



**SIVI VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ KURAKLIK STRESİNE
MARUZ BIRAKILAN FESLEĞENİN (*Ocimum basilicum* L.) BÜYÜME VE
GELİŞİM PARAMETRELERİ İLE SEKONDER METABOLİT İÇERİĞİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Hazırlayan: Hatice KÖSEM

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muhittin KULAK

Yüksek Lisans Tezi

ORGANİK TARIM İŞLETMECİLİĞİ ANABİLİM DALI

İĞDIR/2022

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
IĞDIR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SIVI VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ KURAKLIK
STRESİNE MARUZ BIRAKILAN FESLEĞENİN (*Ocimum basilicum*
L.) BÜYÜME VE GELİŞİM PARAMETRELERİ İLE SEKONDER
METABOLİT İÇERİĞİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hatice KÖSEM

ORGANİK TARIM İŞLETMECİLİĞİ ANABİLİM DALI

IĞDIR/2022

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 orjinal olan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Hatice KÖSEM



ÖZET

SIVI VERMİKOMPOST UYGULAMALARININ KURAKLIK STRESİNE MARUZ BIRAKILAN FESLEĞENİN (*Ocimum basilicum* L.) BÜYÜME VE GELİŞİM PARAMETRELERİ İLE SEKONDER METABOLİT İÇERİĞİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

KÖSEM, Hatice

Yüksek Lisans Tezi

Organik Tarım İşletmeciliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Muhittin KULAK

Mart 2022, 83 Sayfa

Kuraklık stresi, artan su temini sorunları nedeniyle tarım bilimlerinde en çok çalışılan konulardan biri olup bitkilerin gelişimi üzerindeki en büyük kısıtlayıcılardan birisidir. Bu sebeple, bitkilerin ilgili stres faktörüne karşı olan toleransını artırmak amacıyla yaygın olarak kullanılan sentetik gübrelerin yanı sıra organik gübreler de bu kapsamda incelenmiştir. Bu çalışmada, sıvı vermikompost uygulamasının (25, 50, 75 ve 100%) kuraklık stresine maruz bırakılan fesleğen bitkisinin, bazı tarımsal özellikleri ile fenolik bileşikleri üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Öngörüldüğü üzere kuraklık stresi, bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, yaprak uzunluğu ve yaprak çapı gibi özellikleri olumsuz etkilemiştir. Öte yandan, vermikompost uygulamaları da yaprak uzunluğu haricindeki diğer tüm parametreleri önemli ölçüde olumlu etkilemiştir. Ancak, kuraklık stresi ve vermikompost interaksiyonu sadece kök uzunluğu ve kök yaş ağırlığında önemli etkiler oluşturmuştur. Çalışma kapsamında; yaprak dokularında fenolik bileşiklerin miktarı da belirlenmiştir. Fesleğen bitkisinin yapraklarındaki fenolik bileşikler LC-MS/MS yardımı ile tayin edilmiştir. Bu amaçla ilgili bitkinin dokularında 49 adet fenolik bileşik taranmıştır; ancak 26 adet bileşiğin miktar tayini yapılabilmektedir. Agronomik özelliklere benzer bir şekilde paralel bulgular elde edilmemiştir. Primer metabolizmadan sekonder metabolizmaya geçişteki karbon (*carbon sources*) alokasyonunun anlaşılması için daha çok çalışmalarai ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sekonder metabolitler; Su stresi; Organik gübre; Tıbbi ve aromatik bitkiler

ABSTRACT

EFFECTS OF LIQUID VERMICOMPOST APPLICATIONS ON GROWTH AND DEVELOPMENT PARAMETERS AND SECONDARY METABOLITE CONTENT OF BASIL (*Ocimum basilicum* L.) EXPOSED TO DROUGHT STRESS

KÖSEM, Hatice

Master's Thesis

Organic Agriculture Management

Thesis Advisor: Assist. Prof.Dr. Muhittin KULAK

March 2022, 83 pages

Drought stress, as a widely examined stress due to the increased water demand, is of the critical constraints on the plant development. In addition to the uses of synthetic fertilizers, organic fertilizers have been used in order to enhance the tolerance against stress. Herein, the effects of liquid vermicompost (25, 50, 75, and 100%) on some agronomic traits and phenolics of sweet basil exposed to drought stress were investigated. As expected, drought stress adversely affected the plant height, plant fresh weight, root fresh weight, leaf length and leaf width in basil. On the other hand, vermicompost applications positively affected all parameters, except leaf length. However, vermicompost x drought stress substantially affected root length and root fresh weight. Also, the phenolic compounds in leaves of sweet basil were quantified using LC-MS/MS. In this regard, forty-nine compounds were screened in leaves and twenty-six compounds could be quantified. The findings regarding phenolics were not in parallel with the values of agronomic traits. For that reason, we can note that there are many studies needed to understand the allocation of carbon sources for shift from primary metabolism to secondary metabolism.

Keywords: Secondary metabolites; Water stress; Organic fertilizer; Medicinal and aromatic plants

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bitkiler hareketsiz yapılarından dolayı yaşamları sürecince eş zamanlı ya da farklı dönemlerde bir dizi biyotik ve abiyotik stres faktörlerine maruz kalmaktadır. Stresin zamanı, şiddeti ve frekansı gibi faktörlere bağlı olarak bitkilerin normal gelişim süreçlerinin olumsuz etkilendiği birçok çalışma ile gösterilmiştir. Strese ek olarak, bitkinin strese olan tolerans düzeyi de bitki metabolizması üzerinde etkilidir. Genetik ıslah ve konvansiyonel gübre uygulamaları ile bitkilerin strese karşı toleransı artırılmaya çalışılmıştır ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. 1960'tan 1980'lere kadar olan dönemde Hindistan'da "Yeşil devrim (yeşil dönem)" ile tarımsal üretimde önemli bir artış meydana gelmiştir. Ancak, sentetik ya da yarı sentetik gübre girdilerinin canlıların ekosistemine olan olumsuz etkileri açığa çıkarılmıştır. Bu nedenlerden dolayı, toprak ve bitkinin doğal yapısı ile daha uyumlu olan organik gübrelere bir yönelim meydana gelmiştir. Canlıların yaşadığı ekosistem üzerinde olumsuz etkisinin olmadığı ya da kimyasal olanlara göre daha az toksisiteye sahip olduğu belirlenen organik substratların kullanılmasının önem arz ettiği düşünülmektedir. 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.

Yüksek lisans tezim boyunca bana yol gösteren ve başarıya ulaşana kadar sürekli olarak düşüncelerini, rehberliğini, benden esirgemeyen bilimsel kimliği ve yol göstericiliğinin yanı sıra insanlığıyla kişisel ve akademik gelişimime katkıda bulunan değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Muhittin KULAK'a takdirimi, saygımı ve en içten şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca çalışmam boyunca her türlü desteğini esirgemeyen kıymetli Öğr. Gör. Dr. M. Zeki KOÇAK, Dr. Öğr. Üyesi Emrah ÇELİK ve Dr. Öğr. Üyesi M. Selim ŞILBİR'a; tüm hayatım boyunca maddi ve manevi destek ve fedakarlıklarını her zaman hissettiğim dua ve sabırlarıyla yanımda olan annem Emine KÖSEM, gelinimiz Havva KÖSEM, Kız kardeşlerim ve erkek kardeşlerime teşekkürü borç bilirim.

Bu tez çalışması Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından desteklenmiştir (BAP Proje No: TBY1220Y18).

Hatice KÖSEM

IĞDIR/2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Kuraklık kavramının gözden geçirilmesi	1
1.2. Bitkiler hangi durumda kuraklık stresine girmektedirler?	3
1.3. Kuraklık stresinin bitkilerde meydana getirdiği değişimler	3
1.4. Kuraklık stresinin bitkilerin agro-morfo-fizyolojik özelliklerine etkisi.....	3
1.5. Kuraklık stresinin bitkilerin sekonder metabolit içeriğine etkisi	4
1.6. Kuraklık stresinin bitkilerin uçucu yağ verimine ve kompozisyonuna etkisi	5
1.7. Kuraklık stresinin bitkilerin fenolik bileşenlerine etkisi	6
1.8. Su stresi ile mücadele yöntemleri nelerdir?	6
1.9. Organik gübreler nasıl tanımlanmaktadır?	7
1.10. Solucan gübresi (vermikompost).....	7
1.11. Yeryüzünde varlığı tespit edilen 400 bin civarında bitki türü mevcut iken, neden fesleğen?	8
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	9
2.1. Vosviewer programı yardımıyla literatür özetlerinin belirlenmesi	9
2.2. Tezin önemi	11
2.3. Tezin hipotezi	11
2.4. Tezin amacı	11
2.5. Tezin Özgün Değeri	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Yöntem	13

3.3. Büyüme ve Gelişim Parametrelerinin Belirlenmesi	15
3.4. Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi	15
3.4.1. Katı faz mikro ekstraksiyon (SPME).....	15
3.5. Fenolik Asit Bileşenlerinin Belirlenmesi	15
3.5.1. Bitki örneklerinin ekstraksiyonu	15
3.6. LC – MS / MS kullanarak fenoliklerin belirlenmesi.....	16
3.8. İstatistiksel değerlendirme.....	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	17
4.1. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisi	17
4.2. Uygulamalarının fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisine ilişkin temel bileşen analizi (principal component analysis, PCA).....	20
4.3. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisinin ısı haritası yardımı ile kümeleneşmesi.....	21
4.4. Deney grupları ve agronomik özelliklere ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix).....	22
4.5. Agronomik parametreler arasındaki korelasyon	26
4.6. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğenin fenolik bileşiklerine etkisi.....	28
4.7. Uygulamalarının fesleğen bitkisinin fenolik bileşiklere etkisine ilişkin temel bileşen analizi (principal component analysis, PCA).....	30
4.8. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin fenolik bileşiklerine etkisinin ısı haritası yardımı ile kümeleneşmesi.....	30
4.9. Deney grupları ve fenolik bileşiklere ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)	30
4.10. Fenolik bileşenleri arasındaki korelasyon	30
4.11. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğenin uçucu yağ bileşiklerine etkisi	30
4.12. Uçucu yağ bileşenlerine ilişkin temel bileşen analizi (Principal component analysis, PCA).....	30
4.13. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin uçucu yağ bileşenlerine etkisinin ısı haritası yardımı ile kümeleneşmesi	30
4.14. Uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon	30
4.15. Deney grupları ve uçucu yağlara ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)	30
4.11. Çalışmanın Öne Çıkan Bulguları (Highlights).....	30

4.12. Uygulama için çıkarımlar (Implications for practice)	30
4.12.1. Çalışmanın Sınırlılıkları (Limitations)	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	30
KAYNAKLAR	30
ÖZGEÇMİŞ.....	30



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%.....	Yüzde
$C_2H_7NO_2$	Amonyum asetat
CH_2O_2	Formik asit
CH_3COOH	Asetik asit
cm.....	Santimetre
dH ₂ O.....	Distile su
gr.....	Gram
kg.....	Kilogram
L.....	Litre
m.....	Metre
mL.....	Mililitre
mm.....	Milimetre
N.....	Azot
NaCl.....	Sodyum klorür
°C.....	Celcius
pH.....	Potentia Hydrogenia
rpm.....	Revolutions per minute (Dakikadaki devir sayısı)
µl.....	Mikrolitre

Kısaltmalar

APX.....	Askorbat peroksidaz
CAT.....	Katalaz
GC-MS.....	Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi
GR.....	Glutasyon redüktaz
ICP-OES.....	İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi

LC-MS/MS	Sıvı kromatografi-kütle spektrometresi/kütle spektrometresi
LVC	Sıvı vermikompost (Liquid vermicompost)
PCA	Temel bileşen analizi (Principal component analysis)
POD	Peroksidaz
SOD	Süperoksit dismutaz
SPME	Katı faz mikro ekstraksiyon
WS	Kuraklık (water stress)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Fesleğen ve abiyotik stres çalışmalarında en fazla kullanılan anahtar kelimeler	10
Şekil 2.2. Fesleğen ve abiyotik stres çalışmalarında sıklıkla kullanılan terimler	10
Şekil 4.1. Fesleğen bitkisine ait agronomik özellikler ve uygulamaların kümelenmesi (PCA)	20
Şekil 4.2. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisinin ısı haritası yardımı ile kümelenmesi; Control: Kontrol grubu; WS: Kuraklık stresi; LVC: Sıvı vermikompost	21
Şekil 4.3. Uygulamaların fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix).....	24
Şekil 4.4. Fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerinin uygulamalara karşı sergilediği davranışlara ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)	26
Şekil 4.5. Agronomik parametreler arasındaki korelasyon; BB: Bitki Boyu; BYA: Bitki Yaş Ağırlığı; KU: Kök Uzunluğu; KYA: Kök Yaş Ağırlığı; YYA: Yaprak Yaş Ağırlığı; YU: Yaprak Uzunluğu; YÇ: Yaprak Çapı	28
Şekil 4.6. Fenolik bileşiklere ait LC-MS kromatogramları	30
Şekil 4.7. Fesleğen bitkisine ait fenolik bileşiklerin ve uygulamaların kümelenmesi.....	30
Şekil 4.8. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin fenolik bileşiklerine etkisinin ısı haritası yardımı ile kümelenmesi	30
Şekil 4.9. Uygulamaların fenolik bileşiklere etkisi benzerlik indeksi (column similarity matrix).....	30
Şekil 4.10. Fenolik asitlerin uygulamalara verdiği yanıt benzerlik indeksi (column similarity matrix).....	30
Şekil 4.11. Fenolik bileşikler arasındaki korelasyon	30
Şekil 4.12. uçucu yağ bileşenlerine ilişkin temel bileşen analizi.....	30
Şekil 4.13. uçucu yap bileşenlerine ilişkin temel bileşen analizi.....	30
Şekil 4.14.Uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon analizi.....	30
Şekil 4.15. Uygulamaların uçucu yağ bileşikleri üzerindeki etkisine ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix).....	30
Şekil 4.16. Uçucu yağ bileşiklerinin uygulamalara verdikleri yanıtlara ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix).....	30

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Çalışmaya ilişkin deneme deseni	14
Tablo 4.1. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisi	18
Tablo 4.2. Uygulamaların fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)	23
Tablo 4.3. Fesleğenin agronomik özelliklerinin uygulamalara verdiği yanıtların benzerlik indeksi (column similarity matrix)	25
Tablo 4.4. Agronomik parametreler arasındaki korelasyon katsayıları (r)	27
Tablo 4.5. Fenolik bileşiklere ait iki yönlü anova sonuçları	30
Tablo 4.6. Uygulamalara göre fenolik bileşiklerin miktarlarındaki değişimler	30
Tablo 4.7. Fenolik bileşiklerin dansitelerinin gösterimi.....	30
Tablo 4.8. Uygulamaların fenolik bileşikler üzerindeki etkisine ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)	30
Tablo 4.9. Fenolik asitlerin uygulamalara verdiği yanıt benzerlik indeksi (column similarity matrix).....	30
Tablo 4.10. Fenolik bileşikler arasındaki korelasyon.....	30
Tablo 4.11. Uygulamalara göre uçucu yağ bileşiklerinin miktarlarındaki değişimler ...	30
Tablo 4.12. Uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon katsayıları	30
Tablo 4.13. Uygulamaların uçucu yağ bileşikleri üzerindeki etkisine ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix).....	30
Tablo 4.14. Uçucu yağ bileşiklerinin uygulamalara verdikleri yanıtlara ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix).....	30

1. GİRİŞ

Bitkiler yaşamları süresince hem biyotik hem de abiyotik çevresel faktörlere maruz kalırlar; ancak ilgili çevresel faktörler, bitkinin mücadele etme düzeyini aşmaları durumunda bitkide strese neden olur. Stres terimi; bitkiler üzerinde genellikle olumsuz etki oluşturan çevresel faktörler olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle; stres, bitkinin normal yaşamsal döngüsünü tamamlayabilmesi ve bitkinin sürdürülebilirliği için gerekli olan çevresel faktörlerin optimal koşullardan sapma durumu olarak da ifade edilmektedir. Stres faktörleri biyotik ve abiyotik olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Biyotik stres faktörleri; virüs, bakteri, nematod ve funguslardan oluşurken abiyotik stres faktörleri ise tuzluluk, kuraklık, yüksek ve düşük sıcaklık, ağır metal ve radyasyon gibi faktörleri içermektedir (Mittler, 2006; Cramer vd., 2011; Rodríguez vd., 2005; Park and Park, 2019; Nadarajah, 2020; Chen vd., 2019; Corpas, 2019; Dreher and Callis, 2017). İlgili stres faktörlerinin etkisi, bitki türlerine ya da stresin şiddeti, çeşidi ve süresine bağlı olsa da; stres faktörleri genellikle bitkilerin büyüme ve gelişmelerini geciktirebilir, verimliliği azaltabilir ve bunların artan şiddetine bağlı olarak da bitkilerin ölümüne neden olabilir (Agarwal and Jha, 2010; Gill and Tuteja, 2010).

Kuraklık, bitki büyümesi ve gelişimini bozan ve dolayısıyla verimlilik kaybına yol açan önemli abiyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi; kuraklığın etkisinin bitkilere göre farklılık gösterdiğini de vurgulamamız gerekmektedir. Ayrıca, bitkinin kuraklık stresi deneyiminin de bitkinin ilgili strese cevabını etkilediği bilinmektedir (Fleta-Soriano and Munné-Bosch, 2016; Li and Liu, 2016; Tombesi vd., 2018; Kulak, 2020). Ekosistem dinamiklerinin önemli bir itici gücü olarak geniş çapta incelenen kuraklığın, küresel olarak sıklık ve şiddetinin artması beklenmektedir (Slette vd., 2019).

1.1. Kuraklık kavramının gözden geçirilmesi

Kuraklık, tüm doğal afetler arasında en karmaşık ve dolayısıyla en az anlaşılan stres faktörlerinin başında gelmektedir. Her ne kadar kuraklığın oluşmasında insan ve aktivitelerinin etkisi büyük olsa da; kuraklık iklimin normal bir özelliği olup ve tekrarlanması kaçınılmazdır. Bununla birlikte hem bilim insanları hem de politika yapıcılar içinde de kuraklığın temel yapısı ve dinamiği hakkında net bir konseptin oluşmadığı bilinmektedir. Buna bağlı olarak; dünyanın birçok yerinde artan kuraklık

yönetiminde ilerleme eksikliğini bir dereceye kadar açıklayan sebeplerin başında ortak bir tanımlamanın olmaması gelmektedir (Wilhite, 2000). Bu alandaki en büyük problem ise; yıllık yağış değişkenliğinin nispeten yüksek olduğu bölgelerde ve çevresinde meydana gelebilecek olası bir kuraklığın hafife alınmasıdır. Bu tür kurak ve yarı kurak alanlarda, tekrarlayan kuraklıklar aslında iklimin bir parçasıdır ve bu nedenle beklenmedik olaylar olarak görülmemelidir (Glantz and Katz, 1977). Kuraklığı doğal bir süreç olarak kabul edip; olası kuraklıklara karşı etkin mücadele stratejileri geliştirmek en akılcı çözüm yolları arasında görülmektedir. Ancak etkili bir çözüm için kuraklığın etki mekanizması iyi bilinmelidir.

Daha önceden de belirtildiği üzere, kuraklık etkilenen insan sayısı bakımından ölçüldüğünde tüm doğal afetler arasında ilk sırada yer almaktadır. Diğer doğal olaylar ile karşılaştırıldığında, kuraklık diğer tehlikelerden birkaç yönden farklılık gösterir. Bunlardan birincisi, olası bir kuraklığın başlangıcını ve daha da önemlisi ne zaman biteceğini belirlemek ya da öngörmek mümkün değildir. Ayrıca, bir kuraklığın etkileri yavaşça artar, önemli bir düzeye ulaşır ve bittikten sonra etkisi yıllarca devam edebilir (Mishra and Singh, 2010).

Passioura (2007) *“The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives”* adlı makalesinin özet kısmında kuraklık konsepti ve onunla ilintili olan tüm detayları sunmuştur, şöyle ki;

“Kuraklık, bitki verimi ile ilgili birçok anlama sahiptir. Meteoroloji uzmanına göre istatistiksel olarak; yıllık yağışın en düşük ondalık oranı; agronomi uzmanı için toplam bitkisel üretimin az su kaynağı neticesinde sınırlandırılması ve birçok moleküler biyolog için ani şiddetli su eksikliği olarak tanımlanmaktadır. Bir çiftçi için önemli yönetim konuları sırasıyla risk yönetimi (birkaç yıl boyunca meteorolojik olarak kuraklığa meyilli bir çiftliğin en iyi şekilde nasıl yönetileceği), çeşit ve tarım faaliyetlerinin gelişen büyüme mevsimi ile en iyi şekilde nasıl eşleştirileceği ve olası ana etkilerin en aza indirilmesidir. Çiçeklenme sırasında şiddetli su kısıtlamasının çiçek verimine zarar verdiği bildirilmektedir. Tüm bu tanımlar ve vurgulanan konular, bitkisel üretimin iyileştirilmesiyle ilgilidir. Bu bağlamda bilimin insanlara en iyi şekilde nasıl yardımcı olabileceği önem taşımaktadır. İlgili cevapların, ele alınan zamansal ve mekânsal ölçeklere bağlı olduğu bilinmektedir. Örneğin; tarım bilimciler ve

yetiştiriciler, etkileşim halinde, bir bitkinin gelişimini çevresine daha iyi uyarlayarak toprak yüzeyinden buharlaşma kayıplarını en aza indirerek, tarladaki mevsimsel su dengesinin bileşenlerini iyileştirmeye yardımcı olabilir. Bu konuda; fizyologlar, biyokimyacılar ve moleküler biyologlar birlikte çalışabilirler. Organ özelinde ise; dokudaki lezyonlardan ve hücre sel ve moleküler süreçlerde ki su eksikliklerinden kaynaklanan çiçek kısırlığına sebep olabilir. Tarla denemeleri ile alınacak sonuçlar çiftçileri ilgilendiren sorunları çözmeye yardımcı olabilir (Passioura, 2007).”

1.2. Bitkiler hangi durumda kuraklık stresine girmektedirler?

Doğal bir tehlike olarak tanımlanan kuraklık stresi; bitkilerde terleme (transpirasyon) ile kaybedilen su miktarının çevreden alınan su miktarından daha fazla olması durumunda ortaya çıkar. Bir başka ifade ile toprakta bitkinin kullanımı için elverişli olan su miktarının azalması, atmosferik faktörlerin etkisiyle transpirasyon ve evaporasyon sonucu su yitiminin devamı ile ortaya çıkar (Kaçar vd., 2009). Ancak, kuraklık stresinin oluşmasının altında birçok faktör olabilir. Örneğin, toprakta bitkinin kullanabileceği düzeyde suyun olmaması ya da toprakta bulunan mevcut suyun kullanılmaması durumlarında (fizyolojik kuraklık) kuraklık stresi ortaya çıkabilir (Kocaçalışkan, 2001).

1.3. Kuraklık stresinin bitkilerde meydana getirdiği değişimler

Bu bölümde; kuraklığın bitkilerin agro-morfo-fizyolojik parametrelerinde meydana getirdiği değişimlere ek olarak bitkinin sekonder metabolizmasında meydana getirdiği değişimlere yönelik yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

1.4. Kuraklık stresinin bitkilerin agro-morfo-fizyolojik özelliklerine etkisi

Kuraklığın birçok bitkinin büyümesi ve gelişmesi üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkileri literatürde bildirilmiştir (Sun vd., 2020; Petropoulos vd., 2008). Fesleğen türleri için de kuraklığın benzer olumsuzluklara sebep olduğu belirlenmiştir (Heidari ve Golpayegani, 2012; Kalamartzis vd., 2020a; Kalamartzis vd., 2020b; Kulak vd., 2021). Bu olumsuzluklar büyümede yavaşlama ve verim düşüklüğünde meydana gelen potansiyel değişimler ile karakterize bir durumdur. Bu alanda birçok özgün araştırma ve derleme çalışmasında; bitki performansında meydana gelen kritik değişimlerin bitkinin fotosentez sisteminde meydana gelen hasarlanmalar ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Fotosentez sistemindeki bu değişimlerin stomatal olan ve stomatal

olmayan sınırlamalardan etkilendiği bilinmektedir. Toprak su düzeyindeki kritik düşümlere bağımlı olarak; yaprak dokularında su potansiyelinin azalması ile birlikte stomaların işlevselliğinde önemli hasarlanmalar meydana gelir. Daha sonra, fotosenteze doğrudan bağımlı olan asimilat üretiminin azalması ve buna bağılı olarak ilgili ürünlerin bitki dokularındaki alokasyonunda önemli değişimler ortaya çıkar. Genel olarak; meydana gelen bu değişimler bitkilerin büyümesi ve verimini olumsuz etkilemektedir (Samarah *vd.*, 2019; Kalefetoęlu ve Ekmekçi, 2005; Nikinmaa *vd.*, 2013; Rao and Chaitanya, 2016).

Algılanan stresin şiddeti, frekansı, süresi ve zamanlamasına bağılı olarak; bitkiler, optimal yaşam sınırları dışında cereyan eden bu olaylara adapte olabilmek amacıyla bir dizi fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzenleme mekanizmaları geliştirmektedirler. Genel olarak; ozmotik basınç (Al-Yasi *vd.*, 2020), hormonal (Bernardo *vd.*, 2019) ile enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemlerindeki düzenlemeler (Xia *vd.*, 2020; Goharrizi *vd.*, 2020) ile bitkiler stres koşullarına yanıt vermektedirler. Enzimatik antioksidan savunma sistemi süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT), glutatyon redüktaz (GR) içerirken enzimatik olmayan antioksidan moleküller ise askorbik asit, glutatyon, fenoller, karotenoidler, flavonoidler ve tokoferolleri içermektedir. Bitkiler her iki savunma sisteminin koordinasyonu ile stres kaynaklı oksidatif stresle mücadele etmektedirler (Arora *vd.*, 2020; AbdElgawad *vd.*, 2016; Ahmad *vd.*, 2010).

1.5. Kuraklık stresinin bitkilerin sekonder metabolit içeriğine etkisi

Sekonder metabolitler bitkinin savunma sisteminde enzimatik olmayan antioksidan savunma sisteminin önemli parçalarındandır. Ancak ilgili metabolitlerin fonksiyonlarının strese karşı savunma ile sınırlı olmayıp bitkilerin çiçeklenme, tozlaşma, renk ve tat gibi özelliklerinin oluşmasında da etkili olduğunu belirtmemiz gerekir. Bu tez çalışmasının amacı stres ve stresin iyileştirilmesi adresli olduğundan; tezin ilerleyen bölümlerinde sekonder metabolit ve stres özelinde değerlendirilecektir.

Bitkiler, tahmini sayısı yüz bin ila bir milyon arasında değişen çok çeşitli düşük moleküler ağırlıklı organik bileşikler üretir (Fang *vd.*, 2019; Erb and Kliebenstein, 2020). 2000'li yıllara kadar yaklaşık 50.000 organik bileşik yapısal olarak

aydınlatılmıştır (De Luca and St Pierre 2000). Bu bileşikler, varsayılan işlevlerine göre; primer ve sekonder metabolitler ile hormonlar olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır. Primer metabolitler tüm canlı gruplarında ortak bulunan metabolitlerdir. Nükleik asitler, proteinler, lipidler ve karbonhidratlar primer metabolitlerin önemli bir grubunu oluşturmaktadır. Birçok bilimsel çalışmada; primer metabolitlerin, bitkilerin büyümesi ve gelişimi gibi normal yaşamsal faaliyetlerini doğrudan etkilediği bildirilmiştir. Bu metabolitlerin biyosentez yollarında meydana gelebilecek olası bir inhibisyon ise diğer metabolik süreçleri etkilemektedir. Tezin “*tartışma*” bölümünde, primer metabolitlerin inşasında kullanılmayan karbon kaynaklarının sekonder metabolitlerin yapımına nasıl transforme olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, karbon kaynaklarının alokasyonuna yönelik çelişkili teoriler tartışılmıştır.

Özel metabolitler veya doğal ürünler olarak kabul edilen sekonder metabolitler, bitki ve çevresi ile etkileşimlerinde aracı (*mediator*) roller sergilemektedir. Ayrıca, bu metabolitlerin türe özel (*species-specific*) ya da taksona özel (*taxa-specific*) olduğunu belirtmemiz gerekmektedir. Primer metabolitlerin aksine, tüm canlı gruplarında sekonder metabolitlere rastlamak mümkün değildir. Birkaç alg ve briyofit dışında, genellikle bitkiler alemi (*Plant kingdom*) ile karakterize özel metabolitler olduğunu söyleyebiliriz. Sekonder metabolitler, kimyasal yapıları açısından iki ana gruba ayrılmaktadırlar. Bunlardan ilki azot içermeyen (*nitrogen-deficient*) fenolik ve terpenoidler iken diğer ana grup ise azot içeren (*nitrogen-containing*) alkaloidlerdir (Erb and Kliebenstein 2020; Gulmez ve Kulak, 2021).

1.6. Kuraklık stresinin bitkilerin uçucu yağ verimine ve kompozisyonuna etkisi

Uçucu yağlar önemli sekonder metabolitler olup bitkiler âleminde yaygın olarak bulunmaktadır. Ancak, bitkilerin her taksonomik grubunda benzer uçucu yağ bileşenlerine rastlamak mümkün olmayabilir. Uçucu yağ bileşenlerinin, bitkilerin karasal yaşama adaptasyonlarında önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir. Uçucu yağ bitkilerinin taksonomideki yerleri, i) uçucu yağ üreten/paylaşımını yapan epidermal hücresel yapılara, ii) birçok nitel ve nicel faktörlerin kombinasyonu ya da interaksiyonuna ve bitkilerin uçucu yağlarının kimyasal bileşenlerine bağlıdır. Aslında, uçucu yağların veya bileşenlerin sekonder metabolit(ler)in biyogenetik kapasitesinin kara bitkilerinin ortaya çıkışına kadar erken evrimleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Bu sebeple, primer metabolizmadan sekonder metabolizmaya geçişin (*shift*) nasıl

gerçekleştiğine yönelik tartışmalar devam etmekte olup bir dizi çelişki içeren teorilerin öne sürüldüğü bilinmektedir. Bir diğer ilginç nokta ise; stres ve uçucu yağ kompozisyon interaksiyonuna yönelik yapılan çalışmalar hem nicelik hem de nitelik açısından tatmin edici bir düzeyde olmamasıdır. Bu çalışmaların birçoğunda ise uygulanan kuraklık stresi, uçucu yağ verimi ve bileşenleri etkisi incelenmiştir (Kulak vd., 2019; Sangwan vd., 2001).

1.7. Kuraklık stresinin bitkilerin fenolik bileşenlerine etkisi

Bitkiler, genellikle kontrol edilemeyen tarla koşullarında kuraklık, tuzluluk, soğukluk, ağır metal, besin eksikliği ve böcek zararlıları ve patojenler gibi bir dizi stres faktörleri ile karşılaşabilmektedirler. Bitkiler, ilgili stresin hangisi olduğunu belirledikten sonra bir dizi stratejik savunma yollarına başvurmaktadır. Enzimatik antioksidan savunma sistemlerin yanı sıra, enzimatik olmayan antioksidan sistemleri de stresle mücadelede önemli rol oynamaktadır. Bu konuyla ilgili olarak, yüksek yapılı bitkilerin, abiyotik ve biyotik streslere karşı savunma bileşikleri olarak fenolik bileşikleri ürettiğine yönelik birçok çalışma mevcuttur. Hem yapısal hem de uyarılmış savunmalar, bir bitkinin çevresel stres faktörlerine karşı optimum seviyede korunmasında rol oynamaktadır. Bitkilerin strese karşı olan tepkilerini anlamak ve toleranslarını artırmak için çalışmalar; stres tepkisi mekanizmalarında sinyal alımı, transkripsiyonel düzenleme ve fonksiyonel proteinlerin ekspresyonları alanlarına yönelmiştir. Antioksidanların reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimini azaltmadaki etkileri literatürden belirtilmiştir (Caretto vd., 2015; Shulaev vd., 2008; Assaf vd., 2022). Vermikompost gibi organik gübrelerin bitkilerin sekonder metabolizması üzerine etkilerine yönelik sınırlı sayıda çalışma vardır (Celikcan vd., 2021).

1.8. Su stresi ile mücadele yöntemleri nelerdir?

Strese toleranslı bitkilerin introduksiyonu ve yeni çeşitlerin geliştirilmesinin yanı sıra kimyasal gübrelerin kullanılması da sıklıkla başvurulan yöntemlerdendir. Ancak, stres koşullarının sabit ve stabil olmadığı düşünülürse, zamana bağlı olarak bitkilerin tolerans tepkilerinde de önemli değişimlerin meydana gelebileceğine yönelik veriler raporlarda mevcut olup bunlar bitkinin stres hafızası (*stress memory*) olarak değerlendirilmektedir. Öte yandan, çeşit geliştirilmesi ve introduksiyonu ise hem uzmanlık hem de uzun yıllar gerektiren süreçlerdendir. Bu süreçte hedeflenen, mevcut tarımsal ve doğal alanların en az kimyasal yük ile kirlenip bu alanların sürdürülebilir ve

sürekli olmasıdır. Bu sebeple, son yıllarda organik gübre ya da organik kaynaklı sübstrat/partiküller tarımsal uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu uygulamaların bitki verimi ve üretkenliği üzerine olumlu etkileri belirlenmiş olsa da (Lazcano vd., 2011; Blouin vd., 2019; Moradi vd., 2014; Rekha vd., 2018) moleküler ve biyokimyasal açısından sınırlı sayıda bilgi rapor edilmiştir. Ayrıca, sekonder metabolitlerin metabolizmasına yönelik yayın ise çok daha az sayıdadır. Ayrıca literatürde organik gübrelerin stres koşullarına karşı koruyucu rolleri ise tam olarak belirlenmemiştir (Sallaku vd., 2009; Celikcan vd., 2021).

1.9. Organik gübreler nasıl tanımlanmaktadır?

Organik gübreler, taze veya kurutulmuş bitki materyalinden hayvan gübresine ve çöplere ve tarımsal yan ürünlere kadar değişen bitki türevli materyallerdir. Ayrıca organik gübreler, orta derecede temel bitki besinleri içeren doğal olarak mevcut mineral kaynaklarıdır. Organik gübrelerin azot ve fosfor içeriği, kimyasal gübrelere göre düşüktür (Green, 2015), ancak organik madde içeriği bakımından oldukça zengindir. Organik gübreler yavaş salınan gübreler gibi davranırlar ve uzun bir zaman diliminde az miktarda besin sağlarlar. Sentetik veya çabuk salınan gübreler, suda kolayca çözünen yüksek miktarda çözünür azot içerir. Azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K), bitki büyümesi için önemli olan üç ana makro besindir. Organik gübrelerin, diğer gübrelere göre daha yavaş ve dengeli miktarda azot sağlaması, yeraltı sularının kirlenmesi, aşırı gübreleme ve ötrofikasyon riskini azaltır. Toprağın bozulmasının engellenmesinin yanı sıra; toprağın yapısına oldukça önemli katkılar sunmaktadır. Organik gübreler; toprağın mikrobiyolojik yapısı ve fizikokimyasal özelliklerini olumlu etkilemesi ile toprağın kalitesini artırmaktadır. Ayrıca, organik madde kaybını kısa ve uzun vadede yenilemeye yardımcı olur. Uygulama zamanı ve yöntemine bağlı olarak; mevcut toprağın besin yönünden zenginleşmesine önemli katkılar sağlar ve bu katkılar ile sürdürülebilir tarım için oldukça önemlidir (Shai vd., 2021).

1.10. Solucan gübresi (vermikompost)

Organik gübrelerin önemli bir kısmını solucan gübresi (vermikompost) oluşturmaktadır. Solucan gübresi, dünyamızın nüfüsüne bağlı olarak artan gıda tüketimi ve atık yönetimi gibi büyük sorunları çözmeye önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (Adhikary, 2012). Solucan gübresi atık yiyici belirli solucan türlerinin (*Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Dendrobaena veneta*, *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*) sindirim

sisteminde işlem gören besinlerden elde edilen bir organik gübredir (Domínguez and Edwards, 2011). Toprağın su tutma kapasitesini artırması, yapısındaki yararlı bakterilerin zararlılarla rekabet ederek bitki direncini artırması, toksik olmayışı, toprak pH'sını düzenlemesi, bitki yaş, kuru ağırlığı ve verim gibi parametreleri olumlu etkilemesi nedeniyle organik gübre olarak kullanımı tercih edilmektedir (Yıldız 2005; Demir 2010). Vermikompostun fesleğen türleri (*Ocimum spp.*) üzerindeki etkisi birçok çalışmada rapor edilmiştir (Befrozfar vd., 2013; Esmailpour vd., 2017; Morelli vd., 2017; Reddy vd., 2018; Chelariu vd., 2018; Heidarpour vd., 2019; Celikcan vd., 2021). Bu çalışmalara göre, bitkinin büyümesini ve gelişimi olumlu yönde etkilenmiştir. Bitki gelişiminin fotosentez, antioksidan enzim etkinliği ve sekonder metabolitler ile düzenlendiği belirtilmiştir (Rahmanian vd., 2017; Reyes Araujo vd., 2020; Ayastuy vd., 2020; Celikcan vd., 2021; Rezaei-Chiyaneh vd., 2021). Ancak bunun yanında, yapılan çalışmaların tamamına yakını katı vermikompost ile gerçekleştirilmiştir. Sıvı vermikompost (vermikompost sızıntısı) ile ilgili çalışmalar ise sınırlı sayıdadır.

1.11. Yeryüzünde varlığı tespit edilen 400 bin civarında bitki türü mevcut iken, neden fesleğen?

Fesleğen, tıbbi ve aromatik özellikler açısından önemli türlerden biri olup stres çalışmalarında verdiği hızlı yanıtlar ve plastisitesinden dolayı sıkça tercih edilmektedir. Fesleğen, Lamiaceae (halk dilinde nane ailesi olarak da bilinir) familyasına ait bir bitki taksonudur. Yüksek tıbbi ve aromatik değerler ile karakterize olan Lamiaceae familyası 236 genusa ait yaklaşık 7000 tür içermektedir (Gharib, 2006; Ramasubramania, 2012; Carović-Stanko vd., 2016; Assaf vd., 2021). Bu familyaya ait türlerin yüksek miktarda sekonder metabolite sahip olduğu bilinmektedir. Fesleğen bitkisi de *rosmarinic acid*, *cichoric acid* ve *caffeic acid* gibi fenolik bileşenlerce zengin bir kaynaktır (Bağtour vd., 2012). Bir diğer önemli sekonder metabolit olan; uçucu yağlardan ise, *methyl chavicol* (*estragole*), *geranial* (*citral A*), *neral* (*citral B*), *1,8-cineole*, *linalool*, *α -bergamotene* (*Z*), *α -cadinol*, *eugenol*, *methyl eugenol* ve (*E*)-*methyl cinnamate* gibi major bileşenleri içerdiği bildirilmiştir (Keramati vd., 2016; Pandey vd., 2014).

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Vosviewer programı yardımıyla literatür özetlerinin belirlenmesi

VOSviewer, ağ verilerine dayalı haritalar oluşturmak ve bu haritaları görselleştirmek ve keşfetmek için bir yazılım aracıdır. VOSviewer öncelikle bibliyometrik ağları analiz etmek için tasarlanmış olsa da aslında her tür ağ verisine dayalı haritalar oluşturmak, görselleştirmek ve keşfetmek için kullanılabilir. İlgili program tarımdan tıp bilimlerine kadar geniş bir kullanım alanına sahip olup son zamanlarda sıklıkla kullanılmaktadır (Celik vd., 2021; Yu vd., 2020; Kulak vd., 2019; Liao vd., 2018). Bu sebepler doğrultusunda, tez kapsamında ilgili programa başvurulmuştur. Fesleğen bitkisi ve stres içeren çalışmalar SCOPUS veri tabanı üzerinden indirilip VOSviewer programı ile analiz edilmiştir. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de görüleceği üzere hem anahtar kelime hem de terim analizi ile ilgili birden fazla küme ortaya çıkmıştır. Bu konuyla ilgili anahtar kelime analizi sonuçlarına baktığımızda (Şekil 2.1); stres türleri olarak, çoğunlukla su stresi (*water stress*) ve tuz stresinin (*salt stress*) çalışıldığı görülmektedir. Fesleğen bitkisinin dağılışı gösterdiği iklimsel bölgeler dikkate alındığında ve bitkinin stres faktörlerine karşı hassas bir tür olduğu düşünüldüğünde çalışılan stres tiplerinin uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca, incelenen parametrelerin genellikle uçucu yağlar ve fenolikler olduğu belirlenmiştir. Yukarıda da bahsedildiği üzere, fesleğen bitkisi uçucu yağ ve fenolik bileşenlerce zengin bir bitki türüdür. Terim analizi sonuçları (Şekil 2.2) ise anahtar kelime analizini destekleyici ve doğrulayıcı niteliktedir. Özellikle; majör fenolik bileşiklerden olan *rosmarinic acid* ve *caffeic acid* göze çarpmaktadır. Bu bileşiklerin, kuvvetli antioksidan özelliğe sahip olduğu da bilinmekte olup ilgili analizde “*antioxidant activity*” terimi de kendine yer bulmuştur. Ayrıca, her ne kadar birçok küme ortaya çıkmış gibi görünse de moleküler tabanlı çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır (Mandoulakani vd., 2017). Bu sebepler göz önüne alındığında, alanda daha çok çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir.

2.2. Tezin önemi

Doğal ve tarımsal alanların korunması ve sürdürülebilirliği minimum kimyasal girdi ile sağlanabilir. Toprağa verilen kimyasal gübrelerin tamamının bitki tarafından alınmadığı ve bu sebeplerden bir kısmının ise toprağın yapısında biriktiği bilinmektedir. Bazı element veya kimyasalların topraktaki fazla birikiminin toprağın yapısını bozduğu ve zamanla bitkiler üzerinde olumsuz etkiler gösterdiği bilinmektedir. Ancak, olumsuz etkisi sadece bitkiler ile sınırlı kalmamaktadır. Şöyle ki; toprak, su ve canlılardaki biyoakümülyasyonu neticesinde insan ve diğer canlılar üzerinde genotoksik etkileri olabileceği de bilinmektedir. Bu sebeple; hem toprak hem de bitki ile uyumlu ve daha az zararlı organik gübrelerin kullanımı önem taşımaktadır. Organik gübreler yüksek besin elementi ve organik madde içeriği ile tanınmaktadır. Bu durum toprağın zamanla kaybolan besin ve organik madde içeriğini dengelemesi açısından da önem taşımaktadır. Bu hedef doğrultusunda, tez çalışmamızda bir organik gübre çeşidi olan sıvı vermikompost ile toprağı zenginleştirme yoluyla fesleğen bitkisinin büyüme ve gelişmesi incelenmiştir.

2.3. Tezin hipotezi

Literatür çalışması vermikompost gübresinin hem organik hem de besin elementi bakımından zengin olduğu, dolayısıyla büyüme ortamına katkıları olacağı düşünüldüğünden; aşağıdaki hipotezlerde bulunulmuştur.

- I) Büyüme ortamının sıvı vermikompost ile zenginleştirilmesine bağlı olarak fesleğen bitkisinin agronomik özellikleri ile sekonder metabolit kompozisyonunda önemli değişimler meydana gelecektir.
- II) Vermikompostun bitkilerin kök sistemini geliştirdiği temeline dayanarak; gelişen kök sistemi ile birlikte fesleğen bitkisinin kuraklığa karşı daha yüksek bir toleransa sahip olabileceği düşünülmektedir.

2.4. Tezin amacı

Bu çalışma, sıvı vermikompost ile toprağın ön zenginleştirilmesinin kuraklık stresine maruz bırakılan fesleğenin büyüme ve gelişme parametreleri ile uçucu yağ bileşenleri ve fenolik asit bileşenleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma kapsamında vermikompostun %25, %50, %75 ve %100 konsantrasyonları kullanılmıştır. Kuraklık oluşturmak amacıyla, sulama suyu tamamen kesilmiştir.

Bitkiler sekiz gerçek yaprağa ulaştıktan sonra; büyüme ortamları haftada bir kez olmak üzere dört hafta boyunca farklı sıvı vermikompost konsantrasyonları (tarla kapasitesi miktarınca) ile zenginleştirilmiştir. Bu süre sonunda bitkiler 11 gün süreyle kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Daha sonra, bitkiler usulüne uygun bir şekilde hasat edilerek ilgili analizler yapılmıştır.

2.5. Tezin Özgün Değeri

Vermikompost gibi organik gübrelerin, bitkinin büyümesi üzerine olumlu etkisi bilinmektedir. Ancak, bitkilerin fizyolojisinde ve biyokimyasında ne gibi değişimlere neden olduğu net olarak bilinmemektedir. Sekonder metabolizması kapsamında ise; çalışmaların ekseriyetle uçucu yağ verim ve kompozisyonuna yönelik olduğu görülmektedir. Fenolik bileşenler açısından ise, ilk raporun Celikcan vd., (2021) tarafından sunulduğu görülmektedir. Öte yandan, özellikle, vermikompostun stres koşullarında bitkiyi korumasına yönelik yapılan yayın sayısı da sınırlıdır. Bu çalışmalardan bir tanesi ise; Celikcan vd., (2021)'in çalışması olup katı vermikompost gübrelerinin su stresi altındaki fesleğen bitkisinde meydana getirdiği değişimler incelenmiştir. Yaptığımız araştırmalara göre, sıvı vermikompost gübre uygulamasının fesleğen bitkisinin hem agronomik özelliklerine hem de sekonder metabolitlerine etkisinin çalışılmadığı görülmüştür. Bu sebeple, tez konusu özgün olup alan yazıma katkılar sunacağı düşünülmektedir. Ayrıca, sıvı vermikompost ve su stresi interaksiyonunun etkisinin de belirlenecek olması da çalışmanın özgünlüğüne katkı sağlamaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada iri yapraklı yeşil fesleğen (*O. basilicum* L.) bitkisi kullanılmıştır [Arzuman (Simagro Agro and Seed Company)]. Tek yıllık olması, fenolik ve uçucu yağlar bakımından zengin olması gibi sebeplerden dolayı bu bitki tercih edilmiştir. Aynı zamanda; tıbbi ve aromatik bitkiler grubu içerisinde en çok çalışılan bitki türlerindedir. Aynı zamanda; stres çalışmalarında gözle görülür verdiği yanıtların yanı sıra kimyasal kompozisyon olarak gösterdiği plastisite sebebiyle sıklıkla tercih edilen türdür. Denemede kullanılan vermikompost (solucan gübresi), Iğdır Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulundan temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

Çalışmada sıvı vermikompostun (LVC); %0 (LVC₀), %25 (LVC₁), %50 (LVC₂), %75 (LVC₃) ve %100 (LVC₄) (w/w) konsantrasyonları kullanılmıştır. Kuraklık stresi; sulama suyunun tamamen kesilmesi ile sağlanmıştır. Bitkiler gerçek sekiz yaprağa ulaştıktan sonra haftada bir kez olmak üzere toplam dört defa sıvı vermikompost ile ön koşullandırma yapılmıştır. Ön koşullandırma işlemi vermikompostların toprağa verilmesi ile sağlanmıştır. Bir ayın sonunda; ilgili bitkiler kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Kuraklık stresi 11 gün sürmüştür ve bu süre bitkilerin solma noktasına göre düzenlenmiştir. Deneme bitkileri günlük takip edilip solma noktasına gelmeden önce kuraklık stresi uygulamaları sonlandırılmıştır. Bu süre sonunda, hasat edilen bitkilerin agronomik özelliklerinin yanı sıra yaprak dokularında uçucu yağ ve fenolik bileşen analizi yapılmıştır. Bu tez çalışması; tesadüf blokları deneme desenine göre yapılmış olup ilgili çalışma deseni Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmaya ilişkin deneme deseni

Kısaltma	Vermikompost uygulamaları	Sulama düzeyleri
Kontrol	Vermikompost ile ön koşullandırmanın yapılmadığı	Saksı kapasitesince sulama
WS	Vermikompost ile ön koşullandırmanın yapılmadığı	Sulama suyunun tamamen kesilmesi
25% LVC	Vermikompost ile ön koşullandırmanın yapıldığı (%25 LVC/ 75% saf su, v/v)	Saksı kapasitesince sulama
25% LVC+ WS	Vermikompost ile ön koşullandırmanın yapıldığı (%25 LVC/ 75% saf su, v/v)	Sulama suyunun tamamen kesilmesi
50% LVC	Vermikompost ile ön koşullandırmanın yapıldığı (%50 LVC/ 50% saf su, v/v)	Saksı kapasitesince sulama
50% LVC+ WS	Vermikompost ile ön koşullandırmanın yapıldığı (%50 LVC/ 50% saf su, v/v)	Sulama suyunun tamamen kesilmesi
75% LVC	Vermikompost ile ön koşullandırmanın yapıldığı (%75 LVC/ 25% Saf su, v/v)	Saksı kapasitesince sulama
75% LVC+ WS	Vermikompost ile ön koşullandırmanın yapıldığı (%75 LVC/ 25% Saf su, v/v)	Sulama suyunun tamamen kesilmesi
100% LVC	Vermikompost ile ön koşullandırmanın yapıldığı (%100 LVC/ 0% Saf su, v/v)	Saksı kapasitesince sulama
100% LVC+ WS	Vermikompost ile ön koşullandırmanın yapıldığı (%100 LVC/ 0% Saf su, v/v)	Sulama suyunun tamamen kesilmesi

LVC: Sıvı vermikompost (Liquid vermicompost); WS: Kuraklık (water stress)

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 yağ bileşenlerinin belirlenmesi için Çelikcan (2021)'nin tez çalışmasında kullanılan yöntem uygulanmıştır. Bu amaçla, kurutulmuş ve toz haline getirilmiş yaprak örneklerinden 0,5 gram alınıp cam şişede 10 ml çift-distile su (d-d-H₂O) ile karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım 30 dakika boyunca 45 °C'de manyetik bir karıştırıcı üzerinde inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon periyodundan sonra, 7 dakika boyunca uçucu yağlar SPME tutucu (Supelco 57330-U) iğnesi ile toplanmıştır. SPME ile tutulan uçucu bileşenler GC-MS cihazına enjekte edilmiştir. SPME tutucu iğnesi septumda 4 dakika bekletilmiştir. Uçucu bileşenlerin analizi ise toplam 33 dakika sürmüştür. Uçucu yağ bileşenlerinin tanımlanması amacı ile Thermo GC/MS Trace Ultra kullanılmıştır. GC-MS cihazında, 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. Sıcaklık daha sonra 10 °C/dk'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 kullanılarak tanımlanmıştır.

3.5. Fenolik Asit Bileşenlerinin Belirlenmesi

3.5.1. Bitki örneklerinin ekstraksiyonu

Oda koşullarında kurutulan ve daha sonra toz haline getirilen yaprak örnekleri 24 saat boyunca oda sıcaklığında 120 rpm ile çalkalayıcı destekli ve sıralı bir ekstraksiyon yapılmıştır. Bu amaçla, 3 gram yaprak materyali 50 ml metanol kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyondan sonra tüm kalıntıları toplamak için aynı bitki materyalleri ile üç kez daha ekstrakte edilmiştir. Üç ekstraksiyon sonucunda toplanan süzüntüler rotary evaporator (Heidolph 94200, Bioblock Scientific)

kullanılarak buharlaştırılmıştır. Vakumla kurutulmuş numuneler, 1mg/ml olacak şekilde stok solüsyonlar hazırlandıktan sonra kromatografik analize kadar +4 ° C'de saklanmıştır (Çelikcan, 2021).

3.6. LC – MS / MS kullanarak fenoliklerin belirlenmesi

Fesleğen yapraklarındaki fenoliklerin belirlenmesi amacıyla Yılmaz (2020) ve Aras *vd.*, (2020) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır. İlgili bileşiklerin tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesi amacıyla tandem kütle spektrometresi (LCMS8040 modeli) ile birleştirilmiş ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi (Shimadzu Nexera) kullanılmıştır. Cihazın özellikleri ve çalışma koşulları ise aşağıdaki gibi düzenlenmiştir. 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/dk; nebulizasyon gazı (N₂) akışı: 3 L/dk; arayüz sıcaklığı: 350 °C, ısı bloğu sıcaklığı: 400 °C, DL sıcaklığı: 250 °C olarak ayarlanmıştır.

3.8. İstatistiksel değerlendirme

Bu tez çalışması tesadüf blokları deneme desenine göre yapılmış üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Her tekerrür için toplamda on adet bitki kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için, uygulamaların ortalamaları arasında fark olup olmadığını ortaya koyan ilişkisiz (bağımsız) örneklem için yapılan iki yönlü varyans analizi (SPSS 18), 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. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisi

Çalışmamız kapsamında; fesleğen bitkisinin bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, yaprak yaş ağırlığı, yaprak uzunluğu ve yaprak çapı gibi bazı temel ölçümler yapılmıştır. Öngörüldüğü gibi, kuraklık stresinin bitki boyunu olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca, kuraklık stresinin bitki boyuna etkisi anlamlı bulunmuştur ($p=0,000$). Yine beklenildiği gibi, vermikompost uygulamalarının bitki boyuna ilişkin etkisi anlamlı bulunmuştur ($p=0,000$). En yüksek bitki boyu; %50'lik sıvı vermikompost ön koşullandırılması (*vermicompost leakage priming*) uygulamasında elde edilmiştir. Ayrıca, vermikompost uygulamasının etkisinin kısmi olarak konsantrasyona bağlı olduğu da görülmüştür. Tezin birçok yerinde de üzerinde durulduğu üzere; en önemli çevresel problemlerinin başında gelen kuraklık stresi ile mücadele yöntemi ve buna ilişkin girişimlerin yapılması büyük bir önem taşımaktadır. Kuraklık stresi ya da vermikompost uygulamalarının faydalı etkileri öngörülen bir durum iken; bu iki ana uygulamanın interaksiyonlarının bitki boyuna ilişkin etkilerini öngörmemiz mümkün değildi. Ancak, çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre; kuraklık stresi ve vermikompost uygulamalarının etkisinin anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p=0,054$). Dolayısıyla, sıvı vermikompost ön uygulamalarının, kısa süreli kuraklık stresine maruz bırakılan fesleğen bitkisinin boyuna olumlu etki yaptığı gözlemlenmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisi

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)	Bitki yaş ağırlığı (gr)	Kök uzunluğu (cm)	Kök yaş ağırlığı (gr)	Yaprak yaş ağırlığı (gr)	Yaprak uzunluğu (cm)	Yaprak çapı (cm)
Control	13,480±1,000 cde	3,900±0,229 d	14,460±0,841 c	0,353±0,045 fg	1,096±0,110 c	4,020±0,453 b	1,610±0,079 bcd
WS	8,333±0,666 f	2,683±0,480 e	24,847±1,264 a	1,024±0,132 bc	0,520±0,076 d	2,820±0,072 c	1,320±0,092 d
25% LVC	16,700±1,410 b	4,767±0,737 abc	14,933±0,306 c	0,747±0,095 cde	1,550±0,132 b	4,203±0,300 ab	1,870±0,066 ab
25% LVC+ WS	12,517±0,797 de	4,203±0,211 cd	22,277±0,751 b	0,653±0,115 de	1,253±0,105 c	2,808±0,357 c	1,338±0,078 d
50% LVC	18,933±1,504 a	5,227±0,261 a	21,350±1,103 b	0,910±0,168 bcd	2,033±0,260 a	4,230±0,305 ab	2,080±0,203 a
50% LVC+ WS	15,333±0,950 bc	4,457±0,172 bcd	20,550±0,853 b	0,790±0,236 b-e	1,543±0,081 b	2,967±0,153 c	1,787±0,220 ab
75% LVC	15,200±0,900 bc	5,060±0,333 ab	14,767±0,751 c	0,597±0,015 ef	1,990±0,105 a	4,660±0,295 a	1,867±0,090 ab
75% LVC+ WS	11,333±1,258 e	4,120±0,209 cd	22,083±1,551 b	1,034±0,070 b	1,597±0,257 b	2,877±0,125 c	1,679±0,427 bc
100% LVC	14,200±2,138 cd	3,867±0,252 d	15,703±0,754 c	0,260±0,036 g	1,093±0,110 c	3,947±0,311 b	1,940±0,052 ab
100% LVC+ WS	13,450±0,606 cde	2,573±0,459 e	26,363±1,061 a	1,343±0,316 a	0,557±0,067 d	2,633±0,153 c	1,383±0,104 cd
	VC:0,000	VC: 0,000	VC:0,000	VC: 0,000	VC:0,000	VC:0,070	VC:0,003
<i>p</i> -değeri	WS:0,000	WS: 0,000	WS:0,000	WS:0,000	WS:0,000	WS:0,000	WS:0,000
	VCxWS:0,054	VCxWS:0,433	VCxWS:0,000	VCxWS:0,000	VCxWS:0,485	VCxWS:0,411	VCxWS:0,321

* $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$; çizelgedeki her bir veri üç tekrerrün ortalaması olarak verilmiştir. Her sütunda farklı harflerle gösterilen değerlerin uygulamalara bağlı olarak istatistiksel olarak farklılık gösterdiğini ifade etmektedir.

Bitki yaş ağırlığına ilişkin yapılan değerlendirmelere göre; kuraklık stresinin bitki yaş ağırlığına olumsuz etkisi ve vermikompost uygulamalarının olumlu etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,000$). Ancak, iki ana uygulamanın interaksiyonunun etkisi anlamlı bulunmamıştır ($p=0,433$). Bu bulgular, sıvı vermikompost ön uygulamalarının, kısa süreli kuraklık stresine maruz bırakılan fesleğen bitkisinin toprak üstü aksamalarının yaş ağırlığına önemli bir etki yapmadığını göstermektedir. Ayrıca, bitki boyunda elde edilen bulgulara benzer olarak; en yüksek verim, %50'lik sıvı vermikompost ön koşullandırılmasında elde edilmiştir ancak istatistiksel olarak %50'lik ve %75'lik uygulamalar arasında önemli farklılıklar gözlemlenmemiştir.

Bitki kök uzunluğuna ilişkin elde edilen bulgulara göre; kuraklık stresinin kök uzunluğunu önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir ($p=0,000$). Kontrol grubu bitkileri ile karşılaştırdığımızda; vermikompost uygulamalarının %50'lik konsantrasyonu dışındaki uygulamalarının etkisinin önemli olmadığı gözlemlenmiştir. Ancak, tüm gruplar arasında yapılan karşılaştırmaya göre; vermikompost uygulamalarının etkisi çok önemli bulunmuştur ($p=0,000$). İlgili ana uygulamaların interaksiyonunun etkisi de çok önemli bulunmuştur ($p=0,000$).

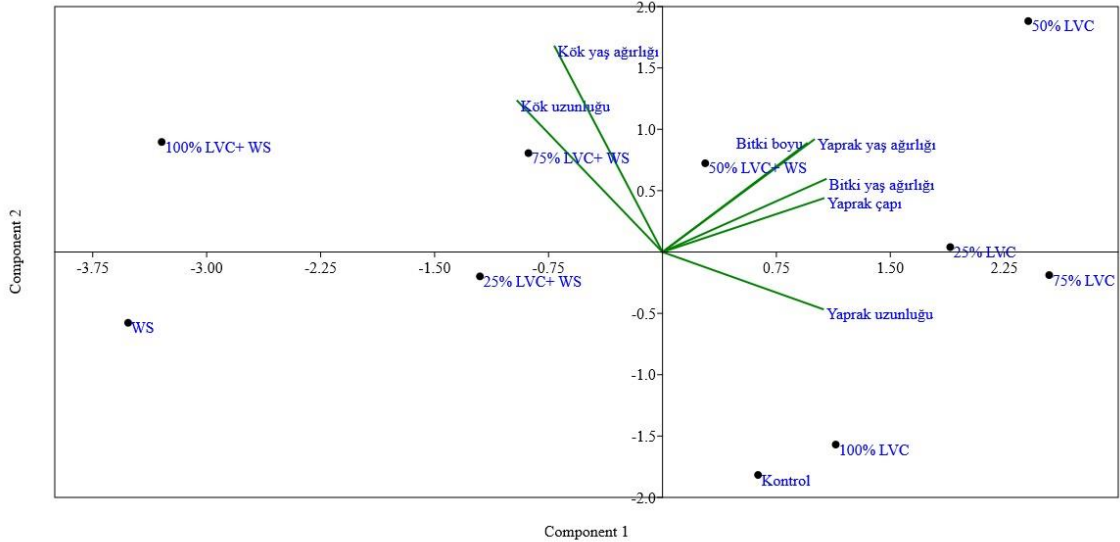
Bitki kök yaş ağırlığına ilişkin elde edilen bulgulara göre; hem kuraklık stresi hem de vermikompost ön koşullandırmaların bitki kök yaş ağırlığına etkisi anlamlı bulunmuştur ($p=0,000$). Kontrol grubu bitkileri ile yapılan karşılaştırma göre; %100'lük vermikompost uygulamaları haricindeki diğer tüm uygulamaların kök yaş ağırlığını artırdığı gözlemlenmiştir.

Yaprak yaş ağırlığı kuraklık stresinden olumsuz etkilenirken ($p=0,000$) vermikompost uygulamalarından ise olumlu yönde etkilenmiştir ($p=0,000$). Ancak her iki uygulamanın interaksiyonunun etkisi ise anlamsız bulunmuştur ($p=0,485$). Ayrıca, kuraklık stresinin yaprak uzunluğunu önemli düzeyde azalttığı belirlenirken ($p=0,000$) vermikompost uygulamaları ($p=0,070$) ile ilgili interaksiyonların etkisi ($p=0,411$) ise anlamlı bulunmamıştır. Yaprak genişliğinde meydana gelen değişimlere ilişkin elde edilen bulgulara göre, diğer birçok parametre görüldüğü üzere, kuraklık stresinin yaprak çapını azalttığı belirlenmiştir ($p=0,000$). Vermikompost uygulamaların ise yaprak çapını

önemli düzeyde artırdığı gözlemlenmiştir ($p=0,000$). Ancak, uygulamaların interaksiyonun önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($p=0,321$).

4.2. Uygulamalarının fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisine ilişkin temel bileşen analizi (principal component analysis, PCA)

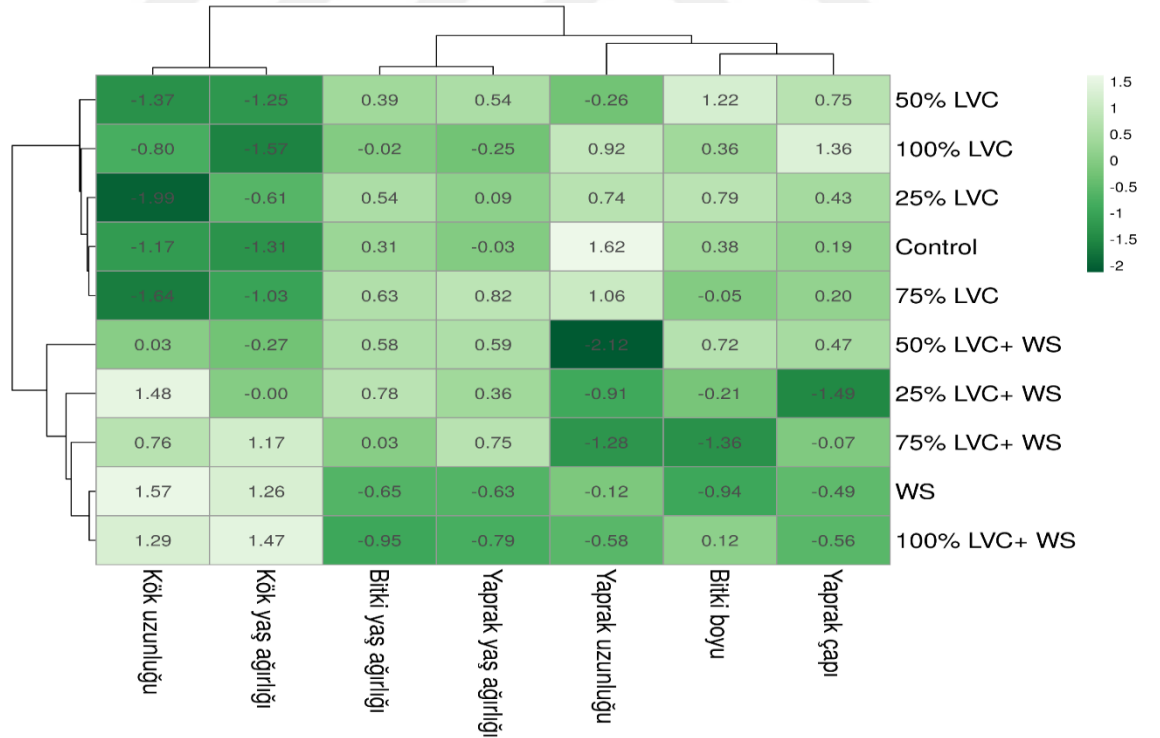
Temel bileşen analizi (PCA) bağımlı ve bağımsız değişken sayılarının yüksek olması durumunda; ilgili deneysel grup ve incelenen parametrelerin görselleştirilmesi ve en önemlisi boyutlarının azalmasında sıklıkla kullanılan çok yönlü istatistiksel araçlardır. PCA sonuçlarına göre, analize alınan 7 değişkenin öz değeri 1'den yüksek olan iki faktör (PC_1 (Eigen value): 4,788; PC_2 (Eigen value):1,298) altında toplandığı belirlenmiştir. Önemli olarak belirlenen faktörlerden birincisi (PC_1) fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisine ilişkin değişimin %68,40'ını, ikinci faktör (PC_2) ise %18,56'sını açıklamaktadır. Bu iki faktör, toplam değişimin %86,96'sını açıklamaktadır. Faktör yükleri incelendiğinde ise; ilk faktörün, bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, yaprak yaş ağırlığı, yaprak uzunluğu ve yaprak çapından oluştuğu belirlenirken ikinci faktörün ise kök uzunluğu ve kök yaş ağırlığından oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Fesleğen bitkisine ait agronomik özellikler ve uygulamaların kümelenmesi (PCA)

4.3. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisinin ısı haritası yardımı ile kümelenmesi

Çalışma kapsamında incelenen parametrelerin hem kendi içinde hem de yapılan uygulamalara verdiği yanıtlara bağlı olarak nasıl bir kümelenme davranışı göstereceğini belirlemek amacıyla ısı haritası (*heat-map clustering*) yapılmıştır. Kuraklık stresi, vermikompost uygulamaları ve bunların interaksiyonuna verilen tepkilere göre; incelenen agronomik özelliklerin iki ana kümeye ayrıldığı görülmektedir. Buna göre; bitki kök uzunluğu ve kök yaş ağırlığı bir kümede toplanırken diğer agronomik özelliklerin ise ikinci ana kümede toplandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, yapılan uygulamaların da iki ana küme altında toplandığı görülmüştür (Şekil 4.1). Buna göre; %50 LCV, %100 LVC, %25 LVC, Control ve %75 LVC uygulamaları birinci ana kümede toplanmıştır. Öte yandan, kuraklık stresi ve ilgili uygulamaların interaksiyonun olduğu uygulamalar ise ikinci ana kümede toplanmıştır (Şekil 4.1).



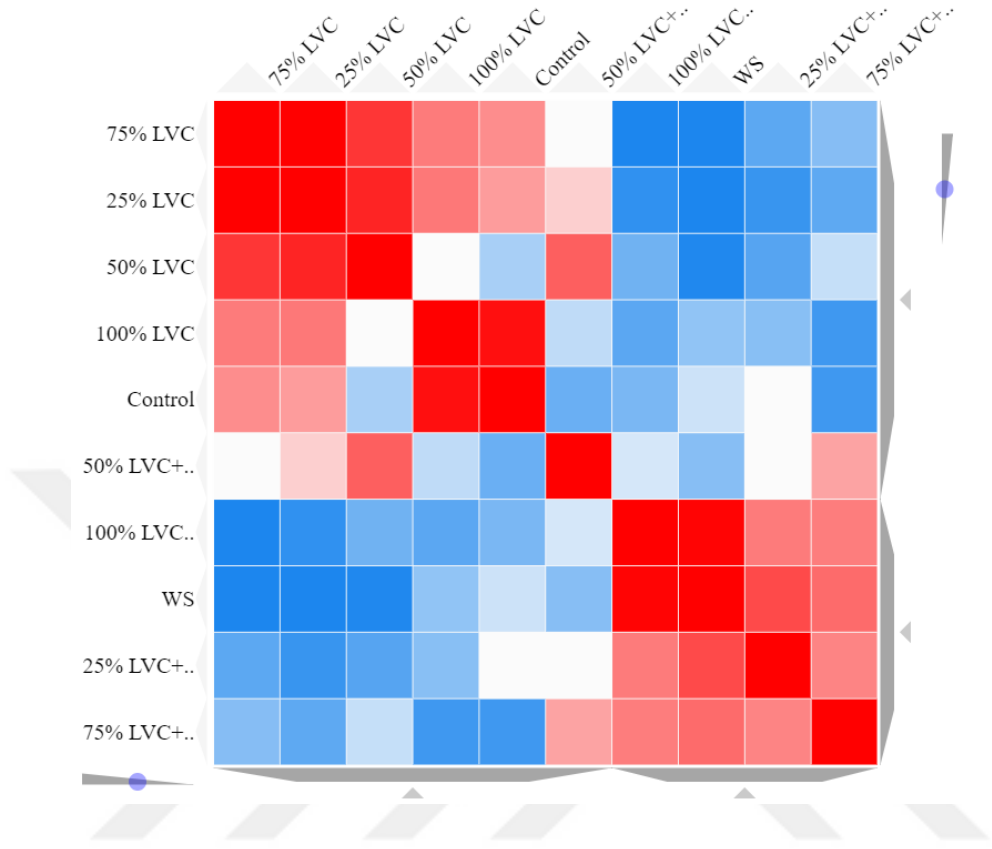
Şekil 4.2. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine etkisinin ısı haritası yardımı ile kümelenmesi; Control: Kontrol grubu; WS: Kuraklık stresi; LVC: Sıvı vermikompost

4.4. Deney grupları ve agronomik özelliklere ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

Temel bileşen analizinin ve ısı haritalarına ek olarak; çalışma kapsamında uygulamalar ve ölçülen parametreler arasındaki benzerlik indeksleri de belirlenmiştir (**Şekil 4.3**). Şekilde de görüleceği üzere; giriş matrisinde sütunların bir benzerlik matrisi bulunmaktadır. Matristeki hücreler (Tablo 3.3-3.4), sütunlar arasındaki benzerliği temsil etmektedir. İlgili şekilde, kırmızı pozitif ve mavi ise negatif benzerliği temsil etmektedir (1 - kosinüs mesafesi olarak ölçülür). Benzerlik matrisleri, satırlar/sütunlar arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların daha ayrıntılı bir görünümünü sunar; örneğin; mavi hücreler, 'zıt' davranan veri noktalarını gösterir ve bu, bir küme grafiği/ısı haritası görünümünde kolayca görülemez. Daha net bulguların rapor edilmesi amacıyla birçok istatistik yönteme başvurulmuştur.

Tablo 4.2. Uygulamaların fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

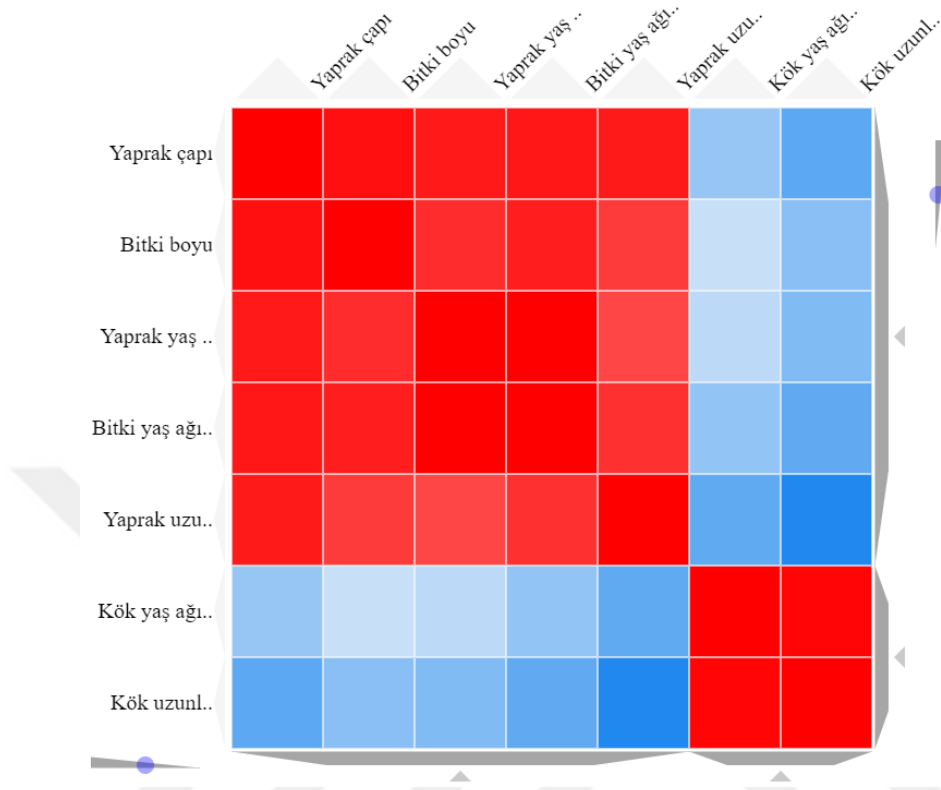
Matrix Values	75% LVC	25% LVC	50% LVC	100% LVC	Control	50% LVC	100% LVC	WS	25% LVC	75% LVC
-1										
1										
75% LVC	1	0,89	0,67	0,43	0,37	0	-0,92	-0,87	-0,61	-0,45
25% LVC		1	0,73	0,44	0,32	0,15	-0,77	-0,92	-0,74	-0,6
50% LVC			1	0	-0,31	0,53	-0,53	-0,84	-0,63	-0,21
100% LVC				1	0,8	-0,23	-0,61	-0,4	-0,44	-0,71
Control					1	-0,55	-0,49	-0,18	0	-0,71
50% LVC+ WS						1	-0,15	-0,44	0	0,3
100% LVC+ WS							1	0,84	0,43	0,43
WS								1	0,6	0,49
25% LVC+ WS									1	0,4
75% LVC+ WS										1



Şekil 4.3. Uygulamaların fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerine ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

Tablo 4.3. Fesleğenin agronomik özelliklerinin uygulamalara verdiği yanıtların benzerlik indeksi (column similarity matrix)

Matrix Values -1 1	Yaprak çapı	Bitki boyu	Yaprak yaş ağırlığı	Bitki yaş ağırlığı	Yaprak uzunluğu	Kök yaş ağırlığı	Kök uzunluğu
Yaprak çapı	1,00	0,80	0,77	0,78	0,76	-0,38	-0,60
Bitki boyu		1,00	0,70	0,75	0,65	-0,20	-0,43
Yaprak yaş ağırlığı			1,00	0,97	0,61	-0,24	-0,46
Bitki yaş ağırlığı				1,00	0,69	-0,40	-0,59
Yaprak uzunluğu					1,00	-0,59	-0,84
Kök yaş ağırlığı						1,00	0,83
Kök uzunluğu							1,00



Şekil 4.4. Fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerinin uygulamalara karşı sergilediği davranışlara ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

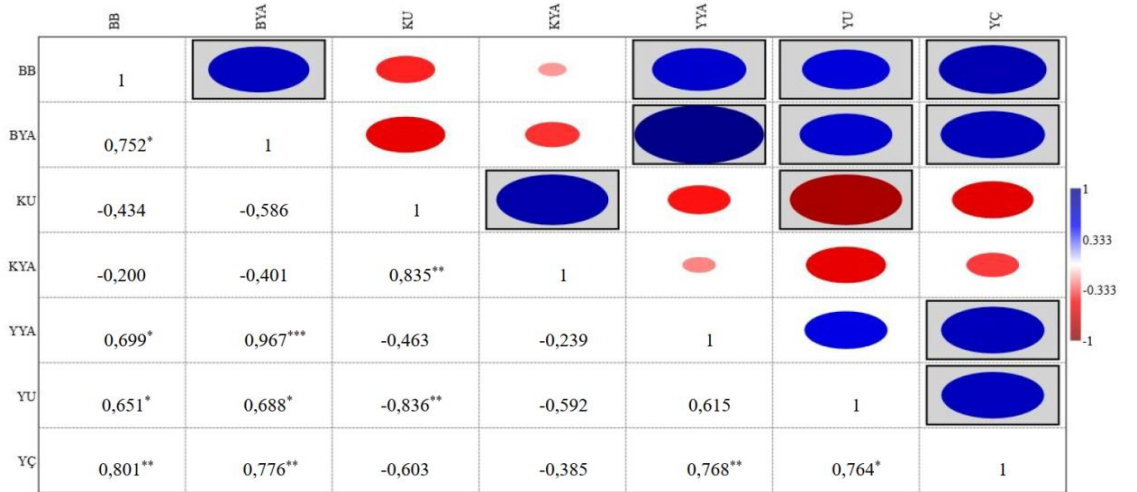
4.5. Agronomik parametreler arasındaki korelasyon

İlgili büyüme ve agronomik parametreleri arasındaki ilişki için Pearson korelasyonu (r) kullanılmıştır. Parametrelerden, BB ile BYA ($r=0,752$; $p=0,012$) arasında güçlü olumlu bir ilişki belirlenirken, BB ile YYA ($r=0,699$; $p=0,024$) BB ile YU ($r=0,651$; $p=0,041$) ve BB ile YÇ ($r=0,801$; $p=0,005$) arasında da benzer bir ilişkiler belirlenmiştir, BYA ile YYA ($r=0,967$; $p<,001$), BYA ile YU ($r=0,688$; $p=0,028$) ve BYA ile YÇ ($r=0,776$; $p=0,008$) arasında güçlü olumlu ilişki belirlenirken, BYA ile KU ($r=-0,586$; $p=0,075$) ve BYA ile KYA ($r=-0,401$; $p=0,250$) arasında olumsuz ilişki belirlenmiştir. Bir diğer parametre olan KU ile KYA ($r=0,835$; $p=0,003$) arasında güçlü anlamlı bir ilişki gözlemlenirken diğer parametrelerle olumsuz ilişki gözlemlenmiştir. KYA parametresinin diğer parametrelerle ilişkisi olumsuz olup, YYA ile YU ($r=0,615$; $p=0,059$) ve YÇ ($r=0,768$; $p=0,009$) ile güçlü olumlu ilişki görülmüştür. Son olarak YU ile YÇ ($r=0,764$; $p=0,010$), ile orta derece olumlu bir ilişki gözlemlenmiştir.

Tablo 4.4. Agronomik parametreler arasındaki korelasyon katsayıları (r)

Pearson Correlations		Pearson's r	p	Lower 95% CI	Upper 95% CI
BB	- BYA	0,752 *	0,012	0,233	0,938
BB	- KU	-0,434	0,211	-0,835	0,270
BB	- KYA	-0,200	0,579	-0,737	0,491
BB	- YYA	0,699 *	0,024	0,125	0,923
BB	- YU	0,651 *	0,041	0,037	0,908
BB	- YÇ	0,801 **	0,005	0,346	0,951
BYA	- KU	-0,586	0,075	-0,888	0,070
BYA	- KYA	-0,401	0,250	-0,823	0,306
BYA	- YYA	0,967 ***	<,001	0,862	0,992
BYA	- YU	0,688 *	0,028	0,103	0,919
BYA	- YÇ	0,776 **	0,008	0,286	0,944
KU	- KYA	0,835 **	0,003	0,432	0,960
KU	- YYA	-0,463	0,178	-0,846	0,235
KU	- YU	-0,836 **	0,003	-0,960	-0,436
KU	- YÇ	-0,603	0,065	-0,893	0,043
KYA	- YYA	-0,239	0,507	-0,755	0,460
KYA	- YU	-0,592	0,072	-0,890	0,060
KYA	- YÇ	-0,385	0,272	-0,817	0,323
YYA	- YU	0,615	0,059	-0,025	0,897
YYA	- YÇ	0,768 **	0,009	0,268	0,942
YU	- YÇ	0,764 *	0,010	0,258	0,941

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



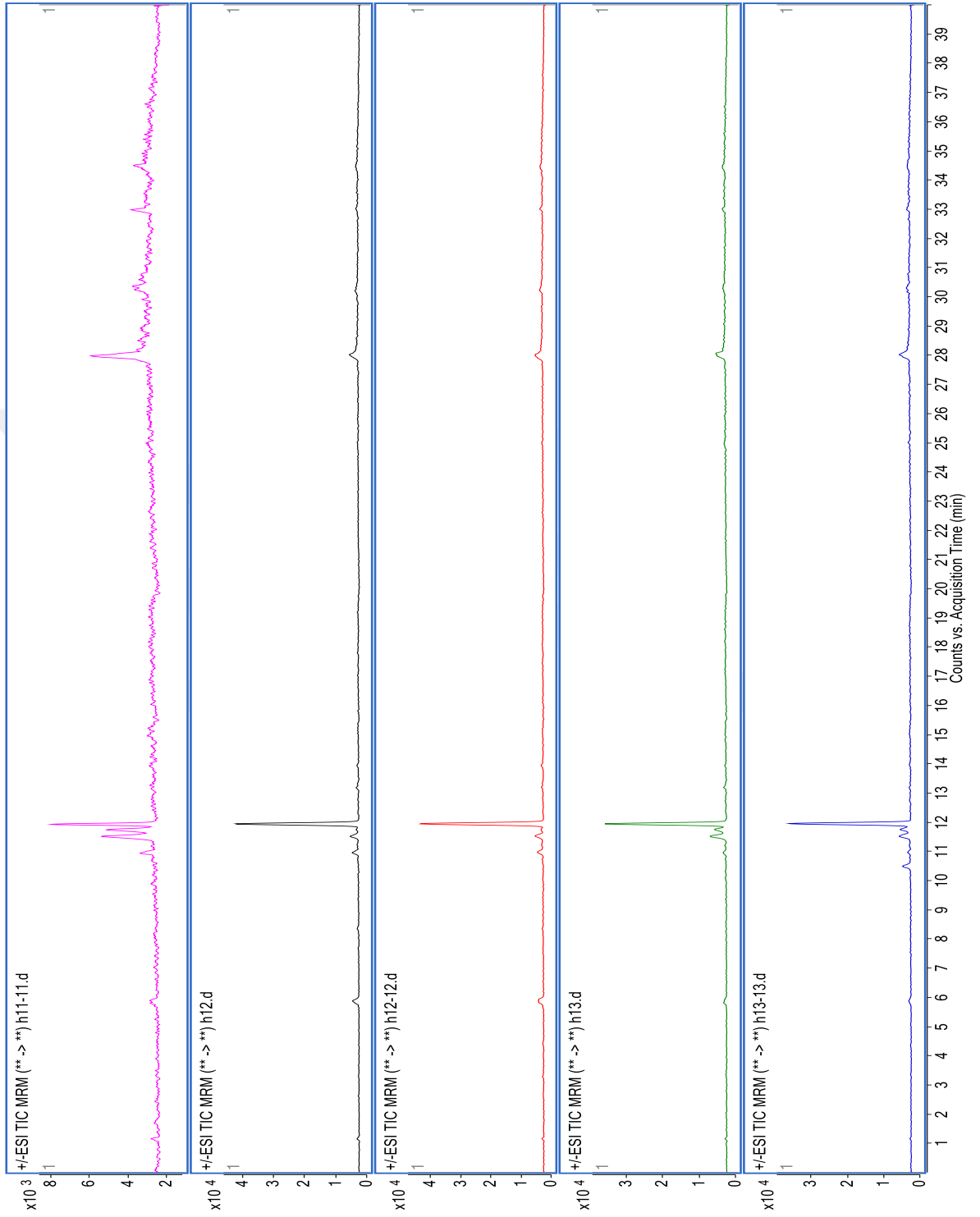
Şekil 4.5. Agronomik parametreler arasındaki korelasyon; BB: Bitki Boyu; BYA: Bitki Yaş Ağırlığı; KU: Kök Uzunluğu; KYA: Kök Yaş Ağırlığı; YYA: Yaprak Yaş Ağırlığı; YU: Yaprak Uzunluğu; YÇ: Yaprak Çapı

4.6. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğenin fenolik bileşiklerine etkisi

Fesleğen bitkisinin yapraklarındaki fenolik bileşikler LC-MS/MS yardımı ile tayin edilmiştir. Bu amaçla ilgili bitkinin dokularında 49 adet fenolik bileşik taranmıştır ancak bitkinin dokularında 26 adet bileşiğin miktar tayini yapılabilmektedir (Şekil 9). Tanımlanan bileşiklerden ascorbic acid içeriğinin kuraklık stresi ($p=0,654$), vermikompost ön koşullandırılması ($p=0,373$) ya da bu uygulamaların interaksyonundan ($p=0,071$) anlamlı bir şekilde etkilenmediği belirlenmiştir. Shikimic acid içeriğinin hem kuraklık stresi ($p=0,005$) hem de vermikompost ön koşullandırılmalarından ($p=0,007$) anlamlı düzeyde etkilendiği belirlenmiştir ancak bu uygulamaların interaksyonunun shikimic acid içeriğine etkisi anlamlı bulunmamıştır ($p=0,105$). Uygulamalar değerlendirildiğinde kuraklık stresi ile birlikte shikimic acid içeriğinin yaklaşık iki kat arttığı gözlenmiştir. Her ne kadar kuraklık stresi ve vermikompost interaksyonunun etkisi anlamlı olmasa da; vermikompost ön uygulaması yapılan ve kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerin shikimic acid içeriklerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu azalmalar vermikompost konsantrasyonu ile ters orantı göstermiştir. Kuraklık stresinin uygulanmadığı ve tam tarla kapasitesi ile sulanan bitki gruplarında; sıvı vermikompost ile koşullandırma ile birlikte %25 ve %50 konsantrasyonlarında artış belirlenirken daha yüksek konsantrasyonlarda bileşiğin içeriğinde anlamlı azalmalar kaydedilmiştir.

Fesleğen bitkisinin majör bileşiklerinden olan; caffeic acid miktarlarının alan yazımda rapor edilen miktarlara göre çok düşük olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre; kuraklık stresi ($p=0,037$), sıvı vermikompost ile ön koşullandırma ($p=0,000$) ve ilgili uygulamaların interaksyonunun ($p=0,005$) caffeic acid miktarına etkisi anlamlı bulunmuştur (Tablo 4.5). Su stresi ile birlikte caffeic acid içeriğinde önemli düzeyde azalmalar belirlenmiştir. Sıvı vermikompost uygulamalarının %25 ile %50'lik konsantrasyon düzeylerinin caffeic acid içeriğini önemli düzeyde artırdığı gözlemlenirken artan konsantrasyonla birlikte kritik düşüşler not edilmiştir. Stres ve vermikompost interaksyonu bağlamında elde edilen bulgulara göre; 25, 50 ve 75% vermikompost konsantrasyonu ve stres interaksyonunun ise ilgili bileşiğin miktarını artırdığı belirlenmiştir. İlginçtir ki, %100'lik vermikompost konsantrasyonlarının tek başına kullanılması ya da stres ile interaksyonundan bağımsız olarak caffeic acid biyosentezini önemli düzeyde inhibe ettiği not edilmiştir (Tablo 4.6 ve Tablo 4.7).

Lamiaceae familyasının, özede ise, fesleğen bitkisinin majör bileşenlerinden olan rosmarinic acid ise yapılan uygulamalardan önemli düzeyde etkilenmiştir (Kuraklık, $p<,000$; vermikompost, $p<,000$; kuraklık x vermikompost, $p<,000$). Rozmarinik asit ise kuraklık stresinde arttığı görülmüştür. En yüksek değere %25 vermikompost ve kuraklık stresinde ulaşmıştır. Ancak %25 ve %50'lik vermikompost uygulamaları stres olsun ya da olmasın bileşenlerin miktarını artırmıştır. Tezin ilerleyen bölümlerinde yapılan temel bileşen analizi (PCA) sonuçlarına göre; naringin ve shikimic acid'in rosmarinic acid ile benzer kümelendiği bildirilmiştir. İlgili bileşiklerin kuraklık stresine bağılı olarak önemli düzeyde artış sağladığı gözlemlenmiştir. Diğer fenolik grubu bileşiklerinden, rutin içeriğinin stres ($p<,021$) ve stres x vermikompost ($p<,016$) uygulamalarında önemli düzeyde farklı gösterdiği belirlenirken vermikompost ($p<,071$) uygulamalarından etkilenmediği not edilmiştir.



Şekil 4.6. Fenolik bileşiklere ait LC-MS kromatogramları

Tablo 4.5. Fenolik bileşiklere ait iki yönlü anova sonuçları

Bileşikler	Kuraklık stresi	Vermikompost	Kuraklık stresi * Vermikompost
Ascorbic acid	,654 ^{ns}	,373 ^{ns}	,071 ^{ns}
Shikimic acid	,005	,007	,105 ^{ns}
Gallic acid	,000	,000	,000
Protocatechuic acid	,000	,000	,000
Chlorogenic acid	,063 ^{ns}	,006	,000
4-Hydroxybenzaldehyde	,326 ^{ns}	,226 ^{ns}	,012
Caffeic acid	,037	,000	,005
Syringic acid	,000	,000	,000
P-coumaric acid	,946 ^{ns}	,001	1,000 ^{ns}
Polydatine	,645 ^{ns}	,383 ^{ns}	,199 ^{ns}
Trans-ferulic acid	,454 ^{ns}	,000	,000
Quercimeritrin	,000	,000	,000
Cynarin	,906 ^{ns}	,844 ^{ns}	,126 ^{ns}
Hyperocidin	,000	,000	,000
Quercetin-3-glucoside	,000	,000	,000
Rutin	,021	,071 ^{ns}	,016
Isoquercitrin	,000	,000	,000
Resveratrol	,021	,001	,095 ^{ns}
Naringin	,335 ^{ns}	,061 ^{ns}	,020
Rosmarinic acid	,000	,000	,000
Neohesperidin	,000	,000	,000
Ellagic acid	,065 ^{ns}	,000	,000
Naringenin	,000	,000	,000
Silibinin	,820 ^{ns}	,872 ^{ns}	,918 ^{ns}
3-Hydroxyflavone	,558 ^{ns}	,404 ^{ns}	,599 ^{ns}
Diosgenin	,229 ^{ns}	,001	,028

Tablo 4.6. Uygulamalara göre fenolik bileşiklerin miktarlarındaki değişimler

Bileşikler	Control	%25 LVC	%50 LVC	%75 LVC	%100 LVC	WS	%25 LVC +WS	%50 LVC +WS	%75 LVC +WS	%100 LVC +WS
Ascorbic acid	105,61±4,26	104,58±5,38	107,06±3,06	104,79±5,13	114,23±9,18	115,05±10,61	107,03±2,68	112,13±7,60	103,86±0,98	103,13±2,77
Shikimic acid	451,56±76,13	461,57±76,95	565,73±103,00	353,15±47,74	356,80±40,00	816,95±333,28	756,45±150,81	561,68±83,68	442,51±97,31	391,64±77,30
Gallic acid	0,00±0,00	0,00±0,00	60,30±19,71	53,40±11,34	8,62±0,84	12,73±1,42	0,99±0,20	3,74±2,30	7,34±0,32	7,88±2,06
Protocatechuic acid	0,00±0,00	0,34±0,59	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	11,06±0,92	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Chlorogenic acid	1,91±0,53	10,40±5,18	6,62±0,74	1,32±0,14	1,02±0,16	5,00±0,72	1,32±0,25	1,20±0,39	1,13±2,53	5,91±0,18
4Hydroxybenzaldehyde	0,00±0,00	0,00±0,00	0,96±0,85	0,00±0,00	0,00±0,00	0,33±0,30	0,65±0,57	0,06±0,11	0,00±0,00	0,62±0,54
Caffeic acid	29,65±3,47	87,91±6,59	67,15±20,07	14,39±0,00	0,00±0,82	8,12±2,30	62,79±12,62	73,92±7,85	20,53±0,00	0,00±1,56
Syringic acid	125,91±8,97	129,82±9,16	127,10±3,15	143,32±1,21	154,89±7,16	125,34±7,88	117,19±2,03	128,50±1,72	136,23±6,73	127,63±2,70
P-coumaric acid	0,82±0,76	0,00±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,86±0,76	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Polydatine	0,92±0,27	0,07±0,12	0,03±0,06	0,00±0,00	0,00±0,00	0,16±0,27	0,26±0,31	0,00±0,00	0,00±0,00	1,16±2,01
Trans-ferulic acid	103,48±54,08	1722,96±176,75	1614,05±242,85	93,27±8,62	68,85±20,43	716,28±70,83	2447,94±475,02	151,43±8,06	506,89±98,17	34,65±8,59
Quercimeritrin	87,16±39,27	9,90±1,41	48,59±4,05	58,18±7,49	41,38±2,51	238,27±14,54	245,87±69,37	27,00±5,29	497,84±153,88	102,78±8,98
Cynarin	24,54±3,30	23,70±1,49	24,87±1,19	23,38±1,68	22,82±0,80	22,48±1,52	23,20±0,73	23,48±1,88	23,89±1,29	25,89±1,83
Hyperocide	24,17±11,03	5,16±1,52	10,05±7,35	27,74±1,22	28,16±7,99	295,74±15,51	113,92±4,30	32,17±3,01	205,73±5,84	34,52±10,24
Quercetin-3-glucoside	10,73±5,09	5,22±2,88	8,66±2,50	2,89±0,41	9,31±2,73	80,59±12,89	39,86±3,85	10,85±1,26	53,93±18,63	10,55±3,49
Rutin	229,90±12,22	231,50±11,82	258,32±13,01	218,27±7,17	243,24±10,60	354,55±102,51	311,79±70,89	223,30±1,48	240,65±5,30	235,38±4,72
Isoquercitrin	11,01±5,21	6,38±1,69	8,05±2,47	2,65±0,45	10,29±0,68	73,27±17,35	38,05±2,37	10,61±0,71	56,19±19,92	10,25±3,41
Resveratrol	5,32±1,14	7,32±2,36	4,33±2,34	9,15±2,35	8,22±2,14	5,32±1,00	10,94±1,26	7,39±0,99	7,93±0,70	10,42±1,19
Naringin	313,50±18,35	296,67±12,64	283,66±5,77	313,50±5,41	299,47±14,59	294,55±5,98	325,34±9,34	297,84±11,80	304,97±15,94	305,51±11,09
Rosmarinic acid	682,88± 285,372	5950,13± 110,82	11251,46± 1230,71	352,23± 75,79	4690,59± 276,48	13904,23± 2,460,64	29879,68± 600,89	11319,82± 1149,15	1798,03± 446,64	5192,40± 329,97
Neohesperidin	8,68± 1,51	2,98± 0,83	6,20± 0,95	0,00± 0,00	17,39± 4,04	13,34± 1,02	31,12± 1,83	23,06± 2,58	48,92± 10,52	5,36± 0,77
Ellagicacid	34,67± 8,81	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	12,82± 2,33	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	35,63± 8,11
Naringenin	64,78± 6,840484	72,23± 11,57	38,51± 17,38	20,28± 1,71	18,05± 2,98	6,41± 0,93	18,19± 1,21	17,65± 6,71	14,67± 1,27	22,38± 9,79
Silibinin	10,53± 0,60	10,59± 0,58	10,62± 0,55	11,06± 1,06	10,63± 0,32	10,50± 0,66	10,50± 0,62	10,74± 0,46	10,63± 0,37	10,80± 0,38
3-Hydroxyflavone	21,20± 1,83	20,50± 1,72	22,48± 2,15	19,69± 1,29	21,57± 3,00	23,55±2,12	22,31± 3,56	20,79± 1,22	19,73± 3,27	21,63± 2,07
Diosgenin	5,15± 2,91	2,29± 1,05	3,49± 0,39	4,21± 0,86	4,10± 0,62	4,17± 0,31	2,23± 0,72	2,08± 0,27	1,60± 0,72	6,40± 1,80

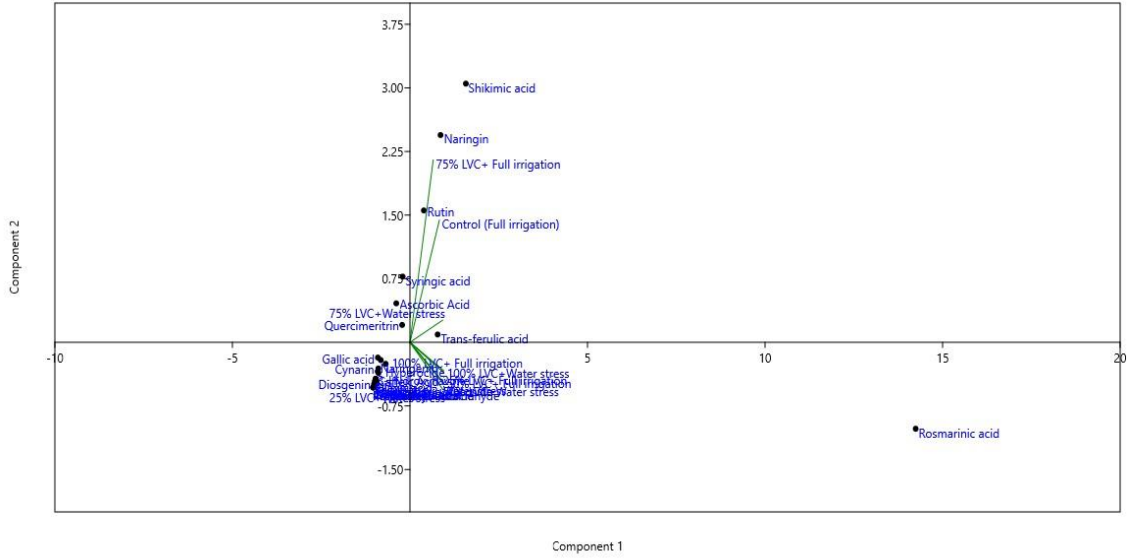
* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$; çizelgedeki her bir veri üç tekrerrün ortalaması olarak verilmiştir. Her sütunda farklı harflerle gösterilen değerlerin uygulamalara bağlı olarak istatistiksel olarak farklılık gösterdiğini ifade etmektedir.

Tablo 4.7. Fenolik bileşiklerin dansitelerinin gösterimi

Phenolic compounds	Control	25% LVC	50% LVC	75% LVC	100% LVC	WS	25% LVC+WS	50% LVC+WS	75% LVC+WS	100% LVC+WS
Ascorbic Acid	105,61	104,58	107,06	104,79	114,23	115,05	107,03	112,13	103,86	103,13
Shikimic acid	451,56	461,57	565,73	353,15	356,80	816,95	756,45	561,68	442,51	391,64
Galic acid	0,00	0,00	60,30	53,40	8,62	12,73	0,99	3,74	7,34	7,88
Protocatechuic acid	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	11,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Chlorogenic acid	1,91	10,40	6,62	1,32	1,02	5,00	1,32	1,20	1,13	5,91
4-Hydroxybenzaldehyde	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00	0,33	0,65	0,06	0,00	0,62
Caffeic Acid	29,65	87,91	67,15	14,39	0,00	8,12	62,79	73,92	20,53	0,00
Syringic acid	125,91	129,82	127,10	143,32	154,89	125,34	117,19	128,50	136,23	127,63
P-coumaric acid	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00
Polydatine	0,92	0,07	0,03	0,00	0,00	0,16	0,26	0,00	0,00	1,16
Trans-ferulic acid	103,48	1722,96	1614,05	93,27	68,85	716,28	2447,94	151,43	506,89	34,65
Quercimeritrin	87,16	9,90	48,59	58,18	41,38	238,27	245,87	27,00	497,84	102,78
Cynarin	24,54	23,70	24,87	23,38	22,82	22,48	23,20	23,48	23,89	25,89
Hyperocide	24,17	5,16	10,05	27,74	28,16	295,74	113,92	32,17	205,73	34,52
Quercetin-3-glucoside	10,73	5,22	8,66	2,89	9,31	80,59	39,86	10,85	53,93	10,55
Rutin	229,90	231,50	258,32	218,27	243,24	354,55	311,79	223,30	240,65	235,38
Isoquercitrin	11,01	6,38	8,05	2,65	10,29	73,27	38,05	10,61	56,19	10,25
Resveratrol	5,32	7,32	4,33	9,15	8,22	5,32	10,94	7,39	7,93	10,42
Naringin	313,50	296,67	283,66	313,50	299,47	294,55	325,34	297,84	304,97	305,51
Rosmarinic acid	682,88	5950,13	11251,46	352,23	4690,59	13904,23	29879,68	11319,82	1798,03	5192,40
Neohesperidin	8,68	2,98	6,20	0,00	17,39	13,34	31,12	23,06	48,92	5,36
Ellagic acid	34,67	0,00	0,00	0,00	0,00	12,82	0,00	0,00	0,00	35,63
Naringenin	64,78	72,23	38,51	20,28	18,05	6,41	18,19	17,65	14,67	22,38
Silibinin	10,53	10,59	10,62	11,06	10,63	10,50	10,50	10,74	10,63	10,80
3-Hydroxyflavone	21,20	20,50	22,48	19,69	21,57	23,55	22,31	20,79	19,73	21,63
Diosgenin	5,15	2,29	3,49	4,21	4,10	4,17	2,23	2,08	1,60	6,40

4.7. Uygulamalarının fesleğen bitkisinin fenolik bileşiklere etkisine ilişkin temel bileşen analizi (principal component analysis, PCA)

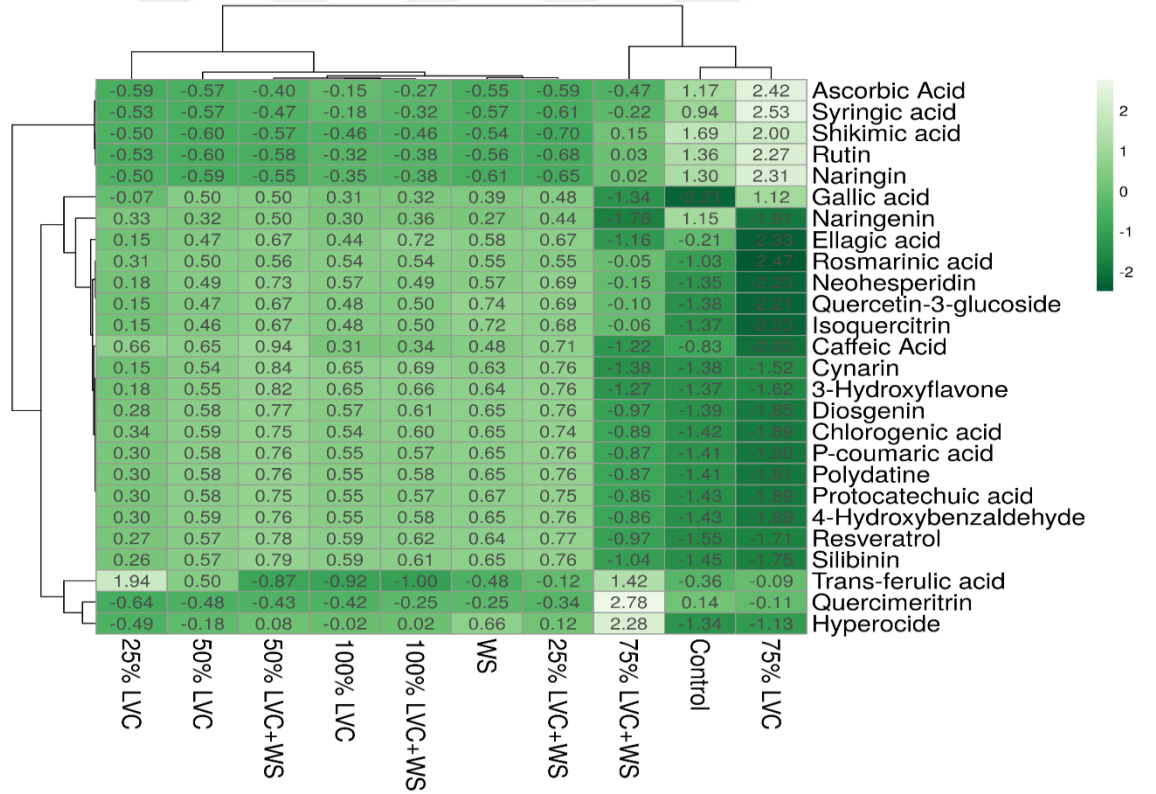
Fenolik bileşiklerin uygulamalara göre dağılımına yönelik verdiği tepkilerin kümelenmesi ele alındığında; PCA sonuçlarına göre, analize alınan değişkenlerin öz değeri (Eigen value) 1'e yakın ve 1'den yüksek olan iki faktör (PC_1 (Eigen value): 8,93; PC_2 (Eigen value): 0,92) altında toplandığı belirlenmiştir. Öz değer, ilgili değişimin açıklanması ve önemli faktör sayısına karar vermede dikkate alınan bir katsayıdır. Faktör analizinde, her ne kadar, öz değeri 1 ya da 1'den büyük olan faktörler önemli olarak ele alınsa da, bu eşik değerleri analiz sonuçlarına göre artırılabilir. Çalışmamızda, önemli olarak belirlenen faktörlerden birincisi (PC_1) fesleğen bitkisinin fenolik bileşiklerine ilişkin değişimin %89,31'ini, ikinci faktör (PC_2) ise %9,20'sini açıklamaktadır. Bu iki faktör, toplam değişimin %98,51'ini açıklamaktadır. Faktör yüklerine göre incelendiğinde ise; *shikimic acid*, *naringin* ve *rosmarinic acid* birinci faktörde toplanırken, diğer bileşenler ise bir kümede yoğunlaşmışlardır (Şekil 10).



Şekil 4.7. Fesleğen bitkisine ait fenolik bileşiklerin ve uygulamaların kümelenmesi

4.8. Stres ve vermicompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin fenolik bileşiklerine etkisinin ısı haritası yardımı ile kümeleneşmesi

Isı haritası yardımı ile kümeleme sonuçlarına göre; uygulamalar iki ana kümeye ayrılmış olup birinci ana küme %75 LVC, Control ve %75 LVC+WS uygulamalardan meydana gelmiştir. Diğer uygulamalar ise ikinci ana kümede toplanmıştır. Fenolik bileşenlere ilişkin meydana gelen kümeleme göre de iki ana küme ortaya çıkmıştır. Birinci ana küme, *ascorbic acid*, *syringic acid*, *shikimic acid*, *rutin* ve *naringin*'den meydana gelmiştir. Bu kümede yer alan bileşiklerin en yüksek değerlerine %75 LVC uygulamasında ulaşmıştır. Fesleğen bitkisinin majör bileşenlerinden olan *rosmarinic acid* ve diğer bileşenler ise ikinci ana kümede toplanmıştır. Birinci kümede yer alan bileşenlerin aksine, en düşük rosmarinic acid içeriği %75 LVC uygulamasında gözlemlenmiştir.



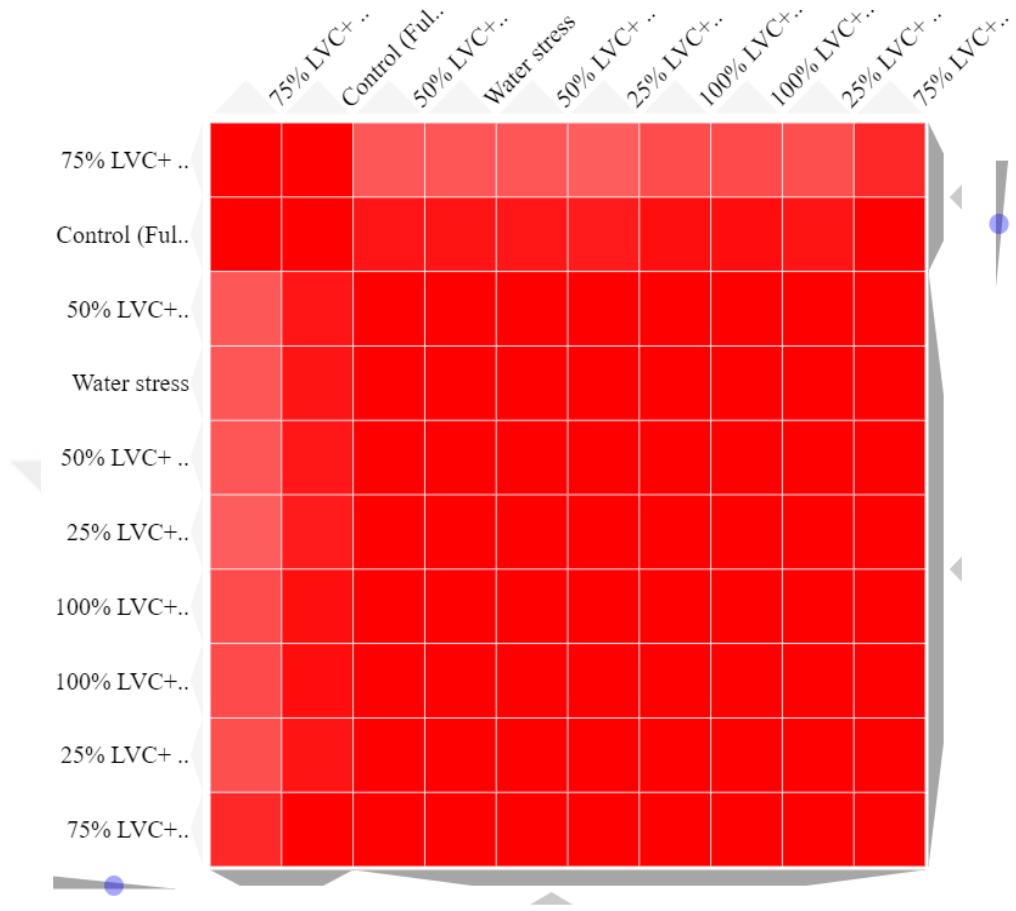
Şekil 4.8. Stres ve vermicompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin fenolik bileşiklerine etkisinin ısı haritası yardımı ile kümeleneşmesi

4.9. Deneysel grupları ve fenolik bileşiklere ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

Isı haritasında net olarak ayrılamayan gruplar (Şekil 3.11), benzerlik indeksi ayrımlanmıştır. Buna göre; deneysel gruplardan 75% LVC + Full irrigation, Control (Full irrigation) ve 75% LVC+Water stress birbirine daha fazla benzerlik göstermektedir. Ancak, diğer deneysel grupların fenolik bileşiklere olan etkisi bakımından oldukça benzer olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.9, Şekil 3.12). Fesleğin bitkisinin majör bileşiklerinden olan *rosmarinic acid*, *trans-ferulic acid*, *naringin*, *rutin* ve *shikimic acid* ile benzerlik oranı yüksek iken diğer bileşenlerle benzerlik düzeyi oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Diğer majör bileşiklerden olan *caffeic acid* ise *syringic acid*, *rosmarinic acid*, *trans-ferulic acid*, *naringin*, *rutin* ve *shikimic acid* ile düşük düzeyde benzerlik gösterirken, geriye kalan bileşenler ile oldukça benzerlik göstermektedir (Tablo 3.10, Şekil 3.13).

Tablo 4.8. Uygulamaların fenolik bileşikler üzerindeki etkisine ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

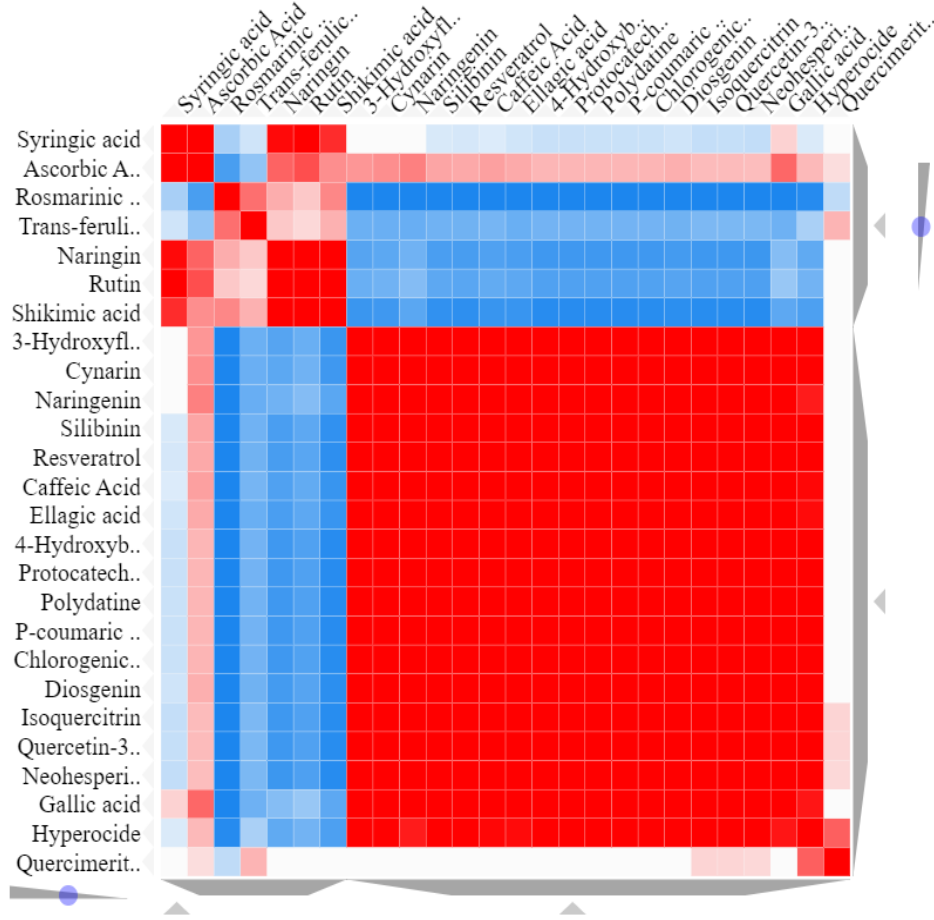
Matrix Values -1 1	75% LVC	Control	50% LVC	WS	50% LVC	25% LVC	100% LVC	100% LVC	25% LVC	75% LVC
75% LVC	1,000	0,942	0,558	0,561	0,561	0,537	0,593	0,600	0,584	0,712
Control		1,000	0,778	0,782	0,778	0,761	0,804	0,808	0,784	0,871
50% LVC			1,000	0,999	0,992	0,997	0,999	0,998	0,963	0,916
WS				1,000	0,995	0,999	0,998	0,997	0,972	0,928
50% LVC					1,000	0,998	0,989	0,989	0,990	0,936
25% LVC						1,000	0,994	0,994	0,978	0,924
100% LVC							1,000	1,000	0,960	0,925
100% LVC								1,000	0,962	0,925
25% LVC									1,000	0,946
75% LVC										1,000



Şekil 4.9. Uygulamaların fenolik bileşiklere etkisi benzerlik indeksi (column similarity matrix)

Tablo 4.9. Fenolik asitlerin uygulamalara verdiği yanıt benzerlik indeksi (column similarity matrix)

Matrix Values																													
	SA	AA	RA	FA	NA	RU	SHA	HF	CY	NR	Sİ	RE	CA	EA	HB	PA	PO	COA	CHA	Dİ	IS	QD	NE	GA	HY	QU			
Syringic acid (SA)	1	0,9	-0,3	-0,2	0,8	0,9	0,7	0	0	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,1	-0,1	0			
Ascorbic Acid (AA)		1	-0,7	-0,4	0,5	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,1		
Rosmarinic acid (RA)			1	0,5	0,3	0,2	0,4	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,2			
Trans-ferulic acid (FA)				1	0,2	0,1	0,3	-0,5	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,3	0,2			
Naringin (NA)					1	1	1	-0,6	-0,6	-0,5	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,4	-0,6	0			
Rutin (RU)						1	1	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,4	-0,5	0		
Shikimic acid (SHA)							1	-0,7	-0,7	-0,6	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,6	-0,7	0			
3-Hydroxyflavone (HF)								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,8	0			
Cynarin (CY)									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,8	0			
Naringenin (NR)										1	1	0,9	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0			
Silibinin (Sİ)											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0			
Resveratrol (RE)												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0			
Caffeic Acid (CA)													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,8	0			
Ellagic acid (EA)														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,8	0			
4-Hydroxybenzaldehyde (HB)															1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0			
Protocatechuic acid (PA)																1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0			
Polydatine (PA)																	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0			
P-coumaric acid (COA)																		1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0			
Chlorogenic acid (CHA)																			1	1	1	1	1	0,9	0,8	0			
Diosgenin (Dİ)																					1	1	1	0,9	0,8	0			
Isoquercitrin (IS)																						1	1	0,9	0,9	0,1			
Quercetin-3-glucoside (QD)																							1	0,9	0,9	0,1			
Neohesperidin (NE)																								1	0,9	0,9	0,1		
Gallic acid (GA)																									1	0,8	0		
Hyperocide (HY)																											1	0,5	
Quercimeritrin (QU)																													1



Şekil 4.10. Fenolik asitlerin uygulamalara verdiği yanıt benzerlik indeksi (column similarity matrix)

4.10. Fenolik bileşenleri arasındaki korelasyon

Pearson korelasyon analizine göre, değerlendirilmeye alınan bileşenler arasında; *ascorbic acid* ve *cynarin* ($r=-0,682$; $p<0,05$), *shikimic acid* ve *protocatechuic acid* ($r=0,656$; $p<0,05$), *shikimic acid* ve *synringic acid* ($r=-0,692$; $p<0,05$), *shikimic acid* ve *quercetin-3-glucoside* ($r=0,705$; $p<0,05$), *shikimic acid* ve *rutin* ($r=0,889$; $p<0,001$), *shikimic acid* ve *isoquercitrin* ($r=0,666$; $p<0,05$), *shikimic acid* ve *rosmarinic acid* ($r=0,82$; $p<0,01$), *shikimic acid* ve *3-hydroxyflavone* ($r=0,73$; $p<0,05$), *protocatechuic acid* ve *p-coumaric acid* ($r=0,686$; $p<0,05$), *protocatechuic acid* ve *hyperocide* ($r=0,774$; $p<0,01$), *protocatechuic acid* ve *quercetin-3-glucoside* ($r=0,767$; $p<0,01$), *protocatechuic acid* ve *rutin* ($r=0,794$; $p<0,01$), *protocatechuic acid* ve *isoquercitrin* ($r=0,721$; $p<0,05$), *protocatechuic acid* ve *hyperocide* ($r=0,774$; $p<0,01$),

protocatechuic acid ve *quercetin-3-glucoside* ($r=0,767$; $p<0,01$), *protocatechuic acid* ve *rutin* ($r=0,794$; $p<0,01$), *protocatechuic acid* ve *isoquercitrin* ($r=0,721$; $p<0,05$), *4-hydroxybenzaldehyde* ve *3-hydroxyflavone* ($r=0,651$; $p<0,05$), *caffeic acid* ve *trans-ferulic acid* ($r=0,721$; $p<0,05$), *caffeic acid* ve *diosgenin* ($r=-0,638$; $p<0,05$), *polydatine* ve *cynarin* ($r=0,693$; $p<0,05$), *polydatine* ve *ellagic acid* ($r=0,957$; $p<0,001$), *polydatine* ve *diosgenin* ($r=0,75$; $p<0,05$), *trans-ferulic acid* ve *rosmarinic acid* ($r=0,74$; $p<0,05$), *quercimeritrin* ve *hyperocide* ($r=0,784$; $p<0,01$), *quercimeritrin* ve *quercetin-3-glucoside* ($r=0,775$; $p<0,01$), *quercimeritrin* ve *isoquercitrin* ($r=0,818$; $p<0,01$), *quercimeritrin* ve *neohesperidin* ($r=0,816$; $p<0,01$), *hyperocide* ve *quercetin-3-glucoside* ($r=0,99$; $p<0,001$), *hyperocide* ve *rutin* ($r=0,758$; $p<0,05$), *hyperocide* ve *isoquercitrin* ($r=0,988$; $p<0,05$), *quercetin-3-glucoside* ve *rutin* ($r=0,819$; $p<0,01$), *quercetin-3-glucoside* ve *isoquercitrin* ($r=0,997$; $p<0,001$), *rutin* ve *isoquercitrin* ($r=0,781$; $p<0,01$), *rutin* ve *rosmarinic acid* ($r=0,694$; $p<0,05$), *rutin* ve *3-hydroxyflavone* ($r=0,811$; $p<0,01$), *resveratrol* ve *naringin* ($r=0,678$; $p<0,05$) ve *ellagic acid* ve *diosgenin* ($r=0,805$; $p<0,01$) arasında anlamlı korelasyonlar belirlenmiştir. Ancak, bileşikler arasındaki diğer korelasyonlar anlamlı bulunmamıştır (Tablo 4.10 ve Şekil 4.11).

Tablo 4.10. Fenolik bileşikler arasındaki korelasyon

Pearson's Correlations		Pearson's r		<i>p</i>	Lower 95% CI	Upper 95% CI
Ascorbic Acid	Shikimic acid	0,44		0,203	-0,262	0,838
Ascorbic Acid	Gallic acid	-0,113		0,756	-0,693	0,556
Ascorbic Acid	Protocatechuic acid	0,575		0,082	-0,085	0,885
Ascorbic Acid	Chlorogenic acid	-0,23		0,522	-0,751	0,467
Ascorbic Acid	4-Hydroxybenzaldehyde	-0,092		0,799	-0,682	0,57
Ascorbic Acid	Caffeic Acid	-0,131		0,719	-0,702	0,544
Ascorbic Acid	Syringic acid	0,209		0,563	-0,485	0,741
Ascorbic Acid	P-coumaric acid	0,323		0,363	-0,385	0,792
Ascorbic Acid	Polydatine	-0,392		0,262	-0,82	0,315
Ascorbic Acid	Trans-ferulic acid	-0,133		0,713	-0,704	0,542
Ascorbic Acid	Quercimeritrin	-0,146		0,687	-0,71	0,533
Ascorbic Acid	Cynarin	-0,682	*	0,03	-0,918	-0,092
Ascorbic Acid	Hyperocide	0,33		0,352	-0,379	0,794
Ascorbic Acid	Quercetin-3-glucoside	0,343		0,332	-0,365	0,8
Ascorbic Acid	Rutin	0,488		0,153	-0,205	0,855
Ascorbic Acid	Isoquercitrin	0,307		0,388	-0,4	0,785
Ascorbic Acid	Resveratrol	-0,308		0,387	-0,785	0,399
Ascorbic Acid	Naringin	-0,347		0,325	-0,802	0,361
Ascorbic Acid	Rosmarinic acid	0,284		0,426	-0,421	0,775
Ascorbic Acid	Neohesperidin	0,07		0,848	-0,586	0,67
Ascorbic Acid	Ellagic acid	-0,248		0,489	-0,759	0,452
Ascorbic Acid	Naringenin	-0,438		0,206	-0,837	0,265
Ascorbic Acid	Silibinin	-0,311		0,381	-0,787	0,396
Ascorbic Acid	3-Hydroxyflavone	0,542		0,106	-0,133	0,873

Ascorbic Acid	Diosgenin	-0,071		0,846	-0,671	0,585
Shikimic acid	Gallic acid	-0,134		0,712	-0,704	0,541
Shikimic acid	Protocatechuic acid	0,656	*	0,039	0,045	0,91
Shikimic acid	Chlorogenic acid	0,07		0,847	-0,585	0,67
Shikimic acid	4-Hydroxybenzaldehyde	0,441		0,202	-0,261	0,838
Shikimic acid	Caffeic Acid	0,287		0,422	-0,419	0,776
Shikimic acid	Syringic acid	-0,692	*	0,027	-0,921	-0,111
Shikimic acid	P-coumaric acid	0,404		0,247	-0,302	0,824
Shikimic acid	Polydatine	-0,153		0,672	-0,714	0,527
Shikimic acid	Trans-ferulic acid	0,575		0,082	-0,085	0,884
Shikimic acid	Quercimeritrin	0,287		0,421	-0,418	0,777
Shikimic acid	Cynarin	-0,397		0,256	-0,821	0,31
Shikimic acid	Hyperocide	0,621		0,055	-0,014	0,899
Shikimic acid	Quercetin-3-glucoside	0,705	*	0,023	0,135	0,924
Shikimic acid	Rutin	0,889	***	< ,001	0,588	0,974
Shikimic acid	Isoquercitrin	0,666	*	0,035	0,063	0,913
Shikimic acid	Resveratrol	-0,195		0,589	-0,734	0,496
Shikimic acid	Naringin	-0,018		0,961	-0,64	0,619
Shikimic acid	Rosmarinic acid	0,82	**	0,004	0,393	0,956
Shikimic acid	Neohesperidin	0,235		0,514	-0,463	0,753
Shikimic acid	Ellagic acid	-0,131		0,718	-0,703	0,543
Shikimic acid	Naringenin	-0,282		0,43	-0,774	0,423
Shikimic acid	Silibinin	-0,603		0,065	-0,893	0,043
Shikimic acid	3-Hydroxyflavone	0,73	*	0,017	0,185	0,931
Shikimic acid	Diosgenin	-0,29		0,417	-0,777	0,416
Gallic acid	Protocatechuic acid	-0,051		0,888	-0,66	0,598
Gallic acid	Chlorogenic acid	0,073		0,841	-0,583	0,672

Gallic acid	4-Hydroxybenzaldehyde	0,382		0,276	-0,326	0,815
Gallic acid	Caffeic Acid	-0,036		0,921	-0,651	0,607
Gallic acid	Syringic acid	0,212		0,557	-0,482	0,742
Gallic acid	P-coumaric acid	-0,213		0,555	-0,743	0,481
Gallic acid	Polydatine	-0,319		0,369	-0,79	0,389
Gallic acid	Trans-ferulic acid	0,019		0,958	-0,618	0,641
Gallic acid	Quercimeritrin	-0,224		0,534	-0,748	0,472
Gallic acid	Cynarin	0,139		0,702	-0,538	0,707
Gallic acid	Hyperocide	-0,2		0,579	-0,737	0,491
Gallic acid	Quercetin-3-glucoside	-0,242		0,501	-0,756	0,457
Gallic acid	Rutin	-0,099		0,786	-0,686	0,566
Gallic acid	Isoquercitrin	-0,265		0,46	-0,766	0,438
Gallic acid	Resveratrol	-0,265		0,459	-0,767	0,437
Gallic acid	Naringin	-0,332		0,348	-0,795	0,376
Gallic acid	Rosmarinic acid	-0,156		0,666	-0,716	0,525
Gallic acid	Neohesperidin	-0,404		0,247	-0,824	0,303
Gallic acid	Ellagic acid	-0,287		0,422	-0,776	0,418
Gallic acid	Naringenin	-0,12		0,741	-0,697	0,551
Gallic acid	Silibinin	0,512		0,131	-0,174	0,863
Gallic acid	3-Hydroxyflavone	-0,001		0,997	-0,63	0,629
Gallic acid	Diosgenin	0,139		0,702	-0,538	0,707
Protocatechuic acid	Chlorogenic acid	0,177		0,624	-0,509	0,726
Protocatechuic acid	4-Hydroxybenzaldehyde	0,056		0,879	-0,595	0,662
Protocatechuic acid	Caffeic Acid	-0,284		0,427	-0,775	0,421
Protocatechuic acid	Syringic acid	-0,208		0,564	-0,741	0,485
Protocatechuic acid	P-coumaric acid	0,686	*	0,028	0,099	0,919
Protocatechuic acid	Polydatine	-0,09		0,805	-0,681	0,572

Protocatechuic acid	Trans-ferulic acid	5,37E-02		1.000	-0,63	0,63
Protocatechuic acid	Quercimeritrin	0,229		0,524	-0,468	0,751
Protocatechuic acid	Cynarin	-0,464		0,177	-0,846	0,234
Protocatechuic acid	Hyperocide	0,774	**	0,009	0,282	0,944
Protocatechuic acid	Quercetin-3-glucoside	0,767	**	0,01	0,266	0,942
Protocatechuic acid	Rutin	0,794	**	0,006	0,33	0,949
Protocatechuic acid	Isoquercitrin	0,721	*	0,019	0,168	0,929
Protocatechuic acid	Resveratrol	-0,373		0,288	-0,812	0,335
Protocatechuic acid	Naringin	-0,274		0,444	-0,77	0,43
Protocatechuic acid	Rosmarinic acid	0,212		0,557	-0,482	0,742
Protocatechuic acid	Neohesperidin	-0,064		0,86	-0,667	0,589
Protocatechuic acid	Ellagic acid	0,102		0,779	-0,564	0,687
Protocatechuic acid	Naringenin	-0,343		0,332	-0,8	0,366
Protocatechuic acid	Silibinin	-0,338		0,34	-0,798	0,371
Protocatechuic acid	3-Hydroxyflavone	0,625		0,053	-0,008	0,9
Protocatechuic acid	Diosgenin	0,128		0,725	-0,546	0,701
Chlorogenic acid	4-ydroxybenzaldehyde	0,307		0,388	-0,4	0,785
Chlorogenic acid	Caffeic Acid	0,376		0,285	-0,333	0,813
Chlorogenic acid	Syringic acid	-0,295		0,408	-0,78	0,411
Chlorogenic acid	P-coumaric acid	-0,012		0,975	-0,637	0,623
Chlorogenic acid	Polydatine	0,111		0,761	-0,558	0,692
Chlorogenic acid	Trans-ferulic acid	0,395		0,258	-0,312	0,821
Chlorogenic acid	Quercimeritrin	-0,324		0,361	-0,792	0,384
Chlorogenic acid	Cynarin	0,325		0,36	-0,383	0,792
Chlorogenic acid	Hyperocide	-0,157		0,666	-0,716	0,525
Chlorogenic acid	Quercetin-3-glucoside	-0,126		0,729	-0,7	0,547
Chlorogenic acid	Rutin	0,065		0,859	-0,589	0,667

Chlorogenic acid	Isoquercitrin	-0,146		0,687	-0,71	0,533
Chlorogenic acid	Resveratrol	-0,276		0,44	-0,772	0,428
Chlorogenic acid	Naringin	-0,534		0,112	-0,871	0,145
Chlorogenic acid	Rosmarinic acid	-0,025		0,945	-0,644	0,614
Chlorogenic acid	Neohesperidin	-0,531		0,115	-0,87	0,149
Chlorogenic acid	Ellagic acid	0,101		0,782	-0,565	0,687
Chlorogenic acid	Naringenin	0,542		0,106	-0,134	0,873
Chlorogenic acid	Silibinin	-0,181		0,618	-0,727	0,507
Chlorogenic acid	3-Hydroxyflavone	0,224		0,533	-0,472	0,748
Chlorogenic acid	Diosgenin	0,099		0,786	-0,566	0,686
4-Hydroxybenzaldehyde	Caffeic Acid	0,161		0,657	-0,522	0,718
4-Hydroxybenzaldehyde	Syringic acid	-0,532		0,113	-0,87	0,146
4-Hydroxybenzaldehyde	P-coumaric acid	-0,14		0,7	-0,707	0,537
4-Hydroxybenzaldehyde	Polydatine	0,212		0,557	-0,482	0,742
4-Hydroxybenzaldehyde	Trans-ferulic acid	0,517		0,126	-0,167	0,865
4-Hydroxybenzaldehyde	Quercimeritrin	-0,013		0,972	-0,637	0,622
4-Hydroxybenzaldehyde	Cynarin	0,43		0,215	-0,274	0,834
4-Hydroxybenzaldehyde	Hyperocide	-7,22E-01		0,998	-0,63	0,629
4-Hydroxybenzaldehyde	Quercetin-3-glucoside	0,08		0,825	-0,578	0,676
4-Hydroxybenzaldehyde	Rutin	0,417		0,23	-0,288	0,829
4-Hydroxybenzaldehyde	Isoquercitrin	0,05		0,891	-0,599	0,659
4-Hydroxybenzaldehyde	Resveratrol	-0,012		0,974	-0,637	0,622
4-Hydroxybenzaldehyde	Naringin	-0,184		0,61	-0,729	0,504
4-Hydroxybenzaldehyde	Rosmarinic acid	0,574		0,083	-0,087	0,884
4-Hydroxybenzaldehyde	Neohesperidin	-0,12		0,74	-0,697	0,551
4-Hydroxybenzaldehyde	Ellagic acid	0,094		0,796	-0,569	0,683
4-Hydroxybenzaldehyde	Naringenin	-0,152		0,675	-0,713	0,528

4-Hydroxybenzaldehyde	Silibinin	-0,191		0,597	-0,733	0,498
4-Hydroxybenzaldehyde	3-Hydroxyflavone	0,651	*	0,041	0,037	0,908
4-Hydroxybenzaldehyde	Diosgenin	0,183		0,612	-0,505	0,729
Caffeic Acid	Syringic acid	-0,484		0,157	-0,853	0,21
Caffeic Acid	P-coumaric acid	-0,282		0,43	-0,774	0,423
Caffeic Acid	Polydatine	-0,327		0,356	-0,793	0,381
Caffeic Acid	Trans-ferulic acid	0,667	*	0,035	0,064	0,913
Caffeic Acid	Quercimeritrin	-0,271		0,448	-0,769	0,432
Caffeic Acid	Cynarin	-0,002		0,995	-0,631	0,628
Caffeic Acid	Hyperocide	-0,338		0,339	-0,798	0,37
Caffeic Acid	Quercetin-3-glucoside	-0,258		0,472	-0,763	0,444
Caffeic Acid	Rutin	-0,096		0,791	-0,684	0,568
Caffeic Acid	Isoquercitrin	-0,256		0,475	-0,763	0,445
Caffeic Acid	Resveratrol	-0,182		0,614	-0,728	0,505
Caffeic Acid	Naringin	-0,165		0,648	-0,72	0,518
Caffeic Acid	Rosmarinic acid	0,403		0,248	-0,303	0,824
Caffeic Acid	Neohesperidin	-0,004		0,992	-0,632	0,627
Caffeic Acid	Ellagic acid	-0,432		0,213	-0,834	0,272
Caffeic Acid	Naringenin	0,492		0,149	-0,2	0,856
Caffeic Acid	Silibinin	-0,259		0,47	-0,764	0,443
Caffeic Acid	3-Hydroxyflavone	-0,059		0,871	-0,664	0,593
Caffeic Acid	Diosgenin	-0,638	*	0,047	-0,904	-0,014
Syringic acid	P-coumaric acid	-0,295		0,409	-0,78	0,411
Syringic acid	Polydatine	-0,365		0,299	-0,809	0,343
Syringic acid	Trans-ferulic acid	-0,551		0,099	-0,877	0,12
Syringic acid	Quercimeritrin	-0,157		0,664	-0,716	0,524
Syringic acid	Cynarin	-0,269		0,452	-0,769	0,434

Syringic acid	Hyperocide	-0,21	0,561	-0,741	0,484
Syringic acid	Quercetin-3-glucoside	-0,303	0,394	-0,783	0,403
Syringic acid	Rutin	-0,441	0,202	-0,838	0,261
Syringic acid	Isoquercitrin	-0,28	0,434	-0,773	0,425
Syringic acid	Resveratrol	0,085	0,816	-0,576	0,678
Syringic acid	Naringin	-0,154	0,672	-0,714	0,527
Syringic acid	Rosmarinic acid	-0,605	0,064	-0,894	0,039
Syringic acid	Neohesperidin	-0,051	0,888	-0,66	0,598
Syringic acid	Ellagic acid	-0,296	0,407	-0,78	0,41
Syringic acid	Naringenin	-0,182	0,616	-0,728	0,506
Syringic acid	Silibinin	0,452	0,189	-0,248	0,842
Syringic acid	3-Hydroxyflavone	-0,436	0,208	-0,836	0,267
Syringic acid	Diosgenin	0,09	0,804	-0,572	0,681
P-coumaric acid	Polydatine	0,333	0,347	-0,375	0,796
P-coumaric acid	Trans-ferulic acid	-0,197	0,585	-0,736	0,494
P-coumaric acid	Quercimeritrin	0,1	0,783	-0,565	0,686
P-coumaric acid	Cynarin	-0,176	0,626	-0,725	0,51
P-coumaric acid	Hyperocide	0,46	0,181	-0,239	0,845
P-coumaric acid	Quercetin-3-glucoside	0,471	0,169	-0,225	0,849
P-coumaric acid	Rutin	0,47	0,171	-0,227	0,848
P-coumaric acid	Isoquercitrin	0,437	0,207	-0,266	0,836
P-coumaric acid	Resveratrol	-0,556	0,095	-0,878	0,113
P-coumaric acid	Naringin	0,011	0,975	-0,623	0,636
P-coumaric acid	Rosmarinic acid	-0,062	0,866	-0,665	0,591
P-coumaric acid	Neohesperidin	-0,162	0,654	-0,718	0,521
P-coumaric acid	Ellagic acid	0,542	0,105	-0,133	0,874
P-coumaric acid	Naringenin	0,132	0,716	-0,543	0,703

P-coumaric acid	Silibinin	-0,451		0,191	-0,842	0,249
P-coumaric acid	3-Hydroxyflavone	0,455		0,186	-0,245	0,843
P-coumaric acid	Diosgenin	0,369		0,295	-0,34	0,81
Polydatine	Trans-ferulic acid	-0,263		0,462	-0,766	0,439
Polydatine	Quercimeritrin	-0,085		0,815	-0,678	0,575
Polydatine	Cynarin	0,693	*	0,026	0,112	0,921
Polydatine	Hyperocide	-0,167		0,644	-0,721	0,517
Polydatine	Quercetin-3-glucoside	-0,146		0,687	-0,71	0,532
Polydatine	Rutin	-0,094		0,795	-0,683	0,569
Polydatine	Isoquercitrin	-0,158		0,664	-0,716	0,524
Polydatine	Resveratrol	0,178		0,622	-0,508	0,726
Polydatine	Naringin	0,328		0,354	-0,38	0,794
Polydatine	Rosmarinic acid	-0,137		0,706	-0,706	0,539
Polydatine	Neohesperidin	-0,277		0,438	-0,772	0,427
Polydatine	Ellagic acid	0,957	***	< ,001	0,822	0,99
Polydatine	Naringenin	0,252		0,483	-0,449	0,761
Polydatine	Silibinin	-0,046		0,899	-0,657	0,601
Polydatine	3-Hydroxyflavone	0,166		0,647	-0,518	0,72
Polydatine	Diosgenin	0,75	*	0,012	0,228	0,937
Trans-ferulic acid	Quercimeritrin	0,112		0,758	-0,557	0,693
Trans-ferulic acid	Cynarin	-0,126		0,728	-0,7	0,547
Trans-ferulic acid	Hyperocide	0,069		0,849	-0,586	0,67
Trans-ferulic acid	Quercetin-3-glucoside	0,177		0,625	-0,51	0,726
Trans-ferulic acid	Rutin	0,458		0,183	-0,241	0,844
Trans-ferulic acid	Isoquercitrin	0,172		0,634	-0,513	0,723
Trans-ferulic acid	Resveratrol	0,042		0,908	-0,604	0,654
Trans-ferulic acid	Naringin	0,053		0,885	-0,597	0,661

Trans-ferulic acid	Rosmarinic acid	0,74	*	0,014	0,206	0,934
Trans-ferulic acid	Neohesperidin	0,121		0,74	-0,551	0,697
Trans-ferulic acid	Ellagic acid	-0,417		0,231	-0,829	0,289
Trans-ferulic acid	Naringenin	0,217		0,547	-0,478	0,745
Trans-ferulic acid	Silibinin	-0,501		0,14	-0,86	0,188
Trans-ferulic acid	3-Hydroxyflavone	0,34		0,336	-0,369	0,799
Trans-ferulic acid	Diosgenin	-0,506		0,136	-0,861	0,182
Quercimeritrin	Cynarin	-0,139		0,703	-0,707	0,538
Quercimeritrin	Hyperocide	0,784	**	0,007	0,306	0,947
Quercimeritrin	Quercetin-3-glucoside	0,775	**	0,008	0,285	0,944
Quercimeritrin	Rutin	0,386		0,27	-0,322	0,817
Quercimeritrin	Isoquercitrin	0,818	**	0,004	0,389	0,956
Quercimeritrin	Resveratrol	0,145		0,689	-0,533	0,71
Quercimeritrin	Naringin	0,266		0,458	-0,437	0,767
Quercimeritrin	Rosmarinic acid	0,144		0,692	-0,534	0,709
Quercimeritrin	Neohesperidin	0,816	**	0,004	0,382	0,955
Quercimeritrin	Ellagic acid	-0,077		0,833	-0,674	0,581
Quercimeritrin	Naringenin	-0,446		0,196	-0,84	0,255
Quercimeritrin	Silibinin	-0,281		0,431	-0,774	0,423
Quercimeritrin	3-Hydroxyflavone	-0,048		0,896	-0,658	0,6
Quercimeritrin	Diosgenin	-0,354		0,315	-0,804	0,355
Cynarin	Hyperocide	-0,452		0,19	-0,842	0,249
Cynarin	Quercetin-3-glucoside	-0,442		0,201	-0,838	0,26
Cynarin	Rutin	-0,453		0,189	-0,842	0,248
Cynarin	Isoquercitrin	-0,431		0,214	-0,834	0,273
Cynarin	Resveratrol	0,028		0,939	-0,612	0,646
Cynarin	Naringin	-0,079		0,829	-0,675	0,58

Cynarin	Rosmarinic acid	-0,293		0,411	-0,779	0,413
Cynarin	Neohesperidin	-0,261		0,467	-0,765	0,441
Cynarin	Ellagic acid	0,6		0,067	-0,048	0,892
Cynarin	Naringenin	0,349		0,323	-0,359	0,802
Cynarin	Silibinin	0,191		0,597	-0,498	0,733
Cynarin	3-Hydroxyflavone	-0,105		0,773	-0,689	0,562
Cynarin	Diosgenin	0,473		0,168	-0,223	0,85
Hyperocide	Quercetin-3-glucoside	0,99	***	< ,001	0,955	0,998
Hyperocide	Rutin	0,758	*	0,011	0,245	0,939
Hyperocide	Isoquercitrin	0,988	***	< ,001	0,949	0,997
Hyperocide	Resveratrol	-0,099		0,787	-0,686	0,566
Hyperocide	Naringin	0,019		0,958	-0,618	0,641
Hyperocide	Rosmarinic acid	0,271		0,449	-0,432	0,769
Hyperocide	Neohesperidin	0,527		0,117	-0,153	0,869
Hyperocide	Ellagic acid	-0,046		0,899	-0,657	0,601
Hyperocide	Naringenin	-0,564		0,09	-0,881	0,102
Hyperocide	Silibinin	-0,38		0,279	-0,815	0,328
Hyperocide	3-Hydroxyflavone	0,355		0,315	-0,354	0,805
Hyperocide	Diosgenin	-0,2		0,58	-0,737	0,492
Quercetin-3-glucoside	Rutin	0,819	**	0,004	0,391	0,956
Quercetin-3-glucoside	Isoquercitrin	0,997	***	< ,001	0,985	0,999
Quercetin-3-glucoside	Resveratrol	-0,111		0,76	-0,692	0,557
Quercetin-3-glucoside	Naringin	0,029		0,937	-0,612	0,647
Quercetin-3-glucoside	Rosmarinic acid	0,38		0,279	-0,329	0,815
Quercetin-3-glucoside	Neohesperidin	0,544		0,104	-0,13	0,874
Quercetin-3-glucoside	Ellagic acid	-0,044		0,904	-0,656	0,602
Quercetin-3-glucoside	Naringenin	-0,523		0,121	-0,867	0,159

Quercetin-3-glucoside	Silibinin	-0,49		0,151	-0,855	0,203
Quercetin-3-glucoside	3-Hydroxyflavone	0,441		0,203	-0,262	0,838
Quercetin-3-glucoside	Diosgenin	-0,228		0,526	-0,75	0,469
Rutin	Isoquercitrin	0,781	**	0,008	0,297	0,946
Rutin	Resveratrol	-0,117		0,748	-0,695	0,553
Rutin	Naringin	-0,002		0,996	-0,631	0,629
Rutin	Rosmarinic acid	0,694	*	0,026	0,114	0,921
Rutin	Neohesperidin	0,189		0,601	-0,5	0,732
Rutin	Ellagic acid	-0,046		0,9	-0,657	0,601
Rutin	Naringenin	-0,409		0,24	-0,826	0,297
Rutin	Silibinin	-0,585		0,076	-0,888	0,071
Rutin	3-Hydroxyflavone	0,811	**	0,004	0,371	0,954
Rutin	Diosgenin	-0,06		0,87	-0,664	0,592
Isoquercitrin	Resveratrol	-0,094		0,797	-0,683	0,57
Isoquercitrin	Naringin	0,042		0,907	-0,603	0,655
Isoquercitrin	Rosmarinic acid	0,352		0,318	-0,356	0,804
Isoquercitrin	Neohesperidin	0,598		0,068	-0,051	0,892
Isoquercitrin	Ellagic acid	-0,061		0,866	-0,665	0,591
Isoquercitrin	Naringenin	-0,515		0,127	-0,864	0,169
Isoquercitrin	Silibinin	-0,492		0,149	-0,856	0,2
Isoquercitrin	3-Hydroxyflavone	0,386		0,27	-0,322	0,817
Isoquercitrin	Diosgenin	-0,266		0,458	-0,767	0,437
Resveratrol	Naringin	0,678	*	0,031	0,085	0,916
Resveratrol	Rosmarinic acid	0,238		0,508	-0,461	0,755
Resveratrol	Neohesperidin	0,216		0,55	-0,479	0,744
Resveratrol	Ellagic acid	-0,036		0,921	-0,651	0,607
Resveratrol	Naringenin	-0,344		0,331	-0,8	0,365

Resveratrol	Silibinin	0,376		0,284	-0,332	0,813
Resveratrol	3-Hydroxyflavone	-0,289		0,418	-0,777	0,417
Resveratrol	Diosgenin	0,005		0,989	-0,627	0,633
Naringin	Rosmarinic acid	0,218		0,546	-0,477	0,745
Naringin	Neohesperidin	0,24		0,504	-0,459	0,756
Naringin	Ellagic acid	0,195		0,59	-0,496	0,734
Naringin	Naringenin	-0,074		0,84	-0,672	0,583
Naringin	Silibinin	0,108		0,767	-0,56	0,691
Naringin	3-Hydroxyflavone	-0,254		0,479	-0,762	0,447
Naringin	Diosgenin	0,043		0,906	-0,603	0,655
Rosmarinic acid	Neohesperidin	0,275		0,442	-0,429	0,771
Rosmarinic acid	Ellagic acid	-0,273		0,446	-0,77	0,431
Rosmarinic acid	Naringenin	-0,293		0,412	-0,779	0,413
Rosmarinic acid	Silibinin	-0,47		0,17	-0,849	0,226
Rosmarinic acid	3-Hydroxyflavone	0,61		0,061	-0,031	0,896
Rosmarinic acid	Diosgenin	-0,346		0,327	-0,801	0,362
Neohesperidin	Ellagic acid	-0,321		0,366	-0,791	0,387
Neohesperidin	Naringenin	-0,456		0,186	-0,843	0,244
Neohesperidin	Silibinin	-0,339		0,338	-0,798	0,369
Neohesperidin	3-Hydroxyflavone	-0,143		0,694	-0,709	0,535
Neohesperidin	Diosgenin	-0,629		0,052	-0,901	0,001
Ellagic acid	Naringenin	0,234		0,515	-0,464	0,753
Ellagic acid	Silibinin	-0,069		0,849	-0,67	0,586
Ellagic acid	3-Hydroxyflavone	0,205		0,569	-0,487	0,739
Ellagic acid	Diosgenin	0,805	**	0,005	0,355	0,952
Naringenin	Silibinin	-0,217		0,548	-0,745	0,478
Naringenin	3-Hydroxyflavone	-0,209		0,562	-0,741	0,484

Naringenin	Diosgenin	0,053		0,884	-0,596	0,661
Silibinin	3-Hydroxyflavone	-0,588		0,074	-0,889	0,067
Silibinin	Diosgenin	0,245		0,494	-0,454	0,758
3-Hydroxyflavone	Diosgenin	0,276		0,441	-0,428	0,771
* p < ,05, ** p < ,01, *** p < ,001						

4.11. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğenin uçucu yağ bileşiklerine etkisi

SPME yöntemi ile fesleğen bitkisini yapraklarında *eucalyptol*, *estragole*, *anethole*, *caryophyllene*, *humulene*, *germacrene D* ve *bisabolene* bileşiklerinin oranları tayin edilebilmiştir. Tayin edilebilen bileşikler içinde estragole bileşiğinin en yüksek oranlara sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, iki yönlü anova sonuçlarına göre; tüm bileşikler, kuraklık stresi ($p<0,001$), vermikompost ($p<0,004$), ve kuraklık \times vermikompost ($p<0,001$) uygulamalarından önemli düzeyde etkilenmiştir. Bileşikler özelinde değerlendirme yaptığımızda ise; *eucalyptol* bileşiğinin içeriğine ilişkin deneme grupları arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p=0,000$). En yüksek *eucalyptol* içeriği 100% LVC+ WS grubunda belirlenmiştir. Kuraklık stresi ile birlikte bileşiğin miktarında önemli düşüşler kaydedilmiştir. Yine benzer şekilde; vermikompost uygulamaları da ilgili bileşiğin miktarında azalmalara neden olmuştur. Vermikompost ve stres interaksyonu ile birlikte bileşiğin miktarında artışlar belirlenmiştir.

Estragole bileşiğinin içeriğine ilişkin deneme grupları arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p=0,000$). En yüksek *estragole* içeriği 25% LVC+ WS uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca, iki yönlü anova sonuçlarına göre; *estragole* içeriğinin, kuraklık stresi ($p<0,017$), vermikompost ($p<0,001$), ve kuraklık \times vermikompost ($p<0,035$) uygulamalarından önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. İlgili bileşiğin içeriğinin hem vermikompost hem de stres ile birlikte azaldığı gözlemlenmiştir ancak iki uygulamaya ait interaksyon ile birlikte kısmi artışlar belirlenmiştir.

Trans-anethole bileşiğinin içerikleri bakımından yapılan karşılaştırmada tüm uygulamalar arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p<0,000$). En yüksek *trans-anethole* içeriği 50% LVC+ WS uygulamasında elde edilmiştir. İki yönlü anova sonuçlarına göre; *trans-anethole* içeriğinin, kuraklık stresi ($p<0,001$), vermikompost ($p<0,001$), ve kuraklık \times vermikompost ($p<0,001$) uygulamalarından önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. %25 LVC uygulaması haricinde, diğer uygulamaların bileşiğin içeriğini anlamlı düzeyde artırdığı gözlemlenmiştir.

Trans-caryophyllene bileşiğinin içerikleri bakımından yapılan karşılaştırmada tüm uygulamalar arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p<0,000$). En yüksek *trans-caryophyllene* içeriği 100% LVC uygulamasında elde edilmiştir. İki yönlü anova

sonuçlarına göre; *trans-anethole* içeriğinin, kuraklık stresi ($p<0,046$), vermikompost ($p<0,001$), ve kuraklık x vermikompost ($p<0,001$) uygulamalarından önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. *Trans-anthole* bileşiğinde olduğu gibi genel olarak uygulamalara bağlı olarak önemli artışlar gözlemlenmiştir. %100 LVC x kuraklık haricindeki diğer interaksiyonların ilgili bileşiğin içeriğini artırdığı belirlenmiştir.

Humulene bileşiğinin içerikleri bakımından yapılan karşılaştırmada tüm uygulamalar arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p<0,000$). En yüksek humulene içeriği 50% LVC+ WS uygulamasında elde edilmiştir. İki yönlü anova sonuçlarına göre; *humulene* içeriğinin, kuraklık stresi ($p<0,001$), vermikompost ($p<0,001$), ve kuraklık x vermikompost ($p<0,001$) uygulamalarından önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. İlgili bileşiğin yapılan tüm uygulamalara cevap olarak miktarında artış göstermiştir. Ancak, en yüksek değerlere interaksiyon gruplarında ulaşılmıştır.

Diğer bileşenlerde olduğu gibi, *Germacrene D* bileşiğinde uygulamalardan önemli düzeyde etkilenmiştir ($p<0,000$). En yüksek değere %100 LVC uygulamasında ulaşılmıştır. Ayrıca, İki yönlü anova sonuçlarına göre; *Germacrene D* içeriğinin, kuraklık stresi ($p<0,001$), vermikompost ($p<0,001$), ve kuraklık x vermikompost ($p<0,001$) uygulamalarından önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. İlgili bileşiğin yapılan tüm uygulamalara cevap olarak miktarında artış gözlemlenmiştir. Ancak, en yüksek değerlere vermikompost gruplarında ulaşılmıştır.

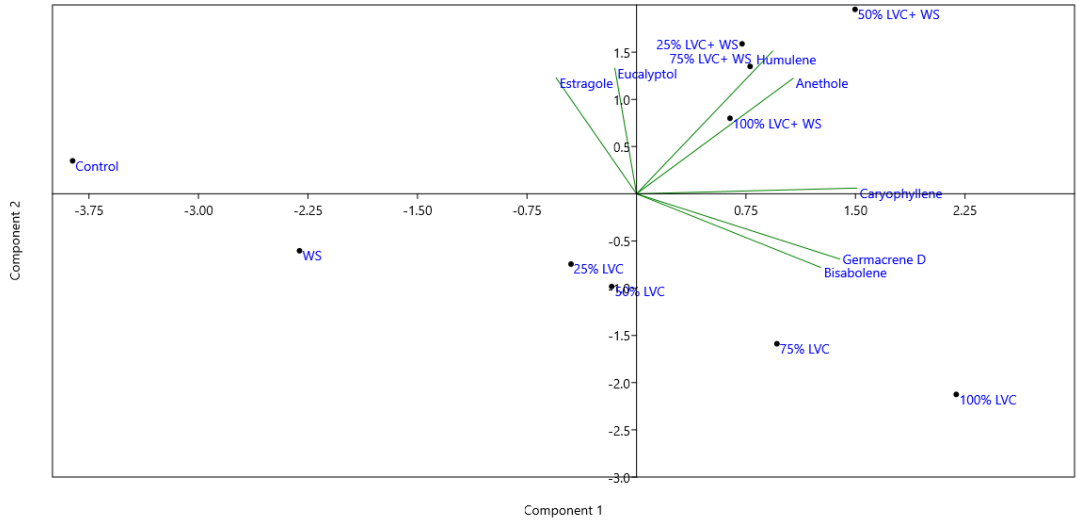
Bisabolene bileşiğinin de yapılan uygulamalara önemli düzeyde cevaplar verdiği belirlenmiştir ($p<0,000$). En yüksek bisabolene değerine %100 LVC uygulamasında ulaşılmıştır. Ayrıca, İki yönlü anova sonuçlarına göre; *Germacrene D* içeriğinin, kuraklık stresi ($p<0,032$), vermikompost ($p<0,001$), ve kuraklık x vermikompost ($p<0,001$) uygulamalarından önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. *Germacrene D* bileşiğinde olduğu gibi; ilgili bileşiğin yapılan tüm uygulamalara cevap olarak miktarında artış gözlemlenmiştir. Ancak, en yüksek değerlere vermikompost gruplarında ulaşılmıştır. İnteraksiyon uygulamalarında ise kısmı azalmalar meydana gelmiştir.

Tablo 4.11. Uygulamalara göre uçucu yağ bileşiklerinin miktarlarındaki değişimler

Treatments	Eucalyptol	Estragole	Anethole	Caryophyllene	Humulene	Germacrene D	Bisabolene
Control	2,37±0,08 b	89,12±2,10 b	0,32±0,06 d	0,51±0,08 e	0,23±0,04 e	0,20±0,04 g	0,33±0,05 e
WS	1,75±0,18 ef	87,77±0,44 bc	0,44±0,06 c	0,64±0,06 de	0,26±0,03 e	0,29±0,01 f	0,54±0,06 de
25% LVC	2,04±0,05 cd	88,33±0,72 b	0,31± 0,03 d	0,69±0,05 d	0,53±0,07 c	0,69±0,01 c	0,94±0,22 ab
25% LVC+ WS	2,20±0,12 bc	91,28±0,85 a	0,65±0,05 b	0,91±0,05 bc	0,68±0,01 b	0,60±0,02 d	0,92±0,02 abc
50% LVC	1,86±0,04 de	87,58±0,65 bc	0,41±0,01 c	0,86±0,04 c	0,40±0,01 d	0,52±0,04 e	0,96±0,05 ab
50% LVC+ WS	2,11±0,15 c	89,06±0,16 b	0,77±0,04 a	1,03±0,05 ab	0,83±0,04 a	0,59± 0,02 d	0,76±0,10 bcd
75% LVC	1,83±0,06 def	86,29±0,59 cd	0,46±0,01 c	0,91±0,02 bc	0,38±0,02cd	0,82±0,03 b	1,00±0,14 ab
75% LVC+ WS	2,37±0,05 b	87,49±0,46 bc	0,64±0,04 b	0,94±0,03 bc	0,73±0,04 b	0,61±0,02 d	0,69±0,14 cd
100% LVC	1,63±0,08 f	84,42±0,74 d	0,56±0,04 b	1,11±0,15 a	0,35±0,03 d	0,90±0,01 a	1,03±0,05 a
100% LVC+ WS	2,96±0,05 a	85,20±0,32 d	0,57±0,04 b	0,89±0,05 bc	0,58±0,02 c	0,62±0,02 d	0,82±0,06 abc
	VC:<,004	VC: <,001	VC: <,001	VC: <,001	VC: <,001	VC: <,001	VC: <,001
<i>p</i> -value	WS:<,001	WS: <,017	WS: <,001	WS: <,046	WS: <,001	WS: <,001	WS: <,032
	VCxWS:<,001	VCxWS: ,035	VCxWS: <,001	VCxWS: <,001	VCxWS: <,001	VCxWS: <,001	VCxWS: <,001

4.12. Uçucu yağ bileşenlerine ilişkin temel bileşen analizi (Principal component analysis, PCA)

Temel bileşen analizi (PCA) bağımlı ve bağımsız değişken sayılarının yüksek olması durumunda; ilgili deneysel grup ve incelenen parametrelerin görselleştirilmesi ve en önemlisi boyutlarının azalmasıyla sıklıkla kullanılan çok yönlü istatistiksel araçlardandır. PCA sonuçlarına göre, analize alınan 7 değişkenin öz değeri 1'den yüksek olan iki faktör (PC_1 (Eigen value): 3,33; PC_2 (Eigen value): 1,98) altında toplandığı belirlenmiştir. Önemli olarak belirlenen faktörlerden birincisi (PC_1) fesleğen yapraklarındaki uçucu yağ bileşen özelliklerine etkisine ilişkin değişimin %47,57'sini, ikinci faktör (PC_2) ise %28,32'sini açıklamaktadır. Bu iki faktör, toplam değişimin %75,89'unu açıklamaktadır. Faktör yükleri incelendiğinde ise; ilk faktörün, *caryophyllene*, *germacrene D* ve *bisabolene* bileşiminden oluştuğu belirlenirken ikinci faktörün ise *eucalyptol*, *estragole*, *annethole* ve *humulene*'den oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 4. 12).

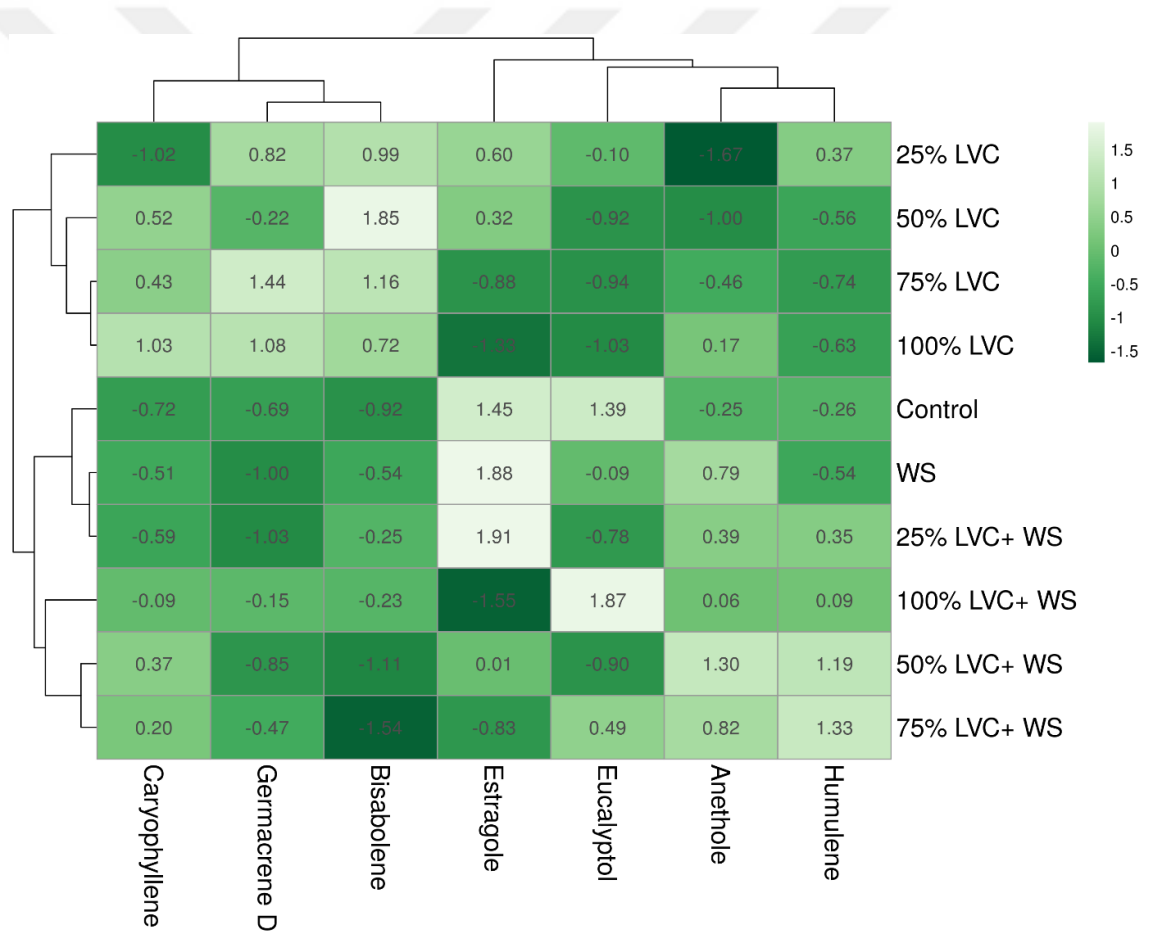


Şekil 4.12. Uçucu yağ bileşenlerine ilişkin temel bileşen analizi

4.13. Stres ve vermikompost uygulamalarının fesleğen bitkisinin uçucu yağ bileşenlerine etkisinin ısı haritası yardımı ile kümelenmesi

Fesleğen yapraklarında belirlenen uçucu yağ bileşenlerinin hem kendi içinde hem de yapılan uygulamalara verdiği yanıtların nasıl kümelendiğini belirlemek amacıyla ısı haritası (heat-map clustering) yapılmıştır. Kuraklık stresi, vermikompost

uygulamaları ve bunların interaksiyonuna verilen tepkilere göre; belirlenen uçucu yağ bileşenlerinin iki ana kümeye ayrıldığı görülmektedir. Buna göre; temel bileşen analizinde belirlendiği gibi, *caryophyllene*, *germacrene D* ve *bisabolene* bileşenlerinin birinci grupta yer aldığı belirlenirken ikinci kümenin ise *eucalyptol*, *estragole*, *anethole* ve *humulene*'den oluştuğu belirlenmiştir. Yine benzer şekilde; yapılan dışsal uygulamalarında iki ana küme altında toplandığı belirlenmiştir. Buna göre; Buna göre, %50 LCV, %100 LVC, %25 LVC, Control ve %75 LVC uygulamaları birinci ana kümede toplanmıştır. Öte yandan, kuraklık stresi ve ilgili uygulamaların interaksiyonun olduğu uygulamalar ise ikinci ana kümede toplanmıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. uçucu yap bileşenlerine ilişkin temel bileşen analizi

4.14. Uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon

Pearson korelasyon analizine göre, değerlendirilmeye alınan bileşenler arasında sadece *anethole* ve *caryophyllene* ($r=0,764$; $p<0,05$); *anethole* ve *humulene* ($r=0,779$; $p<0,05$); *caryophyllene* ve *Germacrene d* ($r=0,789$; $p<0,01$) ve *Germacrene d* ve

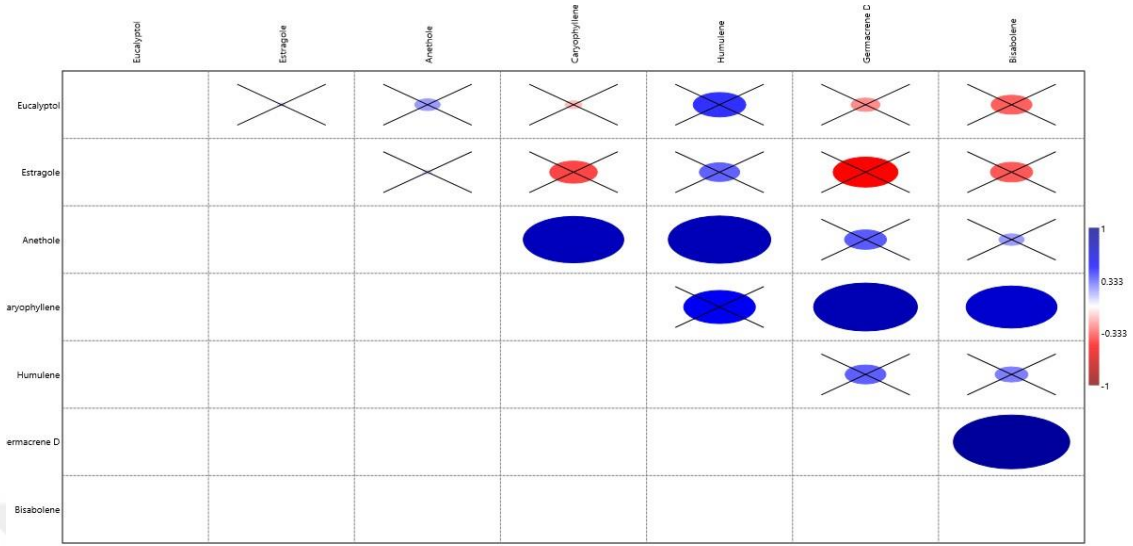
bisabolene ($r=0,885$; $p<0,001$) arasında anlamlı ilişkiler belirlenmiştir. Ancak, bileşenler arasındaki diğer korelasyonlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.12. Uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon katsayıları

Pearson Correlations

		Pearson's r	p	Lower 95% CI	Upper 95% CI
Eucalyptol	- Estragole	0.063	0.863	-0.590	0.666
Eucalyptol	- Anethole	0.193	0.593	-0.497	0.734
Eucalyptol	- Caryophyllene	-0.129	0.723	-0.701	0.545
Eucalyptol	- Humulene	0.401	0.251	-0.306	0.823
Eucalyptol	- Germacrene D	-0.220	0.541	-0.746	0.475
Eucalyptol	- Bisabolene	-0.311	0.382	-0.787	0.396
Estragole	- Anethole	0.073	0.842	-0.584	0.671
Estragole	- Caryophyllene	-0.362	0.304	-0.808	0.346
Estragole	- Humulene	0.307	0.388	-0.400	0.785
Estragole	- Germacrene D	-0.493	0.148	-0.857	0.198
Estragole	- Bisabolene	-0.322	0.364	-0.791	0.386
Anethole	- Caryophyllene	0.764 *	0.010	0.260	0.941
Anethole	- Humulene	0.779 **	0.008	0.294	0.945
Anethole	- Germacrene D	0.320	0.368	-0.388	0.790
Anethole	- Bisabolene	0.192	0.596	-0.498	0.733
Caryophyllene	- Humulene	0.545	0.104	-0.129	0.874
Caryophyllene	- Germacrene D	0.789 **	0.007	0.317	0.948
Caryophyllene	- Bisabolene	0.691 *	0.027	0.109	0.920
Humulene	- Germacrene D	0.310	0.383	-0.397	0.786
Humulene	- Bisabolene	0.250	0.487	-0.451	0.760
Germacrene D	- Bisabolene	0.885 ***	< .001	0.577	0.973

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



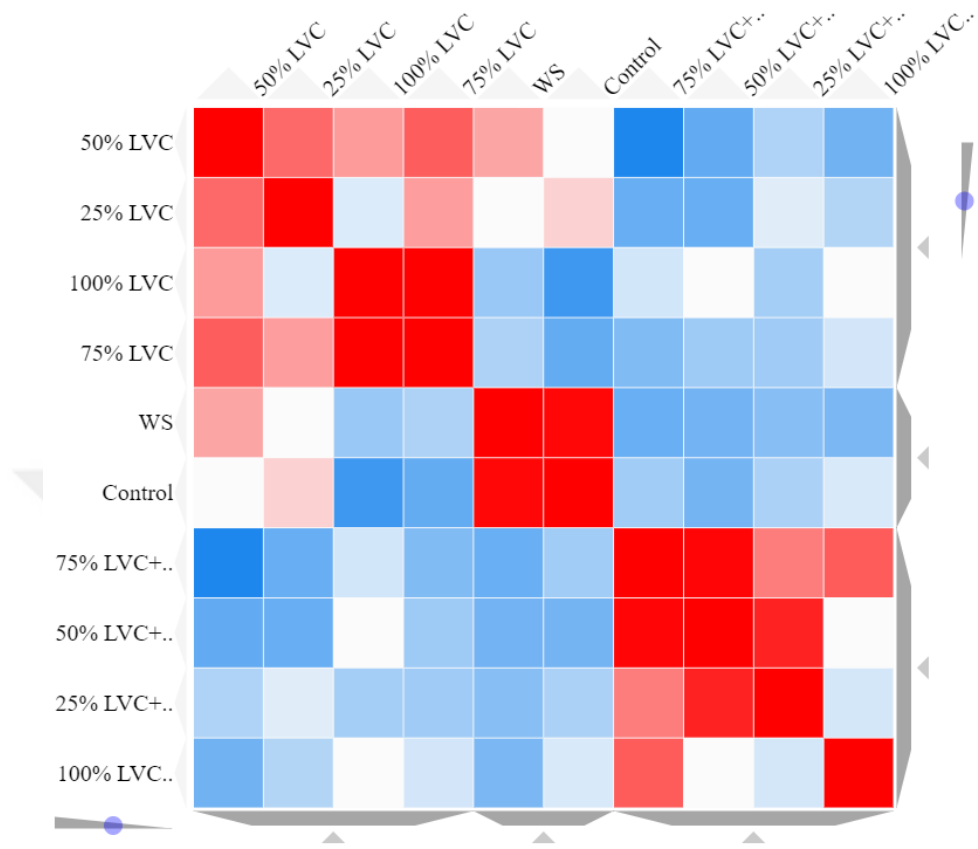
Şekil 4.14.Uçucu yağ bileşenleri arasındaki korelasyon analizi

4.15. Deney grupları ve uçucu yağlara ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

Isı haritasında net olarak ayrılamayan gruplar, benzerlik indeksi ayrımlanmıştır. Buna göre; %25 LVC, %50 LVC ile $r=0,50$; %75 LVC ile $r=0,54$ ve %100 LVC ile $r=0,33$ düzeyinde benzerlik göstermiştir. Stres grubu, kontrol grubu ile $r=0,83$ düzeyi ile oldukça benzerlik göstermektedir. Stres ve vermikompost interaksyonuna ilişkin gruplarda ise; 75% LVC+ WS ve 50% LVC+ WS ($r=0,83$) ve 50% LVC+ WS ve 25% LVC+ WS ($r=0,73$) ile oldukça benzerlik göstermektedir (Tablo 4.14, Şekil 4.15). uçucu yağ bileşenlerinin uygulamalara verdikleri yanıtlar bağlamında, ana bileşen estragole'n, eucalyptol ($r=0,00$), bisabolene ($r=-0,32$), germarene ($r=-0,49$), caryphyllene ($r=-0,36$), humulene ($r=0,31$) ve anethole ($r=0,00$) düzeylerinde benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.15; Şekil 4.16)

Tablo 4.13. Uygulamaların uçucu yağ bileşikleri üzerindeki etkisine ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

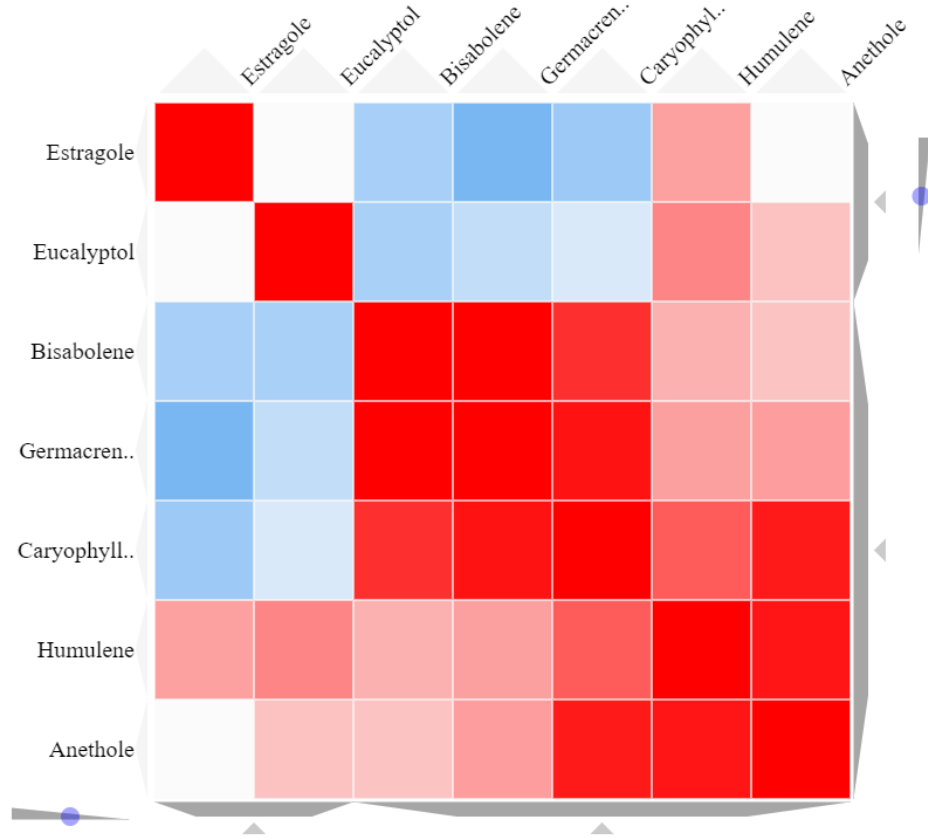
Matrix Values -1 1	50% LVC	25% LVC	100% LVC	75% LVC	WS	Control	75% LVC+ WS	50% LVC+ WS	25% LVC+ WS	100% LVC+ WS
50% LVC	1,00	0,50	0,33	0,54	0,29	0,00	-0,84	-0,58	-0,29	-0,53
25% LVC		1,00	-0,12	0,32	0,00	0,14	-0,56	-0,56	-0,10	-0,28
100% LVC			1,00	0,89	-0,37	-0,72	-0,16	0,00	-0,33	0,00
75% LVC				1,00	-0,30	0,58	-0,46	-0,36	-0,35	-0,15
WS					1,00	0,83	-0,56	-0,52	-0,44	-0,49
Control						1,00	-0,34	-0,51	-0,30	-0,14
75% LVC+ WS							1,00	0,83	0,43	0,54
50% LVC+ WS								1,00	0,73	0,00
25% LVC+ WS									1,00	-0,15
100% LVC+ WS										1,00



Şekil 4.15. Uygulamaların uçucu yağ bileşikleri üzerindeki etkisine ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

Tablo 4.14. Uçucu yağ bileşiklerinin uygulamalara verdikleri yanıtlara ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

Matrix Values	Estrago le	Eucalypt ol	Bisabole ne	Germacrene D	Caryophyll e	Humule ne	Anetho le
-1							
1							
Estragole	1,00	0,00	-0,32	-0,49	-0,36	0,31	0,00
Eucalyptol		1,00	-0,31	-0,22	-0,13	0,40	0,19
Bisabolene			1,00	0,89	0,69	0,25	0,19
Germacrene D				1,00	0,79	0,31	0,32
Caryophyllene					1,00	0,54	0,76
Humulene						1,00	0,78
Anethole							1,00



Şekil 4.16. Uçucu yağ bileşiklerinin uygulamalara verdikleri yanıtlara ilişkin benzerlik indeksi (column similarity matrix)

Kuraklık stresi hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde önemli sorunlara neden olan en önemli çevresel problemlerdendir. Kuraklık stresi ile birlikte bitki gelişimi ve dolayısıyla verimliliğinde önemli ölçüde azalmalar meydana gelmektedir (Eriyagama *vd.*, 2009). Kuraklık stresi ile ilgili çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Web of Science Core Collection’u veri tabanı üzerinde; “drought OR water stress” gibi anahtar kelimeler kullanılarak 1 Eylül 2021 tarihli araştırmamıza göre toplam 286.614 sonuç elde edilmiştir. Çok sayıda bilimsel rapor ve çalışma bulunmasına rağmen; kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki mekanizması yeterince açıklanamamış ve bu sebeplerden ilgili alan çalışmaları güncelliğini sürekli korumaktadır. Şunu belirtmekte ve altını çizmekte fayda var, şöyle ki; kuraklığın etkisinin tüm bitkilerde aynı olmadığı gibi; kuraklığın süresi, şiddeti, frekansı ve meydana geldiği periyodunda bitkiler üzerinde önemli derecede farklılıklara neden olduğu bilinmektedir (Kulak *vd.*, 2019). Bu farklıklar nedeniyle; güncel konular olarak sürekli gündemde olacağına dair öngörülerde bulunan çalışmalar önemli sayıdadır (Sun *vd.*, 2020). Kuraklık ile mücadele yöntemlerinden olan ıslah çalışmaları uzun yıllar gerektiren bir süreç olmasının yanında uzmanlık gerektiren önemli bir süreç olduğundan, bunun yerine kısa süreli çözümler için kimyasal uygulamalara yönelim olmuştur. Ancak, uzun süreli ve aşırı yoğunlukta kimyasal gübre girdisi bitki ve ekosistem üzerinde ciddi olumsuzluklara neden olmaktadır (Kandpal, 2021). Bu sebeplerden, son dönemlerde, doğal çevre üzerinde olumsuz etkileri daha az olan ve organik kaynaklı gübrelere talep artmıştır (Alfarisy *vd.*, 2021; Leno *vd.*, 2021; Bhunia *vd.*, 2021). Organik gübreler oldukça farklı kaynaklardan elde edilmiş olsa da vermikompostlar, son zamanlarda en çok kullanılan ve potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla en fazla çalışılan organik gübrelere dendir (Celikcan *vd.*, 2021; Ding *vd.*, 2021; Hafez *vd.*, 2021; Greco *vd.*, 2021; Feizabadi *vd.*, 2021). İlgili çalışmaların çoğunlukla bitkilerin gelişimi ve verimliliği adresli olduğunun altını çizmemiz gerekmektedir. Her ne kadar konsantrasyon ve uygulama zamanına göre değişiklik gösterse de vermikompostların, bitkilerin büyümesi ve gelişimi üzerine olumlu etkisi açık bir şekilde ortaya konulmuştur. Bu tez çalışmasında; organik sıvı vermikompost gübresi ile ön koşullandırma yapılan fesleğen bitkilerinin kuraklık stresine verdiği yanıtların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu yanıtları belirlemek ve ilişkilendirmek için fesleğen bitkisinin morfolojik ve agronomik özellikleri ile uçucu yağ ve fenolik asit gibi

sekonder metabolitlere olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca, fesleğen yapraklarında makro element içerik analizi de belirlenmiştir.

Bitkiler hareketsiz yapıları nedeniyle, içinde bulunduğu yaşam alanında meydana gelen olaylara karşı sürekli hem mekanik hem de kimyasal olarak plastisite göstermek zorundadırlar. Bu bağlamda; bitkiler hücre yapılarında iyon dengesi ve ozmotik düzenlemelerinin yanı sıra; reaktif oksijen türlerinin dengelenmesi ve metabolik uyumun sağlanması yoluyla da çeşitli savunma stratejileri geliştirmişlerdir. Metabolik düzenlemelere ilişkin; sekonder metabolitlerin önemli rolleri olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Zhang vd., 2022; Ali, 2021; Brosset and Blande, 2022). Bu tez çalışmasında; vermikompost ve kuraklık stresi uygulanan fesleğen bitkisinin yapraklarında önemli sekonder metabolitlerden olan fenolik bileşik ve uçucu yağ bileşenlerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tahmin edildiği gibi; kuraklık stresi ile birlikte bitkinin agronomik özelliklerinde kritik düzeyde hasarlanmalar meydana gelmiştir. Bu sonuçlar önceki araştırmalar ile benzerlik göstermektedir (Celikcan vd., 2021; Kulak vd., 2021; Kalamartzis vd., 2020; Kalamartzis vd., 2020). Ancak, toprakta azalan su düzeyine bağlı olarak kök sisteminin olumlu etkilendiği de bilinmektedir. Bu tez çalışmasında da kuraklık stresi ile birlikte fesleğen bitkisinin hem kök uzunluğu hem de kök yaş uzunluğunda önemli artışlar belirlenmiştir. Ayrıca, kök uzunluğu ve kök yaş ağırlığının uygulamalara verdiği yanıtlar bağlamında $r= 0,83$ düzeyinde benzerlik ve korelasyon belirlenmiştir. Öte yandan, yine beklenildiği üzere, stres koşullarından bağımsız sıvı vermikompost uygulamaları ile birlikte fesleğen bitkisinin agronomik özelliklerinde olumlu düzeyde sonuçlar elde edilmiştir. Genel stres koşullarına benzer bir şekilde, vermikompost uygulamalarının kök sisteminin gelişimine etkisi açık bir şekilde gözlemlenmiştir. Bitkinin vejetatif büyüme ile ilgili karakterlerinin vermikompost uygulaması ile daha fazla biyomas göstermesi, büyüme ortamlarının hem besin elementi hem de organik madde bakımından zenginleşmesi ile açıklanabilir (Singh and Agarwal, 2001; Guzman-Albores vd., 2020; Celikcan vd., 2021). Her ne kadar, vermikompost gübre analizlerine göre hem organik hem de besin elementleri düşük düzeyde olsa da deneme toprağı ilgili gübre ile zenginleştirilmiştir. Bu zenginleştirilmeye bağlı olarak; toprağın yapısına ilave mikroorganizma, enzim ve hormon girdisi sağlanmıştır ve

bunların doğrudan bitkilerin vejetatif büyümesine olumlu katkılar sağladığı bilinmektedir (Suthar, 2010; Theunissen vd., 2010).

Fesleğen bitkisi sahip olduğu sekonder metabolitler (terpenoit ve fenolik bileşikler) bakımından önemli tıbbi ve aromatik bitkilerdendir. Su stresine maruz bırakılan fesleğen bitkisinin uçucu yağ bileşenlerinde meydana gelen değişimler birçok çalışmada rapor edilmiştir (Khalid, 2006; Mota vd., 2020; Kulak vd., 2021; Celikcan vd., 2021; Mandoulakani vd., 2017). Ancak sıvı vermikompost ve stres interaksyonuna yönelik çalışmalara rastlanılamamıştır. Bu sebeplerden dolayı; bu çalışmada, uçucu yağ bileşiminde meydana gelen olası plastisiteyi gözlemek ve bu kimyasal plastisitenin bitkinin toleransına yönelik katkısı bağlamında korelasyon yapmak amacıyla fesleğen bitkisi model bitki olarak kullanılmıştır. Bitki sistemlerinde büyüme ve gelişme proseslerinde kullanılmayan karbon fazlasının (primer metabolizmada kullanılmayan) sekonder metabolizmada kullanıldığı bir dizi araştırmada bildirilmiştir. Primer metabolizmadan sekonder metabolizmaya karbon bağlamında bu geçişin bitkilerin strese karşı geliştirmiş olduğu savunma sistemi ile ilintili olduğu bilinmektedir. Yine birçok çalışmada detaylıca bildirildiği ve üniversal olduğu bilinen antioksidan sistemine ek olarak, bitkiler sekonder metabolitlerin inşası ile non-enzimatik bir savunma sistemi de geliştirmişlerdir. Bitkiler, enzimatik ve enzimatik olmayan stratejiler ile organize bir savunma savunma sistemi ile yaşamsal fonksiyonlarını devam ettirmektedirler (Bennett and Wallsgrave, 1994; Wink, 2003; Harborne, 2007; Bednarek, 2012; Pagare vd., 2015).

Bu çalışmada uçucu yağ kompozisyonları incelendiğinde; *estragole* majör bileşen olarak belirlenmiştir. Her ne kadar istatistiksel değerlendirmelere göre, yapılan uygulamalar ve interaksyonları arasında önemli farklılıklar belirlenmiş olsa da bileşene ilişkin miktar değişimleri oldukça düşük düzeydedir. Stres ile birlikte azalan miktar, %25'ik konsantrasyon ve stres interaksyonu ile en yüksek değere ulaşmıştır. Öte yandan, *eucalyptol* içeriği de strese bağlı olarak azalış gösterirken en yüksek değere %100'ik konsantrasyon ve stres interaksyonunda ulaşmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulguların, Celikcan vd., (2021) tarafından bildirilen veriler ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Celikcan vd., (2021) katı vermikompostun kuraklı stresine etkisini inceledikleri çalışmada strese bağlı olarak hem *estragole* hem de *eucalyptol* önemli

azalmaların olduğunu bildirmişlerdir. Yine benzer şekilde düşük vermikompost düzeyi ve stres interaksyonu ile en yüksek *estragole* düzeyine ulaşılabileceğini bildirmişlerdir.

Hem bitki hem de insan/hayvanların sağlığı bağlamında fenolik bileşiklerin büyük bir önemi vardır. Tüm canlı gruplarında ortak olan oksidatif stresin azaltılmasında bu metabolitlerin fonksiyonleri birçok çalışma ile gösterilmiştir. Ancak, vermikompost ve onun stres ile interaksyonu neticesinde fesleğen bitkisinin yaprak dokularındaki fenolik bileşik plastisitesine yönelik sadece bir çalışma bulunmaktadır (Celikcan vd., 2021). İlgili çalışmada vermikompostun katı formu kullanılmıştır. Ancak bu çalışma kapsamında ise sıvı vermikompost kullanılmış ve kuraklık stresine karşı etkisi/potansiyeli test edilmiştir. Çalışma bu alanda ilk olma özelliği taşımaktadır. Fesleğen bitkisinin majör fenolik bileşikleri *caffeic acid*, *rosmarinic acid* ve *chicoric acid*'tir (Bahcesular vd., 2021). Bu çalışma kapsamında, *caffeic acid* ve *rosmarinic acid* miktarı tayin edilebilmiştir. Kuraklık stresi ile birlikte *rosmarinic acid* içeriğinde önemli düzeyde artış sağlanmıştır ve bu bulgular Fletcher vd., (2005), Moradbeygi vd., (2020) ve Keshavarz Mirzamohammadi vd., (2021) ile benzerlik göstermektedir. Yine bu çalışmada, su stresi ile birlikte *caffeic acid* içeriğinde önemli düzeyde azalmalar belirlenmiştir. Ayrıca, stres koşullarından bağımsız, %100'lik vermikompost konsantrasyonlarının tek başına kullanılması ya da stres ile interaksyonundan bağımsız olarak *caffeic acid* biyosentezini önemli düzeyde inhibe ettiği not edilmiştir. Ancak, daha düşük yoğunluktaki sıvı vermikompost uygulamalarının stres ile interaksyonun ilgili bileşiğin miktarını artırdığı görülmüştür. Ancak katı vermikompost formları, kuraklık stresi ve bunların interaksyonunun fesleğen bitkisinin *caffeic acid* içeriğini önemli düzeyde artırdığı bildirilmiştir (Celikcan vd., 2021).

4.11. Çalışmanın Öne Çıkan Bulguları (Highlights)

Bu tez kapsamında, ilk defa bir ay boyunca (haftada bir kez olmak üzere toplam 4 kez) deneme toprakları vermikompost sızıntıları ile zenginleştirilmiştir. Bu süre sonunda, fesleğen bitkileri solma noktasına varana dek kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Bu çalışma ile birlikte, ilk defa sıvı vermikompost (vermikompost sızıntısı; *vermicompost leakage*) ve kuraklık interaksyonunun fesleğen bitkisinin sekonder metabolit içeriğine etkisi incelenmiş olup özgün sonuçlar rapor edilmiştir. *Shikimic acid*, *naringin* ve *rosmarinic acid* bileşenlerin önemli bir şekilde yapılan uygulamalara yanıt verdiği gözlemlenmiştir. Sekonder metabolit kompozisyonuna ek olarak, fesleğen

bitkisinin bazı agronomik özellikleri de incelenmiştir. Agronomik parametrelerden, kök sistemine ilişkin verilerin önemli bir ayırıcı faktör olabileceği belirlenmiştir. Bu sebeplerden, bu tez çalışmasının ilgili çalışmalar için bir temel oluşturacağı düşünülmektedir.

4.12. Uygulama için çıkarımlar (Implications for practice)

Bilimin doğası, araştırma ve bu araştırmalar neticesinde elde edilen bulguların uygun bir şekilde rapor edilmesine dayanmaktadır. Ayrıca, tüm araştırma neticelerinin mutlak bir uygulama alanı bulacağı diye kesin bir olgununda olmadığı gerçeğini de vurgulamamız gerekmektedir. Bilimsel sonuçlar, yoğun ve uzun yıllar süren ciddi emeklerin kümülatif neticesidir. Bir araştırma neticesinde elde edilecek bulgularında genelleştirilemeyeceği gerçeği de unutulmamalıdır. Bu çalışma özelinde ise; denemeye alınan fesleğen çeşidi, yetiştirilme ortamı, uygulanan stres tipi ile uygulanan vermikompost tipi gibi faktörlerin önceki çalışmalardan oldukça farklı olduğu görülmektedir. Yine hem bu çalışma hem de fesleğen bitkisi özelinde şunu belirtmemizde fayda var, şöyle ki; fesleğen bitkisinin toprak üstü kısımları çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Ancak, bu çalışma sonuçlarına göre, vermikompost uygulamalarının stres ortamında yetiştirilen fesleğen bitkisinin toprak üstü kısımlarına herhangi bir etkisi belirlenmemiştir. Bulgular ve tartışma bölümünde de belirtildiği üzere, fesleğen bitkisinin kök sistemine etkisi önemli bulunmuştur. Bu sebeplerden dolayı, fesleğen bitkisi için vermikompost uygulamalarının stres ile mücadelede kullanılması çok rasyonel görünmemektedir. Ancak, toprak altı kısımları kullanılan bitkiler için bu uygulamalar daha gerçekçi ve rasyonel olabilir.

4.12.1. Çalışmanın Sınırlılıkları (Limitations)

Bu tez çalışması yarı kontrollü sera koşullarında ve saksıda yürütülmüştür. Doğal ortam koşullarında, bitkiler birçok stres faktörü ile karşılaşabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı, büyüme ortamlarının kontrol altına alınamayacağı gerçeği nedeniyle bu tez çalışmasının ön bir çalışma olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, yapılan uygulamanın kuraklık stresine karşı önemli düzeyde koruyucu bir etkisinin olmadığı da belirlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Canlıların yaşam alanlarında doğal ya da antropojenik kaynaklı etkiler ile bir dizi olumsuzluklar meydana gelebilmektedir. Bitkiler ise, tarım alanlarının korunması ve sürdürülebilirliği büyük bir önem taşımaktadır. Bu amaç ve hedefler doğrultusunda, toprak ve bitkinin doğa ile daha uyumlu olan bir çeşit organik gübre çeşidi olan vermikompostun kuraklık stresine maruz bırakılan fesleğen bitkisi üzerine etkisi incelenmiştir. Parametre olarak; fesleğen bitkisinin bazı tarımsal özellikleri ile sekonder metabolitlerinde meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Öngörüldüğü üzere, kuraklık stresi bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, yaprak uzunluğu ve yaprak çapını kritik düzeyde olumsuz etkilemiştir. Yine beklenildiği gibi, vermikompost uygulamaları da, yaprak uzunluğu haricindeki diğer tüm parametreleri önemli ölçüde olumlu etkilemiştir. Bu bulgular, mevcut alan yazım raporları ile tamamen uyum içindedir. Ancak, vermikompost ve kuraklık interaksiyonunun sadece kök uzunluğu ve kök yaş ağırlığı üzerinde önemli etkileri olmuştur. Sekonder metabolit özelinde ise; uçucu yağ bileşeni olarak, *humulene*, *anethol*, *eucalyptol*, *estragole*, *bisablene*, *germacrene* ve *caryophyllene* araştırılmıştır. Sonuçlara göre; *estragole* majör bileşen olarak not edilmiştir (yaklaşık %85-90 arasında). Denemelere göre en yüksek *estragole* içeriği %25 LVC +Kuraklık stresi, Kuraklık stresi ve kontrol grubunda belirlenmiştir. Sıvı vermikompost uygulamalarının bu bileşiği olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Öte yandan, fenolik bileşiklerden *caffeic acid*'in stresle birlikte azaldığı ancak vermikompost uygulamaları ile birlikte arttığı belirlenmiştir. Rozmarinic acid içeriğinde ise kuraklık stresi ile birlikte artış gözlemlenmiştir ve en yüksek değere %25 vermikompost ve kuraklık stresinde ulaşmıştır. Ancak %25 ve %50'lik vermikompost uygulamaları stres olsun ya da olmasın bileşenlerin miktarını artırmıştır. Genel olarak değerlendirme yaptığımızda; bileşenlerin deney gruplarına bağlı olarak net ayrımlanmadığı (kümelendiği görülmüştür).

Sonuç olarak, bitkinin morfolojik ve agronomik özellikleri %25 ve %50'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 %25 ve %50'lik vermikompost uygulamasında ulaşmıştır.

KAYNAKLAR

- AbdElgawad, H., Zinta, G., Hegab, M., M., Pandey, R., Asard, H., Abuelsoud, W., 2016. High salinity induces different oxidative stress and antioxidant responses in maize seedlings organs. *Frontiers in Plant Science*,7:276.
- Adhikary, S., 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences*, 3, 905-917.
- Agarwal, P. K., Jha, B., 2010. Transcription factors in plants and ABA dependent and independent abiotic stress signalling. *Biologia Plantarum*, 54(2), 201-212.
- Ahmad, P., Jaleel, C., Salem, M.A., Nabi, G., Sharma, S., 2010. Roles of enzymatic and nonenzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. *Crit Rev Biotechnol*, 30,161–175.
- Alfarisy, M. Y., Yassi, A., Mustari, K., 2021. Increasing productivity and biomass of corn plants toward grant organic fertilizer and liquid organic fertilizer. ENDLESS: *International Journal of Future Studies*, 4(2), 236-248.
- Ali, B., 2021. Salicylic acid: An efficient elicitor of secondary metabolite production in plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 31, 101884.
- Al-Yasi, H., Attia, H., Alamer, K., Hassan, F., Ali, E., Elshazly, S., Hessini, K., 2020. Impact of drought on growth, photosynthesis, osmotic adjustment, and cell wall elasticity in Damask rose. *Plant Physiology and Biochemistry*, 150, 133-139.
- Arora, M., Saxena, P., Abdin, M. Z., Varma, A., 2020. Interaction between *Piriformospora indica* and *Azotobacter chroococcum* diminish the effect of salt stress in *Artemisia annua* L. by enhancing enzymatic and non-enzymatic antioxidants. *Symbiosis*, 80(1), 61-73.
- Assaf, M., Korkmaz, A., Karaman, Ş., Kulak, M., 2022. Effect of plant growth regulators and salt stress on secondary metabolite composition in Lamiaceae species. *South African Journal of Botany*, 144, 480-493.

- Ayastuy, M. E., Muscolino, C., Fernandez, J. A., Belladonna, D., Rodriguez, R. A., Caro, L., Hernandez, L. F., 2020. Effect of organic substrate and aqueous extract of vermicompost on nursery basil growth. *Acta Horticulturae*, 71-76.
- Bağtour, 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 pharmaceutica Sinica. B*, 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.
- Bednarek, P., 2012. Chemical warfare or modulators of defence responses—the function of secondary metabolites in plant immunity. *Current Opinion in Plant Biology*, 15(4), 407-414.
- Befrozfar, M. R., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Sadeghi-Shoae, M., Tookallo, M. R., 2013. Vermicompost, plant growth promoting bacteria and humic acid can affect the growth and essence of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Annals of Biological Research*, 4(2), 8-12.
- Bennett, R. N., Wallsgrove, R. M., 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New phytologist*, 127(4), 617-633.
- Bernardo, L., Carletti, P., Badeck, F. W., Rizza, F., Morcia, C., Ghizzoni, R., Lucini, L., 2019. Metabolomic responses triggered by arbuscular mycorrhiza enhance tolerance to water stress in wheat cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 137, 203-212.
- Bhunja, S., Bhowmik, A., Mallick, R., Debsarcar, A., Mukherjee, J., 2021. Application of recycled slaughterhouse wastes as an organic fertilizer for successive cultivations of bell pepper and amaranth. *Scientia Horticulturae*, 280, 109927.

- Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S., Mathieu, J., 2019. Vermicompost significantly affects plant growth. *A meta-analysis. Agronomy for Sustainable Development*, 39(4), 1-15.
- Brosset, A., Blande, J. D., 2022. Volatile-mediated plant–plant interactions: volatile organic compounds as modulators of receiver plant defence, growth, and reproduction. *Journal of Experimental Botany*, 73(2), 511-528.
- Caretto, S., Linsalata, V., Colella, G., Mita, G., Lattanzio, V., 2015. Carbon fluxes between primary metabolism and phenolic pathway in plant tissues under stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(11), 26378-26394.
- Carović-Stanko, K., Petek, M., Grdiša, M., Pintar, J., Bedeković, D., Satovic, Z., 2016. Medicinal plants of the family Lamiaceae as functional foods—a review. *Czech journal of food sciences*, 34(5), 377-390.
- Celik, E., Durmus, A., Adizel, O., Uyar, H. N., 2021. A bibliometric analysis: what do we know about metals (oids) accumulation in wild birds?. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(8), 10302-10334.
- Celikcan, F., Kocak, M. Z., Kulak, M., 2021. Vermicompost applications on growth, nutrition uptake and secondary metabolites of *Ocimum basilicum* L. under water stress: A comprehensive analysis. *Industrial Crops and Products*, 171, 113973.
- Chelariu Elena Liliana, C., Ghiorghe, N., Turcu., 2018. Vermicompost influence on production of *Ocimum basilicum* L. seedlings". *Lucrări Științifice USAMV – Iași Seria Horticultură*, 61(1), 203-206.
- Chen, D., Shao, Q., Yin, L., Younis, A., Zheng, B., 2019. Polyamine function in plants: metabolism, regulation on development, and roles in abiotic stress responses. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1945.
- Corpas, F. J., 2019. Hydrogen sulfide: a new warrior against abiotic stress. *Trends in Plant Science*, 24(11), 983-988.

- Cramer, G. R., Urano, K., Delrot, S., Pezzotti, M., Shinozaki, K., 2011. Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. *BMC plant biology*, 11(1), 1-14.
- De Luca, V., St Pierre, B., 2000. The cell and developmental biology of alkaloid biosynthesis. *Trends in Plant Science*, 5(4),168–173.
- Demir H., Polat E. Sönmez İ., 2010. Ülkemiz için yeni bir organik gübre: solucan gübresi. *Tarım Aktüel*, 14, 54-60.
- Ding, Z., Kheir, A. M., Ali, O. A., Hafez, E. M., ElShamey, E. A., Zhou, Z., Seleiman, M. F., 2021. A vermicompost and deep tillage system to improve saline-sodic soil quality and wheat productivity. *Journal of Environmental Management*, 277, 111388.
- Domínguez, J., Edwards, C.A., 2011. Vermiculture technology: earthworms, organic waste and environmental management: In: Sherman (Eds), *Relationships between composting and vermicomposting: relative values of the products, 2nd edn., CRC Press*. Boca Raton, Florida, pp 1-14.
- Dreher, K., Callis, J., 2007. Ubiquitin, hormones and biotic stress in plants. *Annals of Botany*, 99(5), 787-822.
- Erb, M., Kliebenstein, D.J., 2020. Plant secondary metabolites as defenses, regulators, and primary metabolites: the blurred functional trichotomy. *Plant Physiol*, 184(1), 39–52
- Eriyagama, N., Smakhtin, V. Y., Gamage, N., 2009. Mapping drought patterns and impacts: a global perspective (Vol. 133). *International Water Management Institute (IWMI)*, Colombo, Sri Lanka.
- 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.
- Fang, C., Fernie, A.R., Luo, J., 2019. Exploring the diversity of plant metabolism. *Trends in Plant Science*, 24 (1), 83–98.

- Feizabadi, A., Noormohammadi, G., Fatehi, F., 2021. Changes in growth, physiology, and fatty acid profile of rapeseed cultivars treated with vermicompost under drought stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(1), 200-208.
- Fleta-Soriano, E., Munné-Bosch, S., 2016. Stress memory and the inevitable effects of drought: a physiological perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, 143.
- Fletcher, R. S., Slimmon, T., McAuley, C. Y., Kott, L. S., 2005. Heat stress reduces the accumulation of rosmarinic acid and the total antioxidant capacity in spearmint (*Mentha spicata* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(14), 2429-2436.
- Gharib, F.A., 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *International Journal of Agriculture & Biology*, 4, 485–492.
- Gill, S. S., Tuteja, N., 2010. Polyamines and abiotic stress tolerance in plants. *Plant Signaling & Behavior*, 5(1), 26-33.
- Glantz, M. H., Katz, R. W., 1977. When is a drought a drought?. *Nature*, 267(5608), 192-193.
- Goharrizi, K. J., Moosavi, S. S., Amirmahani, F., Salehi, F., Nazari, M., 2020. Assessment of changes in growth traits, oxidative stress parameters, and enzymatic and non-enzymatic antioxidant defense mechanisms in *Lepidium draba* plant under osmotic stress induced by polyethylene glycol. *Protoplasma*, 257(2), 459-473.
- Greco, C., Comparetti, A., Fascella, G., Febo, P., La Placa, G., Saiano, F., Laudicina, V. A., 2021. Effects of vermicompost, compost and digestate as commercial alternative peat-based substrates on qualitative parameters of *Salvia officinalis*. *Agronomy*, 11(1), 98.
- Green, B. W., 2015. Fertilizers in aquaculture. *In Feed and Feeding Practices in Aquaculture* (pp. 27-52). Woodhead Publishing.
- Gulmez, C., Kulak, M., 2021. New Insights to enhance the desired anti-diabetic compounds in medicinal and aromatic plants exposed to abiotic stress factors.

In Biotechnology of Anti-diabetic Medicinal Plants (pp. 285-306). Springer, Singapore.

- 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.
- Hafez, E. M., Omara, A. E. D., Alhumaydhi, F. A., El-Esawi, M. A., 2021. Minimizing hazard impacts of soil salinity and water stress on wheat plants by soil application of vermicompost and biochar. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 587-602.
- Harborne, J. B., 2007, September. Role of secondary metabolites in chemical defence mechanisms in plants. In *Ciba Foundation Symposium 154-Bioactive Compounds from Plants: Bioactive Compounds from Plants*: Ciba Foundation Symposium 154 (pp. 126-139). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd..
- 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.
- Kalamartzis, I., Dordas, C., Georgiou, P., Menexes, G., 2020a. The use of appropriate cultivar of basil (*Ocimum basilicum*) can increase water use efficiency under water stress. *Agronomy*, 10(1), 70.
- Kalamartzis, I., Menexes, G., Georgiou, P., Dordas, C., 2020b. Effect of water stress on the physiological characteristics of five basil (*Ocimum basilicum* L.) Cultivars. *Agronomy*, 10(7), 1029.

- Kandpal, G., 2021. Review on impact of chemical fertilizers on environment. *International Journal of Modern Agriculture*, 10(1), 758-763.
- Keramati, S., Pirdashti, H., Babaeizad, V., Dehestani, A., 2016. Essential oil composition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) in symbiotic relationship with *Piriformospora indica* and paclobutrazol application under salt stress. *Acta Biologica Hungarica*. 67, 412–423.
- Keshavarz Mirzamohammadi, H., Modarres-Sanavy, S. A. M., Sefidkon, F., Mokhtassi-Bidgoli, A., Mirjalili, M. H., 2021. Irrigation and fertilizer treatments affecting rosmarinic acid accumulation, total phenolic content, antioxidant potential and correlation between them in peppermint (*Mentha piperita* L.). *Irrigation Science*, 39(5), 671-683.
- Khalid, K. A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs [*Ocimum* sp.]. *International Agrophysics*, 20(4).
- 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-Rodriguez, 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.
- Lazcano, C., Domínguez, J., 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. *Soil Nutrients*, 10(1-23), 187.
- Leno, N., Sudharmaidevi, C. R., 2021. Physicochemical and nutrient release characteristics of a thermochemical organic fertilizer produced from degradable solid waste and its effect on productivity of Banana. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1-16.

- Li, X., Liu, F., 2016. Drought stress memory and drought stress tolerance in plants: biochemical and molecular basis. *In Drought Stress Tolerance in Plants*, (17-44). Springer, Cham.
- Liao, H., Tang, M., Luo, L., Li, C., Chiclana, F., Zeng, X. J., 2018. A bibliometric analysis and visualization of medical big data research. *Sustainability*, 10(1), 166.
- 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.
- 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.
- Mishra, A. K., Singh, V. P., 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 202-216.
- Mittler, R., 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science*, 11(1), 15-19.
- 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.
- Moradi, H., Fahramand, M., Sobkhizi, A., Adibian, M., Noori, M., Abdollahi, S., Rigi, K., 2014. Effect of vermicompost on plant growth and its relationship with soil properties. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3(3), 333-338.
- Morelli, F., Ferarrese, L., Munhoz, C. L., Alberton, O., 2017. Antimicrobial activity of essential oil and growth of *Ocimum basilicum* (L.) inoculated with mycorrhiza and humic substances applied to soil. *Genetics and Molecular Research*, 16(3), 16039710.

- Mota, I., Sánchez-Sánchez, J., Pedro, L. G., & Sousa, M. J., 2020. Composition variation of the essential oil from *Ocimum basilicum* L. cv. Genovese Gigante in response to *Glomus intraradices* and mild water stress at different stages of growth. *Biochemical Systematics and Ecology*, 90, 104021.
- Nadarajah, K. K., 2020. ROS homeostasis in abiotic stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(15), 5208.
- Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N., Pagare, S., Bansal, Y. K., 2015. Secondary metabolites of plants and their role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9(3), 293-304.
- Pandey, A. K., Singh, P., Tripathi, N. N., 2014. Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: an overview. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(9), 682-694.
- Park, C. J., Park, J. M., 2019. Endoplasmic reticulum plays a critical role in integrating signals generated by both biotic and abiotic stress in plants. *Frontiers in Plant Science*, 10, 399.
- Passioura, J., 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 113-117.
- Petropoulos, S. A., Daferera, 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. *Scientia Horticulturae*, 115(4), 393-397.
- Rahmanian, M., Esmailpour, B., Hadian, J., Shahriari, M. H., Fatemi, H., 2017. The Effect of organic fertilizers on morphological traits, essential oil content and components of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(3), 103-118.
- Ramasubramania, Raja R., 2012. Medicinally potential plants of labiatae (Lamiaceae) family: an overview. *Research Journal of Medicinal Plants*, 6, 203-213.
- Reddy, A. R., Teja, K. S., Varghese, R. P., Deepthi, M., Sastry, K. P., 2018. Influence of different doses of vermicompost and NPK on growth of herb *Ocimum*

- tenuiflorum* var. CIM-Ayu. **Research Journal of Pharmacy and Technology**, 11(5), 1713-1717.
- Rekha, G. S., Kaleena, P. K., Elumalai, D., Srikumaran, M. P., Maheswari, V. N., 2018. Effects of vermicompost and plant growth enhancers on the exo-morphological features of *Capsicum annum* (Linn.) Hepper. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, 7(1), 83-88.
- Reyes Araujo, D. Y., Mora Herrera, M. E., & Lugo, J. (2020). Estabilización por vermicomposteo de lodos residuales aplicados en la productividad de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, 36(2), 371-381.
- Rezaei-Chiyaneh, E., Amani Machiani, M., Javanmard, A., Mahdavia, 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**, 21(1), 450-466.
- Rodríguez, M., Canales, E., Borrás-Hidalgo, O., 2005. Molecular aspects of abiotic stress in plants. **Bioteología Aplicada**, 22(1), 1-10.
- Sallaku, G., Babaj, I., Kaciu, S., Balliu, A., 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, 7(3-4), 869-872.
- Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F., Sangwan, R. S., 2001. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, 34(1), 3-21.
- Shaji, H., Chandran, V., Mathew, L., 2021. Organic fertilizers as a route to controlled release of nutrients. **In Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture**, (231-245). Academic Press.
- Shulaev, V., Cortes, D., Miller, G., Mittler, R., 2008. Metabolomics for plant stress response. **Physiologia Plantarum**, 132(2), 199-208.

- Singh, R., Agarwal, S. K., 2001. Growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by levels of farmyard manure and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy*, 46(3), 462-467.
- Slette, I. J., Post, A. K., Awad, M., Even, T., Punzalan, A., Williams, S., Knapp, A. K., 2019. How ecologists define drought, and why we should do better. *Global Change Biology*, 25(10), 3193-3200.
- 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.
- Suthar, S., 2010. Evidence of plant hormone like substances in vermiwash: An ecologically safe option of synthetic chemicals for sustainable farming. *Ecological Engineering*, 36(8), 1089-1092.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P.A., Laubscher, C.P., 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences*, 5:1964–1973
- Tombesi, S., Frioni, T., Poni, S., Palliotti, A., 2018. Effect of water stress “memory” on plant behavior during subsequent drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 150, 106-114.
- Wilhite, D.A (Ed.), 2000. Drought: A Global Assessment, vol. 1, *Routledge, New York*, pp. 1-18.
- Wink, M., 2003. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64(1), 3-19.
- Xia, H., Ni, Z., Hu, R., Lin, L., Deng, H., Wang, J., Liang, D., 2020. Melatonin alleviates drought stress by a non-enzymatic and enzymatic antioxidative system in kiwifruit seedlings. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 852.
- Yıldız, M., Gürkan, M. O., Turgut, C., Kaya, Ü., Ünal, G., 2005. Tarımsal savaşımında kullanılan pestisitlerin yol açtığı çevre sorunları. *VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara*.

Yu, Y., Li, Y., Zhang, Z., Gu, Z., Zhong, H., Zha, Q., Chen, E., 2020. A bibliometric analysis using VOSviewer of publications on COVID-19. *Annals of Translational Medicine*, 8(13).

Zhang, W., Wang, S., Yang, J., Kang, C., Huang, L., Guo, L., 2022. Glycosylation of plant secondary metabolites: Regulating from chaos to harmony. *Environmental and Experimental Botany*, 194, 104703.

