

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**SU KÜLTÜRÜNDE YAPRAKTAN UYGULANAN
BESİN ELEMENTLERİNİN REYHAN VE FESLEĞEN
BİTKİLERİNİN BESLENME DURUMU, VERİM VE
KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Doktora Tezi

Gülen Gonca MERSİN

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

İzmir
2025

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**SU KÜLTÜRÜNDE YAPRAKTAN UYGULANAN
BESİN ELEMENTLERİNİN REYHAN VE FESLEĞEN
BİTKİLERİNİN BESLENME DURUMU, VERİM VE
KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Gülen Gonca MERSİN

Danışman: Prof. Dr. Burçin ÇOKUYSAL

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Bitki Besleme Doktora Programı

İzmir
2025

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum **“Su Kültüründe Yaprakdan Uygulanan Besin Elementlerinin Reyhan ve Fesleğen Bitkilerinin Beslenme Durumu, Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi”** başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

03 / 03 / 2025

Gülen Gonca MERSİN

ÖZET**SU KÜLTÜRÜNDE YAPRAKTAN UYGULANAN BESİN
ELEMENTLERİNİN REYHAN VE FESLEĞEN BİTKİLERİNİN
BESLENME DURUMU, VERİM VE KALİTE ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

MERSİN, Gülen Gonca

Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Burçin ÇOKUYSAL

Mart 2025, 152 sayfa

Bu çalışma, topraksız tarım koşullarında derin su kültürü yöntemiyle yetiştirilen fesleğen ve reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkilerinde beslenme durumu, verim ve kaliteyi optimize etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma, kontrol grubu ve üç farklı gübre formülasyonu içeren toplam dört uygulama ile, tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemeler, her iki bitki çeşidi için toplam 32 adet köpük viyolden oluşmaktadır. Denemede üç farklı gübre formülasyonu (%1 Potasyum Nitrat, %0,2 Demir Sülfat ve %1 Potasyum Nitrat + %0,2 Demir Sülfat) 2 hafta arayla iki kez yapraktan uygulanmıştır. Çalışmada elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, anlamlı farklılık gösteren interaksiyonlar Duncan testi ile istatistiksel olarak gruplandırılmıştır.

Vejetasyon dönemi sonunda, alınan bitki örneklerinde yaş ve kuru herba verimi, bitki boyu, uçucu yağ oranı ve besin elementleri (N, K, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn) içerikleri analiz edilmiştir. Ayrıca, bitkilerin farklı kısımları ile kaldırdığı besin elementi miktarları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar genel olarak, çeşitler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir.

Uygulamalar değerlendirildiğinde, Dino fesleğen çeşidinde en yüksek yaş ve kuru herba verimi K+Fe uygulamasıyla sırasıyla 2178,06 g/m² ve 463 g/m² olarak

belirlenirken, Rosie reyhan çeşidinde en yüksek verim K uygulamasıyla sırasıyla 1319,75 g/m² ve 226,13 g/m² olarak elde edilmiştir. En yüksek uçucu yağ oranı, fesleğende %0,749, reyhanda ise %0,645 ile K+Fe uygulamasında gözlenmiştir. Bitki boyu bakımından da en iyi sonuçlar, K+Fe uygulamasında fesleğen için 37,31 cm, reyhan için 31,20 cm olarak kaydedilmiştir.

Sap ve yaprak analizleri sonucunda, fesleğenin yapraklarındaki N, P, K içerikleri sırasıyla %5,78-6,03; %0,657-0,709; %2,94-3,76 aralığında belirlenmiş, sap içerikleri ise %2,77-3,41; %0,533-0,618; %2,70-5,29 aralığında değişkenlik göstermiştir. Fesleğenin herba ile kaldırdığı N, P, K miktarları ise sırasıyla 14,26 - 32,51g m⁻¹; 1,88-4,18 g m⁻¹ 8,80 -22,45g m⁻¹ aralıklarında elde edilmiştir. Reyhanda ise N, P, K yaprak içerikleri %4,14-5,06; %0,614-0,699; %1,16-2,03, sap içerikleri ise %2,62-3,16; %0,454-0,599; %2,52-3,09 aralığında tespit edilmiştir. Reyhanın herba ile kaldırdığı N, P, K miktarları ise sırasıyla 6,19 -9,31g m⁻¹; 0,99-1,39 g m⁻¹ 3,13 -6,01g m⁻¹ aralıklarında elde edilmiştir.

Uygulamalar ile elde edilen sonuçlar verim ve kalite özellikleri açısından ele alındığında, yapraktan uygulanan K+Fe' in daha etkili sonuçlar gösterdiği ve uygulamanın her iki çeşit için de önerilebileceği sonucuna varılmıştır. K+Fe uygulamasının, bitkilerde yaş-kuru herba verimleri, bitki boyu, uçucu yağ oranı, K ve Fe içerikleri ile bitkilerin kaldırdığı N, K, Zn, Fe ve Mn besine elementi miktarları üzerine olumlu yönde etki ettiği belirlenmiştir. Bulgular istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.

Anahtar sözcükler: *Ocimum Basilicum* L., Fesleğen, Reyhan, Yapraktan Gübreleme, Demir, Potasyum.

ABSTRACT**EFFECT OF FOLIAR APPLICATION OF SOME PLANT
NUTRITION'S ON BASIL VARIETIES NUTRITIONAL STATUS,
YIELD AND QUALITY PARAMETERS IN AQUA CULTURE
PRODUCTION TECHNIQUES**

MERSİN, Gülen Gonca

PhD in Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Burçin ÇOKUYSAL

March 2025, 152 pages

This study aims to optimize the nutritional status, yield, and quality of basil and purple basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in soilless culture conditions using the deep-water culture technique. The research was conducted using a randomized complete block design with four replications, consisting of a control group and three different fertilizer formulations, resulting in a total of four treatments. The experiment included 32 foam vials in total for both plant varieties. Three different fertilizer formulations (1% Potassium Nitrate, 0.2% Iron Sulfate, and 1% Potassium Nitrate + 0.2% Iron Sulfate) were applied twice as foliar spray at two-week intervals. The obtained data were subjected to variance analysis and interactions showing significant differences were statistically grouped using Duncan's test.

Plant samples were analyzed at the end of the vegetation period for fresh and dry herb yield, plant height, essential oil content, and nutrient element concentrations (N, K, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn). Additionally, the amounts of nutrients removed by different plant parts were determined. Overall, the results showed statistically significant differences between the varieties.

According to the treatment results, the highest fresh and dry herb yields in the 'Dino' basil variety were obtained with the K+Fe treatment, measuring 2178.06 g/m² and 463 g/m², respectively, while the highest yields in the 'Rosie' purple basil

variety were recorded with the K treatment, at 1319.75 g/m² and 226.13 g/m², respectively. The highest essential oil content was observed in the K+Fe treatment, with 0.749% in basil and 0.645% in purple basil. In terms of plant height, the best results were also obtained with the K+Fe treatment, measuring 37.31 cm for basil and 31.20 cm for purple basil.

Leaf and stem analyses revealed that the N, P, and K contents in basil leaves ranged from 5.78–6.03%, 0.657–0.709%, and 2.94–3.76%, respectively, while in the stems, these values varied between 2.77–3.41%, 0.533–0.618%, and 2.70–5.29%, respectively. The total amounts of N, P, and K removed by basil herbs were determined as 14.26–32.51 g/m², 1.88–4.18 g/m², and 8.80–22.45 g/m², respectively. In purple basil, leaf N, P, and K contents ranged from 4.14–5.06%, 0.614–0.699%, and 1.16–2.03%, while stem contents were 2.62–3.16%, 0.454–0.599%, and 2.52–3.09%, respectively. The total amounts of N, P, and K removed by purple basil herbs were determined as 6.19–9.31 g/m², 0.99–1.39 g/m², and 3.13–6.01 g/m², respectively.

Considering the results in terms of yield and quality characteristics, foliar application of K+Fe exhibited the most effective outcomes and is recommended for both varieties. The K+Fe treatment positively influenced fresh and dry herb yields, plant height, % essential oil, K and Fe concentrations, as well as the amounts of N, K, Zn, Fe, and Mn removed by the plants. The findings were also statistically significant.

Keywords: *Ocimum Basilicum* L., Basil, Fertilizer, Iron, Potassium.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, su kültürü yöntemiyle yetiştirilen fesleğen ve reyhan bitkilerinin beslenme durumunu, verimini ve kalitesini optimize etmeyi hedeflemektedir. Özellikle su kültüründe yapraktan uygulanan demir ve potasyum içerikli besin elementlerinin bu bitkiler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma su kültüründe yetiştirilen fesleğen ve reyhan bitkilerinin beslenme durumunun nasıl optimize edilebileceğini ve bu optimizasyonun bitkilerin verim ve kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. Bu çerçevede yapraktan uygulanan gübrelerin bu bitkilerin kalitesi üzerindeki etkileri de ayrıntılı bir şekilde araştırılmıştır.

Araştırma su kültüründe tıbbi ve aromatik bitki üretimini daha iyi anlamamıza yardımcı olmayı hedeflemekte ve aynı zamanda reyhan ve fesleğen gibi bitkilerin ticari yetiştiriciliğinde uygulanabilir, kaliteli ve verimli sonuçlar sunmayı amaçlamaktadır. Su kültürü yöntemiyle yetiştirilen bitkilerin beslenme durumunun, bitkilerin verim ve kalitesi üzerine etkisinin daha iyi anlaşılmasına, literatürde yer alan bilgiler ışığında katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Literatür incelemesi sonucunda ulaşılan ve çalışma kapsamında elde edilen bulgular, bitkilerin daha etkin ve verimli bir şekilde yetiştirilmesine yardımcı olabilir niteliktedir.

İZMİR

03 / 03 / 2025

Gülen Gonca MERSİN

İÇİNDEKİLERSayfa

İÇ KAPAK	ii
KABUL ONAY SAYFASI	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
TABLolar DİZİNİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xx
1. GİRİŞ	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	4
2.1 Tıbbi ve Aromatik Bitki Kavramı.....	4
2.2 Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Sınıflandırılması	5
2.3 Dünyada Tıbbi ve Aromatik Bitkiler	8
2.4 Türkiye’de Tıbbi ve Aromatik Bitkiler.....	9

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.4.1 Tıbbi ve aromatik bitki olarak <i>Ocimum basilicum</i> L.	12
2.5 Topraksız Tarım	21
2.6 Topraksız Tarım Teknikleri	25
2.7 Topraksız Tarım Tekniği Olarak Su Kültürü	26
2.7.1 Aeroponik kültürü	27
2.7.2 Akan su kültürü	29
2.7.3 Durgun su kültürü	30
2.8 Yapraktan Gübreleme	32
2.8.1 Yapraktan demirli gübreleme.....	40
2.8.2 Yapraktan potasyumlu gübreleme	48
2.8.3 Tıbbi ve aromatik bitkiler ile ilgili çalışmalar	54
3. MATERYAL VE YÖNTEM	59
3.1 Deneme Alanının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	59
3.2 Denemede Kullanılan Bitki Materyalinin Özellikleri	59
3.3 Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi.....	62
3.4 Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması	64

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.5 Bitki Örneklerinin Analizleri ve Kullanılan Yöntemler	65
3.6 İstatistik Yöntemler	68
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	69
4.1 Herba Verim Sonuçları.....	69
4.2 Bitki Boyu Sonuçları	75
4.3 Uçucu Yağ Oranı Sonuçları.....	77
4.4 Toprak Üstü Organları Azot İçerikleri Sonuçları	81
4.5 Toprak Üstü Organları Fosfor İçerikleri Sonuçları	85
4.6 Toprak Üstü Organları Potasyum İçerikleri Sonuçları	87
4.7 Toprak Üstü Organları Kalsiyum İçerikleri Sonuçları	90
4.8 Toprak Üstü Organları Magnezyum İçerikleri Sonuçları.....	91
4.9 Toprak Üstü Organları Demir İçerikleri Sonuçları.....	93
4.10 Toprak Üstü Organları Bakır İçerikleri Sonuçları	95
4.11 Toprak Üstü Organları Çinko İçerikleri Sonuçları	97
4.12 Toprak Üstü Organları Mangan İçerikleri Sonuçları.....	100
4.13 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Azot Miktarları	102

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

4.14 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Fosfor Miktarları	106
4.15 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Potasyum Miktarları.....	108
4.16 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Kalsiyum Miktarları	111
4.17 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Magnezyum Miktarları	114
4.18 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Demir Miktarları	115
4.19 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Bakır Miktarları.....	118
4.20 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Çinko Miktarları.....	119
4.21 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Mangan Miktarları	121
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	124
KAYNAKLAR DİZİNİ	129
TEŞEKKÜR.....	151
ÖZGEÇMİŞ	152

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Topraksız tarım teknikleri.....	26
3.1. Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i> L.).....	61
3.2. Reyhan (<i>Ocimum basilicum</i> L.).....	61
3.3. Fesleğen ve reyhan (<i>Ocimum basilicum</i> L.) tohum ekimi ve çıkış gözlemleri.	63
3.4. Fesleğen ve reyhan (<i>Ocimum basilicum</i> L.) yapraktan gübreleme.....	63
3.5. Fesleğen ve reyhan (<i>Ocimum basilicum</i> L.) gelişme dönemi.....	64
3.6. Agronomik analiz ölçümleri.	66
3.7. Agronomik analiz ölçümleri.	66
3.8. Agronomik analiz ölçümleri.	67
3.9. Uçucu yağ analizi.....	67

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Dünyadaki tıbbi bitki türü sayıları ve oranları	9
2.2. Türkiye'deki aromatik ve tıbbi bitki türleri.....	10
3.1. Dino ve Rosie fesleğen çeşit özellikleri	60
4.1. Yaş herba ve kuru herba verim sonuçları.....	69
4.2. Bitki boyu sonuçları	75
4.3. Uçucu yağ oranı sonuçları.....	78
4.4. Toprak üstü organları azot içerikleri sonuçları	82
4.5. Toprak üstü organları fosfor içerikleri sonuçları.....	85
4.6. Toprak üstü organları potasyum içerikleri sonuçları.....	87
4.7. Toprak üstü organları kalsiyum içerikleri sonuçları	90
4.8. Toprak üstü organları magnezyum içerikleri sonuçları.....	92
4.9. Toprak üstü organları demir içerikleri sonuçları.....	93
4.10. Toprak üstü organları bakır içerikleri sonuçları.....	96
4.11. Toprak üstü organları çinko içerikleri sonuçları	97
4.12. Toprak üstü organları mangan içerikleri sonuçları	100
4.13. Toprak üstü organları ile kaldırılan azot sonuçları.....	103

TABLÖLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.14. Toprak üstü organları ile kaldırılan fosfor sonuçları	107
4.15. Toprak üstü organları ile kaldırılan potasyum sonuçları	109
4.16. Toprak üstü organları ile kaldırılan kalsiyum sonuçları	112
4.17. Toprak üstü organları ile kaldırılan magnezyum sonuçları	114
4.18. Toprak üstü organları ile kaldırılan demir sonuçları.....	116
4.19. Toprak üstü organları ile kaldırılan bakır sonuçları.....	118
4.20. Toprak üstü organları ile kaldırılan çinko sonuçları	120
4.21. Toprak üstü organları ile kaldırılan mangan sonuçları	122

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
B. subtilis	Bacillus subtilis
CO ₂	Karbon Dioksit
DFT	Derin Su Kültürü
DPPH	1,1-Diphenyl-2-Pioryl-Hydrazyl
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
E. coli	Escherichia coli
GOGAT	Glutamin Oksoglutarat Aminotransferaz
HPCL	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi
MIC	Minimal İnhibisyon Konsantrasyonu
NFT	Besleyici Film Tekniği
NH ₃	Amonyak
NO ₂	Azot Dioksit
O ₂	Oksijen
OP	Osmotik Potansiyel
S. aureus	Staphylococcus aureus
SO ₂	Sülfat

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
SOD	Süperoksit Dismutaz Enzimi
K	Potasyum
N	Azot
P	Fosfor
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Fe	Demir
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Mn	Mangan
L	Litre
g	Gram
mg	Miligram
da	Dekar
%	Yüzde

1. GİRİŞ

Bitkiler, insanlık tarihinin en eski dönemlerinden itibaren önemli bir yere sahip olmuştur. İlk zamanlarda doğadan toplanarak çeşitli amaçlarla kullanılan bitkiler, insanların yerleşik hayata geçmesiyle birlikte bahçelerde yetiştirilmeye başlanmıştır. Başlangıçta temel besin kaynağı olarak değerlendirilen bitkilerin, zamanla hastalıkların tedavisinde de etkili olduğu fark edilmiş ve bu doğrultuda tıbbi amaçlarla da yetiştiriciliği yaygınlaşmıştır (Dönmez vd., 2016).

Aromatik ve tıbbi bitkiler, ilaç, yiyecek, baharat ve kişisel bakım gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Geçmişten günümüze uzanan tarihiyle, insan sağlığını koruma ve hastalıkları tedavi etme amacıyla önemli bir yere sahiptir. Bu bitkiler, özellikle tıbbi amaçlarla değerlendirildiğinde, hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde etkili olmalarıyla öne çıkmaktadır. Bitkisel tedavi yöntemleri ise dünya genelinde “doğal”, “tamamlayıcı” ve “geleneksel” iyileştirme yaklaşımları altında uygulanmaktadır (Acıbuca ve Budak, 2018).

Türkiye, farklı iklim koşulları ve zengin ekosistemi sayesinde birçok bitki türünün doğal yetiştirme alanı olup, bu alandaki biyolojik zenginliğiyle dikkat çekmektedir. Ülkemiz barındırdığı geniş bitki çeşitliliğiyle dünyanın önde gelen ülkelerinden biri olup çok sayıda aromatik ve tıbbi bitkiler türüne ev sahipliği yapmaktadır. Uzun yıllardır ülkemizde görülmekte olan çeşitli bitki türleri halk arasında geleneksel olarak, yeme-içme, baharat gibi çeşitli alanlarda kullanılmakta ve bu kullanım nesiller arası aktarılan gelenekler haline gelmiştir. Ancak son yıllarda artış gösteren şehirleşme hayatı bu geleneğin silikleşmesine neden olmuştur (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011).

Türkiye’deki araştırmalar, yerel halkın tıbbi amaçla kullanım için birçok bitki türüne başvurduğunu ortaya koymaktadır. Ancak bu bitkilerin çoğunun kültüre alınıp üretimi yapılamamaktadır. Bu durum ülkemizin bu bitkiler üzerinde daha fazla çalışma yapma potansiyeli olduğunu göstermektedir. Öte yandan aromatik ve tıbbi bitkilerin doğadan toplanması, bazı türlerin aşırı talep nedeniyle yok olma riskiyle karşı karşıya kalmasına neden olmuştur. Sürdürülebilirlik açısından bitkilerin peyzaj düzenlemelerinde yer bulmaları oldukça önemlidir. Böylece bu

bitkilerin sürekliliği sağlanacak ve nesillerinin tükenmesi engellenecektir. Uygun bir alanda sergilenen bitkiler, bulundukları bölgenin tıbbi ve aromatik bitki çeşitliliğinin korunması açısından önemlidir (Dönmez vd., 2016).

Özellikle son zamanlarda popülaritesi artan topraksız tarım kavramı su kültürü kavramını da beraberinde getirmiştir. Toprağın bulunmadığı bir ortamda yapılan bitki yetiştirme çabalarının tümüne topraksız tarım adı verilmektedir. Bitkilerin büyüme ve gelişimi için gerekli olan su ve besin elementlerinin doğrudan kök bölgesine verilmesi prensibine dayanan bir yetiştirme sistemidir. Topraksız tarım uygulamalarında sadece bitkilerin ihtiyaç duydukları besin elementlerinin bulunduğu su kültürleri kullanılarak inorganik ve organik katı ortam kültürlerinden yararlanılmaktadır (MEGEP, 2008 a).

Tarımsal alanda uygulamaya alınan topraksız tarım yöntemi, üretimin toprak haricindeki bir besi yeriyle sıvı ya da katı ortamlarda gerçekleşmektedir. Topraksız tarım yöntemi daha çok sera yetiştiriciliğinde kullanılmakta olup son dönemlerde açık alanlarda da uygulanmaktadır (Özkan, 2014).

Topraksız tarım, çeşitli tarımsal ürünlerin yetiştirilmesini, hareketli veya durağan besin çözeltilerinde, sis formunda sunulan besin solüsyonlarında ya da besin çözeltileri ile desteklenen katı ortamlarda gerçekleştiren bir üretim sistemidir (MEB, 2011).

Özellikle son dönemlerde artan su kültürü yöntemiyle gerçekleştirilen tarım faaliyetleri, gübreleme uygulamalarını zorunlu kılmaktadır. Tüm besin ihtiyacını su kültüründen ve mevcut yetiştirme ortamından sağlayan bitkiler için gerek duyulan bitki besin elementleri topraksız ortamda gübreleme işlemiyle karşılanmaktadır. Ülkemizde en yaygın görülen aromatik ve tıbbi bitkiler arasında fesleğen ve reyhanın önemli bir yeri bulunmaktadır. Daşgan (2020), ticari olarak üretimi yapılan fesleğenin, su kültürü yetiştiriciliğinde marul bitkisinden sonra ikinci sırada yer aldığını bildirmiştir.

Bu tez araştırması su kültüründe yetiştirilen reyhan ve fesleğen bitkilerine yapraktan uygulanan besin elementlerinin, bitkilerin beslenme durumu, verim ve kalite özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesine odaklanmaktadır. Çalışmanın amacı, su kültüründe yetiştirilen fesleğen ve reyhanların beslenme durumunun optimize edilerek elde edilen verim ve kalitenin değerlendirilmesini içermektedir. Odaklanılan konu çerçevesinde yürütülen bu çalışma, su kültüründe tıbbi ve aromatik bitki üretimlerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmayı hedeflerken, aynı zamanda reyhan ve fesleğen gibi bitkilerin ticari yetiştiriciliğinde de uygulanabilir, kaliteli ve verimli sonuçlar sunmayı amaçlamaktadır.



2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1 Tıbbi ve Aromatik Bitki Kavramı

Tıbbi ve aromatik bitkiler kimi araştırmacılar tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Tıbbi bitkileri tanımlamak, çeşitlilikleri ve kullanım alanları nedeniyle zor olmakla birlikte genellikle “aromatik” ve “tıbbi” bitkiler terimleri bir arada kullanılmaktadır. Aromatik ve tıbbi bitkiler, insan sağlığını korumak, hastalıkları önlemek veya mevcut hastalıkları tedavi etmek amacıyla ilaç olarak kullanılmakla birlikte hoş kokuları ve aromatik tatları nedeniyle de kozmetik ve gıda endüstrilerinde de kapsamlı bir kullanım alanları mevcuttur.

Ülkemizde Hakkâri ilinin güney taraflarında yer alan Kuzey Irak'ta Şanidar Mağarası'nda 1950'li yıllardan itibaren gerçekleştirilen kazı çalışmaları sonucu çıkarılan ve Şamanlar'a ait olduğu düşünülen mezarda ebegümeci, gül hatmi, deniz üzümü, peygamber çiçeği ve kanarya otu gibi çeşitli bitkiler tespit edilmiştir. Günümüz tarihinden 60 bin yıl önceki zamana ait olduğu düşünülen bu bulgular, insan-bitki etkileşiminin temeli olarak görülmektedir (Keykubat, 2016).

Bitkilerin tıbbi amaçla kullanımı, bitkilerin rahatlatıcı özelliklerinin keşfedildiği dönemlere değin uzanmaktadır. Bu dönemlerde kullanılan bitkiler ile kişilerin duygu durumları düzenlenmiş, bu sayede daha iyi bir ruh haline bürünmeleri sağlanmıştır. İlk tıbbi bitki kullanımına dair yazılı kaynaklara Çin, Hindistan, Roma, Mısır ve Yunan tarihlerinde rastlanmaktadır.

Örnek olarak, Mısır'da milattan önce 4. Yüzyılda rastlanan mezar ve tapınak taşlarındaki resimlerden “*Linum usitatissimum* L.” (Keten) bitkisinin yetiştirildiği anlaşılmaktadır. Milattan önce 1550'li yıllara tarihlenen ve George Maurice Ebers tarafından adı duyurulan “*Ebers Tıp Papirüsü*”, tıbbi bitkiler hakkında bilinen en köklü belge olarak kabul edilmektedir. Belgede hastalıkların sebebi, gereken ilaç oranları ve ilacın hazırlanma aşamalarını barındıran 811 reçete mevcuttur. Bu dönemden sonraki 1000 yıllık sürecin ardından milattan önce 460 ile 377 yılları arasında yaşamış olan ünlü Yunan hekimi Hippokrates, üretmiş olduğu eserlerde 200'den fazla tıbbi bitkiye yer vermiştir. İnsanlığın yüzyıllardır süren bitki

etkileşimi kişilerin biriktirdiği bilgi ve deneyimlerle tıbbi bitkilerden faydalanma proseslerini geliştirmiş ve bu süreç günümüze dek devam etmiştir (Çorbacı ve Erken, 2021).

Tarihi dönemlere ilişkin belgelerin ve yazıtların incelenmesiyle Eski Mısır, Asur, Antik Yunan ve Babil gibi uygarlıklarda tıbbi ve aromatik bitkilerin beslenmede, tedavide, mumyalamada ve hoş kokmada kullanıldığı görülmektedir. Milattan önce 2000’lerde bu döneme ait papirüslerin ortalama 450 adet hastalığın teşhis edildiği ve tanısı koyulan hastalıklarla ilişkilendirilen burkulma, kırılma ve yaralanmalara dair tedavileri içerdiği görülmektedir (Kösa ve Güral, 2019).

1980’lerden itibaren kişilerin sağlık konusunda aydınlanma yaşamaları ve tedavide kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanan yan etkilerden kaçınma iç güdüsü insanları organik ve doğal ürünlere yönelterek, aromatik ve tıbbi bitkiler ışığındaki tedavi yöntemlerinin önem kazanarak gündeme gelmesine katkı sağlamıştır. Zaman içinde hız kazanan tıbbi-aromatik bitkilerle tedavi yöntemine yönelik artan rağbetin ardından gelişmiş ülkeler bu bitkileri göz önünde bulundurarak çeşitli çalışmalar yürütmüşlerdir. Gelişmiş ülkelerin yürüttüğü çalışmalar sonucunda tıbbi ve aromatik bitkilerin bir kültür ortamına alınarak çoğaltılmış ve bu halkın hizmetine sunulmuştur (Göktaş ve Gıdık, 2019).

2.2 Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Sınıflandırılması

Aromatik ve tıbbi bitkiler içeriğindeki etkenler bakımından ve kullanım alanları bakımından kapsamlı, geniş bir yapıyı temsil etmektedir. Günümüzde net standart bir sınıflandırma yapılamazken bu bitkiler etken maddelerine, kullanım ve tüketim alanlarına, familyalarına, farmakolojik etkilerine ve kullanılan kısımlarına göre sınıflandırılabilir. Ancak en çok tercih edilen sınıflandırma yöntemini bu bitkilerin etken maddeleri oluşturmaktadır (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011). Sınıflandırmada kullanılan birkaç yöntem alt başlıklar şeklinde ele alınacaktır:

Genel Tıbbi Bitkilerin Sınıflandırılması

- a) **Baharat Bitkisi:** Yiyecek ve içecekleri aromalandırmak amacıyla kullanılan bitki türüdür. Bu bitkiler çeşitli bitkilerin karışımını içermektedir. Baharat bitkilerin çoğunluğunun tıbbi nitelik taşıdığı görülmektedir.
- b) **Kokulu Bitkiler:** Yasemin, lavanta ve gül gibi tıbbi bitkileri içermekte ve genellikle kozmetik ürünlerinde ve parfümlerde kullanılmaktadır.
- c) **Drog:** Tedavi amacıyla meyveleri, yaprakları ve çiçekleri kullanılan bitkiler bu sınıfta yer almaktadır. Genellikle kurutulmuş bütün yapıda ya da parçalara ayrılmış kuru formda ticarete sunulmaktadır. Droglar kendi içerisinde de iki alt gruba ayrılmaktadır.

Offisinel Resmi Droglar: Bu sınıfta yer alan droglar, ülkelerin aktif maddelerini ve bu aktif etkenlerden elde edilmesi planlanan ilaçlar ile bu ilaçların kontrol mekanizmaları kayıt altında tutulan drogları içermektedir.

Offisinel Olmayan Droglar: Bu droglar geleneksel tedavi yöntemlerinde kullanılmakta olan ve ülkelerin resmi kayıtlarında bulunmayan bitkilerdir. Offisinel droglarla karşılaştırıldığında, bu tür bitkilerin sayısı çok daha fazladır. Bu droglar genellikle yeterli araştırmaya tabi tutulmamış ya da etki mekanizmaları netleştirilememiş bitkilerdir (Atilabey vd., 2015).

Tıbbi Bitkilerin Sınıflandırılması

- a) **Alfabetik Sınıflandırma:** Bu sınıflandırma grubu tıbbi bitkilerin Latince isimleri doğrultusunda sıralanmasıyla gerçekleştirilen sınıflandırma sistemidir (Atilabey vd., 2015).
- b) **Morfolojik Sınıflandırma:** Morfolojik sınıflandırma aromatik tıbbi bitkilerin faydalanılan kısmına göre (meyve, yaprak, kök vb.) sınıflandırılmasını içermektedir (Atilabey vd., 2015). Bu sınıflandırma kapsamında;

Yaprak (Folia): Yaprakları kullanılan tıbbi bitkileri ifade etmektedir ve bu grupta Adaçayı, Nane ve Melisa gibi tıbbi bitkiler yer almaktadır.

Ot (Herba): Toprak üstü ot kısımlarının kullanıldığı tıbbi bitkiler bu sınıfta yer almaktadır. Hindiba ve Adaçayı gibi bitkiler örnek gösterilebilir.

Meyve (Fructus): Meyvelerinin tıbbi amaçlı kullanıldığı bitkiler bu grupta yer almaktadır. Kişniş, Anason ve Kuşburnu bu gruba örnektir.

Çiçek (Flores): Gül hatmi ve papatya gibi çiçeklerinin tıbbi amaçlı kullanıldığı bitkiler bu sınıfta değerlendirilmektedir

Kök (Radix): Kökleri tıbbi amaçlı meyan kökü, kedi otu vb. bitkiler bu gruba örnektir.

Tohum (Semen): Tıbbi amaçlı kullanımında tohumlarından yararlanılan Çemen tohumu ve keten tohumu bu gruba örnek olarak verilebilir.

Yumru (Tuber): Yumrularından faydalanılan tıbbi bitkilerdir ve bu sınıfa örnek olarak salep bitkisi verilebilmektedir.

Rizom (Rhizom): Ayrik otu ve meyan kökü Rizom köklerinden faydalanılan tıbbi bitkiler bu sınıfta değerlendirilmektedir.

Soğan (Bulb): Toprak altı soğanlarından yararlanılan tıbbi bitkiler bu sınıfta yer almakta ve sarımsak ile soğan benzeri bitkiler bu gruba örnek teşkil etmektedir (Atılabey vd., 2015).

- c) **Botanik Sınıflandırma:** Tıbbi bitkilerin genetik sınıfına, takımına, gen ailelerine ve türlerine göre sınıflandırılmasını içermektedir. Bu sınıflandırma türü farmakopik botanikte kullanılmaktadır.
- d) **Kimyasal Sınıflandırma:** Tıbbi bitkilerin içermekte oldukları etken maddelere göre sınıflandırılması bu grubu oluşturmaktadır.
- e) **Farmakolojik Sınıflandırma:** Tıbbi bitkilerin kullanıldığı etki mekanizması çerçevesinde sınıflandırılmasını içermektedir.
- f) **Farma-kimyasal Sınıflandırma:** Drog kategorisinde yer alan aromatik ve tıbbi bitkiler farmakolojik etki alanlarına göre ana gruplara; kimyasal etki alanlarına göre de alt gruplara sınıflandırılmaktadırlar.
- g) **İhracat Fasıllarına Göre Sınıflandırılması:** Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) kapsamında yapılan sınıflandırma çerçevesi en yaygın

kullanılmakta olan aromatik tıbbi bitkileri üç grupta incelemektedir. Bu gruplar Fasıl 7 – Fasıl 9 ve Fasıl 12’dir (Atılabey vd., 2105):

Fasıl 7: Bu grupta yer alan aromatik tıbbi bitkiler, yenilebilir yumruları, kökleri ve sebzeleri barındırmaktadır.

Fasıl 9: Bu fasıl kapsamında sınıflandırılan aromatik tıbbi bitkiler baharatları ve kahve ile çay gibi içecek bitkileri içermektedir. (Paraguay çayı, kahve, çay, baharat)

Fasıl 12: Bu alt sınıflandırma alanında meyvelerinden ve yağlı tohumlarından yararlanılan aromatik tıbbi bitkiler ile muhtelif taneler, tohumlar, kaba yem ve samanlar yer almaktadır (Atılabey vd., 2015).

2.3 Dünyada Tıbbi ve Aromatik Bitkiler

Dünya üzerinde tahmini olarak bilinen 422.000 tür bitki bulunmaktadır ve bu bitki türlerinin 72.000’ i tıbbi ve aromatik bitkileri içermektedir (Çelik, 2019).

Dünya genelinde gıda olarak tüketilme amacı doğrultusunda yetiştirilen bitki türlerinin sayısının yaklaşık 3.000, yabani bitkiler arasında ise yiyecek olarak kullanılan tür sayısının 10.000 civarında olduğu bilinmektedir. Dünya Sağlık Örgütü’nün (DSÖ) yayınladığı bir rapor kapsamında günümüzde 20.000 bitkisel drog (tedavi amaçlı kullanılan ham ürün) kayıtlı olarak bulunmakta ve kayıtlı olmayan bitkilerle birlikte bu sayının aslında 100.000 civarında olduğu öngörülmektedir (Gül ve Çelik, 2016).

Tıbbi bitkilerin dünya çapındaki dağılımına bakıldığında, 4.941 bitki türü ile Çin’in en üst sırada yer aldığı görülmektedir. Çin’i bu sıralamada 3.000 bitki türü ile Hindistan ve 2.564 bitki türü ile Amerika Birleşik Devletleri takip etmektedir (Gül ve Çelik, 2016). Schippman vd. 2006’ ne atfen Çelik (2019), tıbbi bitkilerin dünya genelindeki dağılımı aşağıda verilen Tablo 2.1’de özetlemektedir.

Tablo 2.1. Dünyadaki tıbbi bitki türü sayıları ve oranları

Ülkeler	Bitki Çeşitliliği Sayısı (Tür)	Tıbbi Bitki Çeşitliliği Sayısı (Tür)	Oran (%)
Çin	32.200	4.941	15.34
Hindistan	18.668	3.000	16.7
ABD	21.641	2.564	11.85
Vietnam	10.500	1.800	17.14
Pakistan	4.950	1.500	30.30
Tayland	11.625	1.800	15.48
Kore	2.898	1.000	34.51
Malezya	15.500	1.200	7.74
Fransa	4.630	900	19.44
Nepal	6.973	900	12.91
Bulgaristan	3.567	750	21.03
Filipinler	8.931	850	9.52
Ürdün	2.100	363	17.29
Sri Lanka	3.314	550	16.60
Macaristan	2.214	270	12.20
Toplam (Dünya)	422.000	72.000	17.06

Kaynak: (Schippman vd., 2006; Çelik, 2019)

Tablo 2.1 üzerinde de görüldüğü gibi 32.200 çeşit bitki türü ile birinci sırada yer alırken Çin'in liderliğindeki sıralamanın sonlarında Macaristan ve Ürdün yer almaktadır.

Dünya genelinde tıbbi ve aromatik bitkiler ve bu bitkilerden elde edilen ürünlerin ithalat ve ihracat verileri incelendiğinde, 2001 yılına ait ihracat verisi 48,7 milyar dolar seviyesindeyken, 2019 yılında bu değer yaklaşık 207,5 milyar dolara ulaşarak oldukça yüksek bir artış sergilemiştir. Benzer şekilde, 2001 yılında 48,9 milyar dolar olan küresel ithalat verisi yaklaşık dört kat artış sağlayarak, 205,9 milyar dolara yükselmiştir. Bu veriler, sektördeki ticaret hacminin yıllar içinde önemli ölçüde arttığını göstermektedir (Boztaş vd., 2021).

2.4 Türkiye’de Tıbbi ve Aromatik Bitkiler

Türkiye’nin çeşitli iklim koşulları, coğrafi konumu, bitki çeşitliliği, tarımsal kapasitesi ve geniş toprakları aracılığıyla aromatik ve tıbbi bitkilerin ticaretinde, çoğaltılmasında ve üretilmesinde lider ülkeler arasında yer almaktadır (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011).

Türkiye'nin florası 10.000' den fazla belirlenmiş bitki türü ile Avrupa'nın toplam bitki çeşitliliğine yakın bir zenginliğe sahiptir. Bu bitkilerin yaklaşık 3.500' ü aromatik özelliklere sahipken, 3000 civarı da endemik türlerdir. Türkiye'de doğal olarak yetişen bitkiler arasında, tıbbi amaçlarla kullanılan yaklaşık 500 bitki türü bulunmaktadır ve bu bitkilerden bazıları aşağıda verilen Tablo 2.2 üzerinde ifade edilmektedir. Bu bitkilerin büyük çoğunluğu doğada doğal yollarla insani bir müdahale olmadan yetişmektedir (Karik ve Öztürk, 2009).

Tablo 2.2. Türkiye'deki aromatik ve tıbbi bitki türleri

	Bitki Türünün Türkçe İsmi	Latince ismi		Bitki Türünün Türkçe İsmi	Latince ismi
1	Alıç	<i>Crataegus monogyna</i>	2	Altın Otu	<i>Helichrysum arenarium</i>
3	Anadolu Adaçayı	<i>Salvia fruticosa</i>	4	Anason	<i>Pimpinella anisum</i>
5	Anzer Kekigi	<i>Thymus plogioides</i>	6	Ardıç Meyvesi	<i>Juniperus</i>
7	Aslan Pençesi	<i>Allcemilla vulgaris</i>	8	Aspir	<i>Carthamus tinctorius</i>
9	At Kestanesi	<i>Aesculus hippocastanum</i>	10	At Kuyruğu	<i>Equisetum arvense</i>
11	Ayı Üzümlü	<i>Vaccinium myrtillus</i>	12	Aynısefa	<i>Calendula officinalis</i>
13	Beyaz Hindiba	<i>Cichorium intybus</i>	14	Biberiye	<i>Rosmarinus officinalis</i>
15	Cehri	<i>Rhammus catharticus</i>	16	Civanperçemi	<i>Achillea millefolium</i>
17	Centiyan	<i>Gentiana lutea</i>	18	Çakşır	<i>Ferula elaeochytris</i>
19	Çalba Otu	<i>Ballota cristata</i>	20	Çayır Üçgülü	<i>Trifolium pratense</i>
21	Çemen	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	22	Çivitotu	<i>Isatis tinctoria</i>
23	Çoban Çantası	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	24	Çörekotu	<i>Nigella sativa</i>
25	Çöven	<i>Saponaria officinalis</i>	26	Çuha Çiçeği	<i>Primula</i>
27	Defne	<i>Laurus nobilis</i>	28	Dere Otu	<i>Anethum graveolens</i>
29	Devedikeni	<i>Silybum marianum</i>	30	Devetabanı	<i>Monstera deliciosa</i>
31	Ekinezya	<i>Echinacea purpurea</i>	32	Eşek Hıyarı	<i>Ecballium elaterium</i>
33	Fesleğen	<i>Ocimum basilicum</i>	34	Funda	<i>Erica manipuliflora</i>
35	Geyik Elması	<i>Eriolobus trilobata</i>	36	Gilaburu	<i>Viburnum opulus</i>
37	Göl Soğanı	<i>Leucojum aestivum</i>	38	Gül (Yağlık)	<i>Rosa domescana mill</i>
39	Gümüş Dügme	<i>Tanacetum parthenium</i>	40	Güzel Avrat Otu	<i>Artropa belladonna</i>
41	Hardal	<i>Sinapis arvensis</i>	42	Haşhaş	<i>Papaver somniferum</i>
43	Hatmi	<i>Althaea officinalis</i>	44	Havacıya Otu	<i>Alkanna tinctoria</i>
45	Hayıt	<i>Vitex agnus castus</i>	46	Hünnap	<i>Ziziphus zizyphus</i>
47	Ihlamur	<i>Tilia cordata</i>	48	Isırgan	<i>Urtica dioica</i>
49	Karabaş Otu	<i>Lavandula stoechas</i>	50	Karabuğday	<i>Fagopyrum esculentum</i>
51	Karahan	<i>Summer lilac</i>	52	Karahindiba	<i>Taraxacum officinale</i>
53	Kardelen	<i>Galantus elwesii</i>	54	Kantaron	<i>Hypericum perforatum</i>
55	Kapari	<i>Capparis spinosa</i>	56	Keçiboynuzu	<i>Ceratonia siliqua</i>
57	Kedi Otu	<i>Valeriana officinalis</i>	58	Kekik	<i>Thymus</i>

Tablo 2.2. Türkiye’deki aromatik ve tıbbi bitki türleri (devam)

	Bitki Türünün Türkçe İsmi	Latince ismi		Bitki Türünün Türkçe İsmi	Latince ismi
59	Kenger	<i>Gummi gundeliae</i>	60	Kimyon	<i>Cuminum cyminum</i>
61	Kinoa	<i>Chenopodium Quinoa</i>	62	Kışniş	<i>Coriandrum sativum</i>
63	Kırk Kilit Otu	<i>Equisetum</i>	64	Kırmızı Biber	<i>Capsicum annuum</i>
65	Kısa Mahmut	<i>Teucrium chamaedrys</i>	66	Kurt Üzümlü	<i>Lycium barbarum</i>
67	Kuşburnu	<i>Rosa canina</i>	68	Kuzu Kulağı	<i>Rumex acetosella</i>
69	Laden	<i>Cistus laurifolius</i>	70	Lavanta	<i>Lavandula angustifolia</i>
71	Limon Otu	<i>Lippia citriodora</i>	72	Mahlep	<i>Prunus mahaleb</i>
73	Maydanoz	<i>Petroselinum crispum</i>	74	Mayıs Papatyası	<i>Matricaria recutita</i>
75	Mercan Köşk	<i>Origanum dubium</i>	76	Melek Otu	<i>Angelica sinensis</i>
77	Menengiç	<i>Pistacia terebinthus</i>	78	Meryem Ana Dikeni	<i>Silybum marianum</i>
79	Meyan Kökü	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	80	Misk Adaçayı	<i>Salvia sclarea</i>
81	Mürver	<i>Sambucus nigra</i>	82	Oğul Otu	<i>Melissa officinalis</i>
83	Orman Güllü	<i>Rhododendron</i>	84	Ökse Otu	<i>Viscum album</i>
85	Passiflora	<i>Passiflora incarnata</i>	86	Pelin Otu	<i>Artemisia absinthium</i>
87	Pire Otu	<i>Tanacetum coccineum</i>	88	Rezene	<i>Foeniculum vulgare</i>
89	Roka	<i>Eruca vesicaria</i>	90	Salep	<i>Orchis</i>
91	Safran	<i>Crocus sativus</i>	92	Sarı Sabır	<i>Aloe vera</i>
93	Sarımsak	<i>Allium sativum</i>	94	Semizotu	<i>Portulaca oleracea</i>
95	Sigala Yağı	<i>Styrax liquidus</i>	96	Sinirli Ot	<i>Plantago lanceolata</i>
97	Sığla	<i>Liquidambar orientalis</i>	98	Sıklamen	<i>Cyclamen cilicium</i>
99	Sumak	<i>Rhus coriaria</i>	100	Soğan	<i>Allium cepa</i>
101	Şahtere	<i>Fumaria officinalis</i>	102	Şevketi Bostan	<i>Cnicus benedictus</i>
103	Şerbetçi Otu	<i>Humulus lupulus</i>	104	Tarhun	<i>Artemisia dracunculus</i>
105	Tavşan Memesi	<i>Ruscus aculeatus</i>	106	Tere	<i>Lepidium sativum</i>
107	Tıbbi Nane	<i>Mentha piperita</i>	108	Üzerlik	<i>Peganum harmala</i>
109	Yaban Mersini	<i>Vaccinium myrtillus</i>	110	Yakı otu	<i>Epilobium angustifolium</i>
111	Yulaf	<i>Avena sativa</i>	112	Yüksük Otu	<i>Digitalis purpurea</i>
113	Zaguda	<i>Allium schonoprasum</i>	114	Zambak	<i>Lilium candidum</i>
115	Zahter	<i>Thymbra spicata</i>	116	Zerdeçal	<i>Curcuma longa</i>

Kaynak: Pouya ve Demir, 2017.

Türkiye’de 1,3 milyon dekarlık bir arazide 20 farklı türde aromatik ve tıbbi bitkinin tarımı gerçekleştirildiğini bildirmişlerdir. 2000-2015 yılları arasında bu bitkilerin yetiştirildiği alanlar yaklaşık %40 oranında genişlemiştir (Kösa ve Güral, 2019).

Dünya genelinde tıbbi ve aromatik bitkiler ve bu bitkilerden elde edilen ürünlerin 2001-2019 yılları arasında artan ticaret hacmine paralel olarak aynı

dönemde Türkiye’de de benzer bir artış kaydedilmiştir. Ülkemizde bu alandaki ihracat ve ithalat verileri incelendiğinde, 2001 yılında 143,6 milyon dolar olan ihracat değeri, 2019 yılında 1,02 milyar dolara ulaşmıştır. İthalat verileri ise söz konusu yıllar içinde 282,7 milyon dolar iken 1,36 milyar dolar değerine yükselmiştir. İhraç ürünleri kapsamında kozmetik ve parfümeri ürünleri sınıfında yer alan uçucu yağlar ve rezinoit ürünlerinde dikkate değer bir artış yaşanmış, bu ürün grubunun ihracat verileri bu dönemde 745,8 milyon dolarlık bir artış göstererek 829,4 milyon dolara ulaşmıştır (Boztaş vd., 2021).

Tıbbi ve aromatik bitkiler arasında ihracatta en değerli ürün ¼’lük pay ile kekik olmuştur. Global kekik ticareti kapsamında Türkiye %70-80’lik pay ile lider konumdadır. Türkiye’nin uçucu yağ ihracatında kekik, portakal ve gül ön plana çıkmaktadır. İthalat alanındaysa limon, lavanta, portakal ve nane en çok ithal edilen ürünler arasında yer almaktadır (Kösa ve Güral, 2019).

2.4.1 Tıbbi ve aromatik bitki olarak *Ocimum basilicum* L.

Türkiye'nin doğu bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilen mor renkli varyeteler daha çok 'reyhan' olarak adlandırılırken, farklı ülkelerde 'sweet basil' olarak tanınan yeşil renkli varyeteler ise ülkemizde batıya doğru gelindiğinde 'fesleğen' olarak anılmaktadır (Akgül, 1993; Telci vd., 2005).

Latince adı “*Ocimum basilicum* L.” olan reyhan bitkisi, toplamdaki fenol bileşenlerinin oranına bağlı olarak mor ya da yeşil renge bürünebilmektedir. Bununla birlikte iklim, sıcaklık, nem ve pH gibi çeşitli diğer yetiştirme bileşenlerinin de etkisiyle mor renge dönüşümün gözlenebileceği bildirilmektedir (Flanigan and Neimeyer, 2014; McCance et al., 2016).

Yeşil fesleğenin mor renkli hali olarak karşımıza çıkan ve aromatik bir bitki olan reyhanın mor renkli varyeteleri, diğer bitkilerde mevcut olan ikincil metabolitlerinin büyük bir bölümünü oluşturarak, flavonoidlerin elzem bir kategorisi olan antosiyaninleri içermeleriyle bilinmektedir. Reyhanın bu özellikleri gıda endüstrisinde tercih edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Kendine has

mor rengi ve yağında estragol bulunmayışı, ekonomik verimlilik bakımından ve araştırma konuları açısından öne çıkmaktadır (Phippen and Simon, 1998).

Aromatik ve tıbbi bitki özelliğini taşıyan *Ocimum basilicum* L. bitkisine ilişkin detaylı bilgiler alt başlıklar şeklinde ele alınacaktır.

2.4.1.1 Morfolojik ve botanik bilgileri

Toprak üstü kısımları kullanılmakta olan, Latince adı “*Ocimum basilicum* L.” olan aromatik bitki, Plantae grubunda (alem) yer alan bir bitki çeşididir. Magnoliophyta bölümüne dahil edilen *Ocimum basilicum* L. bitkisi kapalı tohumlara sahip bir bitkidir. Magnoliospida (İki çenekliler) sınıfında yer alan, Asteridae alt sınıfı üyesi olan Lamiales takımında bulunan “*Ocimum basilicum* L.” bitkisi, Ballıbabagiller (*Lamiaceae*) familyasından olup, *Ocimum* cinsi bir bitki çeşididir (Kırılmaz, 2019).

Ballıbabagiller familyasına ait *Ocimum basilicum* L. bünyesinde 200 civarında cins ve 2500-3000 arası tür barındırmaktadır. Bu familya kısmen kozmopolit olup, Akdeniz bölgesinde çok çeşitli türler içermektedir. Genelde ağaççık ya da otsu formunda bulunsalar da nadiren ağaç veya sarmaşık formunda olabilirler. Bu familyada yer alan bitki çeşitlerinin gövdeleri genellikle dört köşeli olup, bazen de köşesiz olabilmektedir. Ballıbabagiller familyasındaki bitkilerin yaprakları basit, stipulsuz, düz, bazen pinnat ya da karşılıklı çapraz salgı bezleri ile donatılmış vaziyettedir (Kırılmaz, 2019).

Ocimum basilicum L. bitkisinin yaprakları genellikle çapraz ya da karşılıklı şekilde hizalanmış haldedir ve düzenleme ile gövdeyi sarmış durumdadır. Yaprak sapı tabana kıyasla daha kısa olarak görülmektedir. *Ocimum Basilicum* L. bitkisinin yaprak ayaları farklılık gösterebilmektedir; bazen şerit şeklinde olabilse de hiçbir zaman birleşik bir yapıda olamaz. Ballıbabagiller familyasında yer alan bitkilerin Akdeniz’de görülen türlerinde kurak iklimlere uyum sağlama görülmektedir. Yüzeyler genellikle odunsu formlara indirgenmiş, yaprak ayaları sert, kalın ve tüylüdür (Kırılmaz, 2019).

2.4.1.2 Kimyasal bileşenleri

Akgül (1993) tarafından yapılan araştırmalarda, fesleğenin uçucu yağ içeriğinin %1 ile %3 aralığında değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. *Ocimum basilicum* L. bitkisinde toprak, iklim koşulları ve hasat zamanının uçucu yağ oranlarındaki değişikliklerin yanı sıra bitkinin genel kompozisyonunda da önemli değişikliklere yol açtığı gözlemlenmiştir (Bhamagar et al., 1993). Fesleğen türlerine bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte 1,8 sineol, sitral, linalool, estragol (metil kavikol), metil sinamat ve eugenol en belirgin aromatik bileşenler olarak tespit edilmiştir. Özellikle Afrika kökenli fesleğen türlerinde aromatik bileşen olarak “kamphor”un yaygın olduğu saptanmıştır (Çelebi, 2010).

Bazaid et al. (2013) tarafından Mısır'da gerçekleştirilen bir çalışmada, *Ocimum basilicum* L. bitkisinden elde edilen uçucu yağların bileşenleri incelenmiştir. Bu esansiyel yağın ana bileşenleri arasında 1,8-sineol, metil chavicol, linalool, öjenol, limonen ve metil sinamatın yer aldığı bildirilmiştir.

Duman (2019) tarafından Adana'nın ekolojik şartlarında gerçekleştirilen araştırmada çeşitli *Ocimum basilicum* L. çeşit ve genotiplerinin verim ve kalite parametrelerinin tespiti hedeflenmiştir. Bu çalışma altı farklı reyhan çeşidi ve genotipi üzerinde yürütülmüştür. İlgili alanda vegetasyon süresince çiçeklenme evresinde üç defa biçim işlemi gerçekleştirilmiştir. Uçucu yağ miktarlarının ortalama %0,8 ile %1,6 arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. Uçucu yağ miktarları açısından en yüksek değerlerine ikinci hasat döneminde ulaşıldığı ifade edilmekte ve çeşitlerin bu bileşenleri sırasıyla metil kavikol (%94,59), linalol (%64,72), sitral (%38,20), ökaliptol (%20,94), ve metil eugenol (%49,55) olarak saptanmıştır.

2.4.1.3 Kullanım alanları

Genel olarak bitkiler meyve ve çiçekleriyle tanınmaktadır ve bitkilerin kök veya yapraklarının temel alınarak tanımlanması zorlu bir süreci oluşturmaktadır. Bitki anatomisi ve kimyası, aromatik ve tıbbi bitkilerin kimlik tespitinde farmakognozistler tarafından uzun yıllardır başvurulan yöntemler arasında yer

almaktadır. İleri teknolojiye dayalı yöntemlerden olan Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi (HPLC) ve fotodiyot dizisi tayini ile kütle spektrometrisi, daha kesin sonuçların elde edilmesine olanak tanımıştır. Ayrıca bitki türlerini kimyasal kimlikleri üzerinden tanımlayabilmek için, kimyasal değişkenliklerin bilinmesi gerekmektedir. Özellikle Reyhan türleri gibi, kimyasal profillerine ve yalnızca yaprak morfolojilerine dayanarak tespit edilmesi güç olan bitkiler, yaprak şekillerinin birçok türde birbirine benzer olmasından kaynaklanan zorluklar sunmaktadır. Bu çeşitlilik; türler arası değişim ve insanların çeşitli sebeplerle yüzyıllar boyunca kokulu yağlar, gıdalar, tıbbi malzemeler, böcek öldürücüler vb. maddeleri kullanmalarından kaynaklanmaktadır.

Gülçin vd. (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, reyhanın serbest radikal temizleme etkileri ve antioksidan kapasitesi, çeşitli yöntemler ve ekstrakt tipleri kullanılarak incelenmiştir. Araştırmada, reyhanın su ve etanol ekstraktlarının etkinlikleri, 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) serbest radikal temizleme, süperoksit negatif iyon temizleme, ferrik tiyosiyanat yöntemi, güç indirgeme, hidrojen peroksit azaltma ve metal şelatlama kapasitesinin belirlenmesi amacıyla değerlendirilmiştir. Su ve etanol ekstraktlarının antioksidan kapasitelerinin konsantrasyona bağlı olduğu saptanmıştır. Toplam antioksidan kapasite, ferrik tiyosiyanat yöntemi ile tespit edilmiştir. 50 µg/mL konsantrasyonda, su ve etanol ekstraktlarının linoleik asit peroksidasyonunu inhibe etme etkisi sırasıyla %94,8 ve %95,5 olarak ölçülmüştür. Buna ek olarak BHA, BHT ve α - tokoferolün aynı konsantrasyonda linoleik asit peroksidasyonu üzerindeki inhibisyon etkisi sırasıyla %97,1, %98,5 ve %70,4 olarak belirlenmiştir. Su ve etanol ekstraktlarının DPPH radikal giderme, süperoksit negatif iyon temizleme, güç indirgeme, hidrojen peroksit azaltma ve metal şelatlama etkileri de etkili bulunmuştur.

Bhamagar et al. (1993) tarafından yapılan bir çalışma, reyhan uçucu yağının ana bileşenlerinden biri olan *methyl chavicol*'un, *A. stephensi*, *A. aegypti* ve *C. quinquefasciatus* mikroorganizmalarına karşı toksik etkiler sergilediğini ve bu nedenle hastalıklara karşı koruyucu bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Reiter and Brandt (1985) 'in ise kobaylar üzerinde gerçekleştirdikleri deneylerde reyhan uçucu yağının solunum yolunun ve ince bağırsağın alt kısmındaki kaslar üzerinde bir rahatlatıcı etki yarattığını belgelemektedirler.

Çelebi (2010) tarafından gerçekleştirilen bir araştırma, su ve metanol ile hazırlanan reyhan ekstraktlarının, aspirin ile indüklenmiş ülserli kobay fareler üzerinde antiülserojenik etkiler gösterdiğini ve ülser indeksini düşürdüğünü göstermektedir. Her iki ekstraktın da pepsin artışını azalttığı kaydedilmiştir. Akhtar ve Munir (1989), reyhanın sulu ekstraktının kobay farelerdeki antiülser etkisine katkı sağlayarak hexosamine konsantrasyonunu artırdığını tespit etmişlerdir.

Reyhan yaprak ekstraktları, uçucu yağları ve flavonoid glikozidler üzerine yapılan çalışmalar, asetik asit ve stres ile indüklenen ülserli farelerde antiülserojenik etkilerinin olduğunu ortaya koymaktadır. Gastrik asit, pepsin ve hexosaminlerin artışı üzerindeki etkileri incelenmiş ve sulu, metanolik ve su-metanolik ekstraktlar ile flavonoid glikozidler ulser indeksini düşürdüğü, gastrik asit ve pepsin salgılanmasını inhibe ettiği ve hexosamin seviyelerini artırdığı belirlenmiştir (Akhtar vd., 1992).

Tayvan'daki geleneksel bitkisel tedavi uygulamalarında, bazı reyhan türlerinin anti inflamatuvar ve detoksifikasyon özellikleri nedeniyle uzun yıllardır tercih edildiği bilinmektedir (Lin et al. 1995).

Nalbantbaşı ve Gölcü' nün (2009) gerçekleştirdiği çalışma Kahramanmaraş bölgesinden toplanan 18 değişik şifalı bitkinin antimikrobiyal etkilerini değerlendirmektedir. Araştırmada *Ocimum basilicum* L. bitkisinin, agar difüzyon yöntemi kullanılarak ölçülen *E. coli* üzerindeki inhibisyon zonunun 9 mm olduğu tespit edilmiştir. Nalbantbaşı ve Gölcü'nün gerçekleştirdikleri çalışma sonucu elde edilen veriler reyhan bitkisinin bu bakteriye karşı en yüksek etkiyi gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Srivastava et al. (2013) tarafından gerçekleştirilen bir çalışma, *Ocimum basilicum* türüne ait yeşil ve mor reyhan popülasyonlarının uçucu yağ kompozisyonlarını karşılaştırmaktadır. Ele aldıkları çalışma konusuna yoğunlaşan araştırmacılar, yeşil reyhan popülasyonundan elde edilen uçucu yağın analizini yapmış ve bulgularına göre, metilkavikol içeriğinin %40,5, humulen epoksit II oranının ise %1,8 olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar reyhan bitkisinin uçucu yağ olarak kullanımına ilişkin önemli bilgiler sunmaktadır.

Antibakteriyel özelliği bulunan fesleğen ve reyhanın bu aktivitesinin etkinliği yağ kompozisyonu gibi unsurlara göre şekillenmektedir. Bu duruma örnek olarak Hint ve Niazbo fesleğeni ile Fransız fesleğeni verilebilir. Bu iki tür fesleğenin de en bilindik bakteri türlerinden olan *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı göstermiş oldukları antibakteriyel aktiviteleri farklıdır. Fransız fesleğeni yeterli derecede etki edemezken Hint Niazbo fesleğeni oldukça etkin bir aktivite sergilemektedir (Hiltunen and Holm, 1999). Yeşil fesleğenden ve mor fesleğenden (Reyhan) elde edilen yağın değerlendirildiği bakteri ortamında elde edilen etkinin daha çok gram pozitif bakteriler lehine olduğu görülmüştür (Prasad et al., 1986). Abdel Sattar et al. (1995) tarafından yürütülen diğer bir çalışmada *Ocimum basilicum* yapraklarından elde edilen kloroform özütünün *Staphylococcus aureus* bakterileri üzerinde antibakteriyel etkilerinin gözlemlendiği bildirilmiştir.

2005 yılında Adıgüzel ve arkadaşları yürüttükleri çalışmada *Ocimum basilicum* L. bitkisinin hekzan, metanol ve etanol ekstraktlarının antimikrobiyal etkisini in vitro koşullarda araştırmışlardır. Bu çalışmada; 1 maya, 55 bakteri türü ve 4 fungus olmak üzere totalde 146 mikroorganizma, minimal inhibisyon konsantrasyonu (MIC) ve disk difüzyon inkübasyonu yöntemlerinin kullanılmasıyla test edilmiştir. Araştırma sonucunda *Ocimum basilicum* L. ekstraktlarının mikroorganizmalar üzerinde çeşitli seviyelerde antimikrobiyal aktivite sergilediği belirlenmiştir (Adıgüzel vd., 2005).

2.4.1.4 Sağlık üzerine etkileri

Alternatif tıp yöntemlerine olan ilgi, her geçen gün artış göstermekte ve bu bağlamda bitkisel iyileştirme yöntemleri çeşitlenmektedir. Türkiye'deki farmakolojik ve toksikolojik çalışmaların popülerliği de bu yönelimi yansıtmaktadır.

Ocimum basilicum' un çiçekli dallarından elde edilen esansiyel yağ, tıbbi uygulamalarda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Mide rahatsızlıklarının giderilmesinde, idrar artırıcı, yatıştırıcı, idrar yolları enfeksiyonlarının önlenmesinde, ağrıların hafifletilmesinde, balgam sökücü, mantar enfeksiyonlarının tedavisinde, gaz giderici, sakinleştirici, ağız ve diş sağlığı

sorunlarında, ishal ve kronik dizanteri tedavisinde, öksürük kesici, solunum yolu rahatsızlıklarında ve antihelmintik etkili olduğu bildirilmektedir. *Ocimum basilicum* yağının aynı zamanda kabızlık önleyici, burun kanamalarını durdurucu, uykusuzluk ve yorgunluk şikayetlerine karşı faydalı, sarılık, sürmenaj, solunum yolu hastalıklarının, menstrüasyon düzensizlikleri, felç ve migren tedavisinde kullanılmaktadır (Asımgil, 1996). Canlandırıcı banyolar, ağız gargaraları, böcek kovucu ve diş macunları ürünlerin formülasyonunda da yer alan *Ocimum basilicum* L. yağı antifungal ve antimikrobiyal özellikleriyle de dikkat çekmektedir (Skaltsa and Loukis, 1985; Erşahin, 2006).

Ekonomik ve ilaç üretimi kapasitesi sınırlı olan, Türkiye'nin sahip olduğu zengin bitki florasını paylaşan ülkelerde, doğal kaynaklardan elde edilen ilaçların geliştirilmesi ve kullanımının artırılması, ilaç erişimindeki sıkıntıları aşmada çağdaş bir metodoloji olarak değerlendirilmektedir. Reyhan sindirimi kolaylaştırıcı ve mide rahatlatıcı özellikleriyle tanınmakta; balgam söktürücü, gaz giderici ve idrar artırıcı etkileri bilinmektedir ve aynı zamanda spazm çözücü bir role sahiptir (Akgül, 1993). Öksürüğün tedavisinde de etkili olduğu rapor edilmiştir (Katzung, 1995).

Ocimum basilicum L. uçucu yağının, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Bacillus subtilis* gibi çeşitli bakteri türlerine karşı antimikrobiyal etkisi, bilimsel çalışmalarla doğrulanmıştır. En yüksek inhibisyon zonu 17,7 mm ile *B.subtilis*'e karşı gösterilmiş ve bu bulgu Janssen et al. (1986) tarafından ortaya konmuştur. Reyhan yağının *S.aureus*, *E.coli*, *Salmonella sp.*, *Serratia marcescens*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Proteus vulgaris* gibi bakterilere karşı gösterdiği etkinlik de dikkate değerdir. Reyhanın antimikrobiyal aktivitesi, yağın kompozisyonu gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çelebi, 2010).

Reyhan yağı, gram pozitif bakterilere karşı gram negatif bakterilere nazaran daha yüksek antimikrobiyal aktivite sergilemektedir (Prasad et al., 1986). *Ocimum basilicum*'un yapraklarından elde edilen kloroform ekstraktlarının *Staphylococcus aureus*'a karşı antimikrobiyal etkileri gösterdiği, Abdel-Sattar et al. (1995) tarafından yapılan bir çalışma ile doğrulanmıştır. Caceres et al. (1990) tarafından

gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise, reyhan yapraklarının %50 etanolik ekstraktının *Shigella flexneri*, *Escherichia coli* ve *Salmonella enteritidis*'e karşı antimikrobiyal etki gösterdiği belirlenmiştir.

Adıgüzel vd. (2005) tarafından *Ocimum basilicum* L. bitkisinin etanolik, metanolik ve hegzan ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri üzerine bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada, 55 farklı bakteri, 4 fungus ve 1 maya türünden oluşan toplam 146 mikroorganizma, agar difüzyon ve minimum inhibitör konsantrasyon (MIC) metotları kullanılarak incelenmiştir. Araştırma sonuçları üç farklı ekstraktın hiçbirinin antifungal etki göstermediğini; ancak antikandida ve antibakteriyel etkilere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Hegzan ve metanol ekstraktları, 23 *Candida albicans* türünden 3'üne karşı inhibisyon etkisi sergilerken, etanolik ekstrakt etkisiz kalmıştır. *O. Basilicum*'un hegzan, metanolik ve etanolik ekstraktları test edilen 146 bakteri türüne karşı sırasıyla %10, %9 ve %6 oranlarında inhibisyon etkisi göstermiştir. Hegzan ekstraktının antibakteriyel aktivitesi, metanolik ve etanolik ekstraktlara kıyasla daha güçlü ve geniş bir yelpazede olmuştur. MIC sonuçlarına göre, hegzan ekstraktının etkinlik aralığı 125-250 µl/ml, metanolik ekstraktın 62.50-500 µl/ml ve etanolik ekstraktın ise 125-250 µl/ml arasında değişmektedir.

Kardiyovasküler hastalıklar özellikle gelişmekte olan ülkelerde önemli sağlık sorunlarından birini oluşturmaktadır. Amrani et al. (2006)'nin yürüttüğü araştırmaya göre reyhan, Fas'ta plazma kolesterol düzeylerini düşürerek arteriyel sertlik ve ilişkili hastalıkların riskini minimize etmekte kullanılan önde gelen bitkilerden biridir. Reyhan ekstraktının kolesterole karşı etkilerini inceleyen aynı ekip, Triton WR-1339 ile indüklenen hiperlipidemik fare modelleri üzerinde reyhan ekstraktının lipid düşürücü etkisini değerlendirmiştir. Bu çalışmada, reyhan ekstraktının hipolipidemik etkisinin fenofibrate'inkinden daha üstün olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, *Ocimum basilicum*'un sulu ekstraktının yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Reyhanın uçucu yağı, aflatoksin üretme kapasitesine sahip *Aspergillus flavus* ve *A. parasiticus* gibi patojenik fungus türlerine karşı fungisidal özelliklere sahip olduğu Çelebi (2010) tarafından rapor edilmiştir. Bununla birlikte, Jansenn et. al.

(1988) reyhan uçucu yağının, *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes* ve *T. verrucosum* gibi dermatofit mikroorganizmalarının büyümesini inhibe etme kapasitesine sahip olduğunu bulmuşlardır. 2019 yılında Özbek, gıda olarak kullanılan belirli baharatların kimyasal bileşenleri ve bu bileşenlerin mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyal etkilerini incelemiştir. Araştırma kapsamında “karanfil”, “kekik”, “defne”, “kimyon”, “sarımsak”, “karabiber”, “biberiye”, “tarçın”, “kişniş”, “adaçayı”, “anason”, “fesleğen” ve “rezene” gibi baharat bitkileri; *B. subtilis*, *B. cereus*, *C. perfirgens*, *E. coli*, *S. typhimurium*, *E. aerogenes*, *S. aureus*, *C. Albicans* ve *L. monocytogenes* gibi mikroorganizmalar üzerinde test edilmiştir. Clevenger cihazıyla elde edilen esansiyel yağlar, disk difüzyon yöntemi kullanılarak mikroorganizmalara uygulanmıştır. Çalışmanın bulgularına göre, en yüksek antimikrobiyal etki *C. perfirgens* üzerinde gözlemlenmiştir. En az etkili olduğu mikroorganizma *C. albicans* olurken, Minimum İnhibitör Konsantrasyon (MİK) değerleri açısından kimyon yağına karşı en dirençli mikroorganizma *C. albicans*, en hassas mikroorganizmalar ise *S. Aureus* ve *E. coli* olarak belirlenmiştir. Araştırmada antimikrobiyal aktivite açısından en etkili bitkiler sıralaması “kekik – adaçayı – tarçın – anason– rezene– kimyon” şeklinde yapılmıştır.

Lagouri and Nisteropoulou (2009) tarafından gerçekleştirilen araştırmada *Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris* (kekik) ve *Origanum onites* (güveyotu) gibi bitkisel örneklerin toplam fenolik içeriği, ferrik indirgeyici antioksidan kapasite (FRAP) özellikleri ve rozmarinik asit (RA) seviyeleri 1,1-diphenyl-2 pioryl-hydrazyl (DPPH) serbest radikal temizleme tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular bitkisel örneklerin toplam fenolik içerik miktarları ile RA ve DPPH radikal temizleme kapasiteleri arasında güçlü bir pozitif korelasyon olduğunu ortaya koymaktadır.

Kwee and Niemeyer (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada fesleğen türlerinin fenolik bileşikler ve antioksidan kapasiteleri açısından görülen farklılıklar incelenmiştir. Araştırma kapsamında 15 farklı fesleğen türü ele alınmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen veriler fesleğen türlerinin toplam fenolik içeriği ve antosiyanin düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar sergilediğini ortaya koymaktadır. 15 farklı fesleğen türü arasındaki çeşitliliğin

DPPH ve FRAP yöntemleri ile ölçülen antioksidan aktivite değerlerinde de farklılıklar oluşturduğu görülmüştür.

2.5 Topraksız Tarım

Topraksız tarım, toprak ortamı dışında, bitki besin elementleriyle zenginleştirilmiş katı veya sıvı ortamlarda tarımsal üretim faaliyetlerinin yürütülmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Bu yöntemde, besin elementleri içeren çözeltiler kullanılmakta; ayrıca, bitkilerin gelişimi için çeşitli organik ve inorganik katı materyallerden de istifade edilmektedir (MEGEP, 2008a). Topraksız tarımın uygulama alanı başlangıçta örtü altı yetiştiriciliği ile sınırlı iken, zamanla açık alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır (Özkan, 2014).

Topraksız tarım yöntemleri, durgun veya akan besin eriyiklerinde, sis şeklinde püskürtülmüş besin eriyiklerinde veya bu eriyiklerle zenginleştirilmiş katı ortamlarda bitkilerin yetiştirilmesini içermektedir (MEB, 2011).

Topraksız tarım tekniklerinin ilk deneyimleri 1600'lerde gerçekleşmiştir. Ancak, bu yöntemlerin kökenlerinin Babil'in Asma Bahçeleri, Anasazi ve Çinlilerin yüzen bahçeleri gibi daha eski dönemlere dayandığı iddia edilmektedir. Bu eski uygulamalar, topraksız yetiştiriciliğin erken örnekleri olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, Mısırlıların M.Ö. birkaç yüzyıl öncesine tarihlenen kayıtları, su ortamında bitki yetiştiriciliğini tasvir etmektedir (Gül, 2008).

1800'lerin ikinci yarısında, bitkilerin büyümesi için gerekli olan mineralleri içeren besin solüsyonlarının kullanımı ile yetiştiriciliğin mümkün olduğu kanıtlanmıştır (Gül, 2008). 1925 yılı itibarıyla, Amerika'daki seracılar toprak kaynaklı problemlere alternatif olarak bu yönetime yönelmişlerdir. 1925 ile 1935 yılları arasında, topraksız tarım alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.

Topraksız tarım tekniklerinin laboratuvar ortamının dışına çıkışı, Gericke'nin 1930 yılında Kaliforniya Üniversitesi'nde gerçekleştirdiği domates yetiştiriciliği çalışması ile olmuştur. Gericke'nin bu çalışması, topraksız tarım yöntemlerinin pratikte de uygulanabileceğini göstermiştir. Bu teknik, Yunanca 'su' anlamına gelen

'hydro' ve 'çalışma' anlamına gelen 'ponos' kelimelerinin birleşiminden oluşan 'hidroponik' (hydroponics) adını almıştır (Göl, 2008).

Topraksız tarım yöntemlerinin temel amacı, bitkisel üretim süreçlerinde su ve besin elementlerini, bitkiler için stres faktörü oluşturmayacak ve maliyeti minimum düzeyde tutacak şekilde, besin çözeltileri aracılığıyla sunmaktır (Özkan, 2014). Bitkilerin gelişimini, besin solüsyonlarının yardımı ile desteklemede kullanılan bu yöntemler bitkisel materyallerin ihtiyaç duyduğu su ile besin elementlerini en ekonomik yöntemlerle sağlamaktadır (MEB, 2011).

Yoğun tarım faaliyetlerinin gerçekleştirildiğı ve aynı ürünün ardışık olarak ekildiğı arazilerde, hastalıkların, zararlı organizmaların ve yabancı otların bağışıklık kazanması ciddi bir problem oluşturmaktadır. Modern tarım yöntemleri kapsamında kimyasal ilaçlar kullanılarak bu sorunların üstesinden gelinmeye çalışılsa da bu yöntemlerle tam bir kontrol sağlanması mümkün olmamaktadır (MEB, 2011).

Toprak tabanlı tarım pratikleri ve seracılık faaliyetlerinde, ürün verimi ve kalitesini artırmak amacıyla kullanılan gübre miktarının aşırılığı, çevre ve toprak kirliliğine yol açabilecek bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Geleneksel tarımın yapıldığı alanlarında sulama suyunun bitkiler tarafından ne ölçüde kullanıldığının tespiti konusunda zorluklar yaşanmaktadır. Sulama sırasında suyun toprağın alt katmanlarına sızması ve toprak ile bitki yüzeyinden buharlaşarak atmosfere karışması, suyun etkin kullanılamayarak kaybına neden olmaktadır (MEB, 2011).

Topraksız tarım yöntemleri, verimsiz toprakların daha etkin bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu yöntemler, bitkilerin besin ve pH dengesinin kolaylıkla sağlanabilmesi için besin solüsyonlarının kontrollü uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Optimum düzeyde besin elementlerinin dengelenmesi de bu sayede gerçekleştirilebilmektedir. Sterilize edilmiş substratların tekrar kullanılabilir olması, ürün rotasyonunun gereksiz hale gelmesine ve kök sisteminin iyi havalanmasını sağlayarak kök hastalıklarının azalmasına katkıda bulunmaktadır.

Birim alandan elde edilen verimin artması, bitki sayısının artırılması ve uzun yetiştiricilik dönemleri sayesinde yıl boyunca üretim yapılabilmesi, topraksız tarımın yüksek üretim ve gelir elde etme potansiyelini göstermektedir. Erken hasat imkânı sunan bu yöntem, pazarlama fırsatlarını artırırken, satın alma oranlarını da yükseltmektedir. Topraksız tarım endüstrilerin gelişmesine katkı sağlamakta ve tarımsal ilaç kullanımını azaltmaktadır. Kontrollü beslenme, çiçeklenme ve sulama imkanları sunan bu yöntem, bitki su stresinin önüne geçmekte ve ekim nöbetine gerek kalmamaktadır. Ek olarak hasatlar arasındaki sürenin kısalması ve erkencilik de topraksız tarımın sunduğu diğer avantajlar arasında yer almaktadır.

Topraksız tarım sistemlerinin kurulumu, seraların inşası, sulama ekipmanlarının temini ve bilgisayar tabanlı işletim sistemlerinin entegrasyonu gibi başlangıç masrafları yoğun sermaye gerektirmektedir. Bu yatırımların yüksek maliyeti, sistemin ilk kurulum aşamasında önemli bir engel teşkil etmektedir. Ayrıca bu teknolojik yöntemlerin uygulanması için gerekli olan nitelikli iş gücünün bulunması güçlükler arasında yer almaktadır.

Öte yandan topraksız tarım sistemlerinde, kök hastalıklarının oluşmaması nedeniyle tarımsal kimyasal kullanımı önemli ölçüde azalmaktadır. Böylelikle ürün kalitesinin düşmesi ve tat değişiklikleri engellenmekte, aynı zamanda toprağa ve su kaynaklarına zarar verilmemektedir. Bu yaklaşım, üreticilere zirai ilaç maliyetlerinde tasarruf sağlamakta ve sürdürülebilir bir tarım pratiği oluşturmaktadır (Özkan, 2014).

Sulama, tarımsal üretimde verimi artırmanın en önemli unsurlarından biridir. Şehirlerden kaynaklanan kanalizasyon ve atık su sistemlerinin oluşturduğu kirli sular, tarımsal üretimde kullanıldığında, çeşitli problemlere yol açabilmektedir. Mevcut atıkların içerdiği kolayca ayrışabilen organik bileşenlerin yanı sıra, tuzlar, ağır metaller ve deterjan artıkları gibi zararlı maddeler toprağın doğal yapısını bozabilmekte ve bitkilerin gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir. Virüslerin sudan bitkilere ve oradan insanlara geçişi, bulaşıcı hastalıkların yayılmasına katkıda bulunabilmektedir. Aşırı sulama ise verimliliğinin azalmasına yol açabilmekte, aynı zamanda su kaynaklarının israfına neden olabilmektedir.

Topraksız tarım yöntemleri, özellikle hidroponik ve aeroponik (Özkan, 2014) sistemler, su kullanımını etkin bir şekilde kontrol altına alarak bu sorunlara çözüm sunmaktadır. Bu yöntemler su kalitesinde azalma olmaksızın ve çevreye zarar vermeden, daha az suyla daha yüksek verim elde edilmesine imkân tanımaktadır. Örneğin, toprak temelli tarımda aynı alanda 5250 litre su tüketilirken, hidroponik sistemlerde bu miktar 2000 litre, aeroponik sistemlerde ise yalnızca 1000 litreye düşmektedir (Özkan, 2014). Örnekte ifade edilen veriler suyun daha dengeli kullanımının su israfını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.

Topraksız tarım yöntemleri kirlilik veya erozyon sonucunda verimsiz hale gelmiş toprakların yeniden kullanımını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, bataklık alanların kurutulması suretiyle arazilerin tarıma elverişli hale getirilmesi, bataklık kaynaklı hastalıkların önlenmesine katkıda bulunmaktadır. Topraksız tarımın esas hedefi, kullanılamaz durumdaki toprakları tarımsal üretim sürecine dahil etmektir (Özkan, 2014).

Hayvansal gübre ve idrarın kullanımının önerilen dozların üzerine çıkması, bitkisel üretimin hacmi ve kalitesi üzerinde, toprağın fiziksel yapısı ile yer altı ve yer üstü su kaynaklarının durumu üzerinde negatif etkiler yaratmaktadır. Bu durum, atıklar aracılığıyla bitkisel ürünlere ve dolayısıyla insanlara transfer olan patojenlerin yol açtığı hastalıkların ortaya çıkmasına da zemin hazırlamaktadır. Topraksız tarım tekniklerinde hayvan atıklarının kullanılmaması, çevresel hasarın ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerin önüne geçmekte bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Özkan, 2014).

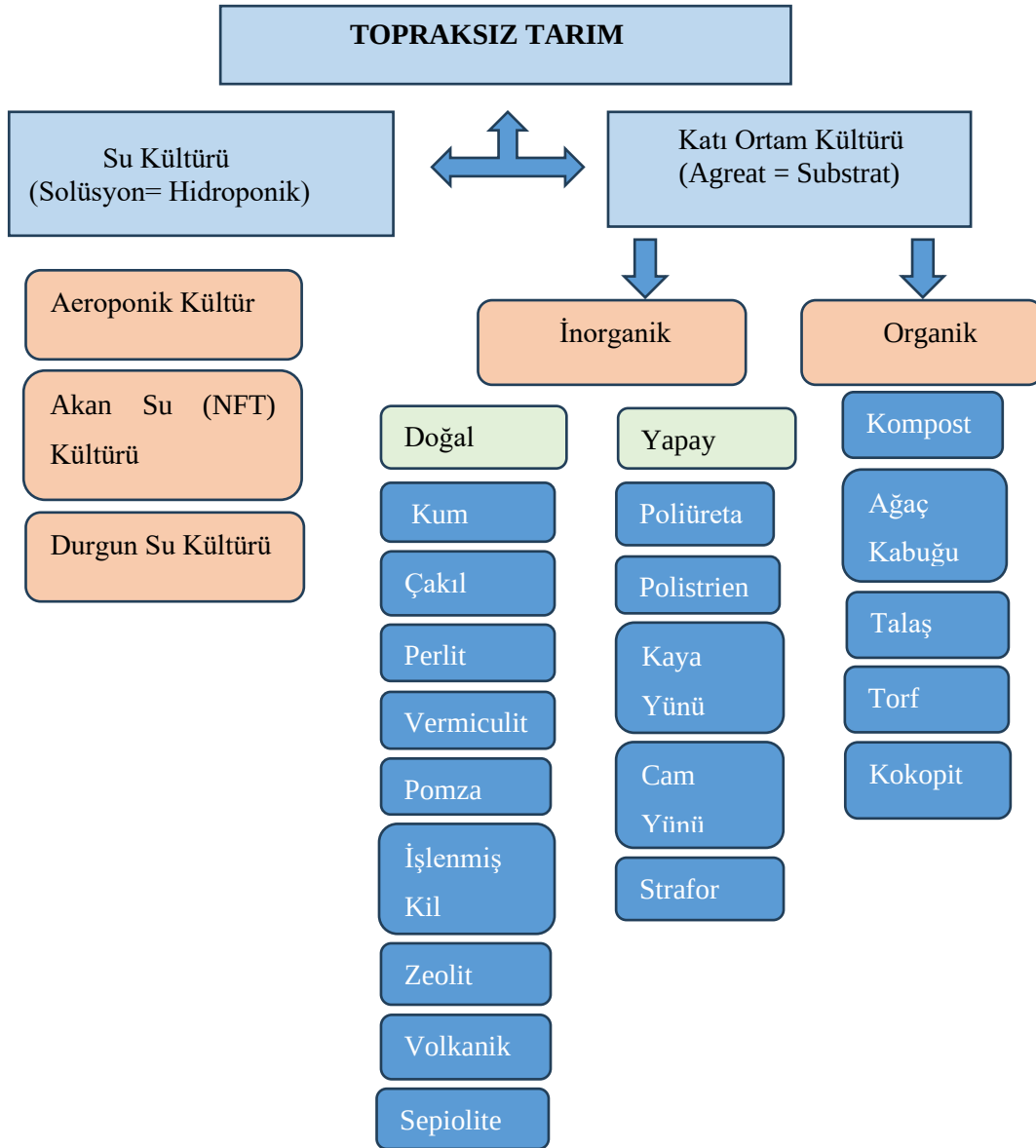
Topraksız tarım sistemlerindeki çevresel etkiler, kullanılan tekniklere göre değişkenlik gösterir. Su kültürü teknikleri gibi bazı yöntemlerde atık substrat oluşmamakta, bununla birlikte kullanılan substrat türlerine göre geri dönüşüm olanakları farklılık arz etmektedir (Gül, 2008). Katı ortamların kullanımı, atık üretimi yoluyla çevresel kirliliğe yol açabilir. Aynı şekilde, besin çözeltileri ve plastik malzemelerin kullanımı da atık sorunlarına ve çevresel zararlara sebebiyet verebilmektedir. Özellikle su kültürü tekniklerinde ise hastalık etmenlerinin hızla yayılma riski bulunmaktadır (Özkan, 2014).

Saha et al. (2016) tarafından yürütülen çalışmada topraksız tarım yöntemleri arasında yer alan aquaponik ve hidroponik sistemlerde *Ocimum basilicum L.* bitkisinin verim, büyüme, kalite, beslenme ve gelişme durumları incelenmiştir. Araştırma neticesinde elde edilen sonuçlar fesleğenin yetiştirilmesi konusunda aquaponik sistemin, hidroponik sistemle kıyaslandığında daha üstün sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır.

Puccinelli et al. (2017) yürüttükleri çalışma su kültürü yöntemiyle yetiştirilen fesleğen bitkisinde selenyum (Se) içeriğinin artırılması ve bu yolla insan sağlığına selenyum takviyesi sağlanması amacını taşımaktadır. Çalışmada sodyum selenat besin çözeltisine 4,8 ve 12 mg Se L⁻¹ olmak üzere iki farklı konsantrasyonda eklenmiştir. Hidroponik su kültüründe yetiştirilen fesleğen bitkisine besin çözeltisi aracılığıyla verilen selenyumun, fesleğenin biyo-kütlesi üzerinde herhangi bir etkisi gözlenmemiştir. Selenyumun bitki üzerindeki etkilerinin özellikle yapraklarda belirginleştiği tespit edilmiştir. İlk 27 gün içerisinde fesleğen yapraklarında selenyum konsantrasyonunda artış gözlemlenmiştir. Ancak bitki çiçeklenme evresine ulaştığında selenyum düzeylerinde azalma meydana gelmiştir. Uygulanan iki farklı selenyum dozu karşılaştırıldığında, yüksek dozun daha fazla Se etkisi yarattığı tespit edilmiştir. Gözlemler sonucu elde edilen bulgular fesleğen yapraklarında selenyum konsantrasyonunu artırarak insan sağlığına olumlu katkılarda bulunmak adına besin çözeltisine selenyum eklemenin uygun bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

2.6 Topraksız Tarım Teknikleri

Topraksız tarım yöntemleri katı ortam ve sulu ortam olmak üzere iki sınıf altında dallanan tekniklerden oluşmaktadır. Katı ortamda gerçekleştirilen topraksız tarım uygulamaları “organik” ve “inorganik” olmak üzere iki alanda incelenmektedir. Hidroponik ortamdaki topraksız tarım yöntemleri ise “aeroponik”, “durgun su” ve “akan su” (NFT) olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Bu teknikler aşağıda verilen Şekil 2.1 üzerinde özetlenmektedir ve alt başlıklar şeklinde ele alınacaktır.



Şekil 2.1. Topraksız tarım teknikleri (MEGEP, 2008b).

2.7 Topraksız Tarım Tekniği Olarak Su Kültürü

Topraksız tarım türlerinin su kültüründe uygulanan yöntemleri aeroponik, durgun su ve akan su olmak üzere üç farklı tekniği içermektedir. Bu teknikler sırasıyla alt başlıklar şekilde ele alınmaktadır. Söz konusu bu tez çalışmasında hidroponik ortamda uygulanan kültür ortamları detaylandırılmaktadır.

2.7.1 Aeroponik kültürü

Aeroponik su kültürü “Kök Sisleme Yöntemi” veya “Besin Eriyiği Sistemi” olarak da ifade edilebilmektedir. 1990’lı yıllarda NASA tarafınca yürütülen çalışmada su kullanımının en az olduğu bir ortamda bitki yetiştirmeye odaklanılmıştır. NASA’nın su kullanımını minimize eden bu yaklaşımında bitki besin elementlerini içeren çözeltiler bitki kök bölgesine çok küçük zerrecikler halinde spray veya sisleme şeklinde uygulanmıştır. Aeroponik kültür tekniği su kültürü ortamında gerçekleştirilen topraksız tarım uygulamalarının en yenisi olup, su tasarrufunda diğer yöntemlere nazaran en etkili olanıdır (Şahin ve Kendirli, 2016).

Bitkinin ihtiyaç duyduğu besin maddelerini içeren besin sıvısı bitkiye bu besin minerallerini su kültüründe açıkta bulunan kök uzuvlarına sis olarak verilmektedir. Aeroponik yöntemde bitkinin yaşamsal fonksiyonlarını sürdürebilmek için ihtiyaç duyduğu su ve oksijen miktarları yeterince karşılanmaktadır. Aeroponik yöntemde bitkilerin kök uzuvlarının kolay erişilebilir konumda olmalarından kaynaklı, bitki kökleri için gerekli kontroller en verimli şekilde sağlanabilmektedir. Aeroponik kültür ortamında bitki gelişiminin sağlanabilmesi adına ışık geçirgenliği olmayan mat bir kabın, sıvı besin eyriğinin ve sisleme düzeneğinin sisteme entegre edilmesi gerekmektedir. Bu bitki yetiştirme sisteminde yer alan elemanlar bitkinin yetiştirilmesinde kullanılan besin ve su oranlarını minimuma indirmekte olup bitkilerin yüksek verimli erken hasadına imkân vermektedir. Çok katlı ve dik yönlü düzeneklerle bitki yetiştirme olanağı sağlayan aeroponik yöntem, birim alanda yetişen bitki oranını artırmaktadır (Anonim, 2020).

Aeroponik yöntemde yetiştirilmek istenen bitkilerin kökleri köpük panellere yerleştirilerek kök uzuvlarının havada asılı şekilde bulunması sağlanmaktadır. Ele alınan bu yöntemde bitki köklerinin oluşumunu desteklemek ve olası bir alg gelişiminin önüne geçmek adına ışık geçirgenliği bulunmayan kapalı paneller kullanılmaktadır. Bitkinin besin ihtiyaçlarını karşılayacak olan besin eyriği bitkinin köküne sisleme ile püskürtülmektedir. Yapılan püskürtme işlemi 2-3 dakikalık her zaman diliminde yeniden gerçekleştirilmektedir. Döngü içerisinde sürekliliği

bulunan bu uygulama köklerin gerekli nem ihtiyacını karşılamakta ve besin eriyiğinin yeterli havalandırılmasını sağlamaktadır. Bitkiler sis püskürtme aracılığıyla köklerine nüfuz eden çözeltiliden besin ve su gereksinimlerini gidermektedir (MEGEP, 2008a).

Aeroponik sistemin temel üstünlüklerinden biri köklerin havalandırılmasının iyi gerçekleştirilmesidir ve mevcut alanın en yüksek verimle kullanılmasının sağlanmasıdır (MEGEP, 2008a).

Aeroponik sistemler kendi içerisinde “düşük basınçlı”, “yüksek basınçlı” ve “ultrasonik basınçlı” olmak üzere 3 sisteme ayrılmaktadırlar.

1) Düşük Basınçlı Aeroponik Sistemler

Kurulumları diğer sistemlere göre daha kolay ve maliyetsizdir. Düşük basınçlı sistemlerin bu özellikleri en çok tercih edilen yöntemler arasında ilk sıraya yerleşmesini sağlamıştır ve bu sistem yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu tür aerobik sistemlerde bitkilerin besin aldıkları uzuvları olan kökleri besin solüsyonunun depolandığı düzeneğin üzerinde ya da mevcut küçük besin depolarıyla bağlantısı bulunan kanalların içerisinde asılı şekilde bulunmaktadır (Bingöl, 2019).

2) Yüksek Basınçlı Aeroponik Sistemler

Yüksek basınçlı aeroponik sistemler düşük basınçlı aeroponik sistemlere nazaran daha zor kurulumu sahip ve özel teçhizatlardan kaynaklı daha yüksek maliyet gerektiren sistemlerdir ve genellikle ticari amaçlarla kullanılmaktadırlar. Yüksek basınçlı aeroponik sistemlerin sağlıklı bir şekilde çalışabilmeleri için suyu damlacıklara indirgeyen yüksek basınç koşullarının sağlanması gerekmektedir. Suyun yüksek basınçlarla damlacıklara atomize edilmesiyle bitki köklerinin alması gereken oksijen miktarı yükseltilerek sistemin verimliliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Yüksek basınçlı sistemler, besin sterilizasyonunu sağlayan düzenekler, su ve hava artıma sistemleri, basınçlı besin dağıtma sistemleri ve küçük kütleli polimerler gibi sistemleri içermektedir (Bingöl, 2019).

3) Ultrasonik Basınçlı Aeroponik Sistemler

Ultrasonik basınçlı aeroponik sistemler, basınç değerleri yüksek biyolojik organizasyonları ve cihaz entegrasyonlarını içermektedir (Anonim, 2019b). Bu sistemde yer alan ultrasonik sisleme elemanları, yağmur ormanlarına benzer şekilde havada bulunan nem oranının yapay şekilde ideal değerlere getirilmesinde küçük sis sistemlerini kullanmaktadır. Ultrasonik basınçlı aeroponik sistemlerde yer alan sisleme elemanları, yer aldıkları kapta bulunan havadaki, yüzen, birkaç mikronluk boyuta sahip sis tanecikleriyle çözelti oluşturmaktadır (Lakhiar et al., 2018). Sisleyiciler tarafından oluşturulan küçük çaptaki sis çözeltileri bitki köklerinin mevcut besinleri kolaylıkla almasını sağlamaktadır. Söz konusu sistemler çeşitli türlerdeki bitkilerin yetiştirilmesinde ve kaliteli ürünlerin elde edilmesinde kullanılmaktadır (Bingöl, 2019).

Aeroponik sistemlerin diğer sistemlere olan üstünlükleri arasında ölçülebilen mobiliteye sahip olmaları, su kullanımını minimize ederek ekonomik açıdan tasarruf sağlamaktadır. Bitkilerin hızla gelişmesine ve erken hasat edilmesine olanak veren aeroponik sistemler birim alanda yetiştirilen bitki oranını yükseltmektedir. Verimlilik kalitesi düşük kirli sularla da üretim yapma imkânı sunan aeroponik sistemler, bitkiye verilecek besin çözeltisinin sıcaklık gibi gerekli müdahalelerle kök kontrolünün gerçekleşmesini sağlamaktadır (Bingöl, 2019).

Aeroponik sistemlerin yukarıda bahsedilen üstünlüklerinin yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Sistemin kurulum maliyetinin yüksek olması, teknik bilgiye duyulan ihtiyacın çok olması, sistemin bağlılık gerektirmesi ve düzenli aralıklarla kesintisiz bakım istemesi bu sistemin dezavantajları arasında yer almaktadır. Aynı zamanda bitki köklerinde oluşabilecek herhangi bir olumsuz etkiye karşı gerekli dezenfektanların kullanılması ile devamlı temizlik gerektirmesi de diğer dezavantajlardandır (Bingöl, 2019).

2.7.2 Akan su kültürü

Akan su kültüründe besin çözeltisi kanallarda yer alan ve yetiştirme kabı niteliğinde kullanılan oluklardan ince bir katman şeklinde akmaktadır ve bitki

köklerinin bu çözeltiyle temas etmesi sağlanarak bitkilerin beslenmesi ve gelişmesi için uygun besi ortamı oluşturulmaktadır. Sulu besin çözeltisine temas eden bitki kökleri su ve besin ihtiyaçlarını karşılamaya yanı sıra havalandırma ihtiyacını da bu sistemden karşılamaktadır (MEGEP, 2008a).

Akan su kültürü sisteminde bitki köklerinin bulunduğu kanaldan sürekli akan besin suları depolama tanklarında toplanarak yeniden kullanılabilir. Bu durumda mevcut sulama ve besin ortamının sürdürülebilirliği sağlanarak besin ve sudan tasarruf edilmekte israf oranları minimuma indirgenmektedir. Akan su kültürü, topraksız tarımda kullanılan substrat kültürlerine göre su kültürü yöntemleri içerisinde en yaygın tekniktir (MEGEP, 2008a).

Çalışmamızda yetiştirme ortamı olarak kullanılan “derin su kültürü” sınıflandırma içerisinde bu kısımda yer almaktadır. Bu sistemde, kökler akan besin çözeltisi içinde, kök uçları derin solüsyonla temas edecek şekilde konumlandırılmaktadır.

2.7.3 Durgun su kültürü

Durgun su kültürü tekniğinde bitkilerin ihtiyaç duydukları besinlerin karşılanacağı çözeltiler, 15 santimetre derinliklere sahip mat kaplara konulmaktadır. Buna alternatif olarak ışık geçiren kapların kullanılması halinde ışık geçirmeyen kaplama malzemelerinin kullanılması da köklere ışık gelmesini engellemektedir. Durgun su kültüründeki besin çözeltisinin akvaryum pompasıyla havalandırılması gerekmektedir. Havalandırma işlemi pompanın ucuna takılan havalandırma taşıyla da gerçekleştirilebilmektedir. Durgun su kültürü herkes tarafından uygulanabilir bir yöntem olup, hobi yetiştiriciliğine de elverişlidir ancak ticari açıdan kullanımı kısıtlıdır. Durgun su kültüründe ortaya çıkan havalandırma sorunları bu yöntemin kullanımını sınırlandırmaktadır (MEGEP, 2008a).

Awang et al. (2009), topraksız tarım kültürüne ilişkin gerçekleştirdikleri çalışmaları, yetiştirme ortamının şartlarının bitki için kritik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Topraksız tarım üzerine yoğunlaşan ekip, kök sisteminin gelişmesinin ve büyümesinin desteklenmesi gerektiğini ve bu desteğin

topraksız tarımla bitki yetiştiriciliğinde kilit bir öneme sahip olduğunu ifade etmiştir.

Çığ ve Gülser'in 2023 yılında gerçekleştirdikleri çalışma çeşitli bitki yetiştirme kültürlerinde soğanlı süs bitkilerinin yetiştirilmesi üzerine odaklanmıştır. Aeroponik kültür yöntemlerinden durgun su kültürü tekniğinin kullanıldığı bu çalışmada, soğan halindeki süs bitkilerinin köklenmesi sağlanan %50'lik Hoagland besin eyriği kullanılmıştır. Soğanlarda köklenmenin gözlenmesiyle stafolar üzerine yerleştirilmiş ve oluşan köklerin besin sıvısıyla teması sağlanmıştır. Durgun su yönteminde bitki köklerinin havalandırılması adına akvaryum pompası kullanılmış, bitkilerin gereksinim duydukları tüm besin değerleri %50'lik Hoagland çözeltisinden karşılanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular topraksız soğanlı süs bitkisi yetiştiriciliğinde aeroponik kültürün verimli olduğunu ortaya koymuştur (Çığ ve Gülser, 2023). Topraksız tarım yöntemlerinden durgun su tekniğiyle gerçekleştirilen bu çalışma, süs bitkileri ve çiçekli bitkilerin yetiştiriciliğinde toprak yetiştiriciliğinden kaynaklı sorunların (yabani otların, böceklerin, sıcaklıkların vb.) su kültüründe görülmediğini bildirmekte olup, bu yöntemle verimli süs bitkisi yetiştiriciliğinin yapılabileceğini ve böylece ekonomiye büyük katkı sağlanabileceğini vurgulamaktadır (Çığ ve Gülser, 2023).

Gondum Filho ve arkadaşlarının 2018 yılında gerçekleştirdikleri bir araştırma durgun su kültüründe yetiştirilen üç farklı fesleğen türü, altı değişik elektrik iletkenliği (EC) seviyesinde (2.45, 4.32, 6.38, 8.36, 10.37 ve 12.27 dS m⁻¹), tuz seviyelerini incelemiştir. Yağ içeriğindeki değişikliklerin ve verimliliğin ele alındığı araştırma sonuçlarına göre; fesleğenin bitki boyu, gövde kalınlığına kıyasla tuz stresinden daha az etkilenmektedir. Fesleğenin yeşil kısımlardaki kuru madde miktarı, çeşitlere bağlı olarak %6.47 ile %6.87 arasında bir azalma göstermektedir. Fesleğen yapraklarının uçucu yağ içeriğininse %9,7 ile %20,3 arasında bir yükselme gösterdiği bildirilmektedir. Alfavaca Basilicão çeşidinin stres altındaki tepkilerinin değerlendirilmesiyle 10,37 dS m⁻¹ tuzluluk seviyesinde yetiştirilmesinin uygun olabileceği tespit edilmiştir. Çalışmada ele alınan üç fesleğen çeşidinin de maksimum tuz seviyesi olan 12,27 dS m⁻¹'de benzer kuru madde üretimine sahip olduğu belirlenmiştir (Gondim Filh et al., 2018).

Bulgari ve arkadaşları tarafından 2017 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada yüzen su kültürü sistemi aracılığıyla yetiştirilen pazı, roka ve fesleğen bitkilerinin mikrofilyz aşamasındaki verimleri, mineral gereksinimleri ve mikrofilyz kalitesi incelenmiştir. Fesleğen için 48.5 g/m^2 , roka için 45 g/m^2 ve pazı için ise 242 g/m^2 tohum ekimi gerçekleştirilmiştir. Mikrofilyzlerin hasadı ilk gerçek yapraklı, yuvarlak ve yeşil kotiledon aşamasında gerçekleştirilmiştir. Ekimden itibaren pazı ve roka bitkilerinin 17 gün sonra, fesleğen bitkilerininse 27 gün sonra mikrofilyz evresine eriştikleri görülmüştür. Hidroponik sistemlerde yetiştirilen ve olgunlaşma aşamasına ulaşarak hasat edilen belirli türlerdeki mikrofilyzlerin, belirlenen verilere göre daha düşük kuru madde yüzdesine sahip oldukları gözlemlenmiştir. Bunların yanı sıra bu bitkilerin nitrat düzeylerinin de daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Özellikle roka ve pazı gibi küçük yapraklı sebzelerde ya da yetişkin sebzelerle karşılaştırıldığında, mikrofilyzlerdeki nitrat konsantrasyonunun normal yetişkin sebze formunun 1/3 oranında ya da daha az olduğu belirlenmiştir (Bulgari et al, 2017).

Walters and Currey (2015) tarafından gerçekleştirilen araştırmada üç ayrı *Ocimum* türüne ait olan *O. Tenuiflorum*, *O. Basilicum* ve *O. citriodorum* X *O. basilicum* seleksiyonu üzerinde 35 farklı fesleğen çeşidi incelenmiştir. Bu çalışmada “Derin Su Kültürü (DFT)” ile “Besleyici Film Tekniği (NFT)” yetiştirme sistemlerinin karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Fesleğenler 3 haftalık zaman diliminde bu sistemlerde yetiştirilmiştir. Araştırma sonuçları incelenen fesleğen çeşitleri ile kullanılan yetiştirme sistemleri arasında olumlu bir etkileşim olduğunu ortaya koymuştur. Derin su kültüründe yetiştirilen bitkilerin taze ağırlıkları besleyici film tekniğine göre daha fazla bulunmuştur.

2.8 Yapraktan Gübreleme

Bitkilerin gelişim süreci, tohumun çimlenmesinden başlayarak olgunluk evresinin sonuna kadar devam eden bir döngüdür ve bu süreçte, bitkilerin topraktan veya toprak üstü organları aracılığıyla aldıkları besin maddeleri büyük önem taşımaktadır. Organik veya inorganik kökenli bu besin maddeleri, bitkilerde gelişimi teşvik eden gübreler olarak tanımlanmakta ve bu maddelerin toprağa,

gövdeye veya yapraklara uygulanması ise gübreleme olarak adlandırılmaktadır (Zabunoğlu ve Karaçal, 1986).

Toprağın bazı besin elementlerini yeterli miktarda içermemesi, bu elementlerin bitki tarafından alınamayacak şekilde toprakta bağlanması veya özellikle suyun yetersiz olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkilerin bu elementleri yeterince alamaması gibi durumlar, yaprak gübrelerinin önemini artırmaktadır. Bitkiler için gerekli olan besin elementlerini içeren yaprak gübreleri, sıvı formda yapraklara püskürtülerek uygulanmaktadır ve bu sayede bitkilerin beslenme ihtiyaçları desteklenmektedir (Kacar ve Katkat, 1999).

Bitkiler, fotosentez işleviyle organik madde üretimini gerçekleştirirken, aynı zamanda yaprakları aracılığıyla su ve suda çözülmüş besin elementleri ile gaz formundaki temel elementleri (karbondioksit CO_2 , oksijen O_2 , kükürt dioksit SO_2 , amonyak NH_3 , azot dioksit NO_2) absorbe etmektedirler (Kacar vd., 2002).

Yaprak gübrelerinin tarımsal verim ve kalite üzerindeki olumlu etkileri, bilimsel çalışmalarla da kanıtlanmaktadır. Bu gübrelerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için, iklim koşulları, toprak verimliliği ve toprağa veya yetiştirme ortamına yapılan gübre uygulamaları, bitkilerin gelişim evreleri, zamanlama ve diğer ilgili faktörler dikkate alınarak daha spesifik ve kapsamlı araştırmalar yapılmalıdır. Yaprak gübresi uygulamalarının tarımsal faaliyetlere entegrasyonu, bu hususlara dayalı olarak gerçekleştirilmelidir. Uygulamaların en faydalı yöntemlerle yapılması, kullanım oranlarının artırılmasını ve bu uygulamaların yaygınlaşmasını sağlayacaktır (Aktaş, 1996).

Yaprak gübrelemesi, tarihsel bir perspektifte uzun yıllardır tarımsal uygulamalar arasında yer almaktadır. Özellikle Fransa'da gerçekleştirilen bir uygulama, 1844 yılında demir sülfatın yaprak gübrelemesinde kullanılmasını ve kloroz hastalığına karşı etkinliğini ortaya koymuştur. Su moleküllerinin yapraklar tarafından emilimi ise 1676 yılında Mariotte tarafından açıklanmış ancak bu Wetsel tarafından deneysel olarak ispatlanıncaya dek yeterli ilgiyi görmemiştir (Mariotte, 1676). Yirminci yüzyılın başlarında ise Hiltner, yaprakların dışarıdan madde alımına dair ilk bilimsel kanıtları sunmuştur. Hiltner, hardal bitkisini potasyum

içermeyen bir besin çözeltisine yerleştirmiş ve bitkinin yapraklarına KCI çözeltisi uygulamıştır. Yapılan analizler sonucunda çiçek, meyve ve tohumda K iyonlarının varlığı tespit edilmiştir (Hiltner, 1909; Hiltner,1912).

Wittwer ve arkadaşlarının yürüttüğü araştırmalar, bitkilerin yaprak yoluyla beslenmesine ilişkin çalışmaların 1844 yılında başlamış olduğunu ve zamanla ivme kazanarak günümüze kadar sürdüğünü ortaya koymaktadır. Bu çalışmaların, 1938 yılından itibaren radyoizotop teknolojisinin tarımsal araştırmalarda kullanılmaya başlanmasıyla daha da etkin bir biçimde gerçekleştirildiği belirtilmektedir. N, P, K ve Ca gibi elementlerin yaprak uygulamalarının bitkilerin büyüme süreçleri üzerinde önemli etkileri olduğu, Wittwer ve arkadaşlarının 1963 yılında yayımladıkları çalışmalarında vurgulanmaktadır. Aynı zamanda, Zn, Mn, Cu, B ve Mo gibi elementlerin eksikliklerinin, bu elementlerin suda çözünebilen tuzlarının yapraklara püskürtülmesi yoluyla giderilmesinin, çeşitli bitki türleri için etkili bir yöntem olduğu ifade edilmektedir (Wittwer et al., 1963).

Bitki besin maddelerinin yapraklardan alınımı, stomaların boşluklarından gerçekleşmeyip, yaprak yüzeyleri aracılığıyla üç aşamalı bir süreci izlemektedir. Bu süreç; kutikula tabakasının aşılması ve hücre duvarından difüzyon yolu ile geçiş, plazmalemma olarak bilinen yarı geçirgen plazma membranından maddenin hücre içine aktif olarak alınması aşamalarından oluşmaktadır. Hücre duvarı ve kütikulası, yapısal açıdan oldukça farklı, çeşitlenen ve karmaşık bir yapı sergilemektedir.

Hücre duvarının yapısal özellikleri, genelleştirilebilecek tek bir şematik çizimle ifade edilemeyecek kadar çeşitlilik göstermektedir. Ancak hücrenin hücre duvarına bitişik kısmı olan lümenin büyük bir kısmının selülozdan oluştuğu bilinmektedir. Kutikula olarak adlandırılan ve esas olarak kütinden oluşan pektin, kütin ve balmumu içeren bölge, bazı durumlarda hücre duvarı üzerinde belirgin sınırlara sahip bir tabaka olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan bazı hücre duvarlarında kutikula, selüloz duvarları ile arasına farklı kalınlıklarda sıkışmış katmanlar halinde gözlemlenebilmektedir. Söz konusu bu katmanlar kütin, pektin ve selüloz içerikli olup, sıklıkla lamel tabakalarına benzer bir yapı sergilemektedirler (Alpaslan, 2000).

Bitki epidermisindeki kutikula tabakası, suyun ve solüsyon damlacıklarının doğrudan geçişine karşı önemli bir engel oluşturmaktadır. Kutikula, balmumu bileşenleri sayesinde yüksek miktarda su geçirmezlik sergilemekte ve bu sayede damlacıkların yüzey ile etkileşimini sınırlamaktadır. Damla yüzeye değdiğinde, kutikula tarafından ıslatılmadan yüzeyden kayıp gitmektedir ve böylelikle yaprak üzerinden beslenmenin zorlaşmasına yol açmaktadır.

Kimi araştırmacılar, hücreler arası boşlukların lipit tabakaları ile kaplandığını ifade etmektedirler. Kütin ise yüksek yüzey gerilimi yaratmakta ve bu da suyun ve sulu çözeltilerin ıslatma kapasitesini azaltmaktadır. Dolayısıyla, damlacıkların stoma yarıklarından içeri girmesi mümkün olmamaktadır. Ayrıca, bu boşluklar suyun yerini alamayacak şekilde gazla dolu olduğundan, yüksek basınç olmadan geçiş sağlanamamaktadır. Stoma boşluklarının gübre solüsyonlarının geçiş yolu olarak kabul edilmemeleri bu yüzdendir. Püskürtülen solüsyonun epidermis hücrelerinin kutikulalarına doğru alındığı düşünülmektedir. Kutikulalarda su alışverişinin gerçekleştiği bilindiğine göre, çözülmüş maddelerin de belirli bir ölçüde geçiş yapmaları beklenmektedir (Alpaslan, 2000).

Bitki kutikulasındaki mikroskobik boşluklar, çözülmüş maddelerin geçişine olanak sağlamaktadır. Püskürtme yöntemiyle uygulanan bitki besin elementlerinin alım hızları ve mekanizmaları, izotop tekniklerinin hassas uygulanmasıyla tespit edilebilmektedir. Radyoaktif izotoplarla işaretlenmiş besin elementleri, yapraklara püskürtüldükten sonra, yaprak diskleri üzerinde gerçekleştirilen analizler aracılığıyla alım süreçleri belirlenmektedir (Kacar vd., 2002).

Kutikulanın göreceli geçirgenliği, çözülmüş maddelerin hücre duvarını aşarak kütin tabakasından geçebildiğini göstermektedir. Bu süreçte, besin maddelerinin hücre içine alınması için bir konsantrasyon gradiyenti gereklidir; bu da mekanizmanın difüzyon prensibine dayandığını ortaya koymaktadır. Yaprak yoluyla gübreleme işleminde, bitkinin öz suyundaki madde konsantrasyonu ile püskürtülen besin çözeltisinin konsantrasyonu arasındaki denge, difüzyon yoluyla sağlanmaktadır.

Bitki besin elementlerinin biyolojik membranlar aracılığıyla aktif taşıma sürecinde, bu iyonların ilk olarak özel taşıyıcılarla birleşmeleri gerektiği teorisi ve bu taşıyıcıların protein molekülleri olabileceği kabul edilmektedir. Söz konusu proteinlerin, iyonları halka şeklinde kuşatarak taşıdıkları varsayılmakta ve bu nedenle "tünel protein" olarak adlandırılmaktadırlar. Bu moleküllerin enerji kaynağı olarak, köklerdeki su ve besin maddesi absorpsiyonunda kullanılan adenosin trifosfat (ATP) enerjisinden yararlandıkları öne sürülmektedir. Protein molekülündeki bağların çözülmesiyle, iyon serbest bırakılır ve bu sayede sitoplazmaya difüzyon yoluyla geçiş yapar (Aktaş, 1996).

Yaprak hücrelerinin bitki besin elementleri alım mekanizması, kök hücreleri ile benzerlik göstermektedir. Yaprak hücreleri de kök hücreleri gibi, besin elementlerinin alımında apoplastik yolu tercih etmektedirler ve bu yol, göreceli olarak daha sık kullanılmaktadır (Kacar vd., 2002).

Yaprak gübrelemesi sürecinde, besin maddelerinin bitki tarafından alım hızları, uygulamanın etkinliği açısından kritik bir rol oynamaktadır. Uygulanan besin maddelerinin alım hızlarına ilişkin elde edilen bulguların karşılaştırılması ve bu bulguların pratikteki uygulanabilirliği, verimli bir yaprak gübrelemesi stratejisinin geliştirilmesinde önem arz etmektedir.

Topraktan uygulanan bitki besin maddelerine kıyasla, yaprak gübreleri ile sağlanan besin maddelerinin bitkiler üzerindeki etkileri çok daha hızlı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple, yaprak gübreleri, bitkilerde vejetatif büyüme ile meyve oluşumu arasındaki dengeyi sağlamada önemli bir yardımcı olarak görev yapmaktadır.

Yaprak yoluyla gerçekleşen besin maddesi alımı, kökler aracılığıyla yapılan alıma kıyasla, çevresel faktörlerin yanı sıra, bitkinin metabolik faaliyetlerinin etkisi altında daha az ölçüde meydana gelmektedir. İyon konsantrasyonu, iyon valansı ve sıcaklık gibi faktörlerle birlikte, bitkinin metabolik aktiviteleri de bu süreci etkilemektedir. Aynı iyon konsantrasyonuna sahip çözeltilerin maruz bırakıldığı yapraklar tarafından yapılan absorpsiyon miktarı, köklerin absorpsiyon kapasitesinden genellikle daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Bunun temel sebebi,

yapraklarda bulunan ve çözülmüş maddelerin hücre içi plazma membranlarına ulaşmasını kısıtlayan kutikula tabakasının varlığıdır. Kutikula tabakasının kalınlığı, bitki türlerine göre değişkenlik göstermekle birlikte çevresel faktörlerin etkisi altında da değişmektedir. Gölge ve güneş altında yetişen bitkilerde kutikula kalınlığının farklılıkları açıkça gözlemlenmektedir (Aktaş, 1996).

Bitki beslenme durumları, yaprak yoluyla besin maddelerinin alımını etkileyen kritik faktörler arasında yer almaktadır. Kökler aracılığıyla yeterli miktarlarda alınan belirli bir besin elementi için aynı elementin yapraklara uygulanan besin çözeltisi üzerinden alımı gözle görülür şekilde azalmaktadır. Ancak bir bitkide eksik olan bir besin elementi için yapraklar üzerinden alım oranı önemli ölçüde yükselmektedir. Eksiklik halinde yapraklar aracılığıyla alınan besin elementlerinin bitkinin diğer organlarına dağılımı daha verimli olmaktadır (Aktaş, 1996).

Işık, köklerin aksine yapraklardan besin alımını teşvik etmektedir. Işığın yeşil yapraklar üzerindeki besin elementi alınımına ilişkin doğrudan etkisi genellikle pozitif yönlü olmaktadır. Ancak pratik koşullar altında farklı sonuçlar gözlenebilmektedir. Özellikle gündüz saatlerinde ışığın yoğun olduğu zamanlarda, hava sıcaklığının yükselmesi nispi nem oranını düşürmektedir. Bu durum püskürtülen çözeltinin hızla buharlaşmasına ve kurumasına neden olarak alımı azaltmaktadır. Yaprak gübrelerinde yer alan çeşitli tuzların çözünürlük ve higroskopisite özelliklerindeki farklılıklar da ışığın dolaylı etkilerini yansıtmaktadır. Higroskopisitesi ve çözünürlüğü yüksek olan tuzların düşük olanlara kıyasla ışık altında daha fazla iyon alımları gerçekleştirdikleri görülmüştür (Aktaş, 1996).

Yapraktan gübreleme uygulamalarında dikkat edilmesi gereken durumlar ve yapraktan besin elementi uygulamalarının sağladığı avantajlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- Yaprak uygulaması ile sağlanan gübrelerin, az miktarda olmalarına karşın, kök yoluyla alınımından daha etkin bir biçimde bitki tarafından absorbe edildiği görülmektedir. Toprak ortamında meydana gelen

bağlanma, tutunma ve yıkanma gibi kayıplar yaprak gübrelemesinde yaşanmamaktadır.

- Mikro besin elementlerinin toprakta fiksasyonu sonucu köklerle alımının kısıtlandığı durumlarda, yaprak yoluyla gerçekleştirilen gübrelemeler hızlı bir şekilde etki göstererek, problemin kısa sürede çözülmesini sağlamaktadır. Toprakta uygulamalar ile besin elementlerinin toprakta ortaya çıkan karmaşık reaksiyonları yaprakta meydana gelmez.
- Toprakta gübreleme işleminde sulama bir gereklilikken, yaprak gübrelemesi bu ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Az miktardaki konsantrasyon ile daha yüksek bir fayda sağlanmaktadır.
- Yaprak gübrelemesi, toprak uygulamalarına kıyasla 5 ila 10 kat arasında bir tasarruf imkânı sunmaktadır. Kurak iklimler, düşük organik madde içeriği, sıkı profil, yüksek kil ve kireç oranı, asit veya alkali reaksiyon gibi topraktan alımı zorlaştıran faktörlerin hâkim olduğu alanlarda yaprak gübrelemesi büyük önem taşımaktadır.
- Birtakım besin elementlerinin yaprak yoluyla alım hızları, topraktan alım hızlarına göre çok daha yüksektir. Bu durum, besin eksikliklerinin hızlı bir şekilde giderilmesini mümkün kılmaktadır.
- Tarımsal mücadele ilaçlarıyla birlikte uygulandığında, yaprak gübrelemesi çiftçilere ek bir iş gücü ve yükü getirmemektedir.
- Genellikle, yaprak gübreleme işleminin etkinliğini sağlamak için birden fazla tekrarının yapılması gerekmektedir. Bu uygulama yöntemi, bitkinin gelişim evrelerine özel olarak ve sınırlı zaman aralıklarında gerçekleştirilmelidir.
- Yaprak gübresinin kapsamı, çeşidi ve uygulama zamanı, ayrıca uygulama sayısı ve dozu, toprak-bitki-iklim ilişkileri dikkate alınarak özenle planlanmalıdır. Yapraktan uygulanan gübre çözeltilerinin, yağış veya rüzgar ile yıkanması ya da hızlı bir şekilde kuruyarak bitkide toksik etkiler yaratma ihtimali söz konusudur.
- Makro elementlerin yüksek konsantrasyonları, tek seferde yaprak gübrelemesi ile bitkiye verilemeyecek kadar yüksek olabilmektedir. Bu nedenle, makro elementlerin uygulanması özel bir dikkat ve düzenleme gerektirmektedir.

Grundson (1980) tarafından Avustralya'nın yarı kurak bölgelerinde gerçekleştirilen tarla denemelerinde, buğday bitkisinin yapraklarına mikro besin elementleri uygulamanın, bu elementlerin toprağa verilmesine kıyasla daha verimli olduğu gözlemlenmiştir. Yaprak gübrelemesi yöntemi, bitki besin maddelerinin direkt olarak yapraklar aracılığıyla bitkiye aktarılmasını sağlamakta ve bu yöntem, topraktan besin alımına göre daha etkili sonuçlar ortaya koymaktadır.

Yılmaz vd. (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, yaprak uygulamalı çinko gübrelerinin kullanılmasının, bazı durumlarda verimi %100'e varan oranlarda artırabildiği bildirilmiştir. Orta Anadolu'da kireçli ve Zn noksanlığı gösteren topraklarda gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, farklı yöntemlerle uygulanan Zn' un, makarnalık ve ekmeklik buğday çeşitlerinin tane ve sap veriminde anlamlı bir artışa yol açmadığı; ancak toprak ve yaprak gübrelemesiyle tane içeriğindeki Zn miktarının kontrol grubuna kıyasla 3,5 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Brohi et al. (2000) ise yaptıkları çalışmada, topraktan yapılan Zn uygulamalarının tane içeriğindeki Zn miktarını azaltırken, yapraktan yapılan uygulamaların çinko içeriğini belirgin şekilde artırdığını ve sap N içeriğinin de Zn uygulaması sonucunda pozitif yönlü etkilendiğini ifade etmişlerdir.

Özbahçe (2008) tarafından yapılan çalışmalar, yaprak uygulamaları yoluyla Mn' ın artırılmasının bitkilerin protein içeriğini önemli ölçüde yükselttiğini göstermektedir.

Gülmezoğlu ve Taşdemir (2007)'in Eskişehir'in doğal çevre şartları altında gerçekleştirdikleri çalışmada, çeşitli buğday genotiplerine başaklanma evresinde yapraktan gübreleme yöntemiyle uygulanan Mn' ın, tane verimi, başak nitelikleri ve protein miktarı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan uygulamanın, kontrol grubuna nazaran olumlu sonuçlar ortaya çıkardığı tespit edilmiştir.

Mısır Ulusal Araştırma Merkezi'nin Deneme Çiftliği'nde 2007/2008 ve 2008/2009 dönemlerinde gerçekleştirilen çalışma, kış yetiştirme sezonlarında kumlu toprak üzerinde gerçekleştirilen iki ayrı deneyde, mikro besin elementlerinin yaprak uygulamalarının buğdayın tane verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerine yoğunlaşmıştır. Yapılan incelemeler neticesinde mikro besin elementleri

uygulanmasının tane ağırlıklarını, başak başına düşen tahıl oranlarını, tahılın protein içeriğini ve tane verimini ciddi oranlarda artırdığı gözlemlenmiştir (Zeidan et al., 2010).

Barut ve Semercioğlu'nun 2006 yılında Çukurova bölgesinde gerçekleştirdiği araştırmada ekmeklik buğday çeşitlerine uygulanan çinko takviyesinin verim ve çeşitli agronomik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Toprak ve yaprak düzeyinde gerçekleştirilen çinko uygulamalarının bin tane ağırlığına %1 oranında önemli bir etki yaptığı tespit edilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda aynı zamanda bin tane ağırlığının 41.6 ile 46.0 g aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Gültekin vd. (2001) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, yapraktan uygulanan çinko gübrelemesinin bin tane ağırlığı üzerinde belirgin bir artış sağladığı ifade edilmiştir. Buna karşın Taban vd. (1997) yaptığı çalışmada yapraktan çinko uygulamasının bin tane ağırlığını yükselttiğini, ancak bu artışın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığını ifade etmişlerdir.

Yapraktan uygulanan gübreleme yönteminin buğday üzerindeki etkileri, Gezgin (1998), Brohi et al., (2000) ve Kınacı (2001) tarafından incelenmiştir. Yaprak gübrelemesi uygulamasına odaklanan araştırmaların birçoğu yaprak gübresi kullanımının tahılların veriminde, kuru madde ağırlıklarında ve verim komponentlerinde iyileşmeler sağladığını ortaya koymaktadır. Taban vd. (1997), Ceylan vd. (1998), Gültekin vd. (1997), Özcan ve Brohi (2000) ile Özbek ve Özgümüş (1998) tarafından yapılan çalışmalar, yaprak gübresi uygulamasının buğday bitkisinde olumlu sonuçlar yarattığını desteklemektedir.

2.8.1 Yapraktan demirli gübreleme

Bitkilerde demirin (Fe) çok yönlü metabolik işlevlere sahip olduğu ve bu işlevlerin çeşitli araştırmacılarca belirtildiği bilinmektedir (Mengel and Kirkby, 2001, Marschner, 2008, Fageria vd., 2012). Eser miktarda Fe elementi birçok kritik reaksiyonda yer almakta ve Fe içeren enzimlerin aktivasyonunda kilit bir rol oynamaktadır (Bergmann, 1992). Demir bilhassa hemin enzimlerinin prostetik gruplarını oluşturmakta ve bu enzimler yaşamsal enerji metabolizmasında elektron

taşıyıcıları olarak işlev görmektedirler. Hemin enzimleri kloroplastlardaki redoks sistemleri ve nitrat redüktazdaki redoks zincirinin bir parçası olarak görev yapmaktadırlar (Broadley et al., 2012).

Katalaz ve peroksidaz, Fe içeren enzimler arasında öne çıkanlardır ve Fe eksikliğinde bu iki enzimin aktivitesi, özellikle yapraklardaki Fe' in göstergesi olarak kabul edilen katalaz enzimi azalmaktadır (Machold, 1968). Bundan dolayı söz konusu enzimlerin aktivitesi, bitkilerin Fe beslenme durumunu yansıtmakta oldukça güvenilir göstergeler niteliğindedir (Marchner, 2012). Bitki köklerinin rizodermis ve endodermis hücre duvarlarında yoğun bir şekilde bulunan peroksidaz enziminin, bitkilerdeki Fe alımını düzenlediği düşünülmektedir (Mueller and Beckman, 1978). Diğer yandan katalaz enziminin etkinliği sonucunda hücre içindeki potansiyel olarak zararlı olan hidrojen peroksit (H_2O_2), su ve oksijene dönüşmekte ve böylece hücreler oksidatif hasardan korunmaktadırlar (Mhamdi et al., 2010; Su vd., 2014).

Demir-kükürt içerikli proteinler, oksidoredüksiyon tepkimelerinde önemli roller üstlenmektedirler. Nitekim ferrodoksin Fe-S proteinleri arasında nitrat ve sülfid indirgenmesi, glutamin oksoglutarat aminotransferaz (GOGAT) yolu ve azot fiksasyonu gibi çeşitli metabolik süreçlerde elektron transferinde kritik öneme sahip bir protein olarak tanınmaktadır (Alcaraz vd., 1986). İlaveten demir-kükürtlü proteinler arasında, süperoksit dismutaz enzimlerinin (SOD) bir izoenzimi olan FeSOD da bulunmaktadır. Dismutaz enzimi süperoksit radikallerini (O_2^-) hidrojen perokside (H_2O_2) dönüştürerek, söz konusu reaktif oksijen türlerinin potansiyel zararlı etkilerini minimize etmektedir. SOD enzimleri Cu, Zn ve Mn gibi farklı metal kofaktörleri içerebilmektedir (Fridovich, 1983; Sevilla et al., 1984).

Demir klorofil molekülünün yapısında bulunmasa da klorofilin biyosentezi üzerinde etkili bir rol oynamaktadır. Demir eksikliği klorofil miktarının azalmasına ve sonuç olarak yapraklarda kloroz oluşumuna yol açmaktadır (Yadavalli et al., 2012). Bitkilerde Fe eksikliği, fotosentez oranının düşmesine neden olmaktadır. Fotosentezdeki azalmanın temel sebebi fotosentez işlevinde kritik öneme sahip olan ve Fe varlığında aktif hale gelen çeşitli enzimlerin aktivitelerinin azalmasıdır (Larbi et al., 2004).

Demir elementi bitkilerin hücrel protein sentezinde kritik bir role sahiptir ve Fe eksikliği gözlenen yaprak hücrelerinde, protein üretimi için esas olan ribozomların sayısı düşmektedir (Lin and Stocking, 1978; Marschner, 1995). Düşen ribozom sayıları Fe eksikliği yaşanan bitkilerde proteinlerin hidrolize olmasına ve sonuç olarak bitki yapraklarında serbest amino asit seviyelerinin yükselmesine neden olmaktadır (Iljin, 1951; Possingham, 1956; Bennett and Dreyer, 1964).

Bitkilerin türü, yaşı, örneklerin alınma zamanları, toprağın kireç miktarı ve toprakta Fe ile antagonistik ilişkide bulunan diğer katyonların varlığı, bitkilerin Fe konsantrasyonlarını etkileyen faktörlerdendir. Bitkilerde Fe seviyesi, mevsimin başlangıcındaki hızlı büyüme dönemiyle birlikte yükselme eğilimi gösterir, büyüme hızının azalmasıyla birlikte bu artış hızı da düşer. Mevsimin sonlarına doğru bitkilerin Fe konsantrasyonları genellikle sabitlenir. Yapraklardaki Fe'in kritik eksiklik seviyesi, 50 ile 150 mg kg⁻¹ arasında değişkenlik göstermektedir. Ancak, bu değerler toplam Fe miktarını yansıttığından, tarla koşullarında yetişen bitkiler için sınırlı bir öneme sahiptir. C4 bitkileri genellikle daha yüksek Fe ihtiyacına sahip olmalarına rağmen, kritik eksiklik düzeyleri C3 bitkileri için 66 mg kg⁻¹ iken, C4 bitkileri için 72 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiş ve bu değerler birbirine oldukça yakın tespit edilmiştir (Smith vd., 1984). Bitkilerin metabolik olarak kullanabildikleri Fe formu, 'aktif Fe' olarak adlandırılmaktadır ve Fe beslenme durumunun değerlendirilmesinde sıklıkla bu aktif Fe formu esas alınmaktadır (Römheld and Marschner 1991). Hızlı gelişim gösteren bitki kısımlarında Fe' in kritik eksiklik düzeyi, diğer bitki organlarına kıyasla 200 mg kg⁻¹ toplam Fe ve 60-80 mg kg⁻¹ aktif Fe olarak daha yüksektir (Häussling et al., 1985).

Jones et al. (1991) tarafından yapılan çalışmada, çeşitli tahıl grubu bitkilerin farklı gelişme evrelerinde Fe konsantrasyonlarının yeterli düzeyleri belirlenmiştir. Araştırmacılar, kışlık buğdayın başaklanma öncesinde üstten alınan iki yaprağın, 10-300 mg kg⁻¹ arasında Fe içermesi gerektiğini ifade etmektedirler. Yazlık buğday için ise, başaklanma döneminde tüm bitkinin 25-100 mg kg⁻¹ aralığında Fe konsantrasyonuna sahip olması gerekmektedir. Çeltikte kardeşlenme döneminde en yüksek oranda bulunan yeni tamamlanmış yaprakta 75-200 mg kg⁻¹ düzeyinde Fe bulunması gerekmektedir. Mısırdaki bitki 30 cm'den daha kısa iken tüm bitkide 50-250 mg kg⁻¹ Fe konsantrasyonu yeterli olarak kabul edilmektedir. Yulaf içinse

başaklanma döneminde tüm bitkinin 40 ila 150 mg kg⁻¹ Fe içermesi uygun görülmektedir. White and Broadley (2009), tahıl tanelerinde genellikle Fe miktarlarının göreceli olarak daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Welch (2001) ise yaptığı bir çalışmada, 384 farklı buğday çeşidinde tane Fe konsantrasyonlarının 30-73 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini tespit etmiştir. Bahsi geçen değerler tahıl bitkilerinde demir konsantrasyonunun önemini ve çeşitliliğini göstermektedir.

Demir bitkilerin kök bölgesine difüzyon yoluyla hareket etmekte ve köklerin Fe alımı, kök aktivitesi, bitkinin gelişim durumuna ve toprak içindeki yayılma derecesine bağlı olarak farklılık göstermektedir (O'Connor et al., 1971; Chaney, 1984). Bitki köklerinin demir (III) (Fe⁺³) iyonlarını demir (II) (Fe⁺²) iyonlarına indirgeme yeteneği, Fe alımını önemli ölçüde etkilemektedir ve bu özelliklerine göre bitkiler, “Strateji I” ve “Strateji II” olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (Brown et al., 1961; Ambler et al., 1970). Uygun koşullar altında Fe⁺³ iyonları ve Fe⁺³ kleytleri indirgenmekte ve Fe⁺² iyonları oluşmaktadır. Bitkiler açığa çıkan Fe⁺² iyonlarını absorbe etmektedirler. Çift çenekli bitkiler, kökleri aracılığıyla demiri çoğunlukla demir (II) iyonları şeklinde alırken, tahıl gibi tek çenekli bitkiler ise Fe⁺³ ve demir-kleyt moleküllerini de absorbe edebilmektedirler. Tüm bunlarla beraber Fe’ in bitkideki fizyolojik işlevlerini yerine getirebilmesi adına absorbe edildikten sonra metabolik olarak aktif demir formu Fe⁺² olması nedeniyle zorunlu olarak Fe⁺²’ye indirgenmesi gerekmektedir (Güneş vd. 2013).

Bitki kökleri tarafından mikro besin elementlerinin aktif olarak alınımı esnasında, kök yüzeylerine kıyasla çözeltildeki kleytlenmiş Fe veya diğer mikro elementlerin konsantrasyonu yüksektir. Kleytlenmiş Fe kök yüzeyine doğru hareket ederken, kök yüzeyine ulaştığında Fe kleytten ayrılmakta veya dissosiyasyon olmaktadır. Bu süreçte kleyt çözeltiliye geri dönerek çözeltildeki başka bir Fe iyonu ile yeni bir kleyt-Fe kompleksi oluşturmaktadır. Bu işlemin sonucunda, çözeltilde serbest Fe iyonu konsantrasyonunda azalma meydana gelmekte ve Fe içeren minerallerden veya kolloidlerden Fe iyonu çözeltiliye disosiyasyon olarak geçmektedir. Toprakta meydana gelen bu kleyt-mikro element etkileşimi, bitkilerin mikro elementleri kullanımını artıran önemli bir mekanizmadır (Güzel vd., 2002).

Toprakta Fe elementi miktarının bitkiler için yetersiz olduğu durumlarda, ayçiçeği gibi dikotiledonlar ve tahıllar dışındaki monokotiledonlar, Fe eksikliğini telafi etmek amacıyla kök morfolojisinde adaptasyonlar sergilemektedirler. Bu bitkiler, sayıca fazla kök tüyleri ve kılcal kökler geliştirerek, H^+ iyonları, fenolik bileşikler ve organik asitler gibi çeşitli eksüdatları toprağa salgılamaktadırlar (Landsberg, 1981). Uyum sürecinde yer alan adaptasyon mekanizmaları Fe eksikliği belirtileri ortaya çıkmadan hemen önce aktive olmakta ve bitkinin Fe alımı normale döndüğünde deaktive olmaktadır. Demir alımında bu tür mekanizmaları uygulayan bitkilere “Strateji I” bitkileri adı verilmektedir (Marschner, 1995).

Ayçiçeği ve yerfıstığı gibi bazı bitkiler Fe konsantrasyonunun düşük olduğu topraklarda yetişirken, ciddi Fe eksikliği belirtileri sergilemektedirler. Buna karşılık aynı topraklarda yetiştirilen tahılların Fe eksikliğinden daha az etkilendikleri gözlemlenmektedir. Bu durum tahıl bitkilerinin Fe eksikliğine karşı özgün bir adaptasyon mekanizması geliştirdiklerini düşündürmektedir. Tahıllar kökleri aracılığıyla kleyt oluşturabilen maddeler salgılamakta ve bu maddeler, avenik asit ve mugineik asit gibi protein yapısına sahip olmayan amino asitlerden oluşan fitosidereforlardır (Takagi et al., 1984). Fitosidereforlar köklerin çevresindeki rizosferde Fe^{+3} ile kleyt oluşturmaktadır. Kleytlerin kök hücrelerine ulaşmasıyla Fe ayrıştırılmakta, indirgenmekte ve bitkiler tarafından Fe^{+2} formunda alınmaktadır (Römheld and Marschner, 1990). Demir alımında bu mekanizmayı kullanan bitkilere “Strateji II” bitkileri adı verilmektedir (Marschner et al., 1986; Marschner and Römheld, 1994).

Strateji I bitkileri rizodermis içerisindeki demir şelat redüktaz enziminin katalizörlüğünde Fe^{+3} iyonlarını indirgeyerek Fe^{+2} formuna dönüştürmektedirler. İndirgenmiş olan Fe iyonları, plazma membranındaki özelleşmiş kanallar aracılığıyla sitoplazmaya transfer edilmektedir. Taşınma işleminde AtFRO2 ve AtIRT1 taşıyıcı proteinleri esas rol oynamaktadır (Eide et al., 1996; Robinson et al., 1999). Diğer yandan Strateji II bitkileri rizosferde Fe^{+3} iyonlarıyla kompleks oluşturacak fitosideroforlar salgılamaktadır. Oluşan bu kompleksler plazma membranındaki özelleşmiş taşıyıcılar vasıtasıyla hücre içine alınmaktadır. Bu süreçte ZmYS1 taşıyıcı protein etkinlik göstermektedir (Von Wirén et al., 1994, 1996).

Demir elementi bitkilerin kısımları arasında serbestçe hareket edemeyen bir besin elementidir ve bundan dolayı bitkinin alt kısımlarından üst kısımlarına transferi sınırlıdır. Transferin sınırlı olması bitkilerin gelişim süreçleri boyunca demiri kökler aracılığıyla absorbe etmelerini ve bu Fe' i büyüme bölgelerine taşımalarını zorunlu kılmaktadır. Literatürde kökler tarafından alınan Fe iyonlarının, Fe^{3+} -sitrata formunda ksilem vasıtasıyla bitkinin üst kısımlarına aktarıldığı belirtilmektedir (Tiffin 1970; Brown 1978). Taşınan Fe^{3+} -sitrata, kısa dalga boylu ışıkların etkisiyle Fe^{2+} -sitrata formuna indirgendiği ve Fe^{2+} -sitrata ayrışması sonucu elde edilen Fe' in hücre metabolizmasında işlev gördüğü ifade edilmektedir (Brown et al., 1979).

Nikotinamid, genç yapraklara Fe' in taşınmasını teşvik eden nitrojen içerikli bir bileşiktir ve bu süreç Gendreau vd. (2007) tarafından incelenmiştir. Mısır (*Zea mays*) bitkisinde, ZmYS1 proteini, Fe-fitosider kompleksinin taşınımında kritik bir rol üstlenmektedir; bu mekanizma Curie vd. (2001) ile Schaaf et al. (2004) çalışmalarında belirtilmiştir. Arabidopsis thaliana'da ise AtYSL2 geninin homoloğu, bitkinin iletim demetlerine Fe' in yatay taşınımını desteklemektedir (Schaaf et al., 2005) Çeltik (*Oryza sativa*) bitkisinde OsYSL2 geni, Fe (II)-nikotinamid kompleksinin floem yoluyla tanelere taşınmasında etkin bir görev üstlenmektedir (Koike et al., 2004).

Elfeky et al. (2013), tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenen ve üç tekerrürden oluşan parsellere, her parselde 18 bitki olacak şekilde yaklaşık 15 cm boyundaki fesleğen fidelerini 30 cm aralıklarla aktarmışlardır. Çiçeklenme dönemine kadar yetiştirilen fesleğen bitkisine topraktan ve yapraktan artan dozlarda (1, 2 ve 3 mg L⁻¹) Fe₃O₄ nanogübresi uygulanmıştır. Yapraktan ve topraktan uygulanan nanogübrenin fesleğen bitkisinin verim ve aktif uçucu yağ bileşenleri üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak fesleğen bitkilerine uygulanan Fe₃O₄ nanoparçacıklarının toplam klorofil, toplam karbonhidrat, uçucu yağ seviyeleri, Fe içeriği, bitki boyu, dal/bitki, yaprak/bitki, taze ağırlık ve kuru ağırlık miktarlarını önemli ölçüde arttırdığı ve yaprak sprey uygulamalarının toprak uygulamalarından daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Hassani et al. (2015) ise tıbbi ve aromatik bir bitki olan Nane (*Mentha piperita* L.) bitkisine yapraktan uygulanan Fe, Zn ve K içeren gübre çözeltileriyle sözü edilen bitki besin elementlerini içeren nano gübre çözeltilerini ayrı ayrı ve kombine şeklinde uygulamış; bitki boyu, gövde dal ve yaprak sayısı, yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre her iki şekildeki gübre uygulamasında da bitki boyu, dal sayısı, yaprak ve gövde yaş ağırlığı %1 önem seviyesinde olumlu etkilemiştir. Araştırmacılar kimyasal gübre uygulamasının çalışma verileri üzerine negatif bir etkisinin bulunmadığını bunun yanı sıra nano gübre uygulamaları ile verim parametresinde olumlu etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir.

Tuz stresi altında fesleğen bitkisine yapraktan Zn ve Fe uygulamasının yapıldığı bir diğer çalışmada ise en yüksek bitki boyu, dal sayısı, taze ve kuru madde verimi tuzlu olmayan toprakta kaydedilmiş olup artan tuzlulukla birlikte söz konusu parametrelerde azalmalar gözlenmiştir. Bununla birlikte artan tuzluluk ile uçucu yağ oranında ise artış gözlenmiştir. Ayrıca tuzlu olmayan topraklarda en yüksek bitki boyu ve dal sayısı Fe uygulamasında; en yüksek taze ağırlık Zn uygulamasında gözlemlenirken Fe ve Zn'nun birlikte uygulandığı parsellerde kuru madde ve uçucu yağ verimi en yüksek seviyede belirlenmiştir. Bunun aksine tuzlu koşullarda Fe ve Zn'nun birlikte uygulandığı parsellerde en yüksek uçucu yağ oranı gözlemlenmiştir (Ahl and Aber, 2010).

Benzer bir çalışma Elhindi et al. (2016) tarafından da yürütülmüştür. Çalışma yine tuz stresi altında yapraktan uygulanan Fe ve Zn gübrelemesinin fesleğenin büyüme oranı ve uçucu yağ üzerine etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Bitki %0,4 (ECiw 6,1 dS/m) ve %0,8 (ECiw 10,8 dS/m) deniz tuzu sulaması ile normal ve çeşitli tuz stresi koşulları altında yetiştirilmiş olup tuzluluk tüm vejetatif ve generatif büyüme karakterlerine olumsuz etki göstermiştir. Bunun yanı sıra uçucu yağ oranı, prolin, indirgen ve indirgen olmayan şeker içeriği tuzlu koşullar altında artmıştır. Yapraktan $FeSO_4$ ve $ZnSO_4$ ve bunların karışımlarının uygulanmasının, tuzlu olmayan koşullarda veya tuzlu stresi altında büyüme oranlarına bakılmaksızın, fesleğen bitkisinin tüm büyüme karakterlerini ve biyokimyasal aktivitelerini arttırdığı raporlanmıştır. Yapraktan her iki gübrenin birlikte uygulandığı karışım ile büyüme oranı ve verim bileşeni en yüksek sonuçları

vermiştir. Sonuçlar yapraktan Fe ve Zn uygulamasının tatlı fesleğen bitkilerinin deniz suyu stresini azaltabileceği hipotezini desteklemektedir.

Yine tıbbi ve aromatik bir bitki olan papatya bitkisinde yapraktan uygulanan Fe ve Zn' nun verim ve uçucu yağ oranı üzerine etkilerini değerlendirmek üzere yapılan çalışmada; Fe ve Zn uygulanan parsellerin çiçek verimi, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ veriminin kontrol parseline göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek çiçek verimi(1963kg ha^{-1}), uçucu yağ oranı (1,062), uçucu yağ verimi ($20,835\text{ kg ha}^{-1}$) olarak Fe ve Zn' nun birlikte uygulandığı parsellerde gözlenmekle birlikte kontrol parseliyle karşılaştırıldığında, sırasıyla %46,4, %24,64 ve %81,77 oranında arttığı belirlenmiştir (Nasiri et al., 2010).

Hamouda et al. (2015) Mısır'da yürüttükleri çalışmada yapraktan K ve farklı seviyelerde Fe uygulamaları ile kumlu topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin verim, besin durumu ve büyümesine etkilerini incelemişlerdir. İki sene ardı arda toplamda iki deneme, üç tekrarlı olacak şekilde tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuş olup K, Fe ve K+Fe formülasyonlarını yapraktan uygulamışlardır. Uygulamalar ile buğday yaprakları, samanı ve tanelerinin büyümesi ile verim miktarları ve bitki besin elementi konsantrasyonlarının önemli düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek verimin tek başına veya K ile birlikte düşük Fe seviyesi uygulanan parsellerden elde edildiği bildirilmiştir.

Aghamirzaei et al. (2024) tarafından sera hidroponik sistemde, sera toprak kültürü ve tarla koşullarında yapraktan uygulanan mikro elementlerin, fesleğenin büyüme, verim ve fitokimyasal bileşenleri üzerine etkilerini karşılaştırmak amacıyla yürüttükleri çalışmada yaprak gübreleri Fe, Cu, Zn, Mn için %0,1'lik sülfat formları ve B elementi için de borik asit formülasyonu ile verilmiştir. Söz konusu uygulamaların yaprak kuru ağırlıklarını önemli derecede artırdığı gözlenmiştir. En fazla bitki gelişimi hidroponik serada gözlenmiştir. Diğer yandan yaprak besin elementi içeriklerinin de yine hidroponik koşullarda en yüksek verileri verdiği raporlanmıştır. Tarla koşullarında ise en yüksek uçucu yağ içerikleri tespit edilmiştir. Bu sırayı hidroponik sera koşullarından elde edilen veriler izlemiştir. Yaprakların mikro element içeriklerine bakıldığında; en yüksek Fe içerikleri Fe uygulamaları ile elde edilmiş olup en düşük Cu içerikleri ise yine aynı uygulamadan

elde edilmiştir. Fe uygulaması ile Cu, Mn ve Zn içeriklerinde kontrole göre bir azalma gözlenmiş olup bu azalış, kontrol parseli ile istatistiksel anlamada farklı bulunmamıştır.

2.8.2 Yapraktan potasyumlu gübreleme

Potasyumun toprakta bitkiler tarafından alınabilirliğini belirleyen faktörler ve bitkiler üzerindeki temel etkilerinin ele alındığı bu bölümde K'lu gübrelemelerin çalışıldığı araştırmalara da yer verilmiştir.

Azot besin elementinden sonra bitki bünyesinde en fazla içeriğe sahip olan K difüzyon ve kitle akımı ile kök yöresine taşınırken bitkilerin bünyesine kökleri aracılığıyla oluşturdukları konsantrasyon farkı sayesinde köklere pasif absorpsiyon ile alınmaktadır.

Topraktaki K' un bitki tarafından alınabilir halde olması toprağın nem miktarı ile yakından ilgilidir. Topraktaki suyun azalması nedeniyle köklere difüze olan su miktarı da azalmaktadır. Dolayısıyla azalan suya bağlı olarak toprağın kurumması ekstrakte edilebilir şekilde olan K' un da alınımında düşüşlere neden olmaktadır (Mingfang et al., 1999).

Potasyumun alınımını engelleyen diğer bir durum da toprak yapısında bulunan kil mineralleri ve organik madde tarafından tutulması, fiks olmasıdır. Söz konusu fiksasyon kil mineralinin cinsi ve miktarı ile yakından ilişkilidir (Kacar ve Katkat, 2007). Bu durum %80 ve üzeri kil oranı yüksek olarak kabul edilen ülke topraklarımızın K yönüyle de zengin kabul edilmesinin aslında alınabilir K açısından değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Alınabilir K açısından topraklarımız değerlendirildiğinde ise toplam K miktarının %0,1-2.0'lik bir kısmını oluşturduğu bilinmektedir (Kacar ve Katkat, 2007).

Toprak çözeltisinde bitkiler tarafından alınabilir durumda olan K' un yarayışsız hale geçmesi bitkilerin K yönüyle yeterince beslenememelerine neden olmakla birlikte özellikle yapraktan gübrelemenin önemini ortaya koymaktadır.

Potasyum, doğada saf element şeklinde bulunmamakla birlikte çok düşük miktarlarda bazı minerallerin yapısında rastlanmaktadır. Bu minerallere örnek olarak K-feldspat, muskovit ve biotit verilebilir. Bunun yanı sıra illit, vermikulit, klorit gibi kil minerallerinin yapısında ya da içerisinde fikse halde yer almaktadır (Rich, 1968). Ayrıca K elementi yer kabuğunun altında birikmiş şekilde, kimi K'ca zengin tuz yataklarında, deniz ve göl zeminlerinde bol miktarda bulunmaktadır. Potasyum yönüyle zengin söz konusu mineraller ve ortamlardan, belirli yöntemlerle işlenerek gübre haline getirilmektedir (Turan ve Horuz, 2012).

Bitkiler K' u, topraktan aldıkları tek değerlikli (monovalent) iyon formunda kullanır. Azot ve P gibi, organik bileşiklerin yapısına doğrudan katılmadan, hücresel metabolizma, ozmotik denge ve enzim aktivasyonu gibi birçok fizyolojik süreçte kritik rol oynar. Bitki bünyesinde yüksek konsantrasyonlarda bulunması çok hareketli bir element olmasına dayanmaktadır. Bu hareketlilik K' a özgü taşıma proteinlerinin ve yollarının olmasına bağlı olarak hücre zarlarından çok hızlı geçebiliyor olması ile ilişkilidir (Marschner, 2012; Kacar ve Katkat, 2006; Ahmad and Maathius, 2014).

Potasyum, bitki gelişiminde kritik roller oynayan temel bir besin elementidir. Potasyumun etkileri, doğrudan ve dolaylı yollarla bitkilerin azot ve karbonhidrat metabolizmasını iyileştirmekte, böylece mevcut nitrat indirgenmesini desteklemekte ve aminoasitlerle protein sentezinin artmasını sağlamaktadır. Ayrıca K yeterli seviyelerde bulunduğunda, N' un bitkiler üzerindeki pozitif etkilerini güçlendirmekte ve bu etkinin ortaya çıkmasını kolaylaştırmaktadır.

Potasyumun bitkilerin gelişiminde kritik bir rol oynadığı, 60'tan fazla enzimin aktivitesini artırarak bu süreci desteklediği tespit edilmiştir. Bitkisel fonksiyonlarda görev yapan enzimler katalizörlerle benzer işlev görmek ve kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesini hızlandırmaktadır. Hücre içerisindeki K konsantrasyonları, belirli enzimlerin aktivasyonunu doğrudan etkilemekte ve bu da kimyasal reaksiyon hızlarının değişmesine yol açmaktadır. Özellikle bitkilerin karbonhidrat metabolizması için kritik öneme sahip olan "pirüvat kinaz" ile "fosfofrüktokinaz" enzimleri, fonksiyonlarını yerine getirebilmek için yeterli düzeyde K iyonlarına ihtiyaç duymaktadır (Lauchli and Pflunger, 1978). Nişasta

sentezinde görev alan “nişasta sentetaz” enziminin aktivitesi K varlığında belirgin bir artış göstermektedir ve bu artış Preusser et al. (1981) tarafından ispatlanmıştır. Bitki besin elementlerinin aktif alınımında görev yapan “ATPaz” enziminin aktivasyonu da K varlığında önemli ölçüde artmaktadır. Yapılan incelemeler neticesinde elde edilen bulgular, K’ un bitki büyümesi ve gelişimi için vazgeçilmez bir besin elementi olduğunu ve enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerinin bitki fizyolojisi açısından kritik olduğunu göstermektedir.

Yeşil bitkilerin fotosentez sürecinde ışık tepkimeleri sırasında ATP gibi metabolik enerji kaynaklarının sentezlenmesinde K temel bir görev üstlenmektedir (Tester and Blatt, 1989). Bu kapsamda yapılan araştırmalar bitki yapraklarındaki K düzeyinin artışının, fotosentez oranını ve “ribülozdifosfat karboksilaz” enziminin aktivitesi ve fotorespirasyonu artırdığını göstermektedir. Ayrıca kuraklık koşullarında fotosentezin etkilenme derecesinin de yaprakların K içeriğine bağlı olarak azalmakta olduğu, böylece bitkinin hasar görme riskinin düştüğü saptanmıştır (Sen Gupta et al., 1982).

Potasyum kök üstü organlara, ksilem iletim demetlerinde, ksilem parankima hücreleri, iyonların zarlardan geçişini sağlayan özelleşmiş taşıyıcılar kanallar ve proton bombalarının iş birliği ile taşınır (Taiz and Zeiger, 2002). Potasyum bitkilerin iletim demetleri aracılığıyla bitkinin ihtiyaç duyduğu su ve besin elementlerinin bitkinin farklı kısımlarına iletilmesinde kritik bir role sahiptir. Ayrıca floemde gerçekleşen taşınım sürecinde K, bitki büyümesinde önemli olan enzimlerin aktivitelerini artırıcı etki göstermektedir. Bu bağlamda K’ un bitki kısımları arasındaki taşıma sistemlerinde vazgeçilmez bir etkiye sahip olduğu söylenebilmektedir. Böylece bitkilerde fotosentez sonucunda elde edilen ürünlerin floem iletim boruları aracılığıyla taşınmasını ve depolanmasını kolaylaştırmaktadır. Floemde fotosentez ürünlerinin yüklenmesi ve bitkinin farklı organlarına taşınması süreçlerinde, K’ un varlığı kritik bir öneme sahiptir (Lang, 1983). Bitkinin bünyesindeki K düzeyi fotosentez ürünlerinin floeme yüklenme oranını doğrudan etkilemektedir. Taşıma işlemi gereksinim duyulan enerji ATP biçiminde sağlanmakta ve K’ un yetersiz olduğu durumlarda ATP sentezi azalmaktadır. Enerji sentezinde görülen bu azalma, fotosentez ve protein sentezi oranlarının düşmesiyle

birlikte fotosentez ürünlerinin taşınmasını da olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır.

Potasyumun aktif absorpsiyonu ve hücre içindeki birikimi hücresel düzeyde bitki hücrelerinin osmotik potansiyelini artırmakta, söz konusu durum suyun hücre içine girişini artırmada etkin bir rol oynamaktadır. Hücresel basınçta etkili olan bu sistem K' un bitkilerde turgor düzenleyici rolünü ve su kaybını minimize edici işlevini açıklamaktadır. Potasyum eksikliği halinde ise bitkiler azalan su alımı sebebiyle kuraklık ve diğer su stresi koşullarına karşı daha hassas hale gelmektedir.

Kök gelişimine olan etkisiyle de göze çarpan K, bitki kök boylarını artırarak aynı zamanda çap oranlarında da artışa sebep olmakta ve bununla birlikte yeni yan köklerin oluşmasını destekleyerek bitkinin su ve suda çözünmüş besin elementlerinin alımını kolaylaştırmaktadır.

Ürün olgunluğu ve kalitesi üzerinde de belirgin etkileri bulunan K, olgunlaşma sürecini hızlandırmakta ve eksiklik hallerinde gecikmelere neden olmaktadır (Kacar ve Katkat, 1988). Potasyum elementinin yetersizliği bitkilerin meyve ve tane gelişimini de negatif olarak etkilemektedir. Aynı zamanda K, P' un erken olgunlaşma üzerindeki olumsuz etkisini azaltarak ürünün nişasta, şeker, yağ seviyelerini artırarak ürün kalitesini iyileştirmektedir. Ayrıca K elementi koku, tat ve renk kalite parametreleri üzerine düzenleyici rol üstlenmektedir.

Soğuğa karşı bitkinin dayanıklılığına olan etkisiyle K, bitkilerin soğuk hava koşullarına karşı direncini artırmakta ve eksikliği ile bitkilerin don olaylarından daha fazla zarar görmesine yol açmaktadır (Grewal and Singh, 1980). Yetersizliği durumunda bitkilerin soğuk zararı karşısında fungal hastalıklara karşı olan dirençlerinin azalmasına yol açmaktadır (Quellas Das Santos, 1979). Bu bağlamda Tandon and Sekhon'un 1989 yılında yaptıkları çalışmalar K' un hastalıklar ve stres faktörleri üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Çeltik bitkisinde sap çürüklüğü ve bakteriyel yaprak yanıklığı, buğdayda ise kara pas hastalığına karşı K' un direnç oluşturduğu, benzer şekilde yem börülcesinde fide çürüklüğü, çayda kırmızı pas ve pamukta köşeli yaprak lekesi gibi hastalıkların görülme sıklığının K uygulaması ile azaldığı tespit edilmiştir (Tandon and Sekhon, 1989). Bu alanda patates bitkisi

üzerine yapılan bir diğer araştırma da ise yeterli K seviyelerinde üretilen patateslerde herhangi bir viral yaprak hastalığının oluşmadığı gözlenmiştir (Quellas Das Santos, 1979).

Bitkilerin yatmaya karşı etkisiyle de bilinen K, hububat gibi fazla N alımı sonucu yatmaya meyilli bitkilerde sapların güçlenmesine ve hücre duvarlarının sertleşmesine katkıda bulunarak kırılabilirliğe ve yatmaya karşı direncin artırmasını sağlamaktadır (Kacar ve Katkat, 1998). Potasyumun katkı sağladığı bitkisel dirençler sklerenkima hücrelerinin varlığıyla ilişkilendirilmektedir.

Potasyum uygulamasının yetiştirilen ürünlerin raf ömrünü uzattığı ve depolama esnasında meydana gelen ağırlık kaybını azaltarak kaliteyi iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Bu konuyla ilişkin K uygulamasının gerçekleştirildiği soğanların, gerçekleştirilmemiş olanlara kıyasla depolama sürecindeki ağırlık kaybının %60 oranında azaldığı belirtilmiştir (Anonim, 1988). Benzer şekilde toprağa K uygulanmasıyla yetiştirilen domateslerin uygulama yapılmayanlara göre pazarlama kalitesinin iki katına çıktığı gözlenmiştir (Anonim, 1988). Potasyumun bu etkileri ürünlerin ticari değerini artırmakta ve üreticiler için olumlu sonuçlar doğuran önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Topraksız tarım yetiştiriciliğinde bitkilerin gereksinim duydukları su ve suda çözünen besin elementleri doğrudan yetiştirme ortamına verilmektedir. Dolayısıyla reyhan/fesleğen bitkilerinin su kültüründe yetiştirilebilmesi adına mevcut K miktarlarının sürekli kontrol edilmesi ve ihtiyaç duyulması halinde K takviyelerinin doğrudan besin solüsyonuna ya da çalışma konusunun bir parçasını oluşturan ‘yapraktan uygulama’ yöntemleriyle sağlanması gerekmektedir. Bu bağlamda su kültüründe yetiştirilen bitkilerin K gereksinimleri genellikle potasyum sülfat, potasyum nitrat, potasyum klorür gibi suda eriyebilen gübrelerle karşılanmaktadır. Yapraktan uygulamalarda veya su kültürü yetiştiriciliğinde klor içermemesi sebebiyle çoğunlukla potasyum nitrat gübresi tercih edilmektedir. Yaprak uygulamalarda, potasyum nitrat gübresi en uygun potasyum kaynağı olarak kabul edilmektedir. Özellikle topraksız tarım yöntemlerinde kullanılan bu yöntem bitkilerin hızla gelişmelerini sağlamakta, ürün kalitesini artırmakta ve hasat sürecini kısaltmaktadır.

Çalışma materyalini de oluşturan potasyum nitrat gübresi %13 N, %44 K₂O içermektedir. “Saltpater” olarak da anılan potasyum nitrat gübresinde en fazla kabul edilen Cl miktarı %0,1 olarak bildirilmiştir (Kacar ve Katkat, 2011).

Salas-Pérez et al. (2018) tarafından yürütülen araştırma hidroponik sistemde yetiştirilen fesleğen bitkisine artan dozlarda K uygulamalarının bitkinin biyoaktif bileşenler üzerindeki etkisinin incelenmesine yoğunlaşmıştır. Söz konusu bu çalışmada besin çözeltisine eklenen K’ un dört farklı dozu (7, 9, 11 ve 13 mmol L⁻¹) test edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, K dozlarının artışı ile birlikte fesleğenin biyoaktif bileşenlerinde önemli bir artış olduğunu göstermiştir. Antioksidan kapasite, antosiyaninler, toplam fenolik bileşikler ve flavonoidlerin miktarında K’un dozlarına bağlı olarak pozitif bir gelişme kaydedilmiştir. Çalışmanın sonucunda besin çözeltisine eklenen K’un fesleğen bitkisindeki biyoaktif bileşenlerin miktarını artırabileceği sonucuna varılmıştır.

Su kültüründe, farklı K dozlarının uygulandığı yeşil fesleğen bitkisinin antioksidan içeriğine etkilerinin araştırıldığı bir diğer çalışmada; tesadüf blokları deneme desenine göre 3 ayrı fesleğen çeşidi kullanılarak 4 farklı potasyum dozu uygulanmıştır. Değerlendirmeye alınan çeşitlerin antioksidan kapasitesinin, besin solüsyonundaki potasyum dozlarındaki artış ile doğru orantılı olduğu belirlenmiştir (Perez et al., 2018).

Besin elenmelerinin bitkilerin bitki patojenlerine olan duyarlılığına etkilerinin incelendiği bir diğer çalışmada; fesleğen bitkisinde K’ un gri küf üzerine olan etkileri gözlenmiştir. Araştırmacılar yaptıkları bu çalışmada, sulama suyunda artan K’ un, bitkideki gri küf hastalığını önemli derecede azalttığını saptamışlardır. Aynı şekilde yapraktan uygulanan K gübrelemesinin de söz konusu parametrede kayda değer ölçüde azalmalar meydana getirdiği gözlenmiştir (Yermiyahu et al., 2015).

Rao et al. (2007) Fransız fesleğeninde N ve K’ lu gübrelemenin yağ üretimi, kalite ve toprak verimliliği üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, N (0,100,200 kg ha⁻¹) ve K (0,40,80 kg ha⁻¹) seviyelerinin tüm kombinasyonlarından oluşan uygulamaları, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak

denemişlerdir. 100 kg ha⁻¹ N ve 80 kg ha K⁻¹ dozunun verim ve yağ kalitesi yönünden en etkili doz olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, N içeriklerinin bu uygulamalardan önemli ölçüde etkilenmediğini ancak 80 kg ha⁻¹ K uygulamasının P içeriklerini önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir.

Hendawy et al. (2010), kekik bitkisinin üretimi ve yağ kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada çeşitli kombinasyonlarda hayvan gübresi, kompost, ham fosfat ve potasyumlu feldspat gibi organik gübreleme uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. En yüksek yağ ve kuru herba verimleri ile uçucu yağ miktarlarının kompost (4.8 m³) + ham fosfat (35 kg da⁻¹) ile kompost (4.8 m³) + potasyumlu feldspat (35 kg da⁻¹) uyguladıkları parsellerden elde edildiğini bildirmişlerdir.

2.8.3 Tıbbi ve aromatik bitkiler ile ilgili çalışmalar

Tıbbi ve aromatik bitkiler üzerinde yapılmış önceki çalışmalar bu bölümde derlenmiştir.

Daşgan (2022), sera su kültüründe, mor yapraklı Rosie fesleğen çeşidi üzerinde mineral gübre uygulamalarını azaltıp yerine mikoriza biyogübresini ilave ederek yürüttüğü çalışmada, araştırmacı toplam hasat verilerinde mikorizanın olumlu etkisini görmüş olup yaprak verim değerlerini 306,81-730 g/m² aralığında belirlemiştir. Aldiyab (2020), yeşil yapraklı Dino isimli fesleğen çeşidinde su kültüründe yaptığı çalışmada yine mineral gübreleri azaltarak yerine mikroalg *Chlorella vulgaris*, bakteri ve mikoriza ilave etmiş olup yeşil yapraklı fesleğen veriminde artış gözlemiştir. Yeşil fesleğen verim değerlerinin 2616-3702 g/m² arasında değiştiği bildirilmiştir. Yeşil ve Mor Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tiplerinde bazı verim ve kalite özellikleri üzerine yürütülen çalışmada drog yaprak verimleri ilk yıl 201,25- 295,90 kg da⁻¹, ikinci yıl 221,62-343,91 kg da⁻¹ değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir (Sönmez vd., 2019). Çalışma sonucu elde edilen herba verim değerlerinin, geçmiş çalışma verileri ile yakın veya uyumlu olduğu görülmektedir.

Farklı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) hatlarının Trakya koşullarında verim ve kalite ile ilgili bazı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada

tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olup, bitki materyali olarak bir ABD ve üç Türkiye kökenli hat kullanılmıştır. Söz konusu çalışmada hatlar ve biçim zamanları yönünden incelenen özellikler arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Denemede bitki boyu (27,98-48,61 cm), dal sayısı (7,65-11,10 adet), yaprak boyu (2,34-5,55 cm), yaprak eni (1,04-3,04 cm), çiçek başak boyu (2,90-14,20 cm), bitki tacı (33,94-46,64 cm), yeşil herba verimi (2318,06-2874,32 kg da⁻¹), kuru herba verimi (643,14-945,16 kg da⁻¹), yeşil yaprak verimi (564,56-1386,10 kg da⁻¹), kuru yaprak verimi (195,75-333,85 kg da⁻¹), uçucu yağ oranı (%0,46-0,74), uçucu yağ verimi (12,02-18,33 l/da⁻¹) ve uçucu yağ bileşenleri incelenmiştir. Linalol uçucu yağı oluşturan bileşenler arasında tüm hatlar ve biçim zamanlarında en yüksek oranda bulunmuştur (Cabar, 2016).

Uzun (2007) tarafından yürütülen bir çalışmada, fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) ve kekik (*Origanum vulgare* L.) türlerinin bazı önemli özellikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda, dört farklı fesleğen popülasyonu ile Karadeniz Bölgesi'nin doğal florasından toplanan dokuz kekik popülasyonu değerlendirilmiş ve bu materyallerin fenolojik, morfolojik ve kalite özellikleri ortaya konmuştur. Taze herba verimi 49,26–359,46 g/bitki, drog herba verimi 9,03–84,14 g/bitki, drog yaprak verimi 3,56–44,83 g/bitki olarak kaydedilmiştir. Ayrıca drog herba oranı %15,05–46,26, drog herbada yaprak oranı %14,03–68,28 ve uçucu yağ oranı %0,35–0,95 arasında değişim göstermiştir.

Yaprak gübresinin fesleğen bitkisi üzerine etkilerinin incelendiği bir diğer çalışmada farklı oranlarda içeriğe sahip Hortgrow yaprak gübresinin (içerik N:P:K – 30:20:10, mikro elementler MgO, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn; içerik N:P:K – 20:20:20, mikro elementler MgO, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn; içerik N:P:K – 5:50:20, mikro elementler MgO, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) olmak üzere üç ayrı versiyonu vejetasyon süresince 3 kere uygulanmıştır. Çalışma sonuçları yaprak gübrenin verime ve oluşan yaprak yüzeyine etkilerinin olumlu olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar ile hektarda 4 tondan daha fazla taze ürün alınabileceği belirlenmiştir (Ivanov et al., 2013).

Walters and Currey (2018), su kültüründe bazı fesleğen türlerinin besin elementi içerikleri ve büyümeleri üzerine çalışmıştır. Besin solüsyonu

konsantrasyonu ve günlük ışık integralinin etkilerinin incelendiği çalışmada üç ayrı fesleğen çeşidi kullanılmıştır. Çalışma, farklı elektrik iletkenliği (EC 0,5-1,0-2, 0-3,0-4,0 ds m⁻¹)'ne sahip besin solüsyonlarıyla birlikte; düşük (7 mol m⁻² d⁻¹) ve yüksek (15 mol m⁻² d⁻¹) günlük ışık integrali koşulları altında yürütülmüştür. Besin solüsyonlarının elektrik iletkenliğinin bitkilerin büyüme ve morfolojik özelliklerine etki etmemelerine rağmen günlük ışık integralinin söz konusu parametreler üzerinde olumlu etkileri gözlenmiştir. Örneğin yüksek ışık integrali altında düşük ışık integraline kıyasla, tatlı fesleğenin taze ve kuru ağırlığı, boyu, boğum sayısı sırasıyla; %144, %178, %20 ve %18 oranında daha fazla gözlenmiştir. Çoğu besin elementi içeriği EC konsantrasyonu ile artarken, bu durum Ca ve Mg içeriklerinde ise tersi şekilde gözlenmiştir.

Topraksız tarım sistemleri altında yetiştirilen fesleğenin verim, kalite ve beslenme durumunun incelendiği araştırmada; aquaponik ve hidroponik sistemler kullanılarak fesleğenin yaprak klorofil içeriği, suyun pH'sın, N ve sıcaklık değerleri periyodik olarak ölçülmüştür. Araştırmacılar tarafından aquaponik ortamdaki bitkilerin bitki boyu, taze ve kuru ağırlık değerleri hidroponik ortamda yetişen bitkilere göre sırasıyla %14, %56 ve %65 oranla daha fazla gözlenmiştir. Ancak beslenme durumu ve klorofil içeriği bakımından iki ortam arasında fark gözlenmemiştir (Saha et al., 2016).

Karaca vd. (2017) tarafından bazı fesleğen popülasyonlarının herba verimi ve uçucu yağ içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada 9 genotip kullanılmış ve her biri çiçeklenme döneminde olmak üzere 2 biçim yapılmıştır. Bitki boyu, yeşil herba verimi, kuru herba verimi, kuru yaprak verimi ve uçucu yağ oranının belirlendiği çalışmada bitki boyu 17,16-45,33 cm, yeşil herba verimi 195,00-383,99 g/bitki, kuru herba verimi 22,21-46,85 g/bitki ve uçucu yağ oranının %0,25-1,06 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Aslan (2014), farklı reyhan genotiplerinde ortogenetik ve morfogenetik varyabiliteyi belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada, deneme düzenlemesini ana parsellerde hasat zamanları, alt parsellerde ise reyhan genotipleri olacak şekilde planlamıştır. Morfogenetik varyabilitenin değerlendirilmesi amacıyla, her bir gelişme döneminde yapılan biçimlerde bitkiler üç eşit parçaya ayrılarak (alt, orta,

üst) yaprak, sap ve çiçek kısımları ayrı ayrı incelenmiştir. Çalışma bulgularına göre; farklı gelişme dönemlerinde elde edilen alt yaprak verimi, orta ve üst yaprak veriminden daha yüksek bulunmuştur. Tüm bitki aksamaları açısından en yüksek verim değerleri tam çiçeklenme döneminde, en düşük verim ise çiçeklenme öncesi dönemde ve üst yaprak kısmında kaydedilmiştir. Araştırmacı, bu bulgular doğrultusunda en uygun hasat zamanının tam çiçeklenme dönemi olduğunu belirtmiştir. Reyhan genotiplerine ait bazı verim ve morfolojik özellikler ise şu şekilde saptanmıştır: Ortalama bitki boyu 37,64–95 cm, ortalama yeşil herba verimi 795,31–3576,76 kgda⁻¹, ortalama drog herba verimi 237,13–1225,02 kgda⁻¹, ortalama drog yaprak verimi 97,92–542,42 kgda⁻¹ ve ortalama drog çiçek verimi 52,08–339,83 kgda⁻¹ arasında değişmiştir. Çalışmada uçucu yağ oranları da değerlendirilmiş; çiçeklerde %0,13–1,23, yapraklarda ise %0,18–1,70 arasında uçucu yağ içeriği tespit edilmiştir. Uçucu yağın temel bileşenleri ise metil kavikol ve eugenol olarak belirlenmiştir.

Makro besin elementi noksanlığının fesleğen bitkisinin gelişimi ve beslenme durumuna etkilerinin incelendiği çalışmada; N, P, K, Ca, Mg ve S besin elementlerince noksan besin solüsyonu ile tamamlanmış solüsyon kullanılmıştır. Çalışmada bitki boyu, yaprak sayısı, fotosentez oranı, bitki kuru maddesi ve bitki kısımlarına göre besin elementi içerikleri gibi parametreler incelenmiştir. Çalışma sonucunda besin noksanlığının bitki gelişimini sınırlandırdığı, büyümeyi büyük ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir (Borges et al., 2016).

Tıbbi ve aromatik bir bitki olan anasonda, yapraktan farklı K dozlarının verim ve besin elementi içerikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, artan K uygulamaları ile tohum verimi üzerine olumlu etkiler gözlenmiş olup en yüksek değer 2,4 g K₂O dozunun uygulandığı saksılarda belirlenmiştir. Söz konusu uygulama bitki yapraklarının N, K, P, Fe ve Cu içeriklerini artırırken, Ca ve Mg içeriklerinde ise azalma gerçekleştiği bildirilmiştir (Yağmur, 2009).

Corrado et al. (2020) tarafından gerçekleştirilen araştırmada su kültürü yöntemiyle yetiştirilen fesleğenlerde, fide aktarımının ardından 45. ve 75. günlerde iki defa hasat gerçekleştirilmiştir. Hasat edilen bitkilerin ortalama yüksekliğinin 35 cm olduğu tespit edilmiştir. 45. ve 75. günlerde gerçekleştirilen hasatlar sırasında

azot kullanımı etkinliği, antioksidan kapasitesi, nitrat içerikleri ve yaprak verimi detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Fide aktarımının 75. gününde yapılan ikinci hasatta azot kullanımında %20, yaprak veriminde %20 ve antioksidan kapasitesinde %16'lık bir düşüş gözlemlenirken, yaprak nitrat konsantrasyonunda %48'lik bir artış saptanmıştır.

Kacar vd. tarafından 2009 yılında gerçekleştirilen alışma, Bursa ekolojik koşullarında fesleğen bitkisinin verim özelliklerini incelemiştir. Bu araştırmada bitki boyu ortalama olarak 39.6 ile 31,4 cm arasında değişkenlik göstermiştir. Yeşil bitki veriminin dekar başına 3819 ile 2592 kg arasında olduğu, kuru herba verimininse 655 ile 488 kg arasında olduğu saptanmıştır. *Ocimum basilicum*' un uçucu yağ oranının %0,61 ile %0,67 arasında değişirken, uçucu yağ veriminin 3,17 ile 4,04 kg olduğu tespit edilmiştir (Kacar vd., 2009).

Dahab et al. (1990) tarafından gerçekleştirilen çalışmada bitki sıklığının verim, büyüme, uçucu yağ miktarı ve gelişme hızı üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma sonuçları sık ekim yapılan alanlarda, seyrek ekime kıyasla daha az dallanma olduğunu göstermektedir.

Randhawa and Gill, (1995) Hindistan'da yürüttükleri araştırmada ise fesleğenin dikim tarihlerinin herba verimi bakımından ve uçucu yağ içeriği bakımından etkileri incelenmiştir. Temmuz ayının sonlarında yapılan dikimlerin daha erken dönemde gerçekleştirilen dikimlere göre daha fazla dal sayısına ve bitki uzunluğuna ulaşıldığı belirlenmiştir. Araştırmacılar temmuz ve ağustos aylarındaki yüksek sıcaklık ile nispi nem oranlarının bitki dallanmasını desteklediğini ve vejetatif evreden tam çiçeklenme evresine geçişteki gecikmenin, bitki uzunluğuyla bitki başına düşen dal sayısının arttığını ifade etmektedirler.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Deneme Alanının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Tez çalışması 2019-2020 yılında İzmir ili Çeşme ilçesi Ovacık mevkiinde bulunan topraksız tarım üretiminin yapıldığı hidroponik sera koşullarında, derin su kültürü ortamında gerçekleştirilmiştir. Bitki yetiştirme materyali olarak köpük viyoller, tohum çimlendirmek için ise ithal torf kullanılmıştır.

Denemenin yürütüldüğü serada uygulanan su kültürü, Arnon ve Hoagland besin çözeltileri temel alınarak (mg L^{-1} : KNO_3 606, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 115, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 656, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 490, H_3BO_3 2,86, Fe-EDDHA 40, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1,81, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,22, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,08, $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,02) (Kaçar ve Katkat, 2011) hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltinin yetiştirme ortamına verildikten sonra elektriksel iletkenlik (EC) ve pH değerleri; EC 1,5-2,5 dS/m^{-1} ve pH 5,8-6,2 aralığında tutulmasına dikkat edilmiştir (Kaçar ve Katkat, 2011; Anaç, 2016).

3.2 Denemede Kullanılan Bitki Materyalinin Özellikleri

Deneme alanında bitki materyali olarak, AG Tohum San. Tic. A.Ş. firmasına ait dino fesleğen çeşidi ve rosie reyhan çeşidi olmak üzere Lamiaceae familyasına ait iki farklı çeşit kullanılmıştır. Dino fesleğen çeşidi, yeşil yapraklarıyla dikkat çekmekte olup, iri yapraklara sahip hızlı büyüyen ve hoş bir aroma sunan özelliğe sahiptir. Rosie çeşidi benzer özelliklere sahip olmakla birlikte mor renkli yapraklara sahiptir. Çeşitlere ait bilgiler Tablo 3.1’de sunulmaktadır.

Tablo 3.1. Dino ve Rosie fesleğen çeşit özellikleri (T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü Çeşit Kataloğu, 2018)

Çeşit adı		Dino	Rosie
T Tescil Yılı		2017	2017
İslah Edildiği Yer ve Yılı		İzmir-2010	İzmir-2010
Çeşit Sahibi Kuruluş		AG Tohum San. Tic. A.Ş.	AG Tohum San. Tic. A.Ş.
İslahçı Kuruluş		AG Tohum San. Tic. A.Ş.	AG Tohum San. Tic. A.Ş.
İslah yöntemi		Seleksiyon	Seleksiyon
Morfolojik özellik	Bitki büyüme şekli	dik	dik
	Bitki toplam uzunluk	uzun	uzun
	Yaprak ayası şekli	eliptik	eliptik
	Yaprak ayası üst kısmın antosiyanin renklenmesi	yok	var
	Yaprak ayası kabarıklık	kuvvetli	kuvvetli
	Yaprak ayası kenar dişliği	var	var
	Çiçek taç yaprak rengi	beyaz	beyaz
	Çiçeklenme zamanı (bitkilerin %10 'nu çiçeklendiğinde)	geçci	geçci
Tarımsal özellik	Kullanım amacı	Dal ve yaprakları baharat	Dal ve yaprakları baharat

Bitkilerin botanik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Familya: Lamiaceae

Cins: Ocimum

Tür: *Ocimum basilicum* L.



Şekil 3.1. Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.).



Şekil 3.2. Reyhan (*Ocimum basilicum* L.).

Bitki materyalini oluşturan *Ocimum basilicum* L. türüne ait çeşitler önceki çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda farklı terminolojilerin kullanıldığı gözlenmiştir. Bu çalışmada, belirlenen çeşitler için "fesleğen" (Dino çeşidi) ve "reyhan" (Rosie çeşidi) terimleri kullanılmıştır.

3.3 Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi

Çalışma, kontrol ve 3 ayrı gübre formülasyonu ile 4 uygulamalı ve 4 tekrarlı olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre her iki çeşit için toplam 32 adet köpük viyolden oluşmaktadır. Araştırma sera koşullarında yürütülmüş olmakla birlikte hassasiyetin artırılması amacıyla denemeler arka arkaya iki ayrı dönemde tekrarlanmıştır. Tüm üretim süreçleri, uygulanan preparatlar ve yapılan kültürel işlemler her iki dönemde de tamamen aynı şekilde yapılmıştır. Dolayısıyla sera içi iklim koşullarının da farklı olmaması sebebiyle tüm parametreler için elde edilen bulgular birbirine çok yakın olarak belirlenmiştir. İncelenen bütün parametreler açısından değerler arasında istatistiki olarak farklılık gözlenmemiş ve denemenin hassas bir şekilde gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle tüm parametrelere ait veriler iki dönem ortalaması olarak verilerek istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır. Denemeye alınan reyhan ve fesleğen bitkileri farklı çeşitler olduğu için denemeler her iki çeşit için de ayrı ayrı kurulmuş ve istatistiki olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

İlk dönem denemesi 14.09.2019 tarihinde, ikinci dönem denemesi ise 16.11.2019 tarihinde tohumların ekimi ile başlamıştır. Tohum ekimleri ayrı bir yerde, plastik viyollerin gözlerine doldurulan torf ortamına, her göze 1 adet tohum gelecek şekilde yapılmıştır. Ekimi gerçekleştirilen tohumların çıkışları 4.- 5. günlerde gözlemlenirken 21. günde fideler köpük viyollere (su kültürüne) aktarılmıştır. Her bir uygulama 4 adet köpük viyolden oluşmakla birlikte her bir köpük viyolde 14 adet bitki yetiştirilmiştir.

Yapılan çalışmada gübreler; %1'lik Potasyum Nitrat, %0,2'lik Demir Sülfat ve %1'lik Potasyum Nitrat + %0,2'lik Demir Sülfat olmak üzere üç ayrı formülasyonda, 2 hafta ara ile 2 kez yapraktan uygulanmıştır.



Şekil 3.3. Fesleğen ve reyhan (*Ocimum basilicum* L.) tohum ekimi ve çıkış gözlemleri.



Şekil 3.4. Fesleğen ve reyhan (*Ocimum basilicum* L.) yapraktan gübreleme.



Şekil 3.5. Fesleğen ve reyhan (*Ocimum basilicum* L.) gelişme dönemi.

3.4 Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması

Yedi haftalık gelişim dönemi sonunda bitkiler çiçeklenmeden hemen önce hasat edilerek, her uygulamadan alınan örnekler laboratuvara getirilmiştir. Diğer çalışmalarda örnek alma dönemleri çiçeklenme hemen öncesi, tam çiçeklenme, tam çiçeklenmeden hemen sonra olmak üzere farklılık göstermekle birlikte, çalışmada vejetasyon döneminin kısalığı göz önüne alınarak tam çiçeklenmeden hemen önce olmak üzere alınmıştır.

Laboratuvara getirilen örneklerin bitki boyları kaydedildikten sonra yaprak ayası ve sap kısımlarına ayrılarak yaş ağırlıkları tartılmıştır. İki hafta sonra ikinci biçimler gerçekleştirilmiş olup bitkiler kökleriyle birlikte hasat edilmiştir. Bitki kısımlarına laboratuvarında ayrılmıştır. İkinci biçim ile elde edilen yaprak ve sap yaş ağırlıkları ve bitki boyu verileri kaydedilmiştir.

Fiziksel ölçümleri tamamlandıktan sonra kısımlarına ayrılmış ve saf suyla yıkanarak 70 °C’de kurutulmuş bitki örnekleri, makro ve mikro besin elementlerinin belirlenmesi için öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar,

1972). Uçucu yağ analizi için yapraklar 35⁰ C’de kurutulmuş ve analize hazırlanmıştır (Wichtl, 1971).

3.5 Bitki Örneklerinin Analizleri ve Kullanılan Yöntemler

Bitkilerin beslenme durumlarının saptanmasında; Potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn) içerikleri, yağ yakma yöntemi ile atomik absorpsiyon spektrofotometresinde belirlenirken, fosfor (P) içerikleri vanadomolibdofosforikasit kalorimetrik yöntemi ile spektrofotometrede analiz edilmiştir. Bitki örneklerinin azot (N) içerikleri ise Kjeldahl yöntemiyle elde edilmiştir (Kacar, 1972).

Bitkilerin uçucu yağ oranlarının belirlenmesinde ise Neo-Clevenger apereyi ile su distilasyonu yöntemi kullanılmıştır. Uçucu yağ oranları hava kurusu üzerinden ml/100 gram (%) olarak verilmiştir (Wichtl, 1971).

Bitki boyu analizi için her köpük viyolden 10’ar bitkinin kök bölgesi üzerinden en uç noktasına kadar yükseklikleri cm olarak ölçülerek ortalamaları alınmıştır.

Yeşil herba verimi için parsellerdeki tüm bitkiler kök boğazının hemen üzerinden biçilerek tartılmıştır. Yaprak ve sap verimleri için bitkiler kısımlarına ayrılmıştır ve iki biçim sonrası yağ ağırlık verileri toplanarak parsel verimleri belirlenmiştir. Kuru herba verimi ise taze herbanın, 35 °C’de kurutulması ve tartılmasıyla elde edilmiştir. Elde edilen parsel verimleri g/viyol olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçların mevcut literatürle kıyaslamasını yapabilmek için g/m² olarak çevirimi gerçekleştirilmiş, böylelikle verilen farklı birimlerin karşılaştırılması mümkün kılınmıştır.

Bitkilerin kaldırdığı besin elementi miktarları verim değerleri ile yaprak ve sap içerikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Verim değerleri ve verimle kaldırılan besin elementi miktarları viyol başına hesaplanmıştır. Her bir viyolde 14 adet bitki bulunmaktadır. Elde edilen sonuçların önceki çalışmalarla karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için oran-orantı yardımıyla g/m^2 hesabının yanı sıra 100 g kuru herba ile kaldırılan miktarlar da hesaplanmıştır.



Şekil 3.6. Agronomik analiz ölçümleri.



Şekil 3.7. Agronomik analiz ölçümleri.



Şekil 3.8. Agronomik analiz ölçümleri.



Şekil 3.9. Uçucu yağ analizi.

3.6 İstatistik Yöntemler

Yürütölen çalışmada iki farklı fesleğen çeşidi özerinde, kontrol uygulaması ile birlikte, yaprakdan uygulanan ö gübre formölasyonu, 4 tekrarlı olarak değerlendirilmiş, incelenen parametrelere SPSS 15.0 for Windows (SPSS, 2013) paket programı uygulanarak varyans analizleri yapılmıştır. Önemli bulunan interaksiyonlar özerine Duncan testi uygulanarak gruplandırmalar gerçekleştirilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, araştırmadan elde edilen bulgular ve bu bulguların detaylı değerlendirmeleri sunulmuştur.

4.1 Herba Verim Sonuçları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin yaş herba verim sonuçları incelendiğinde fesleğenin ortalama verim değerleri 272,57 ile 348,49 g/viyol arasında; reyhanın ise ortalama 166,01 ile 212,80 g/viyol arasında değiştiği belirlenmiştir. Söz konusu verim değerleri viyol başına 14 bitki ile hesaplanmıştır. Viyol ölçülerinden yola çıkılarak 1 m² alandaki verimler hesaplandığında ise yaş herba değerlerinin fesleğende; 1703,56 g/m² ile 2178,06 g/m² arasında belirlenirken, reyhanda 1037,56 g/m² ile 1319,75 g/m² arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek yaş herba verim ortalamaları fesleğende K+Fe uygulamalarından, reyhanda ise K uygulamalarından elde edilmiş olup en düşük veriler ise her iki çeşitte de kontrol parsellerinde gözlenmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Yaş herba ve kuru herba verim sonuçları

	Yaş herba verimi (g/viyol) (İki dönem ortalaması)		Kuru herba verimi (g/viyol) (İki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	272,57 d	166,01 c	46,24 c	28,22 b
K	297,43 b	212,80 a	73,23 a	36,18 a
Fe	286,80 c	180,34 b	53,11 b	30,66 b
K+Fe	348,49 a	211,16 a	74,08 a	35,90 a
Ortalama	301,32 A	192,57 B	61,66 A	32,74 B
	Çeşit	Uygulama	Çeşit	Uygulama
Varyans	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli
p=0.05, Duncan Testi	0.00	0.00	0.00	0.00

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Diğer araştırmacıların elde ettikleri herba verimleri gözden geçirildiğinde; Aslan (2014), farklı reyhan genotiplerinde ortalama yeşil herba verimini 795.31-3576,76 kg da⁻¹, drog herba verimini ise 237.13-1225,02 kg da⁻¹ olarak belirlemiştir. Cabar (2016) farklı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) hatlarının yeşil herba verimini 2318,06-2874,32 kg da⁻¹, kuru herba verimini ise 643,14- 945,16 kg da⁻¹ şeklinde raporlamışlardır. Vomel ve Ceylan (1977), fesleğen bitkisinin taze herba verimini 1551 kg da⁻¹, kuru herba verimini ise 360 kg da⁻¹ olarak elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ceylan (2021), sera su kültüründe, mor yapraklı Rosie fesleğen çeşidi üzerinde mineral gübre uygulamalarını azaltıp yerine mikoriza biyogübreleri ilave ederek yürüttüğü çalışmada, araştırmacı toplam hasat verilerinde mikorizanın olumlu etkisini görmüş olup yaprak verim değerlerini 306,81-730 g/m² aralığında belirlemiştir. Aldiyab (2020), yeşil yapraklı Dino isimli fesleğen çeşidinde su kültüründe yaptığı çalışmada yine mineral gübreleri azaltarak yerine mikroalg *Chlorella vulgaris*, bakteri ve mikoriza ilave etmiş olup yeşil yapraklı fesleğen veriminde artış gözlemiştir. Yeşil fesleğen verim değerlerinin 2616-3702 g/m² arasında değiştiğini bildirilmiştir. Yeşil ve Mor Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tiplerinde bazı verim ve kalite özellikleri üzerine yürütülen bir diğer çalışmada, drog yaprak verimleri ilk yıl 201,25- 295,90 kg da⁻¹, ikinci yıl 221,62-343,91 kg da⁻¹ arasında değiştiği gözlenmiştir (Sönmez vd., 2019). Çalışma sonucu elde edilen herba verim değerleri yetiştirme koşulları, uygulanan kültürel işlemler, çeşit özelliklerindeki farklılıklar ve biçim sayılarındaki değişimler göz önüne alınarak değerlendirildiğinde referans çalışma verileri ile yakın ve uyumlu olduğu görülmektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre yaş herba verimi açısından, çeşit ve uygulamalar ($p=0.00$; $p=0.00$) ile ortaya çıkan farklılıklar istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Çeşitler arasındaki fark incelendiğinde tüm uygulamalar altında fesleğen yaş herbalarının reyhan yaş herbalarından daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Yapılan varyans analizinin ardından fesleğen bitkisinde uygulamaların istatistiksel dağılım grupları incelendiğinde, K+Fe uygulamalarının en yüksek yaş herba verimini sağlayan ilk farklı grubu oluşturduğu ve sırasıyla K, Fe ve kontrol olarak dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak yaş herba verim ortalamaları açısından her uygulama farklı bir grup meydana getirdiği için uygulamalar arası farklılık ayrı istatistiksel gruplarda yer almaya neden olmuştur.

Reyhan bitkisinde ise yaş herba verimi açısından K ve K+Fe uygulaması aynı grupta yer alarak ilk farklı istatistiksel grubu oluşturmuştur. Ardından Fe ve kontrol parselleri sırasıyla ikinci ve üçüncü farklı grupları meydana getirmiştir.

Özet olarak yaş herba verimleri açısından en etkili uygulamanın fesleğende her iki elementin birlikte uygulandığı K+Fe uygulamasında olduğu gözlenirken, reyhanda ise bu durum hem K hem K+Fe uygulamalarıyla çok yakın değerler elde edilerek bu iki uygulama aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır.

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin kuru herba verim sonuçları incelendiğinde ise fesleğenin ortalama verim değerleri 46,24 ile 74,08 g/ viyol arasında; reyhanın ise ortalama 28,22 ile 36,18 g/ viyol arasında değiştiği belirlenmiştir. Yaş herba verilerinde olduğu gibi söz konusu verim değerleri viyol başına 14 bitki ile hesaplanmıştır. Viyol ölçülerinden yola çıkılarak 1 m² alandaki verimler hesaplandığında ise kuru herba değerlerinin fesleğende; 289 g/m² ile 463 g/m² arasında belirlenirken, reyhanda 176,38 g/m² ile 226,13 g/m² arasında değiştiği saptanmıştır. Yaş herba verimlerinde olduğu gibi en yüksek kuru herba verim ortalamaları fesleğende K+Fe uygulamalarından, reyhanda ise K uygulamalarından elde edilmiş olup en düşük veriler ise her iki çeşitte de kontrol parsellerinde gözlenmiştir.

Diğer araştırmacıların raporladıkları herba verimleri gözden geçirildiğinde; kuru herba verimlerinin genellikle daha düşük seviyelerde olduğu gözlenirken kimi araştırmalar ile de benzer sonuçlar içerisinde yer aldığı görülmüştür (Aslan, 2014; Cabar, 2016; Vomel ve Ceylan ,1977).

Varyans analiz sonuçları kuru herba verimleri açısından değerlendirildiğinde hem fesleğen hem de reyhanda, çeşit ve uygulamalar (p=0.00; p=0.00) ile ortaya çıkan farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Çeşitler arasındaki fark incelendiğinde ise tüm uygulamalar altında fesleğen kuru herbalarının reyhan kuru herbalarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Uygulamaların istatistiksel olarak dağılımlarına bakıldığında, tüm uygulamaların her iki çeşitte de kontrole göre kuru herba değerlerini artırdığı

gözlenirken, K+Fe ve K uygulamaları aynı grup içerisinde yer almış ve ilk grubu oluşturmuştur. Fesleğinde bu sırayı Fe uygulaması ve kontrol parselleri takip ederek farklı grupları ortaya çıkarırken reyhanda ise bu iki uygulama aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

Aldiyab (2020), sera su kültüründe yürüttüğü denemede, kırmızı yapraklı Rosie çeşidinin yeşil yapraklı dino fesleğen çeşidine göre daha küçük habitusa sahip bitkiler oluşturduğunu ve daha az yaprak verimine sahip olduğunu belirtmiştir. Yeşil ve Mor Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tiplerinde bazı verim ve kalite özellikleri üzerine yürütülen bir diğer çalışmada ise tüm biçim zamanlarında yeşil fesleğen popülasyonunun yaş herba veriminin diğer opülasyondan daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir (Sönmez vd., 2019). Çalışmada elde edilen verim değerlerinin fesleğinde reyhana göre daha yüksek seviyelerde elde edilmesi, Aldiyab (2020) ve Sönmez vd., (2019)' nin çalışmalarında da benzer bulgularla ifade edilmiştir. Çeşitler arasında istatistiksel anlamda fark yaratan bu durum, temelde çeşitlerin genetik farklılıklarından kaynaklandığını göstermektedir. Bununla birlikte fesleğenin reyhana göre daha hızlı ve yüksek oranda büyüme eğiliminde olması, çalışmada gözlenen bir diğer durumdur. Bitkinin daha hızlı büyüme eğilimi ile daha fazla besin elementi alımına ihtiyaç duyduğu, bunun yanı sıra fesleğenin reyhana göre daha yoğun yaprağa ve daha geniş yaprak yüzeyine sahip olmasına bağlı olarak fotosentetik aktivitedeki artışa neden olduğu ve bunu da biyokütleyle dönüştürmesi ile açıklanmaktadır.

Çalışmada söz konusu gübre uygulamaları ile ortaya çıkan sonuçlar, farklı araştırmalarda da benzer şekilde gözlenmiştir.

K bitkilerde su dengesi üzerine, stomaların açılıp kapanmasında, fotosentez ürünlerinin taşınmasında, protein sentezi ve bitki metabolizmasında önemli rol oynayan bazı enzimlerin aktivitesi gibi işlevler üzerinde etkilidir. Dolayısıyla K ürün kalitesi ve miktarı üzerine oldukça etkilidir (Mengel and Kirkby, 2001; Kacar, 2012; Boroomand and Grouh, 2012). K uygulaması ile bitkilerin kuru madde miktarları ve buna bağlı olarak da yaş ağırlık miktarları arasında olumlu bir ilişki gözlenmiştir. Potasyum yukarıda değinilen işlevler üzerine etkili olurken, Fe de fotosentez, klorofil sentezi ve enerji metabolizması üzerine etkili olan enzimleri

aktive etmektedir (Kacar, 2007). Elde edilen veriler göz önünde bulundurulduğunda yeterli miktarda K ve Fe ile beslenen bitkilerde her iki elementin uyumlu bir etki göstererek ürün miktarında artış sağladığı görülmektedir.

Farklı su kültürlerinin fesleğen yaş ağırlığı üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, *O. Tenuiflorum*, *O. Basilicum* ve *O. citriodorum* X *O. basilicum* seleksiyonu üzerinde 35 farklı fesleğen hattı incelenmiştir. Söz konusu çalışmada “Derin Su Kültürü (DFT)” ile “Besleyici Film Tekniği (NFT)” yetiştirme sistemlerinin karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Çalışmaya konu olan bitkiler 3 haftalık zaman diliminde belirtilen sistemlerde yetiştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre incelenen fesleğen çeşitleri ile kullanılan yetiştirme sistemleri arasında olumlu bir etkileşim olduğunu ortaya konmuştur. Derin su kültüründe yetiştirilen bitkilerin taze ağırlıkları besleyici film tekniğine göre daha fazla bulunmuştur (Walters and Currey, 2015).

Makro besin elementlerinin noksanlığının fesleğen bitkisinin gelişimi ve beslenme durumuna etkilerinin incelendiği çalışmada; N, P, K, Ca, Mg ve S besin elementlerince noksan besin solüsyonu ile tamamlanmış solüsyon kullanılmıştır. Çalışmada bitki boyu, yaprak sayısı, fotosentez oranı, bitki kuru maddesi ve bitki kısımlarına göre besin elementi içerikleri gibi parametreler incelenmiştir. Çalışma sonucunda besin noksanlığının bitki gelişimini sınırlandırdığı büyümeyi büyük ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir (Borges et al.,2016).

Rao et al. (2007) Fransız fesleğeninde N ve K’ lu gübrelemenin yağ üretimi, kalite ve toprak verimliliği üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, N (0,100,200 kg ha⁻¹) ve K (0,40,80 kg ha⁻¹) seviyelerinin tüm kombinasyonlarından oluşan uygulamaları, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak denemişlerdir. 100 kg ha⁻¹ N ve 80 kg ha K⁻¹ dozunun verim ve yağ kalitesi yönünden en etkili doz olduğu belirlenmiştir. Anasonda, farklı K dozlarının verim ve besin elementi içerikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, artan K uygulamaları ile tohum verimi üzerine olumlu etkiler gözlenmiş olup en yüksek değer 2.4 g K₂O /saksı uygulamasında belirlenmiştir (Yağmur, 2009). Çiçekli (2014) ise organik ve konvensiyonel koşullarda yetiştirdiği fesleğen bitkisi ile yürüttüğü çalışmada, herba veriminde K ve N arasında olumlu bir ilişki olduğunu

kaydetmiştir. Bu durum bitkinin K' la yeterli beslenmesi durumunda N içeriğinin ve vejetatif gelişmenin artışı ile ilişkilendirilmiştir.

Hassani et al. (2015) ise tıbbi ve aromatik bir bitki olan Nane (*Mentha piperita* L.) bitkisine yapraktan uygulanan Fe, Zn ve K içeren gübre çözeltileriyle sözü edilen bitki besin elementlerini içeren nano gübre çözeltilerini ayrı ayrı ve kombine şeklinde uygulamış; bitki boyu, gövde dal ve yaprak sayısı, yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre her iki şekildeki gübre uygulamasında da bitki boyu, dal sayısı, yaprak ve gövde yaş ağırlığı %1 önem seviyesinde olumlu etkilemiştir. Araştırmacılar kimyasal gübre uygulamasının çalışma verileri üzerine negatif bir etkisinin bulunmadığını bunun yanı sıra nano gübre uygulamaları ile verim parametresinde olumlu etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir.

Tuz stresi altında fesleğen bitkisine yapraktan Zn ve Fe uygulamasının yapıldığı bir diğer çalışmada ise en yüksek bitki boyu, dal sayısı, taze ve kuru madde verimi kontrol uygulamalarında kaydedilmiş olup artan tuzlulukla birlikte söz konusu parametrelerde azalmalar gözlenmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar Fe ve Zn' nun birlikte uygulandığı parsellerde kuru madde ve uçucu yağ verimini en yüksek seviyede kaydettiklerini bildirmişlerdir (Ahl and Aber, 2010).

Benzer bir çalışma yine tuz stresi altında yapraktan uygulanan Fe ve Zn gübrelemesinin fesleğenin büyüme oranı ve uçucu yağ üzerine etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Bitki %0,4 (ECiw 6,1 dS/m) ve %0,8 (ECiw 10,8 dS/m) deniz tuzu sulaması ile normal ve çeşitli tuz stresi koşulları altında yetiştirilmiş olup tuzluluk tüm vejetatif ve generatif büyüme karakterlerine olumsuz etki göstermiştir. Yapraktan FeSO₄ ve ZnSO₄ ve bunların karışımlarının uygulanmasının, tuzlu olmayan koşullarda veya tuz stresi altında büyüme oranlarına bakılmaksızın, fesleğen bitkisinin tüm büyüme karakterlerini ve biyokimyasal aktivitelerini arttırdığı raporlanmıştır. Yapraktan her iki gübrenin birlikte uygulandığı karışım ile büyüme oranı ve verim bileşeni en yüksek sonuçları vermiştir (Elhindi et al., 2016).

Yine tıbbi ve aromatik bir bitki olan papatyada yapraktan uygulanan Fe ve Zn'nun verim ve uçucu yağ oranı üzerine etkilerini değerlendirmek üzere yapılan

çalışmada; Fe ve Zn uygulanan parsellerin çiçek verimi, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ veriminin kontrol parseline göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek çiçek verimi 1963 kgha⁻¹ olarak Fe ve Zn'nun birlikte uygulandığı parsellerde gözlenmekle birlikte kontrol parseliyle karşılaştırıldığında, sırasıyla 46.4% oranında arttığı belirlenmiştir (Nasiri et.al., 2010).

4.2 Bitki Boyu Sonuçları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin bitki boyu sonuçları Tablo 4.2'de incelendiğinde, fesleğen bitki boyu ortalamalarının 35,44 cm ile 37,31cm arasında değiştiği, reyhan bitki boyu ortalamalarının ise 29,20 cm ile 31,20 cm arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek bitki boyu ortalamaları hem fesleğen hem de reyhanda K+Fe uygulamalarından elde edilmiş olup en düşük veriler ise her iki çeşitte de kontrol parsellerinde gözlenmiştir.

Tablo 4.2. Bitki boyu sonuçları

	Bitki boyu(cm) (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	35,44	29,20
K	36,88	29,80
Fe	35,75	29,45
K+Fe	37,31	31,20
Ortalama	36,34 A	29,91 B
	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemsiz
p=0.05, Duncan Testi	0.00	-

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Önceki çalışmalar incelendiğinde; Hindistan'da yapılan bir araştırmada fesleğen bitkisinin boyunun en fazla 36,5 cm olduğu bildirilmiştir (Gill and Randhawa, 1992). Karaca vd. (2017) tarafından, bazı fesleğen popülasyonlarının herba verimi ve uçucu yağ içeriğinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada 9 genotip kullanılmış olup, çalışmada bitki boyu verilerinin 17,16-45,33 cm arasında değiştiği belirlenmiştir. Akı (2022), reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinde, farklı

gelişme dönemlerinde tarımsal özellikler ile uçucu yağ oran ve bileşenleri bakımından ortaya çıkan değişimin incelenmesi amacıyla yürüttüğü çalışmada, çiçeklenme başlangıcı itibariyle 10 gün aralar ile 2 biçim yapılan bitkilerin boylarının gelişme dönemlerine göre 31,39-55,82 cm aralığında değiştiğini raporlamıştır. Sönmez vd., (2019) tarafından yeşil ve mor fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tiplerinde bazı verim ve kalite özellikleri üzerine yürütülen çalışmada ise en yüksek bitki boyu ortalaması 76,73 cm ile yeşil fesleğenden elde edilirken en düşük değer de 34,55 cm ile mor fesleğende gözlenmiştir. Tüm biçim zamanlarında yeşil fesleğen popülasyonunun bitki boyu değerleri mor fesleğene göre daha yüksek tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların önceki çalışmalar ile uyum içerisinde olduğu gözlenirken çalışmada gerçekleştirilen uygulamalar ile ortaya çıkan değişimlerin de benzer nitelikte olduğu görülmüştür.

Varyans analiz sonuçlarına göre bitki boyu verileri açısından, her iki çeşitte de uygulamalar ile ortaya çıkan farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çeşitler arasındaki fark incelendiğinde, tüm uygulamalar altında fesleğen bitki boyu verilerinin reyhan bitki boyu verilerine göre daha yüksek olduğu gözlenmiş olup çeşitler arasındaki fark istatistiki anlamda da önemli bulunmuştur ($p=0.00$).

Uygulamaların bitki boyları üzerine etkileri değerlendirildiğinde ise; her iki çeşitte de en düşük bitki boylarının kontrol parsellerinde gözlendiği, en yüksek bitki boylarının ise Fe+K' un birlikte uygulandığı parsellerde olduğu görülmektedir. K ve Fe' in ayrı ayrı uygulandığı parsellerde de benzer şekilde bitki boyu verilerinin kontrol uygulamasına göre daha yüksek olduğu ancak bu farklılıkların istatistiksel anlamda önemli olmadığı kaydedilmiştir.

Elfeky et al. (2013), çiçeklenme dönemine kadar yetiştirilen fesleğen bitkisine topraktan ve yapraktan artan dozlarda (1, 2 ve 3 mg L⁻¹) Fe₃O₄ nano gübresi uygulanmıştır. Yapraktan ve topraktan uygulanan nano gübrenin fesleğen bitkisinin verim ve aktif uçucu yağ bileşenleri üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak fesleğen bitkilerine uygulanan Fe₃O₄ nanoparçacıklarının bitki boyu, oranını önemli ölçüde arttırdığı ve yaprak sprey uygulamalarının toprak uygulamalarından daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Hassani et al. (2015), nanede (*Mentha piperita* L.) yaprakdan uygulanan Fe, Zn ve K içeren gübre çözeltileriyle sözü edilen bitki besin elementlerini içeren nano gübre çözeltilerini ayrı ayrı ve kombine şeklinde uygulamıştır. Çalışma sonuçlarına göre her iki şekildeki gübre uygulamasında bitki boyu %1 önem seviyesinde olumlu etkilemiştir. Ahl and Aber (2010) ise tuz stresi altında fesleğen bitkisine yaprakdan Zn ve Fe uygulamasının yapıldığı bir diğer çalışmada ise en yüksek bitki boyu tuzlu olmayan toprakta kaydedilmiş olup artan tuzlulukla birlikte söz konusu parametrelerde azalmalar gözlenmiştir. Ayrıca tuzlu olmayan topraklarda en yüksek bitki boyu Fe uygulamasında belirlenmiştir.

Her ne kadar istatistiksel olarak uygulamalar arasında farklılık görülmesi de literatürde K' un bitki hücrelerindeki osmotik basıncı artırarak su alımını kolaylaştırması, bazı enzimlerin aktivasyonu, hücre içindeki enerji transferlerinde rol oynayarak hücre bölünmesinde görev alması, Fe' in ise klorofil sentezinde ve solunum süreçlerinde görev alarak bitkinin enerji üretim kapasitesini artırması ile bitkinin büyümesine olumlu etkileri olduğu bilinmektedir.

4.3 Uçucu Yağ Oranı Sonuçları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin uçucu yağ oranı sonuçları Tablo 4.3'te verilmiştir. Fesleğenin ortalama değerleri %0,421 ile %0,759 arasında değişirken reyhanın ortalama değerleri ise %0,373 ile %0,645 arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek uçucu yağ oranı ortalamaları hem fesleğen hem de reyhanda K+Fe uygulamalarından elde edilirken en düşük veriler ise her iki çeşitte de kontrol parsellerinde belirlenmiştir.

Tablo 4.3. Uçucu yağ oranı sonuçları

	Uçucu yağ oranı (%) (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	0,421 c	0,373 c
K	0,705 a	0,612 a
Fe	0,528 b	0,499 b
K+Fe	0,759 a	0,645 a
Ortalama	0,603 A	0,532 B
	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemli
p=0.05, Duncan Testi	0.03	0.02

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Reyhan ve fesleğenin uçucu yağ oranı üzerine yapılan diğer çalışmalar gözden geçirildiğinde; Arabacı ve Bayram (2004), Aydın ekolojik koşullarında üç yıl süreyle yürüttükleri bir çalışmada en yüksek uçucu yağ oranını %0.83 olarak, Karaca (2017), 9 fesleğen genotipi kullandığı çalışmasında uçucu yağ oranının %0.25-1.06 arasında değiştiğini, Akı (2022) %0.85-1.00 arasında değiştiğini belirtirken, Telci vd. (2005), ülkemizde yetiştirilen yerel fesleğen popülasyonlarında uçucu yağ oranını %0,38-%1,20 olarak raporlamışlardır. Ekren vd. (2009), ise farklı dikim sıklıklarındaki fesleğen bitkisinde uçucu yağ oranını %0,36 ile %1,45 arasında, Nurzynska-Wierdak et al. (2012) ise bu oranı %0,46-%1,03 olarak bildirmişlerdir.

Çalışmamızda uçucu yağ oranlarının Telci vd. (2005); Ekren vd. (2009); Arabacı ve Bayram (2004); Karaca (2017); Nurzynska-Wierdak et. al. (2012)'ın çalışma sonuçları ile benzer ve genellikle alt sınır değerlerine daha yakın bulunduğu, Akı (2022)'nin çalışmasına göre ise düşük seviyelerde bulunduğu dikkati çekmektedir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin uçucu yağ oranları ile ilgili olarak bitkinin yetiştiği ekolojik şartlara, gelişme dönemine, uygulanan agronomik işlemlere ve bitkinin genetik yapısına göre değişim gösterdiği bilinmektedir (Telci, 2005; Nurzynska-Wierdak et al., 2012). Bununla birlikte tıbbi ve aromatik bitkilerde uçucu yağ oranlarının stres faktörleri ile arttığı, bu durumlarda bitkilerin primer metabolitlerden ziyade uçucu yağlar gibi sekonder metabolitleri oluşturduğu

bilinmektedir. (Forouzandeh et al., 2012; Pirzad et al., 2006; Omidbeigy and Abad, 2004; Safi Khani et al., 2008; Said-Al Ahl and Mahmoud, 2010). Çalışmamızda kullanılan bitki materyalinin farklı çeşitler olması, yetiştirme şartlarının kontrollü sera koşullarında gerçekleştirilmesi, dolayısıyla bitkilere stres faktörlerinin minimize edildiği bir yetiştirme ortamının sunulmasının uçucu yağ oranlarının diğer saha çalışmaları ile karşılaştırıldığında daha alt sınırlarda seyretmesine neden olduğunu düşündürmektedir. Ancak özellikle reyhan ve fesleğen bitkisinde kalite parametrelerine etkisi olduğu bilinen K ve Fe' in yapraktan verilmesi ile uçucu yağ oranının önemli oranda arttığı gözlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre fesleğen ve reyhan uçucu yağ oranı verileri incelendiğinde ortaya çıkan farklılıklar, çeşit ve uygulama bakımından önemli bulunmuştur ($p=0.03$; $p=0.02$). Çeşitler arasında istatistiksel anlamda da önemli bulunan bu farklılık, tüm uygulamalar altında, fesleğen verilerinin reyhan verilerine göre daha yüksek uçucu yağ oranına sahip olduğu şeklindedir. Elde edilen sonuçlar uygulamalar yönünden incelendiğinde, tüm uygulamalar kontrol parseline göre uçucu yağ oranları üzerinde etkili olmuş, her bir uygulama ile ortaya çıkan bu olumlu etki istatistiksel anlamda da önemli bulunmuştur. Ortaya çıkan grupların dağılımları incelendiğinde; her iki çeşitte de kontrol parseline göre en yüksek değerler K ve K+Fe uygulamalarında ve birbirine çok yakın seviyelerde elde edilmiştir. Böylece her iki uygulama aynı istatistiksel grupta yer almış ve ilk farklı grubu oluşturmuştur. Ardından yine hem fesleğen hem reyhanda Fe uygulaması ikinci grupta, kontrol verileri ise son istatistiksel grupta yer almıştır.

Ortaya çıkan bu bulgular değerlendirildiğinde; yapraktan uygulanan besin elementlerinin özellikle Fe' in bitkilerin fotosentez miktarında artışa ve primer metabolizmanın desteklenmesinin sonucu olarak daha fazla fotosentetik aktivite ve asimilat üretimine neden olacağı ve böylece ortaya çıkan bu döngü ile sekonder metabolitlerin sentezi için daha fazla kaynağın sağlandığı düşüncesini ortaya çıkarmıştır. Potasyumun bitki su tüketiminde, fotosentez ve enerji metabolizmasında ayrıca uçucu yağlar gibi yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin sentezlenmesi üzerine etkileri nedeniyle öncelikle su ve tuz stresi olmak üzere farklı abiyotik stres türlerine karşı savunma ve toleransını artırdığı bilinmektedir (Yağmur vd., 2021). Bu bağlamda K' un bitki su dengesini düzenlemesi ve hücre içi iyon

dengeğini sağlaması ile uçucu yağ üretim yollarını desteklediği, diğer yandan Fe' in fotosentez ve klorofil sentezindeki rolünün metabolik aktiviteyi artırması gibi etkilerin, K'un gerek tek başına uygulanması ile gerekse Fe ile birlikte uygulanmasının her iki elementin birlikte sağladığı katkıya bağlı olarak da uçucu yağ oranları en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Böylece uygulamaların etkisi ile bu dezavantajın giderileceği de görölmektedir.

Kimi araştırmacılar tarafından söz konusu besin elementlerinin uygulamaları ile benzer yanıtlar alındığı gömülmüştür. Hornok (1983), Macaristan'da gübrelemenin fesleğen bitkisinin uçucu yağ oranına ve bileşenlerine etkilerini incelediğı çalışmasında, uçucu yağ oranının artan N ve P uygulaması ile arttığını, bunun yanı sıra 18 kg K da⁻¹ gübrelemesinin uçucu yağ oranını artırırken, K'un daha yüksek dozlarının ise yağ oranını düşürdüğünü bildirmiştir.

Anaç vd. (2007), K'lu gübrelerin bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin yağ kalitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada ise K'lu gübreleme ile yaprakların yağ içeriklerinin %2.44-2.22 oranında artış gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Tuz stresi altında fesleğen bitkisine yapraktan Zn ve Fe uygulamasının yapıldığı bir diğer çalışmada ise artan tuz stresi ile uçucu yağ oranında artış gözlenmiştir. Yaprak uygulamaları incelendiğinde ise yapraktan gübreleme uygulama sonuçları bitki uçucu yağ oranı üzerine olumlu etkilemiştir. En yüksek uçucu yağ oranı Fe ve Zn' un beraber uygulaması ile elde edilmiştir. (Ahl and Aber, 2010)

Gondim Filho 2018 yılında gerçekleştirdikleri bir araştırma durgun su kültüründe Toscano, Alfavaca ve Grecco fesleğen çeşitleri üzerine, altı farklı (2.45, 4.32, 6.38, 8.36, 10.37 ve 12.27 dS m⁻¹), tuz seviyelerini incelemiştir. Yağ içeriğindeki değişimin ve verimin ele alındığı araştırma sonuçlarına göre; yaprakların uçucu yağ içeriğı Alfavaca çeşidinde doğrusal yönde değişmemekte buna karşın, Toscano ve Grecco çeşitlerinde artan tuz konsantrasyonlarının uçucu yağ içeriğini doğrusal şekilde arttırdığını, bu amaçla hazırlanan $y=ax+b$ grafiklerinde Toscano çeşidi için artış eğiminin %9,7 ile, Grecco çeşidi için ise artış eğiminin %20,3 oranıyla modellendiğini bildirilmektedir. (Gondim Filho, 2018).

Hendawy et al. (2010), kekiğin üretimi ve yağ kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada çeşitli kombinasyonlarda hayvan gübresi, kompost, ham fosfat ve potasyumlu feldspat gibi organik gübre uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. En yüksek yağ ve kuru herba verim değerleri ile uçucu yağ miktarlarının, kompost (4.8 m³) + ham fosfat (35 kg da⁻¹) ile kompost (4.8 m³) + potasyumlu feldspat (35 kg da⁻¹) uyguladıkları parsellerden elde edildiğini bildirmişlerdir. Başka bir ifadeyle P ve K besin elementlerini içeren organik kökenli gübre uygulamalarının bitkinin uçucu yağ miktarı üzerine olumlu etkiler gösterdiği ve en yüksek değerleri sağladığı tespit edilmiştir.

4.4 Toprak Üstü Organları Azot İçerikleri Sonuçları

Tablo 4.4'te verilen reyhan ve fesleğen bitkilerinin ortalama N içerikleri incelendiğinde; ortalama fesleğen yaprak verilerinin %5,78 ile %6,03 arasında değiştiği gözlenirken reyhan verilerinin ise %4,14 ile %5,06 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama sap N içerikleri ise fesleğende %2,77 ile %3,41 arasında izlenirken reyhanda %2,62 ile %3,16 arasında değişkenlik göstermiştir.

En yüksek yaprak N içerik ortalamaları, fesleğende K+Fe uygulamalarından, reyhanda ise Fe uygulamalarından elde edilmiş olup en düşük veriler ise her iki çeşitte de kontrol grubunda gözlenmiştir. Sap N içerik ortalamalarında ise en yüksek veriler fesleğende yine K+Fe uygulamalarından elde edilirken reyhanda ise K uygulamasında gözlenmiştir. En düşük veriler ise her iki çeşitte de yaprak N içeriklerinde olduğu gibi kontrol parsellerinde belirlenmiştir.

Tablo 4.4. Toprak üstü organları azot içerikleri sonuçları

	Yaprak N (%) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)		Sap N (%) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	5,78	4,14	2,77	2,62
K	5,98	4,87	3,12	3,16
Fe	5,81	5,06	3,24	3,01
K+Fe	6,03	4,97	3,41	2,89
Ortalama	5,90 A	4,76 B	3,13 A	2,92 B
	Yaprak		Sap	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemsiz	Önemli	Önemsiz
p=0.05, Duncan Testi	0.02	-	0.04	-

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Farklı araştırmacıların yürüttükleri kimi çalışmalar gözden geçirildiğinde; Rao et al. (2007) fesleğende N ve K'lu gübre uyguladığı çalışmada N yaprak içeriklerini %1,36-1,81 arasında; Dzida (2011), N içeriklerini %3,85-4,65 olarak; Gharib (2006) mercanköşk ve fesleğende yapraktan salisilik asit uyguladığı çalışmasında N içeriklerini %3,04-4,40 arasında belirlerken Çiçekli (2014) ise söz konusu değerlerin %0,59 ile %2,48 arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Ceylan (2021), su kültüründe, mor yapraklı Rosie fesleğen çeşidi ile yürüttüğü çalışmada, yaprak N içeriklerini %3,42-%4,72 aralığında belirlerken, Aldiyab (2020), su kültüründe yeşil yapraklı Dino fesleğen çeşidi ile yürüttüğü çalışmada yaprak N içeriklerini %3,71-%4,16 aralığında elde etmiştir.

Çalışmada belirlenen N yaprak içerikleri hem reyhan hem de fesleğende önceki çalışmalara göre çoğunlukla daha yüksek bulunurken, Ceylan (2021)'ın yürüttüğü çalışma sonuçları ile daha uyumlu ve yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ortaya çıkan bu farklılıklar, yetiştirme koşulları, uygulanan kültürel işlemler ve fesleğen çeşitlerinin farklı olması gibi nedenlerle ilişkilendirilebilir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, fesleğen ve reyhan bitkilerinin hem yaprak hem de sap N içeriklerindeki farklılıkların uygulamalar bakımından istatistiksel anlamda önemsiz olduğu bulunurken, çeşitler açısından ortaya çıkan farklılığın

önemli olduğu belirlenmiştir ($p=0.02$; $p=0.04$). Bu farklılık, her iki çeşidin hem sap hem de yaprak içeriklerinde fesleğenin, reyhana göre daha yüksek seviyelerde değerler göstermesiyle ortaya çıkmıştır.

Çeşitler arasındaki genetik farklılıklar, büyüme stratejileri, fotosentez kapasitesi ve metabolik süreçler gibi pek çok faktör, fesleğenin reyhana oranla daha yüksek N içeriklerine sahip olmasının temel nedenleri arasında olduğunu düşündürmektedir.

Uygulamaların N içerikleri üzerine etkileri incelendiğinde ise her iki çeşitte de her bir uygulama ile ortaya çıkan değerler, kontrol verilerine göre daha yüksek bulunmuştur. Uygulamalar içerisinde en yüksek N yaprak içerikleri, fesleğenin hem yaprak hem de sap içeriklerinde K+Fe uygulamalarında gözlenirken, reyhana ise en yüksek yaprak içerikleri Fe uygulamalarında kaydedilmiş olup en yüksek sap içerikleri ise K uygulamaları ile elde edilmiştir. Ancak söz konusu uygulamalar ile oluşan farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Çalışmaya konu olan bitki besin elementlerinin ayrı ayrı ve beraber uygulandığı parsellerde, N içeriklerinde kontrole göre artışın meydana gelmesi, bitki besleme ve fizyolojisi açısından beklenen bir durumdur. Çalışma verileri; Fe ve K'un yapraktan uygulanmasının, bu elementlerin doğrudan fotosentez ve metabolik süreçlere dahil olması ile N' un bitki metabolizmasındaki etkinliğini ve metabolik kullanımını artırdığını göstermektedir. Fe'in nitrat indirgenmesi üzerindeki etkisi ve klorofil sentezini artırması; K'un ise besin elementlerinin taşınmasında, protein sentezinde ve fotosentezdeki rolü ile bitkilerin N' u daha etkin bir şekilde kullanmasına olanak tanıdığı bilinmektedir (Karaman, 2012; Kacar ve Katkat, 2007). Bu durum çalışmada uygulamalar ile elde edilen toplam N içeriklerindeki artışı istatistiksel anlamda olmasa da sayısal olarak açıklamaktadır.

Yaprak ve sap N içerikleri kıyaslandığında ise genel olarak her iki çeşitte de sap içeriklerinin yaprak içeriklerine göre daha düşük seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Yaprakların N içeriklerinin saplara göre daha yüksek olması, yaprakların fotosentez ve metabolik aktiviteler için kritik bir merkez olması, saplara ise daha çok yapısal ve iletim işlevlerini yerine getirmesi gibi nedenlerle açıklanabilir. Bitki kısımlarında söz konusu olan bu yapısal ve biyolojik farklılık,

çalışmada elde edilen verilerden de anlaşılabacağı üzere N' un bitkide nasıl dağıldığını ve kullanıldığını anlamak açısından önemli bir göstergedir.

Anaç vd. (2007) tarafından yürütölen çalışmada K' lu gübrelerin bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin yağ kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. K' lu gübrelemenin, yaprakların N ve K içeriklerinde sırasıyla %1,92-2.11 ile %2.39-3.12 oranında artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde farklı K dozlarının anasonda verim ve besin elementi içerikleri üzerine etkisinin incelendiğı bir başka çalışmada, artan K uygulamaları ile tohum verimi üzerine olumlu etkiler gözlenmiş olup söz konusu K uygulaması ile bitki yapraklarının N içeriklerinde artış gerçekleştiğı bildirilmiştir (Yağmur, 2009). Çiçekli (2014) ise organik ve konvensiyonel koşullarda yetiştirdiğı fesleğen bitkisi ile yürüttüğü çalışmada, K ve N arasında olumlu bir ilişki olduğunu bildirilmiştir.

Buna karşın Rao et al. (2007) Fransız fesleğeninde N ve K' lu gübrelemenin yağ üretimi, kalite ve toprak verimliliğı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, N (0,100,200 kg ha⁻¹) ve K (0,40,80 kg ha⁻¹) seviyelerinin tüm kombinasyonlarından oluşan uygulamaları denemişlerdir. 100 kg N ha⁻¹ ve 80 kg K ha⁻¹ dozunun verim ve yağ kalitesi yönünden en etkili doz olduğu belirlenmişlerdir. Araştırmacılar N içeriklerinin yapılan uygulamalardan önemli ölçüde etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Aghamirzaei et al. (2024) tarafından “hidroponik, sera toprak kültürü ve tarla koşulları” olmak üzere üç ayrı yetiştirme ortamında yapraktan uygulanan mikro besin elementlerinin, fesleğenin büyüme, verim ve fitokimyasal bileşenleri üzerine etkilerini karşılaştırmak amacıyla yürüttükleri çalışmada, yaprak gübreleri Fe, Cu, Zn, Mn için %0,1'lik sülfat formları ve B elementi için de borikasit formülasyonu ile uygulanmıştır. Söz konusu uygulamaların yaprak kuru ağırlıklarını önemli derecede artırdığı gözlenmiştir. En fazla bitki gelişimi hidroponik serada gözlenmiş olup besin elementi içeriklerinin de yine aynı koşullarda en yüksek verileri raporlanmıştır. Uygulamaların makro besin elementleri konsantrasyonlarına önemli bir etkisi gözlenmemiştir.

4.5 Toprak Üstü Organları Fosfor İçerikleri Sonuçları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin ortalama yaprak P içerikleri incelendiğinde; fesleğen verilerinin %0,657 ile %0,709 arasında olduğu gözlenirken reyhan verilerinin ise %0,614 ile %0,699 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama sap P içerikleri ise fesleğende %0,533 ile %0,618 arasında belirlenmiş olup reyhanda söz konusu içerikler %0,454 ile %0,599 arasında değişkenlik göstermiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Toprak üstü organları fosfor içerikleri sonuçları

	Yaprak P (%) Konsantrasyonları (İki dönem ortalaması)		Sap P (%) Konsantrasyonları (İki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	0,657	0,614	0,533	0,485
K	0,686	0,699	0,546	0,502
Fe	0,693	0,659	0,597	0,599
K+Fe	0,709	0,672	0,618	0,454
Ortalama	0,685	0,660	0,573	0,509
	Yaprak		Sap	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz
p=0.05, Duncan Testi	-	-	-	-

Kimi araştırmacıların yürüttükleri diğer çalışmalar gözden geçirildiğinde; Rao et al. (2007) fesleğende N ve K'lu gübreleme uygulaması yaptığı çalışmada P yaprak içeriklerini %0,28-0,43 arasında belirlerken, Dzida (2011), P içeriklerini %0,48-0,66 olarak raporlamıştır. Gharib (2006), mercanköşk ve fesleğende yapraktan salisilik asit uygulaması yaptığı çalışmasında P içeriklerini %0,18-0,45 arasında; Suh et al. (1999), %0,46-0,75 arasında; Çiçekli (2014) ise söz konusu değerlerin %0,45 ile 0,63 arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Ceylan (2021), sera su kültüründe, mor yapraklı Rosie fesleğen çeşidi ile yürüttüğü çalışmasında, yaprak P içeriklerini %0,73-%0,87 aralığında belirlerken, Aldiyab (2020), su kültüründe yeşil yapraklı Dino fesleğen çeşidi ile yürüttüğü çalışmada ise fesleğen yaprak P içeriklerini %0,61-%0,89 aralığında gözlenmiştir. Çalışma

sonucu elde edilen P içeriklerinin geçmiş çalışma verileri ile yakın ve uyumlu olduğu görülmektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre hem yaprak hem sap verilerinde ortaya çıkan farklılıkların, çeşit ve uygulamalar bakımından istatistiksel anlamda önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Tüm uygulamaların P içerikleri üzerine etkileri incelendiğinde; reyhanın K+Fe uygulamasında ortaya çıkan sap P içerikleri dışında, her iki çeşitte de elde edilen değerler kontrol parseline göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, reyhanın sadece K+Fe uygulaması ile farklı seyrederek P içeriklerinin söz konusu uygulama ile azaldığı gözlenmiştir. Ancak uygulamalar ile ortaya çıkan tüm bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Çalışma verileri, Fe ve P arasındaki bilinen antagonistik etkileşiminin yanı sıra, birbiriyle uyumlu veya en azından olumsuz olmayan bir ilişki sergileyebileceğini ortaya koymaktadır. Bu etkinin bitki yetiştirme koşullarına ve uygulama yöntemine bağlı olarak değişebileceği anlaşılmaktadır. Söz konusu veriler, hidroponik koşullar ve yapraktan uygulamaların antagonistik etkiyi azaltabileceği ve böylece sinerjistik etkileşimlere olanak tanıyabileceğini göstermektedir.

Kimi araştırmacılar tarafından da benzer bulgular raporlanmıştır. Rao et al. (2007) Fransız fesleğeninde artan N ve K ‘lu gübre uygulamalarının yağ üretimi, kalite ve toprak verimliliği üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, K uygulamasının P içeriklerini önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Yağmur (2009)’un anasonda gerçekleştirdiği bir diğer çalışmada, yapraktan farklı K dozlarının verim ve besin elementi içerikleri üzerine etkisi incelenmiş, artan K uygulamaları ile bitki yapraklarının P içeriklerinde artış gerçekleştiğini bildirilmiştir.

Öte yandan Aghamirzaei et al. (2024) tarafından “hidroponik, sera toprak kültürü ve tarla koşulları” olmak üzere üç ayrı yetiştirme ortamında yapraktan %0,1’lik konsantrasyonda uygulanan mikro besin elementlerinin uygulandığı

çalışmada, en fazla bitki gelişimi hidroponik serada gözlenirken uygulamaların makro besin elementleri konsantrasyonlarına önemli bir etkisi gözlenmemiştir.

Çalışma sonuçları, uygulamalar ile P konsantrasyonlarında görülen artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermekte, ancak daha önceki bazı araştırmalarla benzer değişimlerin elde edildiği dikkati çekmektedir. Ayrıca, bitkilerin kontrollü seralarda, hidroponik koşullarda yetiştirilmesi, yeterli besin alımının sağlanmasını mümkün kıldığından, bitkilerin P içerikleri yönünden uygulamalardan önemli ölçüde etkilenmediği düşüncesine varılmıştır.

4.6 Toprak Üstü Organları Potasyum İçerikleri Sonuçları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin ortalama yaprak K içerikleri Tablo 4.6'da incelendiğinde; fesleğenin %2,94 ile 3,76 arasında değiştiği gözlenirken, reyhan verileri %1,16 ile 2,33 arasında belirlenmiştir. Ortalama sap K içerikleri ise fesleğende %2,70 ile 5,29 arasında belirlenmiş olup reyhanda bu değerler %2,52 ile 3,09 arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek K içerikleri, her iki çeşidin sap ve yaprak kısımlarında K uygulamalarından elde edilirken en düşük değerler ise kontrol uygulamaları ile belirlenmiştir.

Tablo 4.6. Toprak üstü organları potasyum içerikleri sonuçları

	Yaprak K (%) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)		Sap K (%) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	2,94 c	1,16 b	2,70 d	2,52 c
K	3,76 a	2,33 a	5,29 a	3,09 a
Fe	3,31 b	2,08 a	4,14 b	3,06 a
K+Fe	3,18 b	2,18 a	3,10 c	2,88 b
Ortalama	3,29 A	1,93 B	3,81	2,88
	Yaprak		Sap	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemli	Önemsiz	Önemli
p=0.05, Duncan Testi	0.01	0.03	-	0.03

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Farklı araştırmacıların yürüttükleri diğer çalışmalar gözden geçirildiğinde, çoğunlukla K konsantrasyonları bitkinin yaprak kısımları analiz edilerek belirlenmiştir. Rao et al. (2007) fesleğende N ve K' lu gübre uygulaması yaptığı çalışmada, K yaprak içeriklerini %1,05-2,06 arasında belirlerken, Dzida (2011), K içeriklerini %3,82-3,96 olarak, Gharib (2006) ise mercanköşk ve fesleğende yapraktan salisilik asit uygulaması yaptığı çalışmasında K içeriklerini %3,13-3,68 arasında bildirmişlerdir. Suh et al. (1999), K içeriklerini %0,82-2,03 olarak kaydederken, Çiçekli (2014) ise söz konusu değerlerin %2,49 ile 3,64 arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Ceylan (2021), sera su kültüründe, mor yapraklı Rosie fesleğen çeşidi ile yürüttüğü çalışmasında, yaprak K içeriklerini %1,82-%5,38 aralığında belirlemiştir. Çalışmamızda belirlenen K yaprak içeriklerinin hem reyhan hem de fesleğende diğer çalışmalar ile genellikle uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre hem fesleğen hem de reyhan bitkisinde, çeşit bakımından sadece yaprak verilerinde ortaya çıkan farklılıklar istatistiki anlamda önemli bulunmuş olup ($p=0.01$); uygulamalar ile ortaya çıkan farklılıklar ise hem yaprakta hem de sap içeriklerinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p=0.03$, $p=0.03$).

Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre uygulamaların K içerikleri üzerine etkileri incelendiğinde ise her iki çeşidin sap ve yaprak verileri kontrol grubuna göre daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. Her iki çeşitte de yaprak ve sap K içerikleri en yüksek K uygulaması ile gözlenirken bu uygulama ile ortaya çıkan veriler istatistiksel anlamda da önemli bulunmuş ve fesleğende ilk istatistiki grubu oluşturmuştur. Fesleğen yaprak içeriklerinde ikinci grubu Fe ve K+Fe uygulaması birlikte oluştururken kontrol uygulamaları son istatistiksel grupta yer almıştır. Reyhan yaprak içerikleri ise tüm gübre uygulamalarından olumlu yönde etkilenmiştir. Her bir uygulamalar ile elde edilen sonuçlar aynı istatistiksel grup içinde yer almış olup kontrol grubuna göre anlamlı şekilde farklı bulunmuştur.

Fesleğen sap içeriklerinde en yüksek değer K uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla Fe, K+Fe ve kontrol uygulamaları takip ederek her biri farklı istatistiksel grubu oluşturmuşlardır. Reyhanın sap içeriklerinde de değerler benzer sırayı takip etmiş olup bu defa en yüksek verilerin elde edildiği K uygulaması ile

Fe uygulamaları çok yakın değerler sağlayarak istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır. Bu iki uygulama ilk istatistiksel grubu oluştururken K+Fe uygulaması ile ikinci, kontrol grubu ile elde edilen verilerle ise üçüncü ve son istatistiksel grup ortaya çıkmıştır.

Bitkilerin sap ve yaprak içerikleri karşılaştırıldığında, her iki çeşitte de K içerikleri genel olarak sapta, yaprak kısımlarına göre daha yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Bitki kısımlarına göre K' un sapta fazla olması K' un bitkide hareketli bir element olması yanında, yaprak uygulamaları ile yaprakların yeterli miktarda beslenmesi durumunda, fazlasının diğer organlara taşınarak birikme eğiliminde olmasından kaynakladığını göstermektedir. Özellikle saplarda birikimi, K elementinin ozmotik düzenlemede kritik rol oynaması ve aynı zamanda iletim demetlerinin bu organlar üzerinde yer alması gibi nedenlerle de ilişkilendirilebilir. Kacar ve Katkat (2007), Acker (1932)'e atıfta bulunarak sapta bulunan sklerenkima hücreleri ile hücre duvarlarının kalınlıklarının artan K uygulamalarından olumlu şekilde etkilendiğini bildirmişlerdir. Özetle K'un sap dokularındaki bu işlevi, söz konusu elementin bu organlarda birikme eğiliminde olduğunu açıklamaktadır.

Yapraktan verilen K uygulaması ile fesleğen ve reyhan bitkilerinde K içeriklerinin artması beklenen bir durumdur. Bunun yanı sıra Fe uygulamaları ile kontrole göre K içeriklerinde artış gözlenmesi, Fe elementinin K taşınımında doğrudan rol oynayan taşıyıcı proteinlerin aktivitesini dolaylı olarak artırması ile açıklanabilir. Bu etki, enerji metabolizmasının iyileştirilmesi (ATP sentezi), iyon farkının oluşturulması ve taşıyıcı proteinlerin enzimatik aktivitesinin desteklenmesi yoluyla gerçekleşir. Ayrıca, yapraktan uygulanan Fe ile K içeriklerinde görülen artış, Fe elementinin bitkilerin fotosentetik aktivitesini artırması sonucu, metabolik faaliyetlerin hızlanmasına bağlı olarak K konsantrasyonunun artmasına neden olduğu şeklinde açıklanabilir.

Anaç vd. (2007), bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin yağ kalitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında K'lu gübreleme ile yaprakların K içeriklerinin %2.39-3.12 oranında artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Yağmur (2009) ise anasonda artan K dozları uyguladığı çalışmasında en yüksek verimi elde

ettiği K uygulaması ile yaprakların K içeriklerinde de artış tespit ettiğini raporlamışlardır.

4.7 Toprak Üstü Organları Kalsiyum İçerikleri Sonuçları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin ortalama yaprak Ca içerikleri incelendiğinde; fesleğen verilerinin %0,85 ile 1,13 arasında değişirken, reyhan verilerinin ise %0,84 ile 1,06 arasında dağılım göstermiştir. Ortalama sap Ca içerikleri ise fesleğende %0,65 ile 0,81 arasında belirlenirken reyhanda %0,53 ile 0,94 arasında değişkenlik göstermiştir (Tablo 4.7.).

Tablo 4.7. Toprak üstü organları kalsiyum içerikleri sonuçları

	Yaprak Ca (%) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)		Sap Ca (%) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	1,13	1,06	0,65	0,94
K	1,01	0,86	0,76	0,63
Fe	1,12	0,91	0,70	0,70
K+Fe	0,85	0,84	0,81	0,53
Ortalama	1,030	0,915	0,725	0,697
	Yaprak		Sap	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz
p=0.05, Duncan Testi	-	-	-	-

Farklı araştırmacıların gerçekleştirdiği diğer çalışmalar gözden geçirildiğinde; Dzida (2011), Ca içeriklerini %2,23-2,49 olarak belirlerken Suh et al. (1999) %2,65-4,51 arasında raporlamıştır. Çiçekli (2014) ise söz konusu değerlerin %1,66 ile 2,42 arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmiştir. Çalışmamızda belirlenen Ca yaprak içeriklerinin hem reyhan hem de fesleğende diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında daha düşük seviyelerde seyrettiği gözlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, fesleğen ve reyhan bitkilerinde Ca içeriklerinde ortaya çıkan farklılıklar hem yaprak hem de sapta, çeşit ve uygulamalar bakımından istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Uygulamaların Ca içerikleri üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde; fesleğenin kontrol parselinde ortaya çıkan sap içeriği dışında, her iki çeşitte de Ca içerikleri kontrol parsellerinde en yüksek veriyi sağlamıştır. En düşük veriler ise yine fesleğenin sap içerikleri dışında K+Fe uygulamalarında belirlenmiştir. Ancak tüm bu farklılıklar sayısal olarak elde edilmiş olsa da istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Genel olarak Fe, K ve K+Fe uygulamaları ile elde edilen Ca içerikleri kontrole göre daha düşük seviyelerde izlenmiş, özellikle K' un dahil olduğu uygulamalar ile ortaya çıkan azalma daha belirgin hale gelmiştir. Ortamda fazla miktarda K bulunması durumunda bitki daha az Ca ve Mg almaktadır (Kacar ve Katkat, 2006). Böylece K' un yapraktan uygulanması ile Ca içeriklerinin azalması, uygulamaya bağlı olarak bitki bünyesinde artan K konsantrasyonu ile ortaya çıkabilecek iyonik dengesizlikler ile bitkideki katyon dengesinin korunması eğiliminin bir sonucu olabilir (Marschner, 2012).

Ortaya çıkan bu etki hem K'un hem de Fe'in Ca ile arasındaki antagonistik ilişkiyi bir kere daha ortaya koyarak bu elementlerin doğru oranlarda ve kontrollü bir şekilde uygulanmasının önemini vurgulamaktadır. Benzer sonuçlar bazı araştırmacılar tarafından da gözlenmiştir. Tıbbi ve aromatik bir bitki olan anasonda, farklı K dozlarının verim ve besin elementi içerikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, artan K uygulamaları ile bitki yapraklarının Ca ve Mg içeriklerinde azalma gerçekleştiği bildirilmiştir (Yağmur, 2009).

4.8 Toprak Üstü Organları Magnezyum İçerikleri Sonuçları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin ortalama yaprak Mg içerikleri Tablo 4.8'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, fesleğenin %0,29 ile 0,33 arasında değiştiği gözlenirken reyhanın ise %0,32 ile 0,44 arasında değişkenlik göstermiştir. Ortalama sap Mg içerikleri ise fesleğende %0,11 ile 0,17 arasında belirlenirken reyhanda %0,15 ile 0,23 arasında elde edilmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Toprak üstü organları magnezyum içerikleri sonuçları

	Yaprak Mg (%) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)		Sap Mg (%) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	0,33	0,44	0,11	0,23
K	0,31	0,37	0,14	0,16
Fe	0,32	0,36	0,13	0,22
K+Fe	0,29	0,32	0,17	0,15
Ortalama	0,31	0,37	0,137	0,187
	Yaprak		Sap	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz
p=0.05, Duncan Testi	-	-	-	-

Farklı araştırmacıların yürüttükleri diğer çalışmalar gözden geçirildiğinde; Dzida (2011), Mg içeriklerini %0,36-0,56 olarak elde ederken, Suh et al. (1999), %0,33-0,86 arasında raporlamıştır. Çiçekli (2014) ise söz konusu değerlerin %0,32 ile 0,39 arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda belirlenen Mg yaprak içerikleri önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığında hem reyhan hem de fesleğen verilerinin diğer çalışmalarla uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, fesleğen ve reyhan bitkilerinin Mg içeriklerinde ortaya çıkan farklılıklar her iki bitkide de çeşit ve uygulamalar bakımından önemsiz bulunmuştur.

Uygulamaların Mg içerikleri üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde; fesleğenin kontrol uygulaması ile elde edilen sap Mg içerikleri dışında, her iki çeşitte de Mg içerikleri kontrol parselinde diğer uygulamalara göre daha yüksek bulunmuştur. Ancak söz konusu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Genel olarak K ve K+Fe uygulamaları ile elde edilen Mg içerik verilerinin daha düşük seviyelerde izlenmesi Mg ile K arasındaki negatif etkiyi kısmen doğrular niteliktedir.

Yağmur (2009) anasonda artan K uygulamaları ile bitki yapraklarının Ca ve Mg içeriklerinde azalma gerçekleştiğini bildirilmiştir. Kacar ve Katkat (2006) fazla miktarda K'un bitkinin Ca ve Mg alımını olumsuz yönde etkilediğini vurgulamışlardır (Kacar ve Katkat, 2006). Yine bitki bünyesindeki katyon dengesinin korunması yönündeki eğilim nedeniyle artan K konsantrasyonlarına bağlı olarak Ca ve Mg alımının olumsuz etkilendiği bilinmektedir (Marschner, 1995).

4.9 Toprak Üstü Organları Demir İçerikleri Sonuçları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin ortalama yaprak Fe içerikleri incelendiğinde; fesleğenin 104,24 ile 190,42 mg kg⁻¹ arasında değiştiği gözlenirken, reyhanın 125,18 ile 415,10 mg kg⁻¹ arasında belirlenmiştir. Ortalama sap Fe içerikleri ise fesleğende 21,28 ile 33,23 mg kg⁻¹ arasında elde edilirken reyhanda bu değerler 16,70 ile 41,29 mg kg⁻¹ arasında belirlenmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Toprak üstü organları demir içerikleri sonuçları

	Yaprak Fe (mg kg ⁻¹) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)		Sap Fe (mg kg ⁻¹) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	145,03 b	185,72 b	21,28 c	26,62 b
K	104,24 c	125,18 c	27,15 b	16,70 c
Fe	180,32 a	402,07 a	33,23 a	41,29 a
K+Fe	190,42 a	415,10 a	30,30 a	36,81 a
Ortalama	155,00 A	282,01 B	27,98 A	30,35 B
	Yaprak		Sap	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli
p=0.05, Duncan Testi	0.00	0.01	0.02	0.01

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Farklı araştırmacıların yürüttükleri diğer çalışmalar gözden geçirildiğinde; Dzida (2011), fesleğen Fe içeriklerini 92,2-143,2 mg kg⁻¹ olarak kaydederken Golcz et al. (2002) 438,9 mg kg⁻¹ olarak açıklamıştır. Çiçekli (2014) ise söz konusu

değerlerin 53,59-123,44 mg kg⁻¹ arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmiştir. Önceki çalışmalara ait veriler yaprak temel alınarak verilen sonuçlardır. Bu bağlamda çalışma verilerinin önceki çalışmalara benzer verileri sağladığı görülmüştür.

Çalışmada, her iki çeşitte de Fe içerik değerleri sap kısımlarına oranla yaprakta daha yüksek seviyelerde tespit edilmiştir. Fe' in yapraklarda saplara göre daha fazla bulunması klorofil sentezi ve enzim aktivasyonu gibi yapraklardaki yoğun metabolik faaliyetler üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak görev alması gibi nedenlerle açıklanabilir. Benzer şekilde Kacar ve Katkat (2007)'a göre Fe' in büyük bir kısmının yapraklarda olduğunu, bununla beraber Terry and Abadia (1986) da yapraklardaki Fe' in yaklaşık %80'inin kloroplastlarda yer aldığını belirtmişlerdir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak ve sap verileri arasındaki farklılıkların çeşit ve uygulamalar bakımından ($p=0.00$; $p=0.02$; $p=0.01$) önemli olduğu belirlenmiştir.

Yapılan istatistik analiz verileri, tüm uygulamalar altında hem sap hem de yaprakta diğer tüm parametrelerde gözlenenden farklı olarak reyhan Fe içeriklerinin genellikle fesleğen verilerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Çeşitler arasında ortaya çıkan bu fark istatistiki anlamda da önemli bulunmuştur. Reyhanın yapraklarında Fe içeriklerinin fesleğene göre fazla olması; çeşitler arasındaki farktan kaynaklandığı, buna bağlı olarak reyhan yapraklarında, fesleğen yapraklarından farklı olarak çok yüksek oranda bulunan antosiyaninden (Phippen and Simon, 1998) meydana geldiği temeline dayanmaktadır. Geçmişten günümüze yapılan kimi çalışmalarda (Prinsi et al., 2020; Jayasinghe et al., 2003) mor fesleğenin yapraklarında bulunan ve suda çözünen bir pigment olan antosiyaninlerin Fe' in şelatlanmasına olanak sağlayan bir fenolik bileşen oldukları bildirilmiştir.

Uygulamaların Fe içerikleri üzerine etkileri ve istatistiksel grup dağılımları incelendiğinde ise her iki çeşidin sap ve yapraklarında en yüksek değerler, Fe ve K+Fe'in birlikte uygulandığı parsellerde tespit edilmiş olup her iki uygulama da istatistiksel olarak ilk grupta yer almıştır. En düşük veriler ise genellikle K

uygulamaları ile elde edilmiş olup son istatistiki grubu oluşturmaktadır. Kontrol uygulamaları da diğer bir istatistiksel grubu temsil etmektedir. Bu seyir, fesleğenin Fe sap içeriklerinde farklılık göstererek en düşük veri kontrol grubunda elde edilmiş, ardında K uygulamaları sırayı izlemiştir.

Çalışmada; sadece K uygulaması ile ortaya çıkan etkinin, Fe ve K'un birlikte uygulandığı parsellerde ortadan kalktığı gözlenmiştir. Her iki elementin birlikte uygulanması ile Fe içeriklerinin en yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür.

Çiçekli (2014) organik ve konvensiyonel üretim sistemlerinde yürüttüğü çalışmasında, papatya herbasının Fe içeriği ile K arasında negatif ilişki saptamıştır. Aghamirzaei et al. (2024) ise fesleğende yapraktan mikro element (Fe, Cu, Zn, Mn için %0,1'lik sülfat formları ve B elementi için de borikasit formülasyonu) uygulaması yaptığı çalışmasında, en yüksek Fe içeriklerinin Fe uygulamalarından elde edildiğini bildirmişlerdir.

Elfeky et al. (2013), tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenen ve üç tekerrürden oluşan parsellere, her parselde 18 bitki olacak şekilde yaklaşık 15 cm boyundaki fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) fidelerini 30 cm aralıklarla aktarmışlardır. Çiçeklenme dönemine kadar yetiştirilen fesleğen bitkisine topraktan ve yapraktan artan dozlarda (1, 2 ve 3 mg L⁻¹) Fe₃O₄ nano gübresi uygulanmıştır. Yapraktan ve topraktan uygulanan nano gübrenin fesleğen bitkisinin verim ve aktif uçucu yağ bileşenleri üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak fesleğen bitkilerine uygulanan Fe₃O₄ nanoparçacıklarının Fe içeriklerini önemli ölçüde arttırdığı ve yaprak spray uygulamalarının toprak uygulamalarından daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

4.10 Toprak Üstü Organları Bakır İçerikleri Sonuçları

Tablo 4.10'da reyhan ve fesleğen bitkilerinin ortalama yaprak Cu içerikleri verilmiş olup fesleğen içeriklerinin 15,74 ile 22,71 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, reyhanın ise 12,18 ile 17,03 mg kg⁻¹ arasında değiştiği kaydedilmiştir. Ortalama sap Cu içerikleri ise fesleğende 22,52 ile 35,04 mg kg⁻¹ arasında belirlenirken reyhanda 11,96 ile 16,68 mg kg⁻¹ arasında değişkenlik göstermiştir.

Tablo 4.10. Toprak üstü organları bakır içerikleri sonuçları

	Yaprak Cu (mg kg⁻¹) Konsantrasyonları		Sap Cu (mg kg⁻¹) Konsantrasyonları	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	21,42 a	15,33 b	35,04 a	13,72 b
K	15,74 b	17,03 a	22,52 b	13,59 b
Fe	22,71 a	12,18 c	22,61 b	16,68 a
K+Fe	17,98 b	15,01 b	25,56 b	11,96 b
Ortalama	19,46 A	14,88 B	26,43 A	13,98 B
	Yaprak		Sap	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli
p=0.05, Duncan Testi	0.04	0.04	0.00	0.04

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Farklı araştırmacıların yürüttükleri çalışmalar gözden geçirildiğinde; Dzida (2011), Cu içeriklerini 9,45-14,0 mg kg⁻¹ arasında; Golcz et al., (2002), 15,6 mg kg⁻¹; Divirkli vd., (2006) 20,1 mg kg⁻¹; Ghanjaoui vd. (2011) 8,00- 40,8 mg kg⁻¹ olarak; Çiçekli, (2014) ise söz konusu değerlerin 10,33-14,17 mg kg⁻¹ arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında çoğunlukla Cu konsantrasyonlarını bitkinin yaprak kısımlarını analiz ederek belirlemişlerdir. Buna göre değerlendirildiğinde çalışmamıza ait Cu yaprak konsantrasyonunun önceki çalışmalarla benzer olduğu görülmüştür.

Cu sap konsantrasyonu ise fesleğen bitkisinde yaprak konsantrasyonlarına göre daha yüksek seviyelerde bulunurken, reyhan bitkisinde bu durum yaprak Cu konsantrasyonları ile hemen hemen aynı seviyelerde gözlemlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak ve sapta, dönem bakımından aralarındaki farklılığın önemsiz olduğu bulunurken çeşit ve uygulamalar bakımından aralarındaki farklılığın (p=0.04 p=0.00; p=0.04 p=0.04) önemli olduğu belirlenmiştir.

Yapılan istatistik analiz sonucunda çeşitler arasındaki fark incelendiğinde tüm uygulamalar altında fesleğenin yaprak ve sap Cu konsantrasyonları genellikle reyhan verilerine göre daha yüksek olduğu gözlenmiş olup çeşitler arasındaki fark istatistiki anlamda da önemli bulunmuştur. Ancak uygulamalar arasında tutarlılık göstermeyen düzensiz farklılıklar gözlenmiştir. Bu durumun, sera içerisinde uygulanan Cu içerikli ilaçlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, ilgili parametre açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilse de bu farklılıkların bilimsel olarak anlamlı bir şekilde yorumlanması mümkün olmamıştır.

4.11 Toprak Üstü Organları Çinko İçerikleri Sonuçları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin ortalama yaprak Zn içerikleri incelendiğinde; fesleğenin 60,12 ile 71,01 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterirken reyhanın ise 53,29 ile 69,61 mg kg⁻¹ arasında değiştiği gözlenmiştir. Ortalama sap Zn içerikleri ise fesleğende 73,27 ile 76,83 mg kg⁻¹ arasında belirlenirken reyhanda bu değerler 64,37 ile 92,87 mg kg⁻¹ arasında değişkenlik göstermiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Toprak üstü organları çinko içerikleri sonuçları

	Yaprak Zn(mg kg ⁻¹) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)		Sap Zn (mg kg ⁻¹) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	70,20 a	68,05 a	75,14 a	92,87 a
K	71,01 a	69,61 a	76,83 a	86,40 b
Fe	67,28 b	58,73 b	76,06 a	79,16 c
K+Fe	60,12 c	53,29 c	73,27 b	64,37 d
Ortalama	67,15	62,41	75,32 A	80,69 B
	Yaprak		Sap	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemsiz	Önemli	Önemli	Önemli
p=0.05, Duncan Testi	-	0.03	0.03	0.03

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Farklı araştırmacıların yürüttükleri çalışma verileri gözden geçirildiğinde; Dzida (2011), Zn içeriklerini 55,70-69,50 mg kg⁻¹ arasında açıklarken Golcz et al. (2002), 80,0 mg kg⁻¹; Divirkli vd. (2006) 11,2 mg kg⁻¹ olarak raporlamışlardır. Ghanjaoui vd. (2011) Zn içeriklerini 16,2-70,0 mg kg⁻¹ arasında tespit etmiş olup Çiçekli (2014) ise söz konusu değerlerin 47,23-76,92 mg kg⁻¹ arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında çoğunlukla Zn konsantrasyonlarını bitkinin yaprak kısımlarını analiz ederek belirlemişlerdir. Buna göre değerlendirildiğinde çalışmaya ait Zn yaprak konsantrasyonunun genel olarak önceki çalışmalarla uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, yaprak Zn içerikleri arasındaki farklılıkların fesleğen ve reyhan bitkilerinde sadece uygulamalar bakımından istatistiksel anlamda önemli olduğu belirlenirken (p=0.03) sap Zn içerikleri arasındaki farklılıklar ise çeşit ve uygulamalar açısından önemli bulunmuştur (p=0.03 p=0.03).

Uygulamaların Zn içerikleri üzerine etkileri incelendiğinde ise en yüksek yaprak Zn içerikleri her iki çeşitte de K uygulaması ile gözlenmiştir. Bu uygulamayı kontrol uygulaması takip etmiş olup her iki uygulama istatistiksel olarak ilk grupta yer almıştır. Ardından sırasıyla Fe ve K+Fe uygulamaları takip ederek her bir uygulama ile ikinci ve üçüncü istatistiksel gruplar ortaya çıkmıştır. Benzer bir tablo fesleğen bitkisinin sap Zn içeriklerinde de gözlense de kontrol, K ve Fe uygulamaları ile oluşan farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamış, böylece uygulamalar aynı grup içerisinde yer almıştır. K+Fe uygulaması ile en düşük veri elde edilerek ikinci istatistiki grup ortaya çıkmıştır. Reyhan bitkisi sap Zn içeriklerinde ise en yüksek değer kontrol uygulamasında görülerek ilk istatistiksel grubu oluşturmuş olup bu uygulamayı sırasıyla K, Fe ve K+Fe uygulamaları takip etmiş ve her bir uygulama farklı birer istatistiksel grubu meydana getirmiştir.

Genel tabloda K uygulamasının, reyhan sap içerikleri dışında her iki çeşidin yaprak Zn içeriklerini ve aynı şekilde fesleğenin sap Zn içeriğini artırdığı gözlenmiştir. Ancak K uygulaması ile kontrole göre ortaya çıkan bu farklar istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Söz konusu Zn içeriklerinin genel anlamda Fe uygulamaları ile azaldığı, fesleğen sap Zn içeriklerinin dışında bu azalmanın istatistiksel olarak da önemli bulunduğu görülmektedir. Araştırma sonuçları; Fe ve Zn iyonları arasında bilinen antagonistik etki ile Fe uygulamalarının Zn besin elementinin alım ve taşınma yollarında sınırlayıcı etki yarattığını göstermektedir. Fe' in yapraktan uygulanması kök bölgesinde Zn ile doğrudan rekabet oluşturmaya da kökten Zn alımını ve bitki içindeki taşınımını dolaylı olarak etkilediğini düşündürmektedir. Bu etki, Fe ve Zn' nun benzer taşınma mekanizmalarını paylaşıyor olmasına dayanmaktadır. Yapraktan Fe alımının artması, bitkinin Zn alım kapasitesini ve taşınmasını baskılayabilir. Bu durum, Fe' in Zn ile taşıyıcı proteinler (ZIP veya IRT gibi) üzerinde rekabetçi bir etki göstermesi ile açıklanabilir (Kobayashi, 2019).

Demir ve K'un birlikte uygulanması ile en düşük Zn içerikleri elde edilmiştir. Çalışma verileri; Fe ve K'un beraber uygulanmasının Zn alımında ve taşınımında sınırlayıcı etkiler yarattığını göstermektedir. Genel anlamda K' un tek başına Zn içeriklerini artırdığı gözlenirken, Fe' in eş zamanlı uygulanmasının yukarıda sözü edilen sınırlayıcı etkiler nedeniyle bu olumlu etkiyi tersine çevirdiğini göstermektedir.

Benzer sonuçlar farklı araştırmacıların yürüttükleri bazı çalışmalarda da gözlenmiştir. Aghamirzaei et al. (2024) fesleğen bitkisinde yapraktan mikro element (Fe, Cu, Zn, Mn için %0,1'lik sülfat formları ve B elementi için de borik asit formülasyonu) uygulaması yaptığı çalışmada, Fe uygulaması ile Zn içeriklerinde kontrole göre bir azalma gözlenmiş olup bu azalış, kontrol parseli ile istatistiksel anlamada farklı bulunmamıştır.

Araştırmalar, Fe' in Mn, Cu, Ca, Mg, K ve Zn besin elementleri ile olumsuz bir ilişki sergilediğini ortaya koymaktadır. (Kacar, 2012; Hewitt, 1963; Fageria, 2002 Gadd and Griffiths, 1978; Kabata-Pendias and Pendias, 1979; Mortvedt, 1978; Roques et al., 1980). Öte yandan Çiçekli (2014) organik ve konvesiyonel olarak papatya üretimi yaptığı çalışmada herbanın Fe elementi içeriği ile Zn ve Mn elementleri arasında negatif bir ilişki saptarken K ile Zn arasında ise olumlu yönde bir etkileşimin varlığını bildirmiştir.

4.12 Toprak Üstü Organları Mangan İçerikleri Sonuçları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin ortalama yaprak Mn içerikleri incelendiğinde; fesleğenin 56,24 ile 73,86 mg kg⁻¹ arasında değiştiği gözlenirken reyhanın ise 33,02 ile 69,17 mg kg⁻¹ arasında elde edilmiştir. Ortalama sap Mn içerikleri ise fesleğende 21,11 ile 26,41 mg kg⁻¹ arasında belirlenirken reyhanda 19,85 ile 36,42 mg kg⁻¹ arasında değişkenlik göstermiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Toprak üstü organları mangan içerikleri sonuçları

	Yaprak Mn (mg kg ⁻¹) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)		Sap Mn (mg kg ⁻¹) Konsantrasyonları (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	68,67 b	69,17 a	24,31 a	36,42 a
K	73,86 a	65,32 a	26,41 a	33,89 a
Fe	56,24 c	37,80 b	24,56 a	27,07 b
K+Fe	57,81 c	33,02 b	21,11 b	19,85 c
Ortalama a	64,14 A	54,32 B	24,09 A	29,30 B
	Yaprak		Sap	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli
p=0.05, Duncan Testi	0.02	0.02	0.04	0.02

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Farklı araştırmacıların yürüttükleri çalışmalar gözden geçirildiğinde; Dzida, (2011), Mn içeriklerini 336,5-579,0 mg kg⁻¹ arasında; Golcz et al. (2002), 175,7 mg kg⁻¹; Divirkli vd. (2006) 30,1 mg kg⁻¹; Ghanjaoui vd., (2011) 98-387 mg kg⁻¹ arasında; Çiçekli, (2014) ise söz konusu değerlerin 48,35-68,61 mg kg⁻¹ arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında çoğunlukla Mn konsantrasyonlarını bitkinin yaprak kısımlarını analiz ederek belirlemişlerdir. Buna göre değerlendirildiğinde çalışmaya ait Mn yaprak konsantrasyonu verileri Çiçekli (2014) ve Divirkli vd. (2006) tarafından yürütülen çalışmalar ile uyumlu bulunurken diğer araştırmacıların verilerine göre daha düşük seviyelerde olduğu gözlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, Mn sap ve yaprak konsantrasyonunun fesleğen ve reyhanda ortaya çıkan farklılıkların, çeşit ve uygulamalar bakımından ise ($p=0.02$ $p=0.02$; $p=0.04$ $p=0.02$) önemli olduğu belirlenmiştir.

Uygulamaların Mn içerikleri üzerine etkileri incelendiğinde; fesleğen bitkisinin sap ve yapraklarında en yüksek Mn konsantrasyonu K uygulaması altında gözlenmiştir. Yaprak Mn verilerinde bu uygulama ilk istatistiksel grubu oluştururken kontrol parseli ikinci grubu, ardından sırasıyla Fe ve K+Fe uygulamaları ise birlikte son istatistiksel grubu oluşturmuşlardır. Sap Mn verilerinde ise K uygulamasıyla en yüksek veriler elde edilmiş olup kontrol ve Fe uygulamalarıyla aynı grupta yer almıştır. Bu üç uygulama ilk istatistiksel grubu oluşturmuştur. K+Fe uygulaması ile en düşük veriler elde edilerek söz konusu uygulama verileri istatistiksel olarak farklı bir grupta yer almıştır.

Reyhan bitkisinde ise en yüksek yaprak ve sap Mn değerleri kontrol parsellerinde görülmüştür. Bunu K uygulaması takip ederek her iki uygulama aynı istatistiksel grupta yer almış ve ilk grubu oluşturmuşlardır. Ardından Fe ve K+Fe uygulamaları sırayı izlemiş olup yaprak içeriklerinde bu uygulamalar aynı istatistiksel grupta yer almış, sap içeriklerinde ise her bir uygulama farklı birer istatistiki grubu meydana getirmiştir.

Çalışma verilerinde genel olarak yüksek Mn içerikleri kontrol parselleri ve K uygulamalarından elde edilmiştir. Potasyum uygulaması fesleğen yaprak ve sapında Mn içeriğini artırmış, reyhanda ise kontrol parselleri ile yakın bir sonuç göstermiştir. Fe ve K+Fe uygulamaları ise her iki çeşidin de Mn içeriğini azaltmıştır. Bu sonuç, Fe uygulamalarının, Mn' ın bitki bünyesinde taşınımını ve birikimini oldukça sınırladığını göstermektedir. K uygulaması ile Mn içeriklerinde artış gözlenirken, Fe ile birlikte uygulandığında bu etkinin azaldığı ve en düşük verilerin bu iki elementin eşzamanlı uygulaması ile elde edildiği görülmektedir. Mn içerikleri ile ilgili bu bulguların, uygulamaların Zn içerikleri üzerine etkilerine benzer şekilde olduğu gözlenmektedir. Fe' in mikro elementlerle olan antagonistik ilişkisinin ortaya çıkardığı etkiler, Mn verileri üzerinde de izlenmiştir. Potasyumun Mn içeriklerini destekleyici etkisine rağmen Fe ile birlikte uygulanması ile Mn içerikleri üzerinde baskılayıcı etkileri gözlemlenmesi söz konusu bulgunun Zn

içeriklerinde ortaya çıkan etkiler ile benzer olduğu ve aynı nedenlere dayandığı söylenebilir.

Benzer sonuçlar farklı araştırmacıların yürüttükleri bazı çalışmalarda da gözlenmiştir. Aghamirzaei et al. (2024) fesleğen bitkisinde yapraktan mikro element (Fe, Cu, Zn, Mn için %0,1'lik sülfat formları ve B elementi için de borikasit formülasyonu) uygulaması yaptığı çalışmasında, Fe uygulaması ile Mn içeriklerinde kontrole göre bir azalma gözlenmiş olup bu azalış, kontrol parseli ile istatistiksel anlamada farklı bulunmamıştır

Çiçekli (2014) organik ve konveksiyonel üretim sistemlerinde papatya bitkisi ile yürüttüğü çalışmada Fe ile Mn besin elementleri arasında negatif bir ilişki olduğunu raporlamışlardır. Kimi araştırmacılar, Fe'nin Mn, Cu, Ca, Mg, K ve Zn gibi besin elementleriyle negatif bir ilişki içerisinde olduğunu bildirmişlerdir. (Kacar, 2012; Hewitt, 1963; Fageria, 2002 Gadd and Griffiths, 1978; Kabata-Pendias and Pendias, 1979; Mortvedt, 1978; Roques et al., 1980).

4.13 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Azot Miktarları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin toprak üstü organları ile kaldırdığı ortalama N miktarları Tablo 4.13'te verilmiştir. Veriler incelendiğinde; yaprak ile kaldırılan N miktarlarının fesleğen bitkisinde ortalama 1,74 ile 4,30 g N/ viyol arasında elde edilirken reyhan bitkisinde ise ortalama 0,64 ile 0,99 g/ viyol arasında değiştiği gözlenmiştir. Sap ile kaldırılan N miktarı, fesleğen bitkisinde ortalama 0,55 ile 0,99 g N/ viyol arasında değişirken reyhan bitkisinde ortalama 0,34 ile 0,51 g N/ viyol arasında belirlenmiştir. Toplam herba ile kaldırılan N miktarları ise fesleğende ortalama 2,28 ile 5,20 g N/ viyol arasında belirlenirken reyhanda ise söz konusu miktarlar ortalama 0,99 ile 1,49 g N/ viyol arasında değişkenlik göstermiştir. Hem yaprak hem de toplam herba ile kaldırılan N miktarları bakımından en yüksek ortalamalar her iki çeşitte de K+Fe uygulamasında gözlenirken, sap ile kaldırılan N miktarlarında ise en yüksek veriler K uygulaması ile gözlenmiştir. En düşük veriler ise hem sap hem yaprak hem de toplam herba ile kaldırılan miktarlarda kontrol uygulaması ile elde edilmiştir.

Tablo 4.13. Toprak üstü organları ile kaldırılan azot sonuçları

	Yaprak ile kaldırılan miktar (g N/viyol) (iki dönem ortalaması)		Sap ile kaldırılan miktar (g N/viyol) (iki dönem ortalaması)		Herba ile kaldırılan miktar (Toplam) (g N/viyol) (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	1,74 d	0,64 c	0,55 c	0,34 c	2,28 d	0,99 c
K	2,99 b	0,97 a	0,99 a	0,51 a	3,97 b	1,47 a
Fe	2,15 c	0,86 b	0,74 b	0,42 b	2,88 c	1,28 b
K+Fe	4,30 a	0,99 a	0,91 a	0,50 a	5,20 a	1,49 a
Ortalama	2,79 A	0,86 B	0,79 A	0,44 B	3,58 A	1,31 B
	Yaprak		Sap		Herba	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli
p=0.05, Duncan Testi	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Söz konusu kaldırılan miktarlar viyol başına 14 bitkinin verimi ile hesaplanmıştır. Viyol ölçülerinden yola çıkılarak 1 metrekare alanda herba ile kaldırılan N miktarları hesaplandığında fesleğendeki miktarlar; 14,26 g/m² ile 32,51 g/m² arasında belirlenirken, reyhanda 6,19 g/m² ile 9,31 g/m² arasında değiştiği saptanmıştır.

Önceki çalışmalar incelendiğinde; Halva and Puukka (1987), fesleğen bitkisinin optimum düzeyde beslenmesi için gerekli olan N miktarının azotun üst gübrelemesi de dahil olmak üzere 12 kg da⁻¹ olması gerektiğini vurgulamıştır. Almanya’da yapılan benzer bir çalışmada bu miktarın 10,4 kg da⁻¹ olmasının uygun olduğu ve gübrelemenin iki ayrı kısımda verilmesinin daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Weichman, 1948). Macaristan’da yapılan bir diğer araştırmada ise elde edilen taze ve kuru herba verimleri sırasıyla 4000 kg da⁻¹ ve 730 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Bu verimler ile dekardan kaldırılan N miktarı 12 kg da⁻¹ olarak kaydedilmiştir (Wahab and Hornok, 1982). Dhar (2002) tarafından Hindistan’da fesleğenin N yönünden beslenmesi için 10 kg N kg da⁻¹ önerilmiştir. Rao et al. (2007), fesleğen bitkisinde farklı dozlarda N ve K uyguladıkları çalışmada en yüksek verimi 963 kg da⁻¹ olarak elde etmiş olup söz konusu verimi 10 kg da⁻¹ N verilen parselden sağladıklarını belirtmektedirler. Söz konusu verim ile kaldırılan

N miktarı 8,60 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Uygulama yapılmayan kontrol parselinde ise 437 kg da⁻¹ verim ile kaldırılan N miktarının 2,07 kg da⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir. Sharafzadeh and Alizadeh (2011), tarafından yapılan bir derlemede fesleğenin besin temini ve gübrelenmesi konusuna odaklanılmış olup N için 10,4 ile 20 kg da⁻¹ arasında geniş bir gübreleme aralığı rapor edilmiştir. Temel gübreleme miktarına bağlı olarak geniş bir N-üst gübreleme aralığını da 3,5-8 kg da⁻¹ olarak bildirilmişlerdir. Söz konusu derlemede, Amerika’da bazı bölgelerde önerilen N miktarının 23-30 kg da⁻¹ aralığında olduğuna değinilmiştir. Çiçekli (2014) ise organik ve konvansiyonel üretim sistemlerinde yetiştirdiği fesleğen bitkisi için her iki üretim siteminde de 100 kg kuru herba elde edilebilmesi için verilmesi gereken N miktarının 2 kg N da⁻¹ olarak önermiştir.

Önceki çalışmalarda fesleğen ile kaldırılan N miktarlarının yetiştirme ortamı, uygulanan kültürel işlemler gibi pek çok faktöre bağlı olduğu düşünülerek çok geniş bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Çalışma verileri önceki çalışmalardaki bitkilerin verim miktarları da göz önünde bulundurularak incelendiğinde, fesleğen verileri kimi çalışmalar ile uyumlu bulunurken kimi çalışmalara göre de yüksek miktarlarda seyretmiştir. Bu durum çalışmamızın diğer çalışmalardan farklı olarak stres koşullarının en aza indirildiği, kontrollü su kültürü sera yetiştiriciliği koşullarında olması sebebiyle bitkilerin söz konusu besin elementinden en yüksek seviyede yararlandığı görüşü ile açıklanabilir.

Varyans analiz sonuçlarına göre fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak, sap ve herba ile kaldırılan N miktarları arasında ortaya çıkan farklar, çeşit ve uygulamalar bakımından önemli bulunmuştur ($p=0.00$; $p=0.01$).

Çeşitler arasında istatistiksel anlamda önemli bulunan yaprak, sap ve herba ile kaldırılan N miktarları, fesleğende reyhana göre oransal olarak daha yüksek seviyelerde belirlenmiştir. Çeşitler arasında ortaya çıkan kaldırılan N miktarlarındaki farklılıkların, söz konusu bitkilerin verim potansiyellerindeki değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ortaya çıkan istatistiksel grupların dağılımları incelendiğinde ise; fesleğen bitkisinde yaprak ve herba ile kaldırılan N miktarları açısından, K+Fe

uygulamasının en yüksek miktarı sağladığı ve istatistiki olarak ilk farklı grubu oluşturduğu belirlenmiştir. Ardından K uygulamasının ikinci farklı grubu, Fe uygulamasının üçüncü farklı grubu oluşturduğu gözlenmiştir. En düşük verinin elde edildiği kontrol grubu ise son istatistiki grubu oluşturmuştur.

Reyhan bitkisinde de uygulamaların yaprakla ve herba ile kaldırılan N miktarlarına etkisi aynı seyirde gözlenirken, bu defa K+Fe uygulaması ile K uygulamaları istatistiki olarak aynı grupta yer almış ve birinci grubu oluşturmuştur. Fe ve kontrol uygulamaları ile sırasıyla diğer istatistiksel gruplar meydana gelmiştir.

Sap ile kaldırılan N miktarları incelendiğinde ise; sap ile kaldırılan miktarların her iki çeşitte de de yaprak ile kaldırılan N miktarlarına göre daha az olduğu gözlenmektedir. Bununla birlikte sapla kaldırılan N miktarları en yüksek K uygulaması ile elde edilmiş olup K+Fe uygulaması ile de aynı istatistiksel grupta yer alarak birinci grubu oluşturmuşlardır. Ardından Fe uygulaması ikinci istatistiksel grupta yer alırken kontrol grubu da üçüncü ve son istatistiksel grubu oluşturmuştur. Elde edilen çalışma verileri K uygulamaları ile N' un saplarda daha yüksek miktarlarda bulunduğunu göstermektedir. Bu durum K besin elementinin N' un saplara taşınması üzerine etkili olduğuna dikkati çekmektedir. Potasyum ksilem iletim demetlerinde miktar olarak diğer inorganik iyonlara göre daha yüksek seviyelerde bulunmaktadır. Bu durum floem iletim demetlerinde de benzer şekildedir. Böylece ksilem ve floem iletim demetlerinde aşağı ve yukarı doğru taşınabilen K elementi, aynı zamanda NO_3^- iyonunun köklerden sürgünlere iletilmesinde taşıyıcı iyon rolünü üstlenmektedir. Sonraki aşamada ise NO_3^- 'ın indirgemesi ile aminoasitler ve organik anyonlar gibi asimilatların bitkinin diğer kısımlarına taşınımında da görev aldığı bilinmektedir (Okur vd., 2021). Potasyumun bitkilerdeki söz konusu işlevi, çalışmada K uygulamaları ile N' un saplarda ortaya çıkan artışını açıklamaktadır.

Uygulanan K, Fe ve K+Fe' in genel olarak N alımını pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Özellikle fesleğende Fe ve K' un birlikte uygulandığı parsellerde, uygulamanın daha da etkili olduğu gözlenmiş ve bitkinin kaldırdığı N miktarı en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu durum reyhandada da benzer yönde değişim göstermiş

olup K+Fe uygulaması aynı zamanda K uygulamaları ile yakın değerler sağlayarak her iki uygulamanın istatistiksel olarak aynı grupta yer alması ile gözlenmiştir. Bu iki elementin N metabolizması üzerine sinerjistik etkileri, bitkinin toplam N içeriğini artırırken, N' un bitki biyokütlesi üzerine etki ederek verimi yükseltmesine olanak sağlamıştır. Böylece uygulamalar ile bitkilerin kaldırdığı N miktarlarındaki artış, söz konusu etkiler ile açıklamaktadır.

Çalışmada bitkilerin N içeriklerinin ve verime bağlı olarak kaldırılan N miktarlarının, benzer yönde değişim gösterdiği görülmektedir. Bu nedenle elde edilen bulgular, yapraktan uygulamaların bitki N içeriği üzerindeki etkilerini açıklayan benzer mekanizmalarla ve artan verim miktarları ile ilişkilendirilmektedir. Çalışmada kullanılan söz konusu bitki besin elementlerinin yapraktan uygulanması ile özellikle hızlı gelişen, yüksek metabolik aktiviteye sahip bu tür tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştirme ortamından daha fazla N kaldırdığı görülmektedir.

4.14 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Fosfor Miktarları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin toprak üstü organları ile kaldırdığı ortalama P miktarları incelendiğinde; yaprak ile kaldırılan P miktarları fesleğen bitkisinde ortalama 0,196 ile 0,504 g P/ viyol arasında elde edilirken reyhan miktarlarının ise ortalama 0,096 ile 0,139 g/ viyol arasında değiştiği belirlenmiştir. Sap ile kaldırılan P miktarı ise fesleğen bitkisinde ortalama 0,105 ile 0,173 g P/ viyol arasında gözlenirken reyhanda ortalama değerler 0,062 ile 0,083 g P/ viyol arasında bulunmuştur. Toplam herba ile kaldırılan P miktarları bakımından fesleğende ortalama veriler 0,301 ile 0,668 g P/ viyol arasında izlenirken reyhanda ise ortalama 0,158 ile 0,222 g P/ viyol arasında değişkenlik göstermiştir. Hem yaprak hem de toplam herba ile kaldırılan P miktarlarında en yüksek ortalamalar fesleğende K+Fe uygulamasında gözlenirken, reyhanda sadece K uygulanan parsellerden elde edilmiştir. Sap ile kaldırılan P miktarlarında ise en yüksek veriler her iki çeşitte de K uygulaması ile gözlenmiştir. En düşük veriler ise hem sap hem yaprak ile hem de toplam herba ile kaldırılan miktarlarda kontrol uygulaması ile elde edilmiştir (Tablo 4.14.).

Tablo 4.14. Toprak üstü organları ile kaldırılan fosfor sonuçları

	Yaprak ile kaldırılan miktar (g P/viyol) (iki dönem ortalaması)		Sap ile kaldırılan miktar (g P/viyol) (iki dönem ortalaması)		Herba ile kaldırılan miktar (Toplam) (g P/viyol) (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	0,196	0,096	0,105	0,062	0,301	0,158
K	0,350	0,139	0,173	0,083	0,523	0,222
Fe	0,249	0,111	0,139	0,082	0,388	0,193
K+Fe	0,504	0,134	0,164	0,073	0,668	0,207
Ortalama	0,324 A	0,12 B	0,145 A	0,075 B	0,469 A	0,195 B
	Yaprak		Sap		Herba	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemsiz	Önemli	Önemsiz	Önemli	Önemsiz
p=0.05, Duncan Testi	0.00	-	0.00	-	0.00	-

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Söz konusu kaldırılan miktarlar viyol başına 14 bitkinin verimi ile hesaplanmıştır. Viyol ölçülerinden yola çıkılarak 1 metrekare alanda herba ile kaldırılan P miktarları hesaplandığında fesleğendeki miktarlar; 1,88 g/m² ile 4,18 g/m² arasında belirlenirken, reyhanda 0,99 g/m² ile 1,39 g/m² arasında değiştiği belirlenmiştir.

Önceki çalışmalar incelendiğinde; Halva ve Puukka (1987), fesleğen bitkisinin optimum düzeyde beslenmesi için gerekli olan P miktarını 1,6 kg da⁻¹ olması gerektiğini vurgulamıştır. Weichman (1948) bu değeri 1,2 kg da⁻¹ olarak kaydederken, Wahab and Hornok (1982) tarafından Macaristan’da yürütülen araştırmada ise kaldırılan P miktarı 10 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Rao et al. (2007), fesleğen bitkisinde farklı dozlarda N ve K uyguladıkları çalışmada 963 kg da⁻¹ verim ile kaldırılan P₂O₅ miktarını 1,8 kg da⁻¹ olarak kaydetmişlerdir. Söz konusu çalışmada hiç uygulama yapılmayan kontrol parselinde ise bu miktar 437 kg da⁻¹ verimle 0,86 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Çiçekli (2014), hem organik ve hem de konvansiyonel üretim sistemlerinde yetiştirdiği fesleğen bitkisi için 100 kg da⁻¹ herba elde edebilmek için verilmesi gereken P miktarını 1,5 kg da⁻¹ P₂O₅ olarak önermiştir. Çalışma verileri uygulama ve verim farkı da dikkate alınarak

değerlendirildiğinde, önceki çalışmalar ile uyumlu veya yakın sonuçlar içerisinde olduğu gözlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak, sap ve herba verilerinde ortaya çıkan farklılıklar uygulamalar bakımından önemsiz bulunurken, çeşitler arasındaki farklılıkların ise istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p=0.00$). Çeşitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunan bu farklılık, fesleğen ve reyhanın verim farkına da bağlı olarak fesleğende reyhana göre olarak daha yüksek bulunmuştur.

Uygulamaların etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmasa da tüm uygulamalar ile bitkilerin kaldırdığı P miktarı kontrole göre artmış olup, en yüksek verilerin reyhanda K, fesleğende ise K+Fe uygulamalarının yapıldığı parsellerde görülmesi, Fe ve K' un P alımını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Bu durumun aynı zamanda verimle ilişkili olduğu ve söz konusu uygulamaların, verimdeki artışa paralel olarak kaldırılan P miktarının da artışına neden olduğu gözlenmiştir.

4.15 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Potasyum Miktarları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin toprak üstü organları ile kaldırdığı ortalama K miktarları Tablo 4.15'te de görüldüğü üzere, yaprak ile kaldırılan K miktarları fesleğen bitkisinde ortalama 0,880 ile 2,260 g K/ viyol arasında değişirken, reyhan bitkisinde ise ortalama 0,180 ile 0,465 g/ viyol arasında belirlenmiştir. Sap ile kaldırılan K miktarı fesleğen bitkisinde ortalama 0,530 ile 1,673 g K/viyol arasında izlenirken, reyhan bitkisinde ise ortalama 0,320 ile 0,507 g K/ viyol arasında dağılım göstermiştir. Toplam herba ile kaldırılan K miktarları fesleğende ortalama 1,409 ile 3,593 g K/ viyol arasında belirlenirken, reyhanda ise ortalama 0,500 ile 0,972 g K/viyol arasında değişkenlik göstermiştir. Fesleğenin yaprak ile kaldırdığı K miktarlarının dışında, her iki çeşitte de en yüksek sap, yaprak ve herba ortalama verileri K uygulaması ile elde edilirken, fesleğenin yaprak ile kaldırdığı K miktarlarında en yüksek değer K+Fe uygulamasından elde edilmiştir. Yaprak, sap ve toplam herba ile kaldırılan en düşük K miktarları ise her iki çeşitte de kontrol viyollerinde kaydedilmiştir.

Tablo 4.15. Toprak üstü organları ile kaldırılan potasyum sonuçları

	Yaprak ile kaldırılan miktar (g K/viyol) (iki dönem ortalaması)		Sap ile kaldırılan miktar (g K/viyol) (iki dönem ortalaması)		Herba ile kaldırılan miktar (Toplam) (g K/viyol) (iki dönem ortalaması)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	0,880 b	0,180 c	0,530 c	0,320 b	1,409 c	0,500 c
K	1,920 a	0,465 a	1,673 a	0,507 a	3,593 a	0,972 a
Fe	1,190 b	0,350 b	0,941 b	0,421 a	2,130 b	0,772 b
K+Fe	2,260 a	0,435 a	1,067 b	0,460 a	3,330 a	0,894 a
Ortalama	1,538 A	0,354 B	1,052 A	0,425 B	2,591 A	0,779 B
	Yaprak		Sap		Herba	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli
p=0.05 Duncan Testi	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Söz konusu kaldırılan miktarlar viyol başına 14 bitkinin verimi ile hesaplanmıştır. Viyol ölçülerinden yola çıkılarak 1 metrekare alanda herba ile kaldırılan K miktarları hesaplandığında fesleğendeki miktarlar; 8,80 g/m² ile 22,45 g/m² arasında belirlenirken, reyhanda 3,13 g/m² ile 6,01 g/m² arasında değişmiştir.

Önceki çalışmalar incelendiğinde; Halva and Puukka (1987), fesleğen bitkisinin optimum düzeyde beslenmesi için gerekli olan K miktarını 6,8 kg da⁻¹ olması gerektiğini vurgulamıştır. Weichman (1948) bu değeri 7,3 kg da⁻¹ olarak kaydederken, Wahab and Hornok (1982) tarafından Macaristan’da yürütülen araştırmada ise kaldırılan K miktarı 10 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Rao et al. (2007), fesleğen bitkisinde farklı dozlarda N ve K uyguladıkları çalışmada 963 kg da⁻¹ verim ile kaldırılan K₂O miktarını 8,29 kg da⁻¹ olarak kaydetmişlerdir. Çiçekli (2014), organik ve konvansiyonel üretim sistemlerinde yetiştirdiği fesleğen bitkisi için 100 kg kuru herba için verilmesi gereken K miktarını 4 kg da⁻¹ K₂O olarak önermiştir.

Önceki çalışmalar değerlendirildiğinde, fesleğen ile kaldırılan K miktarlarının 4 ile 10 kg da⁻¹ arasında değiştiği dikkati çekmektedir. Çalışma verileri; uygulama yöntemleri, analiz edilen bitki kısımları, çeşit ve verim

farklılıkları da dikkate alınarak değerlendirildiğinde, önceki çalışmalarla reyhan verilerinin uyumlu fesleğen verilerinin ise kısmen üzerinde olduğu görülmüştür.

Varyans analiz sonuçlarına göre fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak, sap ve herba ile kaldırılan K miktarları arasındaki farklar çeşit ve uygulamalar bakımından önemli bulunmuştur ($p=0.00$; $p=0.02$). Fesleğen ile kaldırılan K miktarlarının reyhan ile kaldırılan miktarlardan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Yapılan uygulamalar her iki çeşit üzerinde benzer yönde etki gösterse de çeşitler arasında görülen kaldırılan K miktarlarındaki farklılıklar, genetik farklılıklarından dolayı ortaya çıkan verim farkına dayanarak istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Çalışma verilerinin uygulamalar ile ortaya çıkan istatistiksel dağılımları incelendiğinde fesleğende yaprak ile kaldırılan K miktarları en yüksek K+Fe uygulaması ile elde edilmiş olup bu değeri K uygulaması izlemiş ve her iki uygulama sonuçları istatistiksel olarak ilk grubu oluşturmuştur. Ardından bu sırayı Fe ve kontrol uygulamaları takip etmiş olup birlikte diğer bir istatistiksel grupta yer almışlardır. Yaprak ile kaldırılan miktarlardan farklı olarak, sap ve herba ile kaldırılan miktarlarda, en yüksek veriler K uygulaması ile elde edilmiştir. Sap verilerinde bu durum istatistiksel olarak ilk grubu oluşturmuştur. Ardından sırasıyla K+Fe uygulaması ve Fe uygulaması izlemiş ve her iki uygulama aynı grupta yer almıştır. Kontrol ile en düşük veriler kaydedilerek son istatistiki grup ortaya çıkmıştır. Herba ile kaldırılan K miktarlarında ise en yüksek veriler K uygulaması ile elde edilmiştir. K+Fe uygulamasıyla birlikte her iki uygulama ile çok yakın değerler elde edilmiş olup aynı istatistiksel grup içerisinde yer almışlardır. Diğer uygulamalar sap ile kaldırılan miktarlarda olduğu gibi benzer sırayı izlemiş ve her bir uygulama ile farklı istatistiksel gruplar ortaya çıkmıştır.

Uygulamalar altında reyhan verilerinin istatistiksel dağılımları incelendiğinde ise yaprak ve herba ile kaldırılan K miktarları en fazla K uygulaması ile elde edilmiş olup bu değeri K+Fe uygulaması izlemiş ve her iki uygulama sonuçları birbirine çok yakın veriler sağlayarak ilk farklı istatistiksel grubu oluşturmuştur. Ardından bu sırayı Fe ve kontrol uygulamaları takip ederek yaprak ile kaldırılan miktarlar üç ayrı istatistiksel grup altında dağılım göstermiştir.

Bitkilerin sap kısmı ile kaldırılan K miktarlarında ise uygulamaların etkisi ile ortaya çıkan veriler benzer sırayı takip etse de yapraktan gübre uygulamaları arasında istatistiksel olarak bir fark görülmemiş olup aynı grupta yer almışlardır. Kontrol uygulaması ile en düşük veri elde edilerek diğer istatistiksel grubu oluşturmuştur.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa; K' un dahil olduğu uygulamalar ile genel olarak reyhan ve fesleğen tarafından kaldırılan K miktarlarının arttığı gözlenmiştir. Fesleğenin kaldırdığı K miktarlarının reyhana göre daha yüksek olduğu gözlenmiş olup bu fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Fesleğende ortaya çıkan durum, çalışmanın yaş herba verimlerinde de görüldüğü gibi fesleğenin reyhana oranla daha fazla biyokütleyle sahip olması, bitkinin daha fazla su ve suda çözünmüş besin elementlerinin yetiştirme ortamından kaldırdığı anlamına gelmektedir. Dolayısıyla fesleğenin K uygulamalarına karşı daha duyarlı tepki vermesi olasıdır. Böylece bitki, K kaynaklarını genç yapraklar ve büyüme noktaları gibi vejetatif gelişmenin daha yoğun olduğu bölgelerde kullanırken, yapraktan sağlanan K desteği ile saplarda da birikimi artırdığı söylenebilir. Bu durum bitki hücrelerinde osmotik potansiyeli düzenlemesi, turgor basıncını koruması, destek dokularda lignin birikimini teşvik etmesi ve fotosentez ürünlerinin taşınımını gibi bitkideki temel işlevleri yerine getirmek amacıyla yapraklardan uygulanan K'un hızla taşınarak saplarda birikmesine neden olduğunu göstermektedir.

Fesleğen ve reyhanın su kültüründe yapraktan gübreleme ile daha yüksek K konsantrasyonuna sahip olmasının, K' un doğrudan alınımı, metabolik süreçlere hızlı entegrasyonu, kök sistemi üzerindeki yükün azalması ve besin kayıplarının minimize edilmesi gibi nedenler ile açıklanabilir.

4.16 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Kalsiyum Miktarları

Tablo 4.16'da reyhan ve fesleğen bitkilerinin toprak üstü organları ile kaldırdığı ortalama Ca miktarları verilmiştir. Yaprak ile kaldırılan Ca miktarları fesleğen bitkisinde ortalama 0,340 ile 0,604 g Ca/ viyol arasında değişirken, reyhan bitkisinde ortalama 0,154 ile 0,170 g/ viyol arasında belirlenmiştir. Sap ile

kaldırılan Ca miktarı fesleğen bitkisinde ortalama 0,125 ile 0,242 g Ca /viyol arasında değişkenlik gösterirken reyhan bitkisinde ise bu değerler ortalama 0,084 ile 0,120 g Ca / viyol arasında belirlenmiştir. Toplam herba ile kaldırılan Ca miktarları fesleğende ortalama 0,464 ile 0,819 g Ca/ viyol arasında dağılım gösterirken reyhanda ise bu değerler ortalama 0,250 ile 0,285 g Ca/viyol arasında saptanmıştır.

Fesleğende yaprak ve herba ile kaldırılan Ca miktarları en yüksek K+Fe uygulaması ile elde edilirken sap ile kaldırılan miktarlar sadece K' un uygulandığı parsellerden elde edilmiştir. En düşük veriler ise hiçbir uygulamanın yapılmadığı kontrol parsellerinde izlenmiştir. Reyhan bitkisinde ise en yüksek veriler sap ve herba ile kaldırılan miktarlarda kontrol uygulamasında gözlenirken yaprak ile kaldırılan miktarlarda K uygulaması ile belirlenmiştir. En düşük veriler yaprak ve herba ile kaldırılan miktarlarda Fe uygulaması ile elde edilirken sap ile kaldırılan Ca miktarlarında ise K+Fe uygulaması ile tespit edilmiştir.

Tablo 4.16. Toprak üstü organları ile kaldırılan kalsiyum sonuçları

	Yaprak ile kaldırılan miktar (g Ca/viyol)		Sap ile kaldırılan miktar (g Ca /viyol)		Herba ile kaldırılan miktar (Toplam) (g Ca /viyol)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	0,340	0,165	0,125	0,120	0,464	0,285
K	0,519	0,170	0,242	0,102	0,761	0,272
Fe	0,406	0,154	0,159	0,097	0,564	0,250
K+Fe	0,604	0,167	0,215	0,084	0,819	0,253
Ortalama	0,467 A	0,163 B	0,185 A	0,101 B	0,652 A	0,265 B
	Yaprak		Sap		Herba	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemsiz	Önemli	Önemsiz	Önemli	Önemsiz
p=0.05, Duncan Testi	0.00	-	0.00	-	0.00	-

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Söz konusu kaldırılan miktarlar viyol başına 14 bitkinin verimi ile hesaplanmıştır. Viyol ölçülerinden yola çıkılarak 1 metrekare alanda herba ile kaldırılan Ca miktarları hesaplandığında fesleğendeki miktarlar; 2,90 g/m² ile 5,12

g/m² arasında belirlenirken, reyhanda 1,56 g/m² ile 1,78 g/m² arasında değiştiği saptanmıştır.

Çiçekli (2014), organik ve konvansiyonel üretim sistemlerinde yetiştirdiği fesleğen bitkisi için her iki üretim siteminde de kaldırılan CaO miktarının 2,29 ile 3,12 kg da⁻¹ arasında değiştiğini raporlamıştır. Bu değerlerden kaldırılan Ca miktarlarının 1,64 ile 2,23 kg da⁻¹ arasında değiştiği hesaplanmıştır. Çalışmada elde edilen veriler referans çalışmaya göre fesleğende daha yüksek bulunurken reyhan verilerinin daha uyumlu olduğu görölmüştür.

Varyans analiz sonuçlarına göre fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak, sap ve herba ile kaldırılan miktarlarda uygulamalar ile ortaya çıkan farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, çeşitler arasındaki fark anlamlı bulunmuştur (p=0.00). Kaldırılan Ca miktarları fesleğende reyhana göre daha yüksek bulunmuştur. Çalışma herba verilerine göre fesleğenin yaş herba verimlerinin reyhandan daha yüksek olduğu göz önüne alındığında, bu durum bitkinin daha fazla biyokütleyle ulaşmasıyla birlikte besin elementlerine olan gereksiniminin de artığını göstermektedir. Söz konusu olgu bitkinin bünyesine aldığı besin elementlerinin miktarını belirleyen temel bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Toplam herba ile kaldırılan miktarlar gübre uygulamaları altında incelendiğinde, fesleğen bitkilerinde yapraktan uygulanan K+Fe ve K uygulamalarının Ca alımını artırdığı gözlenmiştir. Elde edilen farklılıklar, K ve Fe' in Ca ile arasında pozitif bir ilişkinin varlığını düşündürse de bu artış, bitkilerin söz konusu uygulamalarla artan biyokütlelerine oranla değerlendirilmelidir.

Reyhan verileri ise gübre uygulamaları altında incelendiğinde, varyans analiz sonuçlarında da belirtildiği gibi uygulamalar yönünden anlamlı bulunmadıkları için, birbirine yakın çıkan çalışma sonuçlarındaki değişimin sayısal anlamda da irdelenmesi güç olmaktadır.

4.17 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Magnezyum Miktarları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin toprak üstü organları ile kaldırdığı ortalama Mg miktarları incelendiğinde, yaprak ile kaldırılan Mg miktarları fesleğen bitkisinde ortalama 0,099 ile 0,205 g Mg / viyol arasında değişirken reyhan bitkisinde ise ortalama 0,060 ile 0,075 g/ viyol arasında belirlenmiştir. Sap ile kaldırılan Mg miktarı fesleğen bitkisinde ortalama 0,020 ile 0,046 g Mg /viyol arasında gözlenirken, reyhan bitkisinde ise ortalama 0,023 ile 0,030 g Mg / viyol arasında değişkenlik göstermiştir. Toplam herba ile kaldırılan Mg miktarları ise fesleğende ortalama 0,121 ile 0,250 g Mg/ viyol arasında izlenirken söz konusu veriler reyhanda ortalama 0,087 ile 0,100 g Mg/viyol arasında dağılım göstermiştir (Tablo 4.17.).

Tablo 4.17. Toprak üstü organları ile kaldırılan magnezyum sonuçları

	Yaprak ile kaldırılan miktar (g Mg/viyol)		Sap ile kaldırılan miktar (g Mg/viyol)		Herba ile kaldırılan miktar (Toplam) (g Mg/viyol)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	0,099	0,068	0,020	0,030	0,121	0,097
K	0,159	0,075	0,046	0,026	0,205	0,100
Fe	0,114	0,060	0,029	0,030	0,143	0,090
K+Fe	0,205	0,064	0,045	0,023	0,250	0,087
Ortalama	0,144 A	0,665 B	0,035 A	0,027 B	0,180 A	0,093 B
	Yaprak		Sap		Herba	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemsiz	Önemli	Önemsiz	Önemli	Önemsiz
p=0.05, Duncan Testi	0.00	-	0.00	-	0.00	-

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Söz konusu kaldırılan miktarlar viyol başına 14 bitkinin verimi ile hesaplanmıştır. Viyol ölçülerinden yola çıkılarak 1 metrekare alanda herba ile kaldırılan Mg miktarları hesaplandığında fesleğendeki miktarlar; 0,756 g/m² ile 1,563 g/m² arasında belirlenirken, reyhanda 0,543 g/m² ile 0,625 g/m² arasında değiştiği saptanmıştır.

Çiçekli (2014), organik ve konvansiyonel üretim sistemlerinde yetiştirdiği fesleğen bitkisi için her iki üretim siteminde de 100 kg herba ile kaldırılan MgO miktarının 1,25 ile 1,42 kg arasında değiştiğini raporlamıştır. Bu değerlerden kaldırılan Mg miktarlarının 0,75 ile 0,86 kg da⁻¹ arasında değiştiği hesaplanmıştır. Çalışmada elde edilen verilerin fesleğen bitkisinde daha yüksek, reyhanda ise düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Fesleğen için verilerin daha yüksek seviyelerde bulunması uygulanan kültürel yöntemleri ve yetiştirme koşullarının farklılığından kaynaklanmış olduğunu düşündürmektedir. Reyhan verilerinin düşük seyretmesi ise çalışmada kullanılan çeşidin genetik yapısının farklılığından kaynaklı veriminin de fesleğene göre daha düşük olması ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak, sap ve herba ile kaldırılan miktarlarda ortaya çıkan farklılıklar, uygulamalar bakımından istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, çeşitler arasındaki farklar ise önemli bulunmuştur ($p=0.00$). Fesleğen ile kaldırılan Mg miktarlarının reyhan ile kaldırılan miktarlardan genellikle daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Elde edilen veriler çeşitler yönünden incelendiğinde fesleğenin reyhana göre daha yüksek yaş herba verimine sahip olması, ürün miktarı ile besin maddesi ihtiyacı arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Yapılan gübreleme uygulamaları sonucunda, fesleğen bitkisinde Mg alımının arttığı görülmektedir. Ancak bu artışın artan biyokütleyle bağlı olduğu ve azalan bir eğilimle gerçekleştiği, uygulamalar ile bitki dokularındaki Mg konsantrasyonlarında görülen azalmaya dayanarak açıklanmaktadır.

Reyhan verileri ise gübre uygulamaları altında incelendiğinde, istatistiki olarak anlamlı bulunmayan birbirine yakın çıkan çalışma sonuçlarındaki değişimin sayısal sayısal olarak da yorumlanması mümkün olmamıştır.

4.18 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Demir Miktarları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin toprak üstü organları ile kaldırdığı ortalama Fe miktarları Tablo 4.18.'de incelendiğinde; yaprak ile kaldırılan Fe ortalama verileri fesleğen bitkisinde 4,34 ile 13,56 mg Fe/ viyol arasında elde edilirken

reyhan bitkisinde ise ortalama 2,50 ile 8,26 mg/ viyol arasında belirlenmiştir. Sap ile kaldırılan Fe ortalama verileri fesleğen bitkisinde 0,42 ile 0,86 mg Fe /viyol arasında izlenirken reyhan bitkisinde bu değerlerin ortalama 0,27 ile 0,59 mg Fe / viyol arasında değiştiği gözlenmiştir. Toplam herba ile kaldırılan Fe miktarları ise fesleğende ortalama 4,76 ile 14,36 mg Fe/ viyol arasında değişirken reyhanda bitkisinde ortalama 2,79 ile 9,10 mg Fe/viyol arasında değişkenlik göstermiştir. Hem fesleğen hem de reyhan bitkisinde, sap, yaprak ve herba ile kaldırılan Fe miktarlarında en yüksek ortalamalar K+Fe uygulaması ile elde edilirken en düşük veriler ise fesleğende hiçbir uygulamanın yapılmadığı kontrol parsellerinde, reyhanda ise K uygulamalarının yapıldığı parsellerde gözlenmiştir.

Tablo 4.18. Toprak üstü organları ile kaldırılan demir sonuçları

	Yaprak ile kaldırılan miktar (mg Fe/viyol)		Sap ile kaldırılan miktar (mg Fe/viyol)		Herba ile kaldırılan miktar (Toplam) (mg Fe/viyol)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	4,34 b	2,88 c	0,42 b	0,34 b	4,76 c	3,32 c
K	5,33 b	2,50 c	0,80 a	0,27 b	6,19 b	2,79 c
Fe	6,49 b	6,79 b	0,76 a	0,57 a	7,25 b	7,33 b
K+Fe	13,56 a	8,26 a	0,86 a	0,58 a	14,36 a	9,10 a
Ortalama	7,42 A	5,11 B	0,71 A	0,44 B	8,14 A	5,63 B
	Yaprak		Sap		Herba	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli
p=0.05, Duncan Testi	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Söz konusu kaldırılan miktarlar viyol başına 14 bitkinin verimi ile hesaplanmıştır. Bu veriler ile yola çıkılarak 100 kg kuru herba ile kaldırılan Fe miktarları hesaplandığında fesleğendeki miktarlar; 10,34 g ile 19,40 g arasında belirlenmiştir.

Çiçekli (2014), organik ve konvansiyonel üretim sistemlerinde yetiştirdiği fesleğen bitkisi için her iki üretim siteminde de 100 kg herba ile kaldırılan Fe miktarının 6,60 ile 8,83 g arasında değiştiğini raporlamıştır. Çalışmaya ait verilerinin daha yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Bu durum uygulanan kültürel önlemlerin ve yetiştirme ortamlarının farklılığının yanı sıra yapraktan

uygulanan Fe gübrelemesi ile bitkinin Fe elementinden daha fazla yararlandığı şeklinde açıklanabilir.

Varyans analiz sonuçlarına göre fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak, sap ve herba ile kaldırılan Fe miktarları arasındaki farklar çeşit ve uygulamalar bakımından önemli bulunmuştur ($p=0.00$; $p=0.01$). Fesleğen ile kaldırılan miktarlar reyhan ile kaldırılan miktarlardan kısmen daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum Fe içerik verilerinden farklı olarak Fe konsantrasyonları bakımından reyhan verilerinin fesleğen verilerine göre daha yüksek seviyelerde elde edilmiş olduğu gözlenirse de reyhanın kaldırdığı Fe miktarlarının fesleğen bitkisine göre daha düşük seviyelerde gözlenmiştir. Reyhan ile elde edilen ürün miktarının çeşit farklılığından kaynaklanarak daha düşük miktarlarda elde edilmesi, Fe konsantrasyonu ile bitkinin kaldırdığı miktarlar arasında verilerin farklı yönde elde edilmesine neden olmuştur.

Yapılan istatistik analiz sonucunda fesleğen bitkisinde yaprakla ve herba ile kaldırılan Fe miktarlarının K+Fe uygulamasında en yüksek değere ulaştığı ve istatistiki olarak ilk farklı grubu oluşturduğu belirlenmiştir. Yaprakla kaldırılan Fe miktarlarında veriler sırasıyla Fe, K ve kontrol uygulamasını takip etmiş olup aralarındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve her üç uygulama aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Herba ile kaldırılan fesleğen miktarlarında ise Fe ve K uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alarak ikinci grubu oluştururken kontrol uygulaması üçüncü ve son grubu oluşturmuştur. Sap ile kaldırılan Fe miktarlarında ise K+Fe uygulaması ile en yüksek veri elde edilse de istatistiksel anlamda K+Fe, K ve Fe uygulamaları aynı grupta yer almış ve ilk istatistiksel grubu oluşturmuşlardır. Kontrol uygulaması ile en düşük veri elde edilerek diğer istatistiksel grup meydana gelmiştir.

Reyhan bitkisinde de uygulamaların yaprakla ve herba ile kaldırılan Fe miktarlarına etkisi K+Fe ile en yüksek seviyeye ulaşırken istatistiksel olarak da ilk anlamlı grubu oluşturmuştur. Ardından Fe uygulaması ile ikinci, kontrol ve K uygulaması ile de üçüncü ve son istatistiksel gruplar ortaya çıkmıştır. Sap ile kaldırılan miktarlarda ise yine en yüksek veri K+Fe uygulamasından elde edilmiş olup Fe uygulaması verileri ile aynı istatistiksel grupta yer almışlardır. En düşük

veriler K uygulaması ile elde edilirken kontrol uygulaması ile birlikte ikinci ve son istatistiksel grubu oluşturmuşlardır.

Demir ile kaldırılan miktarlar, çalışmanın Fe içerik verileri ve verim değerleri ile tutarlı bir şekilde elde edilmiştir. Bitkilerin uygulamalar ile ortaya çıkan biyokütleleri ile paralel olarak kaldırdıkları Fe miktarlarının da benzer bir değişim gösterdiği gözlemlenmiştir. Elde edilen bu tablo, uygulamaların Fe içeriği üzerindeki etkilerini açıklayan mekanizmalarla benzer şekilde ele alınabilir.

4.19 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Bakır Miktarları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin toprak üstü organları ile kaldırdığı ortalama Cu miktarları incelendiğinde; yaprak ile kaldırılan Cu miktarları fesleğen bitkisinde ortalama 0,64 ile 1,29g Cu / viyol arasında belirlenirken reyhan bitkisinde ise ortalama 0,21 ile 0,34g/ viyol arasında değiştiği gözlenmiştir. Sap ile kaldırılan Cu miktarı fesleğen bitkisinde ortalama 0,52 ile 0,71 g Cu /viyol arasında izlenirken reyhan bitkisinde ise ortalama 0,18 ile 0,23 g Cu / viyol arasında elde edilmiştir. Toplam herba ile kaldırılan Cu miktarları fesleğende ortalama 1,33 ile 1,96 g Cu / viyol arasında değişirken reyhanda ise ortalama 0,41 ile 0,56 g Cu /viyol arasında kaydedilmiştir (Tablo 4.19.).

Tablo 4.19. Toprak üstü organları ile kaldırılan bakır sonuçları.

	Yaprak ile kaldırılan miktar (mg Cu/viyol)		Sap ile kaldırılan miktar (mg Cu/viyol)		Herba ile kaldırılan miktar (Toplam) (mg Cu/viyol)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	0,64	0,24	0,69	0,18	1,33	0,41
K	0,81	0,34	0,71	0,22	1,52	0,56
Fe	0,82	0,21	0,52	0,23	1,33	0,44
K+Fe	1,29	0,30	0,68	0,19	1,96	0,49
Ortalama	0,89 A	0,27 B	0,65 A	0,20 B	1,53 A	0,47 B
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemsiz	Önemli	Önemsiz	Önemli	Önemsiz
p=0.05, Duncan Testi	0.00	-	0.00	-	0.00	-

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Söz konusu kaldırılan miktarlar viyol başına 14 bitkinin verimi ile hesaplanmıştır. Bu veriler ile yola çıkılarak 100 kg kuru herba ile kaldırılan Cu miktarları hesaplandığında fesleğendeki miktarlar; 2,06 g ile 2,86 g arasında belirlenmiştir.

Çiçekli (2014), organik ve konvansiyonel üretim sistemlerinde yetiştirdiği fesleğen bitkisi için her iki üretim siteminde de 100 kg herba ile kaldırılan Cu miktarının 1,15 ile 1,24 g arasında değiştiğini raporlamıştır. Çalışmaya ait verilerin daha yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak, sap ve herba ile kaldırılan Cu miktarları arasındaki farklar uygulamalar bakımından anlamlı bulunmazken, çeşit bakımından ise önemli olduğu belirlenmiştir ($p=0.00$). Fesleğen ile kaldırılan miktarlar reyhan ile kaldırılan miktarlara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

4.20 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Çinko Miktarları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin toprak üstü organlarıyla kaldırdığı ortalama Zn miktarları incelendiğinde, yapraklarla kaldırılan Zn miktarlarının fesleğen bitkisinde ortalama 2,105 ile 4,280 mg Zn/viyol arasında değiştiği gözlenirken reyhan bitkisinde ise 0,871 ile 1,428 mg Zn/viyol arasında dağılım göstermiştir. Bitkilerin sap kısımları ile kaldırılan Zn miktarları ise fesleğen bitkisinde 1,475 ile 2,430 mg Zn/viyol arasında elde edilirken reyhan bitkisinde ise 1,029 ile 1,403 mg Zn/viyol arasında belirlenmiştir. Toplam herba ile kaldırılan Zn miktarları ise fesleğende ortalama 3,580 ile 6,225 mg Zn/viyol arasında, reyhan ise 1,903 ile 2,832 mg Zn/viyol arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 4.20.).

Tablo 4.20. Toprak üstü organları ile kaldırılan çinko sonuçları

	Yaprak ile kaldırılan miktar (mg Zn/viyol)		Sap ile kaldırılan miktar (mg Zn/viyol)		Herba ile kaldırılan miktar (Toplam) (mg Zn/viyol)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	2,105 c	1,057 b	1,475 c	1,181 b	3,580 c	2,238 b
K	3,620 b	1,428 a	2,430 a	1,403 a	6,050 a	2,832 a
Fe	2,425 c	0,871 c	1,725 b	1,088 b	4,150 b	1,960 c
K+Fe	4,280 a	0,874 c	1,950 b	1,029 b	6,225 a	1,903 c
Ortalama	3,11 A	1,01 B	1,89 A	1,17 B	5,00 A	2,23 B
	Yaprak		Sap		Herba	
	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar	Çeşit	Uygulamalar
Varyans	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli
p=0.05, Duncan Testi	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Söz konusu kaldırılan miktarlar viyol başına 14 bitkinin verimi ile hesaplanmıştır. Bu veriler ile yola çıkılarak 100 kg kuru herba ile kaldırılan Zn miktarları hesaplandığında fesleğendeki miktarlar; 7,717 g ile 8,418 g arasında belirlenmiştir.

Çiçekli (2014), organik ve konvansiyonel üretim sistemlerinde yetiştirdiği fesleğen bitkisi için her iki üretim siteminde de 100 kg herba ile kaldırılan Zn miktarının 4,84 ile 5,25 g arasında değiştiğini raporlamıştır. Çalışmaya ait verilerin daha yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Bu durum referans olarak gösterilen çalışmanın tarla koşullarında yürütülürken çalışmamızın serada su kültüründe yetiştirilmesi ve yetiştiricilik sırasında bitkilerin su ve suda çözünen besin elementlerinden daha rahat yararlanması ile açıklanabilmektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak, sap ve herba ile kaldırılan Zn miktarları arasındaki farklar çeşit ve uygulamalar bakımından önemli bulunmuştur ($p=0.00$; $p=0.04$). Fesleğen ile kaldırılan miktarların reyhan ile kaldırılan miktarlardan daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Yapılan istatistik analiz sonucunda fesleğen bitkisinde yaprakla ve herba ile kaldırılan Zn miktarlarının K+Fe uygulamasında en yüksek değere ulaştığı ve

istatistiki olarak ilk farklı grubu oluşturduğu belirlenmiştir. Yaprakla kaldırılan Zn miktarlarında veriler sırasıyla K, Fe ve kontrol uygulamalarından elde edilmiş olup K uygulaması ile ikinci istatistiksel grup ortaya çıkmış, Fe uygulaması ile kontrol verileri aynı grupta yer alarak son istatistiksel grubu oluşturmuştur. Herba ile kaldırılan Zn miktarlarında ise K+Fe uygulaması ile K uygulaması arasında istatistiksel olarak fark bulunmamış olup aynı grubu oluşturmuşlardır. Ardından sırayı Fe ve kontrol uygulaması ile kaldırılan miktarlar takip etmiş ve her bir uygulama ile istatistiki olarak ayrı birer grup meydana gelmiştir. Sap ile kaldırılan Zn miktarı incelendiğinde ise K uygulaması ile en yüksek veri elde edilmiş olup ilk anlamlı istatistiksel grup oluşmuştur. Ardından diğer gübre uygulamaları arasında anlamlı farklılıklar görülmemiş olup Fe ve K+Fe uygulaması aynı grupta yer almıştır. En düşük veriyi sağlayan kontrol uygulaması ise son istatistiki grubu oluşturmuştur.

Reyhan bitkisinde ise uygulamaların sap, yaprak ve herba ile kaldırılan Zn miktarlarına etkisi incelendiğinde, en yüksek veriler her üç grupta da K uygulaması ile elde edilmiş olup birinci istatistiki grubu oluşturmuştur. Ardından yaprak ve herba ile kaldırılan miktarlarda kontrol uygulaması verileri ikinci istatistiki grubu oluştururken sırasıyla Fe ve K+Fe uygulamaları aynı istatistiksel grupta yer alarak son grubu oluşturmuşlardır. Sap ile kaldırılan Zn miktarlarında yine veriler yaprak ve herba ile kaldırılan miktarlardaki gibi aynı sırayı takip etmiş ancak aralarındaki farklılıklar anlamlı bulunmamıştır. Her üç uygulama verileri aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

Sonuçlar Fe ve Zn arasındaki antagonistik etkinin özellikle reyhan bitkisinde daha belirgin şekilde ortaya çıktığını göstermektedir. Ortaya çıkan bu durum, uygulamaların Zn içeriği üzerindeki etkilerini açıklayan mekanizmaların benzer bir perspektiften incelenmesine olanak sağlamaktadır.

4.21 Bitkinin Toprak Üstü Organları ile Kaldırdığı Mangan Miktarları

Reyhan ve fesleğen bitkilerinin toprak üstü organlarıyla kaldırdığı ortalama manganez (Mn) miktarları incelendiğinde, yapraklardan elde edilen Mn miktarlarının fesleğen bitkisinde ortalama 2,970 ile 4,500 mg Mn/viyol arasında,

reyhan bitkisinde ise ortalama 0,637 ile 1,302 mg Mn/viyol arasında değiştiği görülmüştür. Saplar aracılığıyla kaldırılan Mn miktarları ise, fesleğen bitkisinde ortalama 0,475 ile 0,840 mg Mn/viyol arasında, reyhan bitkisinde ise ortalama 0,317 ile 0,551 mg Mn/viyol arasında değişiklik göstermiştir. Toplam herba ile kaldırılan Mn miktarları açısından, fesleğende ortalama 3,520 ile 5,340 mg Mn/viyol arasında, reyhan bitkisinde ise ortalama 0,974 ile 1,854 mg Mn/viyol arasında değişiklik gözlemlenmiştir.

Tablo 4.21. Toprak  st  organları ile kaldırılan mangan sonuçları

	Yaprak ile kaldırılan miktar (mg Mn/viyol)		Sap ile kaldırılan miktar (mg Mn/viyol)		Herba ile kaldırılan miktar (Toplam) (mg Mn/viyol)	
	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan	Fesleğen	Reyhan
Kontrol	3,42 b	1,073 a	0,475 b	0,463 a	3,895 c	1,536 a
K	4,50 a	1,302 a	0,840 a	0,551 a	5,340 a	1,854 a
Fe	2,97 c	0,637 b	0,560 b	0,373 b	3,520 c	1,010 b
K+Fe	3,73 b	0,657 b	0,560 b	0,317 b	4,295 b	0,974 b
Ortalama	3,65 A	0,92 B	0,609 A	0,446 B	4,260 A	1,34 B
	Yaprak		Sap		Herba	
	�eşit	Uygulamalar	�eşit	Uygulamalar	�eşit	Uygulamalar
Varyans	önemli	önemli	önemli	önemli	önemli	önemli
p=0.05, Duncan Testi	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03

* Ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Söz konusu kaldırılan miktarlar viyol başına 14 bitkinin verimi ile hesaplanmıştır. Bu veriler ile yola çıkılarak 100 kg kuru herba ile kaldırılan Mn miktarları hesaplandığında fesleğendeki miktarlar; 5,797 g ile 8,438 g arasında belirlenmiştir.

 i ekli (2014), organik ve konvansiyonel üretim sistemlerinde yetiştirdiği fesleğen bitkisi için her iki üretim siteminde de 100 kg herba ile kaldırılan Mn miktarının 7,33g ile 10,27 g arasında değiştiğini raporlamıştır. Çalışmaya ait verilerin genel olarak yakın ve uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre fesleğen ve reyhan bitkilerinde yaprak, sap ve herba ile kaldırılan Mn miktarları arasındaki farklar çeşit ve uygulamalar bakımından önemli olduğu belirlenmiştir ($p=0.00$; $p=0.03$). Fesleğen ile kaldırılan miktarlar reyhan ile kaldırılan miktarlardan daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Yapılan istatistik analiz sonucunda fesleğen bitkisinde sap, yaprak ve herba ile kaldırılan Mn miktarlarının K uygulamasında en yüksek değere ulaştığı ve istatistiki olarak ilk farklı grubu oluşturduğu belirlenmiştir. Ardından yaprakla ve herba ile kaldırılan miktarlarda veriler sırasıyla K+Fe uygulaması, kontrol uygulaması ve Fe uygulamasından elde edilmiştir. Yaprakla kaldırılan miktarlarda kontrol ve K+ Fe uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alırken Fe uygulaması ile en düşük veriler elde edilmiş ve son istatistiki grup meydana gelmiştir. Herba ile kaldırılan miktarlarda ise veriler aynı seyrinde ilerlerken K+Fe uygulaması ikinci grubu oluşturmuş, kontrol ve Fe uygulaması verileri de aynı grupta yer alarak son istatistiksel grubu oluşturmuşlardır. Bitkinin sap kısımları ile kaldırılan Mn miktarlarında ise yine en yüksek veriler K uygulaması ile elde edilirken ilk anlamlı istatistiki grup ortaya çıkmıştır. Diğer uygulamalar ile elde edilen veriler arasında oluşan farklılıklar anlamlı bulunmamış olup her üç uygulama verileri aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

Reyhan bitkisinde ise uygulamaların sap, yaprak ve herba ile kaldırılan Mn miktarlarına etkisi incelendiğinde en yüksek veriler her üç grupta da K uygulaması ile elde edilmiş olup kontrol uygulaması ile aynı grupta yer alarak birinci istatistiki grubu oluşturmuşlardır. Fe ve K+Fe uygulamaları ile elde edilen veriler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış olup her iki uygulama verileri aynı grupta yer alarak diğer istatistiksel grubu meydana getirmişlerdir. Sonuçlar genel olarak Fe ve Mn arasındaki antagonistik etkiyi doğrular niteliktedir. Ortaya çıkan bu tablo, uygulamaların Mn içerikleri üzerindeki etkilerini açıklayan mekanizmaların benzer bir bakış açısıyla ele alınmasına olanak tanımaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son dönemlerde ülkemizde de popülerleşen topraksız tarım uygulamaları tarımsal üretimin gelişmesine ve verimliliğin artırılmasına yönelik ileri teknikler arasında yer almaktadır. Topraksız tarım genellikle su kültüründe ya da katı toprak dışı bir kültür ortamında gerçekleştirilmekte olup bu sistemler üzerine yapılan araştırmalar, bitki üretiminde verim ve kaliteyi artırmaya yönelik önemli bulgular ortaya koymuştur. Reyhan ve fesleğen üretiminin başta olduğu tıbbi ve aromatik bitkiler de bu sistemlerde başarıyla yetiştirilebilmekte olup, gıda, endüstri ve kozmetik gibi birçok alanda değerlendirilmektedir.

Fesleğen ve reyhan gibi aromatik bitkiler, yüksek metabolik aktiviteye sahip olmalarıyla bitkilerin hızlı büyümelerine, yoğun sekonder metabolit üretmelerine ve dolayısıyla yüksek seviyede enerji ve besin elementi gereksinimlerinin ortaya çıkmasına neden olur. Bu özellikleri, onları hem ekonomik olarak değerli bitkiler haline getirir hem de metabolizmalarının besin elementlerine olan duyarlılığını artırır. Bu nedenle, bu tür bitkilerde gübreleme, ışık ve su yönetimi gibi faktörlerin optimize edilmesi verim ve kalite açısından kritik öneme sahiptir. Hidroponik sistemlerde yetiştirildiğinde ve gerekli durumlarda yapraktan uygulamalarla bu bitkilerin besin elementlerinden hızlı bir şekilde yararlanması ve metabolik süreçlerde etkin bir şekilde kullanımına olanak sağlaması, onların yüksek büyüme hızlarıyla uyumludur.

Bitki gübreleme yöntemleri arasında yer alan yapraktan gübreleme yönteminin su kültürü ortamında yetiştirilmekte olan bitkiler için sorunun çözümünü en hızlı ve ekonomik olarak gideren gübreleme sistemi olduğu görülmektedir. Böylece reyhan ve fesleğen bitkisinin doğrudan yapraktan uygulanan gübreleme işlemi, bitkinin veriminde, kalitesinde ve esansiyel yağlarının kalitesinde çeşitli etkiler oluşturabilmektedir.

Çalışma kapsamında su kültüründe yapraktan uygulanan besin elementlerinin reyhan ve fesleğen bitkilerinin beslenme durumu, verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Tez projemizin oluşturulmasında su kültürü ile fesleğen ve reyhan üretimi yapılan seralarda sorun olarak gözlenen Fe klorozunun hızlı bir

şekilde giderilmesi amacıyla yapraktan Fe besin elementi uygulamasının etkinliği açısından K' un da uygulanması temel argümanlarımızdan biri olmuştur.

Denemelerimizde elde edilen sonuçlar bitkilerin agronomik özellikleri bakımından değerlendirildiğinde, yaş ve kuru herba verimi, uçucu yağ oranı ve bitki boyu parametreleri ele alınmaktadır.

Yapılan uygulamalar yaş ve kuru herba verimleri bakımından irdelendiğinde; fesleğen bitkisinde K+Fe uygulamasının en etkili uygulama olduğu, reyhan bitkisinde ise K ve K+Fe uygulamalarının en yüksek değeri verdiği ve her iki uygulamanın aynı istatistiki grupta yer aldığı görülmektedir.

Bitki boyu verileri değerlendirildiğinde ise en yüksek bitki boyu ortalamaları hem fesleğen hem de reyhanda K+Fe uygulamalarından elde edilmiş olup söz konusu parametre verilerinde ortaya çıkan fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Elde edilen sonuçlar uçucu yağ oranı açısından incelendiğinde, yapraktan uygulamaların her biri bitkiler üzerinde olumlu etki göstermiştir. En yüksek uçucu yağ oranı ortalamaları ise hem fesleğen hem de reyhanda her iki gübrenin eş zamanlı verildiği K+Fe uygulamalarından elde edilirken bu veri istatistiksel anlamda da %5 önem seviyesinde belirlenmiştir. K uygulamaları ile de aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

Bitkilerin beslenme durumları genel olarak değerlendirildiğinde; fesleğende uygulamaların N, P, Ca, Mg içeriklerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Potasyum uygulamaları ile K içerikleri en yüksek verileri sağlamış ve istatistiki olarak da anlamlı bulunmuştur. K+Fe uygulamaları ile en yüksek Fe içerikleri elde edilirken aynı uygulama, Zn ve Mn içeriklerini olumsuz yönde etkilemiştir. İstatistiksel olarak anlamlı olmasa da sayısal olarak değerlendirildiğinde K uygulamaları ile bitki boyu, N ve P içerikleri arasında gözlenen pozitif ilişki elde edilen bulgular arasında yer almaktadır.

Bitkilerin beslenmesi açısından besin elementlerinin antagonistik etkileri yapılan tez çalışmasının bulgularına da rakamsal ($K \cdot Ca / K \cdot Mg$) ve istatistiksel olarak ($Fe \cdot Zn / Fe \cdot Mn$) yansımış, her iki besin elementinin dahil olduğu tüm uygulamalarda bu olumsuz etki gözlenmiştir. Hazırlanacak olan besin çözeltilerinde bu etkileşimlerin de değerlendirilmesinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Uygulamaların etkisi ile elde edilen fesleğenin herba ile kaldırdığı besin elementi miktarları değerlendirildiğinde ise herba ile kaldırılan N miktarları tüm uygulamalarla anlamlı bir artış göstermiş olup en yüksek miktar, verime de bağlı olarak K+Fe uygulaması ile elde edilmiştir. Kaldırılan K miktarlarında ise anlamlı bulunan en yüksek değer K uygulamaları ile kaydedilmiştir. Fesleğen herbasının kaldırdığı Fe elementi miktarları ise K+Fe uygulaması ile en yüksek değere ulaşmış ve Fe uygulamasıyla birlikte istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Herba ile kaldırılan Mn verilerinde anlamlı en yüksek değer K uygulamaları ile elde edilirken kaldırılan Zn miktarlarında K+Fe uygulamaları etkili olmuştur.

Beslenme durumları açısından reyhan bitkisi irdelendiğinde ise uygulamaların fesleğende olduğu gibi N, P, Ca, Mg içeriklerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Potasyum uygulamaları reyhan K içeriklerini istatistiksel olarak anlamlı ve olumlu yönde etkilemiştir. Fe ve K+Fe uygulamaları ile bitki Fe içerikleri olumlu yönde etkilenmiş, en yüksek veriler K+Fe uygulaması ile gerçekleşmiştir. Fe uygulamaları ile K içeriklerinde istatistiksel olarak pozitif yönde bir artış belirlenmiştir.

Reyhanın herba ile kaldırdığı besin elementi miktarları açısından uygulamaların etkileri değerlendirildiğinde ise herba ile kaldırılan N miktarlarında en yüksek veriler K ve K+Fe uygulamalarıyla elde edilerek aynı istatistiksel grupta yer almışlardır. Kaldırılan K miktarlarında ise anlamlı bulunan en yüksek değer K uygulamaları ile kaydedilmiştir. Demir uygulamalarıyla da kontrole göre pozitif yönde bir artış gerçekleşmiştir. Herba ile kaldırılan Zn verilerinde anlamlı en yüksek değer K uygulamaları ile elde edilmiştir.

Verim ve kalite parametreleri, tıbbi ve aromatik bitkilerin ticari açıdan önemini belirleyen en temel kriterlerdir. Bu bağlamda, elde edilen sonuçlar yaş verim ve uçucu yağ oranı temel alınarak değerlendirildiğinde, K+Fe uygulamasının fesleğen bitkisinde pratik ve ekonomik açıdan daha uygun olduğu sonucuna varılmaktadır. Aynı durum reyhan bitkisi için de geçerli olup, verim parametresinin yanı sıra uygulamaların uçucu yağ oranı üzerindeki olumlu etkileri üzerinde durulmuş ve K+Fe uygulamasının daha az etkili olmasına rağmen reyhan bitkisi için de önerilebileceği kanaatine varılmıştır.

Tez projesinin oluşturulması aşamasında ön çalışma olarak su kültürü ile fesleğen ve reyhan üretimi yapılan seralarda belirlenen Fe klorozunun anında ve hızlı bir şekilde giderilmesi amacıyla Fe besin elementi yanında K' un da yapraktan uygulanabilirliğinin incelenmesi ve etkinliğinin ortaya konması temel argümanlarımızdan biridir. Bu argümanın geçerliliğinin elde edilen bulgular ile doğrulanması tez çalışmasının önemli sonuçlarından biri olarak görülmektedir. Bu sonuçlar ayrıca su kültüründe kullanılmak üzere hazırlanan standart besin solüsyonlarının yeniden gözden geçirilmesi Fe ve K açısından yapılacak ilavelerin üretimi yapılan bitkiler göz önüne alınarak değerlendirilmesinin gerekliliğini göstermektedir. Böylelikle standart bitki besleme solüsyonlarının yanında bitkiye özel hazırlanabilecek besin solüsyonlarının olması gerekliliği sonuçlarına varılmıştır.

Topraksız tarım sistemleri, iklim koşullarından bağımsız olarak yıl boyunca sürekli üretim imkânı sağlamaktadır. Bu sistemler arasında yer alan hidroponik yöntemler, gübreleme teknikleriyle de desteklendiğinde, tıbbi bitkilerin yetiştirilmesinde etkili bir alternatif sunarak, tüketici taleplerine uygun yüksek kaliteli biyokütle üretimini desteklemektedir.

İncelenen parametreler üzerine K ve Fe' in etkili olduğunun belirlenmesi, K besin elementinin su ve suda çözülmüş besin elementlerinin alınımı, kalite parametreleri üzerine etkisi yanında Fe' in doğrudan fotosentetik aktivitede rol oynamasının etkisi ile bağlantılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışma sonuçları uygulamaların çeşitler üzerinde ortaya çıkardığı farklılıklar bakımından değerlendirildiğinde, genel olarak fesleğenin hem agronomik özellikler hem de beslenme durumu yönüyle daha yüksek veriler sağladığını göstermektedir. Bitkilerin farklı genotiplere sahip olmasının biyokütlelerinde yarattığı fark, gübre uygulamaları karşısında da daha farklı tepkiler verdiğini göstermektedir. Çeşitler arasında istatistiksel anlamda da önemli bulunan bu farklar beslenme stratejilerinin belirlenmesinde dikkate alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Gözlenen bulgular neticesinden aynı türe ait bitkiler olmakla birlikte fesleğen ve reyhan bitkilerine uygulanan standart gübreleme programlarının dışında farklı gübreleme programlarının geliştirilmesi ve uygulanması gerekliliği de varılan sonuçlar arasındadır.

Yapılan önceki çalışmaların geneli reyhan ve fesleğen bitkisinde sadece yaprak analizleri üzerinden değerlendirilirken bitkinin beslenmesi ve besin elementlerinin alınımı açısından düşünüldüğünde, sapın da değerlendirilmeye alınmasının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan önceki çalışmalar kapsamında, fesleğen ve reyhan bitkisinde uçucu yağlar ve herba verimine odaklanıldığı gözlenmiştir. Hazırlanmış olan bu tez çalışması önceki çalışmalardan farklı olarak fesleğen ve reyhan bitkisinde farklı yaprak gübrelerinin denenmesi açısından yenilikçi bir çalışma olarak nitelendirilebilir. Önemli doğal kaynaklarımızdan biri olan topraklarımızın çeşitli nedenlerle kaybedilmesine bağlı olarak alternatif yetiştiricilik tekniğini denemeye alınan bitkilerde başarılı bir şekilde kullanılabileceği, uygulanan yaprak gübrelerinin incelenen parametreler üzerine istatistiki olarak etkili olabileceği sonucuna varılmıştır. Böylece hazırlanan bu tez çalışması, sonrasında hazırlanacak olan çalışmalara veri seti açısından yol gösterici olurken farklı alternatiflerin denenmesine de ışık tutacaktır. Ayrıca bitki gelişimi ve besin elementi alımı üzerindeki etkileri optimize etmek için yapraktan uygulanan gübrelerin farklı doz ve çeşit uygulamalarının da denenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdelsattar, A., Bankova, V., Kujumgiev, A., Galabov, A., Ignatova, A., Todorova, C. and Popov, S.,** 1995, Chemical composition and biological activity of leaf exudates from some Lamiaceae plants. *Pharmazie*, 50, 62–65 pp.
- Acıbuca, V. ve Budak, D. B.,** 2018, Dünyada ve Türkiye’de tıbbi ve aromatik bitkilerin yeri ve önemi. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(1): 37-44s.
- Adıgüzel, A., Güllüce, M., Şengül, M., Ögütcü, H., Şahin, F. and Karaman, I.,** 2005, Antimicrobial effects of *Ocimum basilicum* (Labiatae) extract. *Turk J Biol.*, 29, 155- 160 pp.
- Aghamirzaei, H., Mumivand, H., Nia, A. E., Raji, M. R., Maroyi, A. and Maggi, F.,** 2024, Effects of Micronutrients on the Growth and Phytochemical Composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.) in the Field and Greenhouse (Hydroponics and Soil Culture). *Plants*, 13(17), 2498p.
- Ahl, S. and Aber A.M.,** 2010, Effect of zinc and / or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stres, *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3(1),1943-2429 pp.
- Ahmad, I. and Maathius, F.J.M.,** 2014, Cellular and tissue distribution of potassium: *Physiological relevance, mechanisms and regulation*, *Journal of Plant Physiology* 171 (2014):708-714 pp.
- Akgül, A.,** 1993, Baharat Bilimi & Teknolojisi. Birinci Baskı, Ankara, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 15, Ankara:79-81s.
- Akhtar, M.S. and Munir, M.,** 1989, Evaluation of the gastric antiulcerogenic effects of *Solanumnigrum*, *Brassica oleraceae* and *Ocimum basilicum* in rats. *J. Ethnopharmacol.*, 27, 163–176pp.
- Akhtar, M.S.A., Akhtar, A.H. and Khan, M.A.,** 1992, Antiulcerogenic effects of *Ocimum basilicum* extracts, volatile oils and flavonoid glycosides in albino rats. *Int. J. Pharmacognosy*, 30, 97–104pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Akı, K.**, 2022, Bursa Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Reyhan (*Ocimum Basilicum* L.) Bitkisinde Çiçeklenme Periyodu Boyunca Tarımsal Özellikler ile Uçucu Yağ Oranı ve Bileşenlerindeki Değişimlerin Belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 86s.
- Aktaş, M.**, 1996, Bitkilerde Yapraktan Beslenme. *J. Of. Agriculture and Forestry*, 20(7)-11.
- Alcaraz, C. F., Martínez-Sánchez, F., Sevilla, F. and Helln, E.**, 1986, Influence of ferredoxin levels on nitrate reductase activity in iron deficient lemon leaves. *Journal of Plant Nutrition*, 9(11), 1405-1413pp.
- Aldiyab, A.**, 2020, Su Kültürü fesleğen yetiştiriciliğinde mikoriza mikroalg ve bakteri ile mineral gübrelerin azaltılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilimi Dal Yüksek Lisans Tezi, 100s.
- Alpaslan, M.**, 2000, *Yaprak Gübreleri*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Ders Notları. Ankara.
- Ambler, J. E., Brown, J. C. and Gauch, H. G.**, 1970, Effect of zinc on translocation of iron in soybean plants. *Plant Physiology*, 46(2), 320-323pp.
- Amrani, S., Harnafi, H., El Houda Bouanani, N., Aziz, M., Caid, H.S., Manfredini, S., Besco, E., Napolitano, M. and Bravo, E.**, 2006, Hypolipidaemic Activity of Aqueous *Ocimum basilicum* Extract in Acute Hyperlipidaemia Induced by Triton WR-1339 in Rats and its Antioxidant Property *Phytother. Res.* 20; 1040– 1045pp.
- Anaç, D., Eryüce, N. ve Kılıç, C.C.**, 2007, Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kalite ve Uçucu Yağ İçerikleri Üzerinde Potasyumlu Gübrelemenin Etkisi. Uluslararası Potas Enstitüsü.
- Anaç, D.**, 2016, *Topraksız Tarım ve Bitki Besleme Teknikleri*. Nobel Yayın No: 0391. 1 ISBN 978-605-320-298-1. 1. Basım, 188s.
- Anonim**, 1988, Better Crops International. *Potassium for Agriculture* 4 (2): 3–38pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Arabacı, D. and Bayram, E.,** 2004, The Effect of Nitrogen Fertilization and Different Plant Densities on some Agronomic and Technologic Characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). *J Agro.*, 3(4), 255 – 62pp.
- Asımgil, A.** 1996. *Şifalı Bitkiler*, Timaş Yayınları İstanbul 352s.
- Aslan, D. F.,** 2014, *Farklı reyhan (Ocimum basilicum L.) genotiplerinde ontogenetik ve morfogenetik varyabilitenin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Atilabey, M., Yüksel, B., Uzunoğlu, F., Parlak, T. ve Oral, E.,** 2015, Orta Anadolu Kalkınma Ajansı. *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sektör Raporu*, 16-30s.
- Awang, Y., Shaharom, A. S., Mohamad, R. B. and Selamat, A.,** 2009, Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. *American journal of agricultural and biological sciences*, 4(1), 63-71pp.
- Barut, H. ve Semercioğlu, T.,** 2006, Çukurova’da yaygın olarak yetiştirilen bazı ekmeklik buğday çeşitlerinde çinko uygulamasının verim ve bazı tarımsal özellikler üzerine etkisinin saptanması.
- Bazaid, S. A, Amoudi, E.M. S., Ali, E. F. and Hameed, A. E. S.,** 2013, Volatile oil studies of some aromatic plants in taif region. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 1 (5), 119-128pp.
- Bennett, J. C. and Dreyer, W. J.,** 1964, Genetic coding for protein structure. *Annual Review of Biochemistry*, 33(1), 205-234pp.
- Bergmann W,** 1992, Nutritional disorders of plant; Development, *Visual and Analytical Diagnosis*. 223-247pp.
- Bhamagar, M., Kapur, K.K., Jalees, S. and Sharma, S.K.,** 1993, Laboratory evaluation of insecticidal properties of *Ocimum basilicum* Linnaeus and *O. sanctum* Linnaeus plants essential oils and their major constituents against vector mosquito species. *J. Entomol. Res.*, 17; 21–26pp.
- Bingöl, B.,** 2019, Alternatif Tarım Yöntemleri; Aeroponik, Akuaponik, Hidroponik. *Harman Time Dergisi*, 7(82), 34-42s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Borges, B.M.M.N., Flores, R.A., Almeida, H.J., Leandro, R.M. and Prado, R.M.,** 2016, Macronutrient omission and the development and nutritional status of basil in nutritive solution, *Journal of Plant Nutrition*, 46(3): 1627-1633 pp.
- Boroomand, N. and Grouh, M.S.H.,** 2012, Macroelements nutrition(NPK) of medicinal plants: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, Vol. 6(12), 2249-2255pp.
- Boztas, G., Avcı, A. B., Arabacı, O. ve Bayram, E.,** 2021, Tıbbi ve aromatik bitkilerin dünyadaki ve Türkiye'deki ekonomik durumu. *Theoretical and Applied Forestry*, 1(1), 27-33s.
- Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z. and Zhao, F.,** 2012, *Function of nutrients: Micronutrients. In Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd edn., ed. P. Marschner, London, U.K. Academic Press, 191–248 pp.
- Brohi, A.R., Karaata, H., Özcan, S. ve Demir, H.,** 2000, Toprakdan ve Yapraktan Çinko Uygulamasının Ekmeklik Buğday Bitkisinin Verimine ve Bazı Besin Maddesi Alımına Etkisi. *G.O.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2000. 17(1), 123-128s.
- Brown, J. C.,** 1978, Mechanism of iron uptake by plants. *Plant, Cell & Environment*, 1(4), 249-257pp.
- Brown, J. C., Foy, C. D., Bennett, J. H. and Christiansen, M. N.,** 1979, Two light sources differentially affected ferric iron reduction and growth of cotton. *Plant Physiology*, 63(4), 692-695pp.
- Brown, J. C., Holmes, R. S. and Tiffin, L. O.,** 1961, Iron chlorosis in soybeans as related to the genotype of rootstalk: 3. Chlorosis susceptibility and reductive capacity at the root. *Soil Science*, 91(2), 127-132pp.
- Bulgari, R., Baldi, A., Ferrante, A. and Lenzi, A.,** 2017, Yield and quality of basil, swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 45(2), 119-129pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cabar, B.S.**, 2016, Farklı Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Hatlarının Trakya Koşullarında Verim ve Kalite ile İlgili Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 73s.
- Caceres, A, Cano, O., Samayoa, B. and Aguilar, L.**, 1990, Plants used in Guatemala for the treatment of gastrointestinal disorders. 1. Screening of 84 plants against enterobacteria. *J. Ethnopharmacol*, 30, 55–73pp.
- Ceylan, Ş., Akdemir, H., Oktay, M. ve İrget, E.**, 1998, Çinko uygulamalarının Lirasa92 ve Cumhuriyet_75 Buğday Çeşitlerine Verim ve Bazı Verim Kriterlerine Etkileri. *Ulusal Çinko Kongresi*, 1997, Eskişehir, 251-256s.
- Chaney, R. L.**, 1984, Diagnostic practices to identify iron deficiency in higher plants. *Journal of Plant Nutrition*, 7(1-5), 47-67pp.
- Corrado, G., Chiaiese, P., Lucini, L., Miras-Moreno, B., Colla, G. and Rouphael Y.**, 2020, Successive harvests affect yield, quality and metabolic profile of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agronomy*. 10(6):830p. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060830>.
- Curie, C., Panaviene, Z., Loulergue, C., Dellaporta, S. L., Briat, J. F. and Walker, E.L.**, 2001, Maize yellow stripe1 encodes a membrane protein directly involved in Fe (III) uptake. *Nature*, 409(6818), 346-349pp.
- Çelebi, Ç.**, 2010, Fesleğenin (*Ocimum basilicum*) Fenolik Madde Dağılımı ve Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Çelik, A.D.**, 2019, Hatay İlinde Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Piyasası ve Geliştirilmesi İmkanları. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, 239 s.
- Çığ, A. ve Gülser, F.**, 2023, Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bazı soğanlı süs bitkilerinin (*Hyacinthus orientalis* ‘Pink Pearl’, *Narcissus* ‘Mount Hood’ ve *Tulipa gesneriana* ‘Golden Apeldoorn’) bitki büyüme kriterlerindeki değişimler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(2), 162-170s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çiçekli, M.**, 2014, Organik ve Konvansiyonel Olarak Yetiştirilen Bazı Tıbbi Ve Aromatik Bitkilere Uygulanan Girdilerin Bazı Verim Ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 193s.
- Çorbacı, Ö.L. ve Ekren, E.**, 2021, Kentsel açık alanlarda kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin değerlendirilmesi: rize kenti örneği. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 17(1): 159-172s.
- Dahab-A, A.M., El-Sayed, A.A. and El-Leithy, A.S.**, 1990, Plant Density Affecting the Growth, Yield, Oil Components and Pigments Content of Ocimum basilicum L. Plants. *Zagazig-Journal-of Agricultural Research (EGYPT)* 10(2) P.45-60pp.
- Daşgan, H.Y.**, 2020, Topraksız Bitki Yetiştirme Teknikleri, Yüksek Lisans Ders Sunumları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü.
- Daşgan, H. Y., Ceylan, E. ve Dere, S.**, 2022, Mikorizanın su kültürü fesleğen yetiştiriciliğinde mineral gübreleri azaltma üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 11(1), 47-56s.
- Ceylan, E.**, 2021, Mikorizanın Su Kültürü Fesleğen Yetiştiriciliğinde Mineral Gübreleri Azaltma Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilimi Dal Yüksek Lisans Tezi, 79s.
- Dhar, A.K.**, 2002, Sweet basil Ocimum basilicum-a review. *J. Med. Aromatic Plant Sci.* 24: 738–755pp.
- Divrikli, U., Horzum, N., Soylak, M. and Elci, L.**, 2006, Trace heavy metal contents of some spices and herbal plants from western Anatolia, Turkey. *International Journal of Food Science & Technology*, 41:712–716pp.
- Dzida, K.**, 2011, Influence of Nitrogen Nutrition and Cultivar on Quality of Sweet Basil Herbs. Volume XXIV. No: 3, 14. 125-132pp.
- Dönmez, Ş., Çakır, M. ve Kef, Ş.**, 2016, Bartın’da yetişen bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(2): 1-8s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Duman, Ş.**, 2019, Adana ekolojik koşullarında farklı reyhan (*Ocimum basilicum* L.) çeşit ve genotiplerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Eide, D., Broderius, M., Fett, J. and Guerinot, M.L.**, 1996, A novel iron-regulated metal transporter from plants identified by functional expression in yeast. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(11), 5624-5628pp.
- Elfeky, S.A., Mohammed, M.A., Khater, M.S., Osman, Y.A.H. and Elsherbini, E.**, 2013, Effect of magnetite nano-fertilizer on growth and yield of *Ocimum basilicum* L. International, *Journal of Indigenous Medicinal Plants*, 46(3): 1286-1293pp.
- Elhindi, K., Al-Suhaibani, N. A., El-Din, A. F. S., Yakout, S. M. and Al-Amri, S. M.**, 2016, Effect of foliar-applied iron and zinc on growth rate and essential oil in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under saline conditions. *Progress in Nutrition*, 18(3), 288-298pp.
- Erken, S., Sönmez, Ç., Sancaktaroğlu, S. ve Bayram, E.**, 2009, Farklı dikim sıklıklarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(3), 165-173s.
- Erşahin, L.**, 2006, Diyarbakır ekolojik koşullarında yetiştirilen fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) populasyonlarının agronomik ve kalite özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Fageria N.K.**, 2002, Influence of Micronutrients on Dry Matter Yield and Interaction with Other Nutrients in Annual Crops. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 37(12): 1765-1772pp.
- Fageria, N. K., Moraes, M. F., Ferreira, E. P. B. and Knupp, A. M.**, 2012, Biofortification of trace elements in food crops for human health. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(3), 556-570pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Faydaoğlu, E. ve Sürücüoğlu, M. S.,** 2011, Geçmişten günümüze tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılması ve ekonomik önemi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11(1): 52-67s.
- Flanigan, P.M. and Niemeyer, E.D.,** 2014, Effect of cultivar on phenolic levels, anthocyanin composition, and antioxidant properties in purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Food Chemistry*, 164, 518–526pp.
- Forouzandeh, M., Fanoudi, M., Arazmjou, E. and Tabiei, H.,** 2012, Effect of drought stress and types of fertilizers on the quantity and quality of medicinal plant Basil (*Ocimum basilicum* L.) *Indian J. Innovations Dev.*, Vol. 1, No. 9, 696-699pp.
- Fridovich, I.,** 1983, Superoxide radical: An endogenous toxicant. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 23(1), 239-257s.
- Gadd, G. M. and Griffiths, A.J.,** 1978, Microorganisms and heavy metal toxicity, *Microb. Ecol.*, 4, 303p.
- Gendre, D., Czernic, P., Conéjéro, G., Pianelli, K., Briat, J. F., Lebrun, M. and Mari, S.,** 2007, TcYSL3, a member of the YSL gene family from the hyper-accumulator *Thlaspi caerulescens*, encodes a nicotianamine-Ni/Fe transporter. *The Plant Journal*, 49(1), 1-15pp.
- Gezgin, S.,** 1998, Farklı form ve dozlarda yapraktan uygulanan çinkonun buğdayın verim ve verim unsurlarına etkisi. *I. Ulusal Çinko Kongresi*, 1997, Eskişehir, 279-285s.
- Ghanjaoui, M. E., Cervera, M. L., El-Rhazi M. and Guardia, M.,** 2011, Validated fast procedure for trace element determination in basil powder, *Food Chem.*, 125:1309-1313pp.
- Gharib, F.A.L.,** 2006, Effect of Salicylic Acid on the Growth, Metabolic Activities and Oil Content of Basil and Marjoram. *International Journal Of Agriculture & Biology*, 1560–8530/2006/08–4–485–492pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gill, B.S. and Randhawa, G.S.**, 1992, Effect of Transplanting Dates and Stage of Harvesting on the Herb and Oil Yields of French basil (*Ocimum basilicum* L.) *Indian Perfumer* 36(2) 102-110pp.
- Golcz, A., Seidler-łóżykowska K. and Markiewicz B.**, 2002, Effect of increasing nitrogen doses and harvest terms on the growth and development of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). part I. *Herba Polonica* 2002; (2):55-60pp.
- Gondim Filho, H., Costa Conceição Silva, P., Gomes da Silva, M., Mourato Pereira, M., Miler Soares, T., Dias de Azevedo Neto, A., Souza Vasconcelos, R. and Raj Gheyi, H.**, 2018, Growth, production and essential oil content of basil genotypes in hydroponic conditions under salt stress. *Journal of Experimental Agriculture International*, 25(1): 1-10pp.
- Göktaş, Ö. ve Gıdık, B.**, 2019, Tıbbi ve Aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1): 136-147s.
- Grewal, J. S. and Singh, S. N.**, 1980, Effect of potassium nutrition on frost damage and yield of potato plants on alluvial soils of Punjab (India). *Plant and Soil* 57: 105 – 110pp.
- Grundson, N.J.**, 1980, Effectiveness of soil-dressing and foliar sprays of copper sulphate in correcting copper deficiency of wheat (*Triticum aestivum*) in Queensland. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 20:717-723s.
- Gül, A.**, 2008, Topraksız Tarım. Hasad Yayıncılık, 140s.
- Gül, A. ve Çelik, A. D.**, 2016, Tıbbi ve Aromatik Bitki Yetiştiriciliği ve Dış Ticareti: Hatay İli Örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 227- 235s.
- Gülmezoğlu, N. ve Taşdemir, T.**, 2007, Farklı Buğday Çeşitlerine Yaprakdan Mangan Uygulamasının Başak Özellikleri, Tane Verimi ve Protein İçeriğine Etkisi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Doktora Tezi, Eskişehir.
- Gültekin, İ., Yılmaz, A., Ekiz, H., Arısoy, R.Z., Şahin, M. ve Kaya, Y.**, 2001, Çinko noksanlığı görülen orta Anadolu topraklarında uygulanan çinko ve kükürtün buğday verim, verim komponentleri ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi* 17-21 Eylül 2001, Tekirdağ.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A.,** 2013, Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi Z.F. Yayını, No: 1581, Ankara, 579 s.
- Güzel, N., Gülüt, K. Y. ve Büyük, G.,** 2002, Toprak Verimliliği ve Gübreler. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayını No: 246. Adana.
- Halva, S. and Pukka, L.,** 1987, Studies on Fertilization of dill (*Anethum graveolens* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) Herb yield of dill and basil affected by fertilization. *Journal of Agricultural Sciences in Finland* 59, 11-17pp.
- Hassani, A., Tajali, A. A., Mazinani, S. H. and Hassani, M.,** 2015, Studying the conventional chemical fertilizers and nano-fertilizer of iron, zinc and potassium on quantitative yield of the medicinal plant of peppermint (*Mentha piperita* L.) in Khuzestan. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(4): 1078-1082pp.
- Hamouda, H.A., El-Dahshouri, M.F., Manal, F.M. and Thalooh, A.T.,** 2015, Foliar application of potassium and iron under sandy soil conditions and their effect on growth, yield and nutrient status of wheat plant. *International Journal of ChemTech Research*, 8(4), 1473–1481. CODEN (USA): IJCRGG, ISSN: 0974-4290pp.
- Häussling, M., Leisen, E., Marschner, H. and Römheld, V.,** 1985, An improved method for non-destructive measurements of the pH at the root-soil interface (rhizosphere). *Journal of plant physiology*, 117(4), 371-375pp.
- Hendawy, S. F., Azza, A., El-Din, E., Aziz, E. and Omer, E. A.,** 2010, Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3(2), 203-216pp.
- Hewitt, E.J.,** 1963, Essential nutrient elements for plants. In F.C. Steward ed. of Plant Physiology Vol. III., Inorganic Nutrition of Plant, Academic Press. 137p.
- Hiltunen, R. and Holm, Y.,** 1999, Essential oil of *Ocimum*. In R. Hiltunen & Y. Holm (Eds.). Basil: The genus *Ocimum* (Vol. 10.): Harwood Academic Publishers, Amsterdam, 13–135pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hiltner, L.**, 1909, Die Beinflussung des Wachstums der Pflanzen durch Bespritzung und Bestäubung mit giftigen aoder düngenden Stoffen. Blaetter Pflazenbau und Pflanzenschutz.
- Hiltner, L.**, 1912, Über die Ernaehrung der Pflazen mit mineralischen Stoffen über die Blatter. Prakt. Blaetter Pflanzenbau und Pflanzenschutz.
- Hornok, L.**, 1983, Influence of Nutrition on the Yield and Content of Active Compounds in Some Essential Oil Plants Acta Horticulturae, Medicinal and Spice Plants 132, 239-247pp.
- Iljin, W. S.**, 1951, Metabolism of plants affected with lime-induced chlorosis (calciose). *Plant and Soil*, 3(3), 239-256pp.
- Ivanov, V., Yanchev, I., Raycheva, T. and Stoyanov, K.**, 2013, Effectiveness of Application of the Leaf-fertilizers Hortigrow in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* var. *glabratum*). *Agricultural Science & Technology (1313-8820)*. 5(1), 86-90pp.
- Janssen, A.M., Chin, N.L.J., Scheffer, J.J.C. and Baerheim Svendsen, A.**, 1986, Screening for antimicrobial activity of some essential oils by the agar overlay technique. *Pharmaceutisch Weekblad, Scientific edition*, 8; 277–280pp.
- Jones, Jr., J.B., Wolf, B. and Mills, H.A.**, 1991, Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide. Micro-Macro Publishing, Athens, GA.
- Jayasinghe, C. and Gotoh, N.**, 2003, Aoki, T.; Wada, S. Phenolics Composition and Antioxidant Activity of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 2003, 51, 4442–4449pp.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H.**, 1979, Trace Elements in the Biological Environment, Wyd. Geol., Warsaw, 300 (Po).
- Kacar, B. ve Katkat, A. V.**, 1988, Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Geliştirme Vakfı Yayın No: 127. Vipaş Yayınları 3. Özsan Matbaası, Bursa, 595s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kacar, B. ve Katkat, A.V.**, 1999, Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yay. No:144, VİPAŞ Yy. No:20, Bursa, 276-282s.
- Kacar, B.**, 1972, Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri I-II, *A.Ü.Z.F. Yayınları*. No:468 Yardımcı Ders Kitabı, 161s.
- Kacar, B., Katkat, A. V. ve Öztürk, Ş.**, 2002, Bitki Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 198, Vipaş A. Ş. Yayın No: 74.
- Kacar, B. ve Katkat, V.**, 2006, Bitki Besleme. Nobel Yayın No: 849. Fen ve Biyoloji Yayın Dizisi: 29 ISBN 978-9944-77-159-7.2. Basım, Ankara, 538s.
- Kacar, B. ve Katkat, V.**, 2007, Bitki Besleme. Nobel Yayın No: 849. Fen ve Biyoloji Yayın Dizisi: 29 ISBN 978-975-591-834-1. Basım, Ankara, 660s.
- Kacar, B. ve Katkat, V.**, 2011, Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Nobel Yayın No: 21. Fen ve Biyoloji Yayın Dizisi: 1 ISBN 978-605-5426-20-0. 4. Basım, Ankara, 560s.
- Kacar, B.**, 2012, Temel Bitki Besleme. Nobel Yayınları, Yayın No: 206. ISBN 978-605-133-108-9, 385s.
- Kacar, O., Goeksu, E. and Azkan. N.**, 2009, Agronomic properties and essential oil composition of basil varieties of landraces (*Ocimum basilicum* L.) in Turkey. *Asian Journal of Chemistry*. 21(4). 3151-3160pp.
- Karaca, M., Kara, Ş. M. ve Özcan, M. M.**, 2017, Bazı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) popülasyonlarının herba verimi ve uçucu yağ oranının belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 160-169s.
- Karaca, M.**, 2017, Bazı Fesleğen (*Ocimum Basilicum* L.) Populasyonlarının Herba Verimi ve Uçucu Yağ Oranının Belirlenmesi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu, 33s.
- Karaman, M.**, 2012, Bitki Besleme Kitabı. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 2, 179-181s.
- Karik, Ü. ve Öztürk, M.**, 2009, Türkiye dış ticaretinde tıbbi ve aromatik bitkiler. *Bahçe Dergisi*, 38(2): 21-31s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Katzung, B.G.**, 1995, Temel ve Klinik Farmakoloji. 1. baskı, Barış Kitabevi, İstanbul.
- Keykubat, B.**, 2016, Tıbbi aromatik bitkiler ve iyi yaşam. *İzmir Ticaret Borsası Ar-Ge Müdürlüğü*, (97): 33-39s.
- Kınacı, G.**, 2001, Değişik yaprak gübrelere göre buğdayın verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 15(28): Konya, 115-123s.
- Kirilmaz, K.**, 2019, Reyhan (*Ocimum Basilicum* L.) Kallus Kültürlerinin Antimikrobiyal Özelliklerinin Araştırılması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksel Lisan tezi, 58s.
- Kobayashi, T., Nozoye, T. and Nishizawa, N. K.**, 2019, Iron transport and its regulation in plants. *Free Radical Biology and Medicine*, 133, 11-20pp.
- Kocaçalışkan, İ.**, 2003, Bitki fizyolojisi. DPÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Yayını, 420s.
- Koike, S., Inoue, H., Mizuno, D., Takahashi, M., Nakanishi, H., Mori, S. and Nishizawa, N. K.**, 2004, OsYSL2 is a rice metal-nicotianamine transporter that is regulated by iron and expressed in the phloem. *The Plant Journal*, 39(3), 415- 424pp.
- Kösa, S. ve Güral, M. G.**, 2019, Tıbbi ve aromatik bitkiler ve peyzajda kullanımları. *Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 1: 41-54pp.
- Lagouri, V. and Nisteropoulou, E.**, 2009, Antioxidant properties of *O. onites*, *T. vulgaris* and *O. basilicum* species grown in Greece and their total phenol and rosmarinic acid content. *Journal of Food Lipids*, 16(4), 484–49pp.
- Lakhari, I.A., Gao, J., Syed, T.N., Chandio, F.A. ve Buttar, N.A.**, 2018, Kontrollü çevre altında tarımda modern bitki yetiştirme teknolojileri: Aeroponik üzerine bir inceleme. *Bitki etkileşimleri dergisi*, 13 (1), 338-352s.
- Landsberg, E. C.**, 1981, Organic acid synthesis and release of hydrogen ions in response to Fe deficiency stress of mono-and dicotyledonous plant species. *Journal of Plant Nutrition*, 3(1-4), 579-591pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lang, A.**, 1983, Turgor – regulated translocation. *Plant Cell and Environment*. 6: 683-689pp.
- Larbi, A., Abadía, A., Morales, F. and Abadía, J.**, 2004, Fe resupply to Fe-deficient sugar beet plants leads to rapid changes in the violaxanthin cycle and other photosynthetic characteristics without significant de novo chlorophyll synthesis. *Photosynthesis Research*, 79(1), 59-69pp.
- Lauchli, A. and Pflüger, R.**, 1978, *Potassium transport through plant cell membranes and metabolic role of potassium in plants*. In: Potassium research- Review and Trends. Potash Inst. Bern. 111-163p.
- Lin, C. H. and Stocking, C. R.**, 1978, Influence of leaf age, light, dark, and iron deficiency on polyribosome levels in maize leaves. *Plant and Cell Physiology*, 19(3), 461-470pp.
- Lin, C.C., Lin, J.K. and Chang, C.H.**, 1995, Evaluation of hepatoprotective effects of “Chhit-Chan-Than” from Taiwan. *Int. J. Pharmacognosy*, 33; 139-143pp.
- Maathuis, F.J.M., Ichida, A.M., Sanders, D. and Schroeder, J.I.**, 1997, Roles of higher plant K⁺ channels, *Plant Physiol*. 114: 1141-1149pp.
- Machold, O.**, 1968, Einfluss der ernährungsbedingungen auf den zustand des eisens in den blättern, den chlorophyllgehalt und die katalase-sowie peroxydaseaktivität. *flora oder allgemeine botanische zeitung. Abt. A, Physiologie und Biochemie*, 159(1), 1-25pp.
- Marschner, P.**, 2012, *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (Third Edition). Academic Press. 672p.
- Mccance, K.R., Flanigan, P.M., Quick, M.M. and Niemeyer, E.D.**, 2016, Influence of plant maturity on anthocyanin concentrations, phenolic composition, and antioxidant properties of 3 purple basil (*Ocimum Basilicum* L.) cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 53, 30–39pp.
- MEB**, 2011, *Orta Öğretim Projesi, Tarım Teknolojileri, Topraksız Tarım*. 85, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- MEGEP**, 2008a, Bahçecilik, Hidroponik Sistemler. Ankara, 48s.
- MEGEP**, 2008b, Bahçecilik, Topraksız Tarıma Hazırlık, Ankara, 56s.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A.**, 2001, Principles of Plant Nutrition. 5th Edition. Publisher, International Potash Institute, Switzerland. 849p.
- Mhamdi, A., Queval, G., Chaouch, S., Vanderauwera, S., Van Breusegem, F. and Noctor, G.**, 2010, Catalase function in plants: A focus on Arabidopsis mutants as stress-mimic models. *Journal of Experimental Botany*, 61(15), 4197-4220pp.
- Mingfang, C., Ji-yun, J. and Shaowen, H.**, 1999, Release of Native and NonExchangeable Soil Potassium and Adsorption in Selected Soils of North China, *Better Crops International* Vol. 13, No. 2, November 1999, Canada, 28p.
- Mortvedt, J.J.**, 1978, Soil reactions of Cd contaminants in P fertilizers, *Agron. Abstr.*, Dec. 3, 1978.
- Mueller, W. C. and Beckman, C. H.**, 1978, Ultrastructural localization of polyphenoloxidase and peroxidase in roots and hypocotyls of cotton seedlings. *Canadian Journal of Botany*, 56(14), 1579-1587pp.
- Nasiri, Y., Salmasi, S., Nasrullahzadeh, S., Najafi, N. and Golezani, K.**, 2010, Effect of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile, *Journal of Medicinal Plants Research*, Vol 4:1733-1737pp.
- Nalbantbaşı, Z. ve Gölcü, A.**, 2009, Kahramanmaraş yöresine ait şifalı bitkilerin antimikrobiyal aktiviteleri. *KSU J. Nat. Sci.*, 12(2), 1-8s.
- Nurzyńska-Wierdak, R., Bogucka-Kocka, A. and Borowski, B.**, 2012, Changes in the chemical composition of the essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on the plant growth stage. *Chemija* 23 (3): 216-222pp.
- O'Connor, G.A., Lindsay, W.L. and Olsen, S.R.**, 1971, Diffusion of iron and iron chelates in soil. *Soil Science Society of America Journal*, 35(3), 407-410pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Omidbeigy, H.A.B. and Abad. H.S.H.**, 2004, Evaluation of drought resistance indices in the basil plant. *In Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, Year I, Issue 4, 74-65pp.
- Okur, B., Elmacı, Ö. L., Yönter, G., Kayıkçıoğlu, H. H., Esetlili, M. T. ve Yağmur, B.**, 2021, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme (N. Okur, Ed.). Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Özbahçe, A.**, 2008, Konya Ekolojik Koşullarında Akman-98 Bodur Kuru Fasulye Çeşidinde Verim ve Verim Unsurları ile Besin Elementleri İçeriğine Mangan Uygulamasının Etkisi, Selçuk Üniversitesi Doktora Tezi, Konya.
- Özbek, V. ve Özgümiş, A.**, 1998, Farklı çinko uygulamalarının değişik buğday çeşitlerinin verim ve bazı verim kriterleri üzerine etkileri. I. Ulusal Çinko Kongresi, 1997, Eskişehir, 183-190s.
- Özcan, S. ve Brohi, A.R.**, 2000, Çeşitli Yaprak Gübrelerinin Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* c.v.) Bitkisinin Gelişme, Kuru Madde Miktarı ve N-P-K İçerikleri Üzerine Etkisi. G.O.Ü. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2000, 17(1): 133-136s.
- Özkan, Ş.**, 2014, *Topraksız Tarım Üretimi*. Giresun Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Giresun, 84.
- Perez, L.S., Reale, T.F., Rangel, P.P., Hernandez, J.L.G., Chaves, E.S. and Diegues, E.T.**, 2018, Cultivar variety and added potassium influence the nutraceutical and antioxidant content in hydroponically grown basil (*Ocimum basilicum* L.), *Journal of Agronomy*, 8(2): 13p.
- Phippen, W.B. and Simon, J.E.**, 1998, Anthocyanins in Basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 1998, 46, 1734–1738pp.
- Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi S. and Mohammadi, A.**, 2006, Essential Oil Content and Composition of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at Different Irrigation Regimes. *Journal of Agronomy*, 5: 451-455pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Possingham, J. V.**, 1956, The effect of mineral nutrition on the content of free amino acids and amides in tomato plants IA comparison of the effects of deficiencies of copper, zinc, manganese, iron, and molybdenum. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9(4), 539-551pp.
- Pouya, S. ve Demir, S.**, 2017, Peyzaj Mimarlığında Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanımı. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(54): 1114-1125s.
- Prasad, G., Kumar, A., Singh, A.K., Bhattacharya, A.K., Singh, K. and Sharma, V.D.**, 1986, Antimicrobial activity of essential oils of some *Ocimum* species and clove oil. *Fitoterapia*, 57, 429-432pp.
- Preusser, E., Khalil, F. A. and Göring, H.**, 1981, Regulation of activity of the granulebond starch synthetase by monovalent cations. *Biochem. Phsiol. Pflanz.* 176: 744-752pp.
- Prinsi, B., Morgutti, S., Negrini, N., Faoro, F. and Espen, L.**, 2020, Insight into Composition of Bioactive Phenolic Compounds in Leaves and Flowers of Green and Purple Basil. *Plants*, 9(1), 22p.
- Puccinelli, M., Malorgio, F., Rosellini, I. and Pezzarossa, B.**, 2017, Uptake and partitioning of selenium in basil (*Ocimum basilicum* L.) plants grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae* 225: 271-276pp.
- Quellas Dos Santos, J.**, 1979, Das Kalium und der Virus der Blattrollkraheit der kartoffel Staude. *Intern. Kali- Briete, Fachg.* 23 (59): 1-4pp.
- Randhawa G.S. and Gill, B.S.**, 1995, Transplanting Dates, Harvesting Stage, Yields of French Basil (*Ocimum basilicum* L.) *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, Vol.3(1). 45-55pp.
- Rao, E.V.S.P., Puttanna, K., Ganesh Rao, R.S. and Ramesh, S.**, 2007, Nitrogen and potassium nutrition of French basil (*Ocimum basilicum* Linn.). *Journal of Spices and Aromatic Crops* Vol. 16 (2): 99-105pp.
- Reiter, M. and Brandt, W.** 1985 Relaxant effects on tracheal and ileal smooth muscles of the guinea pig. *Arzneimittelforschung*, 35; 408-414pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rich, C.I.**, 1968, Mineralogy of soil potassium, pp. 79-108. In, Kilmer et al., (Eds). The Role of Potassium in Agriculture, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Robinson, N. J., Procter, C. M., Connolly, E. L. and Guerinot, M. L.**, 1999, A ferric-chelate reductase for iron uptake from soils. *Nature*, 397(6721), 694-697p.
- Roques, A., Kerjean, M. and Auclair, D.**, 1980, Effects de la pollution atmospherique par le fluor et le dioxyde de soufre sur l'appareil reproducteur femelle de *Pinus silvestris* en foret de Roumare, Environ. Pollut., 21, 191p.
- Römheld, V. and Marschner, H.**, 1990, Genotypical differences among graminaceous species in release of phytosiderophores and uptake of iron phytosiderophores. In: Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition 77-83pp.
- Römheld, V. and Marschner, H.**, 1991, Functions of micronutrients in plants. In: Micronutrients in Agriculture, 2nd ed. eds. *Mordvedt, J. J., Cox, F. R., Shuman, L. M and Welch, R. M.* 297–328pp.
- Safi Khani, F.H., Heidary Sharif Abad, A., Siadat, A., Sharifi Ashourabady, M., Seiednejad, S.M and Abbaszadeh, B.**, 2008, Effect of drought stress on yield and morphological traits, (*Dracocephalum moldavica*). Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research of Iran, Volume 23, Number 2, 194-183pp.
- Saha, S., Monroe, A. and Day, M. R.**, 2016. Growth yield plant quality and nutrition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under soilless agricultural systems. *Annals of Agricultural Sciences*. 61(2). 181-186pp.
- Said-Al Ahl, H.A.H. and Mahmoud, A.A.**, 2010, Effect of zinc and / or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress *Ozean Journal of Applied Sciences* 3(1), 2010, 97-111pp.
- Salas-Pérez, L., Fornari-Reale, T., Preciado-Rangel, P., García-Hernández, J.L., Sánchez-Chávez, E. and Troyo-Diéguez, E.**, 2018, Cultivar Variety and added potassium influence the nutraceutical and antioxidant content in hydroponically grown basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agronomy* 8(2),13.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Schaaf, G., Ludewig, U., Erenoglu, BE, Mori, S., Kitahara, T. and Von Wirén, N.,** 2004, ZmYS1, fitosiderofor ve nikotinamin şelatlı metaller için proton-eşlenmiş bir simporter olarak işlev görür. *Biyolojik Kimya Dergisi*, 279 (10), 9091-9096pp.
- Schaaf, G., Schikora, A., Häberle, J., Vert, G., Ludewig, U., Briat, J. F., Curie, C. and von Wirén, N.,** 2005, A putative function for the Arabidopsis Fe-phytosiderophore transporter homolog AtYSL2 in Fe and Zn homeostasis. *Plant and Cell Physiology*, 46(5), 762-774pp.
- Sen Gupta, B., Nandi, A. S. and Sen, S. P.,** 1982, Utility of phyllosphere N₂ – fixing micro organisms in improvement of crop growth. I. Rice. *Plant and Soil* . 68: 55-6pp.
- Sevilla, F., Del Rio, L.A. and Hellin, E.,** 1984, Superoxide dismutases from a citrus plant: presence of two iron-containing isoenzymes in leaves of lemon trees (*Citrus limonum* L.). *Journal of plant physiology*, 116(5), 381-387pp.
- Sharafzadeh, S. and Alizadeh, O.,** 2011, Nutrient Supply and Fertilization of Basil. *Advances in Environmental Biology*, 5(5): 956-960pp.
- Skaltsa, H. and Loukis, A.,** 1985, Analysis of the Essential Oil of Grek Sweet Basil. Laboratory of Pharmacognosy- University of Athens PH. D Thessis.
- Sönmez, Ç., Soysal, A. Ö. Ş., Yıldırım, A., Berberoğlu, F. ve Bayram, E.,** 2019, Farklı biçim zamanlarının yeşil ve mor fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tiplerinde bazı verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 29(1), 39-49s.
- Srivastava, H. C., Srivastava, A., Shukla, P., Maurya, A. S. and Tripathi, S.,** 2013, Analysis of The Essential Oils Of Two Different Cultivated Basil (*Ocimum basilicum* L.) From India, *IJPSR*, 4(4):1398-1400.
- Su, Y., Guo, J., Ling, H., Chen, S., Wang, S., Xu, L., Allan, A. C. and Que, Y.,** 2014, Isolation of a novel peroxisomal catalase gene from sugarcane, which is responsive to biotic and abiotic stresses. *Plos One*, 9(1), 1-11.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Suh, E., Park, K. and Park, K.,** 1999, Effect of Different Concentrations of Nutrient Solutions on the Growth, Yield, and Quality of Basil. International Symposium on Vegetable Quality of Fresh and Fermented Vegetables. 193-198pp.
- Şahin, G. ve Kendirli, B.,** 2016, *Yeni Bir Zirai İşletme Modeli; Dikey Çiftlikler*. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim, Ankara.
- Taban, S., Alpaslan, M., Güneş, A., Aktaş, M., Erdal, İ., Eyüpoğlu, H. ve Baran, İ.,** 1997, Değişik şekillerde uygulanan çinkonun buğday bitkisinde verim ve çinkonun biyolojik yararlanılabilirliği üzerine etkisi. I.Ulusal Çinko Kongresi, 1997, Eskişehir, 147-155s.
- Taiz, L. and Zeiger, E.,** 2002, Plant Physiology (Eds.), 3rd ed, Sinauer Associates ISBN:0-87893-823-0, 623p.
- Takagi, S. I., Nomoto, K. and Takemoto, T.,** 1984, Physiological aspect of mugineic acid, a possible phytosiderophore of graminaceous plants. *Journal of Plant Nutrition*, 7(1-5), 469-477pp.
- Tandon, H. L. S. and Sekhon, G. S.,** 1989, Potassium research and agricultural production in India. *Potash Rev.* 1: 1-11pp.
- Telci, İ., Bayram, E., Yılmaz, G. ve Avcı, A.B.,** 2005, Türkiye’de kültürü yapılan yerel fesleğen (*Ocimum spp*) genotiplerinin morfolojik, agronomik ve teknolojik özelliklerinin karakterizasyonu ve üstün bitkilerin seleksiyonu (Sonuç Raporu), TOGTAG-3102 No’lu Proje. TÜBİTAK.
- Tester, M. and Blatt, M. R.,** 1989, Direct measurement of K channels in tylakoid membrans by incorporation of vesicles into planar lipid bilayers. *Plant Physiol.* 91: 249 – 252pp.
- Tiffin, L. O.,** 1970, Translocation of iron citrate and phosphorus in xylem exudates of soybean. *Plant Physiol*, 45(3), 280–283pp.
- Turan, M. ve Horuz, A.,** 2012, Bitki Beslemenin Temel İlkeleri, 123-346, Bitki Besleme “Sağlıklı Bitki, Sağlıklı Üretim”, M. R. Karaman (Der.), Gübretaş Rehber Kitaplar Serisi:2, Ankara, 1066s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Uzun, A.,** 2007, Labiatae (Ballıbabagiller) Familyasına Mensup İlaç ve Baharat Olarak Kullanılabilecek Fesleğen (*Ocimum Basilicum* L.) Ve Kekik (*Origanum Vulgare* L.) Türlerinin Bazı Özelliklerinin Tespiti Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 118s.
- Vomel, A. ve Ceylan, A.,** 1977, Ege Bölgesinde Bazı Tıbbi Bitkilerin Yetiştirme Denemeleri. *Doğa*, 1. 69-73s.
- Von wirén, N., Marschner, H. and Romheld, V.,** 1996, Roots of iron-efficient maize also absorb phytosiderophore-chelated zinc. *Plant Physiology*, 111(4), 1119-1125pp.
- Von wirén, N., Mori, S., Marschner, H. and Romheld, V.,** 1994, Iron inefficiency in maize mutant ys1 (*Zea mays* L. cv Yellow-Stripe) is caused by a defect in uptake of iron phytosiderophores. *Plant Physiology*, 106(1), 71-77pp.
- Wahab, A.S.A. and Hornok, L.,** 1982, Effect of NPK fertilization on *Ocimum basilicum* yield and essential oil content. *Kerteszeti Egyetem Kozlemenyei*, 45: 65-73pp.
- Walters, K. J. and Currey, C. J.,** 2015, Hydroponic greenhouse basil production: Comparing systems and cultivars. *HortTechnology*, 25(5), 645-650pp.
- Walters, K.J. and Currey, C.J.,** 2018, Effects of Nutrient Solution Concentration and Daily Light Integral on Growth and Nutrient Concentration of Several Basil Species in Hydroponic Production, *Hortscience*, 53(9):1319-1325pp.
- Weichman, C.,** 1948, Der Gehalt an atherischen Ol bei Aromatischen Pflanzen in Abhangigkeit von der Dungung. *Pharmazie*, 3: 464-467pp.
- Welch, R. M.,** 2001, *Micronutrients, agriculture and nutrition; linkage for improved health and well being*. In: Singh K, Mori S, Welch RM (eds) Perspectives on the micronutrient nutrition of crops. Scientific Publisher, Jodhpur, 247–289 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- White, P. J. and Broadley, M. R.,** 2009, Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets—iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182(1), 49-84pp.
- Wichtl, M.,** 1971, Die Pharmakognostichemische Analys, Band 2., Frankfurt/M
- Wittwer, S.H., Bukovac, M.J. and Tukey, H.B.,** 1963, *Advences in Foliar Feeding of Plant Nutrients in Fertilizer Tecnology and Usage*. Amer. Soc. of Agronomy, 429-453pp.
- Yadavalli, V., Neelam, S., Rao, A. S., Reddy, A. R. and Subramanyam, R.,** 2012, Differential degradation of photosystem I subunits under iron deficiency in rice. *Journal of Plant Physiology*, 169(8), 753-759pp.
- Yağmur, B.,** 2009, Farklı Seviyelerde Uygulanan Potasyumun Anasonun Verim ve Yaprak Besin Maddesi İçeriğine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(1), 17-24s.
- Yağmur, B., Okur, B. ve Okur, N.,** 2021, Hümik asit ve potasyum uygulamalarının ayçiçeğinde tohum besin maddesi yağ içeriği ve verim üzerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(1), 156-167s.
- Yermiyahu, U., Israeli, L., David, R.D., Faingold, I. and Elad, Y.,** 2015, Higher Potassium Concentration in Shoots Reduces Gray Mold in Sweet Basil, *APS Journal*, 105(8):1059-1068pp.
- Yılmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gültekin, İ., Karanlık, S., Bağcı, S.A. and Çakmak, İ.,** 1997, Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc-deficient calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*. 20:461-471pp.
- Zabunoğlu, S. ve Karaçal, İ.,** 1986, Gübreler ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 993, Ders Kitabı, Ankara 293s.
- Zeidan, M.S., Mohamed, M.F. and Hamouda, H.A.,** 2010, Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility. *World Journal of Agricultural Sciences*. 6, (6): 2010, 696-699pp.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince engin bilgisi, yol göstericiliği, anlayışı ve desteğiyle her zaman yanımda olan çok değerli danışman hocam **Prof. Dr. Burçin ÇOKUYSAL'a** en içten teşekkürlerimi sunarım. Lisansüstü eğitim yolculuğuma attığım ilk adımlardan itibaren bilgi birikimleriyle bana yön veren, desteklerini ve hoşgörülerini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli hocalarım **Prof. Dr. Nevin ERYÜCE'ye** ve **Prof. Dr. Dilek ANAÇ'a**, en kritik anlarda yanımda olan, desteği ve emeğiyle bu sürecin başarıyla sonuçlanmasında büyük katkı sağlayan çok değerli hocam **Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÇAKICI'ya**, bu yolculukta, bilgi ve rehberliğiyle her zaman destek olan, varlığı ve içtenliğiyle bu sürece anlam katan **Dr. Öğr. Üyesi Özlem GÜRBÜZ KILIÇ'a**, tez izleme komitesinde ve savunma jürimde yer alarak görüş ve önerileriyle değerli katkılarını sunan saygıdeğer hocalarım **Prof. Dr. Şenay AYDIN** ve **Prof. Dr. Serra HEPAKSOY'a** içten teşekkürlerimi sunarım. Uzaklıkları hiç hissettirmeyen, her zaman yanımda olan, desteği, varlığı ve dostluğuyla bu süreci benim için daha güçlü kılan kıymetli arkadaşım **Dr. Barkın KÜLAHTAŞ'a**, her koşulda yol arkadaşlığına ve desteğine güvendiğim sevgili meslektaşım **Ziraat Mühendisi Ezgi YILDIRIM'a** ve her adımda olduğu gibi bu süreçte de sabrını, sevgisini ve desteğini eksik etmeyen canım **AİLEM'e**; çalışma masamın vazgeçilmez neşesi, sevgisiyle bana eşlik eden can dostum **Boncuk'a** gönülden teşekkür ederim.

03 / 03 / 2025

Gülen Gonca MERSİN

ÖZGEÇMİŞ

Gülen Gonca MERSİN ilköğretim ve lise öğrenimini Denizli’de tamamladıktan sonra, 2005 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü’nde lisans eğitimine başladı. 2010 yılında mezuniyetinin ardından Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı ve 2014 yılında yüksek lisans derecesini aldı. 2015 yılında aynı anabilim dalında doktora eğitimine başladı. Aynı yıl içerisinde Tariş Pamuk Birliği Ar-Ge Müdürlüğü’nde çalışma hayatına adım attı. Ar-Ge Müdürlüğü’nde altı yıl boyunca Laboratuvar Sorumlusu olarak görev yaptı. 2021 yılında İzmir Büyükşehir Belediyesi iştiraki İZTARIM AŞ’de çalışmaya başladı; bir süre sonra Bitkisel Üretim Müdürü olarak görev aldı ve bu görevini dört yıl sürdürdü. Halen İzmir Büyükşehir Belediyesi Tarımsal Hizmetler Dairesi Başkanlığı Ar-Ge Eğitim-Koordinasyon Şube Müdürlüğü’nde çalışmaktadır.