,9989	0,4770
Akuaponik1	0,4651	2,7390	0,7904	0,5616	2,3796	0,3507	-0,2930	28,5999	1,3478	0,9320	0,0239	0,0152	0,0351	1,8982	0,4400	0,6105	0,6850	0,5851	1,7637	1,7913	-0,0560	-0,0280	2,2174	2,1613	0,4796
Akuaponik2	0,4608	2,7096	0,7521	0,5675	2,5360	0,3553	-0,2982	27,0993	1,3563	0,9873	0,0258	0,0117	0,0063	1,8171	0,4275	0,6289	0,6949	0,5837	1,7310	1,8061	-0,1664	-0,0763	2,3639	2,1975	0,4709
Akuaponik3	0,5062	3,0504	0,7849	0,5853	2,3675	0,3315	-0,2746	28,7571	1,4193	0,9627	0,0064	0,0193	0,0189	1,8350	0,3988	0,6390	0,7006	0,6130	1,9173	1,9437	-0,0538	-0,0267	2,5320	2,4781	0,4964
Akua. Ort.	0,4774	2,8330	0,7758	0,5715	2,4277	0,3458	-0,2886	28,1521	1,3745	0,9607	0,0187	0,0154	0,0201	1,8501	0,4221	0,6261	0,6935	0,5939	1,8040	1,8470	-0,0921	-0,0437	2,3711	2,2790	0,4823

Çizelge 4.10 İkinci bitkisel indeks analizi sonuçları

Sistem	NDVI	SR	MCARI1	OSAVI	G	MCARI	TCARI	TVI	ZMI	SPRI	NPQI	PRI	NPCI	CTR1	CTR2	Lic1	Lic2	SIPI	GM1	GM2	ARI1	ARI2	CRI1	CRI2	RDVI
Kontrol1	0,5751	3,7075	0,6524	0,5804	1,8700	0,1417	-0,1550	24,8602	1,7894	1,0507	0,0095	0,0161	-0,0247	1,3813	0,3076	0,6445	0,8478	0,6211	2,4527	2,5744	-0,2668	-0,1232	2,7631	2,4963	0,4809
Kontrol2	0,5478	3,4232	0,6754	0,5657	1,7644	0,1445	-0,1663	25,5805	1,7428	0,9581	0,0047	0,0168	0,0213	1,4793	0,3353	0,6142	0,7841	0,6086	2,3635	2,4268	-0,1310	-0,0641	2,2277	2,0966	0,4797
Kontrol3	0,5766	3,7242	0,7291	0,5973	1,7395	0,1481	-0,1643	27,3298	1,8186	0,9755	0,0222	0,0202	0,0123	1,3995	0,3143	0,6385	0,8156	0,6289	2,5379	2,5777	-0,0780	-0,0408	2,1855	2,1075	0,5147
Kont. Ort.	0,5665	3,6183	0,6856	0,5811	1,7913	0,1448	-0,1619	25,9235	1,7836	0,9948	0,0121	0,0177	0,0030	1,4200	0,3191	0,6324	0,8158	0,6195	2,4514	2,5263	-0,1586	-0,0760	2,3921	2,2335	0,4918
Hidroponik1	0,5089	3,0732	0,7049	0,5453	1,7626	0,1613	-0,1906	26,4293	1,6237	0,9809	0,0178	0,0123	0,0096	1,4100	0,3701	0,5873	0,8359	0,5726	2,1589	2,2270	-0,1343	-0,0690	1,8135	1,6792	0,4721
Hidroponik2	0,4622	2,7190	0,7425	0,5578	2,3463	0,3043	-0,2650	27,1026	1,4038	0,9333	0,0154	0,0067	0,0344	1,8448	0,4220	0,6166	0,6750	0,5884	1,7966	1,8796	-0,1780	-0,0840	2,3484	2,1703	0,4675
Hidroponik3	0,5509	3,4538	0,7109	0,5801	1,9423	0,1774	-0,1816	26,9754	1,7052	0,9521	0,0174	0,0122	0,0245	1,5662	0,3343	0,6346	0,7809	0,6242	2,3076	2,3938	-0,1748	-0,0875	2,5134	2,3385	0,4921
Hid. Ort.	0,5073	3,0820	0,7194	0,5611	2,0171	0,2143	-0,2124	26,8358	1,5776	0,9554	0,0169	0,0104	0,0228	1,6070	0,3755	0,6128	0,7639	0,5951	2,0877	2,1668	-0,1624	-0,0802	2,2251	2,0627	0,4772
Akuaponik1	0,4559	2,6763	0,7363	0,5555	2,4774	0,3350	-0,2840	26,9488	1,3712	1,0237	0,0180	0,0165	-0,0117	1,7803	0,4347	0,6173	0,7166	0,5722	1,7450	1,8173	-0,1588	-0,0731	2,3231	2,1643	0,4612
Akuaponik2	0,4825	2,8653	0,7819	0,5671	2,2897	0,3152	-0,2686	28,8586	1,3979	0,9730	0,0083	0,0160	0,0136	1,8775	0,4153	0,6174	0,6909	0,5949	1,8772	1,9096	-0,0646	-0,0326	2,2801	2,2155	0,4851
Akuaponik3	0,4999	2,9992	0,7634	0,5779	2,3332	0,3212	-0,2692	28,1230	1,4225	0,9810	0,0154	0,0223	0,0095	1,8408	0,4071	0,6294	0,7217	0,6017	1,8981	1,9425	-0,0925	-0,0444	2,4614	2,3689	0,4862
Akua. Ort.	0,4794	2,8469	0,7605	0,5668	2,3668	0,3238	-0,2739	27,9768	1,3972	0,9926	0,0139	0,0183	0,0038	1,8329	0,4190	0,6214	0,7097	0,5896	1,8401	1,8898	-0,1053	-0,0500	2,3549	2,2496	0,4775

Çizelge 4.11 Üçüncü bitkisel indeks analizi sonuçları

Sistem	NDVI	SR	MCARI1	OSAVI	G	MCARI	TCARI	TVI	ZMI	SPRI	NPQI	PRI	NPCI	CTR1	CTR2	Lic1	Lic2	SIPI	GM1	GM2	ARI1	ARI2	CRI1	CRI2	RDVI
Kontrol1	0,5727	3,6810	0,6707	0,5827	1,8213	0,1507	-0,1592	25,5433	1,7679	0,9896	0,0247	0,0213	0,0051	1,3728	0,3134	0,6383	0,8400	0,6240	2,4627	2,5250	-0,1323	-0,0637	2,5912	2,4589	0,4877
Kontrol2	0,5567	3,5116	0,6847	0,5688	1,6995	0,1264	-0,1630	25,9121	1,8121	0,9858	0,0046	0,0170	0,0071	1,3808	0,3278	0,6122	0,8606	0,6033	2,4470	2,5277	-0,1621	-0,0831	2,0048	1,8426	0,4873
Kontrol3	0,5767	3,7250	0,6912	0,5884	1,7375	0,1306	-0,1546	26,2451	1,8730	1,0009	0,0231	0,0167	-0,0004	1,4052	0,3117	0,6372	0,8340	0,6236	2,5813	2,6429	-0,1246	-0,0633	2,3058	2,1811	0,5010
Kont. Ort.	0,5687	3,6392	0,6822	0,5800	1,7528	0,1359	-0,1589	25,9002	1,8177	0,9921	0,0175	0,0183	0,0039	1,3863	0,3176	0,6292	0,8449	0,6170	2,4970	2,5652	-0,1397	-0,0700	2,3006	2,1609	0,4920
Hidroponik1	0,5324	3,2779	0,7061	0,5590	1,7557	0,1471	-0,1815	26,5380	1,7042	0,9733	0,0133	0,0164	0,0135	1,3653	0,3440	0,6011	0,8543	0,5848	2,2564	2,3708	-0,2265	-0,1169	1,9818	1,7553	0,4820
Hidroponik2	0,4313	2,5168	0,7335	0,5310	2,2814	0,3025	-0,2658	26,9528	1,3637	0,9078	0,0132	0,0037	0,0482	1,9426	0,4593	0,5857	0,6730	0,5662	1,7330	1,7802	-0,0991	-0,0473	2,1431	2,0440	0,4494
Hidroponik3	0,5441	3,3875	0,7049	0,5774	1,9544	0,1775	-0,1824	26,5816	1,6790	0,9505	0,0308	0,0138	0,0253	1,5806	0,3423	0,6298	0,7710	0,6212	2,2676	2,3687	-0,2085	-0,1027	2,5345	2,3260	0,4881
Hid. Ort.	0,5026	3,0607	0,7148	0,5558	1,9972	0,2090	-0,2099	26,6908	1,5823	0,9439	0,0191	0,0113	0,0290	1,6295	0,3819	0,6055	0,7661	0,5907	2,0857	2,1732	-0,1780	-0,0890	2,2198	2,0418	0,4732
Akuaponik1	0,4822	2,8630	0,7404	0,5623	2,3585	0,2973	-0,2588	27,2552	1,4204	0,9991	0,0235	0,0172	0,0004	1,7402	0,4110	0,6155	0,7452	0,5865	1,8452	1,9271	-0,1746	-0,0824	2,3649	2,1902	0,4709
Akuaponik2	0,4835	2,8725	0,7631	0,5661	2,3230	0,2974	-0,2616	28,0882	1,4193	0,9740	0,0164	0,0148	0,0131	1,7486	0,4072	0,6184	0,7079	0,5882	1,8589	1,9461	-0,1797	-0,0877	2,3289	2,1492	0,4791
Akuaponik3	0,4951	2,9617	0,7489	0,5715	2,3269	0,2926	-0,2513	27,7436	1,4479	1,0000	0,0192	0,0177	-0,0990	1,6416	0,3941	0,6279	0,7336	0,5972	1,9290	1,9813	-0,1087	-0,0527	2,4515	2,3427	0,4812
Akua. Ort.	0,4869	2,8991	0,7508	0,5666	2,3361	0,2958	-0,2572	27,6957	1,4292	0,9910	0,0197	0,0166	-0,0285	1,7101	0,4041	0,6206	0,7289	0,5906	1,8777	1,9515	-0,1543	-0,0743	2,3818	2,2274	0,4771

Çizelge 4.12 Dördüncü bitkisel indeks analizi sonuçları

Sistem	NDVI	SR	MCARI1	OSAVI	G	MCARI	TCARI	TVI	ZMI	SPRI	NPQI	PRI	NPCI	CTR1	CTR2	Lic1	Lic2	SIPI	GM1	GM2	ARI1	ARI2	CRI1	CRI2	RDVI
Kontrol1	0,5441	3,6208	0,6520	0,5562	1,7906	0,1185	-0,1848	25,5490	1,7582	0,9573	-0,0077	-0,0072	-0,0159	1,3900	0,2916	0,6086	0,7977	0,5978	2,4237	2,5103	-0,2101	-0,1130	2,4480	2,2629	0,4642
Kontrol2	0,5691	3,6458	0,6770	0,5812	1,8156	0,1435	-0,1598	25,5740	1,7832	0,9823	0,0173	0,0178	0,0091	1,4150	0,3166	0,6336	0,8227	0,6228	2,4487	2,5353	-0,1851	-0,0880	2,4730	2,2879	0,4892
Kontrol3	0,5821	3,6588	0,6900	0,5942	1,8286	0,1565	-0,1468	25,5870	1,7962	0,9953	0,0303	0,0308	0,0221	1,4280	0,3296	0,6466	0,8357	0,6358	2,4617	2,5483	-0,1721	-0,0750	2,4860	2,3009	0,5022
Kont. Ort.	0,5651	3,6418	0,6730	0,5772	1,8116	0,1395	-0,1638	25,5700	1,7792	0,9783	0,0133	0,0138	0,0051	1,4110	0,3126	0,6296	0,8187	0,6188	2,4447	2,5313	-0,1891	-0,0920	2,4690	2,2839	0,4852
Hidroponik1	0,5301	3,0889	0,7461	0,5858	2,0390	0,2394	-0,1877	26,8122	1,5952	0,9804	0,0396	0,0367	0,0480	1,6501	0,4024	0,6355	0,7878	0,6181	2,0969	2,1821	-0,1504	-0,0616	2,2312	2,0558	0,5021
Hidroponik2	0,4751	3,0339	0,6911	0,5308	1,9840	0,1844	-0,2427	26,7572	1,5402	0,9254	-0,0154	-0,0183	-0,0070	1,5951	0,3474	0,5805	0,7328	0,5631	2,0419	2,1271	-0,2054	-0,1166	2,1762	2,0008	0,4471
Hidroponik3	0,5101	3,0689	0,7261	0,5658	2,0190	0,2194	-0,2077	26,7922	1,5752	0,9604	0,0196	0,0167	0,0280	1,6301	0,3824	0,6155	0,7678	0,5981	2,0769	2,1621	-0,1704	-0,0816	2,2112	2,0358	0,4821
Hid. Ort.	0,5051	3,0639	0,7211	0,5608	2,0140	0,2144	-0,2127	26,7872	1,5702	0,9554	0,0146	0,0117	0,0230	1,6251	0,3774	0,6105	0,7628	0,5931	2,0719	2,1571	-0,1754	-0,0866	2,2062	2,0308	0,4771
Akuaponik1	0,4784	2,8400	0,7682	0,5692	2,3972	0,3348	-0,2813	28,0645	1,3858	0,9766	0,0163	0,0168	0,0120	1,8415	0,4206	0,6238	0,7016	0,5918	1,8221	1,8684	-0,0987	-0,0469	2,3630	2,2643	0,4799
Akuaponik2	0,5034	2,8650	0,7932	0,5942	2,4222	0,3598	-0,2563	28,0895	1,4108	1,0016	0,0413	0,0418	0,0370	1,8665	0,4456	0,6488	0,7266	0,6168	1,8471	1,8934	-0,0737	-0,0219	2,3880	2,2893	0,5049
Akuaponik3	0,4504	2,8120	0,7402	0,5412	2,3692	0,3068	-0,3093	28,0365	1,3578	0,9486	-0,0117	-0,0112	-0,0161	1,8135	0,3926	0,5958	0,6736	0,5638	1,7941	1,8404	-0,1267	-0,0749	2,3350	2,2363	0,4519
Akua. Ort.	0,4774	2,8390	0,7672	0,5682	2,3962	0,3338	-0,2823	28,0635	1,3848	0,9756	0,0153	0,0158	0,0110	1,8405	0,4196	0,6228	0,7006	0,5908	1,8211	1,8674	-0,0997	-0,0479	2,3620	2,2633	0,4789

Çizelge 4.13 Beşinci bitkisel indeks analizi sonuçları

Sistem	NDVI	SR	MCARI1	OSAVI	G	MCARI	TCARI	TVI	ZMI	SPRI	NPQI	PRI	NPCI	CTR1	CTR2	Lic1	Lic2	SIPI	GM1	GM2	ARI1	ARI2	CRI1	CRI2	RDVI
Kontrol1	0,5676	3,6288	0,6839	0,5806	1,7720	0,1403	-0,1604	25,9118	1,8006	0,9934	0,0148	0,0180	0,0035	1,4032	0,3184	0,6308	0,8304	0,6183	2,4742	2,5458	-0,1491	-0,0730	2,3464	2,1972	0,4919
Kontrol2	0,5296	3,5908	0,6459	0,5426	1,7340	0,1023	-0,1984	25,8738	1,7626	0,9554	-0,0232	-0,0200	-0,0346	1,3652	0,2804	0,5928	0,7924	0,5803	2,4362	2,5078	-0,1871	-0,1110	2,3084	2,1592	0,4539
Kontrol3	0,6056	3,6668	0,7219	0,6186	1,8100	0,1783	-0,1224	25,9498	1,8386	1,0314	0,0528	0,0560	0,0415	1,4412	0,3564	0,6688	0,8684	0,6563	2,5122	2,5838	-0,1111	-0,0350	2,3844	2,2352	0,5299
Kont. Ort.	0,5676	3,6288	0,6839	0,5806	1,7720	0,1403	-0,1604	25,9118	1,8006	0,9934	0,0148	0,0180	0,0035	1,4032	0,3184	0,6308	0,8304	0,6183	2,4742	2,5458	-0,1491	-0,0730	2,3464	2,1972	0,4919
Hidroponik1	0,5050	3,0714	0,7171	0,5584	2,0071	0,2117	-0,2112	26,7633	1,5799	0,9497	0,0180	0,0109	0,0259	1,6183	0,3787	0,6092	0,7650	0,5929	2,0867	2,1700	-0,1702	-0,0846	2,2225	2,0522	0,4752
Hidroponik2	0,4640	3,0304	0,6761	0,5174	1,9661	0,1707	-0,2522	26,7223	1,5389	0,9087	-0,0230	-0,0302	-0,0151	1,5773	0,3377	0,5682	0,7240	0,5519	2,0457	2,1290	-0,2112	-0,1256	2,1815	2,0112	0,4342
Hidroponik3	0,5460	3,1124	0,7581	0,5994	2,0481	0,2527	-0,1702	26,8043	1,6209	0,9907	0,0590	0,0519	0,0669	1,6593	0,4197	0,6502	0,8060	0,6339	2,1277	2,2110	-0,1292	-0,0436	2,2635	2,0932	0,5162
Hid. Ort.	0,5050	3,0714	0,7171	0,5584	2,0071	0,2117	-0,2112	26,7633	1,5799	0,9497	0,0180	0,0109	0,0259	1,6183	0,3787	0,6092	0,7650	0,5929	2,0867	2,1700	-0,1702	-0,0846	2,2225	2,0522	0,4752
Akuaponik1	0,4832	2,8730	0,7557	0,5667	2,3515	0,3098	-0,2656	27,8362	1,4132	0,9918	0,0168	0,0174	0,0041	1,7715	0,4116	0,6210	0,7193	0,5901	1,8589	1,9207	-0,1298	-0,0622	2,3683	2,2385	0,4773
Akuaponik2	0,5342	2,9240	0,8067	0,6177	2,4025	0,3608	-0,2146	27,8872	1,4642	1,0428	0,0678	0,0684	0,0551	1,8225	0,4626	0,6720	0,7703	0,6411	1,9099	1,9717	-0,0788	-0,0112	2,4193	2,2895	0,5283
Akuaponik3	0,4322	2,8220	0,7047	0,5157	2,3005	0,2588	-0,3166	27,7852	1,3622	0,9408	-0,0342	-0,0336	-0,0469	1,7205	0,3606	0,5700	0,6683	0,5391	1,8079	1,8697	-0,1808	-0,1132	2,3173	2,1875	0,4263
Akua. Ort.	0,4832	2,8730	0,7557	0,5667	2,3515	0,3098	-0,2656	27,8362	1,4132	0,9918	0,0168	0,0174	0,0041	1,7715	0,4116	0,6210	0,7193	0,5901	1,8589	1,9207	-0,1298	-0,0622	2,3683	2,2385	0,4773

Çizelge 4.14 Altıncı bitkisel indeks analizi sonuçları

Sistem	NDVI	SR	MCARI1	OSAVI	G	MCARI	TCARI	TVI	ZMI	SPRI	NPQI	PRI	NPCI	CTR1	CTR2	Lic1	Lic2	SIPI	GM1	GM2	ARI1	ARI2	CRI1	CRI2	RDVI
Kontrol1	0,5669	3,6405	0,6776	0,5786	1,7822	0,1377	-0,1614	25,7351	1,7985	0,9852	0,0154	0,0161	0,0045	1,3986	0,3151	0,6294	0,8318	0,6179	2,4708	2,5483	-0,1644	-0,0810	2,3848	2,2224	0,4886
Kontrol2	0,5939	3,6675	0,7046	0,6056	1,8092	0,1647	-0,1344	25,7621	1,8255	1,0122	0,0424	0,0431	0,0315	1,4256	0,3421	0,6564	0,8588	0,6449	2,4978	2,5753	-0,1374	-0,0540	2,4118	2,2494	0,5156
Kontrol3	0,5399	3,6135	0,6506	0,5516	1,7552	0,1107	-0,1884	25,7081	1,7715	0,9582	-0,0116	-0,0109	-0,0225	1,3716	0,2881	0,6024	0,8048	0,5909	2,4438	2,5213	-0,1914	-0,1080	2,3578	2,1954	0,4616
Kont. Ort.	0,5669	3,6405	0,6776	0,5786	1,7822	0,1377	-0,1614	25,7351	1,7985	0,9852	0,0154	0,0161	0,0045	1,3986	0,3151	0,6294	0,8318	0,6179	2,4708	2,5483	-0,1644	-0,0810	2,3848	2,2224	0,4886
Hidroponik1	0,5050	3,0676	0,7191	0,5596	2,0105	0,2130	-0,2119	26,7753	1,5751	0,9525	0,0163	0,0113	0,0244	1,6217	0,3780	0,6098	0,7639	0,5930	2,0793	2,1636	-0,1728	-0,0856	2,2143	2,0415	0,4762
Hidroponik2	0,5370	3,0996	0,7511	0,5916	2,0425	0,2450	-0,1799	26,8073	1,6071	0,9845	0,0483	0,0433	0,0564	1,6537	0,4100	0,6418	0,7959	0,6250	2,1113	2,1956	-0,1408	-0,0536	2,2463	2,0735	0,5082
Hidroponik3	0,4730	3,0356	0,6871	0,5276	1,9785	0,1810	-0,2439	26,7433	1,5431	0,9205	-0,0157	-0,0207	-0,0076	1,5897	0,3460	0,5778	0,7319	0,5610	2,0473	2,1316	-0,2048	-0,1176	2,1823	2,0095	0,4442
Hid. Ort.	0,5050	3,0676	0,7191	0,5596	2,0105	0,2130	-0,2119	26,7753	1,5751	0,9525	0,0163	0,0113	0,0244	1,6217	0,3780	0,6098	0,7639	0,5930	2,0793	2,1636	-0,1728	-0,0856	2,2143	2,0415	0,4762
Akuaponik1	0,4822	2,8690	0,7590	0,5674	2,3662	0,3148	-0,2698	27,8796	1,4070	0,9833	0,0175	0,0162	0,0077	1,7753	0,4118	0,6217	0,7148	0,5907	1,8494	1,9095	-0,1270	-0,0611	2,3719	2,2453	0,4780
Akuaponik2	0,5236	2,9104	0,8004	0,6088	2,4076	0,3562	-0,2284	27,9210	1,4484	1,0247	0,0589	0,0576	0,0491	1,8167	0,4532	0,6631	0,7562	0,6321	1,8908	1,9509	-0,0856	-0,0197	2,4133	2,2867	0,5194
Akuaponik3	0,4408	2,8276	0,7176	0,5260	2,3248	0,2734	-0,3112	27,8382	1,3656	0,9419	-0,0239	-0,0252	-0,0337	1,7339	0,3704	0,5803	0,6734	0,5493	1,8080	1,8681	-0,1684	-0,1025	2,3305	2,2039	0,4366
Akua. Ort.	0,4822	2,8690	0,7590	0,5674	2,3662	0,3148	-0,2698	27,8796	1,4070	0,9833	0,0175	0,0162	0,0077	1,7753	0,4118	0,6217	0,7148	0,5907	1,8494	1,9095	-0,1270	-0,0611	2,3719	2,2453	0,4780

Çizelge 4.15 Yedinci bitkisel indeks analizi sonuçları

Sistem	NDVI	SR	MCARI1	OSAVI	G	MCARI	TCARI	TVI	ZMI	SPRI	NPQI	PRI	NPCI	CTR1	CTR2	Lic1	Lic2	SIPI	GM1	GM2	ARI1	ARI2	CRI1	CRI2	RDVI
Kontrol1	0,5994	3,9926	0,6562	0,5931	1,7054	0,1208	-0,1418	24,8525	1,8970	0,9105	0,0065	0,0165	0,0468	1,4895	0,2944	0,6435	0,7977	0,6491	2,6515	2,7497	-0,2124	-0,1008	2,8734	2,6610	0,4945
Kontrol2	0,6091	4,1172	0,6830	0,6002	1,5986	0,0974	-0,1385	26,0130	2,0868	0,9568	0,0004	0,0156	0,0220	1,3346	0,2815	0,6434	0,8538	0,6441	2,8706	2,9382	-0,1357	-0,0694	2,3043	2,1686	0,5125
Kontrol3	0,6122	4,1582	0,6486	0,6016	1,6375	0,0994	-0,1293	24,5740	2,0840	0,9683	0,0036	0,0182	0,0160	1,3086	0,2733	0,6564	0,8357	0,6585	2,8664	2,9539	-0,1889	-0,0898	2,6275	2,4385	0,5021
Kont. Ort.	0,6069	4,0893	0,6626	0,5983	1,6472	0,1059	-0,1365	25,1465	2,0226	0,9452	0,0035	0,0168	0,0283	1,3776	0,2831	0,6478	0,8291	0,6506	2,7962	2,8806	-0,1790	-0,0867	2,6017	2,4227	0,5030
Hidroponik1	0,4642	2,7329	0,6757	0,5149	1,6537	0,1662	-0,1943	24,9843	1,5094	0,9411	0,0114	-0,0091	0,0303	1,4789	0,4104	0,5494	0,7906	0,5403	2,0597	2,0094	0,0998	0,0519	1,6129	1,7127	0,4493
Hidroponik2	0,3796	2,2238	0,7341	0,5094	2,2942	0,3630	-0,2969	26,4934	1,2427	0,8311	0,0197	-0,0126	0,0922	2,1773	0,5191	0,5577	0,5826	0,5485	1,5980	1,5680	0,0638	0,0300	2,1272	2,1911	0,4326
Hidroponik3	0,5449	3,3951	0,6331	0,5545	1,6793	0,1123	-0,1537	23,9304	1,8232	0,9622	0,0106	0,0146	0,0192	1,3402	0,3247	0,6067	0,8556	0,5986	2,4094	2,5254	-0,2513	-0,1188	2,1177	1,8663	0,4655
Hid. Ort.	0,4629	2,7839	0,6810	0,5263	1,8757	0,2138	-0,2150	25,1360	1,5251	0,9115	0,0139	-0,0024	0,0472	1,6655	0,4181	0,5713	0,7429	0,5625	2,0224	2,0343	-0,0292	-0,0123	1,9526	1,9234	0,4491
Akuaponik1	0,5614	3,5608	0,7398	0,5992	1,9806	0,1911	-0,1862	27,7873	1,7130	0,9359	0,0204	0,0108	0,0330	1,5827	0,3232	0,6429	0,7595	0,6363	2,3492	2,4379	-0,1777	-0,0904	2,5750	2,3973	0,5099
Akuaponik2	0,4899	2,9209	0,6579	0,5256	1,6648	0,1295	-0,1818	24,6350	1,6906	0,9408	-0,0215	0,0139	0,0304	1,4440	0,3726	0,5630	0,8246	0,5560	2,1485	2,2495	-0,2070	-0,1036	1,6645	1,4574	0,4516
Akuaponik3	0,4969	2,9761	0,7085	0,5462	1,9190	0,1935	-0,2032	26,4002	1,5566	0,9521	0,0090	0,0171	0,0245	1,5678	0,3817	0,5931	0,7862	0,5743	2,0372	2,1220	-0,1726	-0,0860	1,9918	1,8191	0,4670
Akua. Ort.	0,5161	3,1526	0,7021	0,5570	1,8548	0,1714	-0,1904	26,2742	1,6534	0,9429	0,0026	0,0139	0,0293	1,5315	0,3592	0,5997	0,7901	0,5889	2,1783	2,2698	-0,1858	-0,0933	2,0771	1,8913	0,4762

Çizelge 4.16 Sekizinci bitkisel indeks analizi sonuçları

Sistem	NDVI	SR	MCARI1	OSAVI	G	MCARI	TCARI	TVI	ZMI	SPRI	NPQI	PRI	NPCI	CTR1	CTR2	Lic1	Lic2	SIPI	GM1	GM2	ARI1	ARI2	CRI1	CRI2	RDVI
Kontrol1	0,5854	3,8242	0,5899	0,5700	1,6932	0,1034	-0,1298	22,5089	1,9085	0,9235	0,0315	0,0119	0,0397	1,4068	0,3004	0,6360	0,8039	0,6405	2,6350	2,7237	-0,2088	-0,0911	3,0501	2,8413	0,4649
Kontrol2	0,5668	3,6178	0,6183	0,5626	1,5177	0,0871	-0,1393	23,6330	2,0102	0,9478	-0,0027	0,0127	0,0267	1,3869	0,3087	0,6095	0,8155	0,6133	2,6827	2,7409	-0,1249	-0,0597	2,0603	1,9354	0,4734
Kontrol3	0,5759	3,7163	0,6225	0,5745	1,5969	0,1016	-0,1340	23,6286	2,0205	0,9313	0,0046	0,0153	0,0355	1,4031	0,3072	0,6242	0,8138	0,6259	2,7089	2,7072	0,0037	0,0017	2,3125	2,3162	0,4799
Kont. Ort.	0,5760	3,7194	0,6102	0,5690	1,6026	0,0974	-0,1344	23,2568	1,9797	0,9342	0,0111	0,0133	0,0340	1,3989	0,3054	0,6232	0,8111	0,6266	2,6755	2,7239	-0,1100	-0,0497	2,4743	2,3643	0,4727
Hidroponik1	0,4948	2,9594	0,6937	0,5463	1,8583	0,1971	-0,1939	25,8663	1,5296	0,9421	0,0133	-0,0047	0,0298	1,5746	0,3814	0,5935	0,7619	0,5821	2,1071	2,0849	0,0453	0,0226	2,1170	2,1624	0,4669
Hidroponik2	0,5036	3,0292	0,7122	0,5552	2,0052	0,2066	-0,2062	26,4464	1,5342	0,9532	0,0116	0,0118	0,0239	1,6358	0,3738	0,6100	0,7589	0,5937	2,0310	2,1243	-0,1933	-0,0949	2,3321	2,1388	0,4713
Hidroponik3	0,5451	3,3975	0,6693	0,5654	1,7020	0,1257	-0,1605	25,1946	1,8306	0,9640	0,0144	0,0123	0,0183	1,4250	0,3262	0,6138	0,8535	0,6018	2,4166	2,5024	-0,1776	-0,0878	2,0923	1,9146	0,4807
Hid. Ort.	0,5145	3,1287	0,6917	0,5556	1,8552	0,1765	-0,1869	25,8358	1,6315	0,9531	0,0131	0,0065	0,0240	1,5451	0,3605	0,6058	0,7914	0,5925	2,1849	2,2372	-0,1085	-0,0534	2,1805	2,0719	0,4730
Akuaponik1	0,5634	3,5813	0,7228	0,5957	1,8894	0,1707	-0,1747	27,0965	1,7577	0,9360	-0,0056	0,0122	0,0330	1,5594	0,3199	0,6441	0,7824	0,6345	2,4004	2,4890	-0,1796	-0,0906	2,5977	2,4180	0,5063
Akuaponik2	0,5015	3,0121	0,6696	0,5451	1,9112	0,1737	-0,1871	25,0704	1,6049	0,9218	-0,0101	0,0109	0,0406	1,6558	0,3698	0,5999	0,7578	0,5870	2,0875	2,1927	-0,2259	-0,1069	2,2347	2,0087	0,4582
Akuaponik3	0,5057	3,0466	0,6728	0,5379	1,7481	0,1481	-0,1822	25,3854	1,6539	0,9593	0,0033	0,0141	0,0207	1,4483	0,3705	0,5814	0,8155	0,5737	2,1708	2,2517	-0,1649	-0,0821	1,8980	1,7330	0,4604
Akua. Ort.	0,5235	3,2133	0,6884	0,5596	1,8496	0,1642	-0,1813	25,8508	1,6722	0,9390	-0,0041	0,0124	0,0314	1,5545	0,3534	0,6085	0,7852	0,5984	2,2196	2,3111	-0,1901	-0,0932	2,2435	2,0532	0,4750

Bitkisel indeks analizlerine bakıldığında kontrol grubunda NDVI, SR, OSAVI, TCARI, ZMI, SPRI, PRI, LIC1, LIC2, SIPI, GM1, GM2, CRI1, CRI2 ve RDVI indekslerinde diğer yetiştirme ortamlarında daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Hidroponik sistemlerde ise en iyi indeks sonuçları yalnızca NPQI, NPCI ve CTR2 indekslerinde elde edilmiştir. Son olarak akuaponik sistemlerde ise en yüksek değerleri MCARI1, G, MCARI, TVI, SPRI, PRI, CTR1, CTR2, ARI1 ve ARI2 indeksleri almaktadır. NDVI değeri, her ne kadar kontrol grubunda en iyi değerler alınmış olsa da ortalama olarak değerler birbirine yakın ve tüm yetiştirme sistemlerinde sağlıklı bir bitki örtüsü bulunduğunu göstermektedir. MCARI ve MCARI1 indekslerine göre akuaponik sistemlerde yeşil alan ve klorofil bolluğu daha fazladır. Bu sonucu G indeksi desteklemektedir. TVI indeksi de tıpkı MCARI1 indeksinde olduğu gibi yeşil LAI (yaprak alan indeksi) hakkında bilgi vermektedir. Tıpkı MCARI1 de olduğu gibi TVI indeksinde de en yüksek değeri akuaponik sistemlerde yetiştirilen bitkiler vermiştir. ZMI indeksi klorofil konsantrasyon seviyeleri tahmin etmek için kullanılır. Bu indekste en yüksek değeri kontrol grubu almıştır ve bu sonucu yapılan analizlerden birisi olan total klorofil analizi de desteklemektedir. PRI sonuçlarına göre ise en düşük değeri hidroponik sistemde yetiştirilen bitkiler verirken kontrol grubu ve akuaponik sistemlerde yakın ve yüksek sonuçlar elde edilmiştir. NPCI sonuçlarına bakıldığında en yüksek sonuç hidroponik sistemlerden elde edilmiştir.

Tüm indekslere genel olarak bakıldığında kontrol grubunda yetiştirilen bitkilerin akuaponik ve hidroponik sistemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülse de özellikle akuaponik sistemlerde yetiştirilen bitkilerinde son derece olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir. Hidroponik sistem ise indeks analizleri sonuçlarına göre diğer iki bitki yetiştirme sisteminin gerisinde kalmıştır.

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Akuaponik, hidroponik ve geleneksel tarım sistemlerde yetiştirilen *Salvia officinalis* L. bitkisinden karşılaştırılmasından elde edilen sonuçları incelediğimizde, balık ve bakteri tanklarında sistemin kuruluşunu seyreden birkaç gün boyunca pH seviyesinin hızla arttığı görülmüştür. Buna edilen hızlı müdahale sayesinde sistemde bütünleşmiş halde bulunan tüm canlıların sağlıkları korunmuştur. Tankların pH değerlerine müdahale edildikten sonra, tankların pH seviyelerinde tekrar bir yükselme görülmemiştir. Bu sonuca bakarak anlayabiliriz ki, pH düzenlemesinden sonra sistem dengeye oturmuştur. Hidroponik sistemin bitki besleme tankının ise stabil hale gelmesi biraz daha uzun sürmüş olup, 30. Güne doğru hidroponik sistemde dengeye oturmuştur. EC değerleri de her üç tankta da her geçen gün artmış ve özellikle hidroponik sistemin bitki besleme tankında deney sonuna doğru 6000 µs/cm seviyelerine kadar ulaşmıştır. Bunun nedeninin daha önce de belirtildiği gibi tankta yaşanan ufak çağlı alg yükselişi olduğu düşünülmektedir. Ortam havalandırmasının yetersiz kalması, alg popülasyonunun artmasında en büyük etken olarak gösterilebilir. Bu denenle gelecek çalışmalarda ortamdaki havalandırma sistemlerinin yeterli düzeye getirilmesi önerilmektedir.

Yetiştirme ortamlarından elde edilen bitki örnekleri üzerinde yapılan morfolojik ve klorofil analizlerine göre akuaponik sistemler ile kontrol grubu genel olarak birbirlerine çok yakın sonuçlar vermiştir. Ancak morfolojik ölçümlerin birçoğunda akuaponik sistem, diğer yetiştirme gruplarından ayrılmaktadır. Buna rağmen klorofil analizlerinde ise akuaponik sistemde yetiştirilen bitkiler diğer sistemlerin gerisinde kalmıştır. Özellikle klorofil b değerinde çok büyük farklar olduğu görülmektedir. Klorofil b, bitkilerin fotosentez sırasında karbondioksit ve sudan glikojen oluşturmaları esnasında kullanılan bir pigmenttir. Klorofil b değerinin bitkilerde düşüşü birçok fikir verebilmektedir. Bu çalışmada akuaponik sistemlerde ekilen adaçayı bitkilerin klorofil b değerinin düşmesinin sebebinin ise bitkilerin strese girmesi olduğu tahmin edilmektedir. Bitkilerin fiziksel, kimyasal veya biyolojik stres altında olduklarında klorofil b değerlerinin düştüğü bilinmektedir. Bu nedenle akuaponik sistemdeki bitkilerin stres altında bir dönem

geçirdikleri ve buna bağlı olarak klorofil b üretimlerinde azalma meydana geldiği düşünülmektedir.

Yapılan indeks analizlerine genel anlamda bakıldığında en yüksek değerleri kontrol grubundan almış olsak da akuaponik sistemde yetiştirilen bitkilerde de son derece olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Akuaponik sistemlerde MCARI1, G, MCARI, TVI, SPRI, PRI, CTR1, CTR2, ARI1 ve ARI2 gibi indekslerin diğer bitki yetiştirme ortamlarından yüksek çıkması sistemin doğru koşullarda sürdürülebilir ve pozitif olduğunu göstermektedir. Ayrıca yapılan klorofil analizlerine göre akuaponik sistemde yetiştirilen bitkiler klorofil b bakımından strese girmiş gibi görünürken, klorofil hakkında bilgi veren indeksler olan MCARI, MCARI1, G gibi indeksler en yüksek değerlerine akuaponik sistemlerde ulaşmışlardır. Bu durum göstermektedir ki doğru koşullarda akuaponik sistemlerde adaçayı yetiştiriciliğinin potansiyeli son derece yüksektir. Hidroponik sistemlere bakıldığında ise yalnızca NPQI, NPCI ve CTR2 indekslerinde en yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle CTR indeksi bitkilerin yoğun stres altında oldukları göstermektedir. Hidroponik sistemlerde bitkilerin diğer sistemlere göre morfolojik ve fizyolojik açıdan geri kalması bitkilerin stere maruz kaldığını göstermektedir.

Analizi yapılan karakterlerin birbirleri ile ilişkilerine genel olarak bakıldığında gövde boyunun; yaprak boyu, gövde ağırlığı, toplam bitki ağırlığı ve yaprak sayısı ile güçlü pozitif bir ilişki içerisinde olduğu; yaprak boyunun kök ağırlığı, gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı, toplam bitki ağırlığı ve yaprak sayısı ile güçlü pozitif ilişkiler içerisinde olduğu; kök ağırlığının gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı ve toplam bitki ağırlığı ile güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğu; gövde ağırlığının yaprak ağırlığı, toplam bitki ağırlığı ve yaprak sayısı ile güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğu; yaprak ağırlığının toplam bitki ağırlığı ve yaprak sayısı ile güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğu; toplam bitki ağırlığının ise yaprak sayısı ile güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğu görülmektedir.

Klorofil analizlerinin diğer analizler ile ilişkisi gözlemlendiğinde klorofil a analizinin klorofil b ve total klorofil ile güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğu; klorofil b analizinin de total klorofil ile güçlü pozitif ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Bu

sonuçlara göre klorofil analizleri ve morfolojik analizler birbirinden ayrılmakta ve kendi içlerinde ilişkiler göstermektedirler. Tüm klorofil analizleri birbirleri ile güçlü pozitif ilişkiler göstermektedir. Morfolojik analizlerde ise en fazla gövde boyu ve yaprak boyunun diğer analizler ile güçlü pozitif ilişkiler içinde olduğu görülmektedir. Bu iki analizin diğer analizleri güçlü bir şekilde pozitif yönde etkilediği sonucu çıkarılabilir. Ayrıca kök boyu da birçok analiz ile pozitif ilişki göstermektedir. Kök boyu analizinin de diğer analizleri etkilediği söylenebilir.

Uçucu yağların sonuçlarına göre tüm bitki yetiştirme ortamlarında birbirlerinden ayrılan veya yakın bileşiklerin olduğu görülmektedir. 1,8-Cineole ve α-Thujone bileşikleri gibi önemli bileşiklerde ise akuaponik sistemler kayda değer performans göstermiş olsa da hidroponik sistem son derece yetersiz kalmıştır. Özellikle 1,8-Cineole bileşiğine hidroponik sistemlerde rastlanılmamıştır. Buna rağmen hidroponik sistemde yetiştirilen bitkilerde de 1H,15H-Hexadecamethyloctasiloxane, (+)-aromadendrene, Dacrene, Patchoulane bileşikleri bulunmuş ve bu bileşiklere diğer sistemlerde yetiştirilen bitkilerde görülmemiştir. Akuaponik sistemlerde yetiştirilen bitkilerde bulunan ve diğer sistemlerde elde edilmemiştir bileşikler ise 7-Propan-2-ylidenebicyclo[4.1.0]heptane, Longipinene epoxide ve Cembrene bileşikleridir. Kontrol grubu olan toprakta yetiştirilen bitkilerde bulunup diğer sistemlerde yetiştirilen bitkilerde bulunmayan bileşikler ise (-)-atisirene, 8,11-Octadecadiynoic acid methyl ester ve Docosahexaenoic acid olarak görülmektedir. Bu sonuçlara bakıldığında sistemlerin birbirlerinden farklı performanslar ve buna bağlı olarak farklı düzeylerde uçucu yağlar ürettiği görülmektedir. Yapılacak çalışmalarda bu durumun üzerine gidilmeli ve nedeni ortaya konmalıdır. Ticari üretim tesisleri düşünüldüğünde ise bu durum üreticinin lehine kullanılabilir ve bitki üretimindense ham madde üretimi yapılması hem üretici için daha karlı hem de istenilen ham madde için uygun sistem seçimi daha kolay olacaktır.

Ülkemizin ve değişen dünyanın gerek beslenme gerekse tıbbi aromatik bitkiler gibi nitelikli tarım isteyen çalışmalarda daha az girdi ile daha fazla çıktının olduğu çalışmalara yönelim gün geçtikçe artmaktadır. Adaçayı ülkemizde tıbbi aromaitk bitki olarak geleneksel tarım ile üretilmektedir. Yapılan bu çalışma ile adaçayı bitkisinin topraksız

tarım sistemlerinde yetiştirilebilme potansiyelini denenmiştir. Hem adaçayının topraksız tarımda yetiştirilmesinin verdiği cevapları görmek açısından hem de topraksız tarım sistemlerinin potansiyelini değerlendirmek açısından son derece önemli olan bu araştırmanın, gelecekte yapılacak olan çalışmalara referans olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Altindal, D., & Altindal, N. (2016). Sage (Salvia officinalis) oils. In *Essential oils in food preservation, flavor and safety* (pp. 715-721). Academic Press.

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant physiology*, 24(1), 1.

Bailey, D. S., & Ferrarezi, R. S. (2017). Valuation of vegetable crops produced in the UVI Commercial Aquaponic System. *Aquaculture Reports*, 7, 77-82.

Bayaz, M. (2014). Esansiyel yağlar: antimikrobiyal, antioksidan ve antimutajenik aktiviteleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 45-53.

BİLDİRİCİ, Ö. Ü. N., & Bildirici, D. E. (2021). Sağlıklı Bir Gelecek İçin Aquaponik Sistemler. *İksad Publications–2021©*, Basım sayısı, 1, 84.

Bodur T., Okudur E., 2017. Aquaponik Balık ve Bitki Üretim Sistemi, *Nobel Akademi Yayıncılık*, İstanbul, ISBN:978-605-320-692-7.

BP Statistical Review of World Energy. 2015. *British Petroleum (BP*), London, UK.

Celep, F., Raders, E., & DREW, B. (2020). Two new hybrid species of Salvia (S.× karamanensis and S.× doganii) from Turkey: evidence from molecular and morphological studies. *Turkish Journal of Botany*, *44*(6), 647-660.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ceylan, A. (1995). Tıbbi Bitkiler IE Ü. *Ziraat Fakültesi Yayınları III*. Basım, (312).

Clebsch, Betsy; Carol D. Barner (2003).The New Book of Salvias. *Timber Press*. p.216.ISBN 978-0-88192-560-9

ÇAMOĞLU, G., Şerafettin, A. Ş. I. K., & Levent, G. E. N. Ç. (2010). Mısır bitkisinin su stresine karşı spektral tepkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1), 37-43.

Daughtry, C. S., Walthall, C. L., Kim, M. S., De Colstoun, E. B., & McMurtrey Iii, J. E. (2000). Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote sensing of Environment*, 74(2), 229-239.

ELTEZ, R. Z., TÜZEL, Y., TÜZEL, İ. H., Ayşe, G. Ü. L., & DEMİRELLİ, A. (2002). Besleyici film tekniğinde (NFT) sürekli ve fasılalı akışın domates yetiştiriciliğinde verim, kalite ve su tüketimine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *39*(1).

Encyclopedia Britannica., *"Hydroponics"*. https://www.britannica.com/topic/hydroponics Erişim tarihi: 04 Ocak 2023.

FAO, 2014. *The State of World Fisheries and aquaculture*, https://www.fao.org/3/i3720e/i3720e.pdf , Erişim Tarihi: 04.01.2023

KAYNAK LAR DİZİNİ (devam)

Grand View Research, *Hydroponics Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Aggregate Systems, Liquid Systems), By Crops (Tomatoes, Lettuce, Peppers, Cucumbers, Herbs), By Region, And Segment Forecasts, 2021 – 2028*. Erişim: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hydroponics-market, Erişim Tarihi:5/01/2023

Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babac M, 2012. A checklist of the Flora of Turkey (Vascular Plants). *Flora Dizisi,* 1:1290.

Karik, U., Çinar, O., Tuncturk, M., Sekeroglu, N., & Gezici, S. (2018). Essential oil composition of some sage (Salvia spp.) species cultivated in İzmir (Turkey) ecological conditions. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, *52*(4), 102-107.

Katar, N., Katar, D., AYDIN, D., & Olgun, M. (2018). Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nda uçucu yağ oranı ve kompozisyonu üzerine ontogenetik varyabilitenin etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi,* 4(2), 231-236.

Korkmaz, K. (2007). Tarım girdi sisteminde azot ve azot kirliliği.

Losordo, T.M., Masser M.P., Rakocy J. (1992). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems; An Overview of Critical Conservations. *Southern Regional Aquaculture Center Publication* No. 451. Stoneville, Mississippi, USA.

KAYNAK LAR DİZİNİ (devam)

Love, D. C., Uhl, M. S., Genello, L. (2015). Energy and water use of a small-scale raft aquaponics system in Baltimore, Maryland, United States. *Aquacultural engineering*, 68, 19-27.

Megep (2008) Hidroponik sistemler

Nozzi, V., Graber, A., Schmautz, Z., Mathis, A., & Junge, R. (2018). Nutrient management in aquaponics: comparison of three approaches for cultivating lettuce, mint and mushroom herb. *Agronomy*, 8(3), 27.

Özbek, H. (2005). Cinsel ve jinekolojik sorunların tedavisinde bitkilerin kullanımı. *Van Tıp Dergisi*, 12(2), 170-174.

Pokorný, J., Yanishlieva, N., & Gordon, M. (Eds.). (2001). Antioxidants in food: practical applications. *Elsevier*.

Rakocy, J., Bailey, D., S., Shultz, R., C.,Thoman, E.S., 2004. Update on Tilapia and Vegetable Production in the UVI Aquaponic System, Proc. 6th Intl. Symposium on Tilapia in Aquaculture, *Manila*, Philippines, 676-698.

Rakocy, J.E. (1989). Vegetable hydroponics and fish culture: a productive interface. *Journal of World Aquaculture Society*, 20(3), 42-47.

KAYNAK LAR DİZİNİ (devam)

Rakocy, J.E., Hargreaves J.A. (1993). Integration of vegetable hydroponics with fish culture: A review. In: *Techniques for Modern Aquaculture*. Editör: Wang, J., St. Joseph, Michigan, USA. p.112-136.

Rakocy, J.E., Nair, A. (1987). "Integrating fish culture and vegetable hydroponics: problems and prospects", Virgin Islands Perspectives, *Agriculture Research Notes*, 2, 19–23.

Sönmez, İ., Kaplan, M., & Sönmez, S. (2008). Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Derim, 25*(2), 24-34.

Spade, J., S., 2009. Village Aquapnics, *Aquaponics Journal*

Thénot, F., Méthy, M., & Winkel, T. (2002). The Photochemical Reflectance Index (PRI) as a water-stress index. *International Journal of Remote Sensing*, 23(23), 5135-5139.

TÜİK, 2021 *Parfümeri, Eczacılık ve Benzeri Alanlarda Kullanılan Bitkiler, Yem Bitkileri Tohumu* https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1 Erişim Tarihi: 03/01/2023

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

KAYNAK LAR DİZİNİ (devam)

van Delden, S.H.; Nazarideljou, M.J.; Marcelis, L.F.M. (2020).*"Nutrient solutions for Arabidopsis thaliana: a study on nutrient solution composition in hydroponics systems"*. Plant Methods. 16 (72): 1–14. DOI:10.1186/s13007-020-00606-4.

Wattenberg, L. W., Coccia, J. B., & Galbraith, A. R. (1994). Inhibition of carcinogen-induced pulmonary and mammary carcinogenesis by chalcone administered subsequent to carcinogen exposure. *Cancer letters*, 83(1-2), 165-169.

WebMD, *"Herbs: A-Z: Salvia officinalis"*. https://www.webmd.com/vitamins/ai/ingredientmono-654/salvia-officinalis. Erişim tarihi: 04 Ocak 2023