



**VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ SU STRESİ
ALTINDAKİ FESLEĞENİN (*Ocimum basilicum* L.)
BÜYÜME, BESİN ALIMI VE SEKONDER METABOLİT
İÇERİĞİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Ferdi ÇELİKCAN

Yüksek Lisans Tezi

ORGANİK TARIM İŞLETMECİLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Dr.Öğr. Üyesi Muhittin KULAK

2021

T.C.
İĞDIR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ SU STRESİ ALTINDAKİ
FESLEĞENİN (*Ocimum basilicum* L.) BÜYÜME, BESİN ALIMI VE SEKONDER
METABOLİT İÇERİĞİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

FerdiÇELİKCAN

ORGANİK TARIM İŞLETMECİLİĞİ ANABİLİM DALI

İĞDIR

2021

Her Hakkı Saklıdır

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ferdi ÇELİKCAN

ÖZET

VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ SU STRESİ ALTINDAKİ FESLEĞENİN (*Ocimum basilicum* L.) BÜYÜME, BESİN ALIMI VE SEKONDER METABOLİT İÇERİĞİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÇELİKCAN, Ferdi

Yüksek Lisans Tezi

Organik Tarım İşletmeciliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr.Öğr. Üyesi MuhittinKULAK

Mart2021, 65 sayfa

Stres faktörlerinden su stresi, bitki büyümesini ve gelişimini bozan ve dolayısıyla verimlilik kaybına yol açan abiyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir. Su stresi ile mücadelede çeşitli yöntemler uygulanmakta olup kimyasal yöntemlerin olası ciddi hasarları ile ıslah çalışmalarının da uzun yıllar gerektiren süreçler olmasından dolayı son zamanlarda çevre ile uyumlu organik gübre uygulamalarına yönelimler olmuştur. Bu çalışmada; farklı vermikompost (VC/Torf: 2,5; 5%; 10 ve 20 w/w) oranları içeren torf ortamında fesleğen bitkisi (*Ocimum basilicum*) yetiştirilmiştir. Stres koşulları, toprağın nem seviyelerinin tarla kapasitesine karşılık gelen %25'e düşürülmesine dayandırılmıştır ("saksı suyu kapasitesi" olarak tanımlanabilir). Bitkiler üç veya dört haftalık süreden sonra yeterli adaptasyona ulaştıktan sonra, bitkilerin sulama düzeyleri %25'e kadar indirilmiştir. Çalışma kapsamında; bitkilerin morfolojik ve agronomik özellikleri ile uçucu yağ ve fenolik asit kompozisyonları incelenmiştir. Bu kapsamda, bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, yaprak yaş ağırlığı, yaprak uzunluğu ve yaprak genişliği uygulamalardan önemli düzeyde etkilenmiştir. Su stresi, bitki botu, bitki yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve yaprak genişliğini olumsuz etkilemiştir. Vermikompost uygulamaları, incelenen parametrelerin değerlerinden ve su stresi koşullarından bağımsız olarak çıkarılan kök yaş ağırlığı ve yaprak uzunluğu dışında ilgili tarımsal özellikleri önemli ölçüde etkilemiştir. Ayrıca, Vermikompost uygulamalarının etkisinin konsantrasyona bağlı olduğu da belirlenmiştir. Uçucu yağ bileşenlerine ilişkin ise; estragol (metil chavicol), okaliptol, trans-anetol, trans-karyofilen, à-humulen, germacren D ve trans-à-bisabolen ana bileşenler olarak belirlenmiştir. Fenolik bileşikler bulgularına göre ise; ascorbic acid, caffeic acid, vannilic acid, hyperoxide, syringic acid, trans-ferulic acid, rutin, naringin, rosmarinic acid, quercetin-3-d-xyloside ve naringenin ana bileşen olarak belirlenmiştir. Vermikompost, su stresi ve bunların etkileşimlerine bir yanıt olarak, önceki çalışmalarda olduğu gibi, fesleğendeki uçucu yağları ve fenolik asitlerin kimyasal bileşiminde önemli ölçüde plastisite gözlemlenmiştir. Besin maddesi alımı dikkate alındığında, vermikompost ile zenginleştirilmiş ortamlarda yetiştirilen bitkilerde daha yüksek besin seviyeleri gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Abiyotik Stres, Kuraklık, Organik Tarım, Sekonder Metabolitler, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler,

ABSTRACT

INVESTIGATION REGARDING THE EFFECT OF VERMICOMPOST APPLICATIONS ON GROWTH, NUTRITION UPTAKE AND SECONDARY METABOLITES OF SWEET BASIL (*Ocimum basilicum* L.) UNDER WATER STRESS

ÇELİKCAN, Ferdi

Master Thesis

Organic Agriculture Management

Thesis Advisor: Assist. Prof. Muhittin KULAK

March 2021, 65 pages

Among the stress factors, water stress is one of the rendering abiotic stress factors that disrupt plant growth and development and thus lead to productivity loss. Various methods are used in the fight against water stress, and due to the possible serious damages of chemical methods and the processes that require long years of reclamation; there has been a tendency to apply environmentally compatible organic fertilizers recently. For that reason, sweet basil plants (*Ocimum basilicum*) were grown in peat medium supplemented with different vermicompost (VC) ratio (C / Peat: 2,5; 5%; 10 and 20 w /w). The stress conditions were based on lowering soil moisture levels to 25% corresponding to field capacity (can be defined as "pot water capacity"). Along with the study, the morphological and agronomic traits of the plants and their essential oil and phenolic acid compositions were investigated. In this context, plant height, plant fresh weight, root length, root fresh weight, leaf fresh weight, leaf length and leaf width were significantly affected by the applications. Water stress negatively affected plant height, plant fresh weight, root fresh weight and leaf width. Independently of the values of the parameters examined and water stress conditions, vermicompost applications significantly affected the relevant agricultural traits except root fresh weight and leaf length. The effects of vermicompost applications were concentration-dependent. Regarding essential oil components; estragol (methyl chavicol), eucalyptol, trans-anethole, trans-caryophyllene, α -humulen, germacrene D and trans- α -bisabolen were identified as the main components. According to the phenolic compounds findings; ascorbic acid, caffeic acid, vanillic acid, hyperoxide, syringic acid, trans-ferulic acid, rutin, naringin, rosmarinic acid, quercetin-3-d-xyloside and naringenin were determined as the main components. As a response to vermicompost, water stress, and their interactions, significant plasticity was observed in the chemical composition of essential oils and phenolic acids in basil, as in previous studies. Considering nutrient uptake, the higher nutrient levels were observed with vermicompost-amended groups.

Keywords: Abiotic stress, Organic agriculture, Medicinal and aromatic plants, Drought, Secondary metabolites

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Tüm canlılarda olduğu gibi, bitkiler de yaşamları süresince eş zamanlı ya da farklı zamanlarda birçok biyotik ve abiyotik stres faktörleri ile karşılaşabilmektedir. İlgili stres faktörleri bitkilerin morfolojik ve agronomik özelliklerinde önemli zararlara neden olmaktadır. Bitkilere en fazla zarar veren stres faktörlerinin başında su stresi gelmektedir. Su stresi ile ilgili çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. “water AND stress OR drought OR water AND deficit OR water AND deficiency” gibi anahtar kelimeler kullanılarak 25 Mart 2021 tarihli Scopus taramasına göre toplam 25,092 yayına rastlanılmıştır. Bununla birlikte, su stresinin bitkiler üzerindeki etki mekanizması yeterince açıklanamamış ve bu minvalde çalışılan konular güncelliğini sürekli korumaktadır. Güncel konular olarak kalmasının en önemli sebebi ise su stresinin süresi, şiddeti ve frekansındaki olası artışları öngören bilimsel raporlardır. Ayrıca, su stresi ile ilgili mücadele yöntemlerinden olan ıslah çalışmaları uzun yıllar gerektiren bir süreç olduğundan, kısa süreli çözümler için kimyasal uygulamalara yönelim olmuştur. Ancak, kimyasal uygulamaların ilgili bitki ve onun ekosistemine olası zararlardan dolayı son zamanlarda bilim insanları doğa ile uyumlu ve daha az zararı olduğunu düşündüğü organik gübre uygulamalarına yönelmiştir.

Bu bilgiler doğrultusunda; çalışmamızda organik vermikompost gübresinin su stresi altında yetiştirilen fesleğen bitkisinin morfolojik ve agronomik özellikleri ile uçucu yağ ve fenolik asit gibi sekonder metabolitlere olan etkisi incelenmiştir.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli ve danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren Dr.Öğr. Üyesi Muhittin KULAK’a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Yine çalışmamda her türlü desteğini esirgemeyen kıymetli Dr.Öğr. Üyesi Emrah ÇELİK ve Öğr. Gör. M. Zeki KOÇAK’a da sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Son olarak çalışmamda kendilerinden esirgediğim ilgi alaka ve zamana aldırmandan beni sabırla destekleyen eşim

Derya ÇELİKCAN ve bana yaşama sevinci aşılayan hayattaki en büyük şansım olan çocuklarım Zeynep ve Kerem’e sonsuz teşekkürler.

Bu tez çalışması Iğdır Üniversitesi BAP birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: TBY1220Y17). Desteklerinden dolayı ilgili birime teşekkür ederiz.

Ferdi ÇELİKCAN

Mart, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i

ABSTRACTii

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....iii

ŞEKİLLER DİZİNİvii

TABLolar DİZİNİviii

1. GİRİŞ..... 1

1.1. Bitkiler Hangi Durumlarda Su Stresine Girmektedirler? 1

1.2. Su Stresinin Bitkilerde Meydana Getirdiği Değişimler 2

1.3. Su Stresi İle Mücadele Yöntemleri 3

1.4. Organik Gübre Olarak: Vermikompost (Solucan Gübresi)..... 3

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ 5

2.1. Su Stresinin Fesleğen Bitkisinin Büyüme ve Gelişimine Etkisi 5

2.2. Su Stresinin Fesleğen Bitkisinin Uçucu Yağ Bileşenlerine Etkisi 6

2.3. Vermikompost Uygulamaların Fesleğen Bitkisinin Uçucu Yağ Verim ve Bileşenlerine Etkisi 7

2.4. Su Stresinin Fesleğen Bitkisinin Fenolik Bileşiklerine Etkisi 8

2.5. Tezin Önemi 8

2.6. Tezin Hipotezleri..... 9

2.7. Tezin Amacı 9

2.8. Tezin Özgün Değeri 10

3. MATERYAL VE YÖNTEM 11

3.1. Materyal 11

3.2. Yöntem 11

3.3. Büyüme ve Gelişim Parametrelerinin Belirlenmesi 12

3.4. Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi 12

3.4.1. Katı faz mikro ekstraksiyon (SPME) 12

3.5. Fenolik Asit Bileşenlerinin Belirlenmesi 13

3.5.1. Bitki örneklerinin ekstraksiyonu 13

3.5.2. LC – MS / MS kullanarak fenoliklerin belirlenmesi 13

3.5.3. Makro ve mikro element içeriğinin belirlenmesi 14

3.5.4. İstatistiksel değerlendirme..... 14

4. BULGULAR ve TARTIŞMA	15
4.1. Su Stresi ve Vermikompost Uygulamalarının Bitkinin Morfolojik ve Agronomik Özelliklerine Etkisi.....	15
4.2. Morfolojik ve Agronomik Özellikler Arasındaki Korelasyon Katsayıları.....	17
4.3. Morfolojik ve Agronomik Özelliklerinin Isı Haritası İle Görselleştirilmesi ve Yorumlanması	19
4.4. Morfolojik ve Agronomik Özelliklere İlişkin Temel Bileşen Analizi (<i>Principal Component Anaylsis, PCA</i>)	20
4.5. Su Stresi ve Vermikompost Uygulamalarının Bitkinin Uçucu Yağ Bileşenlerine Etkisi.....	21
4.6. Uçucu Yağ Bileşenleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları.....	27
4.7. Uçucu Yağ Bileşenlerinin Isı Haritası İle Görselleştirilmesi ve Yorumlanması	28
4.8. Uçucu Yağ Bileşenlerine İlişkin Temel Bileşen Analizi (<i>Principal Component Anaylsis, PCA</i>)	29
4.9. Su Stresi ve Vermikompost Uygulamalarının Bitkinin Fenolik Asit İçeriklerine Etkisi.....	30
4.10. Fenolik Bileşenleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları.....	36
4.11. Su Stresinin Fesleğen Bitkisinin Besin Elementlerine Etkisi.....	40
4.12. Tartışma.....	42
4.13. Çalışmanın Öne Çıkan Bulguları (Highlights)	47
4.14. Çalışmanın Sınırlıkları (Limitations)	47
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ.....	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 4.1. Morfolojik ve agronomik özellikler arasındaki korelasyon katsayıları.....	19
Şekil 4.2. Morfolojik ve agronomik özelliklere ilişkin ısı haritası (heat map).....	20
Şekil 4.3. Morfolojik ve agronomik özelliklere ilişkin temel bileşen analizi.....	20
Şekil 4.4. Uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	27
Şekil 4.5. Uçucu yağ bileşenlerine ilişkin ısı haritası (heat map).....	29
Şekil 4.6. Uçucu yağlara ilişkin temel bileşen analizi	30
Şekil 4.7. Fenolik bileşenlerine ilişkin temel bileşen analizi.....	36
Şekil 4.8. Fenolik asit bileşenleri arasındaki korelasyon katsayıları	39
Şekil 4.9. Fenolik asit bileşenlerine ilişkin ısı haritası (heat map)	40

TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Çalışmaya ilişkin deneme deseni	12
Tablo 4.1. Agronomik özelliklere ilişkin iki yönlü Anova sonuçları.....	16
Tablo 4.2. Uygulamalara bağlı olarak fesleğenin morfolojik ve agronomik özelliklerinde meydana gelen değişimler.....	17
Tablo 4.3. Morfolojik ve agronomik özellikler arasındaki korelasyon katsayıları	18
Tablo 4.4. Su stresi ve vermikompost uygulamalarının fesleğen yapraklarındaki uçucu yağ bileşenlerine etkisi.....	24
Tablo 4.5. Uçucu yağ bileşenlerine ilişkin iki yönlü Anova sonuçları	26
Tablo 4.6. Su stresi ve vermikompost uygulamalarının fesleğen yapraklarındaki ana uçucu yağ bileşenlerine etkisi	26
Tablo 4.7. Uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon matrisi.....	28
Tablo 4.8. Fenolik bileşenlerine ilişkin iki yönlü Anova sonuçları	33
Tablo 4.9. Su stresi ve vermikompost uygulamalarının fesleğenin fenolik asit bileşenlerine etkisi.....	34
Tablo 4.10. Fenolik asit bileşenleri arasındaki korelasyon matrisi	38
Tablo 4.11. Elementlere ilişkin iki yönlü Anova sonuçları.....	38
Tablo 4.12. Su stresi ve vermikompost uygulamalarının fesleğenin besin alımına etkisi (mg/kg).....	40

1. GİRİŞ

Bitkiler hem doğal hem de tarımsal koşullar altında yaşamları süresince çeşitli çevresel streslere maruz kalırlar. Stres terimi; bitkinin üzerinde olumsuz etki oluşturan dışsal bir etmen olarak tanımlanmaktadır. Stres genellikle bitkinin yaşayabilirlik, verimlilik, büyüme ya da birincil özümleme işlemlerini (karbondioksit ve mineral alımı) önemli oranda etkilemektedir. Ayrıca, stres kavramı strese tolerans ile yakından ilişkilidir. Stres toleransı bitkinin uygun olmayan ortam koşulları ile başa çıkma potansiyeli olarak ifade edilir. Bir bitki üzerinde stres oluşturan bir ortam ya da etken bir diğer bitki üzerinde stres oluşturmaz (Taiz and Zeiger, 2008). Stres faktörleri, biyotik ve abiyotik olarak ikiye ayrılmaktadır. Biyotik stres faktörlerini, virüs, bakteri ve nematode gibi canlı grupları oluştururken, abiyotik stres faktörleri kuraklık ya da su stresi, tuzluluk, radyasyon, yüksek sıcaklık, yüksek ağır metal veya don gibi faktörleri içermektedir (Mahajan and Tuteja 2005; Akula and Ravishankar 2011; Kalefetoğlu and Ekmekçi, 2005). İstenmeyen bu koşullar bitkinin büyüme ve gelişimini geciktirebilir, verimliliği düşürebilir ve bunların artan şiddetine bağlı olarak ta bitkinin ölümüne neden olabilir (Crispet *al.*, 2016; Dixon and Pavia 1995; Krasensky and Jonak, 2012).

Stres faktörlerinden biri olan kuraklık stresi, bitki büyümesini ve gelişimini bozan ve dolayısıyla verimlilik kaybına yol açan abiyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir. Ancak stresin bitkiler üzerine etkisi, su stresinin süresi, şiddeti ve sıklığının yanı sıra, bitki türü, çeşidi, genotipine da bağlıdır. Ayrıca, bitkinin daha önceki stres tecrübesinin yeni nesillere aktarımı (*stress memory*) da su stresine verilen cevap noktasında önemlidir (Fleta-Soriano and Munné-Bosch, 2016; Kulak, 2020).

1.1. Bitkiler Hangi Durumlarda Su Stresine Girmektedirler?

Su stresi, bitkilerin ihtiyacı olan suyu alamaması durumunda ortaya çıkan bir stres durumu olup dünya üzerindeki kullanılabilir tarım toprakları üzerinde stres etkisi oluşturan faktörlerin %26'sını oluşturmaktadır (Kalefetoğlu and Ekmekçi, 2005). Su stresi, bitkilerde belli bir süre içerisinde buhar şeklinde yitirilen su miktarının (transpirasyonun) çevreden alınan su miktarından fazla olması durumunda oluşur. Bir başka deyişle; su stresi, toprakta bitkiye yarayışlı su miktarının azalması, atmosferik

koşulların etkisiyle transpirasyon ve evaporasyon sonucu su yitiminin sürmesi durumunda ortaya çıkar (Kaçar ve ark., 2009). Su stresinin oluşmasında etkili olan çeşitli sebepler vardır. Bunlardan en önemlisi ve bitkilerin en çok karşılaştığı toprakta yeterli suyun bulunmayışıdır. Havanın sıcak ve kuru olmasına bağlı olarak buharlaşmayla birlikte toprak gözeneklerindeki su azalır. Toprağın yapısının suyu tutmaya elverişli olmaması da önemli faktörlerdendir. Öte yandan, toprakta aşırı suyun bulunması da bitkinin su almasını engeller ki buna fizyolojik kuraklık denir. Suyun bitkiler tarafından yeterli miktarda alınamamasının diğer bir nedeni de topraktaki tuzun fazla olmasından dolayı serbest suyun bağlı hale geçmesinden kaynaklanan kuraklık durumudur ki buna da tuz stresi denir (Kocaçalışkan, 2001).

1.2. Su Stresinin Bitkilerde Meydana Getirdiği Değişimler

Bitkiler hareketsiz yapıları nedeniyle, yaşam süreleri boyunca eş zamanlı ya da farklı zamanlarda çeşitli çevresel stres faktörlere maruz kalmaktadırlar. Maruz kaldıkları çevresel koşullardan kaçamadıkları için bulundukları koşullara adapte olma yoluna gitmektedirler. Bu adaptasyon ile kendi biyolojik sistemlerinde önemli değişiklikler meydana getirirler. Canlıların bulunduğu ekosistemlere ve dolayısıyla bitkilere en fazla hasar veren çevresel faktörlerin başında su ile ilgili problemler gelmektedir. Bu problemlerin en önemlisi ise topraktaki su yoksunluğunun neden olduğu strestir. Bu stres, özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini etkilemesi suretiyle bitkinin verim ve kalitesinde önemli değişimlere neden olur (Kalamartzis *et al.*, 2020; Damalas, 2019; Pirbalouti *et al.*, 2017; Heidari and Golpayegani, 2012; Ekren *et al.*, 2012).

Bitkinin morfolojik ve agronomik özelliklerindeki hasarlanmalara ek olarak; su stresi bitkilerin ilaç, aromaterapi, parfümeri, kozmetik ve gıda endüstrisinde geniş kullanım alanları olan sekonder metabolitleri de önemli ölçüde etkilemektedir (Morshedloo *et al.*, 2018; Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2021). Tıbbi ve aromatik bitkiler göz önüne alındığında, Lamiaceae familyasına ait fesleğen (*Ocimum basilicum* L.), sekonder metabolitler (özellikle uçucu yağlar ve fenolik asitler) açısından zengin bitkilerdendir (Shahrajabian *et al.*, 2020).

1.3. Su Stresi İle Mücadele Yöntemleri

Fesleğen bitkisini stres koşullarına uyumlu hale getirmek için, fesleğen üzerindeki stres faktörlerinin azaltılmasına yönelik kimyasal bazlı müdahaleler şeklinde birçok girişimde bulunulmuştur (Farouk *et al.*, 2020; Gohari *et al.*, 2020; Bahcesular *et al.*, 2020; Hozayn *et al.*, 2020; Gheshlaghpour *et al.*, 2021; Kulak *et al.*, 2021; Kahveci *et al.*, 2021; Tolay, 2021). Yapılan bu girişimler ile bitkinin morfolojik, agronomik özelliklerinde ve kalitesinde önemli sonuçlar elde edilse de, ilgili uygulamaların aşırı kullanımı tarım alanlarında ciddi sorunlara neden olabilir. Aşırı kimyasal kullanımının en bilinen etkileri; toprak yapısındaki değişiklikler, ağır metal birikimi ve yeraltı sularının kirlenmesidir (Esmailpour *et al.*, 2017). Ancak, organik gübre uygulamalarının bitki üzerine etkisine yönelik çalışmalar olsa da bunlar sınırlı sayıdadır (Oad *et al.*, 2004; Adediran *et al.*, 2005; Lee, 2010; Joshi *et al.*, 2015; Lim *et al.*, 2015; Ayneband *et al.*, 2017). İlgili organik gübre çalışmaları çoğunlukla bitkinin verimine yönelik olup bitkinin sekonder metabolit içeriği gibi kalitesine yönelik çalışmalar sınırlı sayıdadır (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2021; Esmailpour *et al.*, 2017; Amooaghaie and Golmohammadi, 2017).

1.4. Organik Gübre Olarak: Vermikompost (Solucan Gübresi)

1960 tan 1980'lere kadar olan dönemde Hindistan'da “Yeşil devrim(yeşil dönem)” den dolayı tarımsal üretimde önemli bir artış meydana gelmiştir (Gupta, 1996). “Yeşil devrim (yeşil dönem)” den sonra kimyasal gübre kullanımı artmış ve Hindistan tarımda kendi kendine yetebilir hale gelmiştir. Ancak, kimyasal gübre kullanımı toprak, su ve havanın kirlenmesine neden olmuştur. Kullanılan bu zirai kimyasalların gıda ürünlerindeki kalıntılarından dolayı insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmiştir (Kumar and Bohra, 2006). Bu olumsuzluklar, araştırmacıların doğa ile uyumlu ve diğer canlılar için toksik tehlike arz etmeyen organik gübre kullanımına yönelmesine neden olmuştur. Bu organik gübrelerden bir tanesi de vermikompost (solucan gübresi) olmuştur. Solucan gübresi sadece önemli bir kompost ve biyo-kontrol faktörü değil, aynı zamanda katı atık yönetiminin (işlenmesinin) etkili bir yoludur. Solucan gübresi, toprak solucanları ve mikroorganizmalar arasındaki etkileşimlerinden kaynaklı termofilik olmayan bir aşamada üretilen (Edwards and Burrows 1988), organik

materyalin biyo-oksidasyonuna ve stabilizasyonuna neden olan ince bölünmüş turba (yer tezeği veya bataklık kömürü) benzeri bir materyaldir (Aira *et al.* 2000).

Senesi *et al.* (2017) solucan gübresinin hümik maddeler içerdiğini ve bundan dolayı çevre dostu olup aynı zamanda bitkilerin agronomik özelliklerine olumlu etki yaptığını bildirmişlerdir. Ayrıca, organik kompost ya da gübre uygulanan bitkilerin patojen ve zararlılara karşı daha dirençli olduğu da bildirilmiştir (Patriquin *et al.*,1995). Yine benzer şekilde; Funk-Jensen and Lumsden (1999) ve Sahni *et al.* (2008) da organik gübre uygulamaları ile toprağın bakteri florasında değişimler olduğunu ve buna bağlı olarak toprak kaynaklı patojenlerin baskılanmasına yardımcı olabileceğini bildirmişlerdir. Solucan gübresi mikrobiyal aktivite açısından zengin olduğundan ve bitki patojenlerini kontrol etmek için antagonistik organizmalar içerdiğinden, etkili bir biyokontrol ajanı olarak değerlendirilmektedir. Sentetik ve yarı-sentetik gübrelere göre çevre dostu olmakla birlikte toprağın kimyasal ve biyolojik florasına da önemli katkılar sunmaktadır (Aynehband *et al.* 2017; Lee, 2010).

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Su Stresinin Fesleğen Bitkisinin Büyüme ve Gelişimine Etkisi

Pirbalouti *et al.* (2017) %60 ve %30'luk tarla kapasiteleri ile sulanan fesleğen bitkilerinin biyokimyasal, fizyolojik ve büyüme parametrelerini incelemişlerdir. Azalan su düzeyi ile birlikte; fesleğen bitkisinin boyu, infloresans, yaprak alanı, yaş kök ağırlığı, kuru kök ağırlığı, yaş bitki ağırlığı ve kuru bitki ağırlığında önemli azalmalar olduğunu bildirmişlerdir.

Damalas (2019) %40'lık sulama düzeyinin fesleğenin gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, bitki boyu ve bitki yaş ağırlığında önemli azalmalara neden olduğunu bildirmiştir.

Al-Huqail *et al.* (2020) su stresi ile birlikte fesleğenin gövde uzunluğu, yaprak sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlıklarında önemli düşüşler olduğunu belirtmişlerdir.

Kulak *et al.* (2021) %25'lik sulama düzeylerinin fesleğenin gövde boyu, gövde çapı, kuru ağırlığı ve yaprak sayısında önemli azalmalara neden olduğunu bildirmişlerdir.

Ekren *et al.* (2012) azalan sulama düzeyleri ile birlikte fesleğen bitkisinin boyu, yaş ağırlığı, drog verimi ve drog yaprak veriminde azalmalar meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Sirousmehr *et al.* (2014) azalan sulama düzeylerinin bitkinin morfolojik özelliklerinde önemli azalmalar meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Baeck and Park (2001) azalan su düzeyi ile birlikte bitki boyu, yaprak uzunluğu, yaprak çapı, gövde çapı, yaprak alanı, yaş ve kuru ağırlığında önemli düşüşler gözlemlenmiştir.

Birçok tıbbi ve aromatik bitki türünde olduğu gibi (Liu *et al.*, 2011; Bahreininejad *et al.*, 2013; Morshedloo *et al.*, 2017; Abd Elbar *et al.*, 2019; Bayat and Moghadam, 2019), su stresinin fesleğen (*O. basilicum*) bitkisinin morfolojik ve agronomik özelliklerini önemli düzeylerde azalttığı görülmektedir.

2.2. Su Stresinin Fesleğen Bitkisinin Uçucu Yağ Bileşenlerine Etkisi

Kulak *et al.* (2021) fesleğen yapraklarında 1,8-cineol, linalool, eugenol ve α -bergamotene'nun ana uçucu yağ bileşenleri olarak belirlemişlerdir. Ancak sulama düzeylerindeki azalmaların bu bileşenlerin miktarlarında önemli değişimler meydana getirmediğini bildirmişlerdir.

Kalamartzis *et al.* (2020) farklı sulama düzeylerinin fesleğen çeşitlerinin uçucu yağ içerik ve verimlerine olan etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, su stresinin bitkilerin uçucu yağ içeriğini anlamlı düzeyde etkilemediğini bildirmişlerdir.

Ekren *et al.* (2012) en düşük sulama düzeyinde en yüksek uçucu yağ oranını elde etmişlerdir.

Sirousmehr *et al.* (2014) kuraklık stresi şiddetlendikçe uçucu yağ veriminde önemli artışlar gözlemlemişlerdir.

Omidbaigi *et al.* (2003) azalan sulama düzeyleri ile birlikte fesleğen bitkisinin uçucu yağ veriminde artışlar olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, stres altında yetiştirilen bitkilerde daha fazla sayıda bileşen elde etmişlerdir. Linalool, methyl chavicol, 1,8-cineole ve trans α -bergamotene'lerin ana bileşen olduğunu belirtmiş olup bu bileşenlerin sulama düzeylerinden önemli oranda etkilendiğini bildirmişlerdir.

Mandoulakani *et al.* (2017) kuraklık stresi ile birlikte methyl chavicol, methyl eugenol, α -bergamotene ve β -myrcene bileşenlerinde anlamlı artışlar belirlenirken eugenol içeriğinde ise önemli düşüşler belirlenmiştir. Ancak, linalool içeriğinde ise önemli değişimler meydana gelmediği belirlenmiştir.

Simon *et al.* (1992) stresin şiddeti ile birlikte fesleğen yapraklarının uçucu yağ veriminde önemli düzeyde artışlar gözlemlemişlerdir. Stresle birlikte linalool ve methyl chavicol içeriğinde artışlar belirlenirken eugenol içeriğinde ise önemli bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir.

Forouzandeh *et al.* (2012) benzer çalışmalarda olduğu gibi azalan su düzeyi ile birlikte uçucu yağ içeriklerinde önemli artışlar olduğunu belirlemişlerdir.

Baeck and Park (2001) azalan sulama ile birlikte uçucu içeriğinde önemli artışlar belirlenmiştir. Ancak, azalan su miktarına paralel olarak uçucu yağ veriminde azaldığı görülmüştür.

Hazzoumi *et al.* (2017) su stresinin *Ocimum gratissimum* bitkisindeki uçucu yağlarına olan etkisini araştırdıkları çalışmada, su stresinin germacrene-d bileşenin içeriğini artırdığını ancak stres ile birlikte eucalyptol, trans anethole ve cadinene içeriğinde ise önemli azalmalar meydana geldiğini bildirmişlerdir. Ancak, methylchavicol ve caryophyllene içeriğinde ise anlamlı değişimler meydana gelmemiştir.

2.3. Vermikompost Uygulamaların Fesleğen Bitkisinin Uçucu Yağ Verim ve Bileşenlerine Etkisi

Rezaei-Chiyaneh *et al.* (2020) vermikompost uygulamalarının uçucu yağ verimini önemli ölçüde etkilediğini bildirmişlerdir. En yüksek uçucu yağ verimleri Vermikompost uygulamalarında elde edilmiştir. 1,8-cineole, linalool, methyl chavicol, α -trans-bergamotene, methyl eugenol, ve epi- α -cadinol ana bileşen olarak bildirilmiştir. Bu bileşenlerin en yüksek değerlere Vermikompost uygulamalarında ulaştığı bildirilmiştir.

Esmailpour *et al.* (2017) %10, 20, 30, 40 ve 50 konsantrasyonlu vermikompost büyüme ortamlarının fesleğen bitkisinin uçucu yağ kompozisyonuna etkisini incelemişlerdir. Vermikompost uygulamaları ile uçucu yağın ana bileşenlerinde önemli artışlar gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Amooaghaie and Golmohammadi (2017) %0, 25, 50 ve 75 konsantrasyonlu Vermikompost büyüme ortamlarının *Thymus vulgaris* bitkisinin uçucu yağ içeriğine etkisini araştırmışlardır. En yüksek uçucu yağ içeriğini %50 konsantrasyonlu vermikompost uygulamasında elde etmişlerdir.

Vermikompost uygulamalarına yönelik çalışmalar oldukça sınırlı olmakla birlikte tıbbi ve aromatik bitkiler genelinde ve fesleğen bitkisi özelinde uçucu yağ içerik, verim ve kimyasal kompozisyonuna yönelik çalışmalarda yok denecek sayıdadır. İlgili literatür çalışmaları yukarıda verildiği gibidir.

2.4. Su Stresinin Fesleğen Bitkisinin Fenolik Bileşiklerine Etkisi

Pirbalouti *et al.* (2017) azalan sulama düzeyi ile birlikte fesleğen bitkisinin yapraklarında toplam fenolik madde miktarında önemli artış olduğunu bildirmişlerdir.

Kulak *et al.* (2021) azalan sulama düzeyleri ile birlikte fesleğen yapraklarında toplam fenolik ve toplam flavonoid miktarlarında önemli artışlar meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Al-Huqail *et al.* (2020) su stresi ile birlikte fesleğen yapraklarının toplam fenolik ve flavonoid içeriğinde önemli artışlar gözlemlemişlerdir.

Luna *et al.* (2015) su stresinin fesleğen bitkisini rosmarinic acid içeriğine etki etmediğini bildirmişlerdir. Ancak strese maruz kalan ve daha sonra uzun süre depolanan fesleğendeki rosmarinic acid içeriğinde anlamlı artışlar belirlenmiştir.

Genel olarak tıbbi ve aromatik bitkiler ile ilgili alan yazım çalışmalarına baktığımızda, su stresinin fenolik asit bileşenlerini nasıl etkilediğine yönelik çalışmalar daha fazla iken (Mechri *et al.*, 2020; Sarker ve Oba, 2018; Caliskan *et al.*, 2017; Puente-Garza *et al.*, 2017; Gharibi *et al.*, 2016), fesleğen bitkisine yönelik çalışmalar ise sınırlı sayıdadır.

2.5. Tezin Önemi

Tarımda yeşil devrimin ardından kimyasal gübre kullanımında önemli artışlar meydana gelmiştir. Ancak, kimyasal girdi olması gereken düzeyi aşmış durumda olup toprak, su ve havanın kirlenmesine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak, bu tarz sentetik ve yarı-sentetik girdilerin gıda ya da gıdasal olmayan ürünlerdeki kalıntıları nedeniyle insan, hayvan ve bitkiler olumsuz etkilenmektedir (Kumar and Bohra 2006). Kimyasal gübre ve pestisitlerin zararlı etkileri, araştırmacıların ilgisini solucan gübresi gibi mahsul üretimini artırabilen ve çevreyi kirlenmede zararlılardan koruyabilen organik değişikliklere kaydırmıştır. Solucan gübresi yalnızca değerli bir kompost ve bir biyo-kontrol ajanı değil, aynı zamanda katı atık yönetiminin etkili bir yoludur. Toprak sağlığının iyileştirilmesi açısından solucan gübresi, geleneksel gübreleme ve depolama gibi katı atıkları yönetmenin diğer yollarından daha iyidir (Joshi *et al.*, 2015).

Su stresinin bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması için kimyasal maddeler ile gübreleme ve ön koşullandırma çalışmaları yapılmaktadır. Kısa vadeli

durumlar için olumlu etkiler gözlemlense de toprağın ileriki dönemlerindeki birikimleri açısından ciddi bir tehlike oluşturmaktadır. Yukarda da belirtildiği gibi tüm canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturma potansiyelleri de bilinmektedir ve açık bir şekilde bilimsel veriler ile ortaya çıkarılmıştır. Bu sebeplerden dolayı, doğa ile uyumlu ve yan etkileri daha az olan doğal ve organik ürünlerin kullanma olanaklarının araştırılması önem taşır.

Bir diğer husus ise, vermikompost gibi organik ürünler toprağı besin elementleri açısından zengin bir düzeye getirmektedir. Su stresi gibi faktörlerin olduğu ortamlarda yetiştirilen bitki dokularının mineral içeriğinde önemli değişimler meydana gelmektedir. Besin elementleri sadece bitkinin büyümesi ve gelişmesi için gerekli olmayıp stres faktörlerine karşı koruyucu ya da engelleyici özelliklerinden dolayı da gereklidir ve bitkilerin çevresel stres etmenlerine karşı geliştirmiş olduğu mekanizmalarda da önemli görevleri vardır (Marschner, 1995). Bu hususta bitkinin direnç ya da tolerans aralığının genişletilmesi için bitkinin işlevsel organlarında besin elementlerinin belli bir düzeyde tutulması önem taşır. Bu hedef doğrultusunda, bitki yetiştirme ortamının mineral element içeriği yönünden kabul ve tolere edilebilir düzeylerde olması bitkilerin su stresi gibi olumsuz faktörlere karşı olası direncini artırabilir.

2.6. Tezin Hipotezleri

Önceki çalışmalara dayanarak; bu çalışma kapsamında aşağıdaki hipotezlerde bulunulmuştur.

I) Vermikompost uygulamaları ile toprağın besin ve organik madde içeriği artacağından fesleğen bitkisinin verim ve morfolojisi ile uçucu yağ ve fenolik asit kalitesi artacaktır.

II) Vermikompost uygulamaları bitkinin makro ve mikro besin elementi alımını iyileştirecektir.

2.7. Tezin Amacı

Bu çalışma, vermikompostun (VC) su stresine maruz kalmış fesleğenin (*Ocimum basilicum* L.) büyüme ve gelişim parametreleri ile uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada VC'un dozları ile 0 (VC0), %2,5 (VC1), %5 (VC2), %10 (VC3) ve %20 (VC4) (w/w), su stresi seviyeleri; kontrol

(KS100) (eksilen nemin tarla kapasitesine getirilmesi), su stresi (KS25) (kontrol grubuna verilen suyun % 25'si) kullanılmıştır. Bitkilerin çiçeklenme dönemine girmeleri ile birlikte su stresi uygulamaları başlamıştır. Su stresi ve fesleğen özelinde yapılan çalışmalara ilişkin genel geçer ve standart tek düze bir deneme deseninin olmadığını belirtmemiz gerekmektedir. Yani; su stresinin şiddeti, stresin uygulanma şekli (PEG gibi kimyasallar, tarla kapasitende değişimler, suyun tamamen kesilmesi gibi), stresi süresi ile bitkinin gelişim dönemi ve çeşidine göre de önemli farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmamızda ise; bitkinin en hassas dönemlerinden olduğu kabul edilen çiçeklenme döneminde stres uygulamaları yapılmıştır. Daha sonra bitkiler tohum oluşumuna kadar bu koşullar altında tutulmuş ve bu süre sonunda hasat edilen yaprak örneklerinde uçucu yağ ve fenolik asit bileşenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, bileşen analizi yapılan yaprak dokularında mineral içerik analizinin yapılması ile de vermikompost uygulamalarının bitkinin mineral içeriğini hangi düzeyde etkilediğini belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.8. Tezin Özgün Değeri

Vermikompostun, bitkinin büyümesi üzerine olumlu etkileri bilinmesine rağmen metabolit düzeyinde nasıl bir değişim meydana getirdiği bilinmemektedir. Sekonder metabolitlere yönelik çalışmalar ise sadece uçucu yağ verim ve bileşenlerine yönelik çalışmalar ile sınırlıdır. Fenolik asit bileşenlerine yönelik çalışmalara ise (yaptığımız alan yazım okumalarına göre) rastlanılmamıştır. Bu nedenle, konu özgün olup alan yazıma önemli katkı sunacağı düşünülmektedir. Ayrıca, vermikompost ve su stresi interaksiyonun etkisinin de belirlenecek olması da çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmamızda materyal olarak fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, materyal olarak Arzuman (Simagro Agro & Seed Company) marka yeşil, iri yapraklı fesleğen tohumu temin edilmiştir. Bitki tek yıllık olması ve uçucu yağ içeriğinin yüksek olması sebebi ile tercih edilmiştir.

Denemede kullanılacak olan vermikompost (solucan gübresi), Iğdır Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulundan temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

Çalışmada VC' un dozları 0 (VC₀), %2,5 (VC₁), %5 (VC₂), % 10 (VC₃) ve %20 (VC₄) (w/w), su stresi seviyeleri; kontrol (KS₁₀₀) (eksilen nemin tarla kapasitesine getirilmesi), su stresi (KS₂₅) (kontrol grubuna verilen suyun % 25'i) kullanılmıştır. Bitkilerin çiçeklenme dönemine girmeleri ile birlikte su stresi uygulamaları başlamıştır. Daha sonra bitkiler tohum oluşumuna kadar bu koşullar altında tutulmuş ve bu süre sonunda hasat edilen yaprak örneklerinde uçucu yağ bileşenleri ve mineral içerikleri belirlenmiştir. Deneme deseni Tablo 3.1'de verilmiştir.

Denemede saksılara verilecek su miktarı Bozcuk (2004)' e göre belirlenmiştir. Buna göre, belirli bir miktar (100 g) elenip fırında kurutulmuş (105 °C) toprak kuru ağırlığı (K.A.) alınmış ve dibi delikli silindirik bir kaba konulmuştur. Bu kap içi su dolu başka bir kaba batırılmış ve toprağın tamamen ıslanması beklenmiştir (A). Toprağın tamamen ıslandığı, üst yüzünün ıslanmasıyla anlaşılmıştır. Sonra içinde toprak bulunan kap, su kabından dışarı çıkarılmış ve bir süre beklenmiştir. Bu esnada topraktaki suyun fazlası gravitasyonel etkiyle süzülüp damla damla akmıştır. Son damlamada kesildikten hemen sonra ıslak toprak yeniden tartılmıştır (Y.A.). Daha sonra aşağıdaki formül yardımıyla tarla kapasitesi belirlenmiştir.

$$\text{Tarla kapasitesi} = (Y.A. - K.A.) / K.A. * 100$$

Tablo 3.1. Çalışmaya ilişkin deneme deseni

Kısaltma	Vermikompost uygulamaları	Sulama düzeyleri
Kontrol	Vermikompostın olmadığı büyüme ortamı (sadece torf)	Saksı kapasitesince sulama
WS (su stresi)	Vermikompostın olmadığı büyüme ortamı (sadece torf)	%25'lik saksı kapasitesi ile sulama
2,5% VC	Vermikompost ve torf karışımı (2,5%/ 97,5 %, v/v)	Saksı kapasitesince sulama
2,5% VC + WS	Vermikompost ve torf karışımı (2,5%/ 97,5 %, v/v)	%25'lik saksı kapasitesi ile sulama
5,0% VC	Vermikompost ve torf karışımı (5,0%/ 95,0 %, v/v)	Saksı kapasitesince sulama
5,0% VC + WS	Vermikompost ve torf karışımı (5,0%/ 95,0 %, v/v)	%25'lik saksı kapasitesi ile sulama
10,0% VC	Vermikompost ve torf karışımı (10,0%/ 90,0 %, v/v)	Saksı kapasitesince sulama
10,0% VC + WS	Vermikompost ve torf karışımı (10,0%/ 90,0 %, v/v)	%25'lik saksı kapasitesi ile sulama
20,0% VC	Vermikompost ve torf karışımı (20,0%/ 80,0 %, v/v)	Saksı kapasitesince sulama
20,0% VC + WS	Vermikompost ve torf karışımı (20,0%/ 80,0 %, v/v)	%25'lik saksı kapasitesi ile sulama

3.3. Büyüme ve Gelişim Parametrelerinin Belirlenmesi

Deneme süresinin sonunda; bitki boyu, gövde yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, yaprak yaş ve kuru ağırlığı, yaprak eni ve boyu ile bitki herba verimi gibi temel ölçümler yapılmıştır.

3.4. Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi

3.4.1. Katı faz mikro ekstraksiyon (SPME)

Uçucu yağların ekstraksiyonu için; 0,5 gram kuru ve toz haline getirilmiş yaprak örnekleri cam şişede 10 ml çift distilatlı su (d-d-H₂O) ile karıştırılmıştır. Karışım 30 dakika boyunca 45 ° C'de manyetik bir karıştırıcı üzerinde inkübasyona tabi tutulmuştur. Daha sonra, 7 dakika boyunca uçucu yağların SPME tutucu (Supelco 57330-U) iğnesi kullanılarak elde edilmesi sağlanmıştır. Bu sürenin sonunda, SPME tutucuda tutulan uçucular GC-MS analizine enjekte edilmiştir. SPME tutucu iğnesi septumda 4 dakika bekletilmiştir. İlgili bileşiklerin analizi toplam 33 dakika sürmüştür.

Uçucu yağların tanımlanması ve ilgili analizi, Thermo GC / MS Trace Ultra kullanılarak gerçekleştirilmiştir. GC koşulları ile ilgili olarak, DB-5MS kolonu (30m * 0,25mm * 0,25µm) kullanılmış ve helyumun taşıyıcı gazının akış hızı 1,0 mL / dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Fırın sıcaklığı 1 dk 40 ° C'de tutulduktan sonra 5 ° C / dk'lık bir hızla 40 ° C'den 120 ° C'ye çıkarılmış ve 2 dk beklenilmiştir. İlgili sıcaklık daha sonra 10 ° C / dak'lık bir hızla 240 ° C'ye yükseltip 3 dakika beklenilmiştir.

Enjeksiyon kısmı sıcaklığı ise 240 ° C olarak ayarlanmıştır. Kütle spektrometresi, 70 eV'de EI modunda çalıştırılmıştır. Split oranı 20: 1 olarak belirlenmiştir. Kütle aralığı 45-450 m / z; tarama hızı (amu / s): 1000. Bileşenler, NIST08, Willey7n.1 ve HPCH1607 kitaplıkları referans bileşikleri kullanılarak tanımlanmıştır.

3.5. Fenolik Asit Bileşenlerinin Belirlenmesi

3.5.1. Bitki örneklerinin ekstraksiyonu

Oda koşullarında kurutulan ilgili bitki örnekleri daha sonra blender ile toz haline getirilmiştir. Yaprak örnekleri için 24 saat boyunca oda sıcaklığında 120 rpm ile çalkalayıcı destekli ve sıralı bir ekstraksiyon yapılmıştır. Bu bağlamda, 3 gram bitki materyali 50 ml metanol kullanılarak ekstrakte edilmiştir.

Ekstraksiyondan sonra tüm kalıntıları toplamak için ekstraksiyon aynı bitki materyalleri ile üç kez tekrarlanmıştır. Üç ekstraksiyonun süzüntüleri bir rotary evaporator (Heidolph 94200, Bioblock Scientific) kullanılarak buharlaştırılmıştır. Vakumla kurutulmuş numuneler, kromatografik analize kadar +4 ° C'de saklanmıştır.

3.5.2. LC – MS / MS kullanarak fenoliklerin belirlenmesi

Fesleğen yapraklarındaki fenolik asit bileşik ve miktarlarının belirlenmesi amacıyla tandem kütle spektrometresi (LCMS8040 modeli) ile birleştirilmiş ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi (Shimadzu Nexera) kullanılmıştır. Analiz sonuçları ile deneysel uygulamalara bağlı olarak ortaya çıkan fenolik asitler belirlenmiştir. fenolik asitlerin belirlenmesi için Araset *al.* (2020) ve Yılmaz (2020) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır. İlgili cihazın özellikleri ve çalışma koşulları ise şöyledir: ters fazlı UHPLC, bir SIL-30AC model otomatik örnekleyici, bir CTO-10ASvp model kolon fırın, LC-30CE model ikili pompalar ve bir DGU20A3R modeli gaz giderici ile farklı analitik kolonlar (RP-C18 Inertsil ODS-4 (100 mm × 2,1 mm, 2 µm) ve 120 EC-C18 modelleri (150 mm × 2,1 mm, 2,7 µm) kullanılmış olup kolon sıcaklığı 40 ° C'ye ayarlanmıştır. Mobil faz olarak metanol ve aseto nitril kullanılırken, mobil faz katkı maddeleri olarak amonyum format, amonyum asetat, asetik asit ve formik asit kullanılmıştır. Gradyan elüsyonu: % 20 B (35–45 dak), % 100 B (25–35 dak), % 20–100 B (0–25 dak). Akış hızı 0,5 mL / dk enjeksiyon hacmi ise 5 µL olarak ayarlanmıştır. Spektrometrik saptama için iyonizasyon kaynağı (ESI)

kullanılmıştır. ESI, vanilin, daidzin, piceid, kumarin ve hesperidin için pozitif iyonizasyon modunda çalıştırılırken, ESI diğer standartlar için negatif olarak çalıştırılmıştır. MS koşulları: kurutma gazı (N₂) akışı: 15 L / dak; nebulizasyon gazı (N₂) akışı: 3 L / dak; arayüz sıcaklığı: 350 ° C, ısı bloğu sıcaklığı: 400 ° C, DL sıcaklığı: 250 ° C olarak ayarlanmıştır (Araset *al.*, 2020; Yılmaz, 2020).

3.5.3. Makro ve mikro element içeriğinin belirlenmesi

Bitki yaprak örneklerinden serumları ayrılan kısım ayrı bir tüpe alınmıştır. Yaprak kısımlarından yaklaşık olarak 1 g alınarak mikrodalga da yakılmış ve ICP-OES (Optima 2100 DV: Perkin Elmer Inc.) cihazında ölçümleri yapılmıştır. Mikrodalga cihazı ile örneklerin sıvı faza alınması için HNO₃/HCl çözeltisi kullanılmıştır. Örneklerden 1 g tartılarak üzerlerine 3 mL%65'lik HNO₃ ve 1 mL %30'luk HCl eklenerek mikrodalga sisteminde aşağıdaki program uygulanarak parçalama işlemi yapılmıştır. İşlem sonunda çözeltiler ultra saf su ile 50 mL'lik hacme tamamlanarak ICP-OES cihazına verilmiştir (Kaçar ve İnal, 2008).

ICP-OES cihazında elde edilen değerler kullanılarak, aşağıdaki şekilde formülasyon ile % metal oranlarının hesaplamaları yapılmıştır.

$$\% \text{ metaloksit} = \frac{\text{Ölçülendeğer (ppm)} \times \text{ÇevirmeFaktörü}}{\text{Tartılanmiktar (g)}}$$

3.5.4. İstatistiksel değerlendirme

Çalışmada her hasat ve uygulama için incelenen özelliklerde üç tekerrür ve her tekerrür için toplam 5 bitki kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için, uygulamaların ortalamaları arasında fark olup olmadığını ortaya koyan ilişkisiz (bağımsız) örneklemeler için yapılan çift yönlü varyans analizi (SPSS 18), ilgili parametrelerin kendi aralarındaki ilişkisi için Pearson korelasyonu (r), elementlerin bağımlılık yapısını yok etme ve boyut indirgeme amacıyla temel bileşen analizi (Principal Component Analysis, PCA) ile Clustvis kullanılarak ısı haritaları yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Su Stresi ve Vermikompost Uygulamalarının Bitkinin Morfolojik ve Agronomik Özelliklerine Etkisi

Büyüme ve gelişim parametreleri incelendiğinde; bitki boyu 11,33 cm ile 39,66 cm değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük bitki boyu WS uygulamasında 11,33 cm, en yüksek bitki boyu değeri ise 20% VC uygulamasında 39,66 cm olarak belirlenmiştir. Su stresi bitki boyunda anlamlı azalmalara neden olmuştur. Vermikompost uygulamalarından %2,5 konsantrasyonu bitkinin boyu üzerinde anlamlı bir değişiklik oluşturmamıştır. ancak diğer konsantrasyonların bitki boyunu anlamlı bir şekilde artırdığı belirlenmiştir. Aynı zamanda vermikompost ve su kısıtlaması uygulamalarının ise tek başına uygulanan vermikompost uygulamalarına göre bitki boyunda kısmen azalmalara neden olmuştur. Yapılan istatistiksel analizlere göre ise; vermikompost ($p=0,000$) ve su stresinin ($p=0,000$) etkisi anlamlı iken vermikompost ve su stresi interaksyonu ($p=0,101$) anlamsız bulunmuştur.

Elde edilen veriler incelendiğinde uygulamalar arasında bitki yaş ağırlığı 1,42-14,66 g arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük bitki yaş ağırlığı 1,45 g ile WS uygulamasında elde edilirken, en yüksek bitki yaş ağırlığı ise 14,66 g ile 20% VC uygulamasından elde edilmiştir. Su stresi bitki yaş ağırlığında anlamlı azalmalara neden olmuştur. Vermikompost uygulamalarının bitki yaş ağırlığını anlamlı bir şekilde artırdığı belirlenmiştir. Aynı zamanda vermikompost ve su kısıtlaması uygulamaları ise tek başına uygulanan vermikompost uygulamalarına göre bitki yaş ağırlığında belirgin azalmalara neden olmuştur. Yapılan istatistiksel analizlere göre ise; vermikompost ($p=0,000$), su stresi ($p=0,000$) ve vermikompost ve su stresi interaksyonu ($p=0,000$) anlamlı bulunmuştur.

Uygulamalar arasında elde edilen kök uzunluğu 19,33-36,33 cm değerleri arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek kök uzunluğu 36,33 cm ile 2,5% VC +WS uygulamasından ve en düşük kök uzunluğu ise 19,33 cm ile WS uygulamasından elde edilmiştir. Su stresi bitki kök uzunluğunda artışlara neden olmuştur. Vermikompost uygulamalarından %2,5, %5 ve %10 konsantrasyonları bitkinin kök uzunluğu üzerinde bir artış meydana getirirken %20 konsantrasyonunda ise önemli değişimler meydana getirmemiştir. Ancak vermikompost ve su kısıtlamalarının interaksyonun bitkinin kök

uzunluğuna etkisi anlamsız bulunmuştur ($p=0,181$). Su kısıtlaması ile bitki kök yaş ağırlığında azalmalar meydana gelirken vermikompost uygulamaları ise kök yaş ağırlığında önemli artışlara neden olmuştur. Ayrıca, vermikompost ve su kısıtlaması uygulamaları ise tek başına uygulanan vermikompost uygulamalarına göre 2,5%VC+WS ile 20%VC+WS uygulamalarında kök yaş ağırlığında anlamlı artışlara neden olurken 5%VC+WS ile 10%VC+WS uygulamalarında azalış meydana getirmiştir.

Su kısıtlaması bitki yaş yaprak ağırlığında azalmalara neden olurken vermikompost uygulamaları ile önemli artışlar meydana gelmiştir. Ayrıca, Aynı zamanda vermikompost ve su kısıtlaması uygulamaları ise tek başına uygulanan vermikompost uygulamalarına göre yaprak yaş ağırlığında azalmalara neden olmuştur. Ayrıca, yapılan uygulamaların yaprak uzunluğuna herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Yaprak çapına ilişkin yapılan değerlendirmelerde ise, su kısıtlaması ve vermikompost uygulamalarının etkisi anlamlı bulunmuştur. Buna göre; su kısıtlaması yaprak çapında azalmalara neden olmuştur. Vermikompost uygulamaları ise yaprak çapında artışlar meydana getirmiştir.

Tablo 4.1. Agronomik özelliklere ilişkin iki yönlü Anova sonuçları

Agronomik parametreler	Su stresi	Vermikompost	Su stresi x vermikompost
Bitki boyu	0,000*	0,000*	0,101 ^{ns}
Bitki Yaş Ağırlığı	0,000*	0,000*	0,000*
Kök Uzunluğu	0,000*	0,030**	0,181 ^{ns}
Kök Yaş Ağırlığı	0,131 ^{ns}	0,000*	0,000*
Yaprak Yaş Ağırlığı	0,000*	0,000*	0,000*
Yaprak Uzunluğu	0,779 ^{ns}	0,274 ^{ns}	0,411 ^{ns}
Yaprak Çapı	0,039**	0,002*	0,460 ^{ns}

* $p<0,001$; ** $p<0,05$; ns: önemli değil

Tablo 4.2. Uygulamalara bağılı olarak fesleğenin morfolojik ve agronomik özelliklerinde meydana gelen değişimler

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)	Bitki yaş ağırlığı (g)	Kök uzunluğu (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Yaprak yaş ağırlığı (g)	Yaprak uzunluğu (cm)	Yaprak çapı (cm)
Kontrol	21,000±2,17 ^g	2,038±0,100 ^g	20,500±2,784 ^d	0,433±0,017 ^g	1,454±0,074 ^g	3,900±0,400 ^{ab}	1,600±0,200 ^{cde}
WS	11,333±1,25 ^g	1,425±0,139 ^h	27,333±1,528 ^{bcd}	0,311±0,025 ^h	1,056±0,103 ^h	3,433±0,153 ^{ab}	1,233±0,058 ^e
2,5 % VC	19,167±3,88 ³	3,047±0,289 ^f	23,500±5,074 ^{cd}	0,542±0,035 ^f	2,257±0,214 ^f	3,733±0,208 ^{ab}	1,867±0,208 ^{a-d}
2,5 % VC + WS	17,667±3,05 ⁵	2,469±0,174 ^g	36,333±8,145 ^a	1,300±0,054 ^e	1,829±0,129 ^g	3,367±0,153 ^b	1,500±0,100 ^{de}
5 % VC	30,333±4,48 ¹	6,572±0,516 ^d	29,500±4,330 ^{abc}	1,903±0,036 ^d	4,869±0,382 ^d	3,900±0,600 ^{ab}	1,800±0,200 ^{a-e}
5 % VC + WS	27,000±3,00 ⁰	4,843±0,317 ^f	33,333±3,215 ^{ab}	1,320±0,052 ^e	3,588±0,235 ^e	3,667±0,764 ^{ab}	1,700±0,265 ^{b-e}
10 % VC	37,167±4,19 ³	8,188±0,406 ^c	28,667±2,517 ^{abc}	2,283±0,040 ^c	6,064±0,030 ^c	3,900±0,781 ^{ab}	2,167±0,153 ^{abc}
10 % VC + WS	28,500±2,00 ⁰	6,577±0,190 ^d	32,667±5,508 ^{ab}	1,904±0,057 ^d	4,872±0,141 ^d	4,400±0,656 ^a	1,667±0,153 ^{b-e}
20 % VC	39,667±1,52 ⁸	14,663±0,326 ^a	19,833±1,258 ^d	2,393±0,089 ^b	10,862±0,242 ^a	3,867±0,321 ^{ab}	2,200±0,100 ^{ab}
20 % VC + WS	36,167±1,75 ⁶	10,703±0,128 ^b	33,000±3,606 ^{ab}	2,877±0,086 ^a	7,928±0,095 ^b	4,167±0,550 ^{ab}	2,300±0,819 ^a

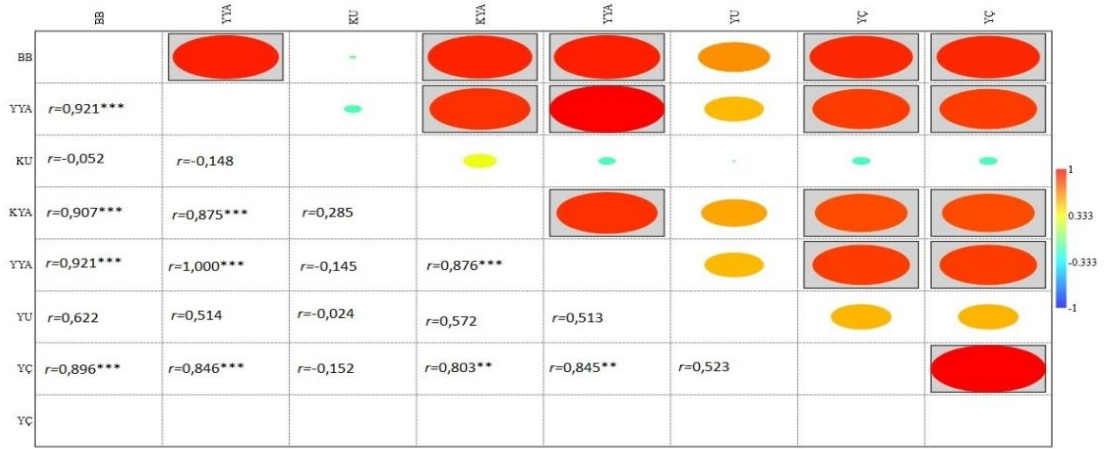
4.2. Morfolojik ve Agronomik Özellikler Arasındaki Korelasyon Katsayıları

Büyüme parametrelerinin kendi aralarındaki ilişkisi için Pearson korelasyonu (r) kullanılmıştır. Parametrelerden, BB ile YYA ($r=0,921$; $p<0,001$) arasında zayıf olumlu ama anlamsız bir ilişki belirlenmiştir, ancak KU ($r=-0,744$; $p=0,014$), KYA ($r=-0,813$; $p=0,004$), YYA ($r=-0,725$; $p=0,018$), YU ($r=-0,680$; $p=0,031$) ile güçlü olumsuz ilişki görülürken $YÇ$ ($r=-0,593$; $p=0,071$), ile orta derece olumsuz bir ilişki gözlemlenmiştir.

Tablo 4.3. Morfolojik ve agronomik özellikler arasındaki korelasyon katsayıları**PearsonCorrelations**

		Pearson's r	p	Lower 95% CI	Upper 95% CI
BB	- YYA	0,921 ***	< ,001	0,695	0,982
BB	- KU	-0,052	0,886	-0,660	0,597
BB	- KYA	0,907 ***	< ,001	0,647	0,978
BB	- YYA	0,921 ***	< ,001	0,693	0,981
BB	- YU	0,622	0,055	-0,012	0,899
BB	- YÇ	0,896 ***	< ,001	0,611	0,975
YYA	- KU	-0,148	0,683	-0,711	0,531
YYA	- KYA	0,875 ***	< ,001	0,546	0,970
YYA	- YYA	1,000 ***	< ,001	1,000	1,000
YYA	- YU	0,514	0,128	-0,170	0,864
YYA	- YÇ	0,846 **	0,002	0,462	0,963
KU	- KYA	0,285	0,425	-0,420	0,775
KU	- YYA	-0,145	0,689	-0,710	0,533
KU	- YU	-0,024	0,948	-0,644	0,615
KU	- YÇ	-0,152	0,676	-0,713	0,528
KYA	- YYA	0,876 ***	< ,001	0,548	0,970
KYA	- YU	0,572	0,084	-0,090	0,883
KYA	- YÇ	0,803 **	0,005	0,351	0,952
YYA_6	- YU	0,513	0,129	-0,172	0,864
YYA_6	- YÇ	0,845 **	0,002	0,461	0,963
YU	- YÇ	0,523	0,121	-0,158	0,867

* $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$



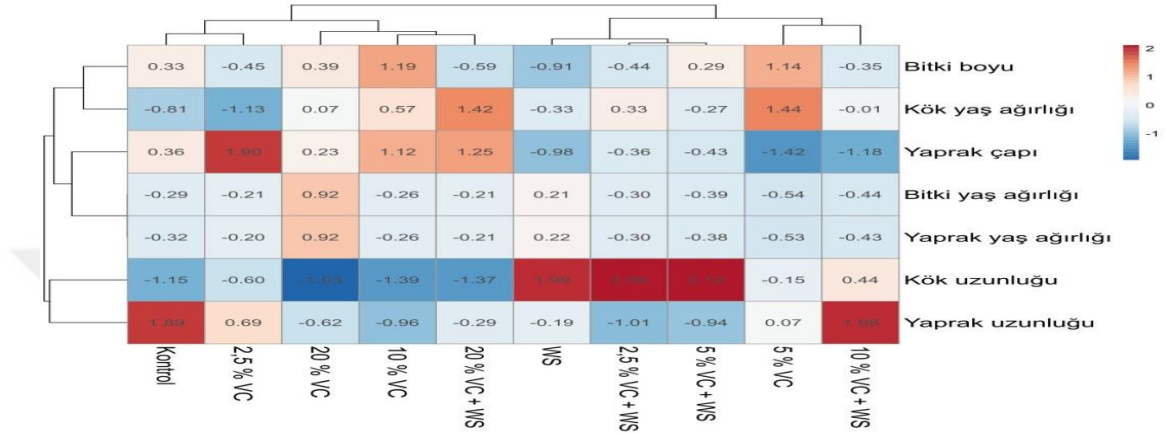
Şekil 4.1. Morfolojik ve agronomik özellikler arasındaki korelasyon katsayıları

4.3. Morfolojik ve Agronomik Özelliklerinin Isı Haritası İle Görselleştirilmesi ve Yorumlanması

Büyüme parametrelerinden bitki boyu (BB) en fazla 10%VC uygulamasında (1,19) belirlenirken en düşük değer WS (-0,91) uygulamasında karşımıza çıkmıştır. Bir diğer parametre olan kök yaş ağırlığı (KYA) en fazla 5%VC grubunda (1,44) belirlenirken en düşük değer 2,5%VC (-1,13) uygulamasında belirlenmiştir. Yaprak Çapı (YÇ) en geniş 2,5%VC grubunda (1,90) belirlenirken en düşük değer 5%VC grubunda (-1,42) gözlemlenmiştir. Bitki yaş ağırlığı (BYA) en fazla 20%VC grubunda (0,92) belirlenirken en düşük ağırlık 5%VC grubunda (-0,54) belirlenmiştir. Yaprak Yaş Ağırlığı (YYA) en fazla 20%VC grubunda (0,92) belirlenirken en düşük ağırlık 5%VC grubunda (-0,53) belirlenmiştir. Kök uzunluğu (KU) en fazla 5%VC+WS grubunda (2,12) belirlenirken en düşük değer 20%VC grubunda (-1,93) belirlenmiştir. Yaprak Uzunluğu (YU) en fazla 10%VC+WS grubunda (1,98) belirlenirken en düşük değer 2,5%VC+WS grubunda (-1,01) gözlemlenmiştir.

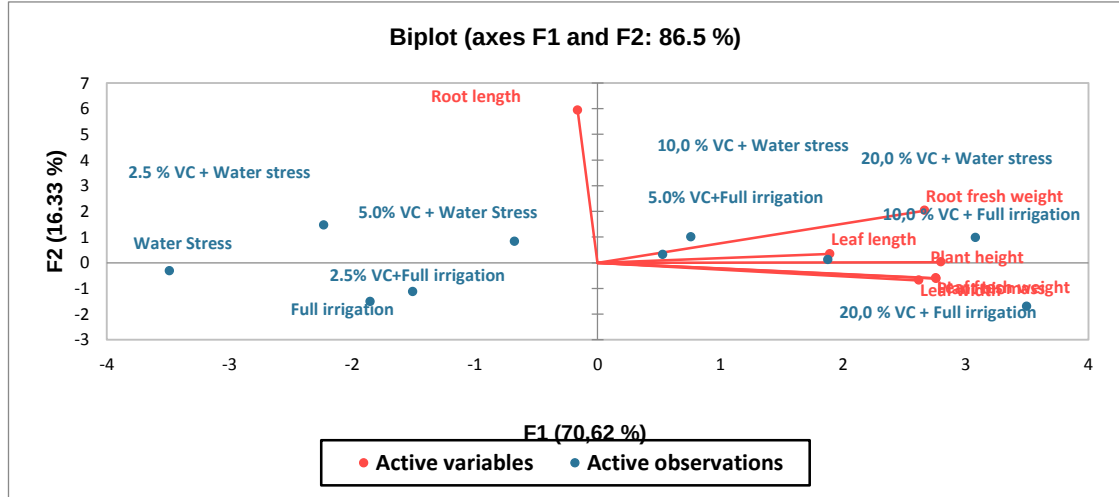
Kümeleme sonuçlarına göre ise; ilgili morfolojik ve agronomik özelliklere göre iki ana küme ortaya çıkmıştır. Birinci küme; bitki boyu, kök yaş ağırlığı, yaprak çapı ve bitki yaş ağırlığından oluşurken ikinci küme ise kök uzunluğu ve yaprak uzunluğundan oluşmuştur. Öte yandan, ilgili agronomik ve morfolojik özelliklerine ait veriler sonucu; deneysel gruplarda iki ana kümeye ayrılmış olup birinci küme WS, 2,5%VC+WS, 5,0%VC+ WS, 5,0%VC ve 10,0%VC+ WS oluşmuştur. İkinci küme ise; kontrol, 2,5 %

VC, 10 % VC, 20 % VC ve 20,00% VC+WS deney gruplarından oluşmuştur. Buna göre; birinci küme “stres” ile ilgili iken ikinci küme ise “optimal” koşulları ifade ettiğini söyleyebiliriz.



Şekil 4.2. Morfolojik ve agronomik özelliklere ilişkin ısı haritası (heat map)

4.4. Morfolojik ve Agronomik Özelliklere İlişkin Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis, PCA)



Şekil 4.3. Morfolojik ve agronomik özelliklere ilişkin temel bileşen analizi

4.5. Su Stresi ve Vermikompost Uygulamalarının Bitkinin Uçucu Yağ Bileşenlerine Etkisi

Eucalyptol bileşiğinin içeriğine ilişkin deneme grupları arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p=0,000$). En yüksek *eucalyptol* içeriği kontrol grubunda belirlenirken yapılan su kısıtlaması ($p=0,000$) ve farklı dozlardaki vermikompost uygulamaları ($p=0,000$) *eucalyptol* içeriğini önemli miktarlarda azaltmıştır. Ayrıca, su stresi ve vermikompost etkileşimi ($p=0,000$) ise *eucalyptol* içeriğinin daha çok azalmasına neden olmuştur.

Estragole bileşiğinin içeriğine ilişkin deneme grupları arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p=0,000$). En yüksek *estragole* içeriği hem kontrol grubunda hem de %20 VC + WS uygulamasında belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, uygulanan su kısıtlamasının *estragole* bileşiğinin içeriğine etkisi anlamlı bulunmazken ($p=0,277$) farklı dozlardaki vermikompost uygulamalarının *estragole* içeriğinde önemli değişimler neden olmuştur ($p=0,014$). Ayrıca, vermikompost uygulamalarının *estragole* bileşiğinin içeriğini önemli miktarda etkilediği istatistiksel olarak belirlenmiş olsa da ($p=0,000$), etkileşimin etkisi en bariz şekilde %20 VC + WS uygulamasında görülmüştür.

Trans-anethole bileşiğinin içeriğine ilişkin deneme grupları arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p=0,000$). En yüksek *trans-anethole* içeriği %20 VC uygulamasında elde edilirken en düşük bileşen içeriği ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, uygulanan su kısıtlamasının *trans-anethole* bileşiğinin içeriğine etkisi anlamlı bulunmazken ($p=0,045$) farklı dozlardaki vermikompost uygulamalarının *trans-anethole* içeriğinde önemli değişimler neden olmuştur ($p=0,000$). Su stresi ve vermikompost uygulamaları ile bileşen içeriğinde önemli artışlar belirlenmiştir. Ancak, su stresi ve vermikompost etkileşimi, vermikompostun %5, %10 ve %20 konsantrasyonlarının tek başına uygulamalarına göre bileşen içeriğinde azalmalara neden olmuştur ($p=0,000$).

Trans-caryophyllene bileşiğinin içeriğine ilişkin deneme grupları arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p=0,000$). En yüksek *trans-caryophyllene* içeriği %20 VC uygulamasında elde edilirken en düşük bileşen içeriği ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, uygulanan su kısıtlamasının ($p=0,000$) ve farklı dozlardaki vermikompost uygulamalarının *trans-caryophyllene* bileşiğinin içeriğine

etkisi anlamlı bulunmuştur ($p=0,000$). Ancak, su stresi ve vermikompostinteraksiyonu, vermikompostu %5 ve %10 konsantrasyonlarının tek başına uygulamalarına göre bileşen içeriğinde artışa neden olurken %20 uygulamasına göre azalışa neden olmuştur ($p=0,000$).

à-humulene bileşiğinin içeriğine ilişkin deneme grupları arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p=0,000$). En yüksek *à-humulene* içeriği %20 VC uygulamasında elde edilirken en düşük bileşen içeriği ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, uygulanan su kısıtlamasının ve farklı dozlardaki vermikompost uygulamalarının *à-Humulene* bileşiğinin içeriğine etkisi anlamlı bulunmuştur ($p=0,000$). Su stresi ve vermikompost uygulamaları ile bileşen içeriğinde sırasıyla %5 VC + WS ve %10 VC + WS uygulamasına kadar anlamlı artış gözlenirken %20 VC + WS uygulamasında düşüş belirlenmiştir. Ancak, su stresi ve vermikompost interaksiyonu, vermikompostu %5 ve %10 konsantrasyonlarının tek başına uygulamalarına göre bileşen içeriğinde artışa neden olurken %20 uygulamasına göre azalışa neden olmuştur ($p=0,000$).

Germacrene D bileşiğinin içeriğine ilişkin deneme grupları arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p=0,000$). En yüksek *Germacrene D* içeriği %20 VC uygulamasında elde edilirken en düşük bileşen içeriği ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, uygulanan su kısıtlamasının ve farklı dozlardaki vermikompost uygulamalarının *Germacrene D* bileşiğinin içeriğine etkisi anlamlı bulunmuştur ($p=0,000$). Su stresi ve vermikompost uygulamaları ile bileşen içeriğinde sırasıyla %5 VC + WS ve %10 VC + WS uygulamasına kadar anlamlı artış gözlenirken %20 VC + WS uygulamasında düşüş belirlenmiştir. Ancak, su stresi ve vermikompostinteraksiyonu, vermikompostun %2,5 konsantrasyonunun tek başına uygulanmasına göre bileşik içeriğinde önemli bir değişikliğe neden olmazken %5 ve %10 konsantrasyonlarının tek başına uygulamalarına göre bileşen içeriğinde artışa, %20 uygulamasına göre azalışa neden olmuştur ($p=0,000$).

Trans-à-bisabolene bileşiğinin içeriğine ilişkin deneme grupları arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p=0,000$). En yüksek *trans-à-bisabolene* içeriği %20 VC uygulamasında elde edilirken en düşük bileşen içeriği ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, uygulanan su kısıtlamasının ve farklı dozlardaki

vermikompost uygulamalarının *trans- α -bisabolene* bileşiğinin içeriğine etkisi anlamlı bulunmuştur ($p=0,000$). Su stresi ve vermikompost uygulamaları ile bileşen içeriğinde sırasıyla %2,5 VC + WS, %5 VC + WS ve %10 VC + WS uygulamasına kadar düzenli artış gözlenirken 20% VC + WS uygulamasında düşüş belirlenmiştir. Ancak, su stresi ve vermikompost interaksyonu, vermikompostun %2,5 konsantrasyonunun tek başına uygulanmasına göre bileşik içeriğinde önemli bir değişikliğe neden olmazken %5ve %10 konsantrasyonlarının tek başına uygulamalarına göre bileşen içeriğinde artışa, %20 uygulamasına göre azalışa neden olmuştur ($p=0,000$).



Tablo 4.4. Su stresi ve vermikompost uygulamalarının fesleğen yapraklarındaki uçucu yağ bileşenlerine etkisi

Compounds	Control	WS	2,5 % VC	2,5 % VC + WS	5 % VC	5 % VC + WS	10 % VC	10 % VC + WS	20 % VC	20 % VC + WS
Hexanal	0,021±0,001	0,021±0,002	0,020±0,001	0,010±0,000	0,020±0,000	0,010±0,000	0,010±0,001	0,011±0,001	0,015±0,005	0,016±0,006
(E)-2-hexenal	0,049±0,004	0,061±0,001	0,227±0,002	0,030±0,001	0,032±0,002	0,030±0,002	0,032±0,003	0,055±0,005	0,010±0,000	0,053±0,006
Oxime-Methoxy-Phenyl	0,157±0,202	0,030±0,000	0,020±0,001	0,035±0,004	0,333±0,042	0,022±0,002	0,032±0,005	0,030±0,001	0,031±0,001	0,024±0,005
α-pinene	0,056±0,005	0,045±0,009	0,020±0,001	0,021±0,004	0,041±0,003	0,021±0,002	0,049±0,008	0,024±0,005	0,032±0,003	0,034±0,004
Camphene	0,038±0,008	0,010±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,010±0,000	0,010±0,000	0,010±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,016±0,006
Sabinene	0,047±0,008	0,031±0,001	0,010±0,000	0,021±0,002	0,000±0,000	0,024±0,004	0,031±0,002	0,000±0,000	0,021±0,002	0,020±0,001
1-Octen-3-ol	0,307±0,021	0,219±0,159	0,233±0,015	0,200±0,010	0,290±0,010	0,000±0,000	0,193±0,015	0,157±0,021	0,132±0,011	0,117±0,015
n-octanal	0,057±0,007	0,000±0,000	0,032±0,003	0,044±0,003	0,000±0,000	0,020±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000
Eucalyptol	2,533±0,448	1,727±0,070	0,707±0,038	0,930±0,046	0,800±0,010	0,550±0,010	0,883±0,025	0,573±0,032	0,607±0,015	0,483±0,170
cis-Ocimene	0,012±0,003	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000
γ-terpinene	0,015±0,005	0,010±0,000	0,010±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,012±0,003	0,000±0,000	0,010±0,000	0,019±0,001
p-menth-2-en-1-ol	0,023±0,003	0,031±0,001	0,020±0,001	0,020±0,000	0,090±0,010	0,021±0,002	0,025±0,006	0,021±0,002	0,020±0,000	0,021±0,002
Nonanal	0,240±0,046	0,000±0,000	0,230±0,020	0,153±0,006	0,163±0,015	0,093±0,006	0,147±0,006	0,173±0,006	0,133±0,006	0,150±0,010
D-Fenchylalcohol	0,130±0,173	0,055±0,005	0,021±0,002	0,034±0,003	0,010±0,000	0,010±0,000	0,010±0,000	0,020±0,001	0,010±0,000	0,020±0,001
Camphor	0,350±0,040	0,190±0,010	0,000±0,000	0,034±0,004	0,023±0,003	0,010±0,000	0,034±0,005	0,030±0,002	0,020±0,000	0,010±0,000
1-Borneol	0,120±0,026	0,073±0,006	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000
Estragole	92,040±1,369	90,503±1,116	90,483±0,592	91,137±0,187	91,230±0,1182	90,700±0,409	90,270±0,302	89,563±0,507	88,667±0,240	92,097±0,076
Z-Citral	0,300±0,020	0,383±0,015	0,350±0,010	0,337±0,021	0,000±0,000	0,000±0,000	0,287±0,021	0,363±0,032	0,000±0,000	0,000±0,000

Tablo 4.4. (devam)

Compounds	Control	WS	2,5 % VC	2,5 % VC + WS	5 % VC	5 % VC + WS	10 % VC	10 % VC + WS	20 % VC	20 % VC + WS
E-Citral	0,305±0,013	0,390±0,013	0,453±0,025	0,333±0,015	0,000±0,000	0,094±0,006	0,353±0,050	0,380±0,026	0,113±0,006	0,140±0,010
Trans-Anethole	0,323±0,025	0,427±0,015	0,543±0,015	0,570±0,026	0,770±0,026	0,680±0,020	0,780±0,036	0,700±0,010	0,833±0,045	0,770±0,026
α -copaene	0,014±0,003	0,020±0,000	0,051±0,001	0,055±0,005	0,030±0,000	0,059±0,002	0,043±0,06	0,045±0,005	0,065±0,005	0,053±0,006
Trans-Cinnamicacidmethyl ester	0,145±0,010	0,163±0,006	0,000±0,000	0,000±0,000	0,162±0,008	0,000±0,000	0,159±0,002	0,000±0,000	0,000±0,000	0,157±0,012
Trans-Caryophyllene	0,297±0,006	0,540±0,017	1,573±0,042	1,613±0,025	1,103±0,080	1,877±0,045	1,370±0,046	1,547±0,050	2,060±0,085	1,493±0,031
trans-alpha-Bergamotene	0,059±0,002	0,135±0,005	0,427±0,021	0,427±0,021	0,287±0,025	0,500±0,010	0,370±0,040	0,433±0,031	0,593±0,038	0,393±0,015
trans- α -Farnesene	0,024±0,005	0,062±0,003	0,000±0,000	0,000±0,000	0,113±0,012	0,000±0,000	0,031±0,001	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000
α -Humulene	0,197±0,021	0,303±0,0115	0,847±0,035	0,873±0,031	0,420±0,026	1,027±0,032	0,860±0,046	1,047±0,055	1,223±0,035	0,843±0,021
Germacrene D	0,113±0,015	0,277±0,021	0,573±0,047	0,537±0,015	0,210±0,026	0,717±0,032	0,560±0,050	0,663±0,045	0,830±0,053	0,527±0,031
Zingiberene	0,031±0,002	0,076±0,005	0,273±0,038	0,000±0,000	0,053±0,006	0,353±0,035	0,257±0,038	0,310±0,026	0,537±0,067	0,213±0,015
cis-Farnesol	0,012±0,003	0,030±0,002	0,000±0,000	0,000±0,000	0,025±0,005	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000
cadinen	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,073±0,006	0,000±0,000	0,000±0,000	0,097±0,006	0,120±0,010	0,000±0,000	0,082±0,013
Trans- α -bisabolene	0,300±0,030	0,777±0,021	1,220±0,036	0,950±0,036	0,573±0,031	1,250±0,075	1,373±0,032	1,700±0,046	1,987±0,021	1,127±0,031
Caryophylleneoxide	0,055±0,005	0,052±0,003	0,120±0,010	0,072±0,003	0,137±0,015	0,127±0,031	0,133±0,015	0,193±0,015	0,250±0,044	0,090±0,001

Tablo 4.5. Uçucu yağ bileşenlerine ilişkin iki yönlü Anova sonuçları

Uçucu yağ bileşenleri	Su stresi	Vermikompost	Su stresi x vermikompost
Eucalyptol	0,000*	0,000*	0,000*
Estragole	0,277 ^{ns}	0,014**	0,000*
Trans-anethole	0,045**	0,000*	0,000*
Trans-caryophyllene	0,000*	0,000*	0,000*
à-Humulene	0,000*	0,000*	0,000*
Germacrene D	0,000*	0,000*	0,000*
Trans-à-bisabolene	0,000*	0,000*	0,000*

* $p < 0,001$; ** $p < 0,05$; ns: önemli değil

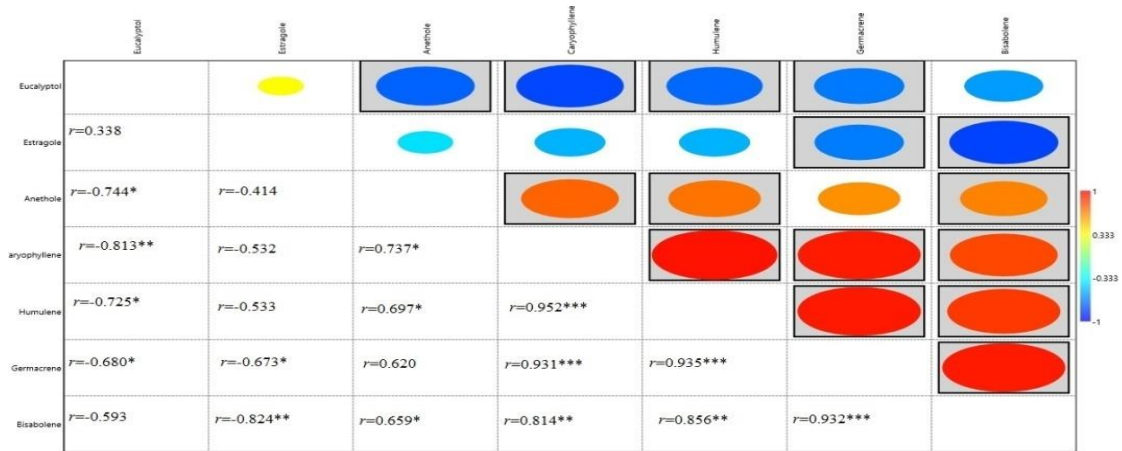
Tablo 4.6. Su stresi ve vermikompost uygulamalarının fesleğen yapraklarındaki ana uçucu yağ bileşenlerine etkisi

Treatments	Eucalyptol	Estragole	Trans-anethole	Trans-caryophyllene	à-Humulene	Germacrene D	Trans-à-bisabolene
RT (min)	11.26	16.22	18.90	22.46	23.16	23.61	24.55
Control	2.533±0.448 a	92.040±1.369 a	0.323±0.025 f	0.297±0.006 h	0.197±0.021 f	0.113±0.015 e	0.300±0.030 i
WS	1.727±0.702 b	90.503±1.116 bc	0.427±0.015 e	0.540±0.017 g	0.30±0.0153 e	0.277±0.021 d	0.777±0.021 g
2.5 % VC	0.707±0.0379 c-f	90.483±0.592 bc	0.543±0.015 d	1.573±0.042 cd	0.847±0.035 c	0.573±0.047 c	1.220±0.036 d
2.5% VC + WS	0.930±0.046 c	91.137±0.187 ab	0.570±0.026 d	1.613±0.025 c	0.873±0.031 c	0.537±0.015 c	0.950±0.036 f
5.0% VC	0.800±0.010 cde	91.230±0.182 ab	0.770±0.026 b	1.103±0.080 f	0.420±0.026 d	0.210±0.026 f	0.573±0.031 h
5.0% VC + WS	0.550±0.010 ef	90.700±0.409 bc	0.680±0.020 c	1.877±0.045 b	1.027±0.032 b	0.717±0.035 b	1.250±0.076 d
10.0% VC	0.883±0.0252 cd	90.270±0.0302 bc	0.780±0.036 b	1.370±0.046 e	0.860±0.046 c	0.560±0.050 c	1.373±0.032 c
10.0 % VC + WS	0.573±0.322 ef	89.563±0.507 cd	0.700±0.010 c	1.547±0.050 cd	1.047±0.055 b	0.663±0.045 b	1.700±0.046 b
20.0% VC	1.106±0.764 bc	88.667±0.240 d	0.833±0.045 a	2.060±0.085 a	1.223±0.035 a	0.830±0.052 a	1.987±0.021 a
20.0 % VC + WS	0.853±0.486 cd	92.100±0.757 a	0.770±0.026 b	1.493±0.031 d	0.843±0.021 c	0.527±0.031 c	1.127±0.031 e

* $p = 0,000$; WS: Waterstress; VC: Vermicompost

4.6. Uçucu Yağ Bileşenleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları

Uçucu yağ bileşenlerinin kendi aralarındaki ilişkisi için Pearson korelasyonu (r) kullanılmıştır. Ana bileşenlerden, *eucalyptol* ile *estragole* ($r=0,338$; $p=0,340$) arasında zayıf olumlu ama anlamsız bir ilişki belirlenmiştir. Ancak *trans-anethole* ($r=-0,744$; $p=0,014$), *trans-caryophyllene* ($r=-0,813$; $p=0,004$), *à-humulene* ($r=-0,725$; $p=0,018$), *germacrene D* ($r=-0,680$; $p=0,031$) ile güçlü olumsuz ilişki görülürken; *trans-à-bisabolene* ($r=-0,593$; $p=0,071$), ile orta derece olumsuz bir ilişki gözlemlenmiştir. Ana bileşenlerden, *estragole* ile *trans-anethole* ($r=-0,414$; $p=0,235$), *trans-caryophyllene* ($r=-0,532$; $p=0,113$) ve *à-humulene* ($r=-0,533$; $p=0,113$) arasında orta dereceli olumsuz ilişki gözlemlenirken, *germacrene D* ($r=-0,673$; $p=0,033$), *trans-à-bisabolene* ($r=-0,824$; $p=0,003$), arasında güçlü olumsuz bir ilişki gözlemlenmiştir. *Trans-anethole* ile *trans-caryophyllene* ($r=0,737$; $p=0,015$), *à-humulene* ($r=0,697$; $p=0,025$), *germacrene D* ($r=0,620$; $p=0,056$), *trans-à-bisabolene* ($r=0,659$; $p=0,038$), arasında güçlü olumlu bir ilişki gözlemlenmiştir. *Trans-caryophyllene* ile *à-humulene* ($r=0,952$; $p<0,001$), *germacrene D* ($r=0,931$; $p<0,001$), *trans-à-bisabolene* ($r=0,814$; $p=0,004$), arasında çok güçlü olumlu bir ilişki gözlemlenmiştir. *à-humulene* ile *germacrene D* ($r=0,935$; $p<0,001$), *trans-à-bisabolene* ($r=0,856$; $p=0,002$), arasında çok güçlü olumlu bir ilişki gözlemlenmiştir. *Germacrene D* ile *trans-à-bisabolene* ($r=0,932$; $p<0,001$), arasında çok güçlü olumlu bir ilişki gözlemlenmiştir.



Şekil 4.4. Uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon katsayıları

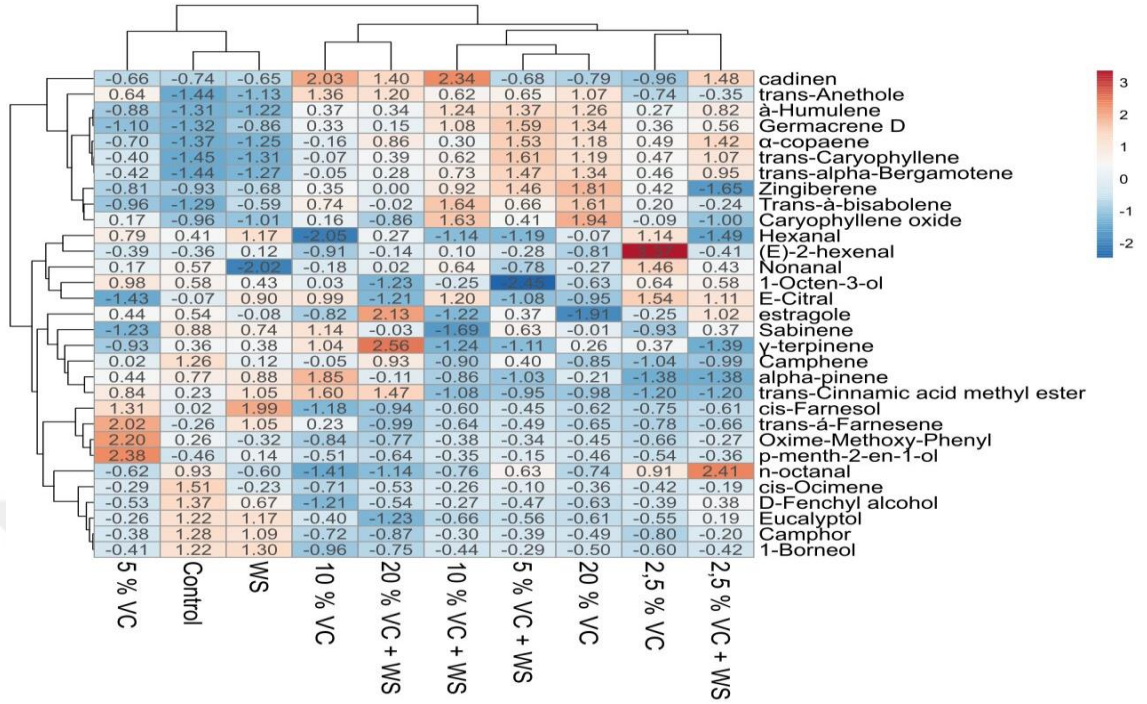
Tablo 4.7. Uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon matrisi**PearsonCorrelations**

		Pearson's r	p	Lower 95% CI	Upper 95% CI
Eucalyptol	- Estragole	0,338	0,340	-0,371	0,798
Eucalyptol	- Trans-anethole	-0,744 *	0,014	-0,935	-0,215
Eucalyptol	- Trans-caryophyllene	-0,813 **	0,004	-0,954	-0,375
Eucalyptol	- à-Humulene	-0,725 *	0,018	-0,930	-0,176
Eucalyptol	- Germacrene D	-0,680 *	0,031	-0,917	-0,087
Eucalyptol	- Trans-à-bisabolene	-0,593	0,071	-0,890	0,059
Estragole	- Trans-anethole	-0,414	0,235	-0,828	0,292
Estragole	- Trans-caryophyllene	-0,532	0,113	-0,870	0,147
Estragole	- à-Humulene	-0,533	0,113	-0,870	0,145
Estragole	- Germacrene D	-0,673 *	0,033	-0,915	-0,075
Estragole	- Trans-à-bisabolene	-0,824 **	0,003	-0,957	-0,405
Trans-anethole	- Trans-caryophyllene	0,737 *	0,015	0,201	0,934
Trans-anethole	- à-Humulene	0,697 *	0,025	0,119	0,922
Trans-anethole	- Germacrene D	0,620	0,056	-0,016	0,899
Trans-anethole	- Trans-à-bisabolene	0,659 *	0,038	0,050	0,911
Trans-caryophyllene	- à-Humulene	0,952 ***	< ,001	0,804	0,989
Trans-caryophyllene	- Germacrene D	0,931 ***	< 001	0,729	0,984
Trans-caryophyllene	- Trans-à-bisabolene	0,814 **	0,004	0,379	0,955
à-Humulene	- Germacrene D	0,935 ***	< ,001	0,741	0,985
à-Humulene	- Trans-à-bisabolene	0,856 **	0,002	0,491	0,965
Germacrene D	- Trans-à-bisabolene	0,932 ***	< ,001	0,732	0,984

* $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

4.7. Uçucu Yağ Bileşenlerinin Isı Haritası İle Görselleştirilmesi ve Yorumlanması

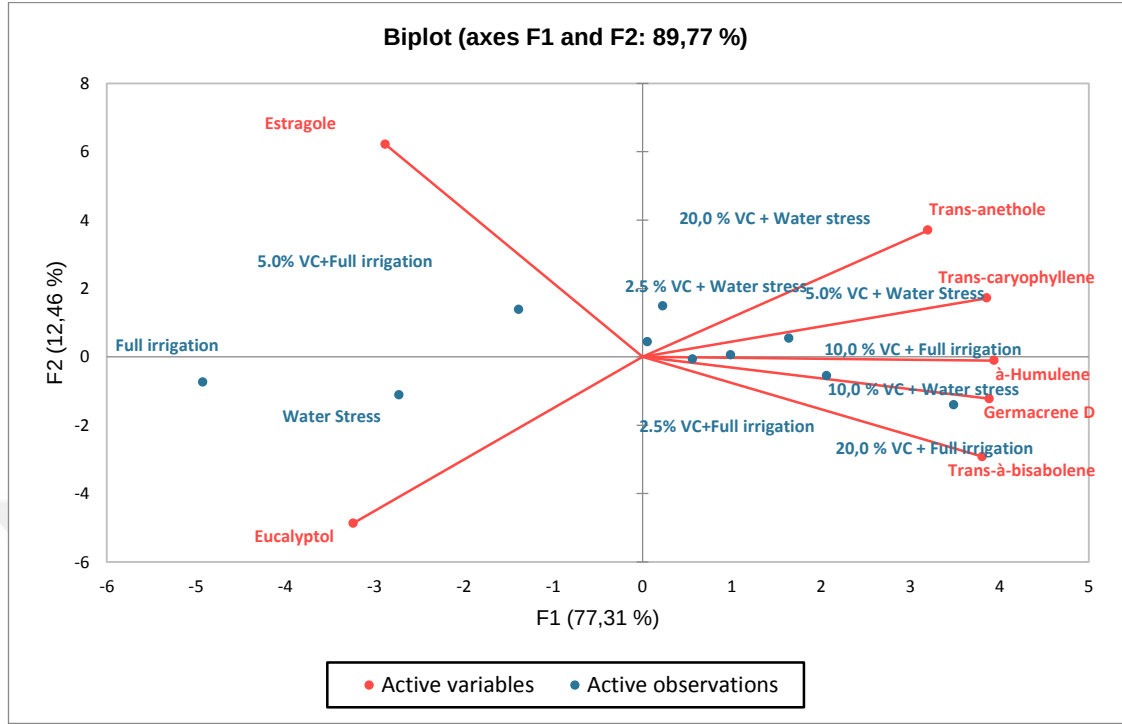
Uçucu yağ ana bileşenlerinden *eucalyptol* içeriği en fazla control grubunda (1,22) belirlenirken en düşük değer %20 VC+WS (-1,23) uygulamasında karşımıza çıkmıştır. Bir diğer ana bileşen olan Estragole içeriği en fazla %20VC+WS grubunda (2,23) belirlenirken en düşük değer %20 VC (-1,91) uygulamasında belirlenmiştir. Trans-Anethole içeriği en fazla %10 VC grubunda (1,36) belirlenirken en düşük değer Control grubunda (-1,44) gözlemlenmiştir. Trans-caryophyllene içeriği en fazla 5% VC+WS grubunda (1,61) belirlenirken en düşük değer Control grubunda (-1,45) belirlenmiştir. à-humulene içeriği en fazla %5 VC+WS grubunda (1,37) belirlenirken en düşük değer Control grubunda (-1,31) gözlemlenmiştir. Germacrene D içeriği en fazla %5 VC+WS grubunda (1,59) belirlenirken en düşük değer Control grubunda (-1,32) belirlenmiştir. Trans-à-bisabolene içeriği en fazla %10 VC+WS grubunda (1,64) belirlenirken en düşük değer Control grubunda (-1,29) gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5. Uçucu yağ bileşenlerine ilişkin ısı haritası (heat map)

4.8. Uçucu Yağ Bileşenlerine İlişkin Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis, PCA)

PCA sonuçlarına göre, analize alınan 7 değişkenin öz değeri 1'den yüksek olan iki faktör altında toplandığı görülmektedir. Önemli olarak belirlenen faktörlerden birincisi (PC₁) uçucu yağ bileşenlerinin üretimine ilişkin toplam değişimin %77,31'ini, ikinci faktör (PC₂) ise %12,46'sını açıklamaktadır. Bu iki faktör uçucu yağ bileşimine ilişkin açıkladıkları değişim %89,77'dir. Buna göre, analizde önemli faktör olarak ortaya çıkan PC₁ve PC₂, uçucu yağ bileşimindeki toplam değişim ve uygulamalara ilişkin değişimin çoğunluğunu açıkladıkları görülmektedir. Faktör yükleri incelendiğinde, değişimin PC₁ için *trans-anethole*, *à-humulene*, *germacrene D* ve *trans-à-bisabolene*ve PC₂ için ise *trans-caryophyllene*'den oluştuğu belirlenmiştir. Öte yandan, *estragole* ve *eucalyptol* bileşenleri ile PC₁'de yer alan elementler arasında negatif bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Uçucu yağlara ilişkin temel bileşen analizi

4.9. Su Stresi ve Vermikompost Uygulamalarının Bitkinin Fenolik Asit İçeriklerine Etkisi

Fenoliklerin LC-MS / MS analizine göre, yaprak örneklerinde otuz dokuz fenolik bileşik tanımlanmış ve miktarı belirlenmiştir. İlgili bileşiklerden ascorbic acid, caffeic acid, vannilic acid, hyperoxide, syringic acid, trans-ferulic acid, rutin, naringin, rosmarinic acid, quercetin-3-d-xyloside ve naringenin ana bileşenler olduğu belirlenmiştir.

Su stresi, hiperoksit ve kuersetin-3-d-ksilosit içeriğini önemli ölçüde artırırken, diğer ana bileşiklerin içeriğini önemli ölçüde etkilememiştir. Vermikompost uygulamaları genel olarak değerlendirildiğinde; vermikompost uygulamaları, askorbik asit, kafeik asit, hiperoksit, rutin, rosmarinik asit, kuersetin-3-d-ksilosid ve naringenin içeriğini önemli ölçüde etkilemiştir.

Askorbik asit içeriği, % 10,00 VC + FI ve % 10,00 VC + WS uygulamalarıyla azalırken diğer uygulamalarda önemli değişiklikler gözlemlenmemiştir. Ayrıca, su stresi ve vermikompost interaksiyonunda etkisi anlamlı bulunmamıştır.

Su stresi kafeik asit içeriğini önemli ölçüde etkilememiştir ($p=0,412$). Ancak vermikompost uygulamaları kontrole göre ilgili bileşiğin içeriğini arttırmıştır ($p=0,012$). Vermikompost konsantrasyonu dikkate alındığında, en yüksek kafeik asit içeriği % 5,0 VC + FI uygulamasında elde edilirken artan vermikompost konsantrasyonu ile birlikte ilgili bileşiğin içeriğinde azalmalar gözlemlenmiştir. Ayrıca, ilgili uygulamaların interaksiyonları da etkili bulunmuştur ($p=0,023$). Vermikompost uygulamaları göz önüne alındığında; % 5,0 VC + WS uygulaması ile içerikte azalma kaydedilirken, % 20,0 VC + WS uygulaması ise içeriği arttırmıştır.

Vanilik asit ile ilgili olarak, ne su stresi ne de Vermikompost uygulamaları vanilik asit içeriğini etkilemiştir ancak ilgili uygulamaların interaksiyonunun bileşiğin içeriğine etkisi anlamlı bulunmuştur ($p= 0,031$). Kafeik asit durumunda olduğu gibi, vanillik asit içeriği de % 5,0 VC + FI uygulamasında en yüksek değerlere ulaşmıştır ancak % 10,0 VC + FI uygulamasında ise vanilik asit içeriği tespit edilememiştir.

Hiperoksit içeriği, ilgili uygulama ve onlar interaksiyonlarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Hiperoksit içeriği % 5,0 VC + FI uygulamasında en yüksek değere ulaşmıştır. Ancak, vermikompostun artan konsantrasyonuna bağlı olarak ilgili bileşiğin içeriğinde azalmalar belirlenmiştir. Bununla birlikte, interaksiyonla ilgili olarak, % 10,0 VC + WS uygulaması bileşiğin içeriğinde dikkate değer bir artışa sebep olmuştur.

Rutin içeriği su stresinden etkilenmezken ($p= 0,903$) vermikompost ve vermikompost ile su stresi interaksiyonları bileşiğin içeriğini önemli ölçüde etkilemiştir. Vermikompost uygulamaları göz önüne alındığında, diğer birçok bileşikte olduğu gibi, rutin içeriği % 5,0 VC + FI uygulamasında en yüksek değerlere ulaşmıştır. Öte yandan, % 10,0 VC'nin su stresi ile etkileşimi en yüksek rutin verimini vermiştir. Naringin ile ilgili olarak; ne su stresi ne de Vermikompost uygulamaları ilgili bileşiğin içeriğini etkilemiştir ancak uygulamaların interaksiyonunun etkisi anlamlı bulunmuştur ($p = 0,020$).

Fesleğenin fenolik profilinin ana bileşiği olan rosmarinik asit içeriği, sadece Vermikompost uygulamalarından etkilenmiştir. Bu uygulamalar ile dikkate değer bir artış belirlenmiş olup en yüksek içerik % 5,0 VC + FI uygulamasında elde edilmiştir.

Quercetin-3-d-xyloside içeriği, uygulama ve onların interaksiyonundan önemli ölçüde etkilenmiştir. Diğer bileşenlerde olduğu gibi, en yüksek içeriğe % 5,0 VC + FI

uygulamasında ulaşılmıştır. Su stresi ve vermikompost uygulamaları içeriği artırırken ilgili uygulamalara ait interaksiyonlar ise bileşiğin içeriğini azaltmıştır.

Hesperitin içerikleri, göz önüne alındığında, ne su stresi ($p = 0,172$) ne de vermikompost uygulamaları ($p = 0,493$) içeriği önemli ölçüde etkilememiş ancak etkileşimleri içeriği önemli ölçüde etkilemiştir ($p = 0,000$). En yüksek içerik% 10,0 VC + WS'de gözlemlenmiştir. Ayrıca, uygulamalara karşılık gelen fenolikler, temel bileşenler analizi ile ayrımlandı. Analize göre, Eigen değerleri > 1,0 olan dokuz ana bileşen elde edilmiştir. Bu kadar düşük bir açıklanan varyans oranı, ilgili uygulamalara karşı bireysel fenolik asitlerin tepkilerini güçlü bir şekilde açıklayamadığı görülmektedir. İlk iki bileşen, orijinal verilerin değişkenliğinin% 44,67'sini oluşturduğu belirlenmiştir.

İlk bileşen (F1), shikimic acid, gentisic acid, vanillic acid, caffeic acid, p-coumaric acid, trans-ferulic acid, coumarin, hyperocide, Quercetin-3-glucoside, rutin, Isoquercitrin, rosmarinic asit, Quercetin-3-D-xyloside, neohesperidin ve naringenin gibi fenolikler ile önemli pozitif korelasyonlar gösterdi. İkinci bileşen (F2) ise askorbik asit, protokatekuik asit, kateşin, 4-hidroksibenzaldehit, epikateşin, kuersimeritrin, scutellarin, hesperidin ve elajik asit gibi bileşenleri içerdiği belirlenmiştir.

Tablo 4.8. Fenolik bileşenlerine ilişkin iki yönlü Anova sonuçları

Fenolik bileşenleri	Su stresi	Vermikompost	Su stresi x vermikompost
Ascorbic Acid	0,875 ^{ns}	0,005*	0,898 ^{ns}
Shikimic acid	0,000*	0,000*	0,000*
Protocatechuic acid	0,211 ^{ns}	0,008*	0,043**
Gentisic acid	0,028**	0,000*	0,000*
Catechin	0,154 ^{ns}	0,598 ^{ns}	0,384 ^{ns}
4-Hydroxybenzoic acid	0,067 ^{ns}	0,074 ^{ns}	0,053**
Chlorogenic acid	0,100 ^{ns}	0,018**	0,045**
4-Hydroxybenzaldehyde	0,250 ^{ns}	0,091 ^{ns}	0,048**
Vanillic acid	0,136 ^{ns}	0,144 ^{ns}	0,031**
Caffeic Acid	0,412 ^{ns}	0,012**	0,023**
Epicatechin	0,790 ^{ns}	0,009*	0,002*
Syringic acid	0,897 ^{ns}	0,181 ^{ns}	0,039**
p-coumaric acid	0,286 ^{ns}	0,002*	0,155 ^{ns}
Taxifolin	0,099 ^{ns}	0,043**	0,043**
Polydatine	0,015**	0,363 ^{ns}	0,135 ^{ns}
Trans-ferulic acid	0,565 ^{ns}	0,125 ^{ns}	0,039**
Quercimeritrin	0,034**	0,000*	0,804 ^{ns}
Coumarin	0,161 ^{ns}	0,342 ^{ns}	0,343**
Scutellarin	0,054 ^{ns}	0,042**	0,029**
Cynarin	0,121 ^{ns}	0,026**	0,043**
Hyperocide	0,009*	0,000*	0,000*
Quercetin-3-glucoside	0,204 ^{ns}	0,000*	0,000*
Rutin	0,903 ^{ns}	0,009*	0,010*
Isoquercitrin	0,178 ^{ns}	0,000*	0,000*
Resveratrol	0,228 ^{ns}	0,653 ^{ns}	0,019**
Naringin	0,636 ^{ns}	0,470 ^{ns}	0,020**
Rosmarinic acid	0,750 ^{ns}	0,016**	0,063 ^{ns}
Quercetin-3-D-xyloside	0,000*	0,001*	0,000*
Hesperidine	0,099 ^{ns}	0,043**	0,043**
Neohesperidin	0,500 ^{ns}	0,000*	0,002*
Kaempferol-3-glucoside	0,194 ^{ns}	0,000*	0,310 ^{ns}
Baicalin	0,079 ^{ns}	0,529 ^{ns}	0,916 ^{ns}
Ellagic acid	0,946 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,020**
Naringenin	0,589 ^{ns}	0,003*	0,159 ^{ns}
Silibinin	0,009*	0,176 ^{ns}	0,548 ^{ns}
Hesperetin	0,172 ^{ns}	0,493 ^{ns}	0,000*
Biochanin A	0,002*	0,242 ^{ns}	0,160 ^{ns}
Flavon	0,031**	0,059 ^{ns}	0,032**
Diosgenin	0,875 ^{ns}	0,117 ^{ns}	0,081 ^{ns}

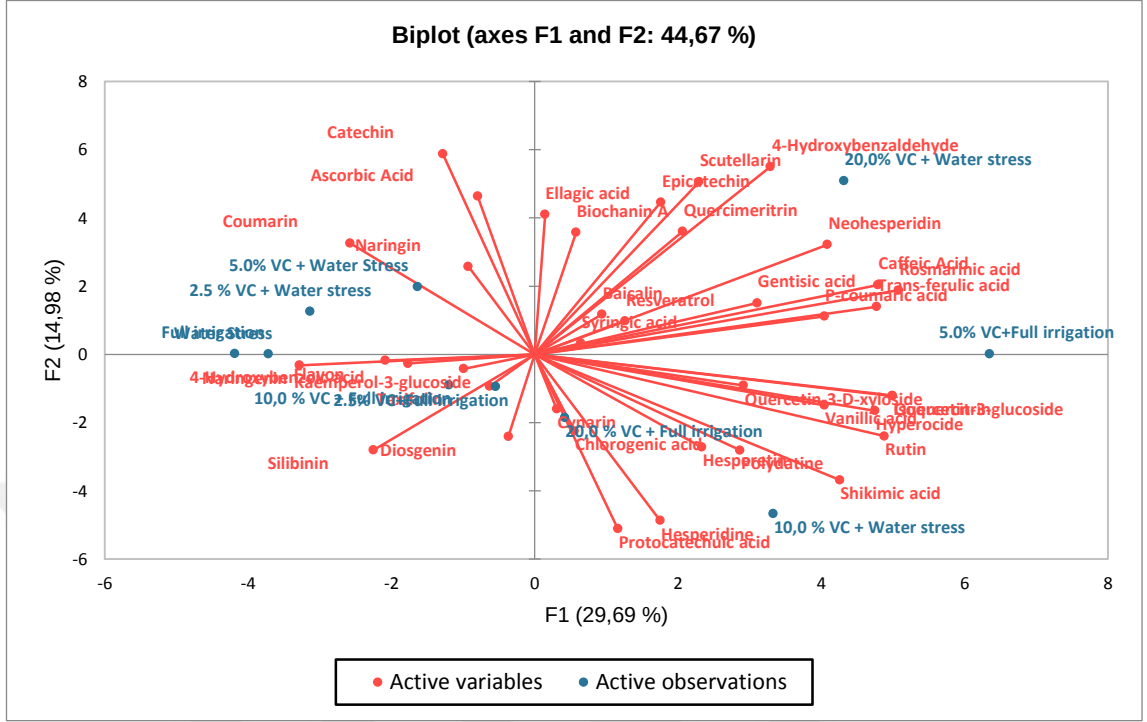
* $p < 0,001$; ** $p < 0,05$; ns: önemli değil

Tablo 4.9. Su stresi ve vermikompost uygulamalarının fesleğenin fenolik asit bileşenlerine etkisi

Compounds	FI	WS	2.5% VC+FI	2.5 % VC + Vc	5.0% VC+FI	5.0% VC + WS	10.0 % VC+FI	10.0 % VC + WS	20.0 % VC+FI	20.0% VC + WS
Ascorbicacid	104,29±0,09 ab	114,94±10,74 a	104,67±0,05 ab	118,96±2,71 a	113,78±7,39 a	104,91±0,63 ab	61,45±8,54 bc	52,26±10,23 a	111,54±4,18 a	112,18±1,61 a
Shikimicacid	367,09±36,27 cd	315,09±12,69 de	478,38±89,74 b	273,37±8,06 e	630,34±32,94 a	266,22±11,88 e	409,63±5,38 bc	585,42±1,07 e	412,16±8,69 bc	406,09±16,57 bc
Protocatechuicacid	0,44±0,02 b	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,29±0,10 b	0,44±0,03 b	2,31±0,56 a	0,19±0,04 b	0,00±0,00
Gentisicacid	25,57±0,50 c	24,72±0,01 a	26,38±1,19 bc	24,53±0,16 a	27,73±0,91 b	24,80±0,97 a	29,85±1,60 a	26,56±1,71 bc	25,44±0,47 c	29,65±1,66 a
Catechin	26,28±1,11 a	25,58±0,94 a	26,29±0,96 a	27,12±0,26 a	24,79±0,39 a	28,27±3,34 a	25,25±1,15 a	24,93±1,70 a	25,63±1,19 a	27,89±4,70 a
4-Hydroxybenzoicacid	0,00±0,00	38,23±5,20 a	0,00±0,00	4,93±0,12 b	3,19±0,26 b	0,00±0,00	0,00±0,00	3,48±0,65 b	0,00±0,00	0,00±0,00
Chlorogenicacid	3,88±1,15 b	2,62±0,62 b	2,79±1,32 b	1,27±0,49 b	2,69±0,04 b	4,22±0,27 b	5,48±0,33 b	6,52±1,10 b	30,64±2,23 a	5,12±0,44 b
4-Hydroxybenzaldehyde	0,00±0,00	0,01±0,00 b	0,34±0,02 b	4,22±0,23 b	7,87±1,10 ab	1,12±0,15 b	0,10±0,00 b	0,05±0,00 b	1,06±0,21 b	17,00±1,36 a
Vanillicacid	0,00±0,00	0,00±0,00	99,37±1,90 b	11,73±1,12 b	352,46±14,52 a	0,12±0,25 b	0,00±0,00	110,14±5,64 b	34,54±1,23 b	30,95±2,10 b
Caffeicacid	57,74±12,13 c	95,23±2,51 bc	111,43±32,35 bc	107,41±17,92 bc	224,40±43,62 a	133,81±11,65 ab	145,36±42,97 abc	159,20±8,97 ab	93,90±21,68 bc	211,02±16,52 a
Epicatechin	29,45±0,29 b	29,79±1,47 b	31,62±0,27 a	29,70±0,94 b	30,06±0,67 b	29,35±0,80 b	29,65±0,96 b	28,93±0,04 b	29,71±1,30 b	32,30±0,42 a
Syringicacid	126,11±8,76 ab	138,71±4,81 a	131,84±3,55 a	116,91±0,13 b	126,53±9,35 ab	126,52±8,69 ab	131,72±0,97 a	128,27±10,91 ab	131,19±10,01 a	135,28±1,13 a
P-coumaricacid	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,23±0,10 c	2,96±0,25 a	0,37±0,20 bc	0,00±0,00	0,70±0,01 bc	3,03±0,12 a	2,40±0,42 ab
Taxifolin	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	56,16±5,23 a	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Polydatine	0,00±0,00	0,00±0,00	1,07±0,02 ab	0,00±0,00	1,48±0,01 a	0,00±0,00	0,01±0,00 b	0,38±0,00 ab	1,33±0,14 ab	0,00±0,00
Trans-ferulicacid	320,91±22,03 c	276,10±12,05 c	245,36±19,20 c	382,44±9,56 c	3253,98±67,88 ab	472,48±22,35 bc	1441,16±58,56 ab	2512,01±72,52 ab	299,84±39,48 c	3532,90±40,25 a
Quercimeritrin	8,96±1,26 c	35,49±2,32 c	21,34±3,36 c	134,03±12,68 c	310,27±22,48 ab	378,02±16,58 a	15,90±1,28 c	49,19±3,67 c	39,46±2,10 c	168,94±8,76 bc
Coumarin	19,36±2,10 ab	19,45±1,52 ab	18,28±2,01 b	19,64±3,02 ab	18,78±2,15 ab	21,16±1,26 a	18,94±2,13 ab	18,32±1,28 b	18,41±2,36 b	18,70±4,58 ab
Scutellarin	3,65±0,90 b	4,47±0,89 b	4,19±1,02 b	3,94±0,16 b	4,01±0,35 b	3,87±0,86 b	4,04±0,21 b	4,11±0,31 b	3,90±0,23 b	8,37±1,12 a

Tablo 4.9. (devam)

Compounds	FI	WS	2.5% VC+FI	2.5 % VC + Vc	5.0% VC+FI	5.0% VC + WS	10.0 % VC+FI	10.0 % VC + WS	20.0 % VC+FI	20.0% VC + WS
Cynarin	23,66±0,3 3 b	24,31±1,75 b	24,10±1,71 b	24,68±1,85 b	24,28±1,84 b	24,17±0,51 b	22,67±0,18 b	23,54±1,12 b	63,16±0,23 a	25,57±3,22 b
Hyperocide	1,80±0,23 g	20,80±0,83 fg	54,09±2,37 ef	39,18±1,56 efg	177,55±5,68 b	109,93±3,25 cd	69,03±5,63 de	217,21±10,95 a	98,90±9,23 cd	136,45±18,64 c
Quercetin-3-glucoside	3,79±0,26 g	9,10±0,56 fg	32,18±7,23 de	19,79±5,00 efg	80,76±3,36 ab	45,96±2,22 cd	25,70±5,12 ef	83,35±1,03 a	51,79±5,00 cd	62,43±6,23 bc
Rutin	235,13±13 ,16 d	246,82±6,45 d	323,66±41,93 bc d	257,62±28,07 cd	394,79±17,51 ab	284,22±5,57 bcd	282,42±36,10 bcd	442,31±16,25 a	349,52±14,10 a-d	368,10±8,54 abc
Isoquercitrin	1,45±0,01 g	8,43±1,20 fg	31,37±2,45 de	19,06±1,08 efg	79,65±3,54 ab	45,07±1,48 cd	24,92±2,06 ef	82,22±7,43 a	50,86±5,49 cd	61,43±6,68 bc
Resveratrol	10,86±0,0 9 a	4,99±0,02 b	10,90±1,25 a	7,66±0,23 ab	9,18±1,41 ab	5,27±0,85 b	6,63±0,56 ab	8,09±1,02 ab	4,46±0,23 b	9,61±0,46 ab
Naringin	307,25±25 ,56 b	322,88±47,52 b	309,12±46,31 b	332,75±35,49 ab	315,52±18,65 b	340,95±12,54 ab	375,83±14,59 a	306,04±65,28 b	303,29±25,87 b	331,71±18,58 ab
Rosmarinicacid	1972,71±7 5,38 b	1110,92±64,98 b	4018,18±60,25 b	2521,17±32,36 b	21100,98±56,45 a	5175,83±63,18 b	5382,98±71,46 b	9780,35±83,46 ab	9928,56±90,48 ab	19583,66±110,23 a
Quercetin-3-D-xyloside	343,25±15 ,87 c	396,51±18,57 bc	404,06±21,02 bc	345,18±15,20 c	563,85±18,45 a	342,46±41,23 c	419,28±60,57 b	354,35±16,54 c	380,46±26,20 bc	354,52±14,73 c
Hesperidine	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	138,16± a	0,00±0,00	0,00±0,00
Neohesperidin	2,56±0,02 c	1,14±0,01 c	9,56±1,23 c	8,99±0,09 c	679,88±23,65 a	236,48±23,29 bc	274,99±16,58 bc	65,74±8,51 c	26,97±6,21 c	481,46±21,27 ab
Kaemperol-3-glucoside	0,00±0,00	0,00±0,00	0,71±0,23 b	1,20±0,01 a	0,12±0,02 c	0,00±0,00	0,00±0,00	0,29±0,01 bc	0,00±0,00	0,00±0,00
Baicalin	0,88±0,03 a	0,89±0,01 a	0,88±0,21 a	0,89±0,04 a	0,89±0,2 a	0,90±0,01 a	0,88±0,00 a	0,89±0,02 a	0,89±0,3 a	0,89±0,24 a
Ellagicacid	15,16±1,2 3 a	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	16,03±1,45 a
Naringenin	178,97±8, 56 a	113,07±14,83 ab	27,85±2,65 c	85,82±7,56 bc	53,28±1,59 bc	85,14±2,70 bc	58,03±1,58 bc	77,68±2,54 bc	37,85±3,33 bc	36,52±1,25 bc
Silibinin	11,07±0,9 9 a	10,20±0,31 abc	10,69±0,36 abc	10,06±0,11 bc	9,95±0,01 c	10,03±0,12 bc	10,97±1,03 ab	10,31±0,09 abc	10,66±0,28 abc	10,11±0,21 bc
Hesperetin	97,73±0,5 2 bc	100,46±0,03 a	99,48±2,26 ab	97,22±0,05 c	99,35±1,98 abc	97,16±0,08 c	97,51±0,24 bc	101,00±0,34 a	97,98±0,76 bc	99,21±1,85 abc
Biochanin a	14,90±0,3 1 abc	14,92±0,44 abc	14,46±0,20 c	15,46±0,31 ab	14,63±0,09 c	14,71±0,03 bc	14,41±0, 16 c	15,08±0,20 abc	14,76±0,09 bc	15,65±1,85 a
Flavon	0,00±0,00	2,65±0,09 a	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,53±0,02 b	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Diosgenin	7,44±1,46 b	5,47±2,05 b	2,44±0,32 b	59,92±5,62 a	2,99±1,02 b	1,34±0,26 b	3,10±0,90 b	50,77±3,25 a	3,78±1,05 b	1,98±0,09 b



Şekil 4.7. Fenolik bileşenlerine ilişkin temel bileşen analizi

4.10. Fenolik Bileşenleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları

Fenolik bileşenlerinin kendi aralarındaki ilişkisi için Pearson korelasyonu (r) kullanılmıştır. Ana bileşenlerden, *ascorbic acid* ile *syringic acid* ($r=0,965$; $p<,001$), *rutin* ($r=0,953$; $p<,001$), *naringin* ($r=0,955$; $p<,001$) ve *quercetin-3-D-xyloside* ($r=0,952$; $p<,001$) arasında çok güçlü olumlu ve anlamlı bir ilişki gözlemlenmiştir. Diğer bir ana bileşen olan *vanilic acid* ile sadece *naringin* ($r=-0,874$; $p<,001$) arasında güçlü olumsuz anlamlı bir ilişki gözlemlenmiştir. *caffeic acid* ile diğer bileşenler arasında anlamlı bir ilişki görülmemiştir. *syringic acid* ile *hyperocide* ($r=-0,887$; $p<,001$) ve *rosmarinic acid* ($r=-0,902$; $p<,001$) arasında güçlü olumsuz anlamlı bir ilişki görülürken, *rutin* ($r=0,985$; $p<,001$), *naringin* ($r=0,985$; $p<,001$) ve *quercetin-3-D-xyloside* ($r=0,994$; $p<,001$) arasında güçlü olumlu ve anlamlı bir ilişki gözlemlenmiştir. *Trans-ferulic acid* ile diğer bileşenler arasında anlamlı bir ilişki görülmemiştir. *hyperocide* ile *naringin* ($r=-0,890$; $p<,001$), *quercetin-3-D-xyloside* ($r=-0,886$; $p<,001$) ve *naringenin* ($r=-0,905$; $p<,001$) arasında güçlü olumsuz anlamlı bir ilişki gözlemlenmiştir. Bir diğer bileşen olan *rutin* ile *rosmarinic acid* ($r=-0,882$; $p<,001$) arasında güçlü olumsuz anlamlı ilişki gözlemlenirken *naringin* ($r=0,986$; $p<,001$) ve

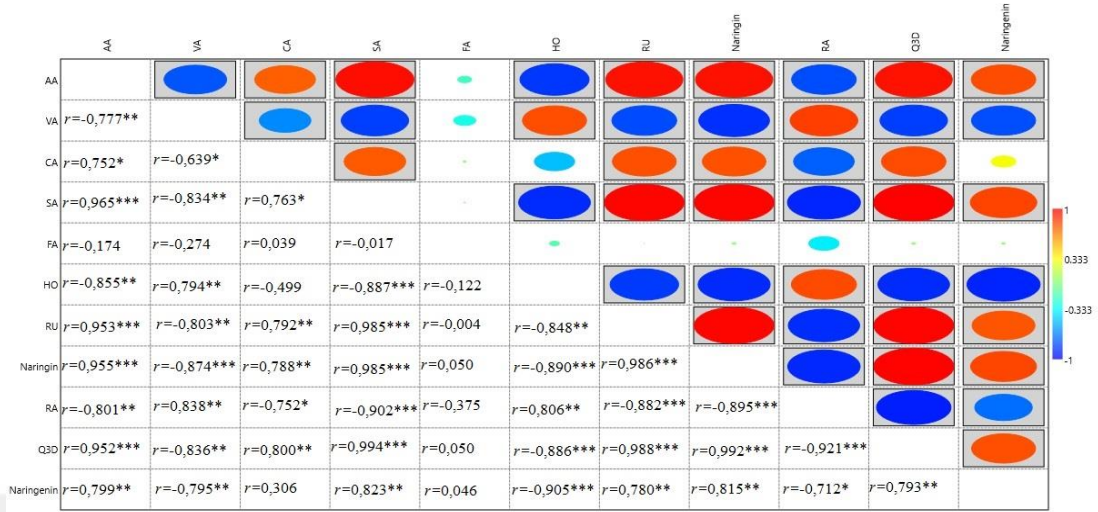
quercetin-3-D-xyloside ($r=0,988$; $p=<,001$) arasında güçlü olumlu ve anlamlı bir ilişki gözlemlenmiştir. *Naringin* ile *rosmarinic acid* ($r=-0,895$; $p=<,001$) arasında güçlü olumsuz anlamlı ilişki gözlemlenirken *quercetin-3-D-xyloside* ($r=0,992$; $p=<,001$) arasında güçlü olumlu ve anlamlı bir ilişki gözlemlenmiştir. *Rosmaric acid* ile *quercetin-3-D-xyloside* ($r=-0,9221$; $p=<,001$) arasında ise güçlü olumsuz ve anlamlı bir ilişki gözlemlenmiştir.



Tablo 4.10.Fenolik asit bileşenleri arasındaki korelasyon matrisi

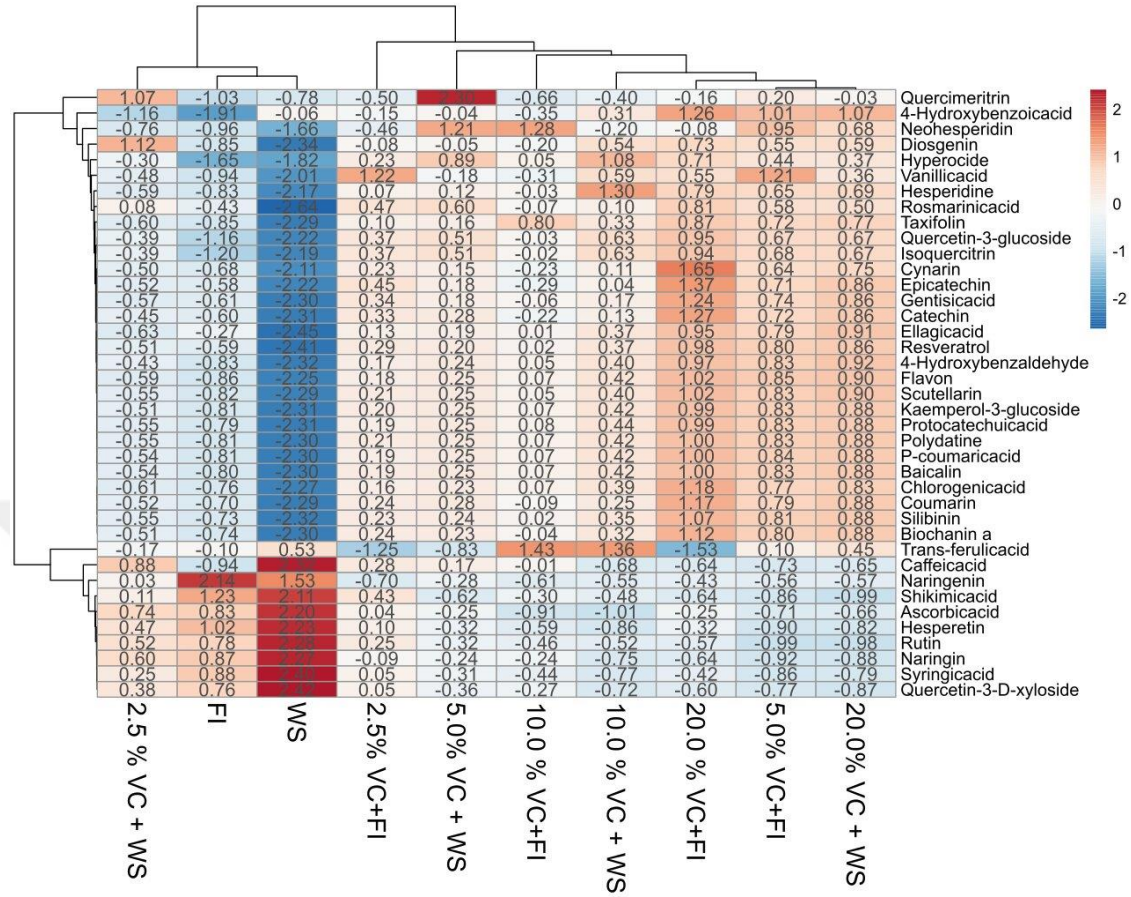
	Pearson's r		p	Lower 95% CI	Upper 95% CI
AA-VA	-0,777	**	0,008	-0,945	-0,289
AA-CA	0,752	*	0,012	0,233	0,938
AA-SA	0,965	***	< ,001	0,854	0,992
AA-FA	-0,174	ns	0,631	-0,724	0,512
AA-HO	-0,855	**	0,002	-0,965	-0,488
AA-RU	0,953	***	< ,001	0,810	0,989
AA-Naringin	0,955	***	< ,001	0,816	0,990
AA-RA	-0,801	**	0,005	-0,951	-0,347
AA- Q3D	0,952	***	< ,001	0,805	0,989
AA-Naringenin	0,799	**	0,006	0,342	0,951
VA-CA	-0,639	*	0,047	-0,905	-0,016
VA-SA	-0,834	**	0,003	-0,960	-0,429
VA-FA	-0,274	ns	0,444	-0,771	0,430
VA-HO	0,794	**	0,006	0,329	0,949
VA-RU	-0,803	**	0,005	-0,952	-0,351
VA- Naringin	-0,874	***	< ,001	-0,970	-0,545
VA-RA	0,838	**	0,002	0,440	0,961
VA-Q3D	-0,836	**	0,003	-0,960	-0,436
VA- Naringenin	-0,795	**	0,006	-0,949	-0,331
CA-SA	0,763	*	0,010	0,257	0,941
CA-FA	0,039	ns	0,915	-0,605	0,653
CA-HO	-0,499	ns	0,142	-0,859	0,190
CA-RU	0,792	**	0,006	0,323	0,948
CA-Naringin	0,788	**	0,007	0,315	0,948
CA-RA	-0,752	*	0,012	-0,938	-0,232
CA-Q3D	0,800	**	0,005	0,343	0,951
CA-Naringenin	0,306	ns	0,390	-0,401	0,785
SA-FA	-0,017	ns	0,964	-0,640	0,620
SA-HO	-0,887	***	< ,001	-0,973	-0,584
SA-RU	0,985	***	< ,001	0,936	0,997
SA-Naringin	0,985	***	< ,001	0,937	0,997
SA-RA	-0,902	***	< ,001	-0,977	-0,632
SA-Q3D	0,994	***	< ,001	0,973	0,999
SA-Naringenin	0,823	**	0,003	0,401	0,957
FA-HO	-0,122	ns	0,738	-0,698	0,550
FA-RU	-0,004	ns	0,991	-0,632	0,627
FA-Naringin	0,050	ns	0,890	-0,598	0,659
FA-RA	-0,375	ns	0,286	-0,813	0,334
FA-Q3D	0,050	ns	0,890	-0,598	0,659
FA- Naringenin	0,046	ns	0,901	-0,601	0,656
HO-RU	-0,848	**	0,002	-0,963	-0,468
HO-Naringin	-0,890	***	< ,001	-0,974	-0,593
HO-RA	0,806	**	0,005	0,358	0,952
HO-Q3D	-0,886	***	< ,001	-0,973	-0,579
HO-Naringenin	-0,905	***	< ,001	-0,977	-0,639
RU-Naringin	0,986	***	< ,001	0,939	0,997
RU-RA	-0,882	***	< ,001	-0,972	-0,568
RU-Q3D	0,988	***	< ,001	0,948	0,997
RU- Naringenin	0,780	**	0,008	0,295	0,945
Naringin-RA	-0,895	***	< ,001	-0,975	-0,609
Naringin-Q3D	0,992	***	< ,001	0,965	0,998
Naringin- Naringenin	0,815	**	0,004	0,382	0,955
RA-Q3D	-0,921	***	< ,001	-0,981	-0,693
RA- Naringenin	-0,712	*	0,021	-0,926	-0,150
Q3D- Naringenin	0,793	**	0,006	0,327	0,949

* $p < 0,001$; ** $p < 0,05$; ns: önemli değil



Şekil 4.8. Fenolik asit bileşenleri arasındaki korelasyon katsayıları

Isı haritası kullanılarak yapılan kümeleme (heat map clustering) analizlerine göre; deneysel gruplar iki ana küme altında toplanmıştır. Buna göre, birinci ana küme WS, FI ve 2,5% VC+ WS gruplarından meydana gelirken diğer deneysel grupla ise ikinci ana kümede yoğunlaşmıştır. Fenolik asit bileşikler de iki ana küme altında toplanmıştır. Birinci ana küme; trans ferulic, caffeic acid, shikimic acid, ascorbic acid, hesperetin, rutin, naringin, syringic acid ve quercetin-3-D-xyloside gibi bileşiklerden meydana gelirken, diğer bileşikler ise ayrı ana bir kümede toplanmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Fenolik asit bileşenlerine ilişkin ısı haritası (heat map)

4.11. Su Stresinin Fesleğen Bitkisinin Besin Elementlerine Etkisi

Fesleğen yapraklarında besin elementlerinin (P, K, Mg, Ca, B, Cu, Mn, Zn, Fe ve Mo) miktarları belirlenmiştir. Su stresinin Mg, B, Cu, Zn ve Mo elementlerinin ilgili bitki dokusunda birikimleri üzerinde anlamlı bir etkisi gözlemlenmemiştir. Öte yandan vermikompost uygulamaları ile su stresi ve vermikompost interaksiyonun ilgili elementlerin birikimi üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur. Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında; vermikompost uygulaması yapılan bitki gruplarında P, K, Mg, Ca, B, Mn ve Fe içeriği daha yüksek bulunmuştur. Su stresi ile birlikte P, K, Mg, Ca, Zn, Fe ve Mo içeriğinde anlamlı azalmalar belirlenirken B içeriğinde ise artışlar tespit edilmiştir. Cu ve Mn içeriğinde ise anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir.

En yüksek P içeriğinin % 5'lik VC konsantrasyonunda olduğu belirlenmiştir ancak artan konsantrasyonlarda azaldığı belirlenmiştir. K içeriği ise en yüksek değerlere %2,5'lik VC konsantrasyonunda ulaşmıştır. Su stresi ile vermikompost içeriği

interaksiyonu K içeriğinde genel olarak azalmalara neden olmuştur. %20 VC + WS dışındaki uygulamalarda; su stresi ile vermikompost içeriği interaksiyonu bitkinin ilgili dokusunda Mg içeriğinde önemli artışlara neden olmuştur. Ca içerikleri bağlamında yapılan değerlendirmelerde ise; %2,5 VC + WS ve %20 VC + WS uygulamalarında Ca içerikleri önemli düzeyde azalmıştır ancak diğer vermikompost ve su interaksiyonlarının etkisi anlamlı bulunmamıştır. B içerikleri %2,5 VC + WS ve %20 VC + WS uygulamalarında önemli düzeyde azalırken %5 VC + WS uygulamasında ise artış göstermiştir. %5 VC + WS uygulaması ile birlikte Cu içeriğinde önemli azalmalar gözlemlenirken diğer uygulamaların etkisi anlamlı bulunmamıştır. Mn içeriğinde meydana gelen değişimlere ilişkin ise; %5 VC + WS ve %20 VC + WS uygulaması ile birlikte Mn içeriğinde önemli azalmalar gözlemlenmiştir. Diğer uygulamaların etkisi çok önemli bulunmamıştır. Zn içeriği %5 VC + WS ve %20 VC + WS uygulamalarında önemli miktarda azalma gösterirken diğer grupların etkisi anlamlı bulunmamıştır. %20 VC + WS dışındaki diğer uygulamaların Fe içeriği üzerinde anlamlı ve azaltıcı etkileri belirlenmiştir. %5 VC + WS ve %20 VC + WS uygulamalarının ise Mo içeriğini artırdığı saptanmıştır.

Tablo 4.11 Elementlere ilişkin iki yönlü Anova sonuçları

Elementler	Su stresi	Vermikompost	Su stresi x vermikompost
P	0,000*	0,000*	0,000*
K	0,000*	0,000*	0,000*
Mg	0,199 ^{ns}	0,000*	0,000*
Ca	0,000*	0,000*	0,000*
B	0,597 ^{ns}	0,000*	0,000*
Cu	0,753 ^{ns}	0,003**	0,013**
Mn	0,000*	0,000*	0,001**
Zn	0,058 ^{ns}	0,000*	0,000*
Fe	0,000*	0,000*	0,000*
Mo	0,138 ^{ns}	0,000*	0,000*

* $p < 0,001$; ** $p < 0,05$; ns: önemli değil

Tablo 4.12. Su stresi ve vermikompost uygulamalarının fesleğenin besin alımına etkisi (mg/kg)

Uygulamalar	P	K	Mg	Ca	B	Cu	Mn	Zn	Fe	Mo
Control	499.1700 ±15.81e	175.580 0±6.52ef	398.5500 ±7.68b	162.9533 ±7.65c	26.8700 ±4.90d	12.0767 ±1.53a-d	23.2400 ±1.39f	17.4667 ±0.58a	116.0667 ±4.67e	7.6857 ±0.27a 5.0857 ±0.09cd
WS	455.4500 ±9.30f	143.660 0±6.83g 285.660	331.3333 ±5.69e	140.0333 ±4.66d	35.1400 ±3.17c	14.1033 ±1.51a	24.0273 ±2.27ef	12.0967 ±0.94d	81.0867± 3.89f	5.5503 ±0.48bc
2.5% VC	752.9900 ±21.98b	0±23.79 a	373.8667 ±10.74c	255.1833 ±12.23a	45.6500 ±6.10b	13.4433 ±0.71ab	31.1200 ±1.46d	12.6533 ±1.60cd	163.7007 ±10.13bc	5.5503 ±0.48bc
2.5% VC + WS	864.3167 ±50.36a	126.330 0±4.01g 204.503	453.6667 ±14.01a	152.0000 ±4.00cd	28.5567 ±4.55cd	12.6500 ±0.72abc	27.6467 ±2.51de	13.4733 ±0.48cd	65.6267± 1.85g	5.5513 ±0.32bc
5% VC	851.1100 ±21.46a	3±10.24 d	381.0500 ±17.45bc	245.6833 ±6.04a	34.9367 ±1.52c	12.5767 ±1.22abc	39.4667 ±1.88bc	15.4700 ±1.07b	135.6733 ±9.03d	4.8247 ±0.48d
5% VC + WS	860.0600 ±15.50a	162.353 3±9.58f	388.6000 ±12.27bc	256.1600 ±4.07a	50.3567 ±1.85ab	9.8533± 0.84e	30.1200 ±1.77d	13.9933 ±1.29c	121.0500 ±2.66e	5.8620 ±0.36b
10% VC	669.9067 ±17.92c	226.253 3±6.19c	332.5000 ±11.99e	251.1800 ±8.20a	50.7133 ±1.37ab	10.0967 ±1.36de	38.7267 ±1.39bc	2.9647± 0.12ef	172.9800 ±7.49b	3.0680 ±0.12e
10% VC + WS	692.3500 ±9.19c	185.773 3±9.05e 274.433	353.2367 ±11.56d	255.8567 ±15.32a	55.7633 ±4.39a	±1.05cde	41.4033 ±2.77ab	4.0810± 0.19e	157.9233 ±4.05c	2.7787 ±0.37e
20% VC	611.3833 ±5.40d	3±6.04a b	349.6067 ±2.46de	247.4567 ±3.00a	55.5767 ±5.02a	11.6933 ±0.78b-e	43.9367 ±1.50a	2.1257± 0.11f	204.1133 ±5.42a	1.6360 ±0.34f
20% VC + WS	781.7533 ±34.26b	256.940 0±7.76b	335.1167 ±6.32de	223.5900 ±10.33b	47.7733 ±3.13b	11.3833 ±0.91b-e	36.9033 ±3.34c	3.9757± 0.24e	206.9733 ±8.35a	2.5217 ±0.36e

4.12. Tartışma

Stres faktörlerinden biri olan su stresi, bitki büyümesini ve gelişmelerini bozan ve dolayısıyla verimlilik kaybına yol açan abiyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir(Gomaa *et al.*, 2021; Tanveer *et al.*, 2019). Bununla birlikte, su stresinin bitkiler üzerindeki etki mekanizması yeterince açıklanamamış ve bu minvalde çalışılan konular güncelliğini sürekli korumaktadır. Güncel konular olarak kalmasının en önemli sebebi ise su stresinin süresi, şiddeti ve frekansındaki olası artışları öngören bilimsel raporlardır(Sunet *et al.*, 2020). Bitkilerin strese verdikleri yanıtlara yönelik yapılan çalışmalar daha çok mısır, pirinç, fasulye, arpa ve buğday gibi besin ve ekonomik değeri olan ikonik bitkiler üzerinde yoğunlaşırken (Kulaket *et al.*, 2019), genel olarak tıbbi ve aromatik bitkiler ve fesleğen bitkisi özelinde ise sınırlı sayıda yayın bulunmaktadır (Kulaket *et al.*, 2021; Kalamartziset *et al.*, 2020; Heidari ve Golpayegani, 2012; Ekrenet *et al.*, 2012; Omidbaigiet *et al.*, 2003). İlginç ve önemli bir şekilde; Radácsiet *et al.* (2010) tıbbi ve

aromatik bitkiler için belirlenen optimal su isteğine yönelik bulguların genellikle çelişkili olduğunu ve bu bağlamda, ilgili karışık cevabın ortaya çıkarılması için daha derin çalışmalar yapılmasını önermektedir. Bitki türlerinin su stresine tepkilerinin, stresin süresine, şiddetine ve zamanlamasına bağlı olduğu da iyi bilinmektedir (Kulaket *et al.*, 2019). Stress koşullarına verilen ilk tepki genel olarak bitkilerin büyüme özelliklerinde gözlenir. Çalışmamızda da, %10 ve % 20'lik Vermikompost ile desteklenmiş büyüme ortamlarının fesleğin bitkisini olumlu etkilediği de açık bir şekilde gözlemlenmiştir. İlgili alan yazım bulguları da, vermikompost ve benzeri takviyeler ile bitkilerin morfolojik ve agronomik özelliklerinde iyileştirilmeler olduğunu bildirmişlerdir (Hoseiniet *et al.*, 2021; Guzmán-Albores *et al.*, 2020; Ortega-Haaset *et al.*, 2020; Ievinshet *et al.*, 2020; Hosseinzadehet *et al.*, 2018; Ievinshet *et al.*, 2011).

Bitki türlerinin çoğu için ortak durum olarak (Mirzaei *et al.*, 2020; Zade *et al.*, 2019; Chandra *et al.*, 2019) ve özellikle fesleğin bitkileri durumunda da görüldüğü gibi (Al-Huqail *et al.*, 2020; Damalas, 2019); çalışma bulgularımıza göre de, su stresinin, bitki botu, bitki yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve yaprak genişliğini olumsuz etkilediği görülmüştür. Vermikompost uygulamaları, incelenen parametrelerin değerlerinden ve su stresi koşullarından bağımsız olarak çıkarılan kök yaş ağırlığı ve yaprak uzunluğu dışında ilgili tarımsal özellikleri önemli ölçüde etkilemiştir. Ayrıca, Vermikompost uygulamalarının etkisinin konsantrasyona bağlı olduğu da belirlenmiştir (Hoseiniet *et al.*, 2021; Guzmán-Albores *et al.*, 2020; Ortega-Haas *et al.*, 2020; Ievinsh *et al.*, 2020; Hosseinzadeh *et al.*, 2018; Ievinsh *et al.*, 2011).

Bitki biyokütlesi üretimindeki artışlar, vermikompost tarafından sağlanan organik madde ve mineral besinlerdeki artışlara bağlı olduğu bildirilmiştir (Mukta *et al.*, 2015; Blouin *et al.*, 2019). Önceki çalışmalarda, organik gübreler ile topraktaki organik madde içeriğinin arttığı ve bunun da toprağın agregat stabilitesini ve fizikokimyasal özelliklerini artırarak toprak kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiği kabul edilmiştir. Ayrıca, bu gübreler, toprağın su tuma kapasitesi ve toprak gözenekliliğini de etkilemektedir (Leroy *et al.*, 2008; Guzmán-Albores *et al.*, 2020). Bu çalışmada yaprak dokularında besin alımı dikkate alındığında vermikompost uygulaması; yaprak dokularında P, K, Mg, Ca, B, Mn ve Fe içeriğini artırdığını görmekteyiz. Bu nedenle, % 10 ve % 20 VC konsantrasyonunda agronomik parametrelerin daha iyi verime ulaşması,

toprağın fizikokimyasal özelliklerindeki iyileşme ile açıklanabilir. Bu bulgular, vermikompost uygulamasının bitkilerin besin alımını artırabileceği ve buna bağlı olarak bitki büyümesi ve gelişmesinde olumlu olarak ortaya çıkabileceği hipotezimizi doğrulamaktadır.

Metabolitlerdeki, özellikle uçucu yağ bileşimlerindeki değişimler dikkate alındığında; fesleğen bitkisi stres çalışmaları için yaygın olarak kullanılmaktadır (Bahcesularet *al.*, 2020; Kahveci *et al.*, 2021; Ganjaviet *al.*, 2021; Lazarević *et al.*, 2021; Gheshlaghpouret *al.*, 2021). Sıklıkla kullanılmasındaki temel nedenlerin başında kısa olan vejetasyon süresi (Bahcesularet *al.*, 2020) ve bitkinin uçucu yağ metabolizması ile ilgili stres adaptasyonunun değerlendirilmesinde uygun bir rol oynayabilmesidir (Barbieriet *al.*, 2012). Ayrıca, aromatik bitkilerdeki uçucu yağ birikimi çiçeklenme döneminde su stresi altında daha belirgindir (Heidarpouret *al.*, 2019; Selmar ve Kleinwachter, 2013; Baheret *al.* 2002). Bu nedenle, çiçeklenmenin başlamasıyla birlikte, fesleğen bitkileri, bu çalışmada uçucu yağ bileşiminin kimyasal plastisitesini gözlemlemek için kuraklık stresine maruz bırakılmıştır.

Fesleğen yapraklarının uçucu yağ bileşiminde, estragole (methy chavicol), eucalyptol, trans-anethole, trans-caryophyllene, α -humulene, germacrene D ve trans- α -bisabolene ana bileşen olarak belirlenmiştir. Ancak aynı bitkiye ilişkin yapılan çalışmalarda ana bileşenlerin farklı olduğu görülmektedir (Kulak *et al.*, 2021; Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2020; Esmailpour *et al.*, 2017). Bu farklılıklar; uçucu yağ analizi yapılan analitik yöntem ile ilgili olabileceği gibi (Kulak *et al.*, 2021), bitkinin büyüme koşulları, kullanılan fesleğen genotipleri, vermikompostun kimyasal ve fiziksel özellikleri ile uygulanan stresin zamanı şiddeti süresi ile açıklanabilir. Morfolojik ve agronomik parametrelerde olduğu gibi, uçucu yağ bileşiklerini ve verimlerini önceden tahmin etmek mümkün görünmemektedir. Stress altında yetiştirilen bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için kullanılmayan karbon fazlalığının sekonder ya da primer metabolit yapımına ne şekilde tahsis edileceği çeşitli faktörlere bağlı olduğunu belirlememiz gerekmektedir. Ancak alan yazımdaki ilgili çalışmalar, bitkilerin mevcut bulunduğu koşullarla mücadele için fazla olan karbonları sekonder metabolit yapımında kullanarak bir nevi stresle baş edebilme stratejileri geliştirdiklerini öne sürmüşlerdir.

Fesleğen bitkisi, kullanımı ve bilinen terapötik özelliklerinden dolayı, popülerdir. Uçucu yağ bileşenlerine ek olarak, sahip oldukları fenolik kompozisyonundan dolayı endüstriyel ve farmakolojik uygulamalara uygunluğu nedeniyle ekonomik değere sahiptirler (Bilal *et al.*, 2012; Kulak *et al.*, 2021). Fenoliklerden yüksek antioksidan aktivitesi ile karakterize edilen rosmarinic, chicoric ve caffeic asit fesleğende yaygındır (Bağtour *et al.*, 2012; Lee and Scagel, 2009; Bahcesular *et al.*, 2020). Fenolik bileşiklerin “çift yönlü (dual)” işlevlere sahip olması oldukça ilginçtir ki; bunlardan ilk işlevi, dışsal çevresel stres faktörlerine yanıt olarak “bitki sağlığını” korumaktır, diğer işlevi ise; sahip olduğu biyolojik aktiviteler ile “insan sağlığını” korumaktır (Balasundram *et al.*, 2006; Cheynier *et al.*, 2012; Albergaria *et al.*, 2020). Bu çalışma özelinde herhangi bir biyolojik aktivite ölçümü yapılmamıştır. Dolayısıyla, çalışma “bitki sağlığı” özelinde yürütülmüştür. Bitkiler hareketsiz yapılarından dolayı yaşamları sürecince çeşitli stres faktörleri ile karşılaşmaktadırlar ve “sağlıklarını” koruyabilmeleri ve yaşamsal etkinliklerini sürdürebilmeleri için bir dizi savunma sistemi geliştirmek zorundadırlar. Birçok çalışmada da bildirildiği gibi (Jiang and Zhang, 2002; Wu *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2010; Kar, 2011; Hasanuzzaman *et al.*, 2020; Devireddy *et al.*, 2021), su stresi gibi birçok stres faktörünün şiddet ve süresine bağlı olarak bitki hücrelerinde reaktif oksijen türlerinin miktarlarında önemli artışlar meydana gelmektedir. Fazla miktarda üretilen reaktif oksijen türleri bitkinin DNA, protein ve lipid gibi moleküllerinde hasarlanmalara neden olmaktadır (Sharma *et al.*, 2010). Ortaya çıkan bu oksidatif stresin bertaraf edilmesi için bitkiler fenolik bileşikler ve enzimler gibi içsel antioksidan savunmalarını güçlendirme yoluna gitmektedirler. Bu savunma sistemleri arasında; süperoksit dizmutaz, L-amino asit oksidaz, katalaz, peroksidaz ve glutatyon redüktazlar antioksidatif savunma sisteminin enzimatik bileşenlerini oluştururken (Noctor and Foyer, 1998), askorbik asit, glutatyon, alkaloidler, α - tokoferoller ve fenolik bileşikler ise enzimatik olmayan antioksidan savunma sisteminin önemli parçalarındandır (Aninbon *et al.*, 2016).

Bununla birlikte, fesleğen içindeki fenoliklerin içeriği ve bileşimi her zaman sabit olmayıp bitkinin yetiştiği çevre koşulları, hasat zamanı, bitkinin gelişim aşaması ve hasat sonrası depolama koşullarından etkilendiği bilinmektedir (Bahcesular *et al.*, 2020). Bu çalışma özelinde yukarıda bahsedilen koşulların ilgili fenolik bileşiklere

etkisinden ziyade, su stresi ile meydana gelen değişimler üzerinde durulmuştur. Ancak su stresinin, fenolik bileşiklerin miktarı ile bileşenlerine etkisi yoğun bir şekilde çalışılmıştır (Latif *et al.*, 2016; Naikoo *et al.*, 2019; Al-Huqail *et al.*, 2020; Bahcesular *et al.*, 2020; Kulak *et al.*, 2021; Lipan *et al.*, 2021). Vermikompost uygulamalarının fenolik bileşiklere etkisinin araştırıldığı yayın sayısı ise sınırlı sayıdadır (Pant *et al.*, 2009; Yusof *et al.*, 2018). Yaptığımız literatür araştırmalarına göre; su stresi ve Vermikompost interaksyonunun fenolik bileşiklere etkisine yönelik hiçbir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu sebeplerden dolayı, bu çalışma ilk olma özelliği taşımakta olup ileride yapılacak olan benzeri çalışmalar için temel oluşturacağı düşüncesindeyiz.

Bu çalışma özelinde; ascorbic acid, caffeic acid, vanillic acid, hyperoxide, syringic acid, trans-ferulic acid, rutin, naringin, rosmarinic acid, quercetin-3-d-xyloside ve naringenin ana bileşenler olduğu belirlenmiştir. Tüm uygulamalar genel olarak değerlendirildiğinde en yüksek bileşen miktarlarına % 5'lik vermikompost uygulamasında ulaştığı belirlenmiştir. Lamiaceae familyası grubu bitkilerinde genel olarak ve fesleğen bitkisi özelinde önemli bileşen olan rosmarinic acid Vermikompost uygulamalarından önemli oranda etkilenirken su stresi ile su stresi ve vermikompost interaksyonundan önemli düzeyde etkilenmemiştir. Ancak, rosmarinic acid içeriğinin stresten etkilendiğine ilişkin çalışmalar mevcuttur (Yan *et al.*, 2006; Bahceular *et al.*, 2020; Vafadar *et al.*, 2020a; Moradbeygi *et al.*, 2020; Vafadar *et al.*, 2020b; Kahveci *et al.*, 2021). Benzer şekilde; su stresi diğer önemli ana bileşenlerden caffeic acid içeriğini önemli düzeyde etkilememiştir. Ancak Vermikompost ile su stresi ve Vermikompost interaksyonu önemli düzeyde etkili bulunmuştur. Kahveci *et al.* (2021) ve Bahcesular *et al.* (2020) cafeic acid içeriğinin stres koşullarından önemli düzeyde etkilendiğini bildirmişlerdir. Bu farklılıklar bitkinin yetiştii ortamın özellikleri ile açıklanabilir. İlgili çalışmalar toprak-torf ve perlit karışımı ortamlarında yürütölmüştür ancak bu çalışmada yer alan bitkiler sadece torf ya da torf-vermikompst karışımı ortamlarda yetiştirilmiştir. Ayrıca, stresin şiddeti, uygulandığı dönem ve süresinin farklı olduğu görölmektedir. Çalışmalara ilişkin bu deneysel farklılıklar; elde edilen sonuçların farklılığını açıklayabilir.

4.13. Çalışmanın Öne Çıkan Bulguları (Highlights)

Bu çalışma ile birlikte ilk defa vermikompost ve su stresi interaksiyonunun bitkilerin sekonder metabolit içeriğine etkisi araştırılmış olup özgün sonuçlar elde edilmiştir.

Ayrıca bitkiler; morfolojik ve agronomik özellikleri ile bitkinin beslenme durumu ve sekonder metabolit içeriklerinin bir arada olduğu detaylı bir çalışma olmuştur.

Çalışmanın ilgili alan yazıma önemli katkılar sunup öncü çalışmalardan olacağı düşünülmektedir.

4.14. Çalışmanın Sınırlıkları (Limitations)

Bu çalışma kontrollü sera koşullarında ve saksıda yürütülmüştür. Bitkilerin doğal yaşam ortamlarının kontrol altına alınamayacağı düşünüldüğünde bu çalışmanın ön bir çalışma olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ayrıca, çalışma kapsamında deneme toprağı vermikompostun çeşitli konsantrasyonları ile homojen bir şekilde karıştırılmış ve saksılara uygun bir şekilde doldurulmuştur. Ancak, doğal koşullarda böyle bir homojenize durumun sağlanması asla mümkün görünmemektedir. Bu çalışmanın temel prensibi, vermikompostun iyileştirici ve tetikleyici özelliklerin ortaya konulmasıydı.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Su stresinin ön görüldüğü gibi, bitkinin morfolojik ve agronomik özelliklerini önemli düzeyde etkilemiştir. Bitkinin boyu, bitki yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve yaprak genişliği olumsuz etkilenmiştir. Öte yandan, vermikompost uygulamaları ise bitkiyi önemli ölçüde olumlu etkilemiştir. Ancak, vermikompostun etkisi stres altında büyük farklılıklar meydana getirmemiştir. Bu ise stresin uygulandığı dönem, şiddeti ve süresi ile ilgili bir durum ile açıklanabilir. Çünkü stres uygulamaları bitkinin çiçeklenme dönemi ile başlatılmış ve bitki bu süre zarfına kadar birçok morfolojik-özellikle kök ve yaprak sistemini- özelliklerini geliştirmiş olduğunu düşünmekteyiz. Çalışmamızın temelinde sadece agronomik veriler değerlendirmelerin olmadığı aynı zamanda sekonder metabolit gibi önemli nitel değerlendirmelerin olduğunu belirtmemiz gerekiyor. Ayrıca, vermikompost uygulamalarının etkisinin konsantrasyona bağlı olduğu da belirlenmiştir.

Genel olarak değerlendirme yaptığımızda, bitkinin morfolojik ve agronomik özellikleri %10 ve %20'lik vermikompost konsantrasyonları ile artış gösterirken ana uçucu yağ bileşenleri ise bu konsantrasyonlardan olumsuz etkilenmiştir. Ayrıca, ana fenolik asit bileşikleri genel olarak en yüksek değerlere %5'lik Vermikompost uygulamasında ulaşmıştır.

KAYNAKLAR

- Abd Elbar, O. H., Farag, R. E., & Shehata, S. A. (2019). *Effect of putrescine application on some growth, biochemical and anatomical characteristics of Thymus vulgaris L. under drought stress*. Annals of Agricultural Sciences, 64(2), 129-137.
- Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M. O., Sobulo, R. A., & Idowu, O. J. (2005). *Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria*. Journal of plant nutrition, 27(7), 1163-1181.
- Adiloğlu, S., Eryılmaz Açıkgoz, F., Solmaz, Y., Çaktü, E., & Adiloğlu, A. (2018). *Effect of vermicompost on the growth and yield of lettuce plant (Lactuca sativa L. var. crispa)*. International Journal of Plant & Soil Science, 21(1), 1-5.
- Albergaria, E. T., Oliveira, A. F. M., & Albuquerque, U. P. (2020). *The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants*. South African Journal of Botany, 131, 12-17.
- Al-Huqail, A., El-Dakak, R. M., Sanad, M. N., Badr, R. H., Ibrahim, M. M., Soliman, D., & Khan, F. (2020). *Effects of climate temperature and water stress on plant Growth and accumulation of antioxidant compounds in Sweet Basil (Ocimum basilicum L.) leafy vegetable*. Scientifica, 2020,
- Amooaghaie, R., & Golmohammadi, S. (2017). *Effect of vermicompost on growth, essential oil, and health of Thymus Vulgaris*. Compost Science & Utilization, 25(3), 166-177.
- Aninbon, C., Jogloy, S., Vorasoot, N., Nuchadomrong, S., Senawong, T., Holbrook, C.C., Patanothai, A. (2016). *Effect of Mid Season Drought on Phenolic Compounds in Peanut Genotypes with Different Levels of Resistance to Drought*. Field Crops Research, 187: 127-134.

- Aras, A., Türkan, F., Yildiko, U., Atalar, M. N., Kılıç, Ö., Alma, M. H., & Bursal, E. (2020). ***Biochemical constituent, enzyme inhibitory activity, and molecular docking analysis of an endemic plant species, Thymus migricus***. Chemical Papers, 1-14.
- Ashraf, M. Fatima, H., 1995. ***Responses of Some Salt Tolerant and Salt Sensitive Lines of Safflower (Carthamus tinctorius L.)***, Acta Physiologica Plantarum, 17, 61-71.
- Ashraf, M., Mehmood, S. 1990, ***Response of four Brassica species to drought stress***. Environmental and experimental botany, 30(1), 93-100,
- Aynehband, A., Gorooei, A., & Moezzi, A. A. (2017). ***Vermicompost: An eco-friendly technology for crop residue management in organic agriculture***. Energy Procedia, 141, 667-671.
- Baeck, H. W., & Park, K. W. (2001). ***Effect of watering on growth and essential oil content of sweet basil (Ocimum basilicum)***. Horticultural Science & Technology, 19(1), 81-86.
- Bağtourt, O., Tarchoune, I., Mahmoudi, H., Nassri, N., Abidi, W., Kaddour, R., Hamdaoui, G., Nasri-Ayachi, M., Lachağl, M., Marzouk, B., 2012. ***Culture conditions and salt effects on essential oil composition of sweet marjoram (Origanum majorana) from Tunisia***. Acta Pharm. 62, 251–261.
- Bahcesular, B., Yildirim, E. D., Karaçocuk, M., Kulak, M., & Karaman, S. (2020). ***Seed priming with melatonin effects on growth, essential oil compounds and antioxidant activity of basil (Ocimum basilicum L.) under salinity stress***. Industrial Crops and Products, 146, 112165.
- Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M. and BagherRezaii, M. (2002). ***The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in Satureja hortensis L.*** Flavour Frag. J. 17: 275-27.

- Bahreininejad, B. , Razmjoo, J., Mirza, M. 2013. ***Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in Thymus daenensis*** *Int. J. Plant Product.*, 7 (1) 155-166.
- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). ***Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses.*** *Food chemistry*, 99(1), 191-203.
- Bayat, H.,& Moghadam, A. N. (2019). ***Drought effects on growth, water status, proline content and antioxidant system in three Salvia nemorosa L. cultivars.*** *Acta Physiologiae Plantarum*, 41(9), 1-8.
- Befrozfar, M. R., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Sadeghi-Shoae, M., & Tookaloo, M. R. (2013). ***Vermicompost, plant growth promoting bacteria and humic acid can affect the growth and essence of basil (Ocimum basilicum L.).*** *Ann Biol Res*, 4(2), 8-12.
- Bettaieb, I., Zakhama, N., Wannes, W. A., Kchouk, M. E., Marzouk, B. 2009. ***Water Deficit Effects on Salvia officinalis Fatty Acids and Essential Oils Composition.*** *Scientia Horticulturae*, 120(2), 271-275.
- Bilal, A., Jahan, N., Ahmed, A., Bilal, S. N., Habib, S., & Hajra, S. (2012). ***Phytochemical and pharmacological studies on Ocimum basilicum Linn-A review.*** *International Journal of Current Research and Review*, 4(23).
- Blouin, M., Barrere, J., Meyer, J., Lartigue, S., Barot, S., Mathieu, J. (2019). ***Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis.*** *Agron. Sustain. Dev.* 39, 34.
- Boyer, J.S. 1982. ***Plant Productivity and Environment.*** *Science*, 218 (4571): 443-448.
- Caliskan, O., Radusiene, J., Temizel, K. E., Staunis, Z., Cirak, C., Kurt, D., & Odabas, M. S. (2017). ***The effects of salt and drought stress on phenolic accumulation in greenhouse-grown Hypericum pruinatum.*** *Italian Journal of Agronomy*.

- Chandra, D., Srivastava, R., Gupta, V. V., Franco, C. M., Paasricha, N., Saifi, S. K., ... & Sharma, A. K. (2019). ***Field performance of bacterial inoculants to alleviate water stress effects in wheat (Triticum aestivum L.)***. Plant and Soil, 441(1), 261-281.
- Charles, D. J., Joly, R. J., Simon, J. E. 1990, ***Effects of Osmotic Stress on the Essential Oil Content and Composition of Peppermint***. Phytochemistry, 29(9), 2837-2840,
- Cheynier, V. (2012). ***Phenolic compounds: from plants to foods***. Phytochemistry reviews, 11(2), 153-177.
- Çetinkaya, H., Koc, M., Kulak, M. 2016. ***Monitoring of Mineral and Polyphenol Content in Olive Leaves Under Drought Conditions: Application Chemometric Techniques***. Industrial Crops and Products, 88: 78-84.
- Damalas, C. A. (2019). ***Improving drought tolerance in sweet basil (Ocimum basilicum) with salicylic acid***. Scientia horticulturae, 246, 360-365.
- Devireddy, A. R., Zandalinas, S. I., Fichman, Y., & Mittler, R. (2021). ***Integration of reactive oxygen species and hormone signaling during abiotic stress***. The Plant Journal, 105(2), 459-476.
- Dos Santos, M. S., dos Santos Souza, L. E., Costa, C. A. S., Gomes, F. P., do Bomfim Costa, L. C., de Oliveira, R. A., da Costa Silva, D. 2016. ***Effects of Water Deficit on Morphophysiology, Productivity and chemical composition of Ocimum africanum Lour (Lamiaceae)***. African Journal of Agricultural Research, 11(21), 1924-1934.
- Ekren, S., Sönmez, Ç., Özçakal, E., Kurttaş, Y. S. K., Bayram, E., & Gürgülü, H. (2012). ***The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (Ocimum basilicum L.)***. Agricultural water management, 109, 155-161.

- Esmailpour, B., Rahmanian, M., Heidarpour, O., & Shahriari, M. H. (2017). ***Effect of vermicompost and spent mushroom compost on the nutrient and essential oil composition of basil (Ocimum basilicum L.)***. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20(5), 1283-1292.
- Farouk, S., Elhindi, K. M., & Alotaibi, M. A. (2020). ***Silicon supplementation mitigates salinity stress on Ocimum basilicum L. via improving water balance, ion homeostasis, and antioxidant defense system***. Ecotoxicology and Environmental Safety, 206, 111396.
- Fleta-Soriano, E., Munné-Bosch, S., 2016. ***Stress memory and the inevitable effects of drought: a physiological perspective***. Front. Plant Sci. 7, 143. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00143>.
- Forouzandeh, M., Fanoudi, M., Arazmjou, E., & Tabiei, H. (2012). ***Effect of drought stress and types of fertilizers on the quantity and quality of medicinal plant Basil (Ocimum basilicum L.)***. Indian Journal of Innovations and developments, 1(9), 696-699.
- Ganjavi, A. S., Oraei, M., Gohari, G., Akbari, A., & Faramarzi, A. (2021). ***Glycine betaine functionalized graphene oxide as a new engineering nanoparticle lessens salt stress impacts in sweet basil (Ocimum basilicum L.)***. Plant Physiology and Biochemistry.
- Gharibi, S., Tabatabaei, B. E. S., Saeidi, G., & Goli, S. A. H. (2016). ***Effect of drought stress on total phenolic, lipid peroxidation, and antioxidant activity of Achillea species***. Applied biochemistry and biotechnology, 178(4), 796-809.
- Gheshlaghpour, J., Asghari, B., Khademian, R., & Sedaghati, B. (2021). ***Silicon alleviates cadmium stress in basil (Ocimum basilicum L.) through alteration of phytochemical and physiological characteristics***. Industrial Crops and Products, 163, 113338.

- Gohari, G., Safai, F., Panahirad, S., Akbari, A., Rasouli, F., Dadpour, M. R., & Fotopoulos, V. (2020). ***Modified multiwall carbon nanotubes display either phytotoxic or growth promoting and stress protecting activity in Ocimum basilicum L. in a concentration-dependent manner.*** Chemosphere, 249, 126171.
- Gomaa, M. A., Kandil, E. E., El-Dein, A. A. Z., Abou-Donia, M. E., Ali, H. M., & Abdelsalam, N. R. (2021). ***Increase maize productivity and water use efficiency through application of potassium silicate under water stress.*** Scientific reports, 11(1), 1-8.
- Gondek, K., & Filipek-Mazur, B. (2003). ***Biomass yields of shoots and roots of plants cultivated in soil amended by vermicomposts based on tannery sludge and content of heavy metals in plant tissues.*** Plant Soil and Environment, 49(9), 402-409.
- Guzmán-Albores, J. M., Montes-Molina, J. A., Castañón-González, J. H., Abud-Archila, M., Gutiérrez-Miceli, F. A., & Ruiz-Valdiviezo, V. M. (2020). ***Effect of different vermicompost doses and water stress conditions on plant growth and biochemical profile in medicinal plant, Moringa oleifera Lam.*** Journal of Environmental Biology, 41(2), 240-246.
- Hamrouni I., H.B. Salah, and B. Marzouk 2001. ***Effects of water-deficit on lipids of sunflower aerial parts.*** Phytochemistry. 58: 227-280,
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., ... & Fotopoulos, V. (2020). ***Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator.*** Antioxidants, 9(8), 681.
- Hazzoumi, Z., Moustakime, Y., & Joutei, K. A. (2017). ***Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and water stress on ultrastructural change of glandular***

hairs and essential oil compositions in *Ocimum gratissimum*. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 4(1), 1-13.

Heidari, M., & Golpayegani, A. (2012). ***Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.).*** Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 11(1), 57-61.

Heidarpour, O., Esmailpour, B., Soltani, A. A., & Khorramdel, S. (2019). ***Effect of Vermicompost on Essential Oil Composition of (*Satureja hortensis* L.) Under Water Stress Condition.*** Journal of Essential Oil Bearing Plants, 22(2), 484-492.

Hoseini, R. Z., Goltapeh, E. M., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Heidarzadeh, A. (2021). ***Effect of the bio-fertilizers on the steviol glycosides (SGs) content and biomass in *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertonii at vegetative and flowering stages.*** Scientia Horticulturae, 275, 109658.

Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2018). ***Evaluation of photosynthesis, physiological, and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Pirouz) under water deficit stress and use of vermicompost fertilizer.*** Journal of integrative agriculture, 17(11), 2426-2437.

Hozayn, M., Ali, H. M., Marwa, M. A., & El-Shafie, A. F. (2020). ***Influence of magnetic water on french basil (*Ocimum basilicum* l. Var grandvert) plant grown under water stress conditions.*** Plant Archives, 20(1), 3636-3648.

Idrees, M., Khan, M. M. A., Aftab, T., Naeem, M., Hashmi, N. 2010, ***Salicylic Acid-Induced Physiological and Biochemical Changes in Lemongrass Varieties Under Water Stress.*** Journal of Plant Interactions, 5(4), 293-303.

Ievinsh, G. (2011). ***Vermicompost treatment differentially affects seed germination, seedling growth and physiological status of vegetable crop species.*** Plant growth regulation, 65(1), 169-181.

- Ievinsh, G., Andersone-Ozola, U., & Zeipiņa, S. (2020). ***Comparison of the effects of compost and vermicompost soil amendments in organic production of four herb species.*** Biological Agriculture & Horticulture, 36(4), 267-282.
- Jiang, M., & Zhang, J. (2002). ***Water stress- induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves.*** Journal of experimental botany, 53(379), 2401-2410.
- Joshi, R., Singh, J., & Vig, A. P. (2015). ***Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants.*** Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 14(1), 137-159.
- Kaçar, B., İnal, A., 2008. ***Bitki Analizleri***, Cilt 1., Nobel yayını, 892 s, Ankara.
- Kaçar, B., Katkat, A.V., Öztürk, Ş. (2009).***Bitki Fizyolojisi***. Nobel Yayın Dağıtım, 3. Baskı, Ankara.
- Kahveci, H., Bilginer, N., Diraz-Yildirim, E., Kulak, M., Yazar, E., Kocacinar, F., & Karaman, S. (2021). ***Priming with salicylic acid, β -carotene and tryptophan modulates growth, phenolics and essential oil components of Ocimum basilicum L. grown under salinity.*** Scientia Horticulturae, 281, 109964.
- Kahveci, H., Bilginer, N., Diraz-Yildirim, E., Kulak, M., Yazar, E., Kocacinar, F., & Karaman, S. (2021). ***Priming with salicylic acid, β -carotene and tryptophan modulates growth, phenolics and essential oil components of Ocimum basilicum L. grown under salinity.*** Scientia Horticulturae, 281, 109964.
- Kalamartzis, I., Dordas, C., Georgiou, P., & Menexes, G. (2020). ***The Use of appropriate cultivar of basil (Ocimum basilicum) can increase water use efficiency under water stress.*** Agronomy, 10(1), 70.
- Kalefetoğlu, T., & Ekmekci, Y. (2005). ***The effects of drought on plants and tolerancemechanisms.*** Gazi UniversityJournal of Science, 18(4), 723-740.

- Kar, R. K. (2011). ***Plant responses to water stress: role of reactive oxygen species.*** Plant signaling & behavior, 6(11), 1741-1745.
- Karlıdag, H., Yildirim, E., Turan, M., Pehlivan, M., & Donmez, F. (2013). ***Plant growth-promoting rhizobacteria mitigate deleterious effects of salt stress on strawberry plants (Fragaria× ananassa).*** Hortscience, 48(5), 563-567.
- Kocaçalışkan, İ. (2001). ***Bitki Fizyolojisi***, ISBN-975-8201-39-5 Kütahya
- Kulak, M. (2020). ***Recurrent drought stress effects on essential oil profile of Lamiaceae plants: An approach regarding stress memory.*** Industrial Crops and Products, 154, 112695.
- Kulak, M., Jorrín-Novo, J. V., Romero-Rodríguez, M. C., Yildirim, E. D., Gul, F., & Karaman, S. (2021). ***Seed priming with salicylic acid on plant growth and essential oil composition in basil (Ocimum basilicum L.) plants grown under water stress conditions.*** Industrial Crops and Products, 161, 113235.
- Kulak, M., Ozkan, A., & Bindak, R. (2019). ***A bibliometric analysis of the essential oil-bearing plants exposed to the water stress: How long way we have come and how much further?.*** Scientia horticulturae, 246, 418-436.
- Kumar A, Bohra B (2006) ***Green technology in relation to sustainable agriculture.*** In: Kumar A, Dubey P (eds) Green technologies for sustainable agriculture. Daya Publishing house, Delhi
- Laribi, B., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., Marzouk, B. 2011. ***Essential Oil and Fatty Acid Composition of a Tunisian Caraway (Carum carvi L.) Seed Ecotype Cultivated Under Water Deficit.*** Advances in Environmental Biology, 257-265.
- Latif, F., Ullah, F., Mehmood, S., Khattak, A., Khan, A. U., Khan, S., & Husain, I. (2016). ***Effects of salicylic acid on growth and accumulation of phenolics in***

- Zea mays L. under drought stress.*** Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, 66(4), 325-332.
- Lazarević, B., Šatović, Z., Nimac, A., Vidak, M., Gunjača, J., Politeo, O., & Carović-Stanko, K. (2021). ***Application of Phenotyping Methods in Detection of Drought and Salinity Stress in Basil (Ocimum basilicum L.).*** Frontiers in Plant Science, 12, 174.
- Lee, J. (2010). ***Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production.*** Scientia Horticulturae, 124(3), 299-305.
- Lee, J., Scagel, C.F., 2009. ***Cichoric acid found in basil (Ocimum basilicum L.) leaves.*** Food Chem. 115, 650–656.
- Lefevre, I., Ziebel, J., Guignard, C., Hausman, J. F., Gutiérrez Rosales, R. O., Bonierbale, M., ... & Evers, D. 2012. ***Drought Impacts Mineral Contents in andean Potato Cultivars.*** Journal of Agronomy and Crop Science, 198(3): 196-206.
- Leroy, B. L., Herath, M. S. K., De Neve, S., Gabriels, D., Bommele, L., Reheul, D., Moens, M. (2008). ***Effect of vegetable, fruit and garden (VFG) waste compost on soil physical properties.*** Compost Sci. Util. 16, 43-51.
- Lim, S. L., Wu, T. Y., Lim, P. N., & Shak, K. P. Y. (2015). ***The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics.*** Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(6), 1143-1156.
- Lipan, L., Collado-González, J., Wojdyło, A., Domínguez-Perles, R., Gil-Izquierdo, Á., Corell, M., ... & Carbonell-Barrachina, Á. (2021). ***How does water stress affect the low molecular weight phenolics of hydroSOStainable almonds?.*** Food Chemistry, 339, 127756.

- Liu, H., Wang, X., Wang, D., Zou, Z., & Liang, Z. (2011). ***Effect of drought stress on growth and accumulation of active constituents in Salvia miltiorrhiza Bunge.*** Industrial Crops and Products, 33(1), 84-88.
- Luna, M. C., Bekhradi, F., Ferreres, F., Jordan, M. J., Delshad, M., & Gil, M. I. (2015). ***Effect of water stress and storage time on anthocyanins and other phenolics of different genotypes of fresh sweet basil.*** Journal of agricultural and food chemistry, 63(42), 9223-9231.
- Luna, M. C., Bekhradi, F., Ferreres, F., Jordan, M. J., Delshad, M., & Gil, M. I. (2015). ***Effect of water stress and storage time on anthocyanins and other phenolics of different genotypes of fresh sweet basil.*** Journal of agricultural and food chemistry, 63(42), 9223-9231.
- Mandoulakani, B. A., Eyvazpour, E., & Ghadimzadeh, M. (2017). ***The effect of drought stress on the expression of key genes involved in the biosynthesis of phenylpropanoids and essential oil components in basil (Ocimum basilicum L.).*** Phytochemistry, 139, 1-7.
- Marschner, H. 1995. ***Mineral Nutrition of High Plants (2nd Edn)***, London Academic Press, London, 889 pp.
- Mechri, B., Tekaya, M., Hammami, M., & Chehab, H. (2020). ***Effects of drought stress on phenolic accumulation in greenhouse-grown olive trees (Olea europaea).*** Biochemical Systematics and Ecology, 92, 104112.
- Mirzaei, M., Ladan Moghadam, A., Hakimi, L., & Danaee, E. (2020). ***Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) improve plant growth, antioxidant capacity, and essential oil properties of lemongrass (Cymbopogon citratus) under water stress.*** Iranian Journal of Plant Physiology, 10(2), 3155-3166.
- Moradbeygi, H., Jamei, R., Heidari, R., & Darvishzadeh, R. (2020). ***Fe₂O₃ nanoparticles induced biochemical responses and expression of genes***

involved in rosmarinic acid biosynthesis pathway in Moldavian balm under salinity stress. *Physiologia plantarum*, 169(4), 555-570.

Morshedloo MR, Mumivand H, Craker LE, Maggi F (2018) ***Chemical composition and antioxidant activity of essential oils in Origanum vulgare subsp. gracile at different phenological stages and plant parts.*** *J Food Process Preserv* 42:e13516.

Morshedloo, M. R., Salami, S. A., Nazeri, V., & Craker, L. E. (2017). ***Prolonged water stress on growth and constituency of Iranian of Oregano (Origanum vulgare L.).*** *Journal of Medicinally Active Plants*, 5(2), 7-19.

Mukta, S., Rahman, M. M., Mortuza, M. G. (2015). ***Yield and nutrient content of tomato as influenced by the application of vermicompost and chemical fertilizers.*** *J. Environ. Sci. Nat. Resour.* 8, 115-122.

Munns R. 2003. ***Comparative Physiology of Salt and Water Stress.*** *Plant Cell Environ.* 25:239250,

Naikoo, M. I., Dar, M. I., Raghieb, F., Jaleel, H., Ahmad, B., Raina, A., ... & Naushin, F. (2019). ***Role and regulation of plants phenolics in abiotic stress tolerance: an overview.*** *Plant signaling molecules*, 157-168.

Noctor, G., Foyer, C.H. (1998). ***Ascorbate and Glutathione: Keeping Active Oxygen Under Control.*** *Annual Review of Plant biology*, 49(1): 249-279.

Oad, F. C., Buriro, U. A., & Agha, S. K. (2004). ***Effect of organic and inorganic fertilizer application on maize fodder production.*** *Asian J. Plant Sci*, 3(3), 375-377.

Omidbaigi, R., Hassani, A., & Sefidkon, F. (2003). ***Essential oil content and composition of sweet basil (Ocimum basilicum) at different irrigation regimes.*** *Journal of Essential oil Bearing plants*, 6(2), 104-108.

- Ortega-Haas, J. J., Pat-Fernández, J. M., Gómez-Álvarez, R., & Manzanero-Acevedo, L. A. (2020). *Vermicomposta en el crecimiento y nutrición de Carludovica palmata R. & P. en Campeche, México*. Revista Terra Latinoamericana, 38(4), 883-893.
- Özkan, A., Kulak, M. 2013. *Effects of Water Stress on Growth, Oil Yield, Fatty Acid Composition and Mineral Content of Sesamum indicum*. J Anim Plant Sci, 23: 1686-1690,
- Pant, A. P., Radovich, T. J., Hue, N. V., Talcott, S. T., & Krenek, K. A. (2009). *Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (Brassica rapa cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 89(14), 2383-2392.
- Parastesh F, Alikhani HA, Etesami H (2019) *Vermicompost enriched with phosphate-solubilizing bacteria provides plant with enough phosphorus in a sequential cropping under calcareous soil conditions*. J Clean Prod 221:27–37.
- Petropoulos, S.A., Dimitra, D., Polissiou, M.G., Passam, H.C., 2008. *The Effect of Water Deficit Stress on the Growth, Yield and Composition of Essential Oils of Parsley*. Sci. Hortic. 115, 393–397.
- Pirbalouti, A. G., Malekpoor, F., Salimi, A., & Golparvar, A. (2017). *Exogenous application of chitosan on biochemical and physiological characteristics, phenolic content and antioxidant activity of two species of basil (Ocimum ciliatum and Ocimum basilicum) under reduced irrigation*. Scientia horticulturae, 217, 114-122.
- Puente-Garza, C. A., Meza-Miranda, C., Ochoa-Martínez, D., & García-Lara, S. (2017). *Effect of in vitro drought stress on phenolic acids, flavonols, saponins, and antioxidant activity in Agave salmiana*. Plant physiology and biochemistry, 115, 400-407.

- Radácsi, P., Inotai, K., Sárosi, S., Czövek, P., Bernath, J., & Nemeth, E. (2010). ***Effect of water supply on the physiological characteristic and production of basil (Ocimum basilicum L.)***. European Journal of Horticultural Science, 75(5), 193.
- Rebey, I. B., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F., Marzouk, B. 2012. ***Effect of Drought on the Biochemical Composition and Antioxidant Activities of Cumin (Cuminum cyminum L.) Seeds***. Industrial Crops and Products, 36(1), 238-245.
- Rezaei-Chiyaneh, E., Machiani, M. A., Javanmard, A., Mahdaviakia, H., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. (2021). ***Vermicompost Application in Different Intercropping Patterns Improves the Mineral Nutrient Uptake and Essential Oil Compositions of Sweet Basil (Ocimum basilicum L.)***. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 1-17.
- Sarker, U., & Oba, S. (2018). ***Drought stress effects on growth, ROS markers, compatible solutes, phenolics, flavonoids, and antioxidant activity in Amaranthus tricolor***. Applied biochemistry and biotechnology, 186(4), 999-1016.
- Selmar, D. and Kleinwachter, M. (2013). ***Stress enhances the synthesis of secondary plant products: the impact of the stress-related over reduction on the accumulation of natural products***. Plant Cell Physiol. 54: 817-826.
- Shahrajabian, M. H., Sun, W., & Cheng, Q. (2020). ***Chemical components and pharmacological benefits of Basil (Ocimum Basilicum): a review***. International Journal of Food Properties, 23(1), 1961-1970.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S. (2010). ***Oxidative Stress and Antioxidative Defense Systems in Plants Growing Under Abiotic Stresses***. In M. Pessarakli (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress, Third Edition (pp. 89-138). CRC Press.

- Simon, J. E., Reiss-Bubenheim, D., Joly, R. J., & Charles, D. J. (1992). ***Water stress-induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil.*** Journal of Essential Oil Research, 4(1), 71-75.
- Singh, M., Ramesh, S., 2000, ***Effect of Irrigation and Nitrogen on Herbage, Oil Yield and Water-Use Efficiency in Rosemary Grown Under Semi-Arid Tropical Conditions.*** J. Med. Arom. Plant Sci. 22, 659–662.
- Sirousmehr, A., Arbabi, J., & Asgharipour, M. R. (2014). ***Effect of drought stress levels and organic manures on yield, essential oil content and some morphological characteristics of sweet basil (Ocimum basilicum).*** Adv. Environ. Biol, 8(4), 880-885.
- Sun, Y., Wang, C., Chen, H. Y., & Ruan, H. (2020). ***Response of plants to water stress: a meta-analysis.*** Frontiers in plant science, 11, 978.
- Tanveer, M., Shahzad, B., Sharma, A., & Khan, E. A. (2019). ***24-Epibrassinolide application in plants: An implication for improving drought stress tolerance in plants.*** Plant Physiology and Biochemistry, 135, 295-303.
- Tolay, I. (2021). ***The impact of different Zinc (Zn) levels on growth and nutrient uptake of Basil (Ocimum basilicum L.) grown under salinity stress.*** Plos one, 16(2), e0246493.
- Tuna, A. L., Kaya, C., Dikilitas, M., Yokas, İ., Burun, B., & Altunlu, H. (2007). ***Comparative effects of various salicylic acid derivatives on key growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize (Zea mays L.) plants.*** Pakistan Journal of Botany, 39(3), 787-798.
- Turk M.A., Rahmsn, A. Tawaha, M. Lee K.D. 2004. ***Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress.*** Asian J. Plant Sciences. 3:394-397.

- Vafadar, F., Amooaghaie, R., Ehsanzadeh, P., & Ghanadian, M. (2020a). ***Salinity stress alters ion homeostasis, antioxidant activities and the production of rosmarinic acid, luteolin and apigenin in Dracocephalum kotschy Boiss.*** *Biologia*, 75(12), 2147-2158.
- Vafadar, F., Amooaghaie, R., Ehsanzadeh, P., Ghanadian, M., Talebi, M., & Ghanati, F. (2020b). ***Melatonin and calcium modulate the production of rosmarinic acid, luteolin, and apigenin in Dracocephalum kotschy under salinity stress.*** *Phytochemistry*, 177, 112422.
- Verma, S. K., Pankaj, U., Khan, K., Singh, R., & Verma, R. K. (2016). ***Bioinoculants and vermicompost improve Ocimum basilicum yield and soil health in a sustainable production system.*** *CLEAN–Soil, Air, Water*, 44(6), 686-693.
- Wang, H. Z., Zhang, L. H., Jun, M. A., Li, X. Y., Yan, L. I., Zhang, R. P., & Wang, R. Q. (2010). ***Effects of water stress on reactive oxygen species generation and protection system in rice during grain-filling stage.*** *Agricultural sciences in China*, 9(5), 633-641.
- Wu, Q. S., Xia, R. X., & Zou, Y. N. (2006). ***Reactive oxygen metabolism in mycorrhizal and non-mycorrhizal citrus (Poncirus trifoliata) seedlings subjected to water stress.*** *Journal of plant physiology*, 163(11), 1101-1110.
- Yan, Q., Shi, M., Ng, J., & Wu, J. Y. (2006). ***Elicitor-induced rosmarinic acid accumulation and secondary metabolism enzyme activities in Salvia miltiorrhiza hairy roots.*** *Plant science*, 170(4), 853-858.
- Yilmaz, M. A. (2020). ***Simultaneous quantitative screening of 53 phytochemicals in 33 species of medicinal and aromatic plants: A detailed, robust and comprehensive LC–MS/MS method validation.*** *Industrial Crops and Products*, 149, 112347.

- Yusof, Z., Ramasamy, S., Mahmood, N. Z., & Yaacob, J. S. (2018). ***Vermicompost supplementation improves the stability of bioactive anthocyanin and phenolic compounds in Clinacanthus nutans lindau.*** *Molecules*, 23(6), 1345.
- Zade, N. S. E., Sadeghi, A., & Moradi, P. (2019). ***Streptomyces strains alleviate water stress and increase peppermint (Mentha piperita) yield and essential oils.*** *Plant and Soil*, 434(1), 441-452.
- Zehtab-Salmasi, S., A. Javanshir, R. Omidbaigi, H. Aly-Ari K. Ghassemi-Golezani, 2001. ***Effects of Water Supply and Sowing Date on Performance and Essential Oil Production of anise (Pimpinella anisum L.).*** *Acta Agr. Hung.*, 49: 75-81.