

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI



YAPRAKTAN UYGULANAN FARKLI GRAFEN OKSİT
NANOPARTİKÜL DOZLARININ ORGANİK VE KİMYASAL
GÜBRELERLE YETİŞTİRİLEN FESLEĞEN (*Ocimum*
***basilicum* L.)'İN VERİM VE KALİTESİNE ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

SEDEF ÖZLİMAN

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Gülsüm YALDIZ

BOLU, TEMMUZ - 2024

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sedef ÖZLİMAN tarafından hazırlanan “**YAPRAKTAN UYGULANAN FARKLI GRAFEN OKSİT NANOPARTİKÜL DOZLARININ ORGANİK VE KİMYASAL GÜBRELERLE YETİŞTİRİLEN FESLEĞEN (*Ocimum basilicum* L.)’İN VERİM VE KALİTESİNE ETKİSİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Tarla Bitkileri Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak oy birliği kabul edilmiştir. 23/07/2024

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Gülsüm YALDIZ
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Nazım ŞEKEROĞLU
Gaziantep Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Serkan URANBEY
Ankara Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. Arzu YILDIRIM
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Mahmut ÇAMLICA
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programda enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

.....
SEDEF ÖZLİMAN

ÖZET

**YAPRAKTAN UYGULANAN FARKLI GRAFEN OKSİT
NANOPARTİKÜL DOZLARININ ORGANİK VE KİMYASAL
GÜBRELERLE YETİŞTİRİLEN FESLEĞEN (*Ocimum basilicum* L.)'İN
VERİM VE KALİTESİNE ETKİSİ
DOKTORA TEZİ
SEDEF ÖZLİMAN
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GÜLSÜM YALDIZ)

BOLU, TEMMUZ - 2024

(XIX + 192)

Bu tez çalışmasında yapraktan uygulanan grafen oksit nanopartikül (nGO) dozlarının (100, 200, 300, 500 mg L⁻¹) ahır gübresi (A: 30 ton ha⁻¹) ve NPK (K: 90:60:60 kg ha⁻¹) ile yetiştirilen fesleğen (*Ocimum basilicum* L. var. *dino*)'in bazı tarımsal özelliklerine ve biyolojik aktivitesine etkileri incelenmiştir. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre tasarlanan araştırma 11 parselden oluşmuştur (Kontrol, A, K, A+nGO₁₀₀, A+nGO₂₀₀, A+nGO₃₀₀, A+nGO₅₀₀, K+nGO₁₀₀, K+nGO₂₀₀, K+nGO₃₀₀, K+nGO₅₀₀). İki yıllık araştırmada (2022-23) her yıl iki biçim alınmıştır. Verim öğeleri bakımından ahır gübresi uygulamaları daha üstün özelliklere sahip olmakla birlikte, nGO dozunun artışı ile tarımsal parametrelerde anlamlı ölçüde artış görülmüştür. En yüksek yeşil ve kuru herba verimi sırasıyla 28019 ve 4984 kg ha⁻¹ olarak 1. yılın A+nGO₅₀₀ uygulamasında saptanmış, bitki başına en yüksek yeşil herba (89.2 g), kuru herba (15.9 g), yeşil yaprak (57.5 g), kuru yaprak (10.8 g), yeşil dal (31.7 g) ve kuru dal (5.1 g) yine 1. yılın A+nGO₅₀₀ uygulamasında kaydedilmiştir. En yüksek ortalama uçucu yağ (UY) değeri (%69) 1. yılda bulunarak, kontrol grubu en yüksek orana sahip olmuş (%0.82) ve tarımsal özelliklerin aksine nGO dozunun artması ile UY oranlarında düşüş gerçekleşmiştir. GC/FID-MS analizi sonucu linalool (%48.8-57.92) UY'nin majör bileşeni olarak bulunmuştur. Öjenol (%16.62-26.24), 1,8-sineol (%5.11-10.66), *cis*- α -bergamoten (%3.37-8.05), γ -kadinen (%1.38-2.67) diğer önemli uçucu yağ bileşenleri olarak ortaya çıkmıştır. nGO uygulamalarının yaprak ekstre örneklerinde antioksidan aktiviteye etkisi bulunmaması ile birlikte UY örneklerinde anlamlı olup, en yüksek aktivite kontrol grubunda tespit edilmiştir. Ekstrelerin en yüksek DPPH ve FRAP aktiviteleri sırasıyla %88.35 ve 250.30 μ g TEs mg⁻¹, UY'nin aktiviteleri ise sırasıyla %68.22 ve 253.5 μ g TEs ml⁻¹ olarak tespit edilmiştir. En yüksek toplam fenolik madde ve flavonoid miktarları ise sırasıyla 96.09 μ g GAEs mg⁻¹ ve 8.78 μ g QEs mg⁻¹ olarak belirlenmiştir. FT-IR analizi sonucu kuru yapraklarda nGO kalıntısına rastlanmamıştır. Araştırmanın genel bulgularına göre, NPK, ahır gübresi ve nGO konsantrasyonlarının uygulanmasıyla fesleğenin tarımsal özellikleri olumlu yönde etkilenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Grafen oksit, Gübre, Nanopartikül, *Ocimum basilicum*, Uçucu yağ

ABSTRACT

THE EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF FOLIAR APPLICATION OF GRAPHENE OXIDE NANOPARTICLES ON THE YIELD AND QUALITY OF SWEET BASIL (*Ocimum basilicum* L.) CULTIVATED THROUGH ORGANIC AND CHEMICAL FERTILIZERS

PHD THESIS

SEDEF ÖZLİMAN

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF FIELD CROPS

(SUPERVISOR: PROF. DR. GÜLSÜM YALDIZ)

BOLU, JULY 2024

(XIX + 192)

In the current PhD thesis survey, the effects of various graphene oxide nanoparticle (nGO) doses (100, 200, 300, 500 mg L⁻¹) applied foliarly on some agronomic characteristics and biological activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L. var. *dino*) grown by using farmyard manure (A: 30 ton ha⁻¹) and NPK (K: 90:60:60 kg ha⁻¹) was investigated. The research was carried out as a randomized complete split plot in random blocks design and consisted of 11 parcels (Control, A, K, A+nGO₁₀₀, A+nGO₂₀₀, A+nGO₃₀₀, A+nGO₅₀₀, K+nGO₁₀₀, K+nGO₂₀₀, K+nGO₃₀₀, K+nGO₅₀₀). Two cuttings were done during two growing seasons (2022-23). Regarding agronomic characteristics, farmyard manure applications had consequential superiority than others. However, with the enhance in nGO doses, there was a significant increase in agronomic parameters. The highest fresh and dry herb yields were determined as 28019 and 4984 kg ha⁻¹, respectively, in the A+nGO₅₀₀ treatment in the 1st year. The highest amounts of fresh herb (89.2 g), dry herb (15.9 g), fresh leaf (57.5 g), dry leaf (10.8 g), fresh stem (31.7 g), and dry stem (5.1 g) per plant were also obtained from A+nGO₅₀₀ treatment in the 1st year. The highest volatile oil (VO) mean value was found in the 1st year (69%), and the control group had the highest content (0.82%). Contrary to agronomic characteristics, as the nGO doses increased, the VO contents reduced. Based on the GC/FID-MS analysis, linalool (48.8-57.92%) was found as the major component. Eugenol (16.62-26.24%), 1,8-cineole (5.11-10.66%), *cis*- α -bergamotene (3.37-8.05%), γ -cadinene (1.38-2.67%) were emerged as other main volatile components. Although nGO treatments had no effect on antioxidant activity in leaf extract samples, it was significant in VO samples. The highest activity was observed in the control group. The superlative DPPH and FRAP activities of the extracts were determined as 88.35% and 250.30 μ g TEs mg⁻¹, respectively, and the activities of the VO were 68.22% and 253.5 μ g TEs ml⁻¹, respectively. The highest total phenolic and flavonoid amounts of the extracts were specified as 96.09 μ g GAEs mg⁻¹ and 8.78 μ g QEs mg⁻¹, respectively. As a result of FT-IR analysis, no nGO residue was found in dry leaves. Based on the general findings of the research, the agronomic characteristics of sweet basil improved with the application of NPK, farmyard manure and nGO doses.

KEYWORDS: Graphene oxide, Manure, Nanoparticle, *Ocimum basilicum*, Volatile oil

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	xii
FOTOĞRAF LİSTESİ	xvi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xvii
TEŞEKKÜR	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1 Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i> L.).....	5
2.2 Organik ve Kimyasal Gübreler	21
2.3 Nanopartiküller ve Nano Grafen Oksit (nGO)	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM	35
3.1 Materyal.....	35
3.1.1 Denemede Kullanılan Bitki Materyali.....	35
3.1.2 Deneme Yeri ve İklim Özellikleri	36
3.1.3 Deneme Alanının Toprak Özellikleri	38
3.2 Yöntem	38
3.2.1 Deneme Deseni ve Uygulamalar	38
3.2.2 Bakım, Biçim Zamanı ve Yöntemi.....	42
3.2.3 Tarımsal Özellikler	42
3.2.4 Fenolojik Özellikler	44
3.2.5 Kimyasal Özellikler	45
3.2.6 Verilerin Değerlendirilmesi	52
4. BULGULAR	53
4.1 Tarımsal Özellikler	53
4.1.1 Bitki Boyu	53
4.1.2 Dal Çapı.....	58
4.1.3 Dal Sayısı.....	61
4.1.4 Boğum Sayısı.....	66
4.1.5 Yeşil Herba Verimi.....	68
4.1.6 Kuru Herba Verimi	74
4.1.7 Yeşil Herba Ağırlığı	79
4.1.8 Kuru Herba Ağırlığı	84
4.1.9 Yeşil Yaprak Ağırlığı	87

4.1.10	Kuru Yaprak Ağırlığı	93
4.1.11	Yeşil Dal Ağırlığı	96
4.1.12	Kuru Dal Ağırlığı	101
4.1.13	Kuru Yaprak Oranı	103
4.2	Fenolojik Özellikler	108
4.2.1	İlk Çıkış Zamanı (Gün)	108
4.2.2	Çıkışların %90'a Ulaştığı Zaman (Gün).....	109
4.2.3	Çiçeklenme Başlangıcına Kadar Geçen Zaman (Gün).....	109
4.3	Kimyasal Özellikler	109
4.3.1	Uçucu Yağ Oranı	109
4.3.2	Uçucu Yağ Bileşenleri (GC/FID-MS).....	114
4.3.3	Ekstre Verimi.....	142
4.3.4	DPPH Serbest Radikali Süpürücü Aktivite	143
4.3.5	Ferri İyonu Redükleme Antioksidan Gücü (FRAP).....	150
4.3.6	Toplam Fenolik Madde Miktar Tayini	156
4.3.7	Toplam Flavonoid Miktar Tayini	158
4.3.8	nGO Kalıntı Durumu	159
5.	TARTIŞMA	165
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	171
7.	KAYNAKLAR.....	175

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3. 1. Troloks standardına ait kalibrasyon grafiği ve regresyon denklemi.	49
Şekil 3. 2. Troloks standardına ait kalibrasyon grafiği ve regresyon denklemi.	50
Şekil 3. 3. Gallik asit standardına ait kalibrasyon grafiği ve regresyon denklemi.	51
Şekil 3. 4. Kuersetin standardına ait kalibrasyon grafiği ve regresyon denklemi.	52
Şekil 4. 1. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen bitki boyu değerleri (cm).	54
Şekil 4. 2. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen bitki boyu değerleri (cm).	56
Şekil 4. 3. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen bitki boyu değerleri (cm).	57
Şekil 4. 4. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen dal çapı değerleri (mm).	59
Şekil 4. 5. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen dal çapı değerleri (mm).	60
Şekil 4. 6. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen dal çapı değerleri (mm).	60
Şekil 4. 7. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen dal sayısı değerleri (adet b ⁻¹).	64
Şekil 4. 8. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen dal sayısı değerleri (adet b ⁻¹).	64
Şekil 4. 9. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen boğum sayısı değerleri (adet b ⁻¹).	66
Şekil 4. 10. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen boğum sayısı değerleri (adet b ⁻¹).	67
Şekil 4. 11. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen boğum sayısı değerleri (adet b ⁻¹).	68
Şekil 4. 12. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen yeşil herba verimi değerleri (kg ha ⁻¹).	72
Şekil 4. 13. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen yeşil herba verimi değerleri (kg ha ⁻¹).	72
Şekil 4. 14. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen kuru herba verimi değerleri (kg ha ⁻¹).	76
Şekil 4. 15. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen kuru herba verimi değerleri (kg ha ⁻¹).	76
Şekil 4. 16. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen yeşil herba ağırlığı değerleri (g b ⁻¹).	82
Şekil 4. 17. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen yeşil herba ağırlığı değerleri (g b ⁻¹).	82
Şekil 4. 18. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen kuru herba ağırlığı değerleri (g b ⁻¹).	86
Şekil 4. 19. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen kuru herba ağırlığı değerleri (g b ⁻¹).	86
Şekil 4. 20. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen yeşil yaprak ağırlığı değerleri (g b ⁻¹).	90
Şekil 4. 21. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen yeşil yaprak ağırlığı değerleri (g b ⁻¹).	90

Şekil 4. 22. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen kuru yaprak ağırlığı değerleri ($g\ b^{-1}$).....	94
Şekil 4. 23. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen kuru yaprak ağırlığı değerleri ($g\ b^{-1}$).	94
Şekil 4. 24. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen yeşil dal ağırlığı değerleri ($g\ b^{-1}$).....	99
Şekil 4. 25. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen yeşil dal ağırlığı değerleri ($g\ b^{-1}$).	99
Şekil 4. 26. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen kuru dal ağırlığı değerleri ($g\ b^{-1}$).....	102
Şekil 4. 27. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen kuru dal ağırlığı değerleri ($g\ b^{-1}$).	102
Şekil 4. 28. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).....	104
Şekil 4. 29. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).....	107
Şekil 4. 30. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).....	107
Şekil 4. 31. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).	110
Şekil 4. 32. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).....	112
Şekil 4. 33. <i>O. basilicum</i> 'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).....	113
Şekil 4. 34. Linalool bileşenine ait spektrum.....	115
Şekil 4. 35. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen mirsen değerleri (%).....	124
Şekil 4. 36. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen mirsen değerleri (%).	124
Şekil 4. 37. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen 1,8-sineol değerleri (%).....	126
Şekil 4. 38. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen 1,8-sineol değerleri (%).	126
Şekil 4. 39. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen bornil asetat değerleri (%).....	129
Şekil 4. 40. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen bornil asetat değerleri (%).....	130
Şekil 4. 41. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen <i>cis</i> - α -Bergamoten değerleri (%).	131
Şekil 4. 42. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen β -elemen değerleri (%).....	133
Şekil 4. 43. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen β -elemen değerleri (%).	133
Şekil 4. 44. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen α -terpineol değerleri (%).....	134
Şekil 4. 45. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen α -terpineol değerleri (%).....	135
Şekil 4. 46. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen germakren D değerleri (%).	136

Şekil 4. 47. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen germakren D değerleri (%).	136
Şekil 4. 48. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen γ -kadinen değerleri (%).	138
Şekil 4. 49. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen γ -kadinen değerleri (%).	138
Şekil 4. 50. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen epikubenol değerleri (%).	139
Şekil 4. 51. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen epikubenol değerleri (%).	140
Şekil 4. 52. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen öjenol değerleri (%).	141
Şekil 4. 53. <i>O. basilicum</i> ekstrelerinde biçimlere göre toplam fenolik madde miktarı ($\mu\text{g GAEs mg}^{-1}$).	157
Şekil 4. 54. <i>O. basilicum</i> ekstrelerinde biçimlere göre toplam flavonoid miktarı ($\mu\text{g QEs mg}^{-1}$).	158

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3. 1. <i>Ocimum basilicum</i> L. var. <i>dino</i> (fesleğen) bitkisinin özellikleri....	36
Tablo 3. 2. Denemenin yapıldığı bölgeye ait uzun yılların (1970-2022) bazı meteorolojik verileri.....	37
Tablo 3. 3. Deneme yıllarına ait bazı lokal meteorolojik veriler (2022-23).....	37
Tablo 3. 4. Deneme alanı toprağına ait fiziko-kimyasal özellikler (30 cm derinlik).	38
Tablo 3. 5. Denemeyi oluşturan uygulama sayısı ve açıklamaları.....	39
Tablo 3. 6. Denemede kullanılan ahır gübresinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri.	40
Tablo 3. 7. Denemede kullanılan nano grafen oksit (nGO*)'e ait bazı özellikler.	41
Tablo 3. 8. Denemede yıllara göre ekim, nGO uygulamaları ve biçim zamanları.	41
Tablo 4. 1. <i>O. basilicum</i> 'da bitki boyu ve dal çapı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.	53
Tablo 4. 2. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen bitki boyu ve dal çapı değerleri.	54
Tablo 4. 3. <i>O. basilicum</i> 'da bitki boyu ve dal çapı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.....	54
Tablo 4. 4. <i>O. basilicum</i> 'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen bitki boyu ve dal çapı değerleri.	55
Tablo 4. 5. <i>O. basilicum</i> 'da bitki boyu ve dal çapı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	55
Tablo 4. 6. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen bitki boyu ve dal çapı değerleri.....	56
Tablo 4. 7. <i>O. basilicum</i> 'da dal ve boğum sayısı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.	61
Tablo 4. 8. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen dal ve boğum sayısı değerleri.	62
Tablo 4. 9. <i>O. basilicum</i> 'da dal ve boğum sayısı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.....	62
Tablo 4. 10. <i>O. basilicum</i> 'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen dal ve boğum sayısı değerleri.....	63
Tablo 4. 11. <i>O. basilicum</i> 'da dal ve boğum sayısı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	63
Tablo 4. 12. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen dal ve boğum sayısı değerleri.....	64
Tablo 4. 13. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru herba verimi değerlerinin yıllara göre varyans analizi.....	69
Tablo 4. 14. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen yeşil ve kuru herba verimi değerleri.....	69
Tablo 4. 15. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru herba verimi değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.....	70
Tablo 4. 16. <i>O. basilicum</i> 'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru herba verimi değerleri.	70

Tablo 4. 17. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru herba verimi değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	71
Tablo 4. 18. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru herba verimi değerleri.....	71
Tablo 4. 19. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru herba ağırlığı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.....	79
Tablo 4. 20. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen yeşil ve kuru herba ağırlığı değerleri.....	80
Tablo 4. 21. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru herba ağırlığı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.....	80
Tablo 4. 22. <i>O. basilicum</i> 'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru herba ağırlığı değerleri.	81
Tablo 4. 23. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru herba ağırlığı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	81
Tablo 4. 24. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru herba ağırlığı değerleri.....	82
Tablo 4. 25. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.....	87
Tablo 4. 26. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerleri.....	87
Tablo 4. 27. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.....	88
Tablo 4. 28. <i>O. basilicum</i> 'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerleri.	88
Tablo 4. 29. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	89
Tablo 4. 30. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen bitki yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerleri.	90
Tablo 4. 31. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru dal ağırlığı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.....	96
Tablo 4. 32. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen yeşil ve kuru dal ağırlığı değerleri.....	96
Tablo 4. 33. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru dal ağırlığı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.....	97
Tablo 4. 34. <i>O. basilicum</i> 'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru dal ağırlığı değerleri.	97
Tablo 4. 35. <i>O. basilicum</i> 'da yeşil ve kuru dal ağırlığı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	98
Tablo 4. 36. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru dal ağırlığı değerleri.....	98
Tablo 4. 37. <i>O. basilicum</i> 'da kuru yaprak oranı değerlerinin yıllara göre varyans analiz.	104
Tablo 4. 38. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).....	104
Tablo 4. 39. <i>O. basilicum</i> 'da kuru yaprak oranı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.....	105
Tablo 4. 40. <i>O. basilicum</i> 'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).	105
Tablo 4. 41. <i>O. basilicum</i> 'da kuru yaprak oranı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.	106

Tablo 4. 42. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).....	106
Tablo 4. 43. İlk çıkış zamanı, ekimden %90 fide çıkışına ve çiçeklenme başlangıcına kadar geçen zaman.	108
Tablo 4. 44. <i>O. basilicum</i> 'da uçucu yağ oranı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.	110
Tablo 4. 45. <i>O. basilicum</i> 'da yıllara göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).	110
Tablo 4. 46. <i>O. basilicum</i> 'da uçucu yağ oranı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.....	111
Tablo 4. 47. <i>O. basilicum</i> 'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).....	111
Tablo 4. 48. <i>O. basilicum</i> 'da uçucu yağ oranı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.	111
Tablo 4. 49. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).....	112
Tablo 4. 50. <i>O. basilicum</i> 'un 1. yıl 1. biçim uçucu yağ bileşenleri.....	119
Tablo 4. 51. <i>O. basilicum</i> 'un 1. yıl 2. biçim uçucu yağ bileşenleri.....	120
Tablo 4. 52. <i>O. basilicum</i> 'un 2. yıl 1. biçim uçucu yağ bileşenleri.....	121
Tablo 4. 53. <i>O. basilicum</i> 'un 2. yıl 2. biçim uçucu yağ bileşenleri.....	122
Tablo 4. 54. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında mirsen değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	123
Tablo 4. 55. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen mirsen değerleri (%).....	123
Tablo 4. 56. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında 1,8-sineol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	125
Tablo 4. 57. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen 1,8-sineol değerleri (%).....	125
Tablo 4. 58. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında linalool değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	127
Tablo 4. 59. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen linalool değerleri (%).....	127
Tablo 4. 60. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında bornil asetat değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	128
Tablo 4. 61. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen bornil asetat değerleri (%).....	129
Tablo 4. 62. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında <i>cis</i> - α -bergamoten değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	130
Tablo 4. 63. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen <i>cis</i> - α -bergamoten değerleri (%).....	131
Tablo 4. 64. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında β -elemen değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	132
Tablo 4. 65. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen β -elemen değerleri (%).....	132
Tablo 4. 66. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında α -terpineol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	133
Tablo 4. 67. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen α -terpineol değerleri (%).....	134
Tablo 4. 68. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında germakren D değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.....	135

Tablo 4. 69. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen germakren D değerleri (%).	136
Tablo 4. 70. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında γ -kadinen değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.	137
Tablo 4. 71. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen γ -kadinen değerleri (%).	137
Tablo 4. 72. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında epikubenol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.	139
Tablo 4. 73. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen epikubenol değerleri (%).	139
Tablo 4. 74. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında öjenol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.	140
Tablo 4. 75. <i>O. basilicum</i> 'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen öjenol değerleri (%).	141
Tablo 4. 76. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre ekstre verimi değerlerinin varyans analizi.	142
Tablo 4. 77. <i>O. basilicum</i> 'da biçimlere göre ekstre verimi değerleri (%).	142
Tablo 4. 78. <i>O. basilicum</i> ekstre ve uçucu yağında biçimlere göre DPPH radikali süpürüm aktivitesi varyans analizi.	143
Tablo 4. 79. <i>O. basilicum</i> ekstre ve uçucu yağında biçimlere göre DPPH radikali süpürüm aktivitesi değerleri (%).	144
Tablo 4. 80. <i>O. basilicum</i> 'un 1. deneme yılına ait (2022) ekstrelerinde farklı derişimlere göre DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi [IC_{50} (mg mL ⁻¹)].	147
Tablo 4. 81. <i>O. basilicum</i> 'un 2. deneme yılına ait (2023) ekstrelerinde farklı derişimlere göre DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi [IC_{50} (mg mL ⁻¹)].	148
Tablo 4. 82. <i>O. basilicum</i> 'un 1. (2022) ve 2. (2023) deneme yılına ait uçucu yağlarında farklı derişimlere göre DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi [IC_{50} (mg mL ⁻¹)].	149
Tablo 4. 83. <i>O. basilicum</i> ekstre ve uçucu yağında biçimlere göre FRAP indirgeme gücü varyans analizi.	150
Tablo 4. 84. <i>O. basilicum</i> ekstre ve uçucu yağında biçimlere göre FRAP indirgeme gücü değerleri.	151
Tablo 4. 85. <i>O. basilicum</i> 'un 1. deneme yılına ait (2022) ekstrelerinde farklı derişimlere göre FRAP indirgeme gücü analizi [IC_{50} (mg mL ⁻¹)].	153
Tablo 4. 86. <i>O. basilicum</i> 'un 2. deneme yılına ait (2023) ekstrelerinde farklı derişimlere göre FRAP indirgeme gücü analizi [IC_{50} (mg mL ⁻¹)].	154
Tablo 4. 87. <i>O. basilicum</i> 'un 1. (2022) ve 2. (2023) deneme yılına ait uçucu yağlarında farklı derişimlere göre FRAP indirgeme gücü analizi [IC_{50} (mg mL ⁻¹)].	155
Tablo 4. 88. <i>O. basilicum</i> ekstrelerinde biçimlere göre toplam fenolik madde ve flavonoid miktarı değerlerinin varyans analizi.	156
Tablo 4. 89. <i>O. basilicum</i> ekstrelerinde biçimlere göre toplam fenolik madde ve flavonoid miktarı değerleri.	156

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3. 1. Deneme alanından bitki materyali görüntüsü.....	35
Fotoğraf 3. 2. Deneme alanından bitki materyali görüntüsü.....	35
Fotoğraf 3. 3. Deneme alanının uydu görüntüsü.	36
Fotoğraf 3. 4. Deneme alanından görüntü.....	39
Fotoğraf 3. 5. Tohum ekiminden görüntü.	41
Fotoğraf 3. 6. nGO uygulamalarından sonra parsellerde izlenen bitki gelişimi.	42
Fotoğraf 3. 7. Kurutma aşamasından görüntü.	43
Fotoğraf 3. 8. <i>O. basilicum</i> çıkış aşamasından görüntü.	45
Fotoğraf 3. 9. <i>O. basilicum</i> çiçeklenme aşamasından görüntü.	45
Fotoğraf 3. 10. <i>O. basilicum</i> uçucu yağı eldesinden görüntü.	46
Fotoğraf 3. 11. Kullanılan GC/MS cihazından görüntü.....	47
Fotoğraf 3. 12. GC/MS-FID analizlerine ait tipik kromatogram görüntüsü.	47
Fotoğraf 3. 13. <i>O. basilicum</i> ekstresi elde etme aşamalarından görüntü.	48
Fotoğraf 3. 14. <i>O. basilicum</i> ekstrelerinden çözelti elde etme aşamasından görüntü.	48
Fotoğraf 3. 15. DPPH serbest radikali süpürücü aktivite tespiti aşamasından görüntü a) Ekstre b) Uçucu yağ.....	49
Fotoğraf 3. 16. Toplam fenolik madde miktarı tespiti aşamasından görüntü. .	51
Fotoğraf 3. 17. Toplam flavonoid miktarı tespiti aşamasından görüntü.	51
Fotoğraf 4. 1. <i>O. basilicum</i> 'un 1. yılın 1. biçiminin kuru yaprak örneklerinde FT-IR spektrumları 1) Ktrl, 2) AG ₁ , 3) AG ₂ , 4) AG ₃ , 5) AG ₄ , 6) KG ₁ , 7) KG ₂ , 8) KG ₃ , 9) KG ₄	160
Fotoğraf 4. 2. <i>O. basilicum</i> 'un 1. yılın 2. biçiminin kuru yaprak örneklerinde FT-IR spektrumları 1) Ktrl, 2) AG ₁ , 3) AG ₂ , 4) AG ₃ , 5) AG ₄ , 6) KG ₁ , 7) KG ₂ , 8) KG ₃ , 9) KG ₄	161
Fotoğraf 4. 3. <i>O. basilicum</i> 'un 2. yılın 1. biçiminin kuru yaprak örneklerinde FT-IR spektrumları 1) Ktrl, 2) AG ₁ , 3) AG ₂ , 4) AG ₃ , 5) AG ₄ , 6) KG ₁ , 7) KG ₂ , 8) KG ₃ , 9) KG ₄	162
Fotoğraf 4. 4. <i>O. basilicum</i> 'un 2. yılın 2. biçiminin kuru yaprak örneklerinde FT-IR spektrumları 1) Ktrl, 2) AG ₁ , 3) AG ₂ , 4) AG ₃ , 5) AG ₄ , 6) KG ₁ , 7) KG ₂ , 8) KG ₃ , 9) KG ₄	163

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

%	: Yüzde
µl	: Mikrolitre
µM	: Mikro molar
adet b⁻¹	: Adet bitki ⁻¹
b ha⁻¹	: Bitki hektar ⁻¹
b/m²	: Bitki metrekaresine ⁻¹
cm	: Santimetre
D.K.	: Değişim katsayısı
da	: Dekar
dk	: Dakika
DPPH	: 1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil radikal süpürücü
dS m⁻¹	: DesiSiemens metre ⁻¹
EKGF	: En küçük güvenilir fark
FID	: Alev iyonlaşma dedektörü
FRAP	: Ferri iyonu indirgeyici antioksidan gücü
FW	: Taze ağırlık
g b⁻¹	: Gram bitki ⁻¹
g L⁻¹	: Gram litre ⁻¹
g	: Gram
GA	: Gallik asit eşdeğeri
GC-MS	: Gaz kromatografi kütle spektrometresi
GO	: Grafen oksit
ha	: Hektar
IC₅₀ / EC₅₀	: %50 İnhibisyon konsantrasyonu
k Pa⁻¹	: Kilopaskal ⁻¹
K₂O	: Potasyum oksit
kg da⁻¹	: Kilogram dekar ⁻¹
kg ha⁻¹	: Kilogram hektar ⁻¹
kg	: Kilogram
KO	: Kareler Ortalaması
L	: Litre

m z⁻¹	: M kütleyi, Z ise iyonların yük sayısını temsil eder
m	: Metre
Max.	: Maksimum
mg L⁻¹	: Miligram litre ⁻¹
mg mL⁻¹	: Miligram mililitre ⁻¹
mg	: Miligram
Min.	: Minimum
ml 100 L⁻¹	: Mililitre 100 litre ⁻¹
ml	: Mililitre
mM	: Milimolar
mm	: Milimetre
mMol	: Milimol
N	: Nitrojen
nGO	: Nano grafen oksit
nm	: Nanometre
NP	: Nanopartikül
<i>O. basilicum</i>	: <i>Ocimum basilicum</i> L.
°C	: Santigrat derece
Ort.	: Ortalama
P₂O₅	: Fosfor pentoksit
pH	: Hidrojen gücü / Toprak reaksiyonu
ppm	: Parts per million/Milyonda bir
QE	: Quercetin eşdeğeri
SD	: Serbestlik derecesi
t ha⁻¹	: Ton hektar ⁻¹
TE	: Troloks eşdeğer
Uyg.	: Uygulama
w w⁻¹	: Ağırlıkça %
µL	: Mikrolitre

TEŞEKKÜR

Tezimin gerçekleştirilmesinde, değerli tecrübelerini aktaran ve her aşamada zaman ayırıp kıymetli bilgileriyle çalışmamın başarıyla tamamlanmasına destek olan danışman hocam Sn. Prof. Dr. Gülsüm Yıldız’a şükranlarımı sunarım.

Tezimin arazi ve laboratuvar çalışmalarında her daim bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan Sn. Dr. Emir Soltanbeigi’ye teşekkür ederim.

Laboratuvar analizlerinde destek olan Sn. Prof. Dr. Cengiz Sarıkrk’ye, öğrencim İsmail Abdülkadir akır’a teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan kıymetli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu tez çalışmasını 1002-B modülü kapsamında 123O277 No’lu Proje ile destekleyen TÜBİTAK’a ve 2023-TDR-6.12.57-0005 No’lu Proje ile destekleyen Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi’ne teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

İnsanlık doğa olmadan yaşayamaz, çünkü doğanın bir parçasıdır. Günümüzde bitkiler insan sağlığında önemli bir rol oynamaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilere şifalı, tat verici ve koku verici özelliklerden dolayı yüzyıllarca kıymet verilmiştir. Ancak, modern asrın yapay/sentetik ürünleri uzun bir süre tıbbi bitkilerden daha çok rağbet görmüştür. Fakat son yıllarda, sentetiklere olan bağımlılık sona ermiş ve insanlar güvenlik ve emniyet umuduyla doğal olana geri dönmeye başlamıştır (Ahmed, 2019).

Tıbbi ve aromatik bitkiler, fitoterapi, aromaterapi, nutrasötikler, kozmesötikler ve hayvan sağlığı kullanımları gibi yeni kavramlarla kapsamı genişleyen “endüstriyel ürünler” haline gelmiştir. Yeni, yenilikçi, katma değerli uygulamalar, fonksiyonel gıdalarda, hayvancılıkta, tarımda, bitki korumada kullanımlarını içerir (Máthé, 2015). Tıbbi bitkiler, modern bir biyosentetik laboratuvarına kıyasla daha verimli olan alkaloidler, terpenoidler, fenolikler dahil olmak üzere binlerce farklı biyoaktif bileşeni sentezleme yeteneğine sahiptirler. Artık modern tıpta çok sayıda bitki kaynaklı aktif bileşik kullanılmaktadır ve bu bileşikler, modern terapötik kullanımları ile kaynak bitkilerin geleneksel kullanımı arasında pozitif bir korelasyon göstermektedir (Fabricant ve Farnsworth 2001; Pan vd., 2013).

Türkiye’deki bitki çeşitliliği, tıbbi ve aromatik bitkilerin tarih ve kültür açısından önemini anlamanın yolunu açmaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye bozkır, orman, maki, kayalık ve tuzlu bölgeler gibi farklı mikro iklim özelliklerine sahiptir. Türkiye’nin bitki zenginliği bu farklı jeolojik ve topoğrafik özelliklerden ve üç fitocoğrafik bölgenin kesiştiği noktada bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Dünya genelinde üretimi yapılan ve yaygın bir şekilde kullanılan tıbbi, aromatik ve baharat bitkisi olarak bilinen bitkilerden biri fesleğendir. Lamiaceae familyasına ait *Ocimum basilicum* L., mitolojide "Baharat Tanrısı" olarak kabul edilir ve özellikle mutfaktaki kullanımı vurgulanır (Machado vd., 2019). Yaygın şekilde tatlı fesleğen olarak adlandırılan *O. basilicum*, Asya, Afrika ve Güney Amerika bölgelerinden *Ocimum* cinsinin türlerinden biridir (Chenni vd., 2016; Altemimi vd., 2020). *O. basilicum*, yağların, proteinlerin yanı sıra C, E, K, A, β-

karoten, B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (niasin), B₅ (pantotenik asit), B₆, B₉ vitamini ve kolin içeren besin değeri yüksek bir bitkidir. Ayrıca Fe, Ca, Mg, P, Mn, Na, K ve Zn gibi mineraller ve uçucu yağlar, fenoller, flavonoidler, antosiyaninler ve tanenler gibi birçok sekonder metabolit içerir (Filip, 2017). *O. basilicum*'da bulunan fitokimyasal bileşenler olan alkaloidler, flavonoidler, fenoller, saponinler, tanenler, terpenoidler, kardiyak glikozitler, steroidler ve flobataninlerden dolayı (Gebrehiwot vd., 2015; Nguyen vd., 2021) bitkinin, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antiviral, antikanser, antifungal, antidiyabetik, antialerjik, analjezik, kardiyoprotektif ve immünomodülatör özelliklere sahip olma potansiyeli bulunmaktadır (Nguyen vd., 2021; Nadeem vd., 2022).

O. basilicum'dan elde edilen uçucu yağın biyolojik aktiviteleri arasında antimikrobiyal, antifungal, böcek kovucu, antioksidan, antikanser ve antiinflamatuvar aktiviteler bulunur. Bu biyolojik aktiviteler esas olarak linalool ve fenolik bileşiklere atfedilir (Mahmoudi vd., 2020).

Tarım sektörünün sürdürülebilir büyümesi, hastalığa dayanıklı ve iklime göre ayarlanmış yeni tohumlar, modern yönetim uygulamaları ve yeni tarım makineleri kullanılarak kaynakların korunması dahil olmak üzere gelişmiş, ölçeğe uygun ve çevre dostu teknolojilerin benimsenmesine kritik şekilde bağlıdır. Bu nedenle, tarımda yeni teknolojinin benimsenmesi, tarımsal büyümenin ve dolayısıyla kırsal yoksulluğun azaltılmasının merkezinde yer alır (Mottaleb, 2018). Üretimi arttıracak ve gıda israfını azaltacak yeni teknolojiler, devletlerin sürdürülebilir yaşam standartlarını korumak ve gıda güvenliğini iyileştirmek için önemlidir.

Nanoteknoloji, besin maddelerinin biyoyararlanımının indüklenmesiyle birlikte, oldukça iyileştirilmiş işlenebilir formda olağanüstü kalitede gıdaların üretilmesi için bir yol sağlayabilir (Abobatta, 2018; Axelos ve Van De Voorde, 2017; Dasgupta vd., 2015; Peters vd., 2016). Tarımda nanomalzemelerle ilgili gelişmekte olan birkaç alan, yayılan kimyasalların sayısını azaltmak, gübrelemedeki besin kayıplarını en aza indirmek ve hasare ve besin yönetimi yoluyla verimi arttırmak amacı gütmektedir (Prasad vd., 2017).

Azot-fosfor-potasyum (NPK) gibi mevcut gübrelerin zayıf termal stabilitesi, uygulanan gübrenin önemli bir kısmının toprağın kendisinde bozulmasına neden olur, böylece bitkiler için kullanılamaz hale gelir ve düşük verimli besin kullanımı sağlar (Kah vd., 2019; Gorbovskiy vd., 2017). Buna ek olarak, toprakta fotolitik

bozunma, hidrolitik bozunma ve mikrobiyal bozunma gibi işlemler, uygulanan zirai kimyasalın aktif bileşenlerinin hızlı bir şekilde kaybına yol açar (Nuruzzaman vd., 2016; Kah vd., 2018). Mevcut zirai kimyasal dağıtım sistemlerinin sınırlamaları dikkate alındığında, tarımsal kimyasalların aşırı uygulanmasını azaltmak, besin kayıplarının üstesinden gelmek, besinlerin biyoyararlanımını arttırmak ve genel olarak, mevcut tarımsal taşıyıcıların düşük verimlilik sorununu çözmek gibi sorumlulukları yerine getiren ileri ve yeni dağıtım sistemlerinin geliştirilmesi arzu edilir (Bhattacharya vd., 2022).

Nanopartiküler gübreler ve büyüme düzenleyicileri 100 nm'nin altında, ultra-minimal boyutları sayesinde stomalardan çok kolay geçerek, bitkinin minerallerden daha kolay ve fazla faydalanmasını sağlar (Liu ve Lal, 2016; Singh vd., 2017; Dağhan, 2017). Nanopartiküllerin bitki besin elementlerini bitkiye iletmeleri; besin elementinin nano malzemeler içine kapsüllenmesi, ince ve koruyucu polimer film ile kaplanması ve nano boyutlardaki partiküller veya emülsiyonlar halinde bitkiye taşınması şeklinde gerçekleşir (Nair vd., 2010; Cinisli vd., 2019).

Yapraktan uygulanan nanopartiküllerin, tarımsal üretimde bulunan önemli zorlukların giderilmesi için yeni yol olduğu düşünülmektedir. Yapraklara uygun dozlarda mikro ve makro besin püskürtmenin, geleneksel toprak-kök uygulama yöntemlerinin neden olduğu hasarı azaltabileceği tahmin edilmektedir (Hong vd., 2021).

Grafen gibi karbon nanomalzemeler, zirai kimyasal dağıtıma yönelik geleneksel yaklaşımlara göre yüksek yükleme ve yüksek soğurma kapasiteleri, çoklu yüzey modifikasyonları için geniş kapsam ve artan besin kullanım verimliliği ve dolayısıyla azaltılmış zirai kimyasal uygulama ile sonuçlanan yavaş ve sürekli salım yeteneği gibi bir dizi avantaj içerir (Hashemzadeh ve Raissi, 2020; Imani vd., 2018). Çeşitli oksijen grupları ihtiva eden grafen oksit (GO), ilkel grafene kıyasla nispeten daha yüksek çözünürlüğe sahiptir (May vd., 2021). Son yıllarda, nano-karbon açısından verimli maddelerden biri olan GO, bitki büyümesinin desteklenmesindeki potansiyel uygulaması nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Yang vd., 2022). Bununla birlikte, GO'nun bitkiler üzerindeki etkileri (olumlu veya olumsuz) üzerine yapılan çalışmalar tutarsız ve bazen çelişkilidir (Zhao vd., 2015; Zhang vd., 2021a). Oksidatif olarak değiştirilmiş bir grafen türevidir olan GO, yüzeyinde ve karbon atomu katmanlarının kenarlarında oksijen içeren gruplar taşır

(Liu vd., 2022). Fizikokimyasal ve yapısal özellikleri, yüksek spesifik yüzey alanı, suda iyi çözünürlüğü ve biyoafinitesi nedeniyle GO, ilaç dağıtımı, biyosensörler, enerji depolama, yeni malzemeler, kataliz ve çevresel iyileştirme dahil olmak üzere çeşitli alanlarda büyük potansiyele sahiptir (Ajala vd., 2022; Priyadharshini vd., 2022).

Yürütölmüş olan bu tez çalışmasında nanoteknoloji ürünü sayılan farklı dozlarda yaprağı pöskürtölen grafen oksit nanopartikölünün (nGO), ahır gübresi ve kimyasal gübre (NPK) uygulamalarıyla yetiştirilen tıbbi, aromatik ve baharat niteliğı taşıyan, ekonomik açıdan birçok ölkede geniş çapta üretimi yapılan ve farklı toplum ve költürlerde yaygın kullanım alanına sahip fesleğen (*O. basilicum* L.)'in bazı tarımsal parametreleri, fenolojik özellikleri ve biyolojik aktiviteleri üzerine etkileri iki yetiştirme sezonunda (2022-2023) incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)

Darrah (1974), *Ocimum* çeşitleri üzerinde yaptığı araştırmada, fesleğenin doğrudan tohum ekiminin yapılabilceğini ya da farklı yöntemlerle çoğaltılıp araziye şaşırtma yapılabilceğini, çoğu çeşidin 4-6 günde çimlendiğini ve çimlenmeden 14 hafta sonra da çiçeklenmeye başladığını bildirmiştir.

Akgül (1989), soğuk iklim koşullarına sahip Erzurum bölgesinde yetiştirilen *O. basilicum* uçucu yağ bileşimini incelediği çalışmada, linaloolün %45.7 oran ile ana bileşen olduğunu, diğer önemli bileşenlerin ise öjenol (%13.4), metil öjenol (%9.57), fensil alkol (%3.64) ve 1,8-sineol ve *cis*-osimen (%3.00) olduğunu, kemoçeşitliliğin ve çevre koşullarının uçucu yağların kimyasal bileşiminin değişkenliğine etki ettiğini bildirmiştir.

Keita vd. (2000), Gine Cumhuriyeti'nden toplanan *O. basilicum*, *O. gratissimum* ve *O. suave*'nin uçucu yağ bileşimini inceledikleri çalışmada, *O. basilicum* uçucu yağındaki linalool miktarının %69 olarak saptandığını bildirmişlerdir.

Jirovetz vd. (2001), Bulgaristan'da yetiştirilen *O. basilicum*'un uçucu yağını, kemotipini ve kalitesini inceledikleri çalışmada, uçucu yağdaki bornil asetat oranını %1.1 olarak saptamışlardır.

Lee vd. (2005), *O. basilicum*'da uçucu yağ bileşenlerinin mono ve seskiterpen hidrokarbonlar, oksijenli mono ve seskiterpenler, alifatik alkoller, aldehitler, esterler, ketonlar, asitler, aromatik bileşikler dahil olmak üzere benzer ve farklı bileşen sınıflarına ait olduğunu belirtmişlerdir.

Telci (2005), *O. basilicum* genotiplerinde uygun biçim yüksekliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptığı 2 yıllık çalışmada 3'er biçim gerçekleştirmiş ve 1. yılda 1037-1673 kg da⁻¹ yeşil herba verimi, 188-261 kg da⁻¹ kuru herba verimi, %0.59-0.95 uçucu yağ oranı elde etmiş, 2. yılda ise sırasıyla bu parametrelerin değerlerini 1296-1600 kg da⁻¹, 211-253 kg da⁻¹, %0.62-0.89 olarak saptamıştır. Ayrıca, en yüksek yeşil ve kuru herba ve kuru yaprak veriminin 2. biçimlerden elde edildiğini beyan etmiştir.

Carvalho Filho vd. (2006), biçim zamanının, sıcaklığın ve kurutma süresinin *O. basilicum* uçucu yağ verimi ve kimyasal bileşimi üzerindeki etkilerini

inceleyerek, linalool oranının %45.2-86.8 arasında değişiklik gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Erşahin (2006), Diyarbakır ekolojik koşullarında yetiştirilen *O. basilicum* popülasyonlarının agronomik ve kalite özelliklerini incelediğı çalışmada, dal sayısı değerlerini 10.67-27.47 adet b⁻¹ arasında bildirerek, dal sayısı ile biçim arasındaki interaksyonun önemli bulunduğunu ve 2. biçimden elde edilen ortalama dal sayısının (20.45 adet b⁻¹) 1. biçimden (12.26 adet b⁻¹) daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Politeo vd. (2007)'nin *O. basilicum* uçucu yağıyla serbest uçucu aglikonların kimyasal bileşimini ve DPPH ve FRAP analizi kullanarak antioksidan kapasitesini karşılaştırdıkları çalışmada, uçucu yağın ve sentetik antioksidan olan bütillenmiş hidroksitolüenin (BHT) benzer kapasiteler gösterdiğini (EC₅₀: 1.378 g l⁻¹ ve 0.908 g l⁻¹), uçucu aglikonların kapasitesinin ise önemli ölçüde daha düşük (EC₅₀: 3.338 g l⁻¹) olduğunu bildirmişlerdir. DPPH yöntemi, serbest uçucu aglikonların, uçucu yağ ve BHT ile karşılaştırılabilir düzeyde, ancak saf öjenolden daha az antioksidan özelliklere sahip olduğunu göstermiş ve FRAP yöntemiyle elde edilen sonuçlar ise, serbest uçucu aglikonların uçucu yağ ve BHT'ye göre daha az etkili antioksidanlar olduğunu tespit etmişlerdir.

Uzun (2007), *O. basilicum* ve *Origanum vulgare* türlerinin bazı özelliklerinin tespiti üzerine yaptığı çalışmada, Samsun şartlarında 4 *O. basilicum* popülasyonunu inceleyerek, kuru yaprak oranı değerlerini %14.3-68.28 aralığında belirlemiştir. Çalışmada, uçucu yağ oranının %0.35-0.95 arasında değiştii de vurgulanmıştır.

Hussain vd. (2008)'nin yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar olmak üzere dört mevsime göre büyüme varyasyonlarında *O. basilicum* toprak üstü kısımlarından elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşimi, antioksidan (DPPH) ve antimikrobiyal aktivitelerini inceledikleri çalışmada, kış ve ilkbahar mevsiminden elde edilen *O. basilicum* uçucu yağlarının, sırasıyla 4.8 ve 5.3 µg mL⁻¹ EC₅₀ değerleri sergileyerek sonbahar ve yaz aylarında (6.0 ve 6.7 µg mL⁻¹) toplananlara göre daha fazla ve linalool bileşeninin toplam uçucu yağdan daha düşük (EC₅₀: 16.4 µg mL⁻¹) antioksidan aktivite sergilediğini, yüksek linalool (%56.7) oranına sahip uçucu yağın daha yüksek DPPH radikali süpürüm aktivitesi gösterdiğini bildirmişlerdir.

Klimánková vd. (2008), konvansiyonel ve organik koşullarda yetiştirilen beş *O. basilicum* çeşidinin aroma profillerini inceledikleri çalışmada, uçucu yağdaki 1,8-sineol oranının %3.1-20.2 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Seidler-Łożykowska vd. (2008), Finlandiya’da (Mikkeli) yetiştirilen ve hava ile kurutulmuş fesleğen yapraklarının ağırlığının ‘Kasia’ çeşidi için sırasıyla 126.0 ve 267.0 g.m⁻² ve ‘Wala’ çeşidi için 131.9 ve 295.0 g.m⁻² olduğunu tespit etmişlerdir.

Benedec vd. (2009), Romanya’da yetiştirilen *O. basilicum* bitkisinin uçucu yağlarının kimyasal yapısını inceledikleri çalışmada, tespit edilen bornil asetat miktarının %0.11-0.76 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Chang vd. (2009), *O. basilicum* yapraklarındaki uçucu yağların gün içerisindeki değişimini araştırdıkları çalışmada, uçucu yağdaki öjenol miktarının %5.51-13.33 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Omidbaigi vd. (2010), diploid ve tetraploid *O. basilicum* bitkileri arasındaki büyüme özelliklerini, uçucu yağ içeriğini ve kompozisyon farklarını araştırdıkları çalışmada, diploid bitkilerde %5.82, tetraploid bitkilerde ise %7.13 oranında *cis*- α -bergamoten saptamışlardır.

Brada vd. (2011), Cezayir’de yetişen *O. basilicum* ve *O. gratissimum*’un toprak üstü kısımlarından hidrodistilasyon ile izole edilen uçucu yağların bileşenlerini incelemişler ve uçucu yağların sırasıyla %99.4 ve %97.7’sini oluşturan toplam 46 ve 43 bileşen tanımlanmıştır. *O. basilicum* uçucu yağının, ana bileşenler olarak linalool (%44.7), linalil asetat (%14.0), 1,8-sineol (%6.7), mirsen (%5.6), α -terpineol (%5.1), geranil asetat (%4.0), alloosimen (%2.4), neril asetat (%2.4), elemol (%2.1) ve β -karyofillen (%1.3) içerdiğini, *O. gratissimum* uçucu yağındaki başlıca bileşenlerin ise öjenol (%54.8), β -elemen (%10.9), 1,8-sineol (%4.1), α -humulen (%3.8), linalool (%2.1) ve α -amorfen (%2.1) olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonunda *O. basilicum*’un linalool/linalil asetat açısından ve *O. gratissimum*’un ise öjenol açısından zengin olduğunu ifade etmişlerdir.

Khelifa vd. (2012)’nin *O. basilicum*’un Cezayir çeşidi üzerinde yaptıkları çalışmada, uçucu yağın (DPPH) antioksidan aktivitesini incelemişler ve sonuçta DPPH’ın %50’sini temizlemek için gereken uçucu yağ konsantrasyonunun, E vitamininkinden (22.0 mg ml⁻¹) 83.54 mg ml⁻¹ daha düşük olduğunu ve bu nedenle doğal bir antioksidan madde olarak görev yapabileceğini bildirmişlerdir.

Wesołowska vd. (2012), üç *O. basilicum* çeşidinin uçucu yağ bileşimlerini inceledikleri 2 yıllık çalışmada, uçucu yağdaki β -elemen miktarının %0.19-0.59, γ -kadenen miktarının %1.11-2.22 arasında olduğunu saptamışlardır.

Bazaid vd. (2013), Taif Bölgesi'ndeki bazı aromatik bitkilerin uçucu yağ içeriklerini inceledikleri çalışmada, farklı lokasyonlardan elde edilen *O. basilicum*'a ait uçucu yağ içeriğinde öjenol oranının %10.26-16.67 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Nassar vd. (2013), *O. basilicum* üzerinde yaptıkları botanik çalışmalar sonucu, bitkilerin 16 haftalık sürede ana gövdede maksimum boğum arası sayıya ulaştığını (8.5) ve ana gövdede boğum arası sayısındaki artışın, bitki boyu ve ana gövde uzunluğu ile bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, bitki başına düşen yeşil yaprak ağırlığını da incelemişler ve 10 haftalık bitkilerdeki ağırlığın 18.08 g, 12 haftalık bitkilerin 45.83 g ve 14 haftalık bitkilerin ise 158.16 g olduğunu tespit etmişler ve bitki başına taze ağırlıktaki yaprakların büyüme modelinin, toplam yaprak alanının yanı sıra yaprak sayısı ile da orantılı olduğunu belirtmişlerdir.

Özcan (2014), seçilmiş *O. basilicum* genotiplerinin biçim zamanlarına göre bazı verim özelliklerini ve uçucu yağ oranlarını incelediği çalışmada, bazı fesleğen genotiplerinde, ortalama bitki boyu değerlerinin 1. biçimde (43.2 cm) 2. biçime göre (41 cm) daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Beatović vd. (2015), Sırbistan'da yetiştirilen on iki *O. basilicum* çeşidinin uçucu yağlarının kimyasal bileşimini inceledikleri çalışmada, uçucu yağda tespit edilen mirsen oranının %0.1-1.4 arasında olduğunu, 1,8-sineol, linalool ve öjenol oranlarının türlere göre farklılık göstererek sırasıyla %0.1-14.3, %0.2-58.6 ve %0.8-16.2 arasında değerler aldığını, bornil asetat oranının %0.1-1.5, β -elemen oranının %0.2-3, α -terpineol oranının %0.3-1.4, germakren D oranının %0.4-6.2, γ -kadenen oranının %1.3-3.4, 1,10-di-epi-kubenol oranının ise %0.3-3 arasında olduğunu rapor etmişlerdir.

Cheliku vd. (2015), Arnavutluk'ta yetişen beş *O. basilicum* çeşidinin uçucu yağ bileşimini inceledikleri çalışmada, bornil asetat miktarının %0.10-1.58 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Walters ve Currey (2015), topraksız serada fesleğen üretiminde sistemlerin ve çeşitlerin karşılaştırmasını yaptıkları çalışmada, fesleğen çeşitlerinde ana gövde üzerinde en yüksek boğum sayısının 7.6, en düşük boğum sayısının ise 3.8 adet olduğunu vurgulamışlardır.

Yaldiz vd. (2015), açık alanda ve kivi plantasyonları altında veya arasında yetiştirilen yeşil ve mor *O. basilicum* bitkilerini karşılaştırmışlar ve her iki deneme yılında da en yüksek yeşil ve kuru herba veriminin açık tarla koşullarındaki yeşil fesleğenden elde edildiğini bildirmişlerdir. *O. basilicum* uçucu yağ ana bileşenlerinin metil sinamat ve linalool olduğunu, en yüksek oranın ise açık tarla koşullarındaki yeşil fesleğende saptandığını, çalışmanın 1. yılında uçucu yağ içeriğinin %0.69-1.83, 2. yılında ise %0.47-1.63 arasında saptandığını belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada, yeşil herba veriminin farklı biçimlerde 516.3-2988.0 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Badakhshan ve Sedighi Dehkordi (2016)'nin yaptığı çalışmada, fesleğen bitkisinin büyümesi, verimi ve bazı morfolojik özellikleri üzerine topraksız yetiştirme (hidroponik) ve toprak kültürü yönteminin etkisinin karşılaştırılması sonucu, toprakta yetiştirilen bitkilerin boyunun (1. Biçim: 13 cm ve 2. Biçim: 17 cm), dal çapının (1. Biçim: 1.86 mm ve 2. Biçim: 2.54 mm) ve veriminin (1. Biçim: 272 g m² ve 2. Biçim: 397 g m²) 2. biçimde daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

Farouk vd. (2016)'nin *O. basilicum* üzerinde yaptıkları çalışmada, Mısır kemotipine ait uçucu yağın (IC₅₀: 0.21 mg ml⁻¹), Medine kemotipine ait uçucu yağdan (IC₅₀: 4.04 mg ml⁻¹) daha yüksek DPPH radikali süpürme aktivitesi sergilediğini ve Mısır kemotipi uçucu yağının, sentetik antioksidan olan Tert-bütillhidrokinon (TBHQ) (%98.8) ile karşılaştırıldığında %86.9 oranında antioksidan aktivite ortaya çıkardığını tespit etmişlerdir.

Naidu vd. (2016)'nin *O. basilicum* ekstrelerinde kimyasal bileşenleri ve antioksidan aktiviteleri araştırdıkları çalışmada, ham ekstrelerin toplam fenolik bileşenlerini Folin Ciocalteu kullanarak 45.38 ± 0.66 mg gallik asit eşdeğeri g⁻¹ olarak bulmuşlardır. Çalışma sonucunda DPPH radikali süpürme aktivitesinin artan konsantrasyonlarla arttığını ve 22 µg ml⁻¹ IC₅₀ değeriyle, %73.75 olduğunu saptamışlardır.

Aburigal vd. (2017)'nin farklı bölgelerden alınan altı *O. basilicum* çeşidinin yaprak ekstrelerinde toplam fenolik madde miktarını (Folin Ciocalteu reaktifi ile) ve antioksidan kapasitesini (DPPH) inceledikleri çalışmada, antioksidan aktivitenin %69.33-89.22 arasında değiştiğini, en yüksek ve en düşük aktivitenin sırasıyla Maldivler ve Tayland çeşitlerinde olduğunu ve antioksidan aktivitenin ise muhtemelen yüksek metil öjenol (%3.68)'den kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Çalışmada ekstrelerin toplam fenolik madde miktarının ise 0.408-0.881 mg GAE g⁻¹ arasında değiştiğini ve en yüksek ve en düşük fenolik madde miktarının sırasıyla Maldivler ve Tayland çeşitlerinde görüldüğünü belirtmişlerdir.

Çamlıca ve Yıldız (2017), *O. basilicum* bitkisinin artan farklı tuz konsantrasyonlarına tepkisini belirlemişlerdir. Sonuçlara göre farklı tuz konsantrasyonlarının çimlenme sayısı ve oranını, sürgün ve kök uzunluğunu etkilediğini, en yüksek çimlenmenin 20 mM tuz uygulamasında, en düşük çimlenmenin ise 240 mM tuz uygulamasında elde edildiğini bildirmişlerdir.

Egata vd. (2017)'nin Etiyopya *O. basilicum* aksesyonlarının tarımsal ve biyokimyasal değişkenliği üzerine yaptıkları incelemelerde, yeşil yaprakların ağırlığının 31.1 ila 344.4 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, hava ile kurutulmuş yaprakların ağırlığının 4.0 ila 60.6 g arasında değiştiğini ve bu ağırlığın genotipe bağlı olduğunu, yeşil dal ağırlığının ise 42.89 g ila 229.26 g arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Günay ve Telci (2017), Isparta ekolojik koşullarında bazı *O. basilicum* genotiplerinin verim ve kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, 2 deneme yılından elde edilen verileri karşılaştırmışlar ve toplam kuru herba verimlerinin 1. yılda 252.8-893.0 kg da⁻¹, 2. yılda ise 156.4-729.1 kg da⁻¹ arasında olduğunu, yeşil ve kuru herba verimlerinin vejetasyon süresince biçim sayılarıyla ilgili olduğunu ve sıcak bölgelerde biçim sayısının artması sebebiyle verimlerin de yüksek olabileceğini bildirmişlerdir.

Karaca vd. (2017)'nin, bazı *O. basilicum* popülasyonlarının herba verimi ve uçucu yağ içeriğinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, uçucu yağ oranının %0.25-1.06 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Muráriková vd. (2017), *O. basilicum*'un yedi çeşidi üzerinde saksı kültürlerinde uçucu yağ bileşimini inceledikleri çalışmada, uçucu yağlarda öjenol miktarını %0.83-33.50 arasında tespit etmişlerdir.

Naldan (2017), Erzurum koşullarında *O. basilicum* genotiplerinde biçim döneminin verime etkisini incelediği çalışmada, en yüksek kuru yaprak verimini tam çiçeklenme döneminde yapılan biçimde 218.5 kg da⁻¹ olarak bildirmiştir.

Padalia vd. (2017)'nin, Kuzey Hindistan'daki *O. basilicum* aksesyonlarının üretkenliğini ve uçucu yağ kalitesini değerlendirdikleri çalışmada, en yüksek yeşil herba verimini 250.7 k ha⁻¹ olarak bildirmişlerdir.

Stanojevic vd. (2017), *O. basilicum* uçucu yağının kimyasal bileşimini, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesini inceledikleri çalışmada, DPPH süpürüm aktivitesini IC₅₀: 2.38 mg ml⁻¹ olarak saptamışlardır. İki çalışma kıyaslandığında linalool (%28.6-%31.6) ve metil kavikol (21.7-%23.8) içeriklerinin yakın olduğunu, fakat aktivitenin yüksek olduğu çalışmadaki öjenol (%5.9-%0.1) içeriğinin çok daha yüksek olduğunu bildirmişler ve yüksek aktiviteyi yüksek öjenol oranına atfetmişlerdir.

Toncer vd. (2017), yarı kurak çevre koşullarında farklı fenolojik aşamalarda *O. basilicum*'un uçucu yağ bileşimini inceledikleri çalışmada, uçucu yağdaki *cis*- α -bergamoten oranının %1.01-3.58 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Badakhshan vd. (2018), topraksız sistemde bitki sıklığı (1 m²'de 150, 200 ve 250 bitki) ve çeşitlerin *O. basilicum*'un morfoloji, verim ve kalite özelliklerine etkisini inceleyerek, yeşil yaprak ağırlığını 3.09-5.84 g b⁻¹ arasında bildirmişlerdir. Ayrıca, bu araştırmacılar iki biçimin verilerini karşılaştırarak m² başına 150 bitki sıklığının 2. biçiminde en yüksek yeşil yaprak ağırlığını kaydetmişlerdir. Çalışmada, yeşil dal ağırlığını 2.1-3.06 g b⁻¹ arasında bildirmişler ve 2. biçimde elde edilen yeşil dal ağırlığı değerlerinin 1. biçime göre daha yüksek olduğunu kaydetmişlerdir.

Binesh vd. (2018), *O. basilicum*'a ait yirmi iki çeşidin tohumlarının 8, 15, 20, 25, 30, ve 35 °C sıcaklıklarda çimlenme oranını inceledikleri çalışmada, çimlenme için optimum sıcaklık aralığının sırasıyla 19.10-27.78 ve 20.32-29.89 °C olduğunu, en yüksek çimlenme oranının 25 °C'de görüldüğünü ve İsfahan III çeşidinin tüm sıcaklıklarda en yüksek çimlenme oranını gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Gavrić vd. (2018), *O. basilicum* var. *Genovese*'de taze herba ağırlığının bitki başına 182.13 g (2. biçim) ile 283.16 g (1. biçim) arasında değiştiğini, toplam fenolik madde miktarının biçimlerden etkilenecek 29.51 (1. biçim) ile 36.68 mg GAE g⁻¹ (2. biçim) arasında değiştiğini, toplam flavonoid miktarının da biçimlerden etkilenecek 27.78 mg (1. biçim) ile 33.79 mg CAE g⁻¹ (2. biçim) arasında değerler aldığını ve en yüksek flavonoid miktarının 2. biçimden elde edildiğini tespit etmişlerdir. Demir indirgeme gücü testi ile de (FRAP) biçim zamanına bağlı olarak antioksidan potansiyelde anlamlı farklılık kaydedildiğini, 2. biçimde antioksidan değerlerinin daha yüksek olduğunu, biçim zamanı, toplam fenol içeriği ve

antioksidan kapasite (0.840) ile toplam flavonoid içeriği ve antioksidan kapasite (0.925) arasında güçlü bir korelasyon bulunduğunu bildirmişlerdir.

Mohamadnia vd. (2018)'nin sulama aralığının ve silikonun *O. basilicum*'un bazı morfo-fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada sulama aralıklarının artmasıyla birlikte dal çapı azalırken, verilerin 1.68-3.43 mm arasında kaydedildiğini bildirmişlerdir.

Ahmed vd. (2019), üç farklı lokasyondan elde edilen *O. basilicum*'un yaprak ve saplarından elde edilen uçucu yağların ve etanol ekstraktlarının kimyasal bileşimlerini ve antioksidan aktivitelerini değerlendirmişler ve GC-MS ile uçucu yağ bileşenlerini linalool, estragol, metil sinamat, bisikloeskifellandren, ökaliptol, α -bergamoten, öjenol, γ -kadinen ve germakren D olarak tespit etmişlerdir. Ekstrelerin önemli seviyelerde toplam fenolik madde içerdiklerini ve uçucu yağlardan daha yüksek DPPH radikali yakalama kapasitesi sergilediklerini bildirmişler, en yüksek toplam fenolik madde miktarı (82.45 mg PE g⁻¹) ve maksimum radikal yakalama aktivitesinin 1.29 mg mL⁻¹ IC₅₀ değeri ile Minia lokasyonundan elde edilen *O. basilicum* ekstresinde olduğunu raporlamışlardır. Çalışma sonucunda, Minia lokasyonundan elde edilen *O. basilicum* uçucu yağının, 11.23 mg mL⁻¹ IC₅₀ değeri ile DPPH radikali süpürmede en yüksek aktivite gösterdiği ve en yüksek fenolik içeriğe (41.3 mg PE g⁻¹) sahip olduğu bildirilmiştir.

Aburjai vd. (2019), Ürdün'de serada yetiştirilen *O. basilicum*'un yapraklarından elde edilen uçucu yağın verimini %0.50 (w w⁻¹) bulmuşlar ve GC-MS ile bileşenlerini inceleyerek, uçucu yağın %97.80'ini temsil eden 31 bileşen tespit etmişler, ana bileşenlerin ise linalool, öjenol, ökaliptol, hinesol, trans- α -bergamoten ve γ -kadinen olduğunu bildirmişlerdir.

Ilić vd. (2019), Sırbistan'daki *O. basilicum* çeşitlerinin uçucu yağlarının kimyasal bileşimini inceledikleri çalışmada, tüm çeşitlerin uçucu yağlarında ana bileşen olarak monoterpenik alkol olan linalool (%13.68-40.97) saptamışlar ve öjenol (%0.62-10.83), α -bergamoten (%8.12-9.25), epi-bisikloeskifellandren (%7.03-8.70), 1,8-sineol (%2.12-6.20), metil kavikol (%4.13-7.92), β -elemen (%2.63-4.47), geraniol (%0.49-4.80), α -terpineol (%0.48-0.91) gibi bileşenler de tespit etmişlerdir. Çalışmada germakren D bileşenini tek çeşitte saptayarak, oranının %3.42 olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, incelenen tüm uçucu yağların ana bileşen sınıfları seskiterpen hidrokarbonlar (%24.27-38.39), oksijenli monoterpenler (%25.44-52.07) ve fenilpropanoidler (%10.93-17.43) olarak

belirlenerek, monoterpen hidrokarbonlar ve oksijenli seskiterpenlerin de düşük miktarlarda (<%10) mevcut olduğunu bildirmişlerdir.

Vînătoru vd. (2019), *O. basilicum* genotiplerine ait farklı karakterleri inceledikleri çalışmada, dal çapı değerlerinin 1-2.4 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Akyüz (2020), Çukurova koşullarında iki fesleğen (*O. basilicum*) çeşidinin farklı dikim zamanlarındaki verim ve kalite özelliklerini incelediği çalışmada, en yüksek ortalama yeşil herba ağırlığının 64.07 g b⁻¹ olduğunu, bunu 21.79 g b⁻¹ değerinin izlediğini rapor etmiştir. Çalışmada, en yüksek kuru herba ağırlığı değerinin ise 13.99 g b⁻¹ olduğu, bunu 3.76 g b⁻¹ değerinin izlediği görülmüştür. Dikim zamanlarına göre, en yüksek yeşil yaprak ağırlığının 18.70 g b⁻¹ olarak 1 Nisan dikim zamanından, en düşük ağırlığın ise 9.72 g b⁻¹ olarak ise 30 Nisan dikim zamanından elde edildiği raporlanmıştır. Kuru yaprak ağırlığı değerleri incelendiğinde ise en yüksek ağırlığın 3.55 g b⁻¹ olduğunu, bunu 1.66 g b⁻¹ değerinin izlediğini, en yüksek kuru yaprak ağırlığının 3.07 g b⁻¹ olarak 1 Nisan dikim zamanından, en düşük ağırlığın ise 1.93 g b⁻¹ olarak 30 Nisan dikim zamanından elde edildiğini, en yüksek yeşil dal ağırlığı değerinin 14.61 g b⁻¹ olduğunu, bunu 9.06 g b⁻¹ değerinin izlediğini, en yüksek yeşil dal ağırlığının 13.51 g b⁻¹ olarak 1 Nisan dikim zamanından, en düşük ağırlığın ise 10.86 g b⁻¹ olarak 30 Nisan dikim zamanından elde edildiğini bildirmiştir. En yüksek kuru dal ağırlığı değerinin 3.41 g b⁻¹ olduğunu dikim zamanlarına göre, en yüksek kuru dal ağırlığının 2.58 g b⁻¹ olarak 1 Nisan dikiminde, en düşük değerin ise 2.22 g b⁻¹ olarak 15 Nisan dikiminde görüldüğü belirtilmiştir.

Balanescu vd. (2020)'nin "Aromat de Buzau" (*O. basilicum*) ve "Macedon" (*O. citriodorum*) Ocimum melezlerinin ekstrelerinde toplam fenolik ve flavonoid profillerini araştırdıkları çalışmada, ana flavonoidin "Aromat de Buzau" metanolik ekstresinde en yüksek miktarda (26.18 mg kg⁻¹) bulunan naringin olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca "Aromat de Buzau" çeşidinin metanolik ekstresi %68±0.98'lik oranla DPPH radikali süpürüm aktivitesi gösterirken, etanolik ekstrenin %60±0.85'lik daha düşük bir aktivite gösterdiğini, "Macedon" çeşidinin metanolik ekstresinin %73±0.88'lik aktivite gösterirken, etanolik ekstrenin %72±0.73'lük aktivite gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Corrado vd. (2020), *O. basilicum*'da iki biçimden elde edilen yaprakların biyokütle, fizyoloji, besin kullanım verimliliği ve antioksidan kapasitesindeki

farklılıklarını incelemişler ve yaprak metabolit profilindeki değişiklikleri ortaya çıkarmak için metabolomik analiz yapmışlardır. Çalışma sonucunda verilerin, biçimin verim (-%20), nitrojen kullanım verimliliği (-%21), antioksidan kapasitesi (-%16) ve yapraklardaki nitrat içeriği (+%48) gibi bazı kalite özellikleri de dahil olmak üzere araştırılan parametrelerin çoğunu etkilediğini gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca iki biçimden elde edilen yapraklarda, fenilpropanoidlerde genel bir azalma ve terpenoidlerde artış ile karakterize edilen biyoaktif bileşiklerin profilinde önemli değişiklikler meydana geldiğini raporlamışlardır. Çalışmada, ilk biçimden sonra, biyokütle tahsisinin daha çok gövde büyümesine yönelik olduğunu, aynı zamanda sırasıyla daha yüksek yaprak sayısı ve gövde kuru ağırlığının görüldüğünü ve dallanmanın ve gövde kalınlığının da arttığını bildirmişlerdir.

Do vd. (2020), *O. basilicum* yapraklarında fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için metanol, etanol, aseton ve damıtılmış su kullanmışlar ve test edilen solventler arasında metanolün ekstraksiyon için en güçlü solvent olduğunu bildirerek, optimum koşulların, metanol/numune oranının 44.6 mL g⁻¹, metanol konsantrasyonunun %39, 4.49 mg GAE g⁻¹ DW'lik maksimum toplam fenolik madde için 90.7°C ekstraksiyon sıcaklığı ve 3.15 saatlik ekstraksiyon süresi olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada, *O. basilicum* yaprak ekstresinin, 285.36 mg mL⁻¹'lik IC₅₀ değerinde DPPH radikali temizleme yeteneği gösterdiği ve yüksek bir antioksidan kapasiteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Kalamartzis vd. (2020), su stresinin beş *O. basilicum* çeşidine etkisini inceledikleri çalışmada, su stresinin yeşil ve kuru ağırlığı, ayrıca kuru maddenin yapraklara, çiçeklere ve gövdelere bölünmesini etkilediğini belirlemişlerdir. Çalışmada, su kısıtından etkilenmeyerek yüksek miktarda kuru madde ve uçucu yağ verimi gösteren çeşitlerin “Mrs Burns” ve “Sweet” olduğu, uçucu yağ içeriğinin sulamadan etkilenmediği; ancak uçucu yağ veriminin sulamadan etkilendiği ve en yüksek değerlerin “Mrs Burns” çeşidinde tespit edildiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, su kullanım etkinliğinin çeşit ve sulama seviyesinden etkilenmiş olduğu ve en yüksek etkinliğin “Mrs Burns” çeşidinde olduğu raporlanmıştır.

Mohammed vd. (2020)'nin Sudan'da yetişen *O. basilicum* ve *Pulicaria undulata*'nın herbalarından elde edilen uçucu yağların kimyasal profili, antiproliferatif, antioksidan ve enzim inhibisyon aktivitelerini inceledikleri çalışmada, *O. basilicum* uçucu yağlarının daha yüksek toplam antioksidan aktivite (16.72±0.95 mmol TEs g⁻¹), iyon azaltma gücü (86.30±2.80_{FRAP} ve

115.31±2.03^{CUPRAC} mg TES g⁻¹) ve metal şelatlama (21.08±3.45 mg disodyum edetat eşdeğerleri g⁻¹) yeteneği gösterdiği belirtilmiştir.

Tursun ve Telci (2020), *O. basilicum*'u (Mor fesleğen) iki sıcaklık seviyesinde (26-16 °C ve 29-19 °C) ve dört farklı CO₂ konsantrasyonunda (400, 600, 800 ve 1000 ppm) yetiştirmişler, yerel Arapgirlandrace'in uçucu yağ ana bileşenlerinin metil (Z)-sinnamat ve linalool olduğunu belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, sıcaklığın toplam fenilpropanoid içeriğini artırdığını, metil sinnamatın sıcaklıkla önemli ölçüde değişmezken, linalool içeriğinin düşük sıcaklıklarda daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Her iki sıcaklık koşulunda da toplam fenilpropanoid içeriğinin 800 ppm'e kadar düzenli bir düşüş gösterdiği görülmüş ve linaloolün 800 ppm'e kadar düzenli olarak arttığı, rosmarinik ve kafeik asit verimlerine ilişkin en yüksek verilerin daha düşük sıcaklıklarda elde edildiği bildirilmiştir.

Ullah vd. (2020), *O. sanctum* ve *O. basilicum* metanol ekstraktları ile DPPH radikali süpürüm aktivitesi çalışmalarında, *O. sanctum* ve *O. basilicum*'un toplam fenolik madde miktarını 386 mg ve 383 mg gallik asit eşdeğeri (GAE) 100 g⁻¹ ekstre, toplam flavonoid miktarını ise 201 mg ve 203 mg quersetin eşdeğeri (QE) 100 g⁻¹ ekstre olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada, kafeik ve gallik asidin, *O. sanctum*'da sırasıyla 8.1 ve 5.5 mg 100 g⁻¹ ve *O. basilicum*'da sırasıyla 6.5 ve 7.9 mg 100 g⁻¹ olmak üzere her iki numunede de maksimum verimde bulunduğu, ferulik, klorojenik ve sirinjik asitlerin içeriğinin ise *O. sanctum*'da sırasıyla 5.3, 3.4 ve 2.1 mg 100 g⁻¹ ve *O. basilicum*'da sırasıyla 4.9, 4.6, 1.8 mg 100 g⁻¹ olarak tespit edildiği bildirilmiştir.

Amor vd. (2021)'nin, *O. basilicum* uçucu yağının kompozisyonunu inceledikleri çalışmada, uçucu yağda %1.2 oranında 1,10-di-epi-kubenol ve %4.8 oranında 1-epi-kubenol tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Anwar vd. (2021), Suudi Arabistan'ın çeşitli tarımsal-iklimsel bölgelerinden hasat edilen *O. basilicum*'un uçucu yağlarının içeriğinin bölgeler arasında %1.19 ile %1.80 şeklinde değiştiğini ve uçucu yağlarda ana bileşenler olarak linalool (%25.33-36.09), estragol (%60.88), metil öjenol (%2.40-26.43) ve α-bergamoten (%1.14-6.51) ile toplam uçucu yağ bileşiminin %97.4 ila %99.2'sini temsil eden toplam 47 bileşenin varlığını bildirmişlerdir. *O. basilicum* uçucu yağlarına kayda değer miktarlarda fenilpropanoidler (%3.13-27.70) ve seskiterpen

hidrokarbonlar (%9.55-17.83) ile oksijenli monoterpenlerin (%48.73-71.52) hakim olduğu raporlanmıştır.

Barbosa vd. (2021)'nin, farklı Ocimum türlerinden elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşimi ve antioksidan potansiyeli üzerine yaptıkları araştırmada, Ocimum spp. uçucu yağına ait bileşenlerden *cis-α*-bergamoten miktarının %3.95, β -elemen miktarının %0.75-6.54, α -terpineol miktarının %0.80, germakren D miktarının %0.34-1.67, γ -kadinen miktarının %0.94 ve *O. basilicum* çeşitlerinin uçucu yağlarında ise *cis-α*-bergamoten miktarının %0.79-9.27, β -elemen miktarının %0.45-1.38, α -terpineol miktarının %0.41-1.77, germakren D miktarının %0.72-0.94, γ -kadinen miktarının %0.71-2.08 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada, 1,10-di-epi-kubenol ve 1-epi-kubenol bileşenleri tek çeşitte tespit edilerek, miktarlarının sırasıyla %0.56 ve %0.55 olduğu bildirilmiştir.

Barut vd. (2021), *O. basilicum* çeşitlerini (Cinnamon, Purple, Lemon) farklı ekim (1 Nisan, 15 Nisan ve 30 Nisan) ve biçim zamanlarında (4 Temmuz ve 25 Ağustos) incelemişler ve bitki boyu (34.96-47.98 cm), çiçek uzunluğu (5.93-10.22 cm), bitki başına çiçek sayısı (5.94-28.63), yeşil herba verimi (2565.06-10787.27 kg ha⁻¹), kuru herba verimi (431.29-1756.57 kg ha⁻¹), yaprak uçucu yağ oranı (1.04-2.32 ml 100 g⁻¹) ve çiçek uçucu yağ oranı (1.20-2.61 ml 100 g) gibi özellikler açısından çeşitler arasında önemli farklılıklar elde etmişlerdir. Yeşil herba verimi değerlerinin 1. biçimde (8645.10 kg ha⁻¹), 2. biçime göre (6682.32 kg ha⁻¹) daha yüksek olduğunu, kuru herba veriminin biçimlerden etkilenecek, 1. biçimde (1609.66 kg ha⁻¹) 2. biçime göre (990.58 kg ha⁻¹) daha yüksek sonuçlar elde edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmada, toplam uçucu yağın %82.29-98.50'sini temsil eden 65 bileşen bulunduğu, bileşenlerin yaprak ve çiçeklere göre farklılık gösterdiği, ana uçucu yağ bileşenlerinin çeşitlere göre değişiklik gösterdiği, Cinnamon çeşidi için metil sinamat, Purple çeşidi için linalool, Lemon çeşidi için sitral bileşenlerinin ana bileşen olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, dal sayısının 1. biçimde (7.10 adet b⁻¹), 2. biçime göre (11.85 adet b⁻¹) daha düşük olduğunu ve biçimin dal sayısı üzerinde etkili olduğunu, kuru yaprak verimi değerlerinin biçimlerden etkilendiğini ve 1. biçimde (542.23 kg ha⁻¹) 2. biçime göre (413.33 kg ha⁻¹) daha yüksek değerlere ulaştığını saptamışlardır.

Ciriello vd. (2021), iki yoğunlukta yetiştirilen ve ardışık iki biçim yapılan üç *O. basilicum* çeşidinin verim, kalite ve fizyolojik performansını inceledikleri çalışmada, ardışık biçimlerin hem verimde (%37.5) hem de toplam fenolik asitlerde

(%75.1) önemli bir artışa yol açtığını, 1. biçimden 2. biçime kadar taze verim, kuru biyokütle, yaprak sayısı ve bitki başına boğum sayısında doğrusal bir artış olduğunu bildirmişlerdir.

Dumanoglu ve Mokhtarzadeh (2021), farklı *O. basilicum* popülasyonlarına ait tohumların karakteristik özelliklerini inceledikleri çalışmada, Elazığ popülasyonuna ait tohumların en hızlı (2.17 gün), Hatay popülasyonunun ise en yavaş (2.25 gün) çimlendiğini rapor etmişlerdir.

Mamo (2021), *O. basilicum* üzerine yaptığı çalışmada, bitki başına maksimum yeşil dal ağırlığını (33.05 g) %50 fesleğen popülasyonu yoğunluğu için kaydetmiştir. En düşük değer (24.84 g) %25 fesleğen popülasyonu yoğunluğunda kaydedilirken, bu değer istatistiksel olarak %75 ve %100 fesleğen popülasyonu yoğunluğundan (Sırasıyla; 26.64 g ve 27.73 g) elde edilen değere benzediğini bildirmiştir.

Teofilović vd. (2021), *O. basilicum* ekstrelerini farklı çözücüler (etanol, metanol ve su), ekstraksiyon süresi (10 ve 30 dakika ve 24, 48 ve 72 saat), bitki parçalanma düzeyi (0.3 ve 2 mm) ve ışığın varlığı veya yokluğu şeklinde farklı uygulamalar altında hazırlamışlardır. Çalışmada, toplam fenoliklerin, kuru ekstrenin gramı başına 5.2 ila 185.6 mg gallik asit eşdeğeri arasında değiştiği ve flavonoidlerin kuru ekstrenin gramı başına 0.2 ila 35.0 mg quersetin arasında değiştiği ifade edilmiştir. Çalışmada, hazırlanan tüm ekstrelerin radikal temizleme kapasitesi sunmuş olduğu ve DPPH radikal inhibisyonunun IC₅₀ değerlerinin 0.04 ile 12.99 µg ml⁻¹ arasında değiştiği bildirilmiştir.

Türkmen (2021), beş farklı *O. basilicum* genotipinde ontogenetik varyabilite incelemeleri gerçekleştirerek, çalışmada çiçeklenme öncesi dönemde biçim yapıldığında 3 defa biçim yapılabilindiğini, tam çiçeklenmeye bırakılan parsellerde 2 kez tam çiçeklenmeye ulaşılabildiğini, çiçeklenme sonrasına bırakılan parsellerin ise 1 defa biçilebildiğini bildirmiştir. Araştırmacı, çiçek ve yapraklardaki uçucu yağ oranlarının %0.28-3.19 arasında değiştiğini ve uçucu yağ oranının 2. ve 3. biçimlerde 1. biçime göre daha yüksek olduğunu, tüm biçim dönemlerinde ana bileşenlerin linalool, metil sinnamat, öjenol, γ-muurolen ve ökaliptol olduğunu tespit etmiştir. Çiçeklenme sonrası dönemde 1 kez biçim yapılan genotiplerin linalool oranının %20.32-54.63 arasında değiştiğini, bazı genotiplerde metil sinnamat bileşenine rastlanılmadığını, 2. ve 3. biçimlerde en yüksek oranın %46.10 olarak bulunduğunu belirtmiştir. Tam çiçeklenme döneminde 2 kez biçilen

genotiplerde linalool oranı %24.20-65.91 arasında değişirken, bazı genotiplerde metil sinamat oranının %0.04-53.26 arasında değiştiği bildirilmiştir. Çiçeklenme öncesi dönemde 3 biçim yapılan parsellerde linalool oranının %22.47-59.0 arasında değiştiği ifade edilmiş ve metil sinamat oranının %0.04-51.38 arasında değer aldığı, birden fazla biçim yapılan parsellerde ise 2. ve 3. biçimlerde ana bileşenlerin oranlarında azalma olduğu raporlanmıştır.

Vural (2021), Sivas'tan toplanan *O. basilicum*'un uçucu yağında toplam yağın %92.30'unu temsil eden 21 bileşen tespit etmiş ve ana bileşenlerin %52.97 metil öjenol, %10.82 α -kubeben ve %6.92 spatenol olduğunu kaydetmiştir. Çalışmada, DPPH ve β -karoten-linoleik asit testleri, standart bütillenmiş hidroksitolüenden düşük ve standart metil öjenolden daha yüksek olan, metil öjenol bakımından zengin *O. basilicum* uçucu yağının önemli ölçüde antioksidan aktivitesi ortaya çıkmıştır.

Yaldiz ve Camlica (2021), Ocimum genotiplerini inceledikleri çalışmada, 1. biçime kadar geçen gün sayısı (56.92-101.6 gün), bitki boyu (13.67-71.90 cm), dal sayısı (3.28-19.43 bitki⁻¹), yeşil herba verimi (12.94-274.11 g bitki⁻¹) ve uçucu yağ verimi (%0.04-1.71) gibi özelliklerde geniş bir çeşitlilik gözlemlemişlerdir.

Akı (2022), Bursa ekolojik koşullarında *O. basilicum* bitkisinde farklı biçim dönemlerinde bazı morfolojik özellikleri araştırarak 1. biçimden elde edilen ortalama bitki boyunun (52.7 cm) 2. biçimden elde edilenlere göre (42.1 cm) daha yüksek olduğunu ve kuru yaprak verimini 13.90-84.95 kg da⁻¹ arasında tespit ederek, 1. biçimden elde edilen ortalama kuru yaprak veriminin (66.35 kg da⁻¹), 2. biçimden (28.19 kg da⁻¹) daha yüksek olduğunu beyan etmiştir.

Gavrić vd. (2022), farklı çeşitlerin ve yetiştirme bölgelerinin bazı biyoaktif bileşen içerikleri üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada, farklı çeşitlerin ve yetiştirme yerlerinin *O. basilicum* verimi ve kalitesi üzerinde önemli etkileri olduğunu saptamışlardır. En yüksek yeşil (447.28 g b⁻¹) ve kuru kütle veriminin (98.84 g b⁻¹) ve uçucu yağ içeriğinin (1.49 mL 100 g⁻¹) 'Green' çeşidinde kaydedildiğini, en yüksek toplam fenolik madde içeriğinin (32.49 mg gallik asit eşdeğeri g⁻¹) ve antioksidan kapasitesinin (43.43 mu M Fe²⁺ g⁻¹) ise 'Minimum' çeşidinde kaydedildiğini ifade etmişlerdir.

Mounira vd. (2022), fenolojik aşamaların (vejetatif dönem ve çiçeklenme dönemi) iki *O. basilicum* çeşidinin (Fino Verde ve Genovese) uçucu yağ bileşimi ve biyolojik aktiviteleri üzerindeki etkisini araştırmışlar ve metabolik düzeyde, her

iki çeşidin vejetatif dönemdeki uçucu yağının, toplam yağın sırasıyla %71.68'ini ve %82.54'ünü temsil eden 22 ve 26 bileşenden oluştuğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar germakren D (%10.07), bisiklogermakren (%6.07) ve β -elemen (%4.88)'in Fino Verde çeşidinde en çok bulunan bileşenlerden olduğunu ve iki çeşidin de yüksek antioksidan ve antifungal aktiviteler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Nadeem vd. (2022)'nin Pakistan'da yetiştirilen *O. basilicum* yapraklarının toksisitesini, antioksidan aktivitesini ve fitokimyasallarını inceledikleri çalışmada, etanol ekstraktlarının DPPH (%82.4), FRAP (237 $\mu\text{mol Fe g}^{-1}$) ve hidrojen peroksit (%54.0) süpürücü aktivite analizlerinde en yüksek antioksidan aktiviteyi sergilediğini bildirmişlerdir.

Romano vd. (2022), *O. basilicum*'un "Italiano Classico" ve "Genovese" çeşitlerinde solvent olarak etanol kullanarak süperkritik CO_2 ekstraksiyonu yapmışlar ve çalışma sonucunda her iki çeşitte de süperkritik CO_2 ekstraktlarının antiradikal aktivite (ABTS^+) gösterdiğini ve kafeik asit (1.69-1.92 mg g^{-1}), linalool (%35-27) ve bergamoten (%11-14) içerdiklerini tespit etmişlerdir. Çalışmada, polifenol içeriği ve antiradikal aktivite, "Genovese" çeşidinde daha yüksek tespit edilirken, linalool içeriğinin "Italiano Classico" çeşidinde daha yüksek (%35.08) olduğu bildirilmiştir.

Ullah vd. (2022)'nin *O. sanctum* ve *O. basilicum*'un antioksidan aktivitesini, toplam fenolik ve flavonoid içeriğini, fenolik asit ve flavonoid profillerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, *O. sanctum* ve *O. basilicum*'un toplam fenolik madde miktarları sırasıyla, 100 g başına 386 ve 383 mg gallik asit eşdeğeri (GAE) elde edilirken, toplam flavonoid analizinde ekstrenin 100 gramı başına 201 ve 203 mg kuersetin eşdeğeri (QE) elde edildiğini, fenolik asitlerin; gallik, kafeik, ferulik, sinapik ve siringik asitler olduğunu ve flavonoidlerin ise; kuersetin, luteolin, rutin, apigenin ve kaempferol olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Yaldiz ve Camlica (2022), yirmi fesleğen genotipini inceledikleri çalışmada, uçucu yağların analizine göre, incelenen genotiplerin çoğunun estragol bakımından zengin olan kemotipe ait olduğunu, PI 197,442, PI 211,586, PI 531,396, PI 652,070, PI 652,071, PI 414,197, Ames29184 genotiplerinin ve Dino, Moonlight çeşitlerinin estragol/linalool kemotipine ait olduğunu, Bolu genotipinin sitral kemotipine, PI 296,391 ve PI 190,100 genotipinin ise estragol/sitral kemotipine ait olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucu, PI 174,284, PI 190,100,

PI 531,396 ve PI 197,442 genotiplerinin en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu, PI 652,071, PI 190,100, PI 197,442 genotiplerinin ve Dino çeşidinin fenolik ve flavonoid madde miktarları bakımından üstünlük gösterdiğini saptamışlardır.

Kanmaz vd. (2023)'nin *O. basilicum*'dan elde edilen sulu ekstre ve uçucu yağın biyoaktif özelliklerini ve anti-diyabetik aktivitesini inceledikleri çalışmada, DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC analizleri gerçekleştirmişler ve ekstrelerin DPPH ve ABTS radikali temizleme aktivitelerinin sırasıyla 490.17 ± 0.00 , 57.63 ± 0.29 mg TE g⁻¹ olduğunu, ABTS ve DPPH radikali inhibisyon yüzdelерinin sırasıyla %68.96 ve %88.99 olarak belirlendiğini, uçucu yağların DPPH ve ABTS radikali temizleme aktivitelerinin sırasıyla 210.01 ± 1.01 ve 51.12 ± 0.40 mg TE g⁻¹ olduğunu saptamışlardır. Ekstrelerin 100 ppm'deki FRAP azaltma gücünün 146.36 ± 0.60 mMol FE, uçucu yağların ise 47.88 ± 1.08 mmol FE değerde olduğunu, ekstrelerin 100 µg mL⁻¹'deki ve uçucu yağların 0.25 µg mL⁻¹'deki CUPRAC indirgeme güçlerinin sırasıyla 2.41 ± 0.00 ve 0.17 ± 0.00 mMol Trolox g örnek⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir. Sonuçta, ekstrelerin uçucu yağlardan daha yüksek antioksidan aktivite sergilediği tespit edilmiştir.

Mahendran ve Vimolmangkang (2023)'in *O. basilicum* ve *O. americanum* uçucu yağları üzerinde yaptıkları çalışmada, DPPH, FRAP, ABTS ve metal şelatlama analizleri gerçekleştirmişler ve *O. basilicum* uçucu yağının IC₅₀ değeri dikkate alındığında (11.56 ± 0.89 µg mL⁻¹) *O. americanum*'a (13.42 ± 1.03 µg mL⁻¹) göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini, yine *O. basilicum* uçucu yağının (2842.12 ± 10.39 µM TEAC g⁻¹ yağ) ABTS aktivitesinin, *O. americanum*'unkinden (2085.07 ± 7.43 µM TEAC g⁻¹ yağ) daha yüksek olduğunu, ferrik indirgeyici ve şelatlayıcı metal iyonlarında *O. basilicum*'un yine daha yüksek bir FRAP (907.24 ± 18.29 mM Fe (II) g⁻¹ yağ) ve metal şelatlayıcı (189.16 ± 09.04 mg EDTA Eq/g yağ) aktivite sergilediğini raporlamışlardır.

Sayarer vd. (2023), yarı kurak ekolojik koşullarda malçlama uygulamasıyla dört sulama seviyesi ve hümik asit dozlarının *O. basilicum*'a etkisini araştırmışlar ve sulamanın (100 ve 75) artmasıyla, *O. basilicum*'un bitki boyunun, yeşil herba veriminin, kuru herba veriminin, kuru yaprak veriminin, protein oranının ve uçucu yağda ana bileşenlerin arttığını ve uçucu yağ oranı ve uçucu yağ veriminin ise azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmada, yeşil herba ve kuru yaprak veriminin (966-1043 kg ha⁻¹) artan hümik asit (20 ve 40) değeri ile artış gösterdiği, malçlama

uygulamasının kontrol ile karşılaştırıldığında bitki boyu, yeşil herba verimi, kuru yaprak verimi ve uçucu yağ verimi değerlerinde artış sağladığı ve malç altındaki bitkilerin uçucu yağ ana bileşenlerinin (linalool, 1,8-sineol ve (E)- β -bergamoten), kontrole kıyasla sulama seviyesi 25 ve 50 iken daha belirgin olduğu raporlanmıştır.

2.2 Organik ve Kimyasal Gübreler

Arabaci ve Bayram (2004), *O. basilicum*'da çeşitli bitki yoğunluklarında (20x20, 40x20, 60x20 cm), azotlu ve azotlu olmayan gübrelerin verim ve kalite özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada, en fazla yeşil herba verimini 4197.5 kg ha⁻¹, kuru herba verimini 1078.6 kg ha⁻¹, kuru yaprak verimini 671.1 kg ha⁻¹, uçucu yağ oranını %0.826, uçucu yağ verimini 5.164 L ha⁻¹ olarak azotlu gübre koşullarında, 20x20 cm bitki sıklığında, en yüksek uçucu yağ oranını ise azotlu olmayan gübre koşullarında, 20x20 cm bitki sıklığında elde etmişlerdir.

Amarapalli vd. (2009), organik ve inorganik gübrelerin *O. basilicum*'a etkisini inceleyerek, çalışma sonucunda NPK içeriğinin en fazla N 120 kg ha⁻¹, P₂O₅ 60 kg ha⁻¹ ve K₂O 105 kg ha⁻¹ uygulamasında ve ardından vermikompost (1.5 t ha⁻¹) + NPK (N 60 kg ha⁻¹, P₂O₅ 30 kg ha⁻¹ ve K₂O 52.5 kg ha⁻¹) uygulamasında tespit edildiğini, mikro besin içeriğinin ise en fazla vermikompost (1.5 t ha⁻¹) + NPK (N 60 kg ha⁻¹, P₂O₅ 30 kg ha⁻¹ ve K₂O 52.5 kg ha⁻¹) uygulamasında ve ardından Fe ve Mn için çiftlik gübresi (5 t ha⁻¹) + NPK (N 60 kg ha⁻¹, P₂O₅ 30 kg ha⁻¹ ve K₂O 52.5 kg ha⁻¹) uygulamasında görüldüğünü bildirmişlerdir. Çinko içeriğinin ise en yüksek %49.33 oranı ile çiftlik gübresi (5 t ha⁻¹) + NPK (N 60 kg ha⁻¹, P₂O₅ 30 kg ha⁻¹ ve K₂O 52.5 kg ha⁻¹) uygulamasında görüldüğü bildirilmiştir.

Daneshian vd. (2009), dört farklı azot dozu uygulaması (0, 50, 100 ve 150 kg ha⁻¹) altında yetiştirilen *O. basilicum*'un uçucu yağ içeriğini ve bileşenlerini inceledikleri çalışmada, uçucu yağ miktarının 100 kg ha⁻¹ N uygulamasında %0.46 olduğunu, 50 ve 150 kg ha⁻¹ N uygulamalarında ise %0.48'e kadar değişim gösterdiğini, en yüksek uçucu yağ oranının kontrol grubunun 2. biçiminde (%0.53) kaydedildiğini, bunu 50 ve 100 kg ha⁻¹ N (%0.50) uygulamalarının takip ettiğini, ana bileşenlerin linalool ve naftalin olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bitkilerin uçucu yağ bileşenlerinin nitrojen uygulamalarına göre farklı özellikler gösterdiğini, ortalama linalool içeriğinin 100 kg ha⁻¹ N uygulamasında %57.93 olduğunu, kontrol grubunda ve 150 kg ha⁻¹ N uygulamasında %61.10'a kadar

değiştiğini, en yüksek ve en düşük ortalama naftalin içeriğinin ise sırasıyla 50 ve 150 kg ha⁻¹ N uygulamasında %13.87 ve %11.58 olduğunu saptamışlardır.

Kandil vd. (2009), Mısır iklim koşullarında mineral ve organik gübrelerin *O. basilicum*'a etkisini araştırdıkları çalışmada, 1. deneme yılındaki 1. biçimde 1 kg ha⁻¹ ek NPK kullanımının yeşil herba ağırlığında 3.3 g b⁻¹ artış yarattığını ve 2. biçimde ise bu farkın 10.3 g b⁻¹'e çıktığını, 2. yıl ise 1. ve 2. biçimlerde sırasıyla 5.3 ve 13.3 g b⁻¹ artış saptandığını bildirmişlerdir. Çalışmada, tek başına kompost veya amonyum nitrat uygulaması ile her iki yılda da 2. biçimde yeşil yaprak ağırlıkları en fazla bulunmuştur. Farklı NPK dozları yeşil yaprak ağırlıklarını arttırmış ve 2. biçimlerden daha yüksek (1. Yıl: 368-520 g b⁻¹, 2. Yıl: 289-370 g b⁻¹) ağırlıklar elde edilmiştir. Yeşil dal ağırlığı ise, %100 NPK uygulamasında en yüksek (1. Yıl; 1. Biçim: 173 g b⁻¹, 2. Biçim: 429 g b⁻¹, 2. Yıl; 1. Biçim: 180 g b⁻¹, 2. Biçim: 520 g b⁻¹), kontrolde en düşük (1. Yıl; 1. Biçim: 123 g b⁻¹, 2. Biçim: 322 g b⁻¹, 2. Yıl; 1. Biçim: 112 g b⁻¹, 2. Biçim: 351 g b⁻¹), 1. yıl en yüksek yeşil dal ağırlığı (569 g b⁻¹) 2. biçimin %100 organik gübre uygulamasında, 2. yıl en yüksek yeşil dal ağırlığı ise 2. biçimin hem %100 organik (518 g b⁻¹) hem de %100 kimyasal (520 g b⁻¹) gübre uygulamalarında saptanmıştır.

Luz vd. (2009) tarafından *O. basilicum*'un P1 197442-S3 (G1) ve NSL 6421-S3 (G2) genotiplerinde m² başına 2, 4, 6, 8 ve 10 kg tavuk gübresi uygulaması yapılmış ve çalışma sonucunda, tavuk gübresi seviyelerinin, her iki genotipin yeşil ve kuru yapraklarından ve çiçeklerinden elde edilen uçucu yağdaki linalool içeriğini önemli ölçüde etkilediğini ve diğer değişkenlerin anlamlı farklılıklar göstermediğini bildirmişlerdir.

Dzida (2010), kalsiyum gübrelemesine ve çeşidine bağlı olarak *O. basilicum*'un biyolojik değerini ve uçucu yağ içeriğini incelediği çalışmada, uçucu yağdaki 1,10-di-epi-kubenol miktarının %0.15-1.01 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Daneshian ve Ghaemmaghami (2012), *O. basilicum*'da 3 biçim yaptıkları çalışmada, yeşil herba veriminin azot uygulamalarından etkilendiğini, en yüksek yeşil herba veriminin (1.489 kg m⁻²) 2. biçimden ve en düşük verimin ise (0.635 kg m⁻²) 1. biçimden elde edildiğini bildirmişlerdir.

Makkizadeh vd. (2012), organik, biyolojik ve kimyasal gübrelerin fesleğenin kantitatif ve kalitatif özelliklerine etkisini araştırmışlar ve kimyasal gübrelerin (NPK: 150:100:100) kuru herba veriminin artışını organik gübreden

(Ahır gübresi: 20 t ha⁻¹) daha olumlu etkilediğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada kimyasal gübre uygulamasının 1. biçimde 493 kg ha⁻¹ ve 2. biçimde 466 kg ha⁻¹, organik gübre uygulamasının 1. biçimde 441 kg ha⁻¹ ve 2. biçimde ise 324 kg ha⁻¹ kuru herba verimine ulaştığı saptanmıştır. Ayrıca, kimyasal ve organik gübre uygulamalarında sırasıyla %1.46 ve %1.35 uçucu yağ oranı elde edildiğini bildirmişlerdir.

Ameri vd. (2013), hümitik asit uygulamasının *O. basilicum*'un büyüme ve verimine tepkisini inceledikleri çalışmada, farklı uygulamalar sonucu ana gövdede boğum sayısını 5.5-8.75 adet b⁻¹ olarak bildirmişlerdir.

Nurzyńska-Wierdak vd. (2013)'nin, farklı dozlarda azot ve potasyum gübrelemesinin *O. basilicum* çeşitlerine ait uçucu yağlar üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada, mirsen oranının %0.3-0.8 aralığında olduğunu, 1,8-sineol içeriğinin %2.4-5.6 arasında değiştiğini ve artan potasyum oranı ile uçucu yağdaki 1,8-sineol oranının da arttığını saptamışlardır. Linaloolün majör bileşen olarak, miktarının %57.2-74 aralığında olduğunu belirlemişler ve linalool konsantrasyonunun orta derece nitrojen gübrelemesiyle arttığını, fakat daha yüksek oranlardaki nitrojen uygulamasıyla azaldığını ve potasyum oranındaki artışın linalool oranını azalttığını bildirmişlerdir. Çalışmada, germakren D ve γ -kadinen oranının farklı iki çeşitte sırasıyla %1.1-2.3 ve %1.3-2.0 arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Singh vd. (2014), *O. basilicum* bitkisinde organik gübrenin optimum düzeyde NPK gübresi ile kullanılmasına yönelik bir çalışma yapmışlar ve çalışmada, %50 inorganik gübre (50:20:20 NPK kg ha⁻¹) + %50 çiftlik gübresi (10.0 Mg ha⁻¹) uygulamasının, diğer uygulamalara göre önemli ölçüde daha yüksek yeşil bitki ve uçucu yağ verimi ürettiğini ve ayrıca mevcut organik karbon durumunun, kullanılabilir N, P₂O₅ ve K₂O'in hasat sonrası topraktaki başlangıç değerlerinden sırasıyla %0.16, 62.4, 54.7 ve 29.3 kg ha⁻¹ oranlarında arttırdığını bildirmişlerdir. Uçucu yağın ana bileşenleri olan metil kavikol ve linaloolün uygulamalara bağlı olarak önemli ölçüde değişmediği belirtilmiştir.

Bufalo vd. (2015), organik ve konvansiyonel gübrelemenin *O. basilicum* bitkisine etkilerini inceledikleri çalışmada, tam çiçeklenme döneminde biçimi yapılan bitkilerde genel olarak, 150 kg ha⁻¹ N oranında organik gübre ile gübrelenen bitkilerin daha yüksek konsantrasyonlarda potasyum (K) ve manganez (Mn) biriktirdiğini, en yüksek yeşil ağırlığın 250 kg ha⁻¹ N oranında konvansiyonel gübre

ile yetiştirilen bitkilerden elde edildiğini, uygulamaların kurutulmuş biyokütledeki yağ içeriğini (%0.23-0.36), yağ verimini (11.4-20.7 mg saksı⁻¹) ve uçucu yağdaki ökaliptol, (-)-linalool, bornil asetat, öjenol, α -trans-bergamoten, germakren D, γ -kadinen ve epi- α -kadinol konsantrasyonunu etkilemediğini bildirmişlerdir.

Hassan vd. (2015)'nin NPK ve biyogübre oranlarının *O. basilicum* bitkisinin vejetatif gelişimi ve yağ verimi üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, NPK makro besin elementlerinin uygulanmasının ve dozlarının artışı ile bitki boyunun arttığını bildirmişlerdir. (1. Yıl; 1. Biçim: 25 cm'den 39 cm'ye, 2. Biçim: 36 cm'den 46 cm'ye, 2. Yıl; 1. Biçim: 30 cm'den 38 cm'ye, 2. Biçim: 30 cm'den 45 cm'ye).

Tehrani Sharif vd. (2015), kimyasal ve organik gübre uygulamalarının *O. basilicum*'a etkisini inceleyerek, en yüksek bitki boyunu (71 cm) 2. biçimde saptamışlardır. Bu çalışmada, 1. biçimde bitki boyunun 50-63 cm ve 2. biçimde ise 64-71 cm arasında varyasyon gösterdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar, en fazla yan dal sayısını (16.6 adet b⁻¹) karma besleme uygulamasında (25 t ha⁻¹ organik gübre ile 60 kg ha⁻¹ potasyum, 48 kg ha⁻¹ fosfor ve 60 kg ha⁻¹ nitrojen) bulmuşlardır. Ayrıca, bu çalışmada farklı oranlarda (10, 20, 30 ve 40 t ha⁻¹) kullanılan organik gübrenin yan dal sayısının artışında kimyasal gübrelere göre daha etkili olduğunu, en yüksek kuru herba veriminin (2442 kg ha⁻¹) 2. biçimde tespit edildiğini ve bu parametrenin 1. biçimde 1531-2038 kg ha⁻¹ ve 2. biçimde ise 2030-2442 kg ha⁻¹ arasında varyasyon gösterdiğini, en fazla kuru yaprak veriminin ise (796 kg ha⁻¹) 2. biçimde tespit edildiğini ve bu parametrenin 1. biçimde 530-656 kg ha⁻¹ ve 2. biçimde ise 674-796 kg ha⁻¹ arasında varyasyon gösterdiğini beyan etmişlerdir. Çalışmada, en yüksek kuru dal veriminin (1328 kg ha⁻¹) 2. biçimde bulunduğunu ve bu parametrenin 1. biçimde 879-1174 kg ha⁻¹ ve 2. biçimde ise 1139-1328 kg ha⁻¹ arasında varyasyon gösterdiğini, en yüksek uçucu yağ oranının (%0.69) 2. biçimde tespit edildiğini ve bu parametrenin 1. biçimde %0.33-0.57 ve 2. biçimde ise %0.49-0.69 arasında varyasyon gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Esetlili vd. (2016), potasyum nitrat (KNO₃) formunda uygulanan üç farklı dozda (0, 200, 400 mg kg⁻¹) K gübrelemesi ile kumlu ve kumlu-tınlı dokulu toprak tekstürünün *O. basilicum* toplam verimi (1. ve 2. biçim) ve verim bileşenleri üzerindeki etkisini incelemişler ve killi toprak koşullarında yetiştirilenler için, daha yüksek linalool içeriği isteniyorsa orta miktarda K gübrelemesinin yeterli olduğunu, yetiştirme şartları kumlu-tınlı ise daha yüksek dozda K kullanılması gerektiğini

bildirmişlerdir. Ayrıca, 2. biçimden elde edilen yeşil herba ağırlığının genel olarak 1. biçime göre daha yüksek bulunduğunu, en yüksek kuru herba ağırlığının (23.76 g sakı⁻¹) 400 mg kg⁻¹ KNO₃ uygulamasından elde edildiğini, en düşük ağırlığın ise (14.73 g sakı⁻¹) kontrol grubunda tespit edildiğini belirtmişlerdir.

Panahinia vd. (2016)'nin azot ve demir uygulaması altında *O. basilicum*'un morfolojik özelliklerini ve uçucu yağ üretimini inceledikleri çalışmada, uygulanan 0, 60, 120 ve 180 kg ha⁻¹ N gübresi sonucu 11-16 adet b⁻¹ dal sayısı kaydederek, en yüksek dal sayısının 180 kg ha⁻¹ N uygulamasında tespit edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmada, en yüksek boğum sayısının 60, 120 ve 180 kg ha⁻¹ N uygulamalarında tespit edildiğini ve 8.37-9.12 adet b⁻¹ değerleri arasında olduğunu beyan etmişler.

Al-mansour vd. (2017a)'nin *O. basilicum* üzerinde 9 farklı uygulama gerçekleştirdikleri gübreleme programı çalışmasında, en fazla dal sayısının (30.25 b⁻¹) NPK (160:80:80 kg ha⁻¹) + ahır gübresi (10 t ha⁻¹) uygulamasıyla elde edildiğini ve ahır gübresi seviyeleri arttıkça doğru orantılı olarak dal sayısının arttığını, en yüksek miktarda (8.43 t ha⁻¹) kuru herba veriminin elde edildiğini ve besin alımının arttığını bildirmişlerdir.

Yaldız vd. (2017), *O. basilicum*'da 4 farklı dozda kıbele gübresi (750, 1000, 1250 ve 1500 kg da⁻¹) kullandıkları 2 yıllık çalışma sonucunda toplam yeşil herba veriminin 1. yıl 1764.96-4751.96 kg da⁻¹, 2. yıl ise 1998.71-3872.69 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. İlk yıl en düşük kuru herba veriminin 2. biçimden (80.15 kg da⁻¹), en yüksek kuru herba veriminin ise 3. biçimden (440.68 kg da⁻¹) elde edildiğini, 1. yıl toplam kuru herba veriminin 316.58-744.30 kg da⁻¹ arasında değerler aldığını, 2. yılda da ilk yılda olduğu gibi en düşük kuru herba veriminin 2. biçimden (92.44 kg da⁻¹), en yüksek verimin ise 3. biçimden (212.01 kg da⁻¹) elde edildiğini, 2. yıl toplam kuru herba veriminin ise 288.92-491.74 kg da⁻¹ arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada, en yüksek toplam yeşil ve kuru herba veriminin kontrol uygulamasından elde edildiğini, 750 kg da⁻¹ kıbele gübresi uygulamasından elde edilen verim değerleri ile kontrolden elde edilen verim değerlerinin benzerlik gösterdiğini, artan gübre dozlarına bağlı olarak bitki veriminde azalma olduğunu ve uygulanan dozlar arasından 750 kg da⁻¹ kıbele gübre dozunun *O. basilicum* verimi üzerine olumlu etkileri olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, bitki başına ortalama dal sayısının 3.67-7.90 adet bitki⁻¹ aralığında olduğunu da bildirmişlerdir.

Chezgi vd. (2018), organik ve kimyasal azotlu gübrelerin iki fesleğen çeşidinin verimine ve kalitatif özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmada, 2. biçimlerin en yüksek uçucu yağ oranına sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Yaldiz vd. (2018a), farklı dozlarda tavuk, kibele (fermente tavuk gübresi) ve hindi gübresinin (750, 1000, 1250 ve 1500 kg da⁻¹) *O. basilicum* üzerindeki etkilerini araştırarak, uçucu yağ ana bileşenlerinin *p*-Allyl-anisol (%5.65-17.90), nerol (%6.69-16.11), linalool (%5.10-10.81) ve z-sitral (%5.23-10.73) olduğunu bildirmişlerdir. Uçucu yağ bileşenlerinin en yüksek konsantrasyonunun tavuk gübresi uygulamasında bulunduğu, ekstrelerin en yüksek antioksidan aktivitesinin ve toplam fenolik madde miktarının, 1000 ve 1250 kg da⁻¹ tavuk gübresi uygulamalarında elde edildiği belirtilmiştir. Uçucu yağların antimikrobiyal aktivite incelemesinde, en yüksek aktivitenin 1250 kg da⁻¹ tavuk gübresi uygulamasında gözlemlendiği rapor edilmiştir.

Yaldiz vd. (2018b), farklı organik tavuk gübresi dozlarının (0, 750, 1000, 1250 ve 1500 kg da⁻¹) *O. basilicum* yapraklarındaki bazı elementler üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, en yüksek Ca⁺² (22.6 mg g⁻¹) 1000 kg da⁻¹'da, PO₄⁻³ (12.3 mg g⁻¹) ve Mg⁺² (1.99 mg g⁻¹) 750 kg da⁻¹'da, SO₄⁻² (4.84 mg g⁻¹) ise 1500 kg da⁻¹'da ve en yüksek K⁺ (41.50 mg g⁻¹) ve Cl (1.90 mg g⁻¹) miktarına ise kontrol şartlarında ulaşılmıştır. Araştırmacılar, 750 ve 1000 kg da⁻¹ dozlarının *O. basilicum* bitkisinin bazı elementleri üzerine olumlu etkileri olduğunu rapor etmişlerdir.

Yaldiz vd. (2019), farklı dozlarda tavuk ve hindi gübresi (7.5, 10, 12.5, 15 t ha⁻¹) ile konvansiyonel gübrelemenin *O. basilicum* bitkisinin büyümesi, verimi ve inorganik madde içeriği üzerindeki etkilerini incelemişler en yüksek yeşil ve kuru ağırlıkların 10-12.5 t ha⁻¹ oranında hindi ve tavuk gübresi ile yetiştirilen bitkilerden elde edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmada, besin içeriğinin çoğunun, organik kanatlı gübresi uygulamalarıyla önemli ölçüde değiştiği bildirilmiştir. Genel olarak, 10-12.5 t ha⁻¹ hindi gübresi ile ve 7.5 t ha⁻¹ tavuk gübresi ile gübrelenen *O. basilicum* bitkilerinin daha yüksek potasyum (K) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları biriktirdiği ifade edilmiştir.

Pramod vd. (2020), organik ve inorganik gübrelerin kombine ve tek başına kullanımının *O. basilicum* verimine etkisini inceledikleri araştırmada, %50 NPK (üre bazlı) + tavuk gübresi (üre bazlı) uygulamasının en yüksek yeşil herba ağırlığını (701.21 g b⁻¹) gösterdiğini, minimum verimin ise (577.27 g b⁻¹) %75 NPK

(üre bazlı) + %25 NPK (ahır gübresi bazlı) uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmada, yeşil herba ağırlığındaki artışın bitkilerde fotosentetik aktiviteyi, nitrojen metabolizmasını ve oksin içeriğini arttıran organik ve inorganik gübrelerin kombine uygulanmasına bağlı olabileceğini, buna karşılık birincil dalların yüksekliği, yaprak sayısı, bitki başına yaprak alanı ve tüm bu büyüme parametrelerinin bitkinin yeşil herba verimi ile ilişkilendirildiğini ve en yüksek kuru herba ağırlığının 145.18 g b^{-1} ve en düşük ağırlığın ise 83.5 g b^{-1} olduğunu rapor etmişlerdir.

Rahayu vd. (2020)'nin üre gübresi ve Meksika ayçiçeği kompostunun bileşiminin *O. basilicum* çeşitlerinin üretimi ve kalitesi üzerine etkisini belirledikleri çalışmada, dal çapı değerlerinin 4.45-6.29 mm arasında değiştiğini saptamışlardır.

Abou El Salehein vd. (2021)'nin, NPK, hümik asit ve kuru mayanın *O. basilicum*'un verim komponentlerine etkisini incelemek üzere yaptıkları 2 yıllık araştırmada, NPK uygulamasının kuru herba ağırlığını arttırdığını, bu parametrenin en düşük ve en yüksek 1. biçimde sırasıyla 4.3 ve 5 g b^{-1} , 2. biçimde ise sırasıyla 5.1 ve $7. \text{ g b}^{-1}$ olduğunu kaydederek 2. biçimin daha yüksek kuru herba ağırlığına ulaştığını bildirmişlerdir.

Gavrić vd. (2021), mineral (250 kg ha^{-1}) ve organomineral gübrenin (çiftlik gübresi 10 t ha^{-1} ve Humus 20 Goldfert 250 kg ha^{-1}) *O. basilicum* üzerindeki etkilerini incelemişler ve gübrelemeyle bitki başına verimin ve uçucu yağ içeriğinin kontrole kıyasla daha iyi olduğunu, en yüksek yeşil verimin (450.9 g b^{-1}) ve uçucu yağ içeriğinin ($0.94 \text{ mL } 100 \text{ g}^{-1}$) mineral gübrelerle yetiştirilen bitkilerde kaydedildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada, organik ve organomineral gübre uygulamalarından elde edilen yeşil verimin (333.9 ve 327.8 g b^{-1}) ve uçucu yağ içeriğinin (0.87 ve $0.85 \text{ mL } 100 \text{ g}^{-1}$) kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Sonuçta, gübre uygulamasının toplam fenolikler, toplam flavonoidler ve antioksidan kapasite üzerinde önemli bir etkisi olmadığı bildirilmiştir.

Sampaio vd. (2021), üre formunda beş doz nitrojen (25, 50, 75, 100 ve 125 kg ha^{-1}) uygulaması ile yetiştirilen *O. basilicum* cv. *Italiano Genovese* çeşidinin maksimum bitki boyunun 79 cm olduğunu ifade etmişlerdir. Yeşil sürgünler, kuru kütle ve verimliliğin sırasıyla 814.1 g b^{-1} , 111.4 g b^{-1} ve 4.4 t ha^{-1} şeklinde maksimum değerlere ulaştığı bildirilmiştir. Çalışmada, bitki sürgünündeki en yüksek N içeriğinin 125 kg ha^{-1} N uygulamasında 26.1 g kg^{-1} olarak tespit edildiği

ve fotosentez ve anlık karboksilasyon verimliliğinin, sırasıyla 85.3 ve 83.3 kg ha⁻¹ N dozlarında maksimum tepkiler elde ettiği belirtilmiştir. Ayrıca araştırmacılar, artan N oranlarıyla stoma iletkenliği ve terlemenin de arttığını ifade etmişlerdir.

Toprak ve Şenyiğit (2021), sera koşullarında sulama ve solucan gübresi uygulamasını test ettikleri çalışmada, tam sulama uygulamasında ortalama dal çapının 6.13 mm olduğunu bildirmişlerdir.

Do vd. (2022), yavaş salınımlı NPK gübresinin *O. basilicum* gelişimi, verimi ve uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, uçucu yağdaki mirsen oranını %0.28-0.73 aralığında tespit ederek, en yüksek mirsen miktarının (%0.73) kontrol grubunda saptandığını, artan miktarlarda NPK gübrelemesi ile mirsen oranının düştüğünü bildirmişlerdir.

Hes vd. (2022), azotlu gübrenin (Amonyum nitrat ve amonyum sülfat) *O. basilicum*, *O. basilicum* var. *minimum*, *O. basilicum* cv. *Cinnamon*, *O. basilicum* var. *citriodora*, *O. basilicum* var. *purpurascens*'in antioksidatif potansiyeli üzerine etkisini araştırmışlar ve toplam fenolik içeriğin yetiştirmede kullanılan çeşit ve gübreleme türüne bağlı olduğunu bulmuşlardır. Çalışmada, en fazla toplam fenolik içerik, amonyum nitrat (NH₄NO₃) ve amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) ile gübrelenenler için sırasıyla 141.35 ve 165.44 mg gallik asit g⁻¹ d.m. şeklinde mor çeşitlerde belirlenmiştir. Araştırmacılar, amonyum sülfat varlığında yetiştirilen *O. basilicum* ve *O. basilicum* cv. *Cinnamon* bitkilerinin en iyi antioksidan özelliklere sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Jimayu (2022), dört farklı dozda nitrojen (N) ve nitrojen + fosfor + kükürt içeren (NPS) uygulamaların *O. basilicum*'a etkilerini incelediği çalışmada, yeşil yaprak ve yeşil dal ağırlığının, sırasıyla en yüksek (319.36 g b⁻¹, 176.3 g b⁻¹) ve en düşük (201.79 g b⁻¹, 140.56 g b⁻¹) değerlerinin iki gübrenin en yüksek oranından (150 kg NPS ha⁻¹ ve 69 kg N ha⁻¹) ve kontrolden elde edildiğini raporlamıştır. Yine aynı uygulama en yüksek kuru yaprak ağırlığını (43.93 g b⁻¹) üretmiş ve en düşük kuru yaprak ağırlığı ise (26.31 g b⁻¹) kontrolde kaydedilmiştir. Çalışmada, en yüksek NPS ve N oranında, yeşil yaprak ağırlığının, yeşil dal ağırlığının, bitki boyunun artması ve bitki başına yaprak sayısının artmasından kaynaklanabileceği, bunun nedeninin ise N, P ve S'nin bitki büyümesindeki sinerjik etkilerinden kaynaklanıyor olabileceği bildirilmiş ve gübrelerin fesleğenin vejetatif gelişimini arttırdığı belirtilmiştir. Bitki başına en yüksek (41.86 g b⁻¹) ve en düşük (35.96 g b⁻¹) kuru dal ağırlığının sırasıyla 100 kg NPS ha⁻¹ oranındaki uygulamada ve

kontrolde elde edilerek bitki başına kuru dal ağırlığının, artan N gübre oranıyla sürekli olarak arttığı ve 69 kg ha⁻¹ N oranında en yüksek seviyeye (42.78 g b⁻¹) ulaştığı en düşük değerin (34.90 g b⁻¹) kontrolde elde edildiği raporlanmıştır. Çalışma sonucunda, N oranının 0'dan 69 kg ha⁻¹'e çıkmasıyla kuru gövde ağırlığının %22.58 oranında arttığı belirlenmiştir.

Ndzingane vd. (2022), büyükbaş hayvan gübresi, tavuk gübresi, kompost ve NPK uygulamalarının fesleğen bitkisinin gelişimi ve verimi üzerine etkilerini araştırarak, en yüksek bitki boyunu (71.2 cm) büyükbaş hayvan gübresinde tespit etmişlerdir. Bu uygulamayı tavuk gübresi (67 cm), NPK ve kompost izlemiştir.

Wael Ismail vd. (2022)'nin, NPK, biyogübre ve Algreen 600'ün *O. basilicum* büyümesi ve uçucu yağ verimliliği üzerindeki etkisini araştırdıkları 2 yıllık çalışmada, her sezon 2'şer biçim almışlar ve 1. yıl en yüksek kuru herba ağırlığını (137.80 g b⁻¹) biyogübre uygulamasının 2. biçiminden, en düşük kuru herba ağırlığını ise (33.97 g b⁻¹) kontrol grubunun 1. biçiminden, 2. yıl en yüksek kuru herba ağırlığını (141.90 g b⁻¹) yine biyogübre uygulamasının 2. biçiminden, en düşük kuru herba ağırlığını ise yine (32.90 g b⁻¹) kontrol grubunun 1. biçiminden elde etmişlerdir.

Özmen (2023), su stresi altında yetiştirilen *O. basilicum*'da biyogübre uygulamalarının etkilerini incelediği çalışmada, en yüksek kuru herba ağırlığının (2.0 g b⁻¹) %100 sulamadan, en düşük ağırlığın ise (1.26 g b⁻¹) %25 tarla kapasitesi ile oluşturulan su stresi uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir. Biyogübre uygulaması yönünden ise en yüksek kuru herba ağırlığının (2.48 g b⁻¹) *Pseudoalteromonas tetraodonis* + *Brevibacillus choshinensis* + Vermikompost şeklindeki 3'lü kombine uygulamadan ve (2.44 g b⁻¹) *Pseudoalteromonas tetraodonis* + Vermikompost şeklindeki 2'li kombine uygulamadan elde edildiğini, en düşük kuru herba ağırlığının ise (0.79 g b⁻¹) kontrol grubunda görüldüğünü bildirmiştir.

Dhakad vd. (2024), organik ve biyogübrelerin *O. basilicum*'un verimine ve kalitesine etkisini inceledikleri çalışmada, farklı dozlarda ahır gübresi, vermikompost ve biyogübreler (PSB, Azotobacter ve Azospirillum) uygulamış ve 20 t ha⁻¹ ahır gübresi + 3 kg ha⁻¹ biyolojik gübre uygulamasıyla en yüksek yeşil herba ağırlığının elde edildiğini (368.0 g b⁻¹) bildirmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar ahır gübresinin iyi bir C/N oranına sahip olduğundan toprağın kolayca

mineralleşerek farklı formlara dönüştüğünü ve dolayısıyla fesleğenin topraktan daha fazla besin elementi alabildiğini belirtmişlerdir.

2.3 Nanopartiküller ve Nano Grafen Oksit (nGO)

Zhang vd. (2015), grafen oksidin (GO) fotosentezi uyarak *Aloe vera* L. büyümesini desteklemedeki rolünü ortaya çıkartmışlardır. 10-100 mg L⁻¹ doz aralıklarında uygulanan GO'nun en iyi sonucu 50 mg L⁻¹ konsantrasyonda, yaprakların fotosentetik kapasitesini, verimi ve yaprakların morfolojik özelliklerini arttırarak *Aloe vera*'nın büyümesi üzerinde olumlu etkiler gösterebileceğini belirtmişlerdir.

Ahmad vd. (2018), 0, 50, 100, 150, 200 ve 250 mg L⁻¹ konsantrasyonlarında uygulanan titanyum dioksit nanopartiküllerinin *Mentha piperita*'daki enzimatik aktiviteler, fotosentez, besin kazanımı ve uçucu yağ üretimi üzerindeki etkisini araştırmışlar ve 150 mg L⁻¹ uygulaması ile nitrat redüktaz ve karbonik anhidraz aktivitelerinde sırasıyla %17.7 ve %19.1'lik bir artış rapor etmişler, klorofil floresansı ve net fotosentetik oranın, kontrole göre yine aynı uygulama ile sırasıyla %7.2 ve %23.8 arttığını, ayrıca uçucu yağ içeriği ve verimin de kontrole göre sırasıyla %39.4 ve %105.1 oranında arttığını, mentol içeriği ve verimin de kontrole göre %9.6 ve %124.1 oranında arttığını bildirmişlerdir.

Fazeli-Nasab vd. (2018), *Thymus vulgaris*'te titanyum nanopartiküllerinin etkisini ve titanyum nanopartikülleri ile su kısıtlılığının etkileşimini araştırarak, kullanılan nanopartiküllerin uçucu yağ ve majör bileşenler (timol ve karvakrol) üzerinde etkisinin bulunmadığını bildirmişlerdir.

Naderianfar vd. (2018), sulama kısıtlılığı, toprak dokusu ve farklı dozlarda (%100, 70 ve 50) nano gübre kullanımının fesleğen bitkisinin verim bileşenleri üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada, nano gübre [nN, nP, nK ve karışım olarak nano özelliğinde 11 makro-mikro element (Fe %4, Zn %5, Mn %2, K %2, Mg %1, Cu %1, N %5, P %4, Mo %0.04, Ca %15 ve B %0.06)] konsantrasyonunun artmasıyla birlikte bitki başına boğum sayısı ve uçucu yağ oranında önemli bir artış gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada farklı uygulamalarda boğum sayısı değerlerinin 38-125 adet b⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırmacılar, bu artışı bitki boyu ve yan dal sayısı ile ilişkilendirmişlerdir.

Safikhani vd. (2018), farklı GO konsantrasyonlarını (%0, 0.01, 0.05 ve 0.1), dört su stresi koşulu (0, 4, 8 ve 12 dS m⁻¹) altında uygulayarak *Silybum*

marianum'un büyümesine ve biyokimyasal özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar çalışma sonucunda, hem tuzlu koşullar hem de kontrol (tuzlu olmayan) koşulları altında, GO uygulamasıyla bitkiler için maksimum bitki boyuna (kontrol ve tuzlu koşullarda sırasıyla %3.7 ve %20), toplam biyokütle (kontrol ve tuzlu koşullarda sırasıyla %17 ve %8.2) ve klorofil içeriğine (kontrol ve tuzlu koşullarda sırasıyla %8 ve %5) ulaşıldığını, %0.01 konsantrasyonda GO uygulanan bitkilerin, 12 dS m⁻¹ tuzluluk seviyesi altında en yüksek toplam biyokütleyi (518 mg) ürettiğini bildirmişlerdir.

Shen vd. (2019), farklı dozlarda GO'nun (0, 5, 15, 25 ve 50 mg L⁻¹) pirinç çeşitlerinin taze ve kuru ağırlığı üzerinde etkisini incelemişler ve GO'nun kuru ağırlık üzerindeki etkisinin daha fazla olduğunu bildirerek, bu durumun enzimatik aktiviteyi uyararak ortaya çıktığını vurgulamışlardır. Ayrıca çalışmada, düşük konsantrasyonların kuru ağırlık artışı üzerindeki etkisi, yüksek konsantrasyonlara göre daha fazla olmuştur.

Younes vd. (2019), patlıcan ve biber fidelerine uygulanan 0.1 ve 0.2 g l⁻¹ grafen nano tabakası konsantrasyonlarının kontrol grubuna göre bitki başına dal sayısı açısından kayda değer bir artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir. Bu araştırmacılar grafen nano tabakasının bitkilerin çeşitli metabolik yolları üzerindeki düzenleyici rolünü vurgulayarak, uygun konsantrasyonlarının bir hücre büyüme faktörü olarak işlev gördüğünü, hücre bölünmesini ve çoğalmasını tetikleyebildiğini bildirmişlerdir.

Alhasan (2020), tarla koşullarında yetiştirilen fesleğenin tarımsal özellikleri üzerine farklı NPK nano gübre oranlarının etkisini araştırarak, uygulanan dozların artışıyla dal çapında yükseliş gerçekleştiğini bildirmiştir.

Tavallali vd. (2020), %0.1 ve %0.2 oranlarında Zn-EDTA, salisilik asit (SA) ve çinko-salisilik asit nano kompleksi (n[Zn(SA)₂]) uygulamasının *O. basilicum* uçucu yağının üzerindeki etkisini incelemişler ve uçucu yağda 61 bileşen tespit ederek, ana bileşenlerin epi- α -kadinol ve *trans*- α -bergamoten olduğunu ve en yüksek ana bileşen miktarının %0.2 n[Zn(SA)₂] uygulamasında gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Çalışmada, %0.2 n[Zn(SA)₂] uygulamasının ekstredeki fenolik ve flavonoid bileşik yüzdelere de artırdığı ve rosmarinik asit ve kuersetinin baskın fenolik bileşikler olduğu da raporlanmıştır. Uçucu yağlardaki en yüksek antioksidan aktivitenin yine %0.2 n[Zn(SA)₂] uygulamasında görüldüğü de

vurgulanmıştır. Araştırmacılar, uçucu yağda %0.051-0.076 arasında *cis-α*-bergamoten, %0.48-2.11 arasında *α*-terpineol tespit etmişlerdir.

Cao vd. (2021), 10-100 mg L⁻¹ GO'nun uygulanmasıyla *Populus alba* L.'nin yeşil yaprak ağırlığının, çözünebilir şeker içeriğinin ve net fotosentetik oranının önemli ölçüde yükseldiğini; taze kök ağırlığı, toplam kök uzunluğu ve toplam kök yüzey alanının artışı bildirmişlerdir. Çalışmada, kumlu-tınlı koşullarda, özellikle bitkilere yeterli miktarda K gübresi verildiğinde 2. biçim verimlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Guo vd. (2021)'nin araştırma sonuçlarına göre, farklı konsantrasyonlarda (50 ve 100 mg l⁻¹) uygulanan GO'nun hücre bölünmesini uyararak olgun domates bitkilerinin büyümesine, özellikle de dal çapının artmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Aghaee vd. (2022), çinko oksit ve çinko nanopartiküllerinin (25, 50 ve 100 mg l⁻¹) yapraktan uygulanmasının fesleğenin büyümesi, fotosentetik pigmentleri ve uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisini inceleyerek, uçucu yağda maksimum sayıda oksijenli monoterpenler (%66-74) olmak üzere 34 bileşen tespit etmişler ve üç ana bileşeni ise metil kavikol, linalool ve *α*-kadinol olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada 50 ve 100 mg l⁻¹ dozlarda uygulanan çinko nanopartikülünün metil kavikol ve linalool oranını kontrol grubuna göre arttırdığı ortaya çıkmıştır.

Mirza vd. (2022), maş fasulyesinde (*Vigna radiata* L.) farklı dozlarda (0, 300, 600, 900, 1200 ve 1500 g l⁻¹) uygulanan nGO'nun büyüme ve verim parametrelerine etkisini inceleyerek 1500 g l⁻¹ hariç, nGO dozlarının artışı ile bitki boyunda, yeşil ve kuru dal ağırlığında artış izlendiğini rapor etmişlerdir.

Fortis-Hernández vd. (2023), 5, 10, 15 ve 20 mg L⁻¹ konsantrasyonlardaki ZnO nanopartikülünü hidroponik sistemde *O. basilicum*'a uygulamışlar ve 20 mg L⁻¹ konsantrasyonundaki uygulamanın yapıldığı bitkilerde yeşil yaprak ve gövde ağırlığı, boy, yaprak sayısı, yaprak alanı ve kuru ağırlığın artış eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada, en yüksek klorofil içeriğinin (5.4 µg g⁻¹ FW) kontrol grubunda elde edildiği, en düşük klorofil içeriğinin ise (4.14 µg g⁻¹ FW) 20 mg L⁻¹ uygulamasında gözlemlendiği bildirilmiştir. Yapraklardaki karotenoid içeriği 20 mg L⁻¹ konsantrasyonu uygulanmış bitkilerde 1.08 µg g⁻¹ FW değerinde iken, kontrol grubunda 0.84 µg g⁻¹ FW olarak tespit edilmiş ve en yüksek toplam fenolik, flavonoid, antioksidan kapasite ve C vitamini içeriğinin yine 20 mg L⁻¹ konsantrasyonunda görüldüğü raporlanmıştır.

Hassanpouraghdam vd. (2023), tarhun (*Artemisia dracunculus* L.) bitkisinde tuzluluk stresi altında yapraktan uygulanan GO ve FeEDTA'nın bitkideki limonen içeriğini kontrole göre %22.5 arttırdığını ve GO'nun *cis*-osimen içeriğini kontrole kıyasla %63.5 oranında arttırdığını, GO uygulamasının kontrole göre daha yüksek fenolik içeriğe ulaştığını ($64.8 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ 'ye kıyasla $77.8 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$), ancak GO'nun fenolik içerikler üzerinde mineral uygulamalarına göre daha az etki gösterdiğini ve en düşük flavonoid içeriğinin (4.14 mg g^{-1}) GO uygulamasında saptandığını bildirmişlerdir.

Vojodi vd. (2023), GO, nano-Fe (nFe) ve selenyumun (Se) yapraktan uygulanmasının *O. basilicum*'daki tuzluluk depresyonuna etkisini incelemişler ve uygulamaların bitkinin kuru ağırlığını, uçucu yağını, malondialdehit içeriğini, bağıl su içeriğini, hidrojen peroksit, prolin, sodyum, demir ve fosfor içeriğini ve sodyum/potasyum oranını etkilediğini bildirmişlerdir. Çalışmada, en yüksek bitki kuru ağırlığının ve uçucu yağ içeriğinin, tuzsuz koşullarda ve 50 mM tuzluluk $\times$ nano-Fe uygulamasında kaydedildiği, uygulamaların katalaz aktivitesini ve klorofil b'yi, kalsiyum, nitrojen, potasyum, manganez, çinko ve magnezyum içeriğini bağımsız olarak etkilediği, yapraklara GO ve Se uygulanmasının bitkilerin kalsiyum ve magnezyum içeriğini arttırdığı da bildirilmiştir. Ayrıca, araştırmacılar nFe ve Se'nin bitki boyuna daha etkili olduğunu ve GO'nun ise kontrol grubuna göre daha yüksek bitki boyu değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Uygulanan GO'nun uçucu yağ oranını ise kontrol grubuna göre yükselttiğini, farklı uygulamalarda uçucu yağ oranının %0.75-0.83 olarak saptandığını bildirmişlerdir.

Zhou vd. (2023)'nin GO'nun *Iris pseudacorus*'un büyümesi ve fotosentezi üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada, 20, 80 ve 140 mg L^{-1} seviyesindeki GO'nun, *I. pseudacorus*'ta kuru ağırlığı %37-84 oranında ve bağıl büyüme oranını %10-28 oranında önemli ölçüde arttırdığını saptamışlardır.

Bhat vd. (2024), *O. tenuiflorum* L. bitkisine farklı dozlarda (50, 100, 200 ve 400 mg L^{-1}) yapraktan uygulanan silikon dioksit ve titanyum dioksit nanopartiküllerinin (nSiO_2 ve nTiO_2) 50, 100 ve 200 mg L^{-1} dozlarının kontrol grubuna karşın yeşil herba oranında artışa sebep olduğunu, her iki nanopartikülde 100 mg L^{-1} dozunda en yüksek değerlerin kaydedildiğini ve 400 mg L^{-1} dozunun verimi düşürdüğünü beyan etmişlerdir. Bu araştırmacılar nanopartiküllerin kullanımında doğru konsantrasyon ayarlamasının en önemli faktör olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca çalışmada, 50, 100 ve 200 mg L^{-1} dozlarının kontrol

grubuna karşın uçucu yağ oranında ve bazı majör bileşenlerde artışa sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Shahraki vd. (2024), *O. basilicum* fidelerini farklı konsantrasyonlarda (0, 40 ve 80 ppm) gümüş nanopartiküllerine ve gümüş nitrata maruz bırakmışlar ve 40 ve 80 ppm konsantrasyonlarda hem gümüş nanopartiküllerinin hem de gümüş nitratin ağırlığın, kök ve sürgün uzunluğunun yanı sıra klorofil a ve b içeriğinin azalmasına yol açtığını, fakat toplam fenoller, karotenoidler ve antosiyaninler gibi temel biyokimyasal özelliklerde artışı tetiklediğini ve gümüş nanopartiküllerinin gümüş nitrata kıyasla daha belirgin bir etki gösterdiğini bildirmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Denemede Kullanılan Bitki Materyali

Denemede bitkisel materyal olarak fesleğen (*Ocimum basilicum* L. var. *dino*) (Fotoğraf 3.1 ve 3.2) tohumları kullanılmıştır. Seleksiyon yöntemiyle ıslah edilmiş hızlı büyüyen, iri, yeşil ve yoğun aromalı yapraklara sahip Dino çeşidinin tescil belgesi AG Tohum San. Tic. A.Ş. tarafından alınmıştır. Bitki materyali ile ilgili bazı özellikler Tablo 3.1’de verilmiştir.



Fotoğraf 3. 1. Deneme alanından bitki materyali görüntüsü.



Fotoğraf 3. 2. Deneme alanından bitki materyali görüntüsü.

Tablo 3. 1. *Ocimum basilicum* L. var. *dino* (fesleğen) bitkisinin özellikleri.

Genel Bilgi	
Tescil yılı	2017
İslah edildiği yer ve yıl	İzmir / 2010
Çeşit sahibi kuruluş	AG Tohum San. Tic. A.Ş.
İslahçı kuruluş	AG Tohum San. Tic. A.Ş.
İslah yöntemi	Seleksiyon
Morfolojik Özellikler	
Bitki büyüme şekli	Dik
Bitki toplam uzunluk	Uzun
Yaprak ayası şekli	Eliptik
Yaprak ayası üst kısmın antosiyanin renklenmesi	Yok
Yaprak ayası kabarıklık	Kuvvetli
Yaprak ayası kenar dişliliği	Var
Çiçek taç yaprak rengi	Beyaz
Çiçeklenme zamanı (Bitkilerin %10'u çiçeklendiğinde)	Geççi
Tarımsal Özellikler	
Kullanım amacı	Dal ve yaprakları baharat
Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü Çeşit Kataloğu, 2018.	

3.1.2 Deneme Yeri ve İklim Özellikleri

Deneme birbirini takip eden iki yetiştirme sezonunda (2022-23) Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi (AFSÜ), Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Uygulama ve Araştırma Sahası'nda (38°46' N, 30°27' E, rakım 1009 m) gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 3.3).



Fotoğraf 3. 3. Deneme alanının uydu görüntüsü.

Afyonkarahisar'da iklim oldukça sert ve orta derecede yağışlıdır. En çok yağış kışın ve ilkbaharda görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı geçer (Soltanbeigi ve Maral, 2022). Denemenin yapıldığı bölge ile ilgili uzun yıllar verileri ve deneme sürecindeki meteorolojik veriler Tablo 3.2 ve 3.3'te sunulmuştur.

Tablo 3. 2. Denemenin yapıldığı bölgeye ait uzun yılların (1970-2022) bazı meteorolojik verileri.

Aylar	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)	Aylık Minimum Sıcaklık (°C)	Aylık Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	Aylık Yağışlı Gün Sayısı Ortalaması	Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm=kg-m ²)	Günlük Maksimum Sıcaklıkların Aylık Ortalaması (°C)	Günlük Minimum Sıcaklıkların Aylık Ortalaması (°C)	Aylık Ortalama Toprak Üstü Minimum Sıcaklığı (°C)	Aylık Maksimum Toprak Üstü Minimum Sıcaklığı (°C)	Aylık Minimum Toprak Üstü Minimum Sıcaklığı (°C)	Aylık Ortalama Nispi Nem (%)	Aylık Maksimum Nispi Nem Ortalaması (%)	Aylık Minimum Nispi Nem Ortalaması (%)
Ocak	0.3	18.1	-22.2	2.8	12.32	43.1	4.6	-3.2	-4.0	5.0	-23.5	78.2	97.0	40.4
Şubat	2.0	21.8	-22.0	4.0	11.85	36.2	6.8	-2.0	-2.8	6.0	-25.6	73.3	96.4	31.1
Mart	5.6	25.8	-17.0	5.0	12.42	41.6	11.3	0.6	-0.6	6.0	-18.8	66.4	96.5	20.2
Nisan	10.5	30.2	-7.6	6.2	12.11	45.5	16.6	4.8	3.1	6.0	-8.6	61.4	96.0	18.3
Mayıs	15.0	33.9	-3.1	7.9	11.92	46.9	21.4	8.7	6.4	6.0	-5.6	59.9	95.3	19.1
Haziran	19.0	35.8	3.9	9.5	8.49	41.0	25.8	12.1	9.4	10.8	1.2	56.5	94.0	17.9
Temmuz	22.3	39.8	5.6	10.9	3.66	19.2	29.7	14.7	11.9	13.9	0.0	50.4	90.1	15.7
Ağustos	22.1	38.2	5.1	10.3	4.08	16.1	29.5	14.6	11.7	12.0	0.0	51.2	91.0	15.6
Eylül	18.1	37.2	1.2	8.7	4.34	19.6	25.5	10.8	7.9	9.3	-3.4	53.6	94.4	16.0
Ekim	12.5	31.3	-4.6	6.1	8.09	39.4	19.2	6.6	4.3	7.1	-8.0	64.1	97.5	19.5
Kasım	6.7	24.4	-13.2	4.6	8.08	32.5	12.6	1.9	0.2	6.0	-14.2	71.0	97.2	28.1
Aralık	2.2	21.0	-18.0	2.7	12.40	44.3	6.5	-1.3	-2.2	6.0	-21.5	78.4	97.3	37.3
Yıllık	11.4	39.8	-22.2	6.6	109.76	425.4	17.5	5.7	3.8	13.9	-25.6	63.7	95.2	23.3

Kaynak: Afyonkarahisar - Meteoroloji 5. Bölge Müdürlüğü.

Tablo 3. 3. Deneme yıllarına ait bazı lokal meteorolojik veriler (2022-23).

Ay	Sıcaklık (°C)					
	Minimum		Maksimum		Ortalama	
	1. Yıl	2. Yıl	1. Yıl	2. Yıl	1. Yıl	2. Yıl
Ocak	-4.9	-0.9	3.2	9.1	-0.9	3.4
Şubat	-1.6	-3.3	7.2	7.2	2.3	1.5
Mart	-3.8	2.6	4.9	12.7	0.1	7.3
Nisan	6.3	5	19.9	15.0	13.2	9.7
Mayıs	8.8	9.1	22.2	19.8	15.3	13.7
Haziran	13.7	13	25.6	24.3	19.2	18.3
Temmuz	14.7	15.2	29.3	30.8	22.2	23.2
Ağustos	17.0	18.2	31.2	33.9	23.5	26.2
Eylül	11.8	12.3	26.9	27.0	19.3	19.4
Ekim	7.2	-	18.7	-	12.5	-
Kasım	3.4	-	15.3	-	8.8	-
Aralık	1.7	-	10.7	-	5.6	-
Ay	Yağış (mm)		Ortalama Nispi Nem (%)		Güneşlenme Süresi (Saat)	
	1. Yıl	2. Yıl	1. Yıl	2. Yıl	1. Yıl	2. Yıl
	1. Yıl	2. Yıl	1. Yıl	2. Yıl	1. Yıl	2. Yıl
Ocak	46.2	20.1	75.7	75.3	82.2	145
Şubat	53.1	11.5	75.9	63.6	111.2	145.3
Mart	53	60.6	68.9	67.3	1.6	139.8
Nisan	23.2	65.9	46.7	63.1	208.6	145
Mayıs	27.9	204.3	55.6	73.1	231.2	162.3
Haziran	111.1	80.2	64.0	67.5	216.1	248
Temmuz	1.7	10.5	45.9	45.4	335.7	368.5
Ağustos	24	4	55.1	38.6	286.4	349.3
Eylül	0.1	17.1	46.4	49.5	274.5	269.3
Ekim	36.4	-	66.3	-	160.9	-
Kasım	9.4	-	63.2	-	140.1	-
Aralık	11.3	-	79.9	-	98.3	-
Toplam	397.4	474.2	-	-	-	-

Kaynak: Afyonkarahisar - Meteoroloji 5. Bölge Müdürlüğü.

3.1.3 Deneme Alanının Toprak Özellikleri

AFSÜ kampüsünde yer alan Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Uygulama ve Araştırma Sahası'nın toprağı bulunduğu bölgenin meralarından temin edilerek sahaya taşınıp serilmiştir. Toprağın kalınlığı yaklaşık 80±10 cm'dir.

Deneme alanı toprağının 30 cm derinliğinden alınan örneklerin fiziko-kimyasal özellikleri incelendiğinde (Tablo 3.4), toprak sınıfı killi-tınlı olarak belirlenmiştir. Toprakta bulunan organik madde oranı oldukça düşük, tuz miktarı az ve kireç ise yüksek bulunmuştur. İlk deneme yılında toprağın pH'sı sınır değerler içerisinde yer alırken, 2. yıl hafif alkali çıkmıştır. Her iki deneme yılında da P, K, Fe, Cu ve Mn miktarları yeterli iken, Zn miktarı yetersiz bulunmuştur. Elde edilen analiz sonuçlarına göre toprakta Ca ve Mg miktarları sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır.

Tablo 3. 4. Deneme alanı toprağına ait fiziko-kimyasal özellikler (30 cm derinlik).

Özellikler	Değerler	
	1. Yıl	2. Yıl
Organik madde (%)	0.75	1.18
Tuz (%)	0.068	0.062
Kireç (%)	5.32	6.49
Tarla kapasitesi (%)	67.25	69.54
EC (mS cm ⁻¹)	0.095	0.099
pH	7.72	7.67
Elementler		
P (kg ha ⁻¹)	95.7	126.0
K (kg ha ⁻¹)	712.5	476.3
Ca (mg kg ⁻¹)	4845	5159
Mg (mg kg ⁻¹)	874	864
Fe (mg kg ⁻¹)	5.475	5.362
Cu (mg kg ⁻¹)	0.345	0.425
Zn (mg kg ⁻¹)	0.395	0.521
Mn (mg kg ⁻¹)	2.154	1.965

Toprak sınıfı: Killi-Tınlı.

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme Deseni ve Uygulamalar

Arazide deneysel tasarım, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak planlanmıştır (Fotoğraf 3.4). Parsellerde bitkilerin sıra arası mesafeleri 30 cm ve sıra üstü mesafeleri ise 20 cm olarak ayarlanmıştır (~166660 b ha⁻¹). Parsel boyutları 1.2 × 4 m ve her parselin toplam alanı 4.8 m² olarak belirlenmiştir. Parsellerin arasında 2 m ve blokların arasında 3 m mesafe bırakılarak, uygulamaların birbirinden etkilenmemesi için ara yollarda 50±20 cm karıklar açılmıştır.

Yapraktan uygulanan farklı nano grafen oksit (nGO) dozlarının organik ve kimyasal gübrelere yetiştirilen fesleğen bitkisinin verim ve kalitesine etkisini incelemeye alan bu deneme toplam 11 farklı uygulama parseline ayrılmıştır (Tablo 3.5). Kontrol parsellerine, sadece nGO uygulamaları ile eş zamanlı olarak nGO'nun hazırlanmasında kullanılan ultra saf su aynı miktarlarda uygulanmıştır. Parsellerden ikisine ayrı ayrı ahır gübresi (30 ton ha⁻¹) ve NPK (90:60:60 kg ha⁻¹) eklenmiştir. Diğer 8 parsel ise nGO uygulamalarına tahsis edilmiştir. Bu parsellerin 4'üne ekimle beraber NPK (90:60:60 kg ha⁻¹) ilave edilerek, nGO (100, 200, 300 ve 500 mg L⁻¹) uygulamaları yaprağa püskürtme şeklinde (foliar) yapılmıştır. Geriye kalan 4 parselin toprağına ahır gübresi (30 ton ha⁻¹) karıştırılıp, nGO dozları (100, 200, 300 ve 500 mg L⁻¹) uygulanmıştır.



Fotoğraf 3. 4. Deneme alanından görüntü.

Tablo 3. 5. Denemeyi oluşturan uygulama sayısı ve açıklamaları.

Uygulamalar	Kısaltma	Açıklama
1	Ktrl	Kontrol (0 Uyg.)
2	A	Ahır gübresi (30 ton ha ⁻¹)
3	K	NPK (90:60:60 kg ha ⁻¹)
4	AG ₁	Ahır gübresi (30 ton ha ⁻¹) + 100 mg L ⁻¹ nGO*
5	AG ₂	Ahır gübresi (30 ton ha ⁻¹) + 200 mg L ⁻¹ nGO
6	AG ₃	Ahır gübresi (30 ton ha ⁻¹) + 300 mg L ⁻¹ nGO
7	AG ₄	Ahır gübresi (30 ton ha ⁻¹) + 500 mg L ⁻¹ nGO
8	KG ₁	NPK (90:60:60 kg ha ⁻¹) + 100 mg L ⁻¹ nGO
9	KG ₂	NPK (90:60:60 kg ha ⁻¹) + 200 mg L ⁻¹ nGO
10	KG ₃	NPK (90:60:60 kg ha ⁻¹) + 300 mg L ⁻¹ nGO
11	KG ₄	NPK (90:60:60 kg ha ⁻¹) + 500 mg L ⁻¹ nGO

*nGO: nano-Grafen Oksit.

Araştırmalara göre, 1 ton fesleğen herbasının üretilmesi için topraktan 18 kg N, 8 kg P ve 15 kg K absorbe edildiği bilinmektedir. Buna göre ekimden önce 30-40 kg ha⁻¹ N, 55-70 kg ha⁻¹ P ve 60-80 kg ha⁻¹ K taban gübresi olarak toprağa ilave edilir. 1. biçimden sonra ise 40-50 kg ha⁻¹ N uygulamasının verim artışında önemli etkisi vardır (Omidbeigi, 2014). Bu bilgilere dayanarak, denemenin her iki yılında da P (P₂O₅ - suda çözünür) ve K'nın (K₂O - suda çözünür) tamamı ile N'nin (%9 Üre + %9 amonyak) $\frac{2}{3}$ 'si ekimle beraber, geri kalan N ise ($\frac{1}{3}$ 'i - %46 N) ilk biçimden sonra ilgili parsellere uygulanmıştır. Ahır gübresi ekimden 35-40 gün önce ilgili parsellere karıştırılmıştır. Ahır gübresi, Afyonkarahisar iklim şartlarına uygun olarak Mart ayında uygulanmıştır. Ahır gübresine ait bazı fiziko-kimyasal özellikler Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3. 6. Denemede kullanılan ahır gübresinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri.

Özellik	Birim	Değer	
		1. Yıl	2. Yıl
Kuru ağırlık	%	88.7	94.9
Nem	%	11.3	5.1
Tuz	mS	3.85	2.75
Organik madde	%	55.25	47.25
N	%	1.24	0.98
P	%	0.035	0.033
K	%	0.41	0.45
Mg	%	0.37	0.29
Ca	%	0.39	0.42
Zn	mg kg ⁻¹	0.29	0.31
Fe	mg kg ⁻¹	397	402
Mn	mg kg ⁻¹	26	33
Cu	mg kg ⁻¹	21	26
pH	-	7.29	7.45

Denemede kullanılan nGO ile ilgili bazı bilgiler Tablo 3.7'de verilmiştir. nGO belirtilen oranlarda ultra saf su ilave edilerek, 120 dk ultrasonik su banyosunda (Faithful FSF-080S) çözdürülmüştür. nGO solüsyonu hacmi motorlu ilaçlama makinesi kalibrasyon ve özelliklerine göre pratikte yapılan denemelerde 400±20 ml parsel⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Fesleğen tohumları denemenin 1. yılında 13 Mayıs 2022'de, 2. yılında ise 24 Mayıs 2023'te doğrudan tarlaya ekilmiştir (Fotoğraf 3.5). Ekimlerin normalden geç gerçekleştirilmesinin sebebi, 1. yıl (2022) havanın soğuk olması, 2. yıl ise (2023) kesintisiz yağmur yağışıdır (Tablo 3.3). Hazırlanan parsellerde çizikler açılarak ekim hatları oluşturulmuştur. Daha sonra 20 cm aralıklarla 3-5 fesleğen tohumu atılarak, üzeri aynı parselden daha önce elenmiş olan toprakla (10±3 mm)

kapatılmıştır. Tablo 3.8’de ekim tarihleri ve nGO uygulama tarihleri ile ilgili bilgi paylaşılmıştır.

Tablo 3. 7. Denemede kullanılan nano grafen oksit (nGO*)’e ait bazı özellikler.

Özellik	Açıklama
CAS No	7782-42-5
Kimyasal formül	C
Fiziksel yapı	Toz
Renk	Siyah
Yoğunluk	1.9-2.2 g/cm ³
Moleküler ağırlık	4.239 g mol ⁻¹
Özgül yüzey alanı	1000-15000 g/m ²
Katman sayısı	Tek katman
Safılık	%99.9
Karbon yüzdesi	%68.04
Oksijen yüzdesi	%31.95
Z Doğrultusu kalınlık	0.6-1.2 nm
X ve Y Doğrultularında boyutlar	0.4-5 µ

*: Fine-Nano Co.



Fotoğraf 3. 5. Tohum ekiminden görüntü.

nGO uygulama grubunda hazırlanan solüsyonlar ilk kez fesleğenlerin 8-12 yaprak döneminde yapraktan uygulanmış olup, her biçim öncesi toplamda 2 kez, 14 gün aralıkla ilgili parsellere püskürtülmüştür (Tablo 3.8). Ayrıca, kontrol gruplarına, nGO uygulamaları ile eş zamanlı olarak nGO’nun hazırlanmasında kullanılan ultra saf su aynı miktarlarda uygulanmıştır.

Tablo 3. 8. Denemede yıllara göre ekim, nGO uygulamaları ve biçim zamanları.

Yıl	Ekim Zamanı	nGO Uygulama Zamanı				Biçim Zamanı	
		1. Biçim Dönemi		2. Biçim Dönemi		1. Biçim	2. Biçim
1. Y. (2022)	13 May.	24 Haz.	8 Tem.	22 Ağus.	5 Eyl.	9 Ağus.	20 Eyl.
2. Y. (2023)	24 May.	18 Tem.	1 Ağus.	1 Eyl.	14 Eyl.	21 Ağus.	25 Eyl.



Fotoğraf 3. 6. nGO uygulamalarından sonra parsellerde izlenen bitki gelişimi.

3.2.2 Bakım, Biçim Zamanı ve Yöntemi

Deneme desenine uygun bitki sıklığını sağlamak için, fideler ortalama 5 cm yüksekliğe ulaştıklarında tekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çapalama (toprak havalandırma) ve yabancı ot mücadelesi gibi bakım işlemleri gerektiği durumlarda mekanik yöntemlerle yapılmıştır. Sulama ise hava durumu ve bitki ihtiyacına göre damlama sulama sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Denemenin her iki yılında da 1. biçim döneminde mantar hastalığı belirtileri tespit edilmiştir. Hastalıkla mücadele için ilk belirtilerin ortaya çıkmasından hemen sonra ticari isimleri Powercop® (65.82 g L⁻¹ metalik bakıra eşdeğer bakır sülfat / Safa Tarım tescilli) olan fungusit (125 ml 100 L⁻¹) ile Fosfogard® [400 g L⁻¹ phosphorous acid (mono ve di-potasyum tuzları) / Safa Tarım tescilli] olan fungusit (400 ml 100 L⁻¹) karışımları sabahın erken saatlerinde yapraktan uygulanarak başarılı sonuç alınmıştır.

Biçimler çiçeklenme başlangıcında gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.8). Her bir parselde kenar tesir çıkarıldıktan sonra tesadüfi olarak seçilen 10 bitkiden belirtilen ölçümler alınarak, bitkiler bağ makasıyla toprak seviyesinin 6-8 cm üzerinden biçilmiştir. Biçim sonrası ilgili kayıtlar alınarak, örnekler kurutulmak üzere laboratuvara taşınmıştır.

3.2.3 Tarımsal Özellikler

3.2.3.1 Bitki Boyu (cm)

Her bir parselde kenar tesir çıkarıldıktan sonra tesadüfi olarak seçilen 10 bitki, toprak seviyesinden uç noktaya kadar ölçülüp ortalamaları bitki boyu olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.2 Dal apı (mm)

Her bir parselde kenar tesir çıkarıldıktan sonra tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin dalları biçim noktasının geniş yönünden dijital kumpasla ölçölerek dal çapı olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.3 Dal Sayısı (adet b⁻¹)

Her bir parselde kenar tesir çıkarıldıktan sonra tesadüfi olarak seçilen 10 bitkide ana ve yan dalların tamamı sayılıp, ortalamaları dal sayısı olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.4 Boğum Sayısı (adet b⁻¹)

Her bir parselde kenar tesir çıkarıldıktan sonra tesadüfi olarak seçilen 10 bitkide ana ve yan dallarda bulunan boğum sayısı sayılıp, ortalamaları boğum sayısı olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.5 Yeşil Herba Verimi (kg ha⁻¹)

Her bir parselde kenar tesir çıkarıldıktan sonra tüm bitkiler toprak seviyesinden 6-8 cm yükseklikten biçilip tartılmıştır. Biilen bitkilerden parsel verimi belirlenip hektara çevirilerek yeşil herba verimi hesaplanmıştır.

3.2.3.6 Kuru Herba Verimi (kg ha⁻¹)

Her parselden yeşil herba verimi tespiti için alınan örnekler kurutma raflarına serilip, sürekli hava akışı sağlanan odada nem oranı %12±1'e düşene kadar kurutulmuş ve kuru herba verimi olarak kaydedilmiştir (Fotoğraf 3.7).



Fotoğraf 3. 7. Kurutma aşamasından görüntü.

3.2.3.7 Yeşil Herba Ağırlığı (g b⁻¹)

Her bir parselde kenar tesir çıkarıldıktan sonra tesadüfi olarak seçilen 10 bitki toprak seviyesinden 6-8 cm yükseklikten biçilip tartılarak, ortalamaları yeşil herba ağırlığı olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.8 Kuru Herba Ağırlığı (g b⁻¹)

Yeşil herba ağırlığı hesabı için seçilip biçilen 10 bitki kurutma raflarına serilip sürekli hava akışı sağlanan odada nem oranı %12±1'e düşene kadar kurutulup, ortalamaları kuru herba ağırlığı olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.9 Yeşil Yaprak Ağırlığı (g b⁻¹)

Her bir parselde kenar tesir çıkarıldıktan sonra tesadüfi olarak seçilen 10 bitki toprak seviyesinden 6-8 cm yükseklikten biçilerek yaprak ve dalları ayrılmıştır. Yaprakların ağırlık ortalamaları yeşil yaprak ağırlığı olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.10 Kuru Yaprak Ağırlığı (g b⁻¹)

Yeşil yaprak ağırlığı hesabı için kullanılan bitkiler kurutma raflarına serilip sürekli hava akışı sağlanan odada nem oranı %12±1'e düşene kadar kurutulup, tartılmıştır. Örneklerin ortalamaları kuru yaprak ağırlığı olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.11 Yeşil Dal Ağırlığı (g b⁻¹)

Her bir parselde kenar tesir çıkarıldıktan sonra tesadüfi olarak seçilen 10 bitki toprak seviyesinden 6-8 cm yükseklikten biçilerek yaprak ve dalları ayrılmıştır. Dalların ağırlık ortalamaları yeşil dal ağırlığı olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.12 Kuru Dal Ağırlığı (g b⁻¹)

Yeşil dal ağırlığı hesabı için kullanılan bitkiler kurutma raflarına serilip sürekli hava akışı sağlanan odada nem oranı %12±1'e düşene kadar kurutulup, tartılmıştır. Örneklerin ortalamaları kuru dal ağırlığı olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.13 Kuru Yaprak Oranı (%)

Kuru yaprak ağırlığı kuru herba ağırlığına bölünüp 100 ile çarpılarak kuru yaprak oranı hesaplanmıştır.

3.2.4 Fenolojik Özellikler

3.2.4.1 İlk Çıkış Zamanı (Gün)

Ekimden itibaren ilk çıkışın görüldüğü tarihe kadar geçen gün sayısı belirlenmiştir.

3.2.4.2 Çıkışların %90'a Ulaştığı Zaman (Gün)

Ekilen fesleğen tohumlarının %90'ının toprak yüzeyinde görüldüğü tarihe kadar geçen gün sayısı belirlenmiştir (Fotoğraf 3.8).



Fotoğraf 3. 8. *O. basilicum* çıkış aşamasından görüntü.

3.2.4.3 Çiçeklenme Başlangıcına Kadar Geçen Zaman (Gün)

Ekimden itibaren ilk çiçeklenmenin görüldüğü zamana kadar geçen gün sayısı belirlenmiştir (Fotoğraf 3.9).



Fotoğraf 3. 9. *O. basilicum* çiçeklenme aşamasından görüntü.

3.2.5 Kimyasal Özellikler

3.2.5.1 Uçucu Yağ Oranı (%)

Her uygulama ile ilgili elde edilen kuru yapraklardan su distilasyonu yöntemi ile neo-Clevenger düzeneğinde uçucu yağ miktarı volumetrik (ml 100 g⁻¹) olarak 3 tekerrürde saptanıp, daha sonra yüzde olarak belirlenmiştir (Fotoğraf 3.10). Bu yöntemde 50 g kuru yaprak saf su ile (1:10) 180 dk su distilasyonuna

tabi tutulmuştur (European Pharmacopoeia, 1997). Elde edilen uçucu yağlar susuz sodyum sülfat (Merck) ile dehidrate edilip, ilgili analizlere kadar +4 °C’de amber viallerde saklanmıştır. Uçucu yağ oranı (3.1) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Uçucu Yağ Oranı (\%)} = \frac{\text{Uçucu yağ miktarı (ml)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100$$

(3.1)



Fotoğraf 3. 10. *O. basilicum* uçucu yağı eldesinden görüntü.

3.2.5.2 Uçucu Yağ Bileşenleri (GC/FID-MS)

Uçucu yağların kimyasal bileşenlerini belirlemek için alev iyonlaşma dedektörü (FID) entegreli Gaz Kromatografi Kütle Spektrometresi sistemi (Shimadzu GC-MS QP2010 SE) kullanılmıştır. Bileşenlerin ayrıştırılması için polar kolon (Teknokroma, TRB-WAX: 60 m × 0.320 mm iç çap ve 0.25 µm film kalınlığı) GC’ye bağlanmıştır. Helyum (%99.999) taşıyıcı gaz 2.06 mL dk⁻¹ akış hızıyla (100 k Pa⁻¹ basınç), enjeksiyon hacmi 1 µl (20 µL uçucu yağ, 1 mL *n*-Hekzan’da seyreltilmiş) olarak analiz koşullarını oluşturmuştur. Enjeksiyon, split modunda (40:1) gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyonla birlikte fırın programı 70 °C’de 5 dk bekleme süresi ile başlatılmıştır. Bu sıcaklık 3 °C dk⁻¹ artışla 160 °C’ye yükseltip, 10 dk bekletilmiştir. Son aşamada, sıcaklık 6 °C dk⁻¹ artışla 250 °C’ye ulaştırılıp, 20 dk bekletilerek sonlandırılmıştır. Dedektör, enjektör ve iyon kaynağı sıcaklıkları sırasıyla 250 °C, 250 °C ve 250 °C’ye ayarlanmıştır. MS için tarama aralığı (m z⁻¹) 35-550 atomik kütle ünitesi

(AMU) ve elektron bombardımanı (EI) iyonizasyonu 70 eV kullanılmıştır (Fotoğraf 3.11 ve 3.12).

Alıkonma indeksleri (RI: Retention index), C₇-C₃₀ n-alkanlar (Merck/Supelco) GC/FID sistemine uçucu yağ analizi yöntemine göre eşit koşullarda enjekte edilerek belirlenmiştir. Uçucu yağ bileşenlerinin tanımlanması, alıkonma indeksleri, ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nün (NIST) bilgisayar kütüphanesi veri tabanı, Wiley kütüphaneleri, diğer yayınlanmış kütle spektrum verileri (Adams, 2017) ve mevcut veritabanımızın karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Relatif bolluk (relative abundance / % alan), her bileşenin pik alanı ile tüm bileşenlerin alanlarının toplamı arasındaki orana dayalı olarak elde edilmiştir.



Fotoğraf 3. 11. Kullanılan GC/MS cihazından görüntü.



Fotoğraf 3. 12. GC/MS-FID analizlerine ait tipik kromatogram görüntüsü.

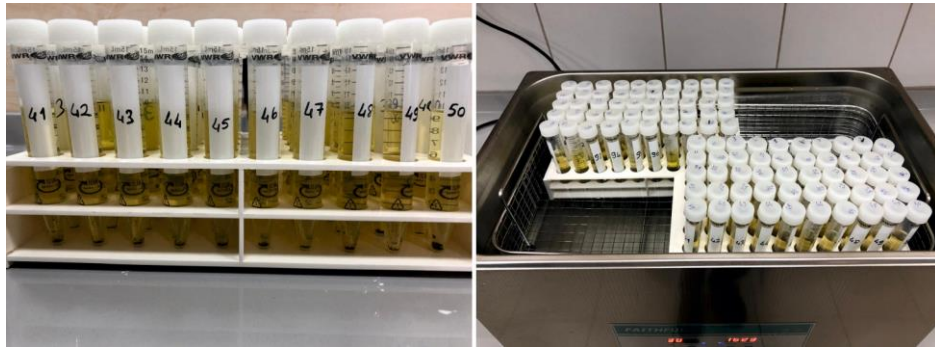
3.2.5.3 Ekstre Hazırlama

Öğütücüde öğütülmüş olan 5 g bitki örneği erlene aktararak üzerine ayrı bir yerde hazırlanmış olan %80'lik metanol (Merck/Supelco) ve su karışımından 100 ml eklenmiştir. Erlenlerin ağzı parafilm ile kapatılarak 180 dk boyunca 35-40 °C sıcaklıkta ultrasonik su banyosunda (Faithful FSF-080S) bırakılmıştır. Sonrasında erlenler içerisinde oluşan ekstrenin posasından ayrılması için huni ve siyah bant filtre kağıtları (Whatman / 125 mm çap) yardımı ile önceden darası alınmış örnek kaplarına süzölmüştür. Örnek kapları sıcaklığı 40 °C olan etüvde (CLS / CLOF-125) ağzı açık şekilde yaklaşık 3-4 gün bekletilmiştir. Çözücüsü uçmuş olan ekstreler hassas terazide (Ohaus Pr423/E) tartılarak ekstre verimi g olarak hesaplanmıştır (Cuce vd., 2022). Elde edilen sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

Antioksidan aktivite, fenolik madde ve flavonoid miktar tayini testlerini gerçekleştirmek üzere +4 °C'de örnek kaplarında bekletilmiş olan ekstrelerden 20 mg tartılarak 10 ml %80'lik metanol su karışımında falkon tüpler içerisinde vortexlenerek çözdürölmüştür (Fotoğraf 3.13 ve 3.14). Uçucu yağlardan ise 22 µl alınarak 10 ml metanolde vortexlenerek çözdürme yapılmıştır.



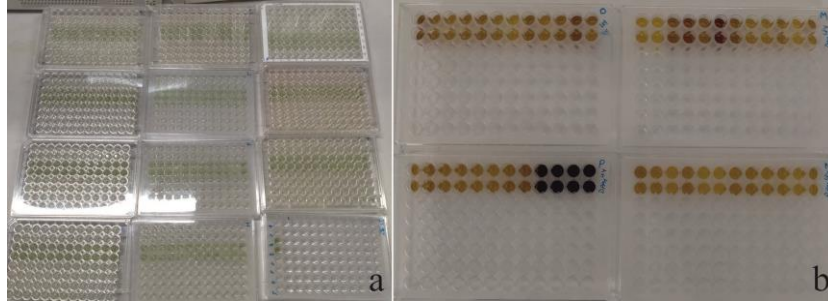
Fotoğraf 3. 13. *O. basilicum* ekstresi elde etme aşamalarından görüntü.



Fotoğraf 3. 14. *O. basilicum* ekstrelerinden çözelti elde etme aşamasından görüntü.

3.2.5.4 DPPH Serbest Radikali Süpürücü Aktivite

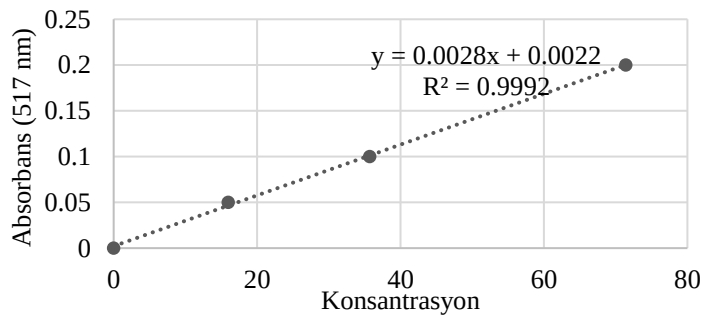
O. basilicum bitkilerinden elde edilen ekstrelerin (%80 metanol) ve uçucu yağların antioksidan aktiviteleri UV-visible spektrofotometre cihazı (Thermo Scientific™ Multiskan) kullanılarak incelenmiştir (Fotoğraf 3.15).



Fotoğraf 3. 15. DPPH serbest radikali süpürücü aktivite tespiti aşamasından görüntü a) Ekstre b) Uçucu yağ.

Antioksidan aktivite tayininde iki farklı yöntem ele alınmıştır. İlk yöntemde *O. basilicum* ekstrelerinin ve uçucu yağlarının 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH•) radikali süpürücü aktivitesi belirlenmiştir (Tepe vd., 2011; Zengin vd., 2015). İçerisinde farklı derişimlerde (0.5, 1 ve 2 mg mL⁻¹) örnek çözeltisi (50 µL) bulunan test tüplerine metanolde hazırlanmış DPPH çözeltisi (200 µL, 0.4 mM) ilave edilmiştir. Kontrol için test tüpüne ekstre yerine 50 µL metanol koyulmuştur. Örnekler oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dakika inkübasyona bırakıldıktan sonra 517 nm'deki absorbans ölçümleri yapılmıştır. Örneklerin DPPH radikali süpürücü aktiviteleri (3.2) eşitliği kullanılarak, farklı derişimlere ait çalışmalar %50 inhibisyon sağlayan örnek derişimi (IC₅₀: mg mL⁻¹) olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.1'de troloks standardına ait kalibrasyon grafiği ve regresyon denklemi verilmiştir.

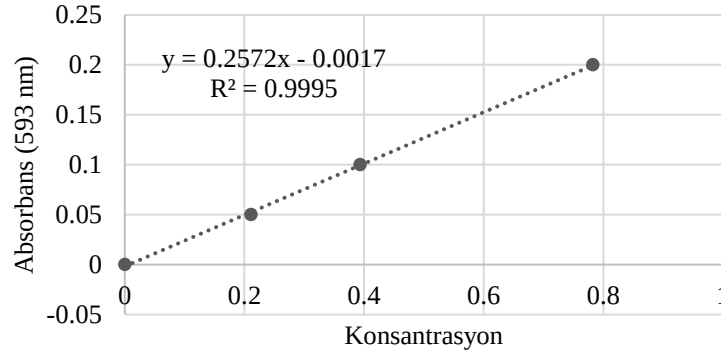
$$\text{RSA (\%)} = (\Delta 517\text{nm kontrol} - \Delta 517\text{nm örnek}) / \Delta 517\text{nm kontrol} \times 100 \quad (3.2)$$



Şekil 3. 1. Troloks standardına ait kalibrasyon grafiği ve regresyon denklemi.

3.2.5.5 Ferri İyonu Redükleme Antioksidan Gücü (FRAP)

Antioksidan aktivite tayininde ikinci yöntem olarak *O. basilicum* ekstrelerinin ve uçucu yağlarının Ferri iyonu redükleme ($\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ indirgeme potansiyelleri) antioksidan gücü (FRAP) belirlenmiştir (Kocak vd., 2016; Zengin vd., 2015). Asetat tamponu (0.3 M, pH: 3.6), 40 mM HCl içinde hazırlanan 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) (10 mM) ve FeCl_3 (20 mM) çözeltilerinin hacimce 10:1:1 oranında karıştırılması ile oluşturulan FRAP reaktifi (200 μL), içerisinde farklı derişimlerde (0.5, 1 ve 2 mg mL^{-1}) örnek çözeltisi (10 μL) bulunan test tüplerine eklenmiştir ve oda sıcaklığında 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Karışımların 593 nm'deki absorbans ölçümleri yapılarak, örneklerin FRAP indirgeme potansiyelleri hem troloks eşdeğer (mg TEs g^{-1}) hem de absorbansı 0.500 yapan örnek derişimi (IC_{50} : mg mL^{-1}) olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.2'de troloks standardına ait kalibrasyon grafiğı ve regresyon denklemi verilmiştir.

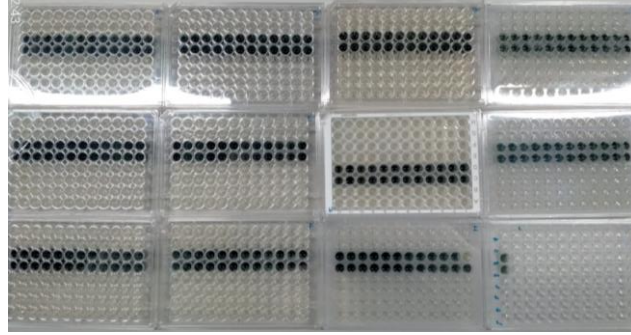


Şekil 3. 2. Troloks standardına ait kalibrasyon grafiğı ve regresyon denklemi.

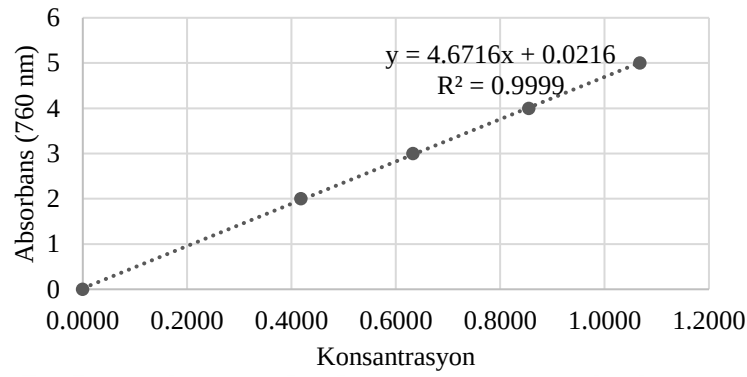
3.2.5.6 Toplam Fenolik Madde Miktar Tayini

O. basilicum bitkilerinden elde edilen ekstrelerin (%80 metanol) toplam fenolik madde miktar tayini UV-visible spektrofotometre cihazı (Thermo Scientific™ Multiskan) kullanılarak yapılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu (AFG Bioscience) ayırıcı ile kolorimetrik olarak tayin edilmiştir (Zengin vd., 2015). *O. basilicum* ekstrelerinden hazırlanan çözelti (50 μL) seyreltilmiş Folin-Ciocalteu reaktifi (100 μL , 1:9) ile karıştırılmış ve kuvvetlice çalkalanmıştır. 3 dk sonra Na_2CO_3 (Merck / Millpore) çözeltisi (75 μL , %2) ilave edilmiş ve örneğın absorbansı, oda sıcaklığında 2 saat inkübasyondan sonra 760 nm'de okunmuştur (Fotoğraf 3.16). Toplam fenolik madde içeriğı, gallik asit

eşdeğerleri (GAEs) olarak ifade edilmiştir. Şekil 3.3'te gallik asit standardına ait kalibrasyon grafiği ve regresyon denklemi verilmiştir.



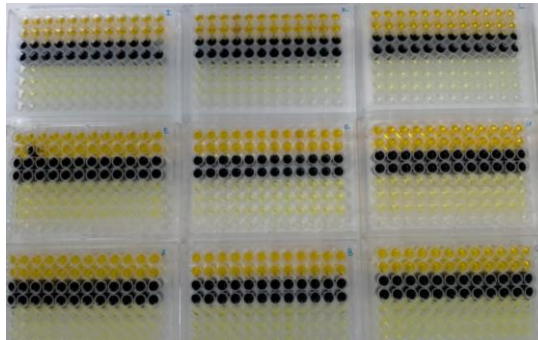
Fotoğraf 3. 16. Toplam fenolik madde miktarı tespiti aşamasından görüntü.



Şekil 3. 3. Gallik asit standardına ait kalibrasyon grafiği ve regresyon denklemi.

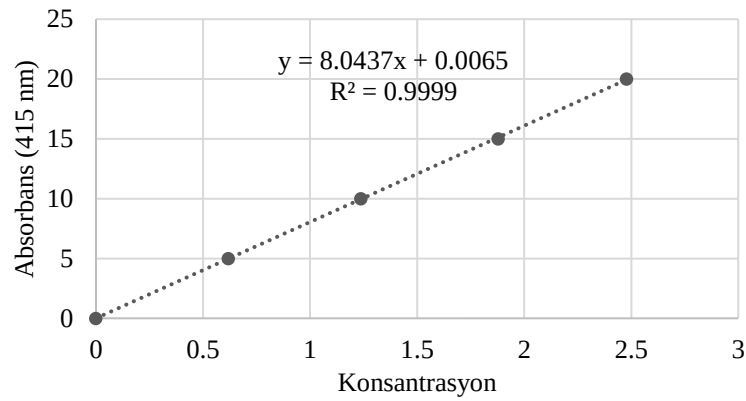
3.2.5.7 Toplam Flavonoid Miktar Tayini

O. basilicum bitkilerinden elde edilen ekstrelerin (%80 metanol) toplam flavonoid miktar tayini UV-visible spektrofotometre cihazı (Thermo Scientific™ Multiskan) kullanılarak yapılmıştır (Fotoğraf 3.17). Toplam flavonoid miktarları standart kolorimetrik ölçümle tayin edilmiştir (Zengin vd., 2015).



Fotoğraf 3. 17. Toplam flavonoid miktarı tespiti aşamasından görüntü.

O. basilicum ekstrelerinden elde edilen çözelti (200 µL), metanolde çözdürülmüş alüminyum triklorür (AlCl_3) (100 µL, %2) ile karıştırılmıştır. Benzer şekilde, 200 µL örnek çözeltisinin, AlCl_3 içermeyen metanole (100 µL) eklenmesiyle kör hazırlanmıştır. Örnek ve körün absorbansları oda sıcaklığında 10 dk inkübasyondan sonra 415 nm’de okunmuş ve körün absorbansı, örneklerinkinden çıkartılmıştır (Zengin vd., 2015). Örneklerin toplam flavonoid içeriği, kuersetin eşdeğerleri (QEs) olarak ifade edilmiştir (mg QEs g^{-1}). Şekil 3.4’te kuersetin standardına ait kalibrasyon grafiği ve regresyon denklemi verilmiştir.



Şekil 3. 4. Kuersetin standardına ait kalibrasyon grafiği ve regresyon denklemi.

3.2.5.8 nGO Kalıntı Durumu Tespiti

Yapraktan uygulanan nGO’nun kalıntı durumu incelenmek üzere, FT-IR spektrumları (Perkin Elmer Spektrum Two) ATR ile $650\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ spektrum aralığında 4 cm^{-1} adımlarda ve oda sıcaklığında elde edilmiştir.

3.2.6 Verilerin Değerlendirilmesi

Yapılan iki yıllık denemede, her yetiştirme sezonunda 2’şer biçim alınmıştır. Sonuçların daha iyi yorumlanması adına ayrı ayrı yıllar arası, yıl bazında biçimler arası ve toplam biçimler arası istatistiki değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. İstatistiki değerlendirme yıl bazında birleştirilmiş analiz şeklinde yapılmıştır. Bu doğrultuda MSTAT-C paket programı kullanılmıştır. Elde edilen ortalama değerler arasındaki farklılıklar ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Antioksidan aktivite [IC_{50} (mg mL^{-1}) değerleri], toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarı biçimler arası istatistiksel analizleri ise ANOVA- Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Tarımsal Özellikler

4.1.1 Bitki Boyu

Farklı dozlarda yaprağa püskürtülen grafen oksit nanopartikülü (nGO), ahır gübresi ve kimyasal gübre (NPK) uygulamalarıyla yetiştirilen fesleğen (*O. basilicum* L. var. *dino*) denemesi iki yetiştirme sezonunda (2022-2023) yürütülmüş olup her bir sezonda 2 biçim ve toplamda 4 biçim alınmıştır. Deneme sonunda elde edilen veriler ayrı ayrı yıllar arası, yıl bazında biçimler arası ve toplam biçimler arası (4 biçim) farklılıkların ortaya çıkması adına istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur.

Denemede yıllara göre bitki boyu değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir. Tablo 4.1’de görüldüğü gibi, yıllara göre bitki boyu değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, yıl ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ yıl interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede yıllara göre bitki boyu değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir. Tablo 4.2’ye göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında AG₄ uygulaması en yüksek (42.6 cm) ve kontrol grubu en düşük (17.2 cm) bitki boyuna sahip olmuştur. Her iki yılın bitki boyu incelendiğinde en yüksek ortalama değer (33.4 cm) denemenin 2. yılında kaydedilmiştir (Şekil 4.1). Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük boy sırası ile AG₄ (41.3 cm) uygulaması ile kontrol grubunda (22.2 cm) görülmüştür (bkz. Tablo 4.2).

Tablo 4. 1. *O. basilicum*’da bitki boyu ve dal çapı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Bitki Boyu		Dal Çapı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	79.857	48.4398	0.120	1.0330
Uygulama	10	170.823	103.6176**	3.105	26.6964**
Hata 1	20	1.649	-	0.116	-
Yıl (Y)	1	137.896	64.9526**	18.244	59.4906**
Uyg. $\times$ Y	10	19.085	8.9894**	0.089	-
Hata 2	22	2.123	-	0.307	-
D.K. (%)		4.56		9.42	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

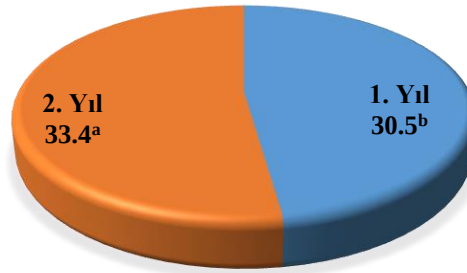
Denemede yıl bazında biçimlere göre bitki boyu değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.3’te verilmiştir. Tablo 4.3’te görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre bitki boyu değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ($p \leq 0.01$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim ($p \leq 0.05$)

interaksiyonu, 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları ve biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 2. *O. basilicum*'da yıllara göre elde edilen bitki boyu ve dal çapı değerleri.

Uyg.	Bitki Boyu (cm)			Dal Çapı (mm)		
	1. Yıl	2. Yıl	Ort.	1. Yıl	2. Yıl	Ort.
Ktrl	17.2 ^l	27.1 ^{ij}	22.2 ⁱ	3.9	5.2	4.6 ^h
A	28.7 ^{hi}	31.1 ^{fh}	29.9 ^f	5	6.1	5.6 ^{eg}
K	23.5 ^k	29.0 ^{hi}	26.2 ^h	4.7	5.7	5.2 ^g
AG ₁	32.1 ^{eg}	33.2 ^{df}	32.7 ^d	5.8	6.4	6.1 ^{cd}
AG ₂	35.2 ^{cd}	34.9 ^{cd}	35.1 ^c	5.8	6.8	6.3 ^{bc}
AG ₃	37.3 ^c	36.8 ^c	37.0 ^b	6.1	7.1	6.6 ^b
AG ₄	42.6 ^a	40.0 ^b	41.3 ^a	6.6	7.9	7.3 ^a
KG ₁	24.9 ^{ik}	31.4 ^{fh}	28.2 ^g	5.1	5.8	5.5 ^{fg}
KG ₂	29.1 ^{hi}	32.8 ^{dg}	31.0 ^{ef}	5.2	6.2	5.7 ^{df}
KG ₃	30.2 ^{gh}	34.6 ^{ce}	32.4 ^{de}	5.4	6.5	6.0 ^{ce}
KG ₄	34.5 ^{ce}	36.3 ^c	35.4 ^c	5.3	6.8	6.1 ^{cd}
EKGF ¹	2.467		1.547	-		0.4102
Ort.	30.5 ^b	33.4 ^a		5.4 ^b	6.4 ^a	

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 1. *O. basilicum*'da yıllara göre elde edilen bitki boyu değerleri (cm).

Tablo 4. 3. *O. basilicum*'da bitki boyu ve dal çapı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Bitki Boyu				Dal Çapı			
		1. Yıl		2. Yıl		1. Yıl		2. Yıl	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	113.859	22.5074	57.579	34.5944	1.404	4.7452	2.663	12.0045
Uygulama	10	296.950	58.7004**	82.507	49.5715**	3.150	10.6506**	3.343	15.0710**
Hata 1	20	5.059	-	1.664	-	0.296	-	0.222	-
Biçim (B)	1	74.880	8.9433**	659.935	131.8591**	3.640	13.1500**	0.030	0.0706
Uyg. × B	10	21.801	2.6039*	4.296	0.8584	0.904	3.2674**	0.071	0.1696
Hata 2	22	8.373	-	5.005	-	0.277	-	0.421	-
D.K. (%)		9.5		6.71		9.87		10.16	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen bitki boyu değerleri Tablo 4.4'te verilmiştir. Tablo 4.4'e göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi daha yüksek (31.5 cm) bitki boyuna ulaşmış ve 2. yılının ise 1. biçimi daha yüksek (36.5 cm) boya sahip olmuştur. Her iki deneme yılında da AG₄ uygulaması ve kontrol grupları sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 42.6 cm, 2. Yıl: 40 cm) ve en düşük (1. Yıl: 17.2 cm, 2.

Yıl: 27.1 cm) bitki boyu değerlerini göstermiştir. Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu bitki boyu değerleri yönünden denemenin sadece 1. yılında önemli derecede değişmiş olup, her iki biçimin AG₄ uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (42.7 ve 42.5 cm) bitki boyu değerlerine ulaşmıştır. En düşük (15.3 cm) bitki boyu değerleri ise 1. yılın 1. biçiminin kontrol grubunda izlenmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4. 4. *O. basilicum*'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen bitki boyu ve dal çapı değerleri.

Uyg.	Bitki Boyu (cm)						Dal Çapı (mm)					
	1. Yıl			2. Yıl			1. Yıl			2. Yıl		
	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.
Ktrl	15.3 ^l	19.1 ^{kl}	17.2 ^g	28.6	25.5	27.1 ^j	3.5 ^h	4.3 ^{fh}	3.9 ^e	4.9	5.4	5.1 ^g
A	28.7 ^{eh}	28.7 ^{eh}	28.7 ^e	33.9	28.2	31.0 ^h	4.8 ^{eg}	5.2 ^{cf}	5.0 ^d	6	6.2	6.1 ^{df}
K	21.1 ^{jk}	25.8 ^{hj}	23.5 ^f	31.8	26	28.9 ⁱ	4.1 ^{gh}	5.2 ^{cf}	4.7 ^d	5.7*	5.6	5.7 ^{fg}
AG ₁	33.8 ^{be}	30.2 ^{dh}	32.0 ^{cd}	36	30.4	33.2 ^{ef}	6.0 ^{bd}	5.6 ^{be}	5.8 ^{bc}	6.2	6.5	6.4 ^{ce}
AG ₂	36.1 ^{bc}	34.3 ^{bd}	35.2 ^b	37.8	32	34.9 ^{cd}	5.9 ^{bd}	5.7 ^{be}	5.8 ^{bc}	6.8	6.8	6.8 ^{bc}
AG ₃	38.4 ^{ab}	36.2 ^{bc}	37.3 ^b	40.2	33.3	36.8 ^b	6.2 ^{ac}	6.0 ^{bd}	6.1 ^{ab}	7.1	7	7.1 ^b
AG ₄	42.7 ^a	42.5 ^a	42.6 ^a	45	35.1	40.0 ^a	7.0 ^a	6.2 ^{ab}	6.6 ^a	7.9	7.9	7.9 ^a
KG ₁	23.1 ^{ik}	26.8 ^{gi}	24.9 ^f	34.2	28.5	31.4 ^{gh}	4.4 ^{fh}	5.7 ^{be}	5.0 ^d	5.8	5.8	5.8 ^{ef}
KG ₂	25.4 ^{hj}	32.8 ^{bf}	29.1 ^e	35.7	29.7	32.7 ^{fg}	4.4 ^{fh}	6.0 ^{bd}	5.2 ^{cd}	6.2	6.2	6.2 ^{cf}
KG ₃	27.5 ^{fi}	32.9 ^{bf}	30.2 ^{de}	38.4	30.8	34.6 ^{de}	4.8 ^{eg}	6.0 ^{bd}	5.4 ^{bd}	6.6	6.3	6.5 ^{bd}
KG ₄	31.4 ^g	37.6 ^{ab}	34.5 ^{bc}	40.1	32.5	36.3 ^{bc}	5.1 ^{dg}	5.5 ^{be}	5.3 ^{cd}	6.8	6.8	6.8 ^{bc}
EKG ¹	2.709		4.9	-	-	1.554	0.8912		0.6552	-	-	0.5674
Ort.	29.4 ^b	31.5 ^a	-	36.5 ^a	30.2 ^b	-	5.1 ^b	5.6 ^a	-	6.4	6.4	-

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede biçimlere göre bitki boyu değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.5'te verilmiştir. Tablo 4.5'te görüldüğü gibi, biçimlere göre bitki boyu değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 5. *O. basilicum*'da bitki boyu ve dal çapı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Bitki Boyu		Dal Çapı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	158.991	49.0042	0.266	1.1657
Uygulama	10	341.555	105.2742**	6.316	27.6663**
Hata 1	20	3.244	-	0.228	-
Biçim (B)	3	336.677	57.1553**	13.351	30.6648**
Uyg. × B	30	21.333	3.6216**	0.385	0.8832
Hata 2	66	5.891	-	0.435	-
D.K. (%)		7.61		11.27	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede biçimlere göre elde edilen bitki boyu değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir. Tablo 4.6 ve Şekil 4.2'ye göre, denemenin 2. yılının 1. biçimi en yüksek (36.5 cm) ve 1. yılının 1. biçimi ise en düşük (29.4 cm) bitki boyuna sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük boy sırası ile AG₄

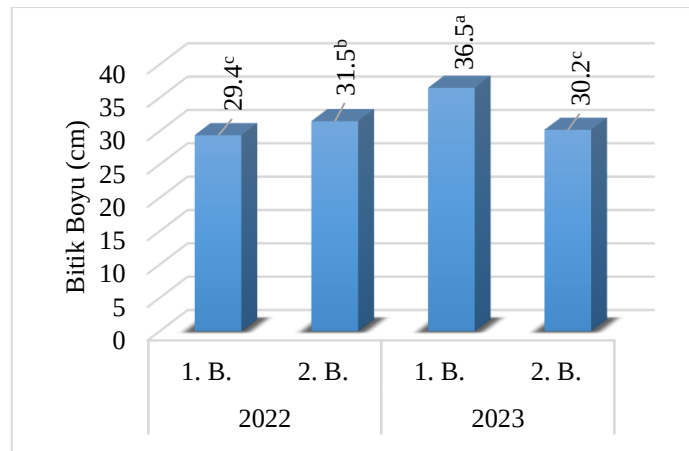
uygulamasını (41.3 cm) ile kontrol grubunda (22.1 cm) kaydedilmiştir (Şekil 4.3). Biçimlere göre bitki boyu değerleri, gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimini ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek bitki boyu AG₄ uygulamasının 2. yıl 1. biçiminde (45 cm) ve en düşük boy ise 1. yılın 1. biçiminin kontrol grubunda (15.3 cm) izlenmiştir (Tablo 4.6).

Sonuçlara göre ahır gübresi kullanımının kontrol grubu ve K uygulamasına kıyasla bitki boyunu olumlu yönde etkileyerek artışa sebep olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ahır gübresi ve NPK uygulanan parsellerde nGO dozlarının yükselmesiyle bitki boyu değerleri de artmıştır. Böylece nGO uygulamasının *O. basilicum* L. var. *dino*'nun bitki boyu üzerine olumlu etkisinin ortaya çıktığı görülmektedir (Tablo 4.6).

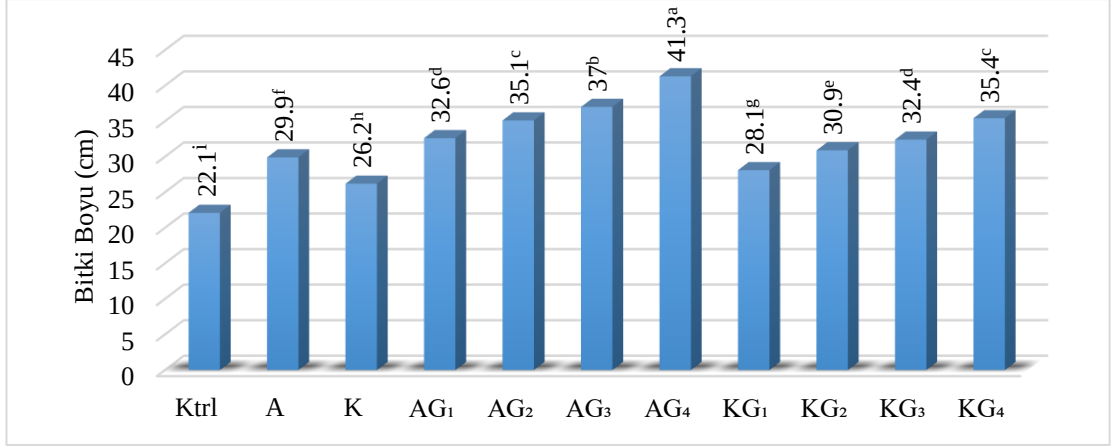
Tablo 4. 6. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen bitki boyu ve dal çapı değerleri.

Uyg.	Bitki Boyu (cm)					Dal Çapı (mm)				
	1. Yıl		2. Yıl		Ort.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B		1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	15.3 ^q	19.1 ^{pq}	28.6 ⁱⁿ	25.5 ^{no}	22.1 ⁱ	3.5	4.3	4.9	5.4	4.5 ^h
A	28.7 ⁱⁿ	28.7 ⁱⁿ	33.9 ^{dh}	28.2 ⁱⁿ	29.9 ^f	4.8	5.2	6	6.2	5.5 ^{eg}
K	21.1 ^p	25.8 ^{mo}	31.8 ^{fk}	26 ^{mo}	26.2 ^h	4.1	5.2	5.7	5.6	5.2 ^s
AG ₁	33.8 ^{dh}	30.2 ^{hm}	36 ^{cf}	30.4 ^{gm}	32.6 ^d	6	5.6	6.2	6.5	6.1 ^{cd}
AG ₂	36.1 ^{cf}	34.3 ^{dh}	37.8 ^{ce}	32 ^{fk}	35.1 ^c	5.9	5.7	6.8	6.8	6.3 ^{bc}
AG ₃	38.4 ^{bd}	36.2 ^{cf}	40.2 ^{bc}	33.3 ^{ei}	37 ^b	6.2	6	7.1	7	6.6 ^b
AG ₄	42.7 ^{ab}	42.5 ^{ab}	45 ^a	35.1 ^{dg}	41.3 ^a	7	6.2	7.9	7.9	7.2 ^a
KG ₁	23.1 ^{op}	26.8 ^{lo}	34.2 ^{dh}	28.5 ⁱⁿ	28.1 ^g	4.4	5.7	5.8	5.8	5.4 ^{fg}
KG ₂	25.4 ^{no}	32.6 ^{fj}	35.8 ^{cf}	29.7 ^{hn}	30.9 ^e	4.4	6	6.2	6.2	5.7 ^{df}
KG ₃	27.5 ^{ko}	32.9 ^{fj}	38.4 ^{bd}	30.8 ^{gl}	32.4 ^d	4.8	6	6.6	6.3	6 ^{ce}
KG ₄	31.4 ^{fl}	37.6 ^{ce}	40.1 ^{bc}	32.5 ^{fj}	35.4 ^c	5.1	5.5	6.8	6.8	6 ^{cd}
EKGF ¹	3.957		1.602		-		0.4066			
Ort.	29.4 ^c	31.5 ^b	36.5 ^a	30.2 ^c		5.1 ^c	5.6 ^b	6.4 ^a	6.4 ^a	
EKGF	1.193		0.3242							

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 2. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen bitki boyu değerleri (cm).



Şekil 4. 3. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen bitki boyu değerleri (cm).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, bitki boyu verilerimizin Hassan vd. (2015)'nin değerleri ile örtüşmesine karşın, Ndzingane vd. (2022)'nin bildirdiği sonuçların elde ettiğimiz değerlerden oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu farkın bitkinin genetik yapısı, yetiştirildiği bölgenin iklimik ve edafik özellikleri, bakım teknikleri ve biçim zamanı gibi etkenlere bağlı olduğu düşünülmektedir. Guo vd. (2021), düşük GO konsantrasyonlarının (50 ve 100 mg L⁻¹) olgun domates bitkilerinin büyümesini desteklediğini ve Mirza vd. (2022) ise nGO dozlarının artışı ile bitki boyunda artış izlendiğini bildirmişlerdir. nGO kullanımı ile ilgili olarak kaynaklarda GO türlerinin kullanım şekli, konsantrasyonu, uygulandığı dönem ve bitki türlerinde farklılık olmasına rağmen nGO'nun bitki boyuna etkisi vurgulanmıştır.

Denememizin 2. yılında daha yüksek bitki boyu ortalaması kaydedilmiştir. Tablo 3.3'te meteorolojik veriler değerlendirildiğinde bitki büyüme ve gelişmesinde olumlu etkisi olan faktörlerin (ortalama sıcaklık, yağış miktarı, ortalama nispi nem ve güneşlenme süresi) daha yüksek kaydedildiği görülmektedir. Bununla birlikte toprak analizi sonuçları incelendiğinde (bkz. Tablo 3.4) 2. yıl tarla toprağının organik madde oranı (%1.18) 1. yıla göre (%0.75) artmıştır. Bu durum muhtemelen zirai faaliyet sonucu ve bitki kalıntılarından ortaya çıkmıştır. Ayrıca, iki yıl karşılaştırıldığında 1. yıl 2. biçim ve 2. yıl ise 1. biçim daha yüksek ortalama bitki boyuna sahip olmuştur.

Denememizin 2 yılında da bitki materyali ve bakım yönetimi aynı olmasına karşın, 2. yılda Nisan ve Mayıs aylarında yağış miktarı 1. yıla göre 5 kattan fazla artmıştır. Bununla birlikte 2. yılın 1. biçiminde bitkilerin büyüme ve gelişme

döneminde nispi nem oranı ve güneşlenme süresi 1. deneme yılının aynı dönemine göre daha yüksek kaydedilmiştir (bkz. Tablo 3.3). Muhtemelen söz konusu iklim şartları 2. yılın 1. biçiminde bitki boyunun yüksek değerler almasına neden olmuştur.

Literatür verileri incelendiğinde, sonuçlarımızın Özcan (2014) ve Akı (2022)'nin verileri ile kısmen yakın olduğu, Badakhshan ve Sedighi Dehkordi (2016)'nin bildirdiği değerlerden daha yüksek olduğu ve Tehrani Sharif vd. (2015)'nin değerlerinden ise düşük olduğu görülmektedir.

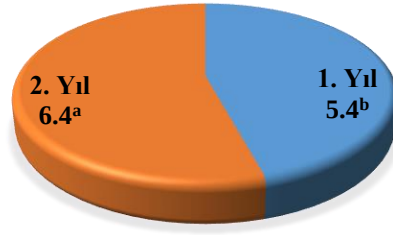
Fenech-Larios vd. (2008)'e göre tarımsal yönetimden etkilenen bitki boyu fesleğende verimi belirleyen en temel faktörlerden biridir. *O. basilicum*'un farklı genotipleri bitki boyu açısından oldukça farklılık gösterir (Yaldiz ve Camlica, 2021). Benzer çalışmalar değerlendirildiğinde, fesleğenin bitki boyuna ilişkin alt ve üst sınır veriler arasında önemli ölçüde farklılık izlenmektedir. Bu farkın bitkinin genetik yapısı, yetiştirildiği bölgenin iklimik ve edafik özellikleri, bakım teknikleri ve biçim zamanı gibi etkenlere bağlı olduğu görülmektedir.

4.1.2 Dal Çapı

Denemede yıllara göre dal çapı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir. Tablo 4.1'de görüldüğü gibi, yıllara göre dal çapı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve yıl istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede yıllara göre dal çapı değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Tablo 4.2 ve Şekil 4.4'e göre, en yüksek (6.4 mm) dal çapı ortalaması denemenin 2. yılında kaydedilmiştir. Bu durumun ekolojik faktörlerin yanı sıra zirai yönetim ve vejetasyon süresinden kaynaklandığı muhtemeldir. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük dal çapı değerleri sırası ile AG₄ (7.3 mm) uygulaması ile kontrol grubunda (4.6 mm) görülmüştür (bkz. Tablo 4.2).

Denemede yıl bazında biçimlere göre dal çapı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.3'te verilmiştir. Tablo 4.3'te görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre dal çapı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

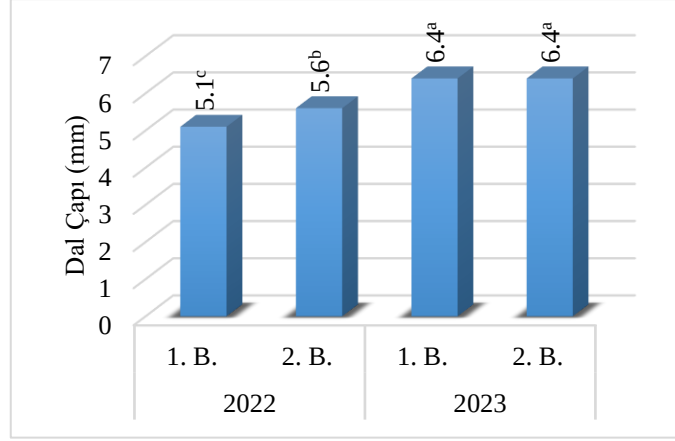


Şekil 4. 4. *O. basilicum*'da yıllara göre elde edilen dal çapı değerleri (mm).

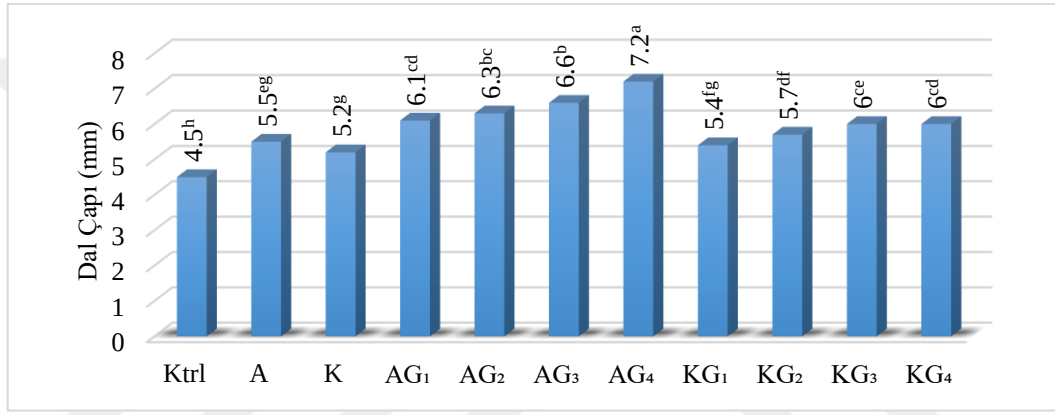
Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen dal çapı değerleri Tablo 4.4'te verilmiştir. Tablo 4.4'e göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi daha yüksek (5.6 mm) dal çapına ulaşmıştır, 2. yılında ise iki biçimin değerleri eşit bulunmuştur (6.4 mm). Her iki deneme yılında da AG₄ uygulaması ve kontrol grupları sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 6.6 mm, 2. Yıl: 7.9 mm) ve en düşük (1. Yıl: 3.9 mm, 2. Yıl: 5.1 mm) dal çapına sahip olmuştur. Dal çapı değerleri yönünden yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu sadece denemenin 1. yılında önemli derecede değişmiş olup, 1. biçimin AG₄ uygulaması en yüksek (7.0 mm) dal çapı değerine ulaşmıştır. En düşük (3.5 mm) dal çapı değeri ise 1. yılın 1. biçiminin kontrol grubunda izlenmiştir (bkz. Tablo 4.4).

Denemede biçimlere göre dal çapı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.5'te verilmiştir. Tablo 4.5'te görüldüğü gibi, biçimlere göre dal çapı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede biçimlere göre elde edilen dal çapı değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir. Tablo 4.6 ve Şekil 4.5 incelendiğinde, denemenin 2. yılının 1. ve 2. biçimlerinde dal çapı değerlerinin aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (6.4 ve 6.4 mm) olduğu görülmektedir. En düşük (5.1 mm) dal çapı ise 1. yılın 1. biçiminde görülmüştür. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük dal çapı değerleri sırası ile AG₄ uygulamasında (7.2 mm) ve kontrol grubunda (4.5 mm) kaydedilmiştir (Şekil 4.6). Bitki boyu değerlerinde izlendiği gibi ahır gübresi ile artan dozlarda yapraktan uygulanan nGO dal çapını da arttırmıştır.



Şekil 4. 5. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen dal çapı değerleri (mm).



Şekil 4. 6. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen dal çapı değerleri (mm).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, dal çapı verilerimizin Rahayu vd. (2020) ve Toprak ve Şenyiğit (2021)'in verileri ile benzer olduğu, Vînătoru vd. (2019) ve Mohamadnia vd. (2018)'nin değerlerinden ise yüksek olduğu görülmüştür.

Denememizde gübre kullanımıyla dal çapına ilişkin elde edilen sonuçlar fesleğen üzerine yapılan diğer çalışmaların değerinden daha yüksektir. Bu fark iklim koşulları, bakım teknikleri ve biçim zamanı gibi birçok faktörden kaynaklanmış olabilir.

Bitkinin gövde sisteminin daha iyi desteklenmesi için dal çapının geniş olması olumlu bir özelliktir. Herhangi bir egzogen veya endojen faktörün etkisiyle yaprak büyümesinin sağlanması, ışığın emilmesine ve biyokütleye dönüşmesine neden olur. Biyokütle artışı verim komponentlerinin (dal boyu ve çapı gibi) optimal seviyelere ulaşmasını sağlamaktadır (Guerra vd., 2020). Dal çapının besin ve su transferindeki rolü göz önüne alındığında, dal çapındaki artışla bitkinin farklı

organları arasında daha iyi bir bağlantı kurulur ve verim komponentleri de olumlu yönde etkilenir (Hazrati ve Tahmasebi, 2012). Abbaszadeh vd. (2011), *Mentha longifolia* (L.) Huds. var. *amphilema* L.'de dal çapı ile uçucu yağ oranı, çiçek verimi ve yaprak boyutu arasında doğru orantılı ilişki olduğunu, dal çapı ile orantılı olarak söz konusu değerlerin de arttığını bildirmişlerdir.

GO'nun optimal konsantrasyonlarının uygulanması, yaprakların stoma yoğunluğunu, stoma iletkenliğini ve hücreler arası CO₂ konsantrasyonunu yükselterek büyüme hızını ve böylece bitkinin fotosentetik verimliliğini arttırabilir (Zhang vd., 2020). Fotosentetik verimliliğin artması verim komponentlerinin optimal ve maksimum seviyesine ulaşmasını sağlar. Grafen ailesi nanomateriyalleri katmanlı bir yapıya sahip olduğundan, hücre zarına bu keskin kenarları mekanik hasar verebilmekte olup (Wang vd., 2013; Kostarelos ve Novoselov, 2014) bu materyallerin hücre içine ulaştığı düşünülmektedir. Optik mikroskopi, GO uygulamasının neden olduğu dal kalınlaşmasının esas olarak kortikal hücre sayısındaki artışın sonucu olduğunu göstermiştir (Guo vd., 2021).

nGO kullanımında bitki türü, uygulama şekli ve dozu göz önünde bulundurularak, bu maddenin uygulanmasıyla dal çapının artışı, literatürdeki mevcut bilgilerle kıyaslandığında diğer sonuçlarla örtüşmektedir.

Bitki boyunda izlendiği gibi muhtemelen bazı iklim faktörlerinin etkisiyle 2. yıl elde edilen dal çapı verilerinde artış yaşanmıştır.

4.1.3 Dal Sayısı

Denemede yıllara göre dal sayısı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.7'de verilmiştir. Tablo 4.7'de görüldüğü gibi, yıllara göre dal sayısı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ yıl interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Tablo 4. 7. *O. basilicum*'da dal ve boğum sayısı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Dal Sayısı		Boğum Sayısı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	96.964	13.3912	81.720	12.2968
Uygulama	10	124.887	17.2474**	220.721	33.2128**
Hata 1	20	7.241	-	6.646	-
Yıl (Y)	3	14.655	3.3472	8366.630	1080.4101**
Uyg. $\times$ Y	30	11.278	2.5760*	15.039	1.9420
Hata 2	66	4.378	-	7.744	-
D.K. (%)		17.15		12.56	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıllara göre elde edilen dal sayısı değerleri Tablo 4.8’de verilmiştir. Tablo 4.8’e göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında AG₄ uygulaması en yüksek (24.1 adet b⁻¹) ve kontrol grubu en düşük (4.7 adet b⁻¹) dal sayısına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük dal sayısı AG₄ uygulaması (21.8 adet b⁻¹) ile kontrol grubunda (6.2 adet b⁻¹) görülmüştür (Tablo 4.8).

Tablo 4. 8. *O. basilicum*’da yıllara göre elde edilen dal ve boğum sayısı değerleri.

Uyg.	Dal Sayısı (adet b ⁻¹)			Boğum Sayısı (adet b ⁻¹)		
	1. Yıl	2. Yıl	Ort.	1. Yıl	2. Yıl	Ort.
Ktrl	4.7 ^j	7.7 ^{ij}	6.2 ^f	5.2	22.6	13.9 ^e
A	8.6 ^{gj}	10.2 ^{fi}	9.4 ^{df}	7.2	29.1	18.2 ^d
K	6.5 ^{ij}	8.6 ^{gj}	7.6 ^{ef}	7.2	26.9	17.0 ^{de}
AG ₁	13.8 ^{df}	13.1 ^{df}	13.5 ^{bc}	9.9	35	22.5 ^c
AG ₂	15.7 ^{bd}	14.3 ^{ce}	15.0 ^{bc}	11.1	37.6	24.4 ^c
AG ₃	17.9 ^{bc}	15.8 ^{bd}	16.8 ^b	17	42.3	29.7 ^b
AG ₄	24.1 ^a	19.4 ^b	21.8 ^a	20.4	47.8	34.1 ^a
KG ₁	7.0 ^{ij}	10.1 ^{fi}	8.5 ^{df}	6.8	26.2	16.5 ^{de}
KG ₂	8.4 ^{gj}	11.7 ^{eh}	10.1 ^{de}	7.8	30.1	18.9 ^d
KG ₃	9.9 ^{fi}	13.4 ^{df}	11.7 ^{cd}	12.3	33.8	23.1 ^c
KG ₄	12.3 ^{dg}	15.1 ^{ce}	13.7 ^{bc}	15	36.1	25.6 ^c
EKGF ¹	3.543		3.241	-		3.105
Ort.	11.7	12.7		10.9 ^b	33.4 ^a	

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede yıl bazında biçimlere göre dal sayısı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.9’da verilmiştir. Tablo 4.9’da görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre dal sayısı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları ve biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 9. *O. basilicum*’da dal ve boğum sayısı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Dal Sayısı				Boğum Sayısı			
		1. Yıl		2. Yıl		1. Yıl		2. Yıl	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	166.243	8.9991	46.561	11.7433	27.585	3.1923	207.581	14.1779
Uygulama	10	201.125	10.8873**	71.662	18.0743**	139.895	16.1894**	330.809	22.5945**
Hata 1	20	18.473	-	3.965	-	8.641	-	14.641	-
Biçim (B)	1	6.555	1.2111	38.655	10.3005**	540.082	63.6117**	556.221	48.5172**
Uyg. × B	10	10.273	1.8980	7.489	1.9956	64.862	7.6396**	36.225	3.1598*
Hata 2	22	5.413	-	3.753	-	8.490	-	11.464	-
D.K. (%)		19.85		15.31		26.80		10.14	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen dal sayısı değerleri Tablo 4.10’da verilmiştir. Tablo 4.10’da görüldüğü gibi, denemenin 2. yılının 1. biçimi daha yüksek (13.4 adet b⁻¹) dal sayısına ulaşmıştır. Her iki deneme yılında da AG₄

uygulaması ve kontrol grupları sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 24.1, 2. Yıl: 19.4 adet b⁻¹) ve en düşük (1. Yıl: 4.7, 2. Yıl: 7.7 adet b⁻¹) dal sayısına sahip olmuştur. Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 4. 10. *O. basilicum*'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen dal ve boğum sayısı değerleri.

Uyg.	Dal Sayısı (adet b ⁻¹)						Boğum Sayısı (adet b ⁻¹)					
	1. Yıl			2. Yıl			1. Yıl			2. Yıl		
	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.
Ktrl	3.6	5.8	4.7 ^e	7.4	8	7.7 ^f	5.0 ^g	5.4 ^{fg}	5.2 ^g	23.2 ^{ij}	22.1 ^j	22.6 ^f
A	8.9	8.3	8.6 ^{ce}	10.9	9.4	10.2 ^{ef}	7.2 ^{eg}	7.1 ^{eg}	7.2 ^{fg}	33.7 ^{dg}	24.5 ^{ij}	29.1 ^{de}
K	6.1	6.9	6.5 ^e	8.7	8.5	8.6 ^f	6.0 ^{eg}	8.3 ^{dg}	7.2 ^{fg}	28.6 ^{gj}	25.2 ^{hj}	26.9 ^{ef}
AG ₁	14.5	13.1	13.8 ^{bc}	12.4	13.7	13.0 ^{cd}	8.7 ^{dg}	11.2 ^{df}	9.9 ^{df}	35.6 ^{cf}	34.4 ^{cg}	35.0 ^c
AG ₂	17.1	14.4	15.7 ^b	14.2	14.5	14.3 ^{bc}	8.9 ^{dg}	13.3 ^{cd}	11.1 ^{de}	40.0 ^{cd}	35.0 ^{cg}	37.5 ^c
AG ₃	19.6	16.2	17.9 ^b	16.6	14.9	15.8 ^b	10.3 ^{dg}	23.4 ^b	17.0 ^{ab}	46.9 ^b	37.6 ^{ce}	42.3 ^b
AG ₄	27	21.1	24.1 ^a	21.5	17.3	19.4 ^a	11.7 ^{de}	29.0 ^a	20.4 ^a	55.4 ^a	40.1 ^{cd}	47.7 ^a
KG ₁	7.2	6.7	7.0 ^{de}	9.8	10.2	10.0 ^{ef}	7.3 ^{eg}	6.2 ^{eg}	6.8 ^{fg}	25.5 ^{hj}	26.8 ^{hj}	26.2 ^{ef}
KG ₂	8.1	8.8	8.4 ^{ce}	12.7	10.7	11.7 ^{de}	7.5 ^{eg}	7.9 ^{dg}	7.7 ^{eg}	31.5 ^{ch}	28.6 ^{gj}	30.1 ^{de}
KG ₃	9.6	10.2	9.9 ^{ce}	15.9	10.9	13.4 ^{bd}	7.6 ^{eg}	17.0 ^c	12.3 ^{cd}	38.2 ^{cd}	29.4 ^{fi}	33.8 ^{cd}
KG ₄	10.8	13.9	12.3 ^{bd}	17.4	12.7	15.1 ^{bc}	8.0 ^{dg}	21.9 ^b	15.0 ^{bc}	40.5 ^c	31.6 ^{ch}	36.1 ^c
EKGF ¹	-	-	5.176	-	-	2.398	4.934	3.54	5.733	4.608	-	-
Ort.	12	11.4	-	13.4 ^a	11.9 ^b	-	8.0 ^b	13.7 ^a	-	36.3 ^a	30.5 ^b	-

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede biçimlere göre dal sayısı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.11'de verilmiştir. Tablo 4.11'de görüldüğü gibi, biçimlere göre dal sayısı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 11. *O. basilicum*'da dal ve boğum sayısı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Dal Sayısı		Boğum Sayısı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	194.355	13.2921	163.114	12.1726
Uygulama	10	250.246	17.1144**	440.840	32.8982**
Hata 1	20	14.622	-	13.400	-
Biçim (B)	3	24.624	4.1159**	5940.186	502.1483**
Uyg. × B	30	13.434	2.2455**	43.651	3.6900**
Hata 2	66	5.983	-	11.830	-
D.K. (%)		20.07		15.54	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

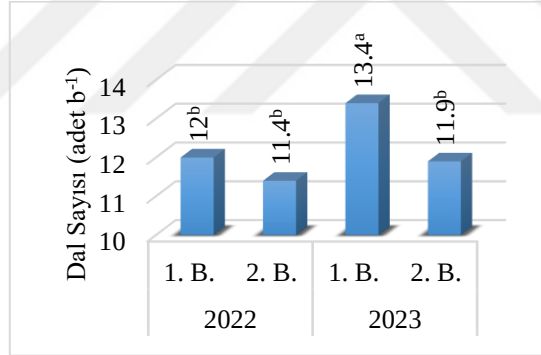
Denemede biçimlere göre elde edilen dal sayısı değerleri Tablo 4.12'de verilmiştir. Tablo 4.12 ve Şekil 4.7'de görüldüğü gibi, denemenin 2. yılının 1. biçimi en yüksek (13.4 adet b⁻¹) ve 1. ve 2. yılının 2. biçimleri ise aynı istatistiksel grupta yer alarak en düşük (Sırasıyla; 11.4 ve 11.9 adet b⁻¹) dal sayısına sahip olmuştur. Dal sayısı bakımından gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve düşük değerler AG₄ uygulaması (21.8 adet b⁻¹) ile kontrol grubunda (6.2 adet b⁻¹)

¹⁾ kaydedilmiştir (Şekil 4.8). Dal sayısı değerlerinde, gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksiyonu önemli değişiklik göstererek, en yüksek dal sayısı AG₄ uygulamasının 1. biçiminde (27.0 adet b⁻¹) ve en düşüğü ise kontrol grubunun 1. biçiminde (3.6 adet b⁻¹) izlenmiştir (Tablo 4.12).

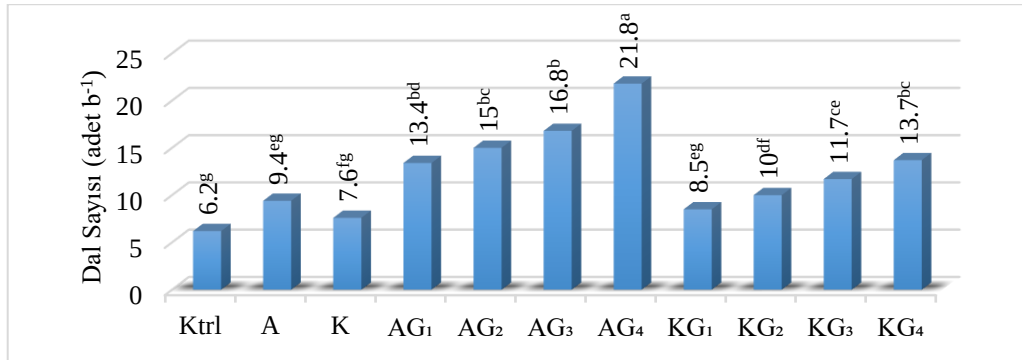
Tablo 4. 12. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen dal ve boğum sayısı değerleri.

Uyg.	Dal Sayısı (adet b ⁻¹)					Boğum Sayısı (adet b ⁻¹)				
	1. Yıl		2. Yıl		Ort.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B		1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	3.6 ^o	5.8 ^{no}	7.3 ^{mo}	8.0 ^{lo}	6.2 ^g	5 ^o	5.4 ^o	23.2 ^{ik}	22.1 ^{jl}	13.9 ^e
A	8.9 ⁱⁿ	8.3 ^{kn}	10.9 ^{fm}	9.4 ⁱⁿ	9.4 ^{eg}	7.2 ^{no}	7.1 ^{no}	33.7 ^{dg}	24.5 ^{ik}	18.1 ^d
K	6.1 ^{mo}	6.9 ^{mo}	8.7 ^{kn}	8.5 ^{kn}	7.6 ^{fg}	6 ^o	8.3 ^{no}	28.6 ^{gj}	25.2 ^{hk}	17 ^{de}
AG ₁	14.5 ^{dg}	13.1 ^{dk}	12.4 ^{el}	13.7 ^{dj}	13.4 ^{bd}	8.7 ^{no}	11.2 ^{mo}	35.6 ^{cf}	34.4 ^{eg}	22.5 ^c
AG ₂	17.1 ^{be}	14.4 ^{dh}	14.2 ^{di}	14.5 ^{dg}	15 ^{bc}	8.9 ^{no}	13.3 ^{mn}	40 ^{cd}	35 ^{eg}	24.3 ^c
AG ₃	19.6 ^{bc}	16.2 ^{ce}	16.6 ^{ce}	14.9 ^{df}	16.8 ^b	10.3 ^{no}	23.7 ^{ik}	46.9 ^b	37.6 ^{ce}	29.6 ^b
AG ₄	27.0 ^a	21.1 ^b	21.5 ^b	17.3 ^{bd}	21.8 ^a	11.7 ^{mo}	29 ^{gj}	55.4 ^a	40.1 ^{cd}	34 ^a
KG ₁	7.2 ^{mo}	6.7 ^{mo}	9.8 ^{gn}	10.2 ^{fn}	8.5 ^{eg}	7.3 ^{no}	6.2 ^o	25.5 ^{hk}	26.8 ^{hk}	16.5 ^{de}
KG ₂	8.1 ^{lo}	8.8 ^{kn}	12.7 ^{dl}	10.7 ^{fn}	10 ^{df}	7.5 ^{no}	7.9 ^{no}	31.5 ^{eh}	28.6 ^{gj}	18.9 ^d
KG ₃	9.6 ^{hn}	10.2 ^{fn}	15.9 ^{ce}	10.9 ^{fm}	11.7 ^{ce}	7.6 ^{no}	17 ^{lm}	38.2 ^{cd}	29.4 ^{fi}	23 ^c
KG ₄	10.8 ^{fm}	13.9 ^{di}	17.4 ^{bd}	12.7 ^{dl}	13.7 ^{bc}	8 ^{no}	21.9 ^{kl}	40.5 ^c	31.6 ^{eh}	25.5 ^c
EKGF ¹	3.987				3.256	5.607				3.117
Ort.	12 ^b	11.4 ^b	13.4 ^a	11.9 ^b		8 ^d	13.7 ^c	36.3 ^a	30.5 ^b	
EKGF	1.202					1.691				

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 7. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen dal sayısı değerleri (adet b⁻¹).



Şekil 4. 8. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen dal sayısı değerleri (adet b⁻¹).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, dal sayısı verilerimizin Al-mansour vd. (2017a)'nin bildirdiği değerlerden düşük, Yıldız vd. (2017)'nin değerlerinden yüksek, Tehrani Sharif vd. (2015) ve Panahinia vd. (2016)'nin değerleri ile benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca Tehrani Sharif vd. (2015)'nin bildirdiği şekilde organik gübrenin yan dal sayısının artışında kimyasal gübrelere göre daha etkili olması, denememizde organik ve kimyasal gübrelerin bitkide dal sayısına etkileri ile paralellik göstermektedir.

Bazı çalışmalarda ana dallar sayılarak kayda geçmiştir, bazı çalışmalarda ise denememizde olduğu gibi ana ve yan dalların toplamı değerlendirilmiştir. Sonuçlara bakıldığında elde ettiğimiz alt ve üst sınır değerleri, yapılan araştırmalar ile benzerlik göstermektedir.

Dal sayısının artması bitki/toprak kapsama oranını arttırabilir, bu da bitkinin fotosentezini ve asimilasyonunu arttırabilir. Dal sayısı çeşit, yetiştirme sezonu ve sezon içerisinde büyüme ve gelişme dönemi gibi faktörlerden ayrı ayrı etkilenirken, sulama, gübreleme ve bakım işlemlerinden de tesir alır (Sirousmehr vd., 2014; Pirbalouti vd., 2017). Kalamartzis vd. (2020), çalışmalarının sonucu olarak, dal sayısının sulamadan, çeşitten ve yılın çeşit ve büyüme dönemleriyle interaksiyonundan etkilendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, Younes vd. (2019), grafen nano tabakasının bitkilerin çeşitli metabolik yolları üzerindeki düzenleyici rolünü vurgulayarak, uygun konsantrasyonlarının bir hücre büyüme faktörü olarak işlev gördüğünü, hücre bölünmesini ve çoğalmasını tetikleyebildiğini bildirmişlerdir.

Denememizde dal sayısı değerleri 1. yılın iki biçimi arasında istatistiksel olarak değişmezken, 2. yılın 1. biçiminde daha yüksek bulunmuştur. Barut vd. (2021) ve Erşahin (2006)'in 2. biçimdeki dal sayısı verilerini daha yüksek bulması, deneme sonuçlarımız ile çelişmektedir.

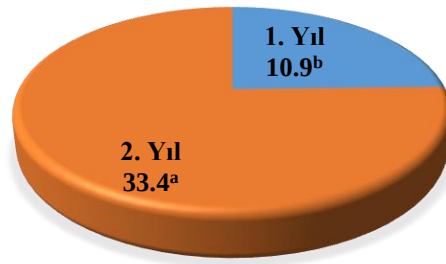
Bu farklılığın sebebi genetik, iklimsel veya agronomik uygulama değişkenlikleri olabilir.

Bununla birlikte yıllar arası değerler kıyaslandığında 2. yılda dal sayısı değerleri daha yüksek kaydedilmiştir. Daha önce de bahsedildiği gibi, denemenin 2. yılında ortalama sıcaklıklar, yağış miktarı, nispi nem oranı ve güneşlenme süresi daha yüksek olmuştur. Tablo 3.8 incelendiğinde 1. biçimler daha uzun vejetatif sürece sahip olmuşlar ve sözü edilen iklimik olaylar 1. biçim döneminde gerçekleşmiştir. Bu durumlar göz önünde bulundurularak, 2. yılda dal sayısının artması ve ilk biçimlerde dal sayısı fazlalığı açıklanabilmektedir.

4.1.4 Boğum Sayısı

Denemede yıllara göre boğum sayısı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir. Tablo 4.7’de görüldüğü gibi, yıllara göre boğum sayısı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve yıl istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede yıllara göre elde edilen boğum sayısı değerleri Tablo 4.8’de verilmiştir. Tablo 4.8 ve Şekil 4.9’a göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında en yüksek (33.4 adet b^{-1}) boğum sayısı ortalaması denemenin 2. yılında kaydedilmiş, AG₄ uygulaması en yüksek (47.8 adet b^{-1}) ve kontrol grubu ise en düşük (5.2 adet b^{-1}) boğum sayısına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük boğum sayısı sırasıyla AG₄ uygulaması (34.1 adet b^{-1}) ile kontrol grubunda (13.9 adet b^{-1}) görülmüştür (bkz. Tablo 4.8).



Şekil 4. 9. *O. basilicum*’da yıllara göre elde edilen boğum sayısı değerleri (adet b^{-1}).

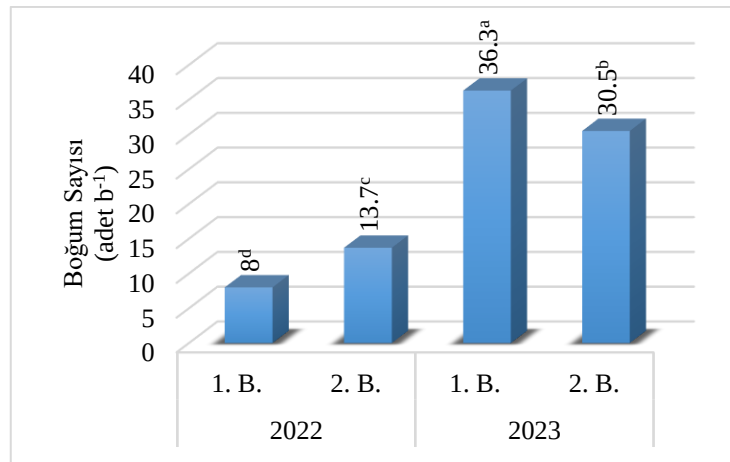
Denemede yıl bazında biçimlere göre boğum sayısı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.9’da verilmiştir. Tablo 4.9’da görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre boğum sayısı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları, biçim ($p \leq 0.01$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ($p \leq 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen boğum sayısı değerleri Tablo 4.10’da verilmiştir. Tablo 4.10’a göre, denemenin 1. yılında 2. biçimin daha yüksek (13.7 adet b^{-1}) boğum sayısına ulaştığı görülmektedir. 2. yılda ise 1. biçim daha yüksek (36.3 adet b^{-1}) boğum sayısına sahip olmuştur. Her iki deneme yılında da AG₄ uygulaması ve kontrol grupları sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 20.4, 2. Yıl: 47.7 adet b^{-1}) ve en düşük (1. Yıl: 5.2, 2. Yıl: 22.6 adet b^{-1}) değerleri göstermiştir. Yıl

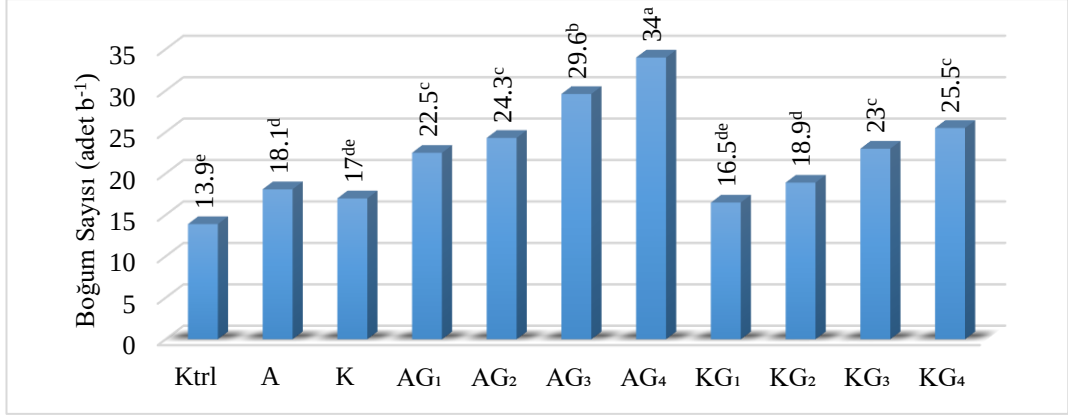
bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu her iki yılda da önemli derecede değişmiştir. Sırasıyla 1. yılın 2. biçiminde ve 2. yılın 1. biçiminde AG₄ uygulaması en yüksek (Sırasıyla; 29.0 ve 55.4 adet b⁻¹) boğum sayısı değerlerine ulaşmıştır. En düşük (Sırasıyla; 5.0 ve 22.1) boğum sayısı değerleri ise sırasıyla 1. yılın 1. biçimi ve 2. yılın 2. biçiminde kontrol gruplarında izlenmiştir (bkz. Tablo 4.10).

Denemede boğum sayısı değerlerinin biçimlere ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.11’de verilmiştir. Tablo 4.11’de görüldüğü gibi, biçimlere göre boğum sayısı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede biçimlere göre elde edilen boğum sayısı değerleri Tablo 4.12’de verilmiştir. Tablo 4.12 ve Şekil 4.10’a göre, denemenin 2. yılının 1. biçimi en yüksek (36.3 adet b⁻¹) ve 1. yılının 1. biçimi en düşük (8 adet b⁻¹) boğum sayısına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve düşük boğum sayısı sırası ile AG₄ uygulamasında (34 adet b⁻¹) ve kontrol grubunda (13.9 adet b⁻¹) kaydedilmiştir (Şekil 4.11). Boğum sayısı değerlerine ilişkin gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu önemli derecede değişmiş olup, en yüksek boğum sayısı 2. yılın 1. biçiminde AG₄ uygulamasında (55.4 adet b⁻¹) izlenmiştir. 1. yılın 1. biçiminde kontrol grubu ve K uygulaması, 1. yılın 2. biçiminde kontrol grubu ve KG₁ uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alarak en düşük boğum sayısı değerlerini vermişlerdir (bkz. Tablo 4.12).



Şekil 4. 10. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen boğum sayısı değerleri (adet b⁻¹).



Şekil 4. 11. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen boğum sayısı değerleri (adet b⁻¹).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, boğum sayısı verilerimizin Naderianfar vd. (2018)'nin verilerine yakın, Walters ve Currey (2015), Ameri vd. (2013) ve Nassar vd. (2013)'nin bildirdiği değerlerden yüksek olduğu görülmüştür. Nassar vd. (2013), ana gövdenin boğum arası sayısındaki artışın, bitki boyu ve ana gövde uzunluğu ile bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir. Böylece boğum sayısı ile bitki ve gövde uzunluğu arasında direkt bağlantı olduğu düşünülebilir.

Bitki boğumları, gövdeden yaprakların, yan dalların ve hava köklerinin yetiştiği hayati alanlardır. Genetik faktörlerin etkisi dikkate alınarak bitkinin boyu ile ana gövdedeki boğum sayısı, gövdenin kuru ağırlığı ve bitkisel bileşenlerin kuru ağırlığı arasında doğru orantılı bağlar bulunduğu bilinmektedir (Zafarighalehrodkhani vd., 2017).

Denemede elde ettiğimiz, uygulamalara göre boğum sayısı değerleri 13.9-34 adet b⁻¹ arasında değişmektedir. Boğum sayılarının literatür karşılaştırmalarına göre yüksek olduğu görülmekte ve bu durumun çeşide bağlı dallanma ve yaprak sayısı fazlalığından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, Naderianfar vd. (2018), boğum sayısındaki artışı bitki boyu ve yan dal sayısı ile ilişkilendirmişlerdir.

Biçimlere ilişkin boğum sayısı değerlerinde elde ettiğimiz sonuçlar bitki boyu sonuçları ile bağlantılıdır.

4.1.5 Yeşil Herba Verimi

Denemede yeşil herba verimi değerlerine ilişkin yıllara göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.13'te verilmiştir. Tablo 4.13'te görüldüğü gibi, yıllara göre yeşil

herba verimi değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ yıl interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 13. *O. basilicum*'da yeşil ve kuru herba verimi değerlerinin yıllara göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Herba Verimi		Kuru Herba Verimi	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	101406474.8	11.0113	3659931.6	10.9177
Uygulama	10	194545363.2	21.1249**	6160266.3	18.3762**
Hata 1	20	9209284.5	-	335230.4	-
Yıl (Y)	3	2049522.1	04592	48671.7	0.3206
Uyg. $\times$ Y	30	15221160.6	3.4105**	481855.6	3.1740*
Hata 2	66	4462998.4	-	151814.7	-
D.K. (%)		17.97		18.81	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Tablo 4. 14. *O. basilicum*'da yıllara göre elde edilen yeşil ve kuru herba verimi değerleri.

Uyg.	Yeşil Herba Verimi (kg ha ⁻¹)			Kuru Herba Verimi (kg ha ⁻¹)		
	1. Yıl	2. Yıl	Ort.	1. Yıl	2. Yıl	Ort.
Ktrl	2916 ⁱ	5996 ^{hi}	4456 ^f	480 ^j	1036 ^{ji}	758 ^{fi}
A	8280 ^{fh}	8970 ^{fh}	8625 ^{de}	1437 ^{gi}	1540 ^{fi}	1489 ^{df}
K	5399 ^{hi}	7730 ^{gh}	6565 ^{ef}	955 ^{ij}	1396 ^{gi}	1175 ^{ef}
AG ₁	11948 ^{df}	10724 ^{eg}	11336 ^{cd}	2064 ^{dg}	1909 ^{eh}	1986 ^{cd}
AG ₂	15157 ^{cd}	13190 ^{de}	14173 ^{bc}	2686 ^{cd}	2314 ^{de}	2500 ^{bc}
AG ₃	18669 ^{bc}	15319 ^{cd}	16994 ^b	3296 ^{bc}	2685 ^{cd}	2991 ^b
AG ₄	28019 ^a	21677 ^b	24848 ^a	4984 ^a	3825 ^b	4405 ^a
KG ₁	6665 ^{gi}	8621 ^{fh}	7643 ^{df}	1176 ^{hj}	1524 ^{fi}	1350 ^{df}
KG ₂	8036 ^{fh}	10681 ^{eg}	9358 ^{de}	1438 ^{gi}	1877 ^{eh}	1658 ^{de}
KG ₃	9142 ^{eh}	13029 ^{de}	11086 ^{cd}	1630 ^{ei}	2255 ^{df}	1942 ^{ce}
KG ₄	13166 ^{de}	15336 ^{cd}	14251 ^{bc}	2339 ^{de}	2722 ^{cd}	2531 ^{bc}
EKGF ¹	3577		3655	659.8		697.3
Ort.	11582	11934		2044	2098	

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede yıllara göre elde edilen yeşil herba verimi değerleri Tablo 4.14'te verilmiştir. Tablo 4.14'e göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında AG₄ uygulaması en yüksek (28019 kg ha⁻¹) ve kontrol grubu en düşük (2916 kg ha⁻¹) yeşil herba verimine sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük yeşil herba verimi sırasıyla AG₄ uygulaması (24848 kg ha⁻¹) ile kontrol grubunda (4456 kg ha⁻¹) görülmüştür (Tablo 4.14).

Tablo 4.14 incelendiğinde, denemenin 1. yılında toplam yeşil herba veriminin 2916-28019 kg ha⁻¹ arasında, 2. yılında ise 5996-21677 kg ha⁻¹ arasında değiştiiği görülmüştür. Her iki yılda da toplam yeşil herba veriminin en yüksek değeri AG₄ uygulamasında (1. Yıl: 28019, 2. Yıl: 21677 kg ha⁻¹) en düşük değeri ise kontrol grubunda (1. Yıl: 2916, 2. Yıl: 5996 kg ha⁻¹) saptanmıştır. 1. ve 2. yıl toplam yeşil herba verimi ortalamaları istatistiksel olarak anlamlı bulunmamakla birlikte, 2. yılın toplam yeşil herba verimi az miktarda yüksek bulunmuştur.

Denemede yıl bazında biçimlere göre yeşil herba verimi değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.15'te verilmiştir. Tablo 4.15'te görüldüğü gibi, yeşil herba verimi değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimini ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 15. *O. basilicum*'da yeşil ve kuru herba verimi değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Herba Verimi				Kuru Herba Verimi			
		1. Yıl		2. Yıl		1. Yıl		2. Yıl	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	60647693	13.7793	5622238	5.1053	2053265	12.2731	238819	6.3510
Uygulama	10	75414697	17.1344**	29468558	26.7590**	2400758	14.3502**	920302	24.4738**
Hata 1	20	4401362	-	1101259	-	167297	-	37603.5	-
Biçim (B)	1	10680985	13.3524**	90628	0.0791	701513	20.8076**	435573	8.4840**
Uyg. × B	10	4467622	5.5850**	1876711	1.6373	138081	4.0957**	96484	1.8793
Hata 2	22	799930.0	-	1146230	-	33714.2	-	51340	-
D.K. (%)		15.45		17.94		17.97		21.60	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıl bazında biçimlere göre yeşil herba verimi değerleri Tablo 4.16'da verilmiştir. Tablo 4.16'ya göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi daha yüksek (6193 kg ha^{-1}) yeşil herba verimine ulaşmıştır. Her iki deneme yılında da AG₄ uygulaması ve kontrol grubu sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 14010, 2. Yıl: 10839 kg ha^{-1}) ve en düşük (1. Yıl: 1458, 2. Yıl: 2998 kg ha^{-1}) yeşil herba verimine sahip olmuştur.

Tablo 4. 16. *O. basilicum*'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru herba verimi değerleri.

Uyg.	Yeşil Herba Verimi (kg ha^{-1})						Kuru Herba Verimi (kg ha^{-1})					
	1. Yıl			2. Yıl			1. Yıl			2. Yıl		
	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.
Ktrl	1074 ^m	1842 ^{lm}	1458 ^g	2552	3444	2998 ^f	176 ^l	304 ^{kl}	240 ^g	466	570	518 ^e
A	4065 ^{ik}	4215 ^{ik}	4140 ^{dg}	4111	4859	4485 ^{de}	681 ^{fi}	756 ^{fi}	719 ^{dg}	765	776	770 ^{de}
K	2080 ^{lm}	3319 ^{il}	2700 ^{fg}	3676	4055	3865 ^{ef}	348 ^{jl}	607 ^{gk}	478 ^{fg}	697	699	698 ^{de}
AG ₁	6680 ^{eg}	5268 ^{si}	5974 ^{ce}	4960	5765	5362 ^{cd}	1154 ^{cd}	910 ^{dg}	1032 ^{ce}	954	954	954 ^{cd}
AG ₂	8016 ^{ce}	7141 ^{df}	7578 ^{bc}	6215	6975	6595 ^{bc}	1354 ^{bc}	1332 ^{bc}	1343 ^{bc}	1178	1136	1157 ^{bc}
AG ₃	9670 ^b	8999 ^{bc}	9334 ^b	8061	7258	7660 ^b	1654 ^b	1643 ^b	1648 ^b	1526	1159	1342 ^b
AG ₄	14526 ^a	13494 ^a	14010 ^a	12053	9624	10839 ^a	2522 ^a	2462 ^a	2492 ^a	2270	1556	1913 ^a
KG ₁	2510 ^{km}	4155 ^{ik}	3332 ^{eg}	3827	4794	4311 ^{df}	431 ^{il}	746 ^{fi}	588 ^{eg}	726	799	762 ^{de}
KG ₂	2771 ^{kl}	5264 ^{si}	4018 ^{dg}	5608	5072	5340 ^{cd}	454 ^{il}	985 ^{df}	719 ^{dg}	1057	820	939 ^{cd}
KG ₃	3063 ^{kl}	6079 ^h	4571 ^{df}	6596	6432	6514 ^{bc}	529 ^{hk}	1101 ^{ce}	815 ^{cf}	1227	1028	1128 ^{bc}
KG ₄	4818 ^{bj}	8348 ^{bd}	6583 ^{cd}	8385	6951	7668 ^b	807 ^{eh}	1532 ^b	1170 ^{bd}	1570	1152	1361 ^b
EKGF ¹	1514	2527	-	1264	310.9	492.6	-	233.5				
Ort.	5389 ^b	6193 ^a	6004	5930	919 ^b	1125 ^a	1131 ^a	968 ^b				

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimini denemenin sadece 1. yılında önemli derecede değişmiş olup, her iki

biçimin AG₄ uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (14526 ve 13494 kg ha⁻¹) yeşil herba verimi değerlerine ulaşmıştır. En düşük (1074 kg ha⁻¹) yeşil herba verimi değeri ise 1. yılın 1. biçiminin kontrol grubunda izlenmiştir (bkz. Tablo 4.16).

Denemede yeşil herba verimi değerlerinin biçimlere ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.17’de verilmiştir. Tablo 4.17’de görüldüğü gibi, biçimlere göre yeşil herba verimi değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$), biçim ($p \leq 0.05$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ($p \leq 0.01$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4. 17. *O. basilicum*’da yeşil ve kuru herba verimi değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Herba Ağırlığı		Kuru Herba Ağırlığı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	50703237	11.0113	1829966	10.9177
Uygulama	10	97272676	21.1249**	3080133	18.3762**
Hata 1	20	4604642	-	167615	-
Biçim (B)	3	3932125	2.8237*	387140	7.2155**
Uyg. $\times$ B	30	4651638	3.3404**	158497	2.9541**
Hata 2	66	1392553	-	53654	-
D.K. (%)	-	20.07		22.37	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

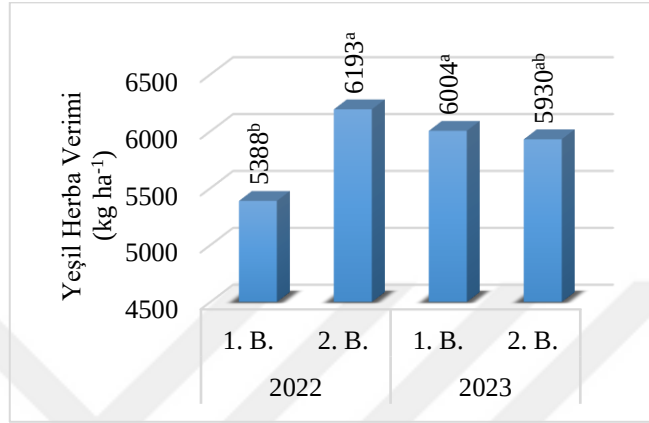
Tablo 4. 18. *O. basilicum*’da biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru herba verimi değerleri.

Uyg.	Yeşil Herba Verimi (kg ha ⁻¹)					Kuru Herba Verimi (kg ha ⁻¹)				
	1. Yıl		2. Yıl		Ort.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B		1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	1074 ^u	1842 ^u	2552 ^{qu}	3444 ^{mt}	2228 ^f	176 ^q	304 ^{pq}	466 ^{mq}	570 ^{kq}	379 ^f
A	4065 ^{kt}	4215 ^{js}	4111 ^{jt}	4859 ^{bq}	4313 ^{de}	681 ^{ip}	756 ^{gp}	776 ^{fo}	744 ^{df}	744 ^{df}
K	2080 ^{su}	3319 ^{nt}	3676 ^{mt}	4055 ^{kt}	3283 ^{ef}	348 ^{oq}	607 ^{iq}	697 ^{hp}	699 ^{bp}	588 ^{ef}
AG ₁	6680 ^{ei}	5268 ^{go}	4960 ^{gp}	5765 ^{fm}	5668 ^{cd}	1154 ^{ch}	910 ^{em}	954 ^{el}	954 ^{el}	993 ^{cd}
AG ₂	8016 ^{cf}	7141 ^{dh}	6215 ^{ek}	6975 ^{di}	7087 ^{bc}	1354 ^{be}	1332 ^{be}	1178 ^{cg}	1136 ^{ci}	1250 ^{bc}
AG ₃	9670 ^c	8999 ^{cd}	8061 ^{cf}	7258 ^{dg}	8497 ^b	1654 ^b	1643 ^b	1526 ^{bd}	1159 ^{ch}	1495 ^b
AG ₄	14526 ^a	13494 ^{ab}	12053 ^b	9624 ^c	12424 ^a	2522 ^a	2462 ^a	2270 ^a	1556 ^{bc}	2202 ^a
KG ₁	2510 ^{ru}	4155 ^{jt}	3827 ^{lt}	4794 ^{ir}	3822 ^{df}	431 ^{nq}	746 ^{sp}	726 ^{sp}	799 ^{fo}	675 ^{df}
KG ₂	2771 ^{pu}	5264 ^{go}	5608 ^{gn}	5072 ^{gp}	4679 ^{de}	454 ^{mq}	985 ^{el}	1057 ^{ej}	820 ^{fn}	829 ^{de}
KG ₃	3063 ^{ou}	6079 ^{el}	6596 ^{ei}	6432 ^{ej}	5543 ^{cd}	529 ^{lq}	1101 ^{di}	1227 ^{bf}	1028 ^{ek}	971 ^{ce}
KG ₄	4818 ^{hr}	8348 ^{ce}	8385 ^{ce}	6951 ^{di}	7126 ^{bc}	807 ^{fo}	1532 ^{bd}	1570 ^{bc}	1152 ^{ch}	1265 ^{bc}
EKGF ¹	1924		1827			377.6		348.6		
Ort.	5388 ^b	6193 ^a	6004 ^a	5930 ^{ab}		919 ^b	1125 ^a	1131 ^a	968 ^b	
EKGF	580		113.9							

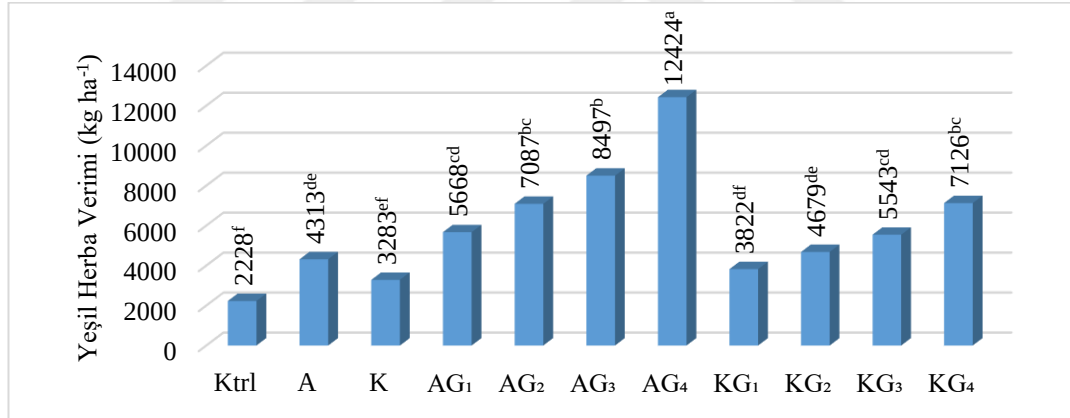
¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede biçimlere göre yeşil herba verimi değerleri Tablo 4.18’de verilmiştir. Tablo 4.18 ve Şekil 4.12 incelendiğinde, denemenin 1. yılının 2. biçimi (6193 kg ha⁻¹) ile 2. yılının 1. biçimi (6004 kg ha⁻¹) aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek yeşil herba verimine ulaştığı görülmektedir. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve düşük yeşil herba verimi sırasıyla AG₄ uygulamasında (12424 kg ha⁻¹) ve kontrol grubunda (2228 kg ha⁻¹) kaydedilmiştir

(bkz. Tablo 4.18 ve Şekil 4.13). Denemede yeşil herba verimi değerleri, gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksiyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek yeşil herba verimi 1. yılın 1. biçiminde AG₄ uygulamasında (14526 kg ha⁻¹) ve en düşük yeşil herba verimi ise 1. yılın 1. biçiminde kontrol grubunda (1074 kg ha⁻¹) izlenmiştir (bkz. Tablo 4.18).



Şekil 4. 12. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen yeşil herba verimi değerleri (kg ha⁻¹).



Şekil 4. 13. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen yeşil herba verimi değerleri (kg ha⁻¹).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, yeşil herba verimi verilerimizin Yaldız vd. (2015), Yaldız vd. (2017) ve Telci (2005)'nin bildirdiği değerlerden yüksek olduğu görülmektedir.

Bitkilerin verimi ekolojik faktörlerin yanı sıra uygulanan bakım tekniklerine de oldukça bağlıdır. Tarımsal yönetim kapsamında bitkilerin su ve besin kaynaklarına doğrudan ulaşımı veya bu kaynaklara ulaşması için egzogen ve

endojen etmenlerin olumlu yönde kontrol edilmesi nihai ürünün artmasına neden olur.

Deneme sonuçları değerlendirildiğinde uygulanan NPK ve ahır gübresi verimi arttırmıştır. Verim açısından ahır gübresi uygulaması daha yüksek bulunmuştur. Mineral gübreler (kimyasal) ve ahır gübresi (organik) kullanımının yanı sıra bunların birlikte kullanılması nedeniyle *O. basilicum* veriminin arttığına dair birçok bilimsel rapor bulunmaktadır (Kandil vd., 2009; Singh vd., 2014; Yıldız vd., 2017, 2018a ve b, 2019; Alhasan vd., 2020; Gunda vd., 2022a, b) ve bu araştırmalardan elde edilen sonuçlarla denememizden elde edilen sonuçlar arasında uyum görülmektedir.

Ahır gübreleri, toprağın su tutma kapasitesini arttıran, kalitesini ve fiziksel özelliklerini iyileştiren, sıcaklığını ayarlayan, topraktaki besin maddelerinin daha uygun şekilde emilimini sağlayan, mikrobiyal aktiviteyi arttıran, organik ve mineral maddeler açısından zengin kaynaklardan biridir (Koochehi ve Sabet Teimouri, 2012). Bununla birlikte bitki klorofil, protein, enzimler, amino asitler, hücre zarları ve nükleik asitleri oluşturmak için yüksek miktarda nitrojen, fosfor ve potasyuma ihtiyaç duyar. Bu elementler aynı zamanda fesleğen ve diğer tıbbi ve aromatik bitkilerde fotosentez, solunum, terleme ve osmotik düzenlemede de önemli roller oynar ve tarımsal verimi olumlu yönde etkiler (Eleiwa vd., 2012; Ahmed, 2020). Aynı zamanda yeşil herba veriminin genotip, çevre ve agronomik koşullara göre değiştiği ve fesleğende sıcak bölgelerde biçim sayısına bağlı olarak daha yüksek verim alınırken (Nacar, 1997), serin iklim koşullarında verimlerin daha düşük olduğu da bilinmektedir (Havla ve Pukka, 1987).

Deneme sonucunda uygulamalara göre elde ettiğimiz yeşil herba verimi değerleri yıl bazında ortalama 4456 ile 24848 kg ha⁻¹ arasında değişmektedir. Padalia vd. (2017)'nin belirttiği değerler ile elde ettiğimiz verilerin benzer olduğu görülmektedir.

Denememizin 2. yılında daha yüksek toplam yeşil herba verimi elde edilmiştir. Tablo 3.3 incelendiğinde bitki büyümesine olumlu etki eden meteorolojik olayların 2. yıl daha yüksek olduğu görülmekle birlikte, toprak analizi sonuçlarına göre de (bkz. Tablo 3.4) 2. yıl organik madde miktarının arttığı belirlenmiştir. Sözü edilen faktörlerden kaynaklı olarak toplam yeşil herba veriminin 2. yıl daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

Denememizde yapraktan uygulanan nGO dozlarının artışıyla verim de artmıştır. nGO gibi nanopartiküllerin haricen uygulanması bitki büyümesini artırır, biyokimyasal özellikleri iyileştirir ve bitkilerdeki mineral elementlerin emilimini arttırarak herba verimini yükseltir (Singh vd., 2021, Aazami vd., 2022; Hassanpouraghdam vd., 2019).

O. basilicum'da farklı biçim dönemlerine, farklı taksonlara ve farklı ekim dönemlerine göre yeşil herba verimi değerleri değişiklik göstermektedir. Çeşidin yanında biçimin de verimle ilgili parametreleri etkilediği bilinmektedir ve 1. biçimden 2. biçime kadar taze verim, kuru biyokütle, yaprak sayısı ve bitki başına boğum sayısında doğrusal bir artış olduğu bildirilmiştir (Ciriello vd., 2021). Öte yandan 2. biçimler ile ilgili üretimdeki artışın, epigeal kısmın daha hızlı yeniden büyümesini kolaylaştıran 2. biçimde iyi oluşturulmuş bir kök sistemine bağlı olabileceği de vurgulanmıştır (Zheljazkov vd., 2008a). Biçimin sitokinin konsantrasyonunu arttırabileceği, dolayısıyla hücre bölünmesini uyarabileceği ve yaprak primordia emisyonunu düzenleyebileceği öne sürülmüştür (Le Bris, 2017; Skalák vd., 2019).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, Barut vd. (2021)'nin bildirdiği 1. biçim verilerinin yüksek oluşu denememizin 2. yılı ile, Badakhshan ve Sedighi Dehkordi (2016), Daneshian ve Ghaemmaghami (2012) ve Telci (2005)'nin bildirdiği 2. biçim verilerinin yüksek oluşu da çalışmamızın 1. yılı ile benzer bulunmuştur.

Literatürdeki farklı sonuçlar çeşit, iklim, bakım, biçim zamanı gibi faktörlerin verim üzerine etkisinden ileri gelmektedir. Denememizde de iki yetiştirme sezonunda bitkilerin büyüme ve gelişme döneminde oldukça farklı iklim şartları hâkim olmuştur.

4.1.6 Kuru Herba Verimi

Denemede kuru herba verimi değerlerinin yıllara ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.13'te verilmiştir. Tablo 4.13'te görüldüğü gibi, yıllara göre kuru herba verimi değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ yıl interaksyonu ($p \leq 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Denemede yıllara göre kuru herba verimi değerleri Tablo 4.14'te verilmiştir. Tablo 4.14'e göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında AG₄ uygulaması en yüksek (4984 kg ha⁻¹) ve kontrol grubu en düşük (480 kg ha⁻¹) kuru herba verimine

sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük kuru herba verimi sırasıyla AG₄ uygulaması (4405 kg ha⁻¹) ile kontrol grubunda (758 kg ha⁻¹) görülmüştür (bkz. Tablo 4.14).

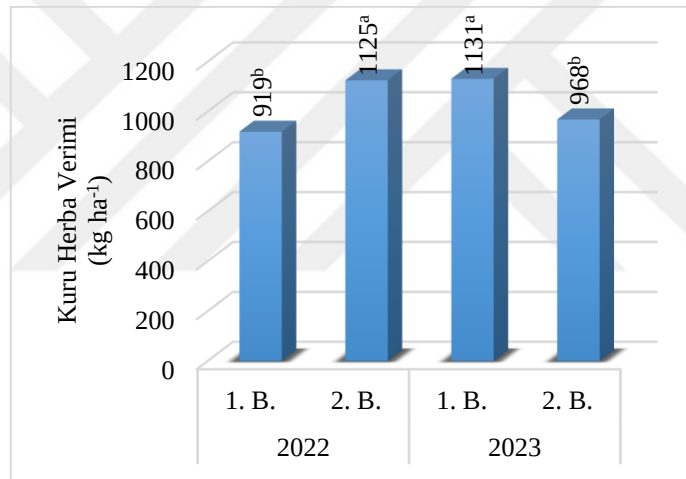
Tablo 4.14 incelendiğinde, denemenin 1. yılında toplam kuru herba veriminin 480-4984 kg ha⁻¹ arasında, 2. yılında ise 1036-3825 kg ha⁻¹ arasında değiştiği görülmüştür. Her iki yılda da toplam kuru herba veriminin en yüksek değeri AG₄ uygulamasında (1. Yıl: 4984, 2. Yıl: 3825 kg ha⁻¹) en düşük değeri ise kontrol grubunda (1. Yıl: 480, 2. Yıl: 1036 kg ha⁻¹) saptanmıştır. 1. ve 2. yıl toplam kuru herba verimi ortalamaları istatistiksel olarak anlamlı bulunmamakla birlikte, 2. yılın toplam kuru herba verimi az miktarda yüksek bulunmuştur.

Denemede yıl bazında biçimlere göre kuru herba verimi değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.15'te verilmiştir. Tablo 4.15'te görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre kuru herba verimi değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimi ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları ve biçim etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

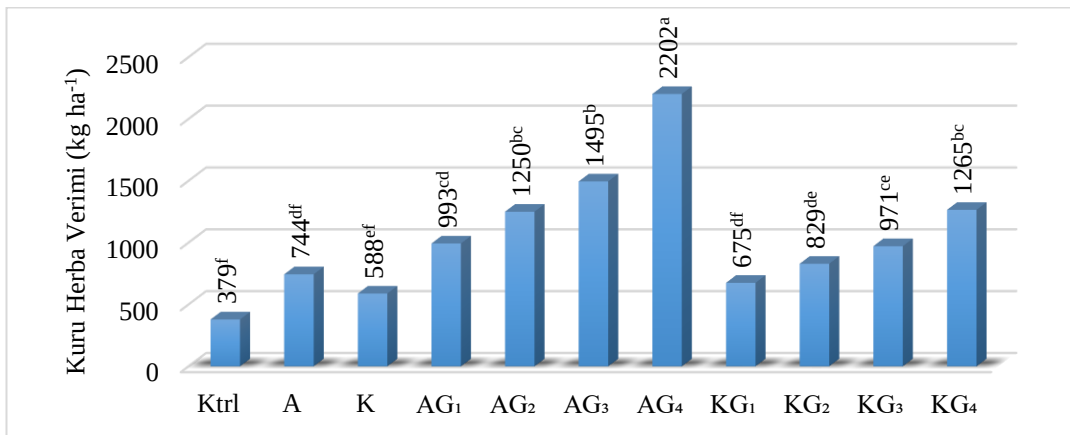
Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen kuru herba verimi değerleri Tablo 4.16'da verilmiştir. Tablo 4.16'ya göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi daha yüksek (1125 kg ha⁻¹) kuru herba verimine ulaşmıştır, 2. yılında ise 1. biçimler daha yüksek (1131 kg ha⁻¹) kuru herba verimine sahip olmuştur. Her iki deneme yılında da AG₄ uygulamasında ve kontrol gruplarında sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 2492, 2. Yıl: 1913 kg ha⁻¹) ve en düşük (1. Yıl: 240, 2. Yıl: 518 kg ha⁻¹) kuru herba verimi görülmüştür. Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimi denemenin sadece 1. yılında önemli derecede değişmiş olup, her iki biçimin AG₄ uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (2522 ve 2462 kg ha⁻¹) kuru herba verimi değerlerine ulaşmıştır. En düşük (176 kg ha⁻¹) kuru herba verimi değerleri ise denemenin 1. yılının 1. biçiminin kontrol grubunda izlenmiştir (bkz. Tablo 4.16).

Kuru herba verimi değerlerinin biçimlere ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.17'de verilmiştir. Tablo 4.17'de görüldüğü gibi, biçimlere ilişkin kuru herba verimi değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede biçimlere göre elde edilen kuru herba verimi değerleri Tablo 4.18’de verilmiştir. Tablo 4.18 ve Şekil 4.14’e göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi (1125 kg ha⁻¹) ile 2. yılının 1. biçimi (1131 kg ha⁻¹) aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek kuru herba verimine ulaşmıştır. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük kuru herba verimi sırasıyla AG₄ uygulamasında (2202 kg ha⁻¹) ve kontrol grubunda (379 kg ha⁻¹) kaydedilmiştir (Şekil 4.15). *O. basilicum* L. var. *dino*’da kuru herba verimi değerleri, gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksiyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek kuru herba verimi sırasıyla AG₄ uygulamasının 1. yılın 1. ve 2. biçimlerinde ve 2. yılın 1. biçiminde (Sırasıyla; 2522, 2462 ve 2270 kg ha⁻¹) bulunmuştur. Bu parametreyle ilgili en düşük verim ise kontrol grubunun 1. biçiminde (176 kg ha⁻¹) izlenmiştir (bkz. Tablo 4.18).



Şekil 4. 14. *O. basilicum*’da biçimlere göre elde edilen kuru herba verimi değerleri (kg ha⁻¹).



Şekil 4. 15. *O. basilicum*’da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen kuru herba verimi değerleri (kg ha⁻¹).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında kuru herba verimi değerlerimiz, Sayarer vd. (2023), Tehrani Sharif vd. (2015), Barut vd. (2021)'nin değerleri ile benzer, Makkizadeh vd. (2012), Telci (2005), Yıldız vd. (2017) ve Günay ve Telci (2017)'nin değerlerinden ise yüksek bulunmuştur. Deneme sonucunda uygulamalara göre elde ettiğimiz kuru herba verimi değerleri 379-2202 kg ha⁻¹ arasında değişmektedir.

Kuru herba verimi parametresinde elde edilen sonuçlar az farklı oranlarla yeşil herba verimine benzerlik göstermektedir. Toprak besin maddeleri, toprağın fiziksel özellikleri ve toprak tanelerinin yapısı kök büyümesine, topraktan su ve besin maddelerinin emilmesine önemli ölçüde tesir eder ve bu sayede bitkinin toplam kuru ağırlığını etkiler (Askary vd., 2019). Özellikle NPK gübrelerinin kuru madde ağırlığının artmasında uyarıcı etkisi, fotosentez, nişasta sentezi, glikoliz, yağ ve protein sentezi gibi metabolik süreçleri arttırmadaki rolünden kaynaklanıyor olabilir (Hassan vd., 2015). Ayrıca fosfor bitkilerde nükleik asitlerin, fosfolipidlerin, koenzimlerin ve yüksek oranda ortaya çıkan fosfat bileşiklerinin bir bileşeni olarak bulunur ve fosfor elementinin söz konusu özellikleri kuru madde birikimini ve yaprak, gövde ve dal kuru ağırlığını teşvik eder (El Habbasha vd., 2007). Daha uygun çevre ortamı, kök büyümesini ve besin kullanılabilirliğini arttıran, bitki büyümesinin ve kuru maddenin artmasına yol açan organik gübre tarafından yaratılır (Scheffer vd., 1993).

Denememizde uygulanan kimyasal ve organik gübrelerin bitkinin asimilat sentezini etkileyerek kuru madde birikimini teşvik ettiği düşünülmektedir. Literatürde yer alan çalışmaların sonuçları ile elde ettiğimiz sonuçlar arasında çok yüksek farklar bulunmamasına rağmen, belirli bir varyasyon görülmektedir. Bu farkların bitki çeşidinden, yetiştirme koşullarından, gübre çeşitlerinden, kurutma yöntemlerine kadar birçok sebebi olabileceği tahmin edilmektedir.

Besin elementlerinin uygulanması, büyüme ve fotosentez arasındaki dengeyi kontrol eder ve fotosentatın (fotosentez ile üretilen madde) bitkisel büyümeye mi yoksa çiçeklenmeye mi yönlendirildiğini belirler (Loomis, 1977; Saharkhiz vd., 2007). Farklı kombinasyonlarda uygulanan NPK, ahır gübresi ve NPK ile ahır gübresinin birlikte kullanımı bitkilerde tarımsal verimin artmasını sağlayabilmektedir (Ali vd., 2014). Özellikle fesleğen NPK ve organik gübre

uygulanmasına duyarlı bitkilerden olup, olumlu tepki vermektedir (Nurzyńska-Wierdak vd., 2012; Yıldız vd., 2017).

Al-mansour vd. (2017b), organik ve kimyasal gübrelerin birlikte kullanımının kuru herba verimini daha fazla arttırdığını, Makkizadeh vd. (2012) kimyasal gübreleme ile organik gübrelemeye göre daha yüksek verim elde edildiğini bildirmişlerdir. Denememizde ise organik gübreleme ile kimyasal gübrelemeye göre daha yüksek verim elde edildiği görülmektedir. Al-mansour vd. (2017b) ve Makkizadeh vd. (2012)'nin bildirdiği sonuçlar ile denememizin sonuçları farklılık göstermektedir.

Organik gübrelemenin fesleğen yetiştiriciliğinde verimi arttırıcı etkisi, gübrenin bitki stresinin hafifletilmesindeki rolü ile ilişkilendirilebilir. Hafif toprak koşullarında organik maddenin uygulanmasının birçok avantajı vardır. Besin maddelerini yavaşça serbest bırakır, toprağın yapısal stabilitesini korur, toprağı erozyondan korur ve genel verimliliğini arttırmak için toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirir, dolayısıyla bitki ağırlığını ve sekonder metabolit içeriğini artırır (Hasanuzzaman vd., 2018). Organik gübrelemenin sürdürülebilir üretkenlik üzerindeki, fesleğen veriminin miktarını ve kalitesini iyileştiren faydalı etkisi çok sayıda çalışmada doğrulanmıştır (El-Naggar vd., 2015; El-Sheref vd., 2019; Esmailpour vd., 2017; Mohamed vd., 2017; Rahmanian vd., 2017; Sirousmehr vd., 2014; Taie vd., 2010; Yıldız vd., 2019).

Makkizadeh vd. (2012) ve Barut vd. (2021) *O. basilicum*'da 1. biçimlerde, Tehrani Sharif vd. (2015) ve Telci (2005) ise 2. biçimlerde daha yüksek kuru herba verimine ulaştıklarını bildirmişlerdir.

Denememizin 2. yılında daha yüksek toplam kuru herba verimi elde edilmiştir. Yeşil herba veriminde olduğu gibi, Tablo 3.3 incelendiğinde bitki büyümesine olumlu etki eden meteorolojik olayların 2. yıl daha yüksek olduğu görülmekle birlikte, toprak analizi sonuçlarına göre de (bkz. Tablo 3.4) 2. yıl organik madde miktarının arttığı belirlenmiştir. Toplam yeşil herba verimine paralel şekilde, 2. yıl kuru herba veriminin de daha yüksek miktarda elde edilmesinin, sözü edilen faktörlerden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Kuru herba verimi parametre değerleri 1. yıl 2. biçimde ve 2. yıl ise 1. biçimde yüksek bulunmuştur. Bu durumun diğer parametrelerde olduğu gibi iklim şartlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Günay ve Telci (2017), taze ve kuru herba verimlerinin vejetasyon süresince biçim sayılarıyla ilgili olduğunu ve sıcak bölgelerde biçim sayısının artması sebebiyle verimlerin de yüksek olabileceğini bildirmişlerdir. Farklı ekolojilerde yapılan çalışmalarda iklimik faktörler, vejetasyon süresi, buna bağlı olarak alınan biçim sayısı kuru herba verimine etki etmektedir. Genellikle sıcak iklim koşullarına ve uzun vejetasyona sahip olan bölgelerde yeşil herba verimleriyle doğru orantılı olarak daha yüksek kuru herba verimleri elde edilmektedir (Akı, 2022).

Ayrıca Shen vd. (2019), GO'nun kuru ağırlık üzerinde etkisinin olduğunu bildirip, bu durumun enzimatik aktiviteyi uyarak ortaya çıktığını vurgulamışlardır. Nanopartiküller tohum uygulaması, kültür yatağına ilave edilme veya yapraktan püskürtme gibi farklı yollarla uygulandığından, bu yöntemlerin her birinin bitkilerin büyüme ve gelişmesi üzerindeki etkileri farklıdır. Öte yandan bitki türlerinin nanopartiküllerin uygulanmasına tepkisi de farklıdır. Ayrıca bitkinin büyüme aşamasına bağlı olarak bu partiküllerin uygulanma zamanı da önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

Farklı kaynaklarda kayıtlı veriler ile kıyaslandığında elde edilen kuru herba verimi değerlerimizin genel olarak benzerliği görülmektedir.

4.1.7 Yeşil Herba Ağırlığı

Denemede yıllara göre yeşil herba ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.19'da verilmiştir. Tablo 4.19'da görüldüğü gibi, yıllara göre yeşil herba ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ yıl interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 19. *O. basilicum*'da yeşil ve kuru herba ağırlığı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Herba Ağırlığı		Kuru Herba Ağırlığı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	1015.800	10.8745	36.658	10.7555
Uygulama	10	1954.786	20.9267**	62.074	18.2127**
Hata 1	20	93.411	-	3.408	-
Yıl (Y)	3	3.292	0.0723	0.082	0.0539
Uyg. $\times$ Y	30	158.481	3.4807**	4.992	3.2719**
Hata 2	66	45.531	-	1.526	-
D.K. (%)	-	18.21		18.88	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıllara göre elde edilen yeşil herba ağırlığı değerleri Tablo 4.20'de verilmiştir. Tablo 4.20'ye göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında AG₄ uygulaması en yüksek (89.2 g b⁻¹) ve kontrol grubu en düşük (9.3 g b⁻¹) yeşil herba ağırlığına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en

düşük yeşil herba ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulaması (78.6 g b⁻¹) ile kontrol grubunda (13.9 g b⁻¹) görülmüştür (Tablo 4.20).

Tablo 4. 20. *O. basilicum*'da yıllara göre elde edilen yeşil ve kuru herba ağırlığı değerleri.

Uyg.	Yeşil Herba Ağırlığı (g b ⁻¹)			Kuru Herba Ağırlığı (g b ⁻¹)		
	1. Yıl	2. Yıl	Ort.	1. Yıl	2. Yıl	Ort.
Ktrl	9.3 ^j	18.6 ^{ij}	13.9 ^f	1.5 ^j	3.2 ^{ij}	2.4 ^f
A	26.3 ^{gi}	27.9 ^{fi}	27.1 ^{de}	4.6 ^{gi}	4.8 ^{fi}	4.7 ^{df}
K	17.2 ^{ij}	24.1 ^{hi}	20.6 ^{ef}	3.0 ^{ij}	4.4 ^{gi}	3.7 ^{ef}
AG ₁	38.0 ^{dg}	33.4 ^{eh}	35.7 ^{cd}	6.6 ^{dg}	6.0 ^{eh}	6.3 ^{cd}
AG ₂	48.2 ^{cd}	41.1 ^{de}	44.7 ^{bc}	8.5 ^{cd}	7.2 ^{de}	7.9 ^{bc}
AG ₃	59.4 ^{bc}	47.9 ^{cd}	53.7 ^b	10.5 ^{bc}	8.4 ^{cd}	9.5 ^b
AG ₄	89.2 ^a	68.0 ^b	78.6 ^a	15.9 ^a	12.0 ^b	14.0 ^a
KG ₁	21.2 ^{hj}	26.8 ^{gi}	24.0 ^{df}	3.8 ^{hj}	4.8 ^{fi}	4.3 ^{df}
KG ₂	25.5 ^{gi}	33.4 ^{eh}	29.5 ^{de}	4.6 ^{gi}	5.9 ^{eh}	5.2 ^{de}
KG ₃	29.0 ^{ei}	40.7 ^{df}	34.9 ^{cd}	5.2 ^{ei}	7.1 ^{df}	6.1 ^{ce}
KG ₄	41.8 ^{de}	48.1 ^{cd}	45.0 ^{bc}	7.4 ^{de}	8.6 ^{cd}	8.0 ^{bc}
EKGF ¹	11.43	11.64	2.092	6.6	2.223	
Ort.	36.8	37.3	6.5	6.6		

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Tablo 4. 21. *O. basilicum*'da yeşil ve kuru herba ağırlığı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Herba Ağırlığı				Kuru Herba Ağırlığı			
		1. Yıl		2. Yıl		1. Yıl		2. Yıl	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	2452.530	13.7500	222.395	5.0206	82.784	12.2855	9.531	6.1918
Uygulama	10	3056.733	17.1375**	1169.770	26.4076**	97.368	14.4499**	36.802	23.9097**
Hata 1	20	178.365	-	44.297	-	6.738	-	1.539	-
Biçim (B)	1	373.184	11.5549**	191.012	4.1318	26.044	19.2822**	38.947	18.6540**
Uyg. × B	10	184.473	5.7118**	94.903	2.0529	5.699	4.2190**	4.689	2.2456
Hata 2	22	32.297	-	46.229	-	1.351	-	2.088	-
D.K. (%)	-	15.43	18.24	17.87	21.97				

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıl bazında biçimlere göre yeşil herba ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.21'de verilmiştir. Tablo 4.21'de görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre yeşil herba ağırlığı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimi ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil herba ağırlığı değerleri Tablo 4.22'de verilmiştir. Tablo 4.22'ye göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi daha yüksek (39.2 g b⁻¹) yeşil herba ağırlığına ulaşmıştır. Her iki deneme yılında da AG₄ uygulaması ve kontrol grupları sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 89.2, 2. Yıl: 68.0 g b⁻¹) ve en düşük (1. Yıl: 9.3, 2. Yıl: 18.6 g b⁻¹) yeşil herba ağırlığına sahip olmuştur. Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimi denemenin sadece 1. yılında önemli derecede değişmiş olup, her iki

biçimin AG₄ uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (92.9 ve 85.4 g b⁻¹) yeşil herba ağırlığı değerlerine ulaşmıştır. En düşük (6.9 g b⁻¹) yeşil herba ağırlığı değerleri ise denemenin 1. yılının 1. biçiminin kontrol grubunda izlenmiştir (Tablo 4.22).

Tablo 4. 22. *O. basilicum*'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru herba ağırlığı değerleri.

Uyg.	Yeşil Herba Ağırlığı (g b ⁻¹)						Kuru Herba Ağırlığı (g b ⁻¹)					
	1. Yıl			2. Yıl			1. Yıl			2. Yıl		
	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.
Ktrl	6.9 ^l	11.7 ^{kl}	9.3 ^s	16.6	20.7	18.6 ^f	1.1 ^l	1.9 ^{kl}	1.5 ^s	3	3.4	3.2 ^e
A	26.0 ^{hj}	26.7 ^{hj}	26.3 ^{dg}	26.7	29.2	27.9 ^{de}	4.4 ^{fi}	4.8 ^{fi}	4.6 ^{dg}	5	4.7	4.8 ^{de}
K	13.3 ^{kl}	21.0 ^{ik}	17.2 ^{fg}	23.9	24.3	24.1 ^{ef}	2.2 ^{jl}	3.9 ^{gk}	3.0 ^{fg}	4.5	4.2	4.4 ^{de}
AG ₁	42.7 ^{df}	33.4 th	38.0 ^{ce}	32.2	34.6	33.4 ^{cd}	7.4 ^{cd}	5.8 ^{dg}	6.6 ^{ce}	6.2	5.7	6.0 ^{cd}
AG ₂	51.3 ^{cd}	45.2 ^{de}	48.2 ^{bc}	40.4	41.9	41.1 ^{bc}	8.6 ^{bc}	8.4 ^{bc}	8.5 ^{bc}	7.7	6.8	7.2 ^{bc}
AG ₃	61.9 ^b	57.0 ^{bc}	59.4 ^b	52.3	43.6	47.9 ^b	10.6 ^b	10.4 ^b	10.5 ^b	9.9	7	8.4 ^b
AG ₄	92.9 ^a	85.4 ^a	89.2 ^a	78.3	57.8	68.0 ^a	16.1 ^a	15.6 ^a	15.9 ^a	14.8	9.3	12.0 ^a
KG ₁	16.1 ^{il}	26.3 ^{hj}	21.2 ^{eg}	24.9	28.8	26.8 ^{df}	2.8 ^{il}	4.7 ^{fi}	3.8 ^{eg}	4.7	4.8	4.8 ^{de}
KG ₂	17.7 ^{jk}	33.3 th	25.5 ^{dg}	36.4	30.4	33.4 ^{cd}	2.9 ^{il}	6.2 ^{df}	4.6 ^{dg}	6.9	4.9	5.9 ^{cd}
KG ₃	19.6 ^{jk}	38.5 ^{eg}	29.0 ^{df}	42.8	38.6	40.7 ^{bc}	3.4 ^{hk}	7.0 ^{ce}	5.2 ^{cf}	8	6.2	7.1 ^{bc}
KG ₄	30.8 ^{gi}	52.9 ^{bd}	41.8 ^{cd}	54.4	41.7	48.1 ^b	5.1 ^{eh}	9.7 ^b	7.4 ^{bd}	10.2	6.9	8.6 ^b
EKGF ¹	9.623	16.08	-	8.016	1.968	3.126	-	1.494	-	1.494	-	1.494
Ort.	34.5 ^b	39.2 ^a	39	35.6	5.9 ^b	7.1 ^a	7.3 ^a	5.8 ^b	-	-	-	-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede yeşil herba ağırlığı değerlerinin biçimlere ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.23'te verilmiştir. Tablo 4.23'te görüldüğü gibi, biçimlere ilişkin yeşil herba ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$), biçim ($p \leq 0.05$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim etkileşimi ($p \leq 0.01$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4. 23. *O. basilicum*'da yeşil ve kuru herba ağırlığı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Herba Ağırlığı		Kuru Herba Ağırlığı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	2031.756	10.8765	73.381	10.7740
Uygulama	10	3909.548	20.9289**	124.186	18.2334**
Hata 1	20	186.802	-	6.811	-
Biçim (B)	3	190.272	3.3657*	21.721	10.0357**
Uyg. $\times$ B	30	198.777	3.5162**	6.791	3.1375**
Hata 2	66	56.532	-	2.164	-
D.K. (%)	-	20.29	-	22.50	-

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

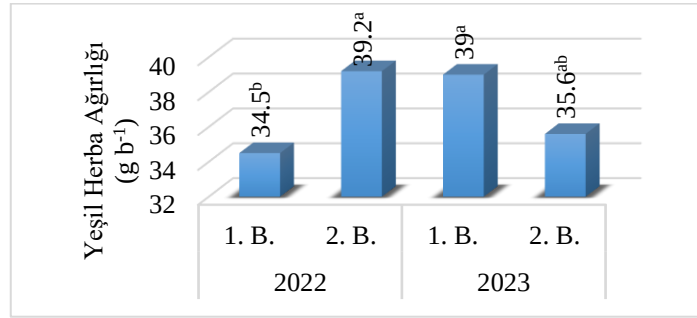
Denemede biçimlere göre elde edilen yeşil herba ağırlığı değerleri Tablo 4.24'te verilmiştir. Tablo 4.24 ve Şekil 4.16'ya göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi (39.2 g b⁻¹) ile 2. yılının 1. biçimi (39 g b⁻¹) aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek yeşil herba ağırlığına ulaşmıştır. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük yeşil herba ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulamasında (78.6 g b⁻¹) ve

kontrol grubunda (13.9 g b^{-1}) kaydedilmiştir (Tablo 4.24 ve Şekil 4.17). *O. basilicum* L. var. *dino*'da yeşil herba ağırlığı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksiyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek yeşil herba ağırlığı AG₄ uygulamasının 1. biçiminde (92.9 g b^{-1}) bulunmuştur. Bu parametreyle ilgili en düşük ağırlık ise kontrol grubunun 1. biçiminde (6.9 g b^{-1}) izlenmiştir (Tablo 4.24).

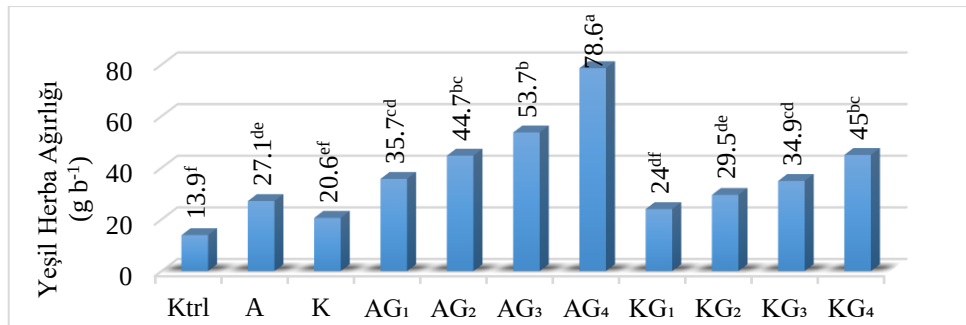
Tablo 4. 24. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru herba ağırlığı değerleri.

Uyg.	Yeşil Herba Ağırlığı (g b^{-1})					Kuru Herba Ağırlığı (g b^{-1})				
	1. Yıl		2. Yıl		Ort.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B		1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	6.9 ^f	11.7 ^{qr}	16.6 ^{qr}	20.7 ^{lr}	13.9 ^f	1.1 ^q	2 ^{pq}	3 ^{nq}	3.4 ^{mq}	2.4 ^f
A	26 ^{jq}	26.7 ^{jp}	26.7 ^{jp}	29.1 ^{io}	27.1 ^{de}	4.4 ^{lp}	4.8 ^{lp}	5 ^{jo}	4.7 ^{kp}	4.7 ^{df}
K	13.3 ^{pr}	21.0 ^{lr}	23.9 ^{kq}	24.3 ^{kq}	20.6 ^{ef}	2.2 ^{oq}	3.8 ^{mq}	4.5 ^{kp}	4.2 ^{lp}	3.7 ^{ef}
AG ₁	42.7 ^{ei}	33.4 ^{hm}	32.2 ^{hn}	34.6 ^{hl}	35.7 ^{cd}	7.4 ^{dk}	5.8 ^{gn}	6.2 ^{gm}	5.7 ^{hn}	6.3 ^{cd}
AG ₂	51.3 ^{cg}	45.2 ^{dh}	40.4 ^{fi}	41.8 ^{fi}	44.7 ^{bc}	8.6 ^{bg}	8.4 ^{bh}	7.7 ^{cj}	6.8 ^{fl}	7.9 ^{bc}
AG ₃	61.8 ^c	57 ^{ce}	52.3 ^{cg}	43.6 ^{di}	53.7 ^b	10.6 ^b	10.4 ^{bc}	10 ^{bd}	7 ^{el}	9.5 ^b
AG ₄	92.9 ^a	85.4 ^{ab}	78.3 ^b	57.7 ^{cd}	78.6 ^a	16.1 ^a	15.6 ^a	14.7 ^a	9.3 ^{bf}	14 ^a
KG ₁	16.0 ^{qr}	26.3 ^{iq}	24.8 ^{kq}	28.8 ^{io}	24 ^{df}	2.8 ^{oq}	4.7 ^{lp}	4.7 ^{kp}	4.8 ^{lp}	4.3 ^{df}
KG ₂	17.7 ^{nr}	33.3 ^{hm}	36.4 ^{hk}	30.4 ^{ho}	29.5 ^{de}	2.9 ^{nq}	6.2 ^{gm}	6.9 ^{el}	4.9 ^{io}	5.2 ^{de}
KG ₃	19.6 ^{nr}	38.5 ^{gk}	42.8 ^{ei}	38.6 ^{gk}	34.9 ^{cd}	3.4 ^{mq}	7 ^{el}	8 ^{bi}	6.2 ^{gm}	6.1 ^{ce}
KG ₄	30.8 ^{ho}	52.9 ^{cg}	54.4 ^{ef}	41.7 ^{fi}	45 ^{bc}	5.2 ^{io}	9.7 ^{be}	10.2 ^{bc}	7 ^{el}	8 ^{bc}
EKGF ¹	12.26		11.64		11.64	2.398		2.398		2.222
Ort.	34.5 ^b	39.2 ^a	39 ^a	35.6 ^{ab}		5.9 ^b	7.1 ^a	7.3 ^a	5.8 ^b	
EKGF	3.696		0.7231			0.7231				

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 16. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen yeşil herba ağırlığı değerleri (g b^{-1}).



Şekil 4. 17. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen yeşil herba ağırlığı değerleri (g b^{-1}).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, yeşil herba ağırlığı verilerimizin, Akyüz (2020)'ün bildirdiği değerlerle benzerlik göstermekle birlikte, Pramod vd. (2020) ve Dhakad vd. (2024)'nin bildirdiği değerlerden oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Fesleğen, özellikle makro besinler (NPK) açısından önemli beslenme ihtiyaçları olan bir tür olarak kabul edilmektedir. Fesleğen azotlu gübrelemeye olumlu tepki verir. Fosfor ve potasyum ise sırasıyla tüm kimyasal süreçlerde enerji aktarım mekanizmalarında ve protein üretiminin çeşitli aşamalarında görev alır (Nurzyńska-Wierdak vd., 2012). Kimyasal gübrelerle toprağın zenginleştirilmesi, besin maddelerinin bulunabilirliği ve bunun sonucunda özellikle çiçeklenme aşamasından önce bitkinin vejetatif büyümesinin artırılması, daha fazla yan dal ve yaprakların ortaya çıkmasına neden olabilir ve bu da bitkinin verimini artırır (Askarian vd., 2020).

Denememizde 1. yıl 2. biçimde, 2. yıl ise 1. biçimde daha yüksek miktarda yeşil herba ağırlığı saptanmıştır. Kandil vd. (2009) ve Esetlili vd. (2016) çalışmaları sonucu yeşil herba ağırlığının 2. biçimlerde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. 1. deneme yılından elde ettiğimiz veriler ile literatür verileri uyum sağlamaktadır. Daha önce de tartışıldığı gibi denememizin 2. yılında iklim koşullarının daha elverişli olmasından ötürü bu durumun tersine döndüğü izlenmiştir.

İlk biçimden sonra, biyokütle tahsisinin daha çok gövde büyümesine yönelik olduğu, bunun aynı zamanda sırasıyla daha yüksek yaprak sayısı ve gövde kuru ağırlığı ile artan dallanmayı ve gövde kalınlığını da kapsadığı bildirilmiştir (Corrado vd., 2020).

Denememizden elde edilen sonuçlara göre organik ve kimyasal gübre parsellerine uygulanan nGO konsantrasyonlarının artmasıyla fesleğenin yeşil herba ağırlığı da bariz bir şekilde artmıştır.

Oksin, sitokinin, absisik asit (ABA), etilen ve gibberellin (GA) gibi bitki hormonları bitki büyümesini düzenleyen önemli eser kimyasallardır. Bu hormonların seviyesindeki değişiklikler genellikle bitki organlarının büyümesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Li vd., 2009). Çalışmalar GO'nun farklı formül ve konsantrasyon uygulamalarının olumlu etkilerinin antioksidan enzim aktivitesinde ve indolasetik asit (IAA) düzeylerinde artışla ilişkili olduğunu göstermiştir (Guo vd., 2021; Jiao vd., 2016a). IAA, kök sistemi yapısını ve

büyümesini düzenleyen en yaygın doğal oksindir (Ivanchenko vd., 2010). Çeşitli çalışmalar sonucunda uygulanan GO ve türevlerinin kök sistemini geliştirdiği ortaya çıkmıştır (Jiao vd., 2016b; Li vd., 2018; Guo vd., 2021; Zhang vd., 2021b; Gao vd., 2022).

Muhtemelen fesleğende farklı dozlarda yapraktan uygulanan nGO, bitkiye nüfuz edip kök gelişimini uyararak, bitkinin su ve besin emilimindeki etkinliğini arttırmış ve bitkinin büyüme ve gelişmesini sağlamıştır. Bitki ağırlığının artması ise birim alanda yeşil ve kuru herba ağırlığını/verimini de olumlu yönde etkilemiştir. nGO'nun, bitki enzimleri ve hormonları üzerine etkileri kanıtlanmıştır. Ancak çok çeşitli ve antagonistik etkilerle karşılaşmıştır. Bu çelişkinin başta nGO'nun fizyokimyasal özellikleri olmak üzere bitki türünden, nGO konsantrasyonundan, uygulama süresinden ve şeklinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Zhang vd., 2021c; Zhang vd., 2022).

Literatür incelendiğinde *O. basilicum*'da doğrudan arazi koşullarında yapraktan püskürtme yöntemiyle uygulanan bir nGO çalışması bulunmadığı görülmüştür. Yapılan çalışmaların neredeyse tamamı tohum veya toprak uygulamasıdır. Bu sebepten dolayı farklı şartlarda yetiştirilen bitkilerle kıyaslanması da mümkün olmamaktadır.

4.1.8 Kuru Herba Ağırlığı

Denemede yıllara göre kuru herba ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.19'da verilmiştir. Tablo 4.19'da görüldüğü gibi, yıllara göre kuru herba ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ yıl interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede yıllara göre elde edilen kuru herba ağırlığı değerleri Tablo 4.20'de verilmiştir. Tablo 4.20'ye göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında AG₄ uygulaması en yüksek (15.9 g b⁻¹) ve kontrol grubu en düşük (1.5 g b⁻¹) kuru herba ağırlığına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük kuru herba ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulaması (14.0 g b⁻¹) ile kontrol grubunda (2.4 g b⁻¹) görülmüştür (bkz. Tablo 4.20).

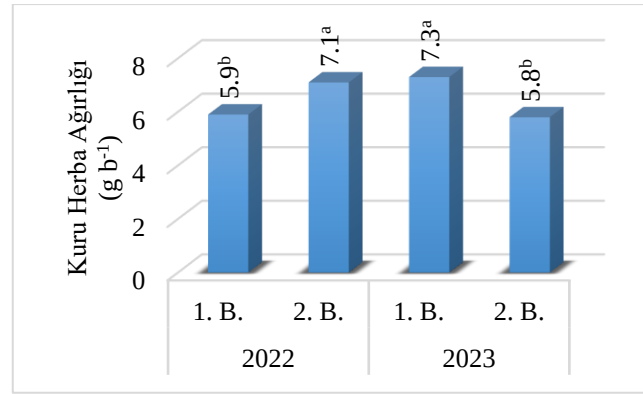
Denemede yıl bazında biçimlere göre kuru herba ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.21'de verilmiştir. Tablo 4.21'de görüldüğü gibi, kuru herba ağırlığı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu

($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları ve biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

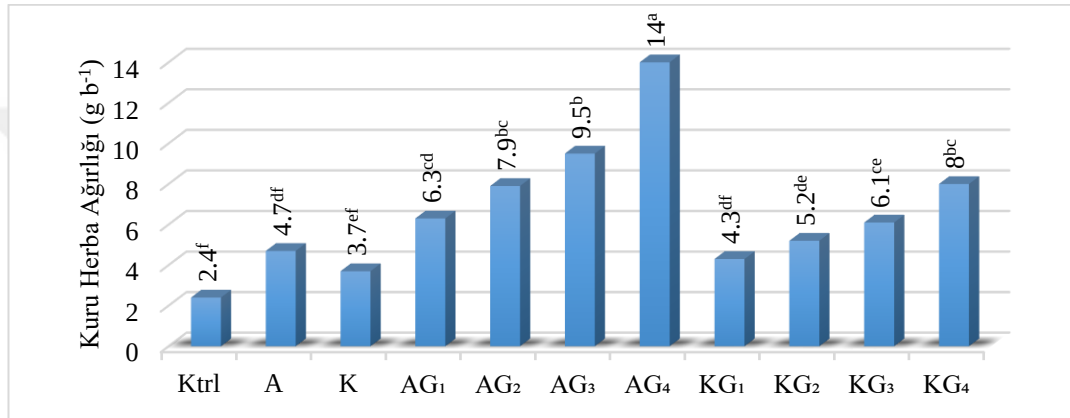
Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen kuru herba ağırlığı değerleri Tablo 4.22’de verilmiştir. Tablo 4.22 incelendiğinde, denemenin 1. yılının 2. biçiminin (7.1 g b^{-1}), 2. yılının ise 1. biçiminin daha yüksek (7.3 g b^{-1}) kuru herba ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Her iki deneme yılında da AG₄ uygulaması ve kontrol grupları sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 15.9 , 2. Yıl: 12.0 g b^{-1}) ve en düşük (1. Yıl: 1.5 , 2. Yıl: 3.2 g b^{-1}) kuru herba ağırlığını göstermiştir. Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu denemenin sadece 1. yılında önemli derecede değişmiş olup, her iki biçimin AG₄ uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (16.1 ve 15.6 g b^{-1}) kuru herba ağırlığı değerlerine ulaşmıştır. En düşük (1.1 g b^{-1}) kuru herba ağırlığı değerleri ise denemenin 1. yılının 1. biçiminin kontrol grubunda izlenmiştir (bkz. Tablo 4.22).

Denemede kuru herba ağırlığı değerlerinin biçimlere ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.23’te verilmiştir. Tablo 4.23’te görüldüğü gibi, biçimlere göre kuru herba ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede biçimlere göre elde edilen kuru herba ağırlığı değerleri Tablo 4.24’te verilmiştir. Tablo 4.24 ve Şekil 4.18’e göre denemenin 1. yılının 2. biçimi ile 2. yılının 1. biçiminde kuru herba ağırlıkları aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (7.1 ve 7.3 g b^{-1}) değerlere sahip olmuştur. En düşük kuru herba ağırlığı değerleri ise (5.9 ve 5.8 g b^{-1}) denemenin 1. yılının 1. biçimi ve 2. yılının 2. biçiminde görülmüştür. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük kuru herba ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulamasında (14 g b^{-1}) ve kontrol grubunda (2.4 g b^{-1}) kaydedilmiştir (bkz. Tablo 4.24 ve Şekil 4.19). *O. basilicum* L. var. *dino*’da kuru herba ağırlığı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek kuru herba ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulamasında 1. yılın 1. ve 2. biçimlerinde ve 2. yılın 1. biçiminde (Sırasıyla; 16.1 , 15.6 ve 14.7 g b^{-1}) bulunmuştur. Bu parametreyle ilgili en düşük değer ise kontrol grubunun 1. yıl 1. biçiminde (1.1 g b^{-1}) izlenmiştir (bkz. Tablo 4.24).



Şekil 4. 18. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen kuru herba ağırlığı değerleri (g b⁻¹).



Şekil 4. 19. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen kuru herba ağırlığı değerleri (g b⁻¹).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, kuru herba ağırlığı değerlerinin, Özmen (2023)'in değerlerinden biraz yüksek, Esetlili vd. (2016)'nin değerlerinden biraz düşük, Pramod vd. (2020)'nin değerlerinden çok düşük, Akyüz (2020) ve Abou El Salehein vd. (2021)'nin değerleri ile benzer bulunmuştur.

Kuru herba verimi başlığında vurgulandığı gibi bitki başına kuru herba ağırlığı önemli derecede yeşil herba ağırlığından etkilenmektedir. Bu etki sonuçlara da yansımıştır. Ancak, genetik başta olmak üzere, iklim, yetiştirme ve kurutma gibi işlemler kuru ağırlığı etkileyebilmektedir.

Denememizde ahır gübresi uygulamalarının kimyasal gübrelemeye göre daha yüksek kuru herba ağırlığı değerlerine ulaştığı görülmektedir. Pramod vd. (2020), organik gübrelerin ağırlık artışına etkisinin diğer gübrelerden daha fazla olduğunu, Wael Ismail vd. (2022), ise en yüksek verimleri biyogübre

uygulamalarından elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmalar ile çalışmamızın sonuçları paralellik göstermektedir.

Yaptığımız denemede 1. yıl 2. biçimden, 2. yıl ise 1. biçimden daha yüksek kuru herba ağırlığı elde edilmiştir. Abou El Salehein vd. (2021) ve Wael Ismail vd. (2022), 2. biçimlerden daha yüksek verim aldıklarını bildirmişlerdir. 1. deneme yılından elde ettiğimiz veriler ile literatür verileri uyum sağlamaktadır. Denememizin 2. yılında iklim koşullarının daha elverişli olmasından dolayı bu durumun tersine döndüğü görülmüştür.

4.1.9 Yeşil Yaprak Ağırlığı

Denemede yıllara göre yeşil yaprak ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.25'te verilmiştir. Tablo 4.25'te görüldüğü gibi, yıllara göre yeşil yaprak ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ yıl interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 25. *O. basilicum*'da yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Yaprak Ağırlığı		Kuru Yaprak Ağırlığı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	396.876	11.1993	14.233	10.8353
Uygulama	10	807.738	22.7932**	27.462	20.9053**
Hata 1	20	35.438	-	1.314	-
Yıl (Y)	3	7.863	0.4589	0.041	0.0602
Uyg. $\times$ Y	30	56.541	3.3004**	2.210	3.2283*
Hata 2	66	17.132	-	0.685	-
D.K. (%)	-	16.24		17.64	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Tablo 4. 26. *O. basilicum*'da yıllara göre elde edilen yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerleri.

Uyg.	Yeşil Yaprak Ağırlığı (g b ⁻¹)			Kuru Yaprak Ağırlığı (g b ⁻¹)		
	1. Yıl	2. Yıl	Ort.	1. Yıl	2. Yıl	Ort.
Ktrl	7.1 ^j	13.5 ^{ij}	10.3 ^g	1.2 ^j	2.5 ^{ij}	1.8 ^f
A	18.6 ^{hi}	19.9 ^{gi}	19.3 ^{df}	3.4 ^{gi}	3.6 ^{fi}	3.5 ^{de}
K	12.5 ^{ij}	16.9 ^{hi}	14.7 ^{fg}	2.3 ^{ij}	3.2 ^{hi}	2.8 ^{ef}
AG ₁	27.1 ^{dg}	23.4 ^{eh}	25.3 ^{cd}	4.9 ^{dg}	4.4 ^{eh}	4.6 ^{cd}
AG ₂	32.3 ^{cd}	28.1 ^{df}	30.2 ^{bc}	6.1 ^{cd}	5.2 ^{df}	5.6 ^{bc}
AG ₃	39.4 ^{bc}	33.1 ^{cd}	36.2 ^b	7.4 ^{bc}	6.0 ^{cd}	6.7 ^b
AG ₄	57.5 ^a	46.2 ^b	51.9 ^a	10.8 ^a	8.3 ^b	9.5 ^a
KG ₁	15.2 ⁱ	18.9 ^{hi}	17.0 ^{eg}	2.8 ^{hi}	3.5 ^{gi}	3.2 ^{df}
KG ₂	17.7 ^{hi}	23.4 ^{eh}	20.6 ^{df}	3.2 ^{hi}	4.3 ^{eh}	3.8 ^{de}
KG ₃	20.3 ^{fi}	27.8 ^{df}	24.0 ^{ce}	3.8 ^{fi}	5.0 ^{dg}	4.4 ^{cd}
KG ₄	28.8 ^{de}	33.1 ^{cd}	30.9 ^{bc}	5.4 ^{de}	6.1 ^{cd}	5.7 ^{bc}
EKG ¹	7.009		7.169	1.401		1.381
Ort.	25.1	25.8		4.7	4.7	

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede yıllara göre elde edilen yeşil yaprak ağırlığı değerleri Tablo 4.26'da verilmiştir. Tablo 4.26'ya göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında AG₄

uygulaması en yüksek (57.5 g b⁻¹) ve kontrol grubu en düşük (7.1 g b⁻¹) yeşil yaprak ağırlığına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük yeşil yaprak ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulaması (51.9 g b⁻¹) ile kontrol grubunda (10.3 g b⁻¹) görülmüştür (bkz. Tablo 4.26).

Denemede yıl bazında biçimlere göre yeşil yaprak ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.27’de verilmiştir. Tablo 4.27’de görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre yeşil yaprak ağırlığı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$) ve biçim ($p \leq 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4. 27. *O. basilicum*’da yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Yaprak Ağırlığı				Kuru Yaprak Ağırlığı			
		1. Yıl		2. Yıl		1. Yıl		2. Yıl	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	948.850	14.7010	90.316	4.6347	32.797	11.8627	3.445	5.8265
Uygulama	10	1214.136	18.8112**	514.270	26.3907**	43.247	15.6424**	16.097	27.2234**
Hata 1	20	64.543	-	19.487	-	2.765	-	0.591	-
Biçim (B)	1	116.880	7.9381**	89.367	4.7071*	10.164	18.6239**	15.245	19.0802**
Uyg. × B	10	78.209	5.3117**	39.543	2.0828	2.179	3.9934**	1.574	1.9694
Hata 2	22	14.724	-	18.986	-	0.546	-	0.799	-
D.K. (%)	-	15.26		16.87		15.83		18.95	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil yaprak ağırlığı değerleri Tablo 4.28’de verilmiştir.

Tablo 4. 28. *O. basilicum*’da yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerleri.

Uyg.	Yeşil Yaprak Ağırlığı (g b ⁻¹)						Kuru Yaprak Ağırlığı (g b ⁻¹)					
	1. Yıl			2. Yıl			1. Yıl			2. Yıl		
	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.
Ktrl	5.5 ^k	8.7 ^{kl}	7.1 ^g	12	14.9	13.5 ^l	1.0 ^l	1.5 ^{kl}	1.2 ^g	2.3	2.6	2.5 ^f
A	18.4 ^{hi}	18.9 ^{hi}	18.6 ^{df}	19	20.8	19.9 ^{de}	3.3 ^{gi}	3.6 ^{fi}	3.4 ^{df}	3.7	3.5	3.6 ^{de}
K	10.1 ^{jk}	14.9 ^{ij}	12.5 ^{fg}	16.9	17	16.9 ^{ef}	1.8 ^{kl}	2.9 ^{hk}	2.3 ^{fg}	3.4	3.1	3.24 ^{ef}
AG ₁	30.1 ^{ce}	23.5 ^{fh}	27.1 ^{ce}	22.8	23.9	23.4 ^{cd}	5.4 ^{de}	4.3 ^{eg}	4.9 ^{ce}	4.6	4.2	4.4 ^{cd}
AG ₂	34.4 ^{bd}	30.3 ^{df}	32.3 ^{bc}	27.6	28.6	28.1 ^{bc}	6.3 ^{bd}	5.9 ^{cd}	6.1 ^{bc}	5.4	5	5.2 ^{bc}
AG ₃	41.1 ^b	37.7 ^{bc}	39.4 ^b	36	30.1	33.1 ^b	7.4 ^b	7.3 ^b	7.4 ^b	7	5	6.0 ^b
AG ₄	60.4 ^a	54.6 ^a	57.5 ^a	52.6	39.9	46.2 ^a	10.8 ^a	10.7 ^a	10.8 ^a	9.8	6.8	8.3 ^a
KG ₁	11.9 ^{jk}	18.6 ^{hi}	15.2 ^{fg}	17.8	19.9	18.9 ^{df}	2.2 ^{jl}	3.5 ^{gi}	2.8 ^{ef}	3.5	3.4	3.5 ^{de}
KG ₂	13.1 ^{ij}	22.4 ^{gh}	17.7 ^{ef}	25.3	21.5	23.4 ^{cd}	2.3 ^{jl}	4.2 ^{eh}	3.2 ^{dg}	4.9	3.6	4.3 ^{cd}
KG ₃	14.2 ^{ij}	26.3 ^{eg}	20.3 ^{df}	29.2	26.3	27.8 ^{bc}	2.7 ^{ik}	4.9 ^{df}	3.8 ^{df}	5.5	4.4	5.0 ^c
KG ₄	22.2 ^{gh}	35.4 ^{bd}	28.8 ^{cd}	37.7	28.5	33.1 ^b	4.0 ^{fi}	6.9 ^{bc}	5.4 ^{bd}	7.1	5	6.1 ^b
EKGF ¹	6.498	9.675	-	5.316	1.251	2.003	-	0.9258	-	-	-	-
Ort.	23.8 ^b	26.5 ^a	-	27.0 ^a	24.7 ^b	-	4.3 ^b	5.1 ^a	-	5.2 ^a	4.2 ^b	-

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Tablo 4.28'e göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi (26.5 g b⁻¹), 2. yılının ise 1. biçimi daha yüksek (27.0 g b⁻¹) yeşil yaprak ağırlığına sahip olmuştur. Her iki deneme yılında da AG₄ uygulaması ve kontrol gruplarında sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 57.5, 2. Yıl: 46.2 g b⁻¹) ve en düşük (1. Yıl: 7.1, 2. Yıl: 13.5 g b⁻¹) yeşil yaprak ağırlığı görülmüştür. Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimini denemenin sadece 1. yılında önemli derecede değişmiş olup, her iki biçimin AG₄ uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (60.4 ve 54.6 g b⁻¹) yeşil yaprak ağırlığı değerlerine ulaşmıştır. En düşük (5.5 g b⁻¹) yeşil yaprak ağırlığı değeri ise denemenin 1. yılının 1. biçiminin kontrol grubunda izlenmiştir (bkz. Tablo 4.28).

Denemede biçimlere göre yeşil yaprak ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.29'da verilmiştir. Tablo 4.29'da görüldüğü gibi, biçimlere göre yeşil yaprak ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$), biçim ($p \leq 0.05$) ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimini ($p \leq 0.01$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4. 29. *O. basilicum*'da yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Yaprak Ağırlığı		Kuru Yaprak Ağırlığı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	793.722	11.1992	28.467	10.8353
Uygulama	10	1615.354	22.7922**	54.923	20.9053**
Hata 1	20	70.873	-	2.627	-
Biçim (B)	3	73.984	3.2648*	8.497	9.3921**
Uyg. × B	30	76.934	3.3950**	2.725	3.0115**
Hata 2	66	22.661	-	0.905	-
D.K. (%)		18.68		20.27	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede biçimlere göre elde edilen yeşil yaprak ağırlığı değerleri Tablo 4.30'da verilmiştir.

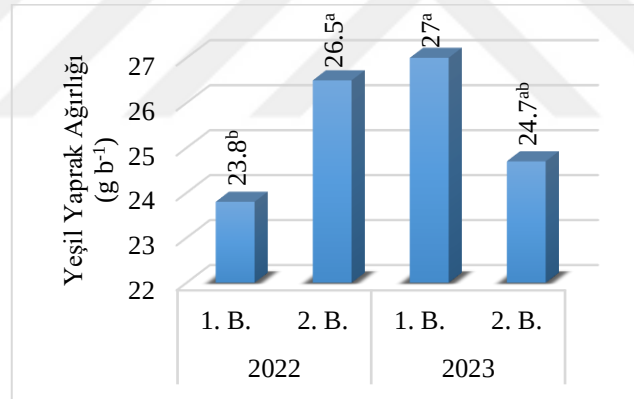
Tablo 4.30 ve Şekil 4.20'ye göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi ve 2. yılının 1. biçiminde yeşil yaprak ağırlıkları aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (Sırasıyla; 26.5 ve 27 g b⁻¹) değerlere sahip olmuştur. En düşük yeşil yaprak ağırlığı ise (23.8 g b⁻¹) denemenin 1. yılının 1. biçiminde görülmüştür. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük yeşil yaprak ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulaması (51.9 g b⁻¹) ve kontrol grubunda (10.3 g b⁻¹) kaydedilmiştir (bkz. Tablo 4.30 ve Şekil 4.21). *O. basilicum* L. var. *dino*'da yeşil yaprak ağırlığı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimini ile önemli derecede değişmiş

olup, en yüksek yeşil yaprak ağırlığı AG₄ uygulamasında sırasıyla 1. yılın 1. ve 2. biçimlerinde ve 2. yılın 1. biçiminde (Sırasıyla; 60.4, 54.6 ve 52.6 g b⁻¹) bulunmuştur. Bu parametreyle ilgili en düşük değer ise kontrol grubunun 1. yılın 1. biçiminde (5.5 g b⁻¹) izlenmiştir (Tablo 4.30).

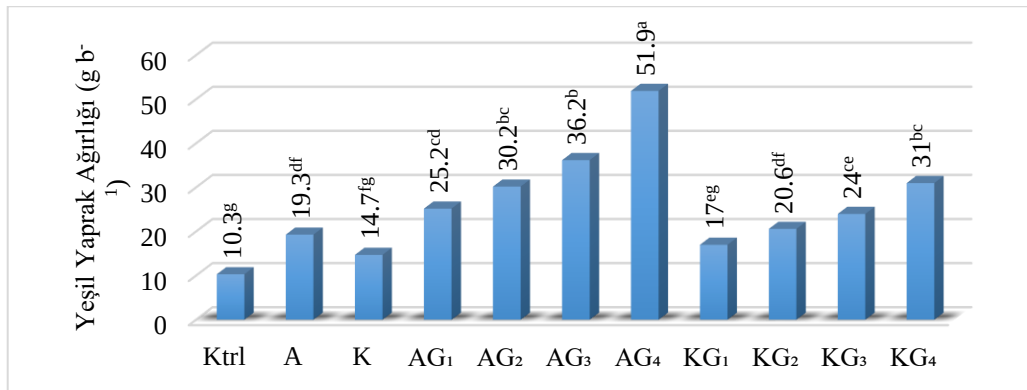
Tablo 4. 30. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen bitki yeşil ve kuru yaprak ağırlığı değerleri.

Uyg.	Yeşil Yaprak Ağırlığı (g b ⁻¹)					Kuru Yaprak Ağırlığı (g b ⁻¹)				
	1. Yıl		2. Yıl		Ort.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B		1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	5.5 ^r	8.7 ^{qr}	12 ^{qr}	14.9 ^{iq}	10.3 ^g	0.9 ^q	1.5 ^{pq}	2.3 ^{mq}	2.6 ^{lq}	1.8 ^f
A	18.4 ^{jp}	18.9 ^{ip}	19 ^{ip}	20.8 ^{ho}	19.3 ^{df}	3.3 ^{ip}	3.6 ^{ho}	3.7 ^{gn}	3.5 ^{ho}	3.5 ^{de}
K	10.1 ^{pr}	14.9 ^{iq}	16.9 ^{kq}	17 ^{kq}	14.7 ^{fg}	1.8 ^{oq}	2.9 ^{kp}	3.4 ^{io}	3.1 ^{jp}	2.8 ^{ef}
AG ₁	30.8 ^{cg}	23.5 ^{gm}	22.8 ^{gm}	23.9 ^{gl}	25.2 ^{cd}	5.4 ^{ch}	4.3 ^{fl}	4.6 ^{ek}	4.2 ^{fm}	4.6 ^{cd}
AG ₂	34.4 ^{bf}	30.3 ^{gs}	27.6 ^{dj}	28.6 ^{ci}	30.2 ^{bc}	6.3 ^{be}	5.9 ^{bf}	5.4 ^{ch}	5 ^{di}	5.6 ^{bc}
AG ₃	41.1 ^b	37.7 ^{bc}	36 ^{bd}	30.1 ^{ch}	36.2 ^b	7.4 ^b	7.3 ^b	6.9 ^{bc}	5 ^{di}	6.7 ^b
AG ₄	60.4 ^a	54.6 ^a	52.6 ^a	39.8 ^b	51.9 ^a	10.8 ^a	10.7 ^a	9.8 ^a	6.8 ^{bd}	9.5 ^a
KG ₁	11.9 ^{qr}	18.5 ^{ip}	17.8 ^{kq}	19.9 ^{io}	17 ^{eg}	2.2 ^{nq}	3.4 ^{io}	3.5 ^{ho}	3.4 ^{io}	3.1 ^{df}
KG ₂	13.1 ^{nr}	22.4 ^{gn}	25.3 ^{fk}	21.5 ^{gn}	20.6 ^{df}	2.3 ^{mq}	4.2 ^{fm}	4.9 ^{ej}	3.6 ^{ho}	3.8 ^{de}
KG ₃	14.2 ^{mr}	26.3 ^{ek}	29.2 ^{ci}	26.3 ^{ek}	24 ^{ce}	2.6 ^{lq}	4.9 ^{ej}	5.5 ^{cg}	4.4 ^{fl}	4.4 ^{cd}
KG ₄	22.2 ^{gn}	35.4 ^{be}	37.7 ^{bc}	28.5 ^{di}	31 ^{bc}	4 ^{gn}	6.9 ^{bc}	7.1 ^{bc}	5 ^{di}	5.7 ^{bc}
EKGF ¹	7.76		7.169			1.551		1.38		
Ort.	23.8 ^b	26.5 ^a	27 ^a	24.7 ^{ab}		4.3 ^b	5.1 ^a	5.2 ^a	4.2 ^b	
EKGF	2.34		0.4676							

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 20. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen yeşil yaprak ağırlığı değerleri (g b⁻¹).



Şekil 4. 21. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen yeşil yaprak ağırlığı değerleri (g b⁻¹).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, yeşil yaprak ağırlığı değerlerinin, Jimayu (2022)'nin bildirdiği değerlerden çok düşük, Nassar vd. (2013) ve Egata vd. (2017)'nin değerlerinin sınırlarında, Akyüz (2020)'ün değerleri ile benzer ve Badakhshan vd. (2018)'nin değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür.

Fesleğinde bitki başına yaprak ağırlığı, tarımsal ve ekonomik verimliliği belirler. Yaprak gelişimini teşvik eden faktörler verimi de olumlu yönde etkiler. Toprak zenginliği, organik ve kimyasal gübrelerin kullanımı, bazı bitki büyüme düzenleyicileri, bitkinin ihtiyacı doğrultusunda düzenli ve yeterli sulama, uygun bitki sıklığı (fotosentez ve rekabet açısından) gibi bakım işlemleri yaprak yüzeyini ve ağırlığını artırır.

Sonuçlara göre organik ve kimyasal gübrelerin uygulanması yaprak ağırlığını anlamlı düzeyde yükseltmiştir. Yeşil yaprak ağırlığı parametresi verileri incelendiğinde, ahır gübresi uygulanan parsellerde yeşil yaprak ağırlığı daha yüksek bulunmuştur. Kimyasal gübrelerin tesiri her ne kadar hızlı olsa da toprak yapısı söz konusu gübrelerin emilimine oldukça etkilidir (Rezaei, 2013). Ahır gübresi topraktaki organik madde miktarını artırır ve organik madde polisakkarit ve hümk molekülüleri bağlayıcı maddeler olarak canlı organizmaların aktivitesi için besin görevi görür. Ayrıca hayvan gübresi toprağın tanecikliliğini ve gözenekliliğini artırarak toprağın görünen özgül ağırlığını azaltır. Bu sayede toprağın su sızma ve hareket hızı, hidrolik iletkenliği ve su tutma kapasitesi artar (Fraser vd., 2006; Rezaei, 2013).

Denememizde organik gübre uygulaması ile kimyasal gübrelemeye göre daha yüksek yeşil yaprak ağırlığı elde edilmiştir. Çalışmamızın yürütüldüğü arazinin toprağı daha önce hiç işlenmemiş ve tarım yapılmamış bir özelliğe sahip olduğundan dolayı, toprak analizi sonuçlarına göre (bkz. Tablo 3.4) oldukça düşük organik madde içerdiği görülmektedir. Bu bilgiler göz önünde bulundurularak toprağı ahır gübresi ekleyip, bitkinin kullanımı için gerekli besin elementlerinin sağlanması ile birlikte kök faaliyetleri için de uygun ortam oluşturulmuştur. Bu işlemin muhtemel sonucu yeşil yaprak ağırlığının artışı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bu denemede yeşil yaprak ağırlığı sonuçları, ağırlığa ilişkin diğer parametrelerin davranış biçimini takip etmektedir.

Spesifik yaprak alanının, kuru kütle artışında beklenen getiriye yansıttığı bilinmektedir ve bu da daha yüksek spesifik yaprak alanına sahip yaprakların daha

verimli olduğunu göstermektedir (Corrado vd., 2020). Ayrıca bitki başına yeşil ağırlıktaki yaprakların büyüme modelinin, toplam yaprak alanının yanı sıra yaprak sayısı ile de orantılı olduğu belirtilmiştir (Nassar vd., 2013).

Denememizde 1. yıl 2. biçimden, 2. yıl ise 1. biçimden daha yüksek yeşil yaprak ağırlığı elde edilmiştir. Kandil vd. (2009) ve Badakhshan vd. (2018) 2. biçimlerden daha yüksek yeşil yaprak ağırlığı elde ettiklerini bildirmişlerdir. Denememizin verileri literatür ile kıyaslandığında, 1. yıldan elde ettiğimiz veriler ile literatürün paralellik gösterdiği izlenmektedir. Çalışmamızın 2. yılında iklim koşullarının daha elverişli olmasından dolayı bu durumun tersine döndüğü görülmüştür. Bu veriler ile denememizden elde edilen bulgular göz önünde tutulduğunda, özellikle iklim koşulları, çeşit, bitki sıklığı, kültür ortamı vb. faktörlerin etkisi değerler arası farklılıkları açıklayabilmektedir.

Denememiz sonucunda hem organik hem kimyasal gübre parsellerine uygulanan nGO dozlarının artışıyla yeşil yaprak ağırlığında da yükseliş izlenmiştir. Zhang vd. (2015), GO'nun fotosentezi uyarak *Aloe vera* L. büyümesini desteklemedeki rolünü ortaya çıkartmıştır. 10-100 mg L⁻¹ doz aralıklarında uygulanan GO'nun en iyi sonucu 50 mg L⁻¹ konsantrasyonda, yaprakların fotosentetik kapasitesini, verimini artırarak ve yaprakların morfolojik özelliklerini geliştirerek *A. vera*'nın büyümesi üzerinde olumlu etkiler gösterebileceğini belirtmişlerdir. Park vd. (2020), uygun miktarda GO'nun, *Arabidopsis thaliana* L.'nin büyümesi üzerinde pozitif etkisi olduğunu vurgulayarak, bu etkinin köklerin gelişimi, yaprak alanı genişlemesi, yaprak sayısındaki artış ve çiçek tomurcuklarının oluşumundaki artışlarla ortaya çıktığına dikkat çekmişlerdir. Zhu vd. (2020), ise yonca bitkisinde az miktarda uygulanan GO'nun yaprakların biyokütlesini önemli ölçüde arttırdığını beyan etmişlerdir. Cao vd. (2021), 10-100 mg L⁻¹ GO'nun uygulanmasıyla *Populus alba* L.'nin yeşil yaprak ağırlığının, çözünebilir şeker içeriğinin ve net fotosentetik oranının önemli ölçüde yükseldiğini; taze kök ağırlığının, toplam kök uzunluğunun ve toplam kök yüzey alanının artışı bildirilmişlerdir.

İncelenen önceki araştırmalarda bitki türü, GO formu, uygulama dozu ve şekli yaptığımız deneme ile oldukça farklıdır. Ancak bu çalışmalar, uygun GO dozlarının kullanımı ile yeşil yaprak sayısında, yaprak alanında ve yaprak ağırlığında artış yaşandığını göstermişlerdir.

4.1.10 Kuru Yaprak Ağırlığı

Denemede yıllara göre kuru yaprak ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.25'te verilmiştir. Tablo 4.25'te görüldüğü gibi, yıllara göre kuru yaprak ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ yıl interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

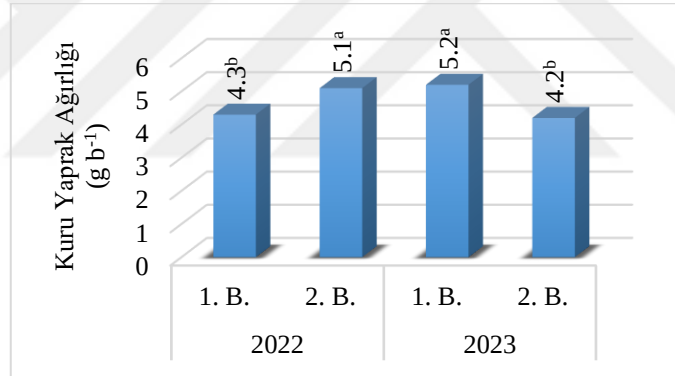
Denemede yıllara göre elde edilen kuru yaprak ağırlığı değerleri Tablo 4.26'da verilmiştir. Tablo 4.26'ya göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında AG₄ uygulamasının en yüksek (10.8 g b⁻¹) ve kontrol grubunun ise en düşük (1.2 g b⁻¹) kuru yaprak ağırlığına sahip olduğu görülmüştür. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük kuru yaprak ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulaması (9.5 g b⁻¹) ile kontrol grubunda (1.8 g b⁻¹) izlenmiştir (bkz. Tablo 4.26).

Denemede yıl bazında biçimlere göre kuru yaprak ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.27'de verilmiştir. Tablo 4.27'de görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre kuru yaprak ağırlığı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları ve biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

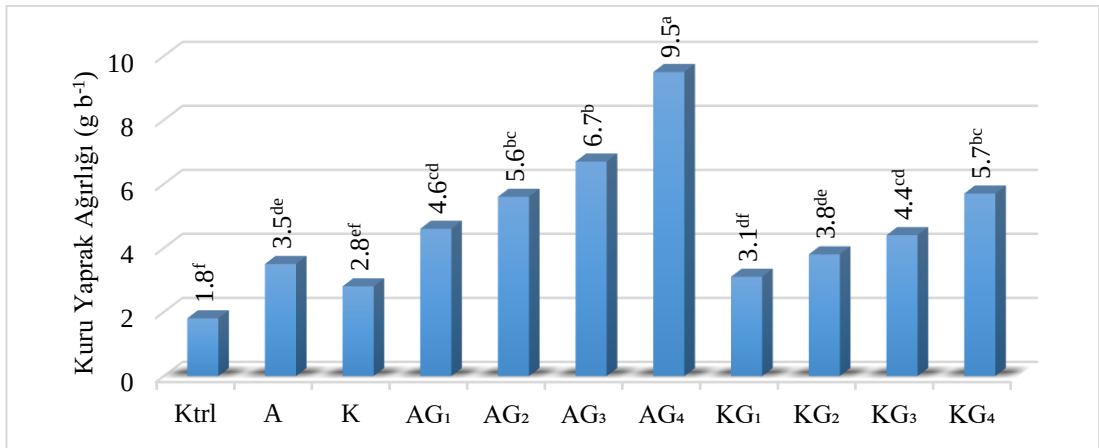
Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen kuru yaprak ağırlığı değerleri Tablo 4.28'de verilmiştir. Tablo 4.28'e göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi (5.1 g b⁻¹), 2. yılının ise 1. biçimi daha yüksek (5.2 g b⁻¹) kuru yaprak ağırlığına sahip olmuştur. Her iki deneme yılında da AG₄ uygulaması ve kontrol grupları sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 10.8, 2. Yıl: 8.3 g b⁻¹) ve en düşük (1. Yıl: 1.2, 2. Yıl: 2.5 g b⁻¹) kuru yaprak ağırlığı değerleri göstermiştir. Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu denemenin sadece 1. yılında önemli derecede değişmiş olup, her iki biçimin AG₄ uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (10.8 ve 10.7 g b⁻¹) kuru yaprak ağırlığı değerlerine ulaşmıştır. En düşük (1.0 g b⁻¹) kuru yaprak ağırlığı değerleri ise denemenin 1. yılının 1. biçiminin kontrol grubunda izlenmiştir (bkz. Tablo 4.28).

Denemede biçimlere göre kuru yaprak ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.29'da verilmiştir. Tablo 4.29'da görüldüğü gibi, biçimlere göre kuru yaprak ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede biçimlere göre elde edilen kuru yaprak ağırlığı değerleri Tablo 4.30’da verilmiştir. Tablo 4.30 ve Şekil 4.22’ye göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi ve 2. yılının 1. biçiminde kuru yaprak ağırlığı verileri aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (Sırasıyla; 5.1 ve 5.2 g b⁻¹) değerlere sahip olmuştur. En düşük kuru yaprak ağırlığı ise (Sırasıyla; 4.3 ve 4.2 g b⁻¹) denemenin 1. yılının 1. biçimi ve 2. yılının 2. biçiminde görülmüştür. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük kuru yaprak ağırlığı değerleri sırasıyla AG₄ uygulamasında (9.5 g b⁻¹) ve kontrol grubunda (1.8 g b⁻¹) kaydedilmiştir (bkz. Tablo 4.30 ve Şekil 4.23). *O. basilicum* L. var. *dino*’da kuru yaprak ağırlığı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksiyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek kuru yaprak ağırlığı AG₄ uygulamasında sırasıyla 1. yılın 1. ve 2. biçimlerinde ve 2. yılın 1. biçiminde (Sırasıyla; 10.8, 10.7 ve 9.8 g b⁻¹) bulunmuştur. Bu parametreyle ilgili en düşük değer ise kontrol grubunda 1. yılın 1. biçiminde (0.9 g b⁻¹) izlenmiştir (bkz. Tablo 4.30).



Şekil 4. 22. *O. basilicum*’da biçimlere göre elde edilen kuru yaprak ağırlığı değerleri (g b⁻¹).



Şekil 4. 23. *O. basilicum*’da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen kuru yaprak ağırlığı değerleri (g b⁻¹).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, kuru yaprak ağırlığı değerlerinin, Egata vd. (2017)'nin bildirdiği değerler ile sınır olduğu, Seidler-Łożykowska vd. (2008)'nin değerlerinden çok düşük olduğu, Jimayu (2022)'nin değerlerinden düşük olduğu ve Akyüz (2020)'ün değerleri ile de benzer olduğu görülmektedir.

Denememizde en düşük kuru yaprak ağırlığının kontrol grubunda tespit edilmesi ile ahır gübresinde daha fazla olmakla birlikte hem ahır gübresinin hem de NPK'nın kuru yaprak ağırlığını arttırdığı görülmektedir. Fosforun, normal bitki büyümesi için besin maddelerinin emilmesine izin veren erken kök gelişimini arttırdığı, kükürt ve azotun, klorofil oluşumunda rol oynadığı ve fotosentez hızını arttırdığı, dolayısıyla yaprak ağırlıklarını etkilediği bilinmektedir (Jimayu, 2022).

Birim alanı başına yaprak kuru kütlesinin, fotosentetik kapasiteyi temsil ettiği kabul edilir; bu aslında yaprak su kütlesinin (yeşil yaprak ağırlığı eksi kuru yaprak ağırlığı), yaprak büyümesi sırasında yaprağın kuru ağırlığıyla orantılı olduğu hipotezini ortaya çıkartır. Ancak ilgili çalışmalar yaprak kuru ağırlığının artmasıyla yaprak su kütlesinin orantısız bir şekilde arttığını göstermiştir. Yaprığın kuru ağırlığı ile yeşil ağırlığı arasında da allometrik bir ilişki vardır; bu da yaprağın su kütlesinin artan kuru yaprak ağırlığıyla orantısız bir şekilde arttığı anlamına gelir (Huang vd., 2019).

Denememizde yeşil yaprak ağırlığında olduğu gibi, 1. yıl 2. biçimden, 2. yıl ise 1. biçimden daha yüksek kuru yaprak ağırlığı elde edilmiştir. Tehrani Sharif vd. (2015) ve Telci (2005) 2. biçimden, Barut vd. (2021) ve Akı (2022) ise 1. biçimden daha yüksek kuru yaprak verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Denememizin verileri literatür ile benzerlik göstermektedir.

nGO uygulanan parsellerden elde ettiğimiz sonuçlar ile birlikte değerlerimiz literatür verileri ile benzerlik göstermektedir. Denememizde nGO uygulamasının verim artışına etkisi bariz bir şekilde görülmektedir.

GO, bitki sürgünlerindeki N, Cu ve Fe içeriğinin gösterdiği üzere bitki besin maddelerini arttırır. Belirli dozlarda GO'nun fotosentezi teşvik ederek ve element birikimini iyileştirerek bitkinin büyümesi üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Zhou vd., 2023). Ayrıca, düşük GO konsantrasyonunun bitkide indol-3-asetik asit biyosentezini ve kök büyümesini yükselterek, bitkinin büyümesini ve verimini arttırdığı bildirilmiştir (Cheng vd., 2016).

Denememizin sonuçlarına göre NPK ve ahır gübresi kullanılarak yetiştirilen fesleğende uygulanan nGO dozlarının artışıyla yeşil yaprak ağırlığı da artış göstermiştir. Bu artışın etkisi kuru yaprak ağırlığına da yansımakta ve nGO uygulamalarının yaprakta madde birikiminin artmasına sebebiyet gösterdiği görülmektedir.

4.1.11 Yeşil Dal Ağırlığı

Denemede yıllara göre yeşil dal ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.31’de verilmiştir. Tablo 4.31’de görüldüğü gibi, yıllara göre yeşil dal ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ yıl interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 31. *O. basilicum*’da yeşil ve kuru dal ağırlığı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Dal Ağırlığı		Kuru Dal Ağırlığı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	143.208	9.9700	5.277	10.2927
Uygulama	10	250.266	17.4233**	7.017	13.6847**
Hata 1	20	14.364	-	0.513	-
Yıl (Y)	3	0.967	0.1288	0.008	0.0413
Uyg. $\times$ Y	30	26.601	3.5408**	0.573	3.0138*
Hata 2	66	7.513	-	0.190	-
D.K. (%)	-	23.68		23.58	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıllara göre elde edilen yeşil dal ağırlığı değerleri Tablo 4.32’de verilmiştir. Tablo 4.32’ye göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında AG₄ uygulaması en yüksek (31.7 g b⁻¹) ve kontrol grubu en düşük (2.2 g b⁻¹) yeşil dal ağırlığına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük yeşil dal ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulaması (26.7 g b⁻¹) ile kontrol grubunda (3.7 g b⁻¹) görülmüştür (Tablo 4.32).

Tablo 4. 32. *O. basilicum*’da yıllara göre elde edilen yeşil ve kuru dal ağırlığı değerleri.

Uyg.	Yeşil Dal Ağırlığı (g b ⁻¹)			Kuru Dal Ağırlığı (g b ⁻¹)		
	1. Yıl	2. Yıl	Ort.	1. Yıl	2. Yıl	Ort.
Ktrl	2.2 ⁱ	5.2 ^{hi}	3.7 ^e	0.3 ^j	0.8 ^{hj}	0.5 ^e
A	7.7 ^{fh}	8.0 ^{fh}	7.9 ^{de}	1.1 ^{gi}	1.2 ^{fi}	1.2 ^{de}
K	4.7 ^{hi}	7.2 ^{gi}	5.9 ^{de}	0.7 ^{ji}	1.2 ^{gi}	0.9 ^{de}
AG ₁	10.9 ^{dg}	10.0 ^{eh}	10.5 ^{cd}	1.7 ^{dg}	1.6 ^{eh}	1.7 ^{cd}
AG ₂	15.9 ^{cd}	13.0 ^{df}	14.5 ^{bc}	2.5 ^{cd}	2.1 ^{de}	2.3 ^{bc}
AG ₃	20.0 ^{bc}	14.9 ^{de}	17.4 ^b	3.1 ^{bc}	2.5 ^{cd}	2.8 ^b
AG ₄	31.7 ^a	21.8 ^b	26.7 ^a	5.1 ^a	3.8 ^b	4.4 ^a
KG ₁	6.0 ^{gi}	8.0 ^{fh}	7.0 ^{de}	0.9 ^{gi}	1.3 ^{ei}	1.1 ^{de}
KG ₂	7.8 ^{fh}	10.0 ^{eh}	8.9 ^d	1.3 ^{ei}	1.6 ^{eh}	1.5 ^{ce}
KG ₃	8.8 ^{fh}	12.9 ^{df}	10.9 ^{cd}	1.4 ^{ei}	2.1 ^{de}	1.8 ^{cd}
KG ₄	13.1 ^{df}	15.0 ^{de}	14.0 ^{bc}	2.0 ^{df}	2.5 ^{cd}	2.3 ^{bc}
EKGF ¹	4.641		4.564	0.7381		0.8626
Ort.	11.7	11.5		1.8	1.9	

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede yıl bazında biçimlere göre yeşil dal ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.33'te verilmiştir. Tablo 4.33'te görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre yeşil dal ağırlığı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 33. *O. basilicum*'da yeşil ve kuru dal ağırlığı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Dal Ağırlığı				Kuru Dal Ağırlığı			
		1. Yıl		2. Yıl		1. Yıl		2. Yıl	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	350.953	11.4495	29.377	5.6605	11.540	12.3517	1.517	5.8667
Uygulama	10	420.546	13.7199**	133.129	25.6516**	10.937	11.7062**	4.244	16.4101**
Hata 1	20	30.652	-	5.190	-	0.934	-	0.259	-
Biçim (B)	1	72.367	13.7595**	19.052	3.0560	3.664	15.2197**	5.458	15.5735**
Uyg. $\times$ B	10	23.049	4.3825**	12.328	1.9775	0.860	3.5739**	0.866	2.4713*
Hata 2	22	5.259	-	6.234	-	0.241	-	0.350	-
D.K. (%)	-	19.61		21.81		26.70		31.83	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil dal ağırlığı değerleri Tablo 4.34'te verilmiştir.

Tablo 4. 34. *O. basilicum*'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru dal ağırlığı değerleri.

Uyg.	Yeşil Dal Ağırlığı (g b ⁻¹)						Kuru Dal Ağırlığı (g b ⁻¹)					
	1. Yıl			2. Yıl			1. Yıl			2. Yıl		
	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.
Ktrl	1.4 ⁱ	2.9 ^{ij}	2.2 ^f	4.6	5.8	5.2 ^d	0.2 ^g	0.4 ^{fg}	0.3 ^f	0.7 ^h	0.8 ^{gh}	0.8 ^e
A	7.6 ^{fh}	7.8 ^{fh}	7.7 ^{df}	7.7	8.3	8.0 ^{cd}	1.0 ^{eg}	1.2 ^{df}	1.3 ^{df}	1.3 ^{fh}	1.1 ^{fh}	1.2 ^{de}
K	3.2 ^{ij}	6.1 ^{gi}	4.7 ^{ef}	7	7.4	7.2 ^{cd}	0.4 ^{fg}	1.0 ^{eg}	0.7 ^{ef}	1.2 ^{fh}	1.1 ^{fh}	1.2 ^{de}
AG ₁	12.0 ^{df}	9.9 ^{eg}	10.9 ^{ce}	9.4	10.7	10.0 ^c	2.0 ^{cd}	1.4 ^{de}	1.7 ^{ce}	1.6 ^{dh}	1.6 ^{dh}	1.6 ^{cd}
AG ₂	16.9 ^{bc}	15.0 ^{cd}	15.9 ^{bc}	12.7	13.3	13.0 ^b	2.4 ^{bc}	2.5 ^{bc}	2.3 ^{bf}	1.8 ^{ch}	2.0 ^{cg}	2.1 ^{bc}
AG ₃	20.7 ^b	19.3 ^b	20.0 ^b	16.3	13.4	14.9 ^b	3.2 ^b	3.1 ^b	3.1 ^b	3.0 ^{bc}	2.0 ^{cg}	2.5 ^b
AG ₄	32.5 ^a	30.9 ^a	31.7 ^a	25.7	17.9	21.8 ^a	5.3 ^a	4.9 ^a	5.1 ^a	5.0 ^a	2.6 ^{bd}	3.8 ^a
KG ₁	4.2 ^{hj}	7.8 ^{fh}	6.0 ^{df}	7.1	8.8	8.0 ^{cd}	0.6 ^{eg}	1.3 ^{df}	0.9 ^{df}	1.2 ^{fh}	1.4 ^{eh}	1.3 ^{de}
KG ₂	4.6 ^{hj}	11.0 ^{df}	7.8 ^{df}	11.1	8.9	10.0 ^c	0.6 ^{eg}	2.1 ^{cd}	1.3 ^{cf}	1.9 ^{cg}	1.3 ^{eh}	1.6 ^{cd}
KG ₃	5.4 ^{hj}	12.2 ^{de}	8.8 ^{cf}	13.6	12.3	12.9 ^b	0.7 ^{eg}	2.0 ^{cd}	1.4 ^{cf}	2.4 ^{be}	1.8 ^{dh}	2.1 ^{bc}
KG ₄	8.6 ^{eh}	17.5 ^{bc}	13.1 ^{bd}	16.7	13.2	15.0 ^b	1.2 ^{df}	2.9 ^{bc}	2.0 ^{bd}	3.1 ^b	1.9 ^{cg}	2.5 ^b
EKG ¹	3.883	6.668	-	2.744	0.8313	1.164	1.002	0.6129				
Ort.	10.7 ^b	12.7 ^a	12	10.9	1.6 ^b	2.1 ^a	2.2 ^a	1.6 ^b				

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Tablo 4.34'e göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi daha yüksek (12.7 g b⁻¹) yeşil dal ağırlığına ulaşmıştır. Her iki deneme yılında da AG₄ uygulaması ve kontrol grupları sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 31.7, 2. Yıl: 21.8 g b⁻¹) ve en düşük (1. Yıl: 2.2, 2. Yıl: 5.2 g b⁻¹) yeşil dal ağırlığına sahip olmuştur. Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu denemenin sadece 1. yılında

önemli derecede değişmiş olup, her iki biçimin AG₄ uygulaması aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (32.5 ve 30.9 g b⁻¹) yeşil dal ağırlığı değerlerine ulaşmıştır. En düşük (1.4 g b⁻¹) yeşil dal ağırlığı değerleri ise denemenin 1. yılının 1. biçiminin kontrol grubunda izlenmiştir (bkz. Tablo 4.34).

Denemede biçimlere göre yeşil dal ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.35'te verilmiştir. Tablo 4.35'te görüldüğü gibi, biçimlere göre yeşil dal ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$), biçim ($p \leq 0.05$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ($p \leq 0.01$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4. 35. *O. basilicum*'da yeşil ve kuru dal ağırlığı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Yeşil Dal Ağırlığı		Kuru Dal Ağırlığı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	286.295	9.9691	10.549	10.2823
Uygulama	10	500.478	17.4271**	14.036	13.6807**
Hata 1	20	28.718	-	1.026	-
Biçim (B)	3	31.115	3.5201*	3.046	9.4102**
Uyg. $\times$ B	30	29.525	3.3401**	0.957	2.9576**
Hata 2	66	8.839	-	0.324	-
D.K. (%)	-	25.69		30.77	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede biçimlere göre elde edilen yeşil dal ağırlığı değerleri Tablo 4.36'da verilmiştir.

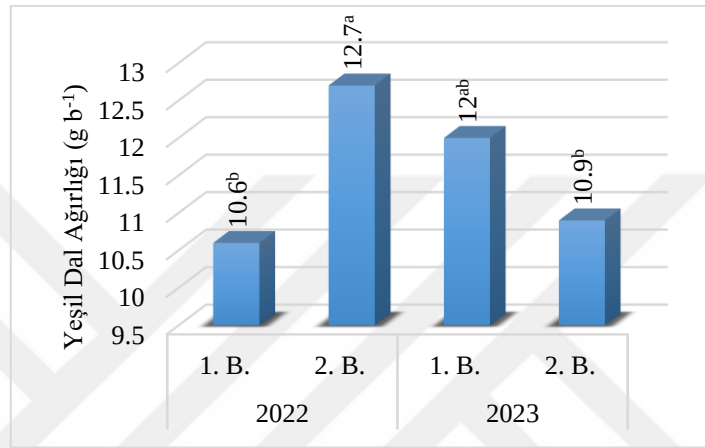
Tablo 4. 36. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen yeşil ve kuru dal ağırlığı değerleri.

Uyg.	Yeşil Dal Ağırlığı (g b ⁻¹)					Kuru Dal Ağırlığı (g b ⁻¹)				
	1. Yıl		2. Yıl		Ort.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B		1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	1.4 ^s	2.9 ^{rs}	4.6 ^{ps}	5.8 ^{os}	3.7 ^e	0.2 ^o	0.4 ^{no}	0.7 ^{lo}	0.8 ^{ko}	0.5 ^e
A	7.6 ^{kr}	7.8 ^{kr}	7.7 ^{kr}	8.3 ^{kr}	7.9 ^{de}	1 ^{jo}	1.2 ^{io}	1.3 ^{io}	1.1 ^{io}	1.2 ^{de}
K	3.2 ^{qs}	6.1 ^{ns}	7 ^{ms}	7.4 ^{lr}	5.9 ^{de}	0.4 ^{no}	1 ^{jo}	1.2 ^{io}	1.1 ^{io}	0.9 ^{de}
AG ₁	12 ^{fn}	9.9 ^{jp}	9.4 ^{jp}	10.7 ^{io}	10.5 ^{cd}	2 ^{cj}	1.4 ^{fn}	1.6 ^{fn}	1.6 ^{fn}	1.7 ^{cd}
AG ₂	16.9 ^{cg}	15 ^{dj}	12.7 ^{em}	13.3 ^{el}	14.5 ^{bc}	2.4 ^{bh}	2.5 ^{bf}	2.3 ^{bi}	1.8 ^{el}	2.3 ^{bc}
AG ₃	20.7 ^c	19.3 ^{cd}	16.3 ^{ci}	13.4 ^{ek}	17.4 ^b	3.2 ^b	3.1 ^{bc}	3 ^{bd}	2 ^{dk}	2.8 ^b
AG ₄	32.5 ^a	30.8 ^a	25.7 ^b	17.9 ^{ce}	26.7 ^a	5.3 ^a	4.9 ^a	5 ^a	2.5 ^{bf}	4.4 ^a
KG ₁	4.2 ^{ps}	7.8 ^{kr}	7.1 ^{ms}	8.8 ^{kr}	7 ^{de}	0.6 ^{mo}	1.3 ^{ho}	1.2 ^{io}	1.4 ^{gn}	1.1 ^{de}
KG ₂	4.6 ^{ps}	11 ^{ho}	11.1 ^{go}	8.9 ^{kq}	8.9 ^d	0.6 ^{mo}	2.1 ^{bj}	1.9 ^{dk}	1.3 ^{ho}	1.5 ^{ce}
KG ₃	5.4 ^{qs}	12.2 ^{em}	13.6 ^{ek}	12.3 ^{em}	10.9 ^{cd}	0.7 ^{io}	2 ^{cj}	2.4 ^{bg}	1.8 ^{el}	1.8 ^{cd}
KG ₄	8.6 ^{kr}	17.5 ^{cf}	16.7 ^{ch}	13.2 ^{el}	14 ^{bc}	1.2 ^{io}	2.9 ^{be}	3.1 ^{bc}	1.9 ^{dk}	2.3 ^{bc}
EKGF ¹	4.847				4.564	0.9279				0.8626
Ort.	10.6 ^b	12.7 ^a	12 ^{ab}	10.9 ^b		1.6 ^b	2.1 ^a	2.2 ^a	1.6 ^b	
EKGF	1.461					0.2798				

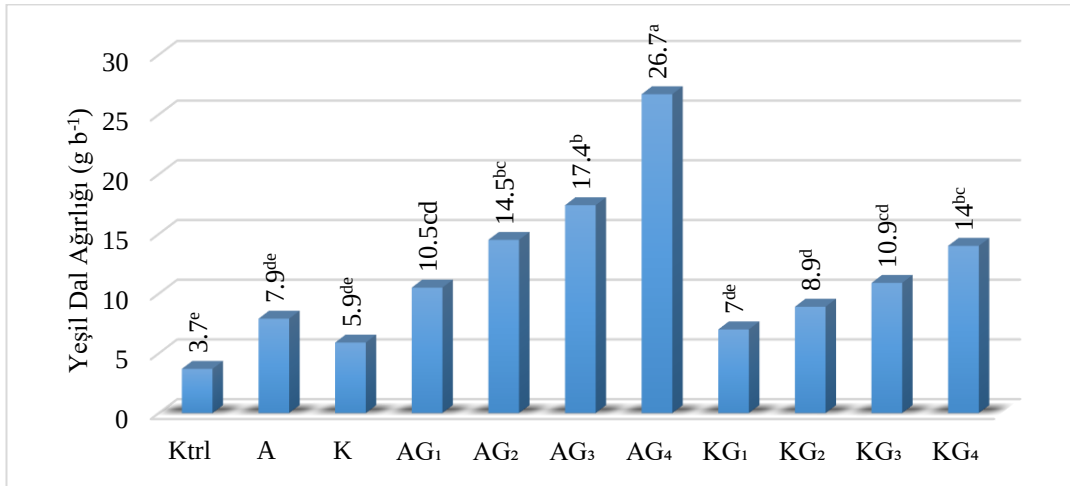
¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Tablo 4.36 ve Şekil 4.24'e göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi en yüksek (12.7 g b⁻¹) ve 1. yılının 1. biçimi ve 2. yılının 2. biçimi en düşük (Sırasıyla; 10.6 ve 10.9 g b⁻¹) yeşil dal ağırlığına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları

arasında en yüksek ve en düşük yeşil dal ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulaması (26.7 g b⁻¹) ile kontrol grubunda (3.7 g b⁻¹) kaydedilmiştir (Şekil 4.25). *O. basilicum* L. var. *dino*'da yeşil dal ağırlığı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksiyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek yeşil dal ağırlığı AG₄ uygulamasında 1. yılın 1. ve 2. biçiminde (Sırasıyla; 32.5 ve 30.8 g b⁻¹) ve en düşük yeşil dal ağırlığı ise 1. yılın 1. biçiminin kontrol grubunda (1.4 g b⁻¹) izlenmiştir (bkz. Tablo 4.36).



Şekil 4. 24. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen yeşil dal ağırlığı değerleri (g b⁻¹).



Şekil 4. 25. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen yeşil dal ağırlığı değerleri (g b⁻¹).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, yeşil dal ağırlığı değerlerimiz, Mamo (2021)'nin bildirdiği değerler ile yakın, Egata vd. (2017) ve Jimayu (2022)'nin değerlerinden düşük, Badakhshan vd. (2018)'nin değerlerinden yüksek ve Akyüz (2020)'ün değerleri ile benzer bulunmuştur.

Denememizde yeşil dal ağırlığı değerlerinin organik gübre ile daha fazla olmakla birlikte, hem ahır gübresi hem de NPK uygulaması ile arttığı görülmektedir.

Azot ve kükürt, bitki büyümesine ve gelişimine katkıda bulunan, fotosentezin birincil ışık toplayıcısı olan klorofilin yapısında hayati bir rol oynar (Boroomand ve Grouh, 2012). Fosfor, hem çeşitli temel bitki yapısı bileşiklerinin bir parçası olan hem de bitkilerde çok sayıda önemli biyokimyasal reaksiyonun dönüşümünde bir kataliz olan temel bir besin maddesidir (Griffith, 2010). Kandil vd. (2009), NPK gübre oranı arttıkça fesleğen dalı ağırlığının da artma eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir.

Denememizde, 1. yıl 2. biçimden, 2. yıl ise 1. biçimden daha yüksek yeşil dal ağırlığı elde edilmiştir. Kandil vd. (2009) ve Badakhshan vd. (2018), 2. biçimden daha yüksek yeşil dal ağırlığı elde ettiklerini bildirmişlerdir. Denememizin verileri literatür ile kıyaslandığında, 1. yıldan elde ettiğimiz veriler ile literatürün paralellik gösterdiği izlenmektedir. Çalışmamızın 2. yılında ise iklim koşullarının daha elverişli olmasından dolayı bu durumun tersine döndüğü görülmüştür.

Bu veriler ile denememizden elde edilen bulgular kıyaslandığında, özellikle iklim koşulları, çeşit, bitki sıklığı, kültür ortamı vb. faktörlerin etkisi değerler arası farklılıkları açıklayabilmektedir.

Uygulamalara göre nGO uygulanan parsellerden elde ettiğimiz bulgular Akyüz (2020)'ün belirttiği değerlere yakın veya bu değerlerden yüksek bulunmuştur.

Önceki çalışmalarda, uygulanan GO'nun dal ağırlığını önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir (Zhu vd., 2020; Cao vd., 2021; Guo vd. 2021). Bazı bitkilerde GO kullanımıyla biyokütle ağırlığının artmasının, dallarda hücre bölünmesinin uyarılmasından, fotosentez oranının ve toprak verimliliğinin artmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Zhang vd., 2020; Cao vd., 2021).

Literatür bilgileriyle kıyaslandığında yeşil dal ağırlığına ilişkin değerlerimizin yüksek oluşunda nGO uygulamasının etkili olduğu düşünülmektedir. Özellikle organik gübre ile birlikte nGO uygulanan bitkilerden elde edilen yeşil dal ağırlıklarının fazla oluşu dikkat çekmektedir.

4.1.12 Kuru Dal Ağırlığı

Denemede yıllara göre kuru dal ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.31’de verilmiştir. Tablo 4.31’de görüldüğü gibi, yıllara göre kuru dal ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ yıl interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Denemede yıllara göre elde edilen kuru dal ağırlığı değerleri Tablo 4.32’de verilmiştir. Tablo 4.32’ye göre, denemenin iki yılı karşılaştırıldığında AG₄ uygulaması en yüksek (5.1 g b⁻¹) ve kontrol grubu en düşük (0.3 g b⁻¹) kuru dal ağırlığına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük kuru dal ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulaması (4.4 g b⁻¹) ile kontrol grubunda (0.5 g b⁻¹) görülmüştür (bkz. Tablo 4.32).

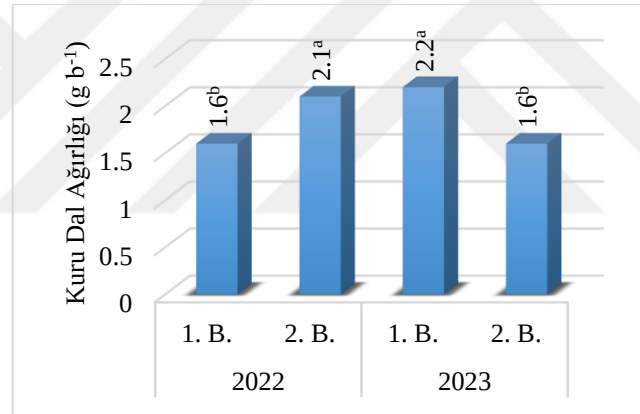
Denemede yıl bazında biçimlere göre kuru dal ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.33’te verilmiştir. Tablo 4.33’te görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre kuru dal ağırlığı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları, biçim ($p \leq 0.01$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ($p \leq 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Denemede yıl bazında biçimlere göre kuru dal ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.34’te verilmiştir. Tablo 4.34’e göre, denemenin 1. yılında 2. biçim daha yüksek (2.1 g b⁻¹), 2. yılında ise 1. biçim daha yüksek (2.2 g b⁻¹) kuru dal ağırlığına sahip olmuştur. Her iki deneme yılında da AG₄ uygulaması ve kontrol grupları sırasıyla en yüksek (1. Yıl: 5.1, 2. Yıl: 3.8 g b⁻¹) ve en düşük (1. Yıl: 0.3, 2. Yıl: 0.8 g b⁻¹) kuru dal ağırlığı değerlerini almıştır. Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu her iki deneme yılında da önemli derecede değişmiştir. Denemenin 1. yılında her iki biçim ve 2. yılında 1. biçim aynı istatistiksel grupta yer alarak AG₄ uygulaması en yüksek (Sırasıyla; 5.3, 4.9 ve 5.0 g b⁻¹) kuru dal ağırlığı değerlerine ulaşmıştır. En düşük (Sırasıyla; 0.2 ve 0.7 g b⁻¹) kuru dal ağırlığı değerleri ise 1. yılın 1. biçiminde ve 2. yılın 1. biçiminde kontrol gruplarında izlenmiştir (bkz. Tablo 4.34).

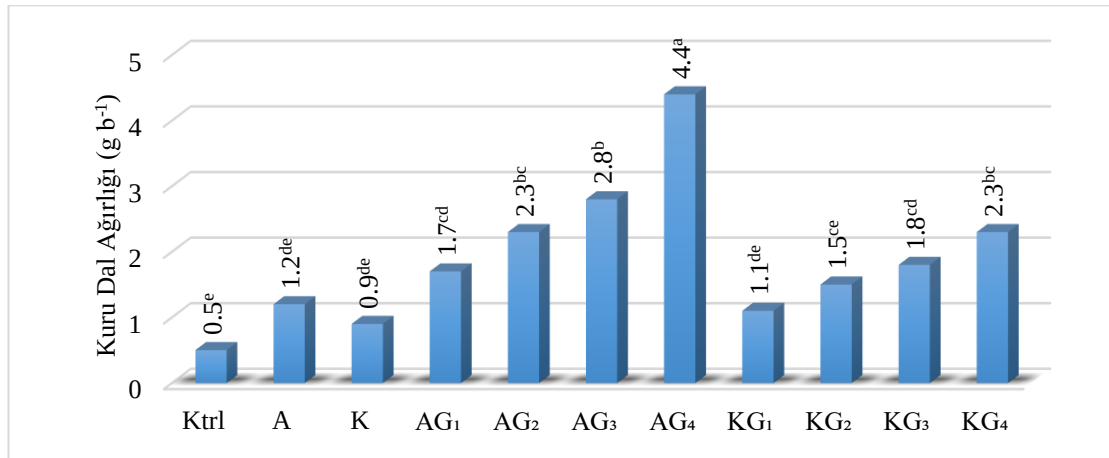
Denemede biçimlere göre kuru dal ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.35’te verilmiştir. Tablo 4.35’te görüldüğü gibi, biçimlere göre kuru dal ağırlığı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve

gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede biçimlere göre elde edilen kuru dal ağırlığı değerleri Tablo 4.36'da verilmiştir. Tablo 4.36 ve Şekil 4.26'ya göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi ve 2. yılının 1. biçimi en yüksek (Sırasıyla; 2.1 ve 2.2 g b⁻¹) ve 1. yılının 1. biçimi ile 2. yılının 2. biçimi en düşük (Sırasıyla; 1.6 ve 1.6 g b⁻¹) kuru dal ağırlığına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük kuru dal ağırlığı sırasıyla AG₄ uygulaması (4.4 g b⁻¹) ile kontrol grubunda (0.5 g b⁻¹) kaydedilmiştir (Şekil 4.27). *O. basilicum* L. var. *dino*'da kuru dal ağırlığı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek kuru dal ağırlığı AG₄ uygulamasında 1. yılın 1. ve 2. biçimlerinde ve 2. yılın 1. biçiminde (Sırasıyla; 5.3, 4.9 ve 5 g b⁻¹) ve en düşük kuru dal ağırlığı ise kontrol grubunda (0.2 g b⁻¹) izlenmiştir (bkz. Tablo 4.36).



Şekil 4. 26. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen kuru dal ağırlığı değerleri (g b⁻¹).



Şekil 4. 27. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen kuru dal ağırlığı değerleri (g b⁻¹).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, kuru dal ağırlığı değerlerimiz, Jimayu (2022)'nin değerlerinden çok düşük, Akyüz (2020)'ün değerleri ile çok yakın bulunmuştur.

Denememizde kuru dal ağırlığı değerlerinin organik gübre ile daha fazla olmakla birlikte, hem ahır gübresi hem de NPK uygulaması ile arttığı görülmektedir.

N gübresi oranının artmasıyla birlikte bitki başına artan kuru gövde ağırlığının, nitrojenin fotosentez yoluyla hızlı bitkisel büyümeyi sağlayan klorofil üretiminin ayrılmaz bir parçası olmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Tucker, 1999). P kök gelişimini uyarır, dal gücünü ve bitkisel büyümeyi artırır (Uchida, 2000).

Denemede nGO uygulanan parsellerden elde ettiğimiz bulgular Akyüz (2020)'ün belirttiği değerlere yakın veya bu değerlerden yüksek bulunmuştur.

Değerlerimizin yüksek oluşunda nGO uygulamasının etkili olduğu düşünülmektedir. Özellikle organik gübre ile birlikte nGO uygulanan bitkilerden elde edilen kuru dal ağırlıklarının fazla oluşu dikkat çekmektedir. Mirza vd. (2022) maaş fasulyesinde (*Vigna radiata* L.) nGO dozlarının artışı ile kuru dal ağırlığında artış izlendiğini rapor etmişlerdir.

Denememizde, 1. yıl 2. biçimden, 2. yıl ise 1. biçimden daha yüksek kuru dal ağırlığı elde edilmiştir. Tehrani Sharif vd. (2015) de, 2. biçimden daha yüksek kuru dal verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. İlk yıl verileri literatür ile benzerdir, 2. yıl oluşan farklılığın iklim koşullarının değişmesi ile ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Denememizde kuru dal ağırlığına ilişkin nGO uygulamaları ve biçimler arası farklılıklar bu parametrenin yeşil ağırlığında elde edilen bulguların davranışıyla benzerlik göstermektedir.

4.1.13 Kuru Yaprak Oranı

Denemede yıllara göre kuru yaprak oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.37'de verilmiştir. Tablo 4.37'de görüldüğü gibi, yıllara göre kuru yaprak oranı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve yıl istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 37. *O. basilicum*'da kuru yaprak oranı değerlerinin yıllara göre varyans analiz.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	46.242	16.2687
Uygulama	10	41.070	14.4488**
Hata 1	20	2.842	-
Yıl (Y)	1	62.061	16.384**
Uyg. × Y	10	8.161	2.1544
Hata 2	22	3.788	-
D.K. (%)	-	-	2.63

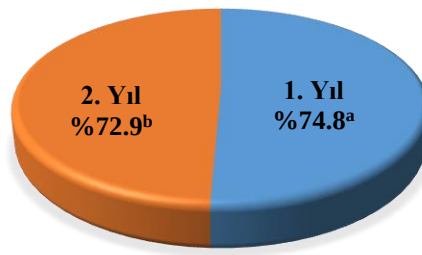
*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıllara göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri Tablo 4.38'de verilmiştir. Tablo 4.38 ve Şekil 4.28'e göre, en yüksek ortalama kuru yaprak oranı değeri (%74.8) denemenin 1. yılında kaydedilmiştir. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük kuru yaprak oranı sırasıyla kontrol grubunda (%79) ve AG₄ uygulamasında (%69.2) görülmüştür (Tablo 4.38).

Tablo 4. 38. *O. basilicum*'da yıllara göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl	2. Yıl	Ort.
Ktrl	81.7	76.3	79.0 ^a
A	75.7	75.7	75.7 ^{bc}
K	78.7	73.7	76.2 ^b
AG ₁	74.7	74	74.3 ^d
AG ₂	72.3	72	72.2 ^{fg}
AG ₃	71.3	71.7	71.5 ^g
AG ₄	68.3	70	69.2 ^b
KG ₁	76.3	73.3	74.8 ^{cd}
KG ₂	75	73	74.0 ^{de}
KG ₃	75	70.7	72.8 ^f
KG ₄	74.3	71.7	73.0 ^{ef}
EKGF ¹	2.467		1.06
Ort.	74.8 ^a	72.9 ^b	

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 28. *O. basilicum*'da yıllara göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).

Denemede yıl bazında biçimlere göre kuru yaprak oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.39'da verilmiştir.

Tablo 4.39'da görüldüğü gibi, kuru yaprak oranı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları, biçim ($p \leq 0.01$) ve gübre ile nGO

uygulamaları × biçim etkileşimi ($p \leq 0.05$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4. 39. *O. basilicum*'da kuru yaprak oranı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	1. Yıl		2. Yıl	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	95.455	15.1807	12.061	2.6640
Uygulama	10	74.479	11.8448**	23.036	5.0884**
Hata 1	20	6.288	-	4.527	-
Biçim (B)	1	236.742	24.4141**	18.561	2.8488
Uyg. × B	10	29.642	3.0569*	8.061	1.2372
Hata 2	22	9.697	-	6.515	-
D.K. (%)	-	4.17		3.51	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri Tablo 4.40'ta verilmiştir. Tablo 4.40'a göre, denemenin 1. yılının 1. biçimi daha yüksek (%76.5) kuru yaprak oranına ulaşmıştır. Her iki deneme yılında da kontrol grubu ve AG₄ uygulaması sırasıyla en yüksek (1. Yıl: %81.3, 2. Yıl: %76.2) ve en düşük (1. Yıl: %68.0, 2. Yıl: %69.8) kuru yaprak oranına sahip olmuştur. Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimi denemenin sadece 1. yılında önemli derecede değişmiş olup, kontrol grubunun 1. biçiminde en yüksek (%84.7) kuru yaprak oranı değerine ulaşmıştır. En düşük (%67.0) kuru yaprak oranı değeri ise 1. yılın 1. biçiminin AG₄ uygulamasında izlenmiştir (Tablo 4.40).

Tablo 4. 40. *O. basilicum*'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl			2. Yıl		
	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.
Ktrl	84.7 ^a	78.0 ^{bf}	81.3 ^a	76.7	75.7	76.2 ^a
A	76.0 ^{bg}	74.7 ^{dh}	75.3 ^{bd}	75	76	75.5 ^{ab}
K	81.0 ^{ab}	75.3 ^{ch}	78.2 ^b	74	73	73.5 ^{ac}
AG ₁	73.3 ^{ei}	75.7 ^{ch}	74.5 ^{cd}	74	73.3	73.7 ^{ac}
AG ₂	73.0 ^{fi}	71.3 ^{gj}	72.2 ^{de}	71	73	72.0 ^{ce}
AG ₃	70.7 ^{hi}	71.3 ^{gj}	71.0 ^{ef}	70.7	72	71.3 ^{ce}
AG ₄	67.0 ⁱ	69.0 ^{ij}	68.0 ^f	67	72.7	69.8 ^e
KG ₁	79.0 ^{bd}	73.7 ^{ei}	76.3 ^{bc}	74.3	71.7	73.0 ^{bd}
KG ₂	80.3 ^{ac}	69.0 ^{ij}	74.7 ^{cd}	72	73.7	72.8 ^{bd}
KG ₃	78.3 ^{be}	71.0 ^{gj}	74.7 ^{cd}	69.7	71.3	70.5 ^{de}
KG ₄	78.0 ^{bf}	70.7 ^{hi}	74.3 ^{cd}	70	73	71.5 ^{ce}
EKG ¹	5.273		3.02	-		2.562
Ort.	76.5 ^a	72.7 ^b		72.2	73.2	

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede biçimlere göre kuru yaprak oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.41'de verilmiştir. Tablo 4.41'de görüldüğü gibi, biçimlere göre kuru yaprak oranı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve

gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede biçimlere göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri Tablo 4.42’de verilmiştir. Tablo 4.42 ve Şekil 4.29’a göre, denemenin 1. yılının 1. biçimi en yüksek (%76.5) kuru yaprak oranına sahip olmuştur. Diğer biçimler aynı istatistiksel grupta yer alarak en düşük (%72.7, 72.2, 73.2) kuru yaprak oranını göstermişlerdir. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük kuru yaprak oranı sırasıyla kontrol grubu (%78.5) ile AG₄ uygulamasında (%68.9) kaydedilmiştir (Şekil 4.30).

Tablo 4. 41. *O. basilicum*’da kuru yaprak oranı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	86.939	16.5408
Uygulama	10	81.397	15.7595**
Hata 1	20	5.256	-
Biçim (B)	3	123.929	16.2134**
Uyg. × B	30	17.940	2.3211**
Hata 2	66	7.712	-
D.K. (%)	-	-	3.77

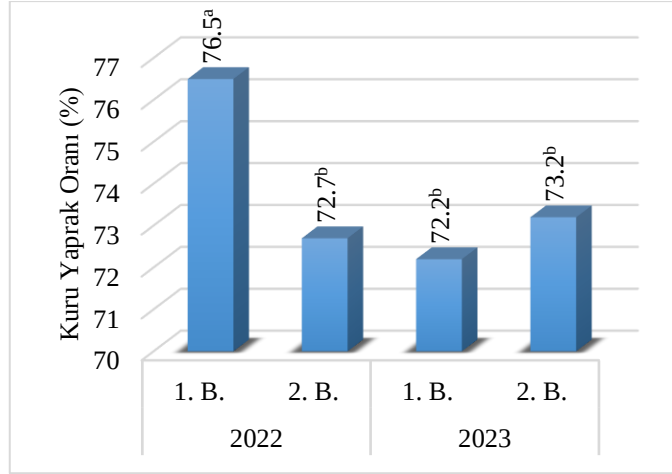
* $p \leq 0.05$ ve ** $p \leq 0.01$, hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Tablo 4. 42. *O. basilicum*’da biçimlere göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).

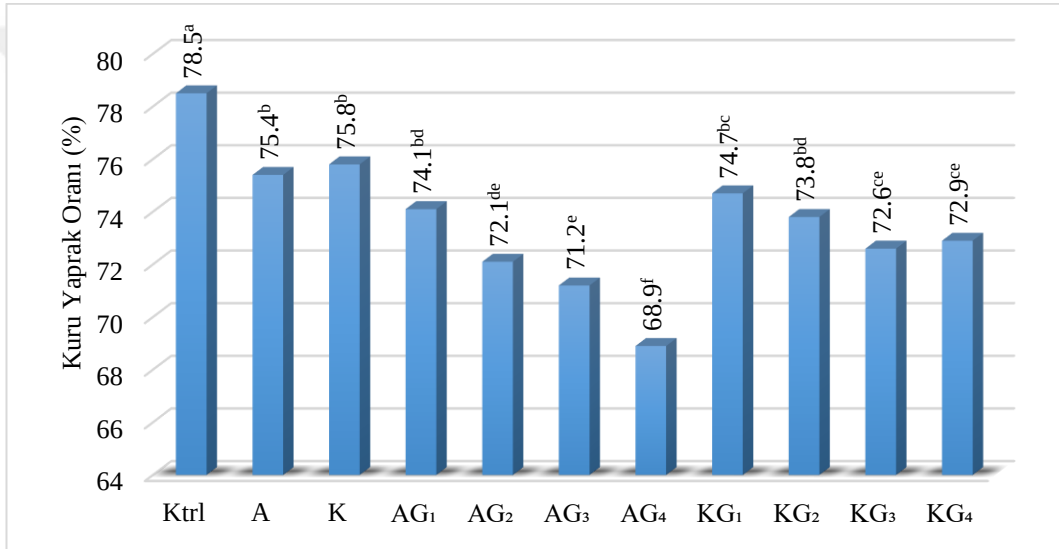
Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	84.7 ^a	78.0 ^{bf}	76.7 ^{bg}	75.7 ^{bh}	78.5 ^a
A	76.0 ^{bh}	74.7 ^{dj}	75.0 ^{gj}	76.0 ^{bh}	75.4 ^b
K	81.0 ^{ab}	75.3 ^{ci}	74.0 ^{dk}	73.0 ^{ek}	75.8 ^b
AG ₁	73.3 ^{ek}	75.7 ^{bh}	74.0 ^{dk}	73.3 ^{ek}	74.1 ^{bd}
AG ₂	73.0 ^{ek}	71.3 ^{gl}	70.7 ^{hl}	73.3 ^{ek}	72.1 ^e
AG ₃	70.7 ^{hl}	71.3 ^{gl}	70.7 ^{hl}	72.0 ^{gl}	71.2 ^f
AG ₄	67.0 ⁱ	69.0 ^{kl}	67.0 ⁱ	72.7 ^{fk}	68.9 ^{bc}
KG ₁	79.0 ^{bd}	73.7 ^{dk}	74.3 ^{dk}	71.7 ^{gl}	74.7 ^{bd}
KG ₂	80.3 ^{ac}	69.0 ^{kl}	72.0 ^{gl}	73.7 ^{dk}	73.8 ^{be}
KG ₃	78.3 ^{be}	71.0 ^{hl}	69.7 ^{jl}	71.3 ^{gl}	72.6 ^{ce}
KG ₄	78.0 ^{bf}	70.7 ^{hl}	70.0 ^{jl}	73.0 ^{ek}	72.9 ^{ce}
EKGF ¹			4.527		1.952
Ort.	76.5 ^a	72.7 ^b	72.2 ^b	73.2 ^b	
EKGF			1.365		

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

O. basilicum L. var. *dino*’da kuru yaprak oranı değerleri gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimi ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek kuru yaprak oranı kontrol grubunda 1. yılın 1. biçiminde (%84.7) ve en düşük kuru yaprak oranı ise AG₄ uygulamasında 1. ve 2. yılın 1. biçimlerinde (%67.0 ve 67.0) izlenmiştir (Tablo 4.42).



Şekil 4. 29. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).



Şekil 4. 30. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen kuru yaprak oranı değerleri (%).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, kuru yaprak oranı değerleri, Uzun (2007)'un değerleri ile yakın bulunmuştur.

Daha önce de belirtildiği gibi fesleğen bitkisinin ekonomik organı yapraklarıdır. Bu bağlamda herhangi bir sebepten yaprak üretiminde artış görüldüğünde nihai tarımsal ve ekonomik verim yükselecektir. Bitki boyu, dal çapı, yeşil herba, yeşil yaprak ve yeşil dal ağırlığına ilişkin yıl ve yıl bazında biçim sonuçları incelendiğinde yüksek değerler görülmesine karşın kuru yaprak oranında düşüş izlenmiştir.

Uzun (2007)'un, fesleğen ve kekikte yaptığı çalışmaya göre dal çapının artışının diğer verim komponentleri ile direkt bağlantıya sahip olduğu bildirilmiştir.

Bu durum kuru yaprak oranında olumsuz ilişki içerisinde. Dal çapı artışı ile birlikte dal ve yaprak verimi artış gösterir. Ancak, yaprağın verim artışının daldan daha az olduğu düşünülmektedir. Soltanbeigi (2014), çalışmasında nihai verimin artmasıyla yaprak oranında düşüş yaşandığını bildirmiştir. Bu bilgilere dayanarak farklı faktörlerin ve uygulamaların etkisiyle yaşanan olumlu veya olumsuz verim değişikliğinden en çok dal veya sapın etkilendiği düşünülmektedir. Piccaglia vd. (1993) ve Özgüven ve Kırıcı (1999)'nın belirttiğine göre yetiştirme sezonunda ortalama sıcaklıklar, ışığın kalite ve şiddeti, yağmur vb. gibi ekolojik faktörler ile tarımsal yönetim işlemleri kuru yaprak oranını olumlu yönde etkiler.

4.2 Fenolojik Özellikler

4.2.1 İlk Çıkış Zamanı (Gün)

Denemede ekilen tohumlar denemenin her iki yılında da 6-7 gün içerisinde çıkmaya başlamıştır (Tablo 4.43).

Tablo 4. 43. İlk çıkış zamanı, ekimden %90 fide çıkışına ve çiçeklenme başlangıcına kadar geçen zaman.

Yıl	Ekim Zamanı	Çıkış (Gün)	%90 Fide Çıkışı (Gün)	Çiçeklenme (Gün)	
				1. Biçim	2. Biçim
1. Yıl	13 Mayıs	7 (20 Mayıs)	20 (2 Haziran)	70	20
2. Yıl	24 Mayıs	6 (30 Mayıs)	17 (10 Haziran)	74	23

O. basilicum'da çimlenmenin değişken sıcaklıklarda daha iyi olduğu ve ortalama 4-6 günde gerçekleştiği bildirilmiştir (Darrah, 1974). Takano (1993), *O. basilicum* tohumlarının çimlenmesi için ışık, hormon ve düşük, yüksek nem gibi uygulamalara ihtiyaç duymadığını ve yeni hasat edilmiş tohumların çimlenme oranının daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Dumanoglu ve Mokhtarzadeh (2021), farklı *O. basilicum* popülasyonlarına ait tohumların karakteristik özelliklerini inceledikleri çalışmada, Elazığ popülasyonuna ait tohumların en hızlı şekilde (2.17 gün) çimlendiğini, Hatay popülasyonunun ise en yavaş (2.25 gün) çimlendiğini rapor etmişlerdir. Binesh vd. (2018), değerlendirilen 22 fesleğen popülasyonunda çimlenme oranı ve yüzdesinin 8 °C'de en düşük seviyede olduğunu, daha sonra artan sıcaklıkla yükseldiğini ve 35 °C'de tekrar azaldığını bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar en uygun çimlenme sıcaklığının 20-25 °C olduğunu açıklamışlardır. Sonuçta, genel olarak sıcaklık, çimlenme yüzdesini ve hızını etkilemektedir (Tabrizi vd., 2004).

Denememiz sonucunda elde edilen çıkış zamanlarının farklılık göstermesinin nedeninin büyük oranda iklimsel koşullar olduğu düşünülmektedir.

4.2.2 Çıkışların %90'a Ulaştığı Zaman (Gün)

Tablo 4.43'te izlendiği gibi denemenin ilk yılında ekimden itibaren 20 gün sonra ve 2. yılında ise 17 gün sonra bitkilerin %90'ı toprak yüzeyine ulaşmıştır.

Jalali ve Jafari (2022), fesleğen tohumlarının tarla koşullarında 10-15 gün ve örtü altında ise 8-12 gün arasında yeşerdiğini beyan ederek, bu sürenin toprak özelliği ve iklim koşullarına bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Akbari Nia ve Frajollahi (2001), yaptıkları çalışmada fesleğende fide çıkışlarının 13-25 gün sürdüğünü bildirmişlerdir.

Denememizde elde edilen sonuçlar, literatür verileri ile benzerlik göstermektedir.

4.2.3 Çiçeklenme Başlangıcına Kadar Geçen Zaman (Gün)

Tablo 4.43'te izlendiği gibi, denemenin 1. yılının 1. biçim döneminde ekimden 70 gün sonra ilk çiçeklenme gözlenmiştir. İlk biçimden (9 Ağustos 2022) 20 gün sonra yine ilk çiçek çıkışı gerçekleşmiştir. Denemenin 2. yılının 1. biçim döneminde ise ekimden 74 gün sonra ilk çiçeklenme görülmüştür. İlk biçimden (21 Ağustos 2023) 23 gün sonra yine ilk çiçek çıkışına rastlanmıştır.

Akbari Nia ve Frajollahi (2001), farklı tarihlerde ekilen fesleğenin 60-100 gün içerisinde generatif faza geçtiğini, bu sürecin bitkinin genetik yapısı, iklim koşulları ve bakım işlemlerine bağlı olduğunu ve sıcaklığın oldukça etkili bir rol oynadığını bildirmişlerdir.

Denememizde elde edilen sonuçlar, literatür verileri ile benzerlik göstermektedir.

4.3 Kimyasal Özellikler

4.3.1 Uçucu Yağ Oranı

Denemede yıllara göre uçucu yağ oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.44'te verilmiştir.

Tablo 4.44'te görüldüğü gibi, yıllara göre uçucu yağ oranı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve yıl istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede yıllara göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri Tablo 4.45'te verilmiştir. Tablo 4.45 ve Şekil 4.31'e göre, denemenin her iki yılının uçucu yağ

oranı incelendiğinde en yüksek değerler (%0.69) 1. yılda kaydedilmiştir. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük uçucu yağ oranı sırasıyla kontrol grubu (%0.82) ile KG₄ uygulamasında (%0.51) görülmüştür (Tablo 4.45).

Tablo 4. 44. *O. basilicum*'da uçucu yağ oranı değerlerinin yıllara göre varyans analizi.

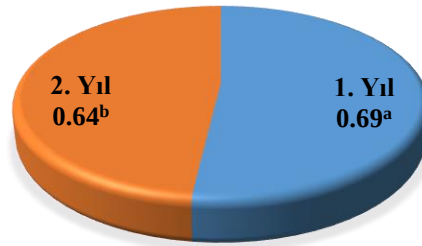
Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.007	10.5454
Uygulama	10	0.041	60.2133**
Hata 1	20	0.001	-
Yıl (Y)	1	0.042	11.6221**
Uyg. × Y	10	0.002	0.5349
Hata 2	22	0.004	-
D.K. (%)	-	-	9.06

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Tablo 4. 45. *O. basilicum*'da yıllara göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl	2. Yıl	Ort.
Ktrl	0.84	0.8	0.82 ^a
A	0.73	0.74	0.74 ^b
K	0.73	0.7	0.72 ^{bc}
AG ₁	0.73	0.68	0.71 ^{bc}
AG ₂	0.7	0.66	0.68 ^{cd}
AG ₃	0.66	0.63	0.65 ^{de}
AG ₄	0.63	0.6	0.62 ^{ef}
KG ₁	0.67	0.6	0.64 ^e
KG ₂	0.66	0.58	0.62 ^{ef}
KG ₃	0.61	0.57	0.59 ^f
KG ₄	0.58	0.44	0.51 ^g
EKGF ¹	-	-	0.03808
Ort.	0.69 ^a	0.64 ^b	

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 31. *O. basilicum*'da yıllara göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).

Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen uçucu yağ oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.46'da verilmiştir. Tablo 4.46'da görüldüğü gibi, yıl bazında biçimlere göre uçucu yağ oranı değerleri yönünden denemenin 1. yılında gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.01$), 2. yılında ise gübre ile nGO uygulamaları ve biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur

($p \leq 0.01$). Yıl bazında biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim etkileşimini istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 4.46).

Tablo 4. 46. *O. basilicum*'da uçucu yağ oranı değerlerinin yıl bazında biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	1. Yıl			2. Yıl	
	SD	KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.074	55.2600	0.011	16.0754
Uygulama	10	0.031	23.1465**	0.054	83.1767**
Hata 1	20	0.001	-	0.001	-
Biçim (B)	1	0.000	0.0420	0.353	213.8304**
Uyg. $\times$ B	10	0.004	1.0265	0.002	0.9507
Hata 2	22	0.004	-	0.002	-
D.K. (%)	-	-	8.78	-	6.40

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede yıl bazında biçimlere göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri Tablo 4.47'de verilmiştir. Tablo 4.47'ye göre, denemenin 2. yılının 1. biçimi daha yüksek (%0.71) uçucu yağ oranına ulaşmıştır. Her iki deneme yılında da kontrol grupları ve KG₄ uygulamaları sırasıyla en yüksek (1. Yıl: %0.84, 2. Yıl: %0.80) ve en düşük (1. Yıl: %0.58, 2. Yıl: %0.44) uçucu yağ oranına sahip olmuştur.

Tablo 4. 47. *O. basilicum*'da yıl bazında biçimlere göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl			2. Yıl		
	1. B	2. B	Ort.	1. B	2. B	Ort.
Ktrl	0.89	0.79	0.84 ^a	0.86	0.73	0.80 ^a
A	0.71	0.75	0.73 ^b	0.8	0.67	0.74 ^b
K	0.72	0.73	0.73 ^b	0.79	0.61	0.70 ^{bc}
AG ₁	0.74	0.71	0.73 ^b	0.77	0.59	0.68 ^{cd}
AG ₂	0.7	0.71	0.71 ^{bc}	0.73	0.58	0.66 ^{de}
AG ₃	0.63	0.69	0.66 ^d	0.7	0.56	0.63 ^{ef}
AG ₄	0.6	0.67	0.63 ^{de}	0.69	0.5	0.60 ^{fg}
KG ₁	0.68	0.66	0.67 ^{cd}	0.67	0.54	0.60 ^{fg}
KG ₂	0.67	0.65	0.66 ^d	0.63	0.52	0.58 ^g
KG ₃	0.63	0.59	0.61 ^{ef}	0.61	0.52	0.57 ^g
KG ₄	0.56	0.59	0.58 ^f	0.54	0.35	0.44 ^h
EKG ¹	-	-	0.03808	-	-	0.03808
Ort.	0.69	0.68	-	0.71 ^a	0.56 ^b	-

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Tablo 4. 48. *O. basilicum*'da uçucu yağ oranı değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.015	11.4714
Uygulama	10	0.082	62.9109**
Hata 1	20	0.001	-
Biçim (B)	3	0.145	35.5611**
Uyg. $\times$ B	30	0.003	0.7533
Hata 2	66	0.004	-
D.K. (%)	-	-	9.67

* $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$, hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede biçimlere göre uçucu yağ oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.48'de verilmiştir. Tablo 4.48'de görüldüğü gibi, biçimlere

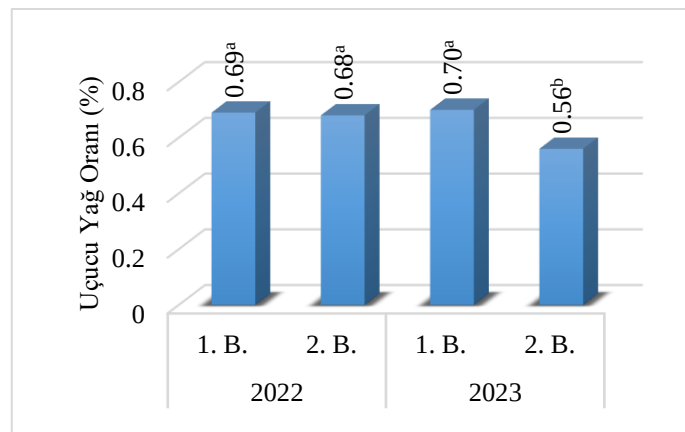
göre uçucu yağ oranı değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri Tablo 4.49'da verilmiştir. Tablo 4.49 ve Şekil 4.32'ye göre, denemenin 1. yılının 1. ve 2. biçimi ve 2. yılının 1. biçimi aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (%0.69, 0.68 ve 0.70) ve 2. yılının 2. biçimi en düşük (%0.56) uçucu yağ oranına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük uçucu yağ oranı sırasıyla kontrol grubu (%0.82) ile KG₄ uygulamasında (%0.50) kaydedilmiştir (Şekil 4.33). *O. basilicum* L. var. *dino*'da uçucu yağ oranı değerlerinde, gübre ile nGO uygulamaları × biçim etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 4.49).

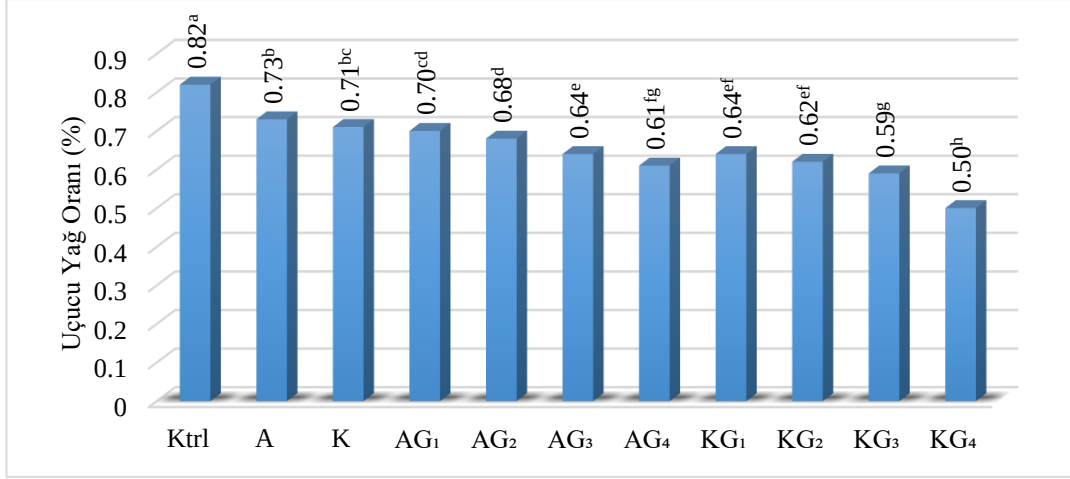
Tablo 4. 49. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B.	2. B.	1. B.	2. B.	
Ktrl	0.89	0.79	0.86	0.73	0.82 ^a
A	0.71	0.75	0.8	0.67	0.73 ^b
K	0.72	0.73	0.79	0.61	0.71 ^{bc}
AG ₁	0.74	0.71	0.77	0.6	0.70 ^{cd}
AG ₂	0.7	0.7	0.73	0.58	0.68 ^d
AG ₃	0.63	0.69	0.7	0.56	0.64 ^e
AG ₄	0.6	0.67	0.69	0.5	0.61 ^{fg}
KG ₁	0.68	0.66	0.67	0.54	0.63 ^{ef}
KG ₂	0.67	0.65	0.63	0.52	0.62 ^{ef}
KG ₃	0.63	0.59	0.61	0.52	0.59 ^g
KG ₄	0.56	0.57	0.54	0.35	0.50 ^h
EKGF ¹			-		0.0269
Ort.	0.69 ^a	0.68 ^a	0.70 ^a	0.56 ^b	
EKGF	0.031				-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 32. *O. basilicum*'da biçimlere göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).



Şekil 4. 33. *O. basilicum*'da gübre ile nGO uygulamalarına göre elde edilen uçucu yağ oranı değerleri (%).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, uçucu yağ oranlarımızın, Karaca vd. (2017) (%0.25-1.06), Akgül (1989); Arabaci ve Bayram (2004) (%0.62-1.00), Yaldiz vd. (2015) (%0.69-1.83, %0.47-1.63), Uzun (2007) (%0.35-0.95) ve Telci (2005)'nin bildirdiği (%0.59-0.95, %0.62-0.89) değerlere yakın olduğu görülmektedir.

Denememizde ilk yıl biçimler arası istatistiksel bir fark bulunmamakla birlikte, 2. yıl 1. biçimden daha yüksek oranda uçucu yağ elde edilmiştir. Tehrani Sharif vd. (2015) 2. biçimden elde edilen uçucu yağ oranının (%0.49-0.69), 1. biçimden (%0.33-0.57) daha yüksek olduğunu, Chezgi vd. (2018) yine 2. biçimin en yüksek uçucu yağ oranına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Denememizin sonuçları literatür ile farklılık göstermektedir.

Uygulamalara göre ise, denememizde elde edilen uçucu yağ oranı kontrol > ahır gübresi > NPK şeklinde sıralanmaktadır. Makkizadeh vd. (2012), NPK uygulamasında %1.46, ahır gübresi uygulamasında ise %1.35 uçucu yağ oranı elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bu kaynak ile çalışmamızın sonucu farklılık göstermektedir.

Benzer çalışmalarda, fesleğen yetiştiriciliğinde ilave edilen gübrelerle birlikte uçucu yağ oranında azalma tespit edilmiştir (Arabaci ve Bayram, 2004; Dadvand Sarab vd., 2008). Bu sonuçlar denememizde elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Farklı çevresel koşullar altında alanı değişen nane ve fesleğen yapraklarında glandüler tüylerin sayısının sabit olduğu görülmüştür (Sangwan vd., 2001). Öte

yandan nitrojen ve bitkinin büyümesini arttıran herhangi bir faktörün kullanılması, uçucu yağ içeren hücrelerin boyutunu artırır ve böylece uçucu yağ konsantrasyonunda düşüş yaşanır (Singh vd., 1989; Azizi vd., 2009).

Cheng vd. (2009), uçucu yağlar da dahil olmak üzere sekonder metabolitlerin üretiminin, karbonhidrat kaynak ve kapasite (source-sink) arasındaki dengeden etkilendiğini belirtmişlerdir. Kaynağın kapasite oranının daha yüksek olması sekonder metabolitlerin sentezini teşvik eder, böylece üretimi artır.

Denememizde uygulanan nGO konsantrasyonları arttıkça, uçucu yağ oranlarında düşüş yaşanmıştır. Bunun sebebinin, verim artışına katkısı olan nGO'nun, bitkiye optimum koşulları yaratmada yardımcı olması ve bitkinin daha çok stres koşullarında üretim sağladığı sekonder metabolitlere etkisinin olumsuz olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Naderianfar vd. (2018), nano gübre konsantrasyonunun artmasıyla birlikte uçucu yağ oranında önemli bir artış gözlemlendiğini ve Vojodi Mehrabani vd. (2023) GO'nun uçucu yağ oranını (%0.75-0.83) kontrol grubuna göre yükselttiğini bildirmişlerdir. Denememizde ise, uygulanan nGO miktarı arttıkça uçucu yağ oranının düştüğü tespit edilmiştir.

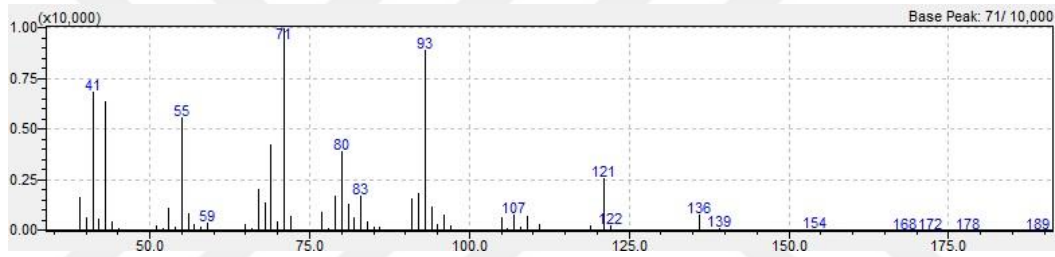
Nanopartiküllere maruz kalan bitkilerde yüksek seviyelerde fotosentetik pigmentler ve karbonik anhidraz aktivitesi görülür; bu da bitkilerin ışıktan daha verimli yararlanabildiğini ve yapraktaki karbonhidrat içeriğini arttırabildiğini göstermektedir (Khan vd., 2023). Uçucu yağların biyosentezi, alternatif şekilde mevalonat olmayan yol olarak da adlandırılan metil eritritol fosfat (MEP) yolu aracılığıyla kloroplastlarda meydana gelir. Bu yol, glandüler trikomların salgı hücrelerinin plastidleri içinde gerçekleşir (Ahmad vd., 2020). Bazı nanopartiküllerin kullanılması sonucu glandüler trikomların önemli ölçüde genişlemesi, büyük olasılıkla fotosentezden üretilmiş ürünler kullanılarak bu özel yapılar içinde sentezlenen, başta terpenler olmak üzere uçucu yağların birikmesini sağlar (Bhat vd., 2024).

4.3.2 Uçucu Yağ Bileşenleri (GC/FID-MS)

Farklı dozlarda yaprağa püskürtülen grafen oksit nanopartikülü (nGO), ahır gübresi ve kimyasal gübre (NPK) uygulamalarıyla yetiştirilen fesleğen (*O. basilicum* L. var. *dino*) denemesi iki yetiştirme sezonunda (2022-2023) yürütülmüş olup her bir sezondan iki biçim ve toplamda dört biçim alınmıştır. Deneme sonunda her bir uygulamanın 3 tekerrüründen elde edilen kuru yapraklar hidrodistilasyona

tabi tutulmuş ve uçucu yağları alınmıştır. Her uygulamaya ait 3 tekerrürlü uçucu yağ örnekleri alev iyonlaşma dedektörü (FID) entegreli ‘Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi’ cihazında analiz edilerek bileşenleri tespit edilmiştir.

Uçucu yağ bileşenlerine ait sonuçların ortalaması Tablo 4.50-53’te verilmiştir. Sonuçlara göre toplam 35 bileşen tespit edilerek, linalool (%48.8-57.92), öjenol (%16.62-26.24), 1,8-sineol (%5.11-10.66), *cis*- α -bergamoten (%3.37-8.05), γ -kadinen (%1.38-2.67), germakren D (%0.9-2.51), α -terpineol (%0.93-1.58), bornil asetat (%0.77-1.55), β -elemen (%0.4-2.1), epikubenol (%0.46-1.08) ve mirsen (%0.21-0.92) tüm uygulamalarda izlenmiştir. Linalool *O. basilicum* L. var. *dino*’nun majör bileşeni olarak saptanmıştır (Şekil 4.34). Diğer önemli bileşenler ise (≥ 1) öjenol, 1,8-sineol, *cis*- α -bergamoten ve γ -kadinen olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.50-53).



Şekil 4. 34. Linalool bileşenine ait spektrum.

Linaloolün en yüksek oranı (%57.92) denemenin 1. yılının 1. biçiminin AG₄ uygulamasında, en düşük oranı ise (%48.8) 1. yılının 1. biçiminin KG₂ uygulamasında tespit edilmiştir. Denemenin her iki yılında da kontrol grubunun ilk biçimlerinde linalool miktarları 2. biçime göre daha düşük bulunmuştur. Bu durumun aksine, ahır gübresi uygulamasının ilk biçimleri her iki yılda da daha fazla linalool üretmiştir. AG uygulamalarının tüm konsantrasyonlarında, denemenin her iki yılındaki ilk biçimlerde daha fazla linalool içeriği saptanmıştır. Ayrıca, her iki yılda da KG₁ uygulaması haricinde, 2. biçimlerdeki linalool miktarı diğer KG uygulamalarında nispeten yüksek çıkmıştır.

Öjenolün en yüksek oranı (%26.24) denemenin 1. yılının 1. biçiminin KG₄ uygulamasında ve en düşük oranı ise (%16.62) 1. yılının 1. biçiminin AG₁ uygulamasında kaydedilmiştir. Tablo 4.50-53 incelendiğinde öjenolün davranışının kontrol grubu, ahır gübresi ve kimyasal gübre uygulamalarında denemenin her iki yılında da benzer olduğu görülmektedir. Her iki yılda da kontrol grubu ve kimyasal

gübre uygulamalarında 1. biçimlerdeki öjenol miktarı 2. biçimlere göre genel olarak daha fazla olmuştur. Ahır gübresi uygulamalarında ise, bu bileşenin oranı genellikle 2. biçimlerde daha yüksek bulunmuştur. Öjenol ile ilgili sonuçlara bakıldığında nGO uygulanması ile belli bir davranış sergilemediği görülmektedir.

1,8-Sineolün en yüksek oranı (%10.66) denemenin 1. yılının 1. biçiminin kontrol grubunda ve en düşük oranı ise (%5.11) 1. yılının 1. biçiminin AG₃ uygulamasında görülmüştür. *cis-α*-Bergamotenin en yüksek oranı (%8.05) denemenin 1. yılının 1. biçiminin AG₃ uygulamasında ve en düşük oranı ise (%3.37) 2. yılının 1. biçiminin KG₂ uygulamasında saptanmıştır. γ -Kadinenin en yüksek oranı (%2.67) denemenin 1. yılının 1. biçiminin AG₃ uygulamasında ve en düşük oranı ise (%1.38) 2. yılının 2. biçiminin kontrol grubunda izlenmiştir (bkz. Tablo 4.50-53).

Tespit edilen uçucu bileşenler, kimyasal gruplara ayrıldığında monoterpen hidrokarbonlar, oksijenli monoterpenler, seskiterpen hidrokarbonlar, oksijenli seskiterpenler, esterler ve alkoller 6 ana grubu oluşturmaktadır (bkz. Tablo 4.50-53). Tüm biçimlerde seskiterpen hidrokarbonlar en çok bileşen sayısına sahip olmuştur. Ancak, en yüksek oran oksijenli monoterpenlerde (%76.77-88.43) izlenmiştir. En yüksek ve en düşük oksijenli monoterpen oranları sırasıyla 1. yılın 1. biçiminin KG₁ ve AG₃ uygulamalarında kaydedilmiştir (bkz. Tablo 4.50). Diğer bileşen grupları sırasıyla seskiterpen hidrokarbonlar (%7.44-18.59), monoterpen hidrokarbonlar (%0.21-3.59), oksijenli seskiterpenler (%0.57-2.5) ve esterden (%0.77-1.55) oluşmuştur. Alkol grubu ise sadece 2. biçimlerde görülmüştür (Tablo 4.51).

Tablo 4.50-53 incelendiğinde bazı uçucu yağ bileşenleri her 2 deneme yılından elde edilen toplam 4 biçim ve 11 uygulamanın tekrarları arasında tespit edilmemiştir. Bu bağlamda yukarıda bahsedildiği gibi sadece 11 bileşen tüm biçim ve uygulamalarda görülmüştür (Mirsen, 1,8-sineol, linalool, bornil asetat, *cis-α*-bergamoten, β -elemen, α -terpineol, germakren D, γ -kadinen, epikubenol ve öjenol). Bu bileşenlerle ilgili biçimler ve uygulamalar arası farklılıkların ortaya çıkması adına istatistiksel analizler yapılarak elde edilen veriler kıyaslanmıştır.

O. basilicum bitkisinin uçucu yağı ile ilgili dünya çapında kabul gören farmakope ve monograflarda bir kayıt bulunmamaktadır. *O. basilicum* uçucu yağ bileşimi çeşide, coğrafi kökene, biçim mevsimi gibi faktörlere göre

değişmektedir. Bu faktörler, uçucu yağın aroma ve tadını önemli derecede etkiler.

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, uçucu yağ bileşeni değerlerimizin Lee vd. (2005)'nin bildirdiği sonuçlar ile benzer, Brada vd. (2011) ve Ilić vd. (2019)'nin sonuçları ile de kısmen benzer olduğu görülmüştür.

Uçucu yağlar, çeşitli enzimatik aktiviteler içeren aromatik bitki türlerinde karmaşık doğal biyokimyasal işleme üretilir. Terpenler ana bileşenler olmasına ve çok daha sık ve bol miktarda bulunmasına rağmen, fenilpropanoidler yağa tat ve koku katan başlıca aktif bileşenlerdir. Uçucu yağların biyosentezi yapraklarda gerçekleşir ve çiçeklenme aşamasına kadar devam eder. Uçucu yağların bileşimi bitkiler olgunlaştıkça değişir. Genç bitkiler çoğunlukla terpen hidrokarbonlar ve daha basit moleküller içerirken üreme organları oksijenli kimyasallar açısından daha zengin uçucu yağlara sahiptir (Butnariu ve Sarac, 2018). Uçucu organik moleküllerin biyosentezinde fenolik bileşikler, yağ asidi türevleri ve izoprenoidler gibi diğer kimyasallar kullanılmaktadır (Caissard vd., 2004; Rehman vd., 2016). Bitkisel uçucu yağların en yaygın bileşenleri, mevalonat (MVA) ve 2-C-metil-D-eritritol-4-fosfat (MEP) yollarıyla sentezlenen, çeşitli bitki bileşenlerinden damıtma veya diğer spesifik tekniklerle ekstrakte edilen izoprenoidlerdir (Berka-Zougali vd., 2012; Waseem ve Low, 2014). Uçucu yağ biyosentezinin universal öncüleri olan izopentenil difosfat (IPP) ve onun izomeri dimetilallil difosfat (DMAPP), ya 2-C-metil-D-eritritol-4-fosfat (MEP) yolu olarak da bilinen plastidik enzimatik 1-deoksi-D-ksilüloz-5-fosfat (DXP) yolu ya da sitozolik enzimatik mevalonik asit (MVA) tarafından üretilir. Sonuç olarak, plastidlerden sitozole ulaşmak için MEP'den türetilmiş ara maddelerin IPP veya DMAPP'den geçmesi gerekir (Xie vd., 2008). MEP'nin terpenoid sentezini kontrol ettiği ve monoterpen üretiminin ilk aşamaları için gerekli enzimlerin, lökoplastların stromasında bulunduğu öne sürülmüştür. Uçucu yağlar oluşturmak için birlikte çalışan bir enzim seti olan terpen sentazlar son terpenoid bileşiklerdir (Aqeel vd., 2023). Uçucu yağların bitki üremesini kolaylaştırdığı ve bitkilerin bağışıklık sistemi olarak düşünüldüğü bilinmektedir (Kennedy ve Wightman, 2011; Dhifi vd., 2016). Bu nedenle bitkinin metabolik yolunu etkileyen herhangi bir faktör, sekonder metabolitlerin sentezini de etkileyecektir.

Uçucu yağlar başta olmak üzere sekonder metabolitlerin kimyasal bileşimi ile ilgili kantitatif ve kalitatif varyasyon, genetik ve epigenetikten (biyotik ve abiyotik faktörler) etkilenir. Bu faktörler bitkilerin biyokimyasal ve fizyolojik dengesini önemli ölçüde değiştirir. Ekotip, kemotip, edafoklimatik faktörler, yetiştiği lokasyon, mevsimsel değişim, radyasyon, yağış, toprak, beslenme, tuzluluk, ağır metallerin toksisitesi, bitkinin yaşam evresi, bitkinin organı, bitkinin yaşı, bitki dokusu, su stresi, kuraklık, sıcaklık, don olayları, çevrede bulunan mikroorganizmalar, atmosfer gazları ve özellikle oksijen bulunabilirliği, allelopati, bitki büyüme düzenleyicileri, biçim zamanı ve biçim sonrası işlemler gibi etkenler sekonder metabolitlerin verim ve kalitesini belirler.

nGO uygulamasının fesleğende uçucu yağ verimi ve bileşenleri üzerine etkisi ile ilgili bir kaynak bulunmamakla birlikte, nanopartiküllerin uçucu yağ bileşimine etkileri konusunda çelişkili bilgiler yer almaktadır. Bir araştırmada nTiO₂ nanopartiküllerinin tıbbi bitkilerde uçucu yağ içeriğini olumlu yönde etkilediği beyan edilmiştir (Ahmad vd., 2018). Silisyum nanopartiküllerinin kişniş yaprağına uygulanması, optimum antioksidan kapasite ve uçucu yağ verimi ile sonuçlanmıştır (Afshari vd., 2021). Fazeli-Nasab vd. (2018)'nin, *Thymus vulgaris*'te yaptıkları çalışmada nanopartiküllerin uçucu yağ ve majör bileşenler (timol ve karvakrol) üzerinde etkisinin bulunmadığını bildirmişlerdir. Bhat vd. (2024), *O. tenuiflorum* bitkisinde nanopartiküllerin kontrol grubuna karşı uçucu yağ oranında ve bazı majör bileşenlerde artışa sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Aghaee vd. (2022), *O. basilicum*'da çinko nanopartikülünün metil kavikol ve linalool oranını kontrol grubuna göre arttırdığını saptamışlardır.

Muhtemelen uçucu yağların verim ve kalitesine yukarıda belirtilen faktörlerin birden fazlası etki etmektedir. Bununla birlikte uçucu yağ bileşenleri yapısal olarak birbiriyle ilişkilidir; bu nedenle oksidasyon, dönüşüm, izomerizasyon ve dehidrojenasyon reaksiyonları ile kolayca başka formlara dönüşürler (Al-Harrasi vd., 2022). Bu kompleks sebeplerden dolayı uçucu yağlarda özellikle kalite durumlarının açıklanması ve yorumlanması oldukça karmaşık ve zordur.

Tablo 4. 50. *O. basilicum*'un 1. yıl 1. biçim uçucu yağ bileşenleri.

No	RT*	RI**	Bileşen	1. Yıl 1. Biçim (2022)										
				Ktrl	A	K	AG ₁	AG ₂	AG ₃	AG ₄	KG ₁	KG ₂	KG ₃	KG ₄
1	9.107	1028	α-Pinen	0.32	0.18	0.31	0.28	tr***				0.37	0.42	0.39
2	11.227	1116	β-Pinen	0.81	0.65	0.69	0.72	0.19	0.24	tr	tr	0.91	0.91	0.74
3	11.564	1126	Sabinen	0.37	0.35	0.35	0.26	tr	tr			0.45	0.35	0.29
4	12.796	1164	Mirsen	0.76	0.62	0.62	0.54	0.3	0.28	0.21	0.24	0.8	0.76	0.63
5	14.185	1205	Limonen	0.33		0.24	0.14	tr	tr	tr		0.19	0.32	0.16
6	14.535	1214	1,8-Sineol	10.66	9.48	9.62	8.31	6.28	5.11	5.7	6.9	10.59	10.29	8.52
7	16.025	1250	γ-Terpinen	tr	tr							tr	tr	
8	16.165	1254	cis-β-Osimen	0.34	0.23	0.28	0.12					0.33	0.31	0.14
9	26.07	1477	Oktıl asetat			tr	tr			tr				
10	28.199	1524	Kamfor	0.13	0.29		0.23	0.33	0.22	0.18	0.2	0.14	0.2	0.16
11	29.313	1549	Linalool	50.51	55.71	49.12	56.71	54.19	52.35	57.92	54.65	48.8	51.22	50.95
12	30.967	1586	Bornil asetat	0.91	0.79	0.78	0.97	1.04	1.14	0.99	0.81	1.07	0.93	0.78
13	31.12	1590	cis-α-Bergamoten	4.21	4.65	4.13	5.32	5.24	8.05	5.13	4.44	4.52	4.6	3.9
14	31.357	1595	β-Elemen	0.74	0.86	0.84	1.52	1.47	2.1	1.6	0.81	0.79	0.99	0.9
15	31.816	1605	L-4-Terpineol		0.2		0.12	tr	0.44	tr	0.26	0.11	0.17	
16	34.766	1674	δ-Terpineol	tr	tr	0.11		0.11		0.11	tr			tr
17	34.854	1676	α-Humulen	0.4	0.34	0.45	0.25	0.3	0.99	0.52	0.22		0.39	0.1
18	34.914	1677	γ-Muurolen	tr	0.34	0.1		0.25						
19	35.405	1689	γ-Gurjunen	tr	0.14	0.14	0.16	0.16	0.47	0.18	0.23	0.17	0.11	tr
20	35.857	1699	α-Terpineol	1.35	1.21	1.24	1.09	1.31	0.93	1.28	1.45	1.28	1.33	1.12
21	36.191	1706	Borneol	0.24	0.31	0.56	0.1	0.49	0.26	0.33	0.19		0.37	0.18
22	36.59	1715	Germakren D	0.95	1.24	1.12	1.81	1.67	2.51	1.93	1.14	1.12	1.25	1.08
23	36.84	1720	α-Bulnesen	0.39	0.48	0.46	0.91	0.87	1.35	0.92	0.52		0.43	0.54
24	37.723	1739	Bisiklogermakren	tr				tr	0.18	tr	0.13	0.14	0.1	
25	38.921	1764	γ-Kadinen	1.55	1.64	1.62	1.89	1.9	2.67	1.76	1.72	1.65	1.55	1.39
26	39.299	1772	δ-Kadinen	0.11	tr				0.27					
27	51.105	2000	Karyofilen oksit						0.15	0.25				
28	51.661	2014	Metilöjenol							tr				
29	53.512	2063	Epikubenol	0.61	0.73	0.7	0.58	0.89	1.08	0.79	0.76	0.7	0.7	0.7
30	55.763	2127	Spatulenol	0.58	0.55	0.49	0.55	0.66	0.67	0.57	0.42	0.55	0.47	0.49
31	57.303	2175	Öjenol	22.89	18.21	25.33	16.62	21.13	17.46	18.44	24.04	24.54	21.14	26.24
32	59.081	2237	α-Kadinol	0.31	0.43	0.3	0.33	0.51	0.6	0.43	0.4	0.39	0.38	0.29
Tanımlanan Bileşen Sayısı				23	24	24	24	21	23	20	20	22	25	22
Bileşen Grupları (%)														
Monoterpen hidrokarbon (7)				2.93	2.03	2.49	2.06	0.49	0.52	0.21	0.24	3.05	3.07	2.35
Oksijenli monoterpen (9)				85.78	85.41	85.98	83.18	83.84	76.77	83.96	87.69	85.46	84.72	87.17
Seskitерpen hidrokarbon (10)				8.35	9.69	8.86	11.86	11.86	18.59	12.04	9.21	8.39	9.42	7.91
Oksijenli seskitерpen (4)				1.5	1.71	1.49	1.46	2.06	2.5	2.04	1.58	1.64	1.55	1.48
Ester (2)				0.91	0.79	0.78	0.97	1.04	1.14	0.99	0.81	1.07	0.93	0.78
Toplam (%)				99.47	99.63	99.6	99.53	99.29	99.52	99.24	99.53	99.61	99.69	99.69

*Retention Time (Alikonma Zamanı); **Retention Index: n-alkanlara (C₇-C₃₀) karşı hesaplanan alikonma indisi; ***trace (tr<0.1)

Tablo 4. 51. *O. basilicum*'un 1. yıl 2. biçim uçucu yağ bileşenleri.

No	RT*	RI**	Bileşen	1. Yıl 2. Biçim (2022)										
				Ktrl	A	K	AG ₁	AG ₂	AG ₃	AG ₄	KG ₁	KG ₂	KG ₃	KG ₄
1	9.107	1028	α -Pinen	0.35	0.49		0.32	0.37	0.31	0.14	0.35	0.24	0.28	0.13
2	11.227	1116	β -Pinen	0.87	0.95	0.24	0.72	0.73	0.71	tr***	0.81	0.39	0.65	0.29
3	11.564	1126	Sabinen	0.38	0.41		0.31	0.32	0.29		0.34	0.4	0.31	tr
4	12.796	1164	Mirsen	0.82	0.91	0.3	0.69	0.57	0.69	0.29	0.83	0.62	0.64	0.42
5	14.185	1205	Limonen	0.25	0.31		0.3	0.42	0.26		0.16	0.18	0.15	0.13
6	14.535	1214	1,8-Sineol	9.56	9.63	7.05	7.98	8.43	8.3	5.77	8.61	8.95	8.1	6.79
7	16.025	1250	γ -Terpinen		0.1									
8	16.165	1254	cis- β -Osimen	0.33	0.39	0.14	0.21	0.32	0.12		0.34	0.14	0.31	0.18
9	24.876	1450	1-Okten-3-ol		tr		tr							tr
10	26.07	1477	Oktil asetat		tr	tr		tr						
11	28.199	1524	Kamfor	0.22	0.13	tr	0.26	0.11		tr	0.12	tr	tr	tr
12	29.313	1549	Linalool	52.83	53.03	55.54	52.21	53.38	49.62	55.56	54.54	53.37	51.31	52.33
13	30.967	1586	Bornil asetat	1.02	1	1.23	0.84	0.99	0.93	0.77	0.92	1.12	0.91	0.95
14	31.12	1590	cis- α -Bergamoten	3.85	4.62	4.9	3.67	4.7	4.29	3.52	3.98	4.57	4.33	4.69
15	31.357	1595	β -Elemen	0.54	0.78	0.85	0.79	0.69	0.96	0.91	0.78	0.71	0.99	0.98
16	31.465	1597	Longifolen	tr				0.14			tr	tr		
17	31.816	1605	L-4-Terpineol	0.23	0.12			tr		tr	0.19		0.21	
18	34.556	1669	trans- β -Farnesen						tr	tr				tr
19	34.766	1674	δ -Terpineol	0.33		0.19		tr	tr	tr		0.12		tr
20	34.854	1676	α -Humulen	0.28	0.19	0.24						0.19	0.18	0.2
21	34.914	1677	γ -Muurolen		0.16			0.4	0.28	0.19		0.14	0.15	
22	35.405	1689	γ -Gurjunen	tr		tr	tr	tr	tr		0.14	tr	0.1	
23	35.857	1699	α -Terpineol	1.24	1.07	1.3	1.2	1.12	1.14	1.11	1.15	1.4	1.16	1.21
24	36.191	1706	Borneol	0.25	0.13	0.19	0.11	0.17	0.27	tr	0.11		0.11	0.17
25	36.59	1715	Germakren D	1.01	1.23	1.29	1.12	1.27	1.28	1.24	1.05	0.9	1.22	1.39
26	36.84	1720	α -Bulnesen	0.35	0.57	0.53	0.33	0.6	0.66	0.5	0.3	0.24	0.52	0.62
27	37.723	1739	Bisiklogermakren		tr		tr	tr		tr		tr	0.1	0.1
28	38.921	1764	γ -Kadinen	1.41	1.68	1.89	1.54	1.82	1.85	1.69	1.6	1.68	1.62	1.95
29	39.299	1772	δ -Kadinen	tr										
30	51.105	2000	Karyofilen oksit				0.1						tr	
31	51.661	2014	Metilöjenol		0.23	tr	tr		0.1	0.18			0.39	0.11
32	53.512	2063	Epikubenol	0.53	0.76	0.84	0.64	0.75	0.76	0.69	0.55	0.64	0.56	0.87
33	55.763	2127	Spatulenol	0.49	0.46	0.67	0.35	0.34	0.3	0.51	0.31	0.42	0.29	0.59
34	57.303	2175	Öjenol	22.17	19.89	21.33	25.26	21.24	25.82	25.81	22.28	22.57	24.54	24.71
35	59.081	2237	α -Kadinol	0.17	0.14	0.29	0.21	0.22	0.34	tr		0.13	0.22	0.29
Tanımlanan Bileşen Sayısı				24	26	19	22	23	22	16	22	22	26	22
Bileşen Grupları (%)														
Monoterpen hidrokarbon (7)				3	3.56	0.68	2.55	2.73	2.38	0.43	2.83	1.97	2.34	1.15
Oksijenli monoterpen (9)				86.83	84.23	85.6	87.02	84.45	85.25	88.43	87	86.41	85.82	85.32
Seskitерpen hidrokarbon (12)				7.44	9.23	9.7	7.45	9.62	9.32	8.05	7.85	8.43	9.21	9.93
Oksijenli seskitерpen (4)				1.19	1.36	1.8	1.3	1.31	1.4	1.2	0.86	1.19	1.07	1.75
Ester (2)				1.02	1	1.23	0.84	0.99	0.93	0.77	0.92	1.12	0.91	0.95
Alkol (1)					tr		tr						tr	
Toplam (%)				99.48	99.38	99.01	99.16	99.1	99.28	98.88	99.46	99.12	99.35	99.1

*Retention Time (Alıkonma Zamanı); **Retention Index: n-alkanlara (C₇-C₃₀) karşı hesaplanan alıkonma indisi; ***trace (tr<0.1)

Tablo 4. 52. *O. basilicum*'un 2. yıl 1. biçim uçucu yağ bileşenleri.

No	RT*	RI**	Bileşen	2. Yıl 1. Biçim (2023)										
				Ktrl	A	K	AG ₁	AG ₂	AG ₃	AG ₄	KG ₁	KG ₂	KG ₃	KG ₄
1	9.107	1028	α -Pinen	0.22	0.27		0.3	tr	0.19	0.29	0.18	0.19	0.22	tr***
2	11.227	1116	β -Pinen	0.71	0.68	0.4	0.36	0.4	0.46	0.68	0.59	0.6	0.58	0.3
3	11.564	1126	Sabinen	0.33	0.34	0.14	0.25	0.18	0.21	0.34	0.26	0.32	0.11	tr
4	12.796	1164	Mirsen	0.46	0.69	0.5	0.47	0.42	0.48	0.68	0.64	0.6	0.57	0.51
5	14.185	1205	Limonen	0.41	0.34	tr	0.1		tr	0.2	tr	0.23	0.22	tr
6	14.535	1214	1,8-Sineol	8.72	8.23	7.37	6.88	7.16	7.41	8.32	8.85	8.78	8.17	6.82
7	16.025	1250	γ -Terpinen	tr						tr	tr			tr
8	16.165	1254	cis- β -Osimen	0.63	0.7	0.45	0.59	0.54	0.6	0.66	0.7	0.79	0.66	0.57
9	28.199	1524	Kamfor		0.11			0.13	0.2	0.59	tr	0.18	0.17	0.31
10	29.313	1549	Linalool	51.88	55.05	53.53	54.49	52.67	55.48	54.03	53.74	53.5	54.65	53.19
11	30.967	1586	Bornil asetat	1.07	1.11	1.55	1.26	1.44	1.14	1.25	1.29	1.26	1.27	1.35
12	31.12	1590	cis- α -Bergamoten	4.22	4.04	4.07	4.37	4.42	3.92	4.4	3.64	3.37	4.37	4.3
13	31.357	1595	β -Elemen	1.05	1.4	1.22	1.46	1.51	1.41	1.37	1.04	1.04	1.4	1.45
14	31.816	1605	L-4-Terpineol	0.11		tr	0.12	tr		0.12	tr		tr	0.1
15	34.766	1674	δ -Terpineol						tr					
16	34.854	1676	α -Humulen	0.25	0.43	0.26	0.24	0.78	0.55	0.31	0	0.28	0.37	0.27
17	34.914	1677	γ -Muurolen	0.3			0.3			0.22	0.21		0.4	0.19
18	35.405	1689	γ -Gurjunen							tr	tr		0.15	
19	35.857	1699	α -Terpineol	1.49	1.19	1.37	1.37	1.31	1.19	1.26	1.36	1.58	1.21	1.41
20	36.191	1706	Borneol			0.36	0.2	0.44	0.13	0.1	0.2	tr	0.52	0.35
21	36.59	1715	Germakren D	1.64	1.9	1.86	1.83	1.98	2.04	1.95	1.46	1.53	1.57	1.96
22	36.84	1720	α -Bulnesen	0.49	0.84	0.58	0.73	0.8	0.73	0.77	0.51	0.62	0.71	0.77
23	37.723	1739	Bisiklogermakren	0.33	0.22	0.11	tr	tr	0.18	0.11	tr	tr	0.25	0.56
24	38.921	1764	γ -Kadinen	1.42	1.52	1.55	1.58	1.71	1.62	1.58	1.41	1.48	1.61	1.64
25	39.299	1772	δ -Kadinen					tr					tr	
26	51.105	2000	Karyofilen oksit		0.14	0.1	0.2	0.15	0.38	0.32		0.18	0.14	0.23
27	51.661	2014	Metilöjenol	0.13				tr						
28	53.512	2063	Epikubenol	0.51	0.59	0.73	0.66	0.71	0.78	0.74	0.63	0.48	0.72	0.73
29	55.763	2127	Spatulenol	tr					tr					
30	57.303	2175	Öjenol	23.02	19.51	23.03	21.36	22.16	19.95	19.11	22.08	22.13	19.25	21.97
31	59.081	2237	α -Kadinol	0.12	0.16		0.28	0.19	0.28		tr	tr	0.1	0.14
Tanımlanan Bileşen Sayısı				23	22	19	23	20	22	24	19	20	25	22
Bileşen Grupları (%)														
Monoterpen hidrokarbon (7)				2.76	3.02	1.49	2.07	1.54	1.94	2.85	2.37	2.73	2.36	1.38
Oksijenli monoterpen (9)				85.35	84.09	85.66	84.42	83.87	84.36	83.53	86.23	86.17	83.97	84.15
Seskitерpen hidrokarbon (10)				9.7	10.35	9.65	10.51	11.2	10.45	10.71	8.27	8.32	10.83	11.14
Oksijenli seskitерpen (4)				0.63	0.89	0.83	1.14	1.05	1.44	1.06	0.63	0.66	0.96	1.1
Ester (1)				1.07	1.11	1.55	1.26	1.44	1.14	1.25	1.29	1.26	1.27	1.35
Toplam (%)				99.51	99.46	99.18	99.4	99.1	99.33	99.4	98.79	99.14	99.39	99.12

*Retention Time (Alıkonma Zamanı); **Retention Index: n-alkanlara (C₇-C₃₀) karşı hesaplanan alıkonma indisi; ***trace (tr<0.1)

Tablo 4. 53. *O. basilicum*'un 2. yıl 2. biçim uçucu yağ bileşenleri.

No	RT*	RI**	Bileşen	2. Yıl 2. Biçim (2023)										
				Ktrl	A	K	AG ₁	AG ₂	AG ₃	AG ₄	KG ₁	KG ₂	KG ₃	KG ₄
1	9.107	1028	α-Pinen	0.34	0.24	0.42	0.3	0.24	0.13	0.27	0.11	0.11	0.17	0.17
2	11.227	1116	β-Pinen	0.82	0.76	0.5	0.83	0.65	0.6	0.66	0.38	0.39	0.61	0.62
3	11.564	1126	Sabinen	0.33	0.43	0.27	0.33	0.27	0.29	0.42	0.17	0.12	0.21	0.24
4	12.796	1164	Mirsen	0.81	0.9	0.81	0.9	0.81	0.72	0.92	0.53	0.65	0.78	0.79
5	14.185	1205	Limonen	0.32	0.2	tr***	0.23		tr	0.21		0.11	0.16	tr
6	14.535	1214	1,8-Sineol	9.27	8.64	7.9	9.8	8.95	8.96	8.71	7.42	7.23	9.68	8.89
7	16.025	1250	γ-Terpinen		0.12		tr						0.1	
8	16.165	1254	cis-β-Osimen	0.69	0.94	0.9	0.93	0.74	0.84	0.93	0.67	0.78	0.82	1.01
9	28.199	1524	Kamfor		0.1	0.1	tr	0.21	0.11				tr	
10	29.313	1549	Linalool	53.71	50.85	51.4	53.55	51.83	52.35	51.99	50.58	53.48	56.93	54.02
11	30.967	1586	Bornil asetat	1.14	1.08	1.22	0.92	1.1	1	1.03	1.24	1.52	1.15	1.13
12	31.12	1590	cis-α-Bergamoten	4.53	5.2	4.99	4.67	4.52	4.69	5.26	5.77	6.26	4.37	5.87
13	31.357	1595	β-Elemen	0.67	0.85	0.84	0.74	0.79	0.8	0.68	0.8	0.63	0.4	1.02
14	31.465	1597	Longifolen	0.1										0.1
15	31.816	1605	L-4-Terpineol	tr	0.12	0.13	0.23	tr		tr	tr			
16	34.556	1669	trans-β-Farnesen			tr	tr	0.12	tr		0.19	tr		tr
17	34.766	1674	δ-Terpineol			tr	tr				tr			
18	34.854	1676	α-Humulen	0.23	0.55	0.29	0.3		0.19					0.24
19	34.914	1677	γ-Muurolen	0.17				0.19	0.15		0.37	0.36		
20	35.405	1689	γ-Gurjunen			0.12	0.16	tr	tr	0.15	0.14	0.16		0.14
21	35.857	1699	α-Terpineol	1.44	1.31	1.33	1.43	1.34	1.42	1.39	1.48	1.35	1.38	1.2
22	36.191	1706	Borneol		tr	0.2	tr	0.1		tr				
23	36.59	1715	Germakren D	1.28	1.59	1.53	1.25	1.52	1.3	1.26	1.68	1.82	1.3	1.75
24	36.84	1720	α-Bulnesen	0.16	0.53	0.39	0.11	0.55	0.4	0.36	0.5	0.58	0.51	0.69
25	37.723	1739	Bisiklogermakren		0.19	0.24	0.41	0.23	0.31	0.15	0.68	0.47	0.29	0.51
26	38.921	1764	γ-Kadinen	1.38	1.63	1.67	1.6	1.74	1.52	1.7	1.93	1.95	1.41	1.96
27	39.299	1772	δ-Kadinen											tr
28	51.661	2014	Metilöjenol		0.19	0.43	0	0.41	0.13	0.34	0.22	0.23	tr	0.38
29	53.512	2063	Epikubenol	0.48	0.49	0.74	0.58	0.65	0.59	0.57	0.79	0.76	0.46	0.5
30	55.763	2127	Spatulenol			0.16								0.1
31	57.303	2175	Öjenol	21.4	22.11	22.34	19.53	22.19	22.47	22.45	23.58	20.31	18.69	17.92
32	59.081	2237	α-Kadinol	0.13	0.17	0.24	0.38	0.14	0.16		0.13	0.19	0.12	
Tanımlanan Bileşen Sayısı				21	24	25	23	23	22	20	22	22	20	22
Bileşen Grupları (%)														
Monoterpen hidrokarbon (7)				3.31	3.59	2.9	3.52	2.71	2.58	3.41	1.86	2.16	2.85	2.83
Oksijenli monoterpen (9)				85.82	83.32	83.83	84.54	85.03	85.44	84.88	83.28	82.6	86.68	82.41
Seskitерpen hidrokarbon (12)				8.52	10.54	10.07	9.24	9.66	9.36	9.56	12.06	12.23	8.28	12.28
Oksijenli seskitерpen (3)				0.61	0.66	1.14	0.96	0.79	0.75	0.57	0.92	0.95	0.58	0.6
Ester (1)				1.14	1.08	1.22	0.92	1.1	1	1.03	1.24	1.52	1.15	1.13
Toplam (%)				99.4	99.19	99.16	99.18	99.29	99.13	99.45	99.36	99.46	99.54	99.25

*Retention Time (Alikonma Zamanı); **Retention Index: n-alkanlara (C₇-C₃₀) karşı hesaplanan alikonma indisi; ***trace (tr<0.1)

4.3.2.1 Mirsen

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen mirsen değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.54'te verilmiştir. Tablo 4.54'te görüldüğü gibi, mirsen değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ($p \leq 0.05$), biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 54. *O. basilicum*'un uçucu yağında mirsen değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.000	0.0061
Uygulama	10	0.089	2.5887*
Hata 1	20	0.034	-
Biçim (B)	3	0.457	15.7614**
Uyg. $\times$ B	30	0.086	2.9766**
Hata 2	66	0.029	-
D.K. (%)	-	-	27.59

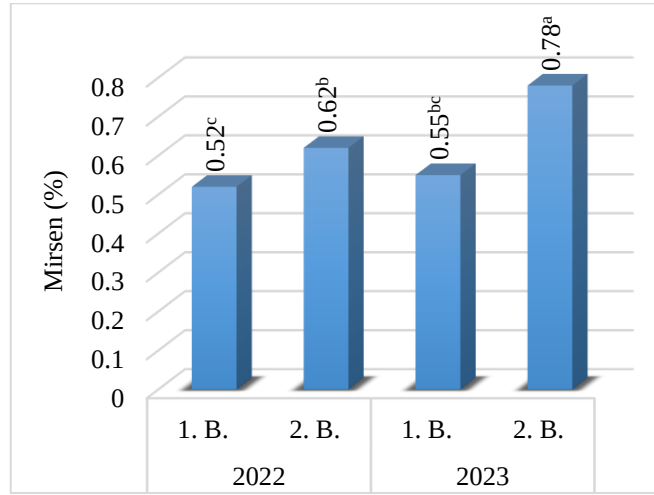
*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Tablo 4. 55. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen mirsen değerleri (%).

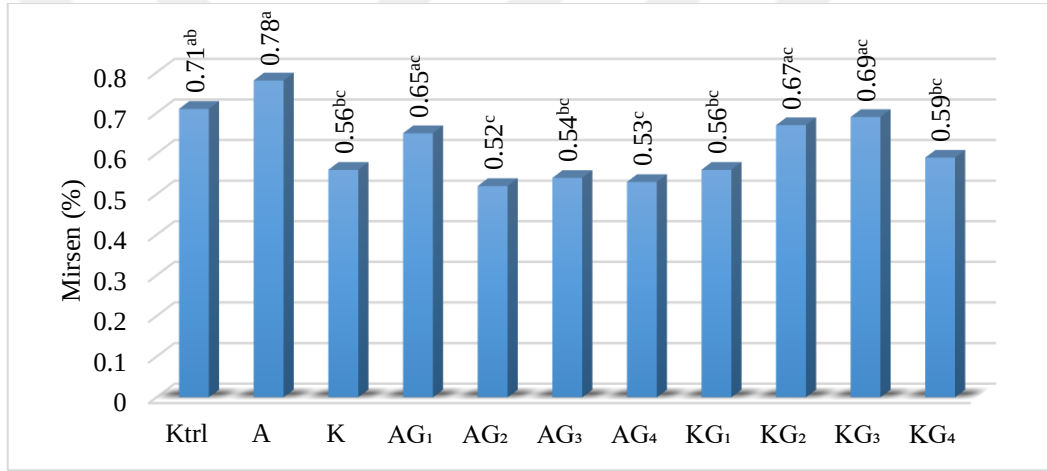
Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	0.76 ^{ag}	0.82 ^{ad}	0.46 ^{fl}	0.81 ^{ae}	0.71 ^{ab}
A	0.62 ^{ai}	0.91 ^{ab}	0.69 ^{ag}	0.90 ^{ab}	0.78 ^a
K	0.62 ^{ai}	0.30 ^{hl}	0.50 ^{cl}	0.81 ^{ae}	0.56 ^{bc}
AG ₁	0.54 ^{cl}	0.69 ^{ag}	0.47 ^{el}	0.90 ^{ab}	0.65 ^{ac}
AG ₂	0.30 ^{hl}	0.57 ^{bk}	0.42 ^{gl}	0.81 ^{ae}	0.52 ^c
AG ₃	0.28 ^{jl}	0.69 ^{ag}	0.48 ^{dl}	0.72 ^{ag}	0.54 ^{bc}
AG ₄	0.21 ^l	0.29 ^{il}	0.68 ^{ag}	0.92 ^a	0.53 ^c
KG ₁	0.24 ^{kl}	0.83 ^{ac}	0.64 ^{ah}	0.53 ^{cl}	0.56 ^{bc}
KG ₂	0.80 ^{af}	0.62 ^{aj}	0.60 ^{aj}	0.65 ^{ag}	0.67 ^{ac}
KG ₃	0.76 ^{ag}	0.64 ^{ah}	0.57 ^{bk}	0.78 ^{af}	0.69 ^{ac}
KG ₄	0.63 ^{ai}	0.42 ^{gl}	0.51 ^{cl}	0.79 ^{af}	0.59 ^{bc}
EKGF ¹	0.2776		0.55 ^{bc}		0.157
Ort.	0.52 ^c	0.62 ^b	0.55 ^{bc}	0.78 ^a	-
EKGF	0.0837		0.0837		-

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen mirsen değerleri Tablo 4.55'te verilmiştir. Tablo 4.55 ve Şekil 4.35'e göre, denemenin 2. yılının 2. biçimi en yüksek (%0.78) ve 1. yılının 1. biçimi en düşük (%0.52) mirsen oranına sahip olmuştur. Her iki deneme yılında da mirsen oranı 2. biçimlerde daha yüksek bulunmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük mirsen oranı sırasıyla A (%0.78) ve AG₂ (%0.52) uygulamalarında kaydedilmiştir (Şekil 4.36). *O. basilicum* L. var. *dino*'da mirsen oranı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek mirsen oranı (%0.92) 2. yılın 2. biçiminin AG₄ uygulamasında kaydedilmiştir. En düşük mirsen oranı ise (%0.21) 1. yılın 1. biçiminin AG₄ uygulamasında saptanmıştır (bkz. Tablo 4.55).



Şekil 4. 35. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen mirsen değerleri (%).



Şekil 4. 36. *O. basilicum*'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen mirsen değerleri (%).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, mirsen değerlerimizin, Nurzyńska-Wierdak vd. (2013) (%0.3-0.8), Do vd. (2022) (%0.28-0.73) ve Beatović vd. (2015)'nin (%0.1-1.4) bildirdiği değerlere benzer olduğu görülmektedir.

Denememizde en yüksek mirsen oranı ahır gübresi uygulamasında saptanmış ve bunu sırasıyla, kontrol grubu ve kimyasal gübre uygulaması izlemiştir. Do vd. (2022), en yüksek mirsen miktarının (%0.73) kontrol grubunda saptandığını, artan miktarlarda NPK gübrelemesi ile mirsen oranının düştüğünü bildirmişlerdir. Denememizin sonucunda elde edilen uçucu yağdaki mirsen değerleri önceki çalışmalar ile paralellik göstermektedir.

4.3.2.2 1,8-Sineol

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen 1,8-sineol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.56'da verilmiştir. Tablo 4.56'da görüldüğü gibi, 1,8-sineol değerleri yönünden biçim ($p \leq 0.05$), gübre ile nGO uygulamaları ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 56. *O. basilicum*'un uçucu yağında 1,8-sineol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.994	1.3008
Uygulama	10	7.113	9.3112**
Hata 1	20	0.764	-
Biçim (B)	3	3.765	3.9203*
Uyg. $\times$ B	30	4.419	4.6016**
Hata 2	66	0.960	-
D.K. (%)	-	-	11.89

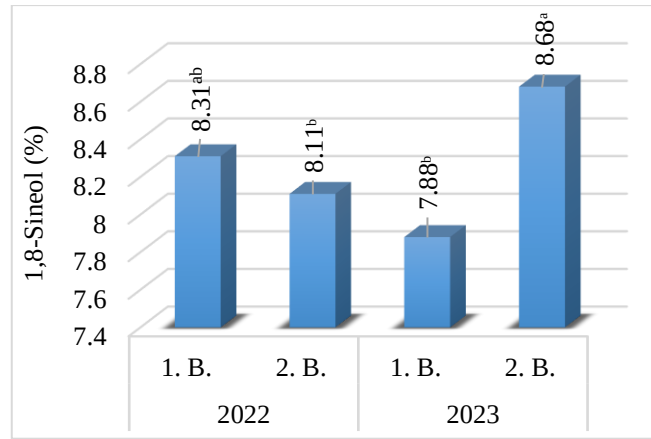
*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Tablo 4. 57. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen 1,8-sineol değerleri (%).

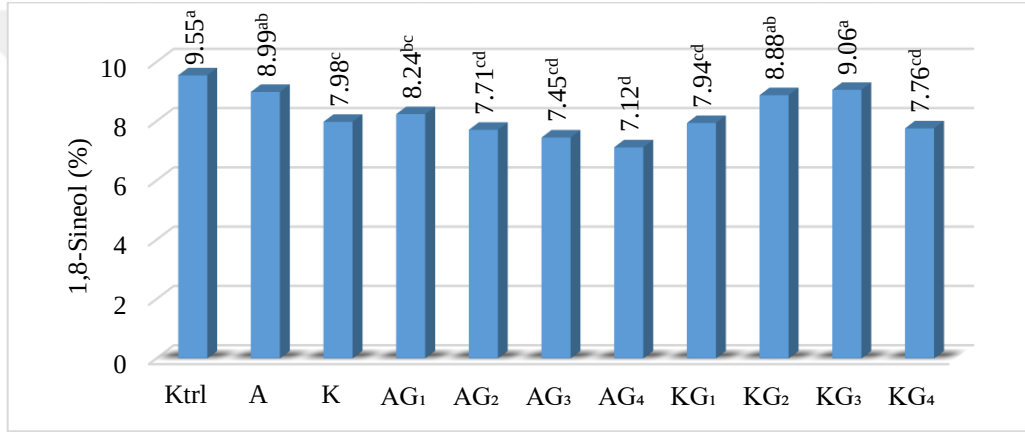
Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	10.66 ^a	9.56 ^{ad}	8.72 ^{ai}	9.27 ^{ae}	9.55 ^a
A	9.48 ^{ad}	9.63 ^{ad}	8.23 ^{di}	8.64 ^{bi}	9.00 ^{ab}
K	9.62 ^{ad}	7.05 ^{fk}	7.37 ^{ek}	7.90 ^{dj}	7.98 ^c
AG ₁	8.31 ^{di}	7.98 ^{dj}	6.88 ^{gl}	9.80 ^{ad}	8.24 ^{bc}
AG ₂	6.28 ^{li}	8.43 ^{ci}	7.16 ^{fk}	8.95 ^{af}	7.71 ^{cd}
AG ₃	5.11 ^{li}	8.30 ^{di}	7.41 ^{ek}	8.96 ^{af}	7.45 ^{cd}
AG ₄	5.70 ^{hl}	5.77 ^{kl}	8.32 ^{di}	8.71 ^{ai}	7.12 ^d
KG ₁	6.90 ^{gl}	8.61 ^{ci}	8.85 ^{ag}	7.42 ^{ek}	7.94 ^{cd}
KG ₂	10.59 ^{ab}	8.95 ^{af}	8.78 ^{ah}	7.23 ^{fk}	8.88 ^{ab}
KG ₃	10.29 ^{ac}	8.10 ^{dj}	8.17 ^{dj}	9.68 ^{ad}	9.06 ^a
KG ₄	8.52 ^{ci}	6.79 ^{li}	6.82 ^{hl}	8.89 ^{af}	7.76 ^{cd}
EKGF ¹	1.597				0.7444
Ort.	8.31 ^{ab}	8.11 ^b	7.88 ^b	8.68 ^a	-
EKGF	0.4816				-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen 1,8-sineol değerleri Tablo 4.57'de verilmiştir. Tablo 4.57 ve Şekil 4.37'ye göre, denemenin 2. yılının 2. biçimi en yüksek (%8.68) ve 2. yılının 1. biçimi en düşük (%7.88) 1,8-sineol oranına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük 1,8-sineol oranı sırasıyla kontrol grubunda (%9.55) ve AG₄ uygulamasında (%7.12) kaydedilmiştir (Şekil 4.38). *O. basilicum* L. var. *dino*'da 1,8-sineol oranı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek 1,8-sineol oranı (%10.66) 1. yılın 1. biçiminin kontrol grubunda kaydedilmiştir. En düşük 1,8-sineol oranı ise (%5.11) 1. yılın 1. biçiminin AG₃ uygulamasında saptanmıştır (bkz. Tablo 4.57).



Şekil 4. 37. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen 1,8-sineol değerleri (%).



Şekil 4. 38. *O. basilicum*'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen 1,8-sineol değerleri (%).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, 1,8-sineol değerlerimizin, Ilić vd. (2019) (%2.12-6.20) ve Nurzyńska-Wierdak vd. (2013)'nin (%2.4-5.6) bildirdiği değerlerden yüksek olduğu, Klimánková vd. (2008) (%3.1-20.2) ve Beatović vd. (2015)'nin (%0.1-14.3) değerleri ile de benzer olduğu görülmektedir.

Denememizde en yüksek 1,8-sineol oranı kontrol grubunda ve kimyasal gübre uygulamasında saptanmıştır. Nurzyńska-Wierdak vd. (2013), artan potasyum oranı ile uçucu yağdaki 1,8-sineol oranının da arttığını tespit etmişlerdir. Zheljazkov vd. (2008b), kükürt miktarının artışının *O. basilicum* uçucu yağını ve 1,8-sineol oranını arttırdığını ve 1,8-sineol miktarına lokasyonun ve N uygulamasının önemli derecede etki ettiğini, ayrıca 1,8-sineol ile linalool konsantrasyonları arasında pozitif korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Bu bilgiler

göz önüne alındığında denememizde yüksek bulunan 1,8-sineol değerlerinin lokasyona ve N gübrelemesine bağlı olarak artmış olabileceğini söylemek mümkündür.

4.3.2.3 Linalool

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen linalool değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.58’de verilmiştir. Tablo 4.58’de görüldüğü gibi, linalool değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 58. *O. basilicum*’un uçucu yağında linalool değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.732	0.1444
Uygulama	10	9.077	1.7916
Hata 1	20	5.066	-
Biçim (B)	3	7.263	1.9443
Uyg. × B	30	14.091	3.7721**
Hata 2	66	3.736	-
D.K. (%)	-	3.64	-

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Tablo 4. 59. *O. basilicum*’un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen linalool değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	50.51 ^{hk}	52.83 ^{ci}	51.88 ^{dk}	53.71 ^{bh}	52.23
A	55.72 ^{ad}	53.03 ^{ci}	55.05 ^{ae}	50.85 ^{fk}	53.66
K	49.12 ^{jk}	55.54 ^{ad}	53.53 ^{bh}	51.40 ^{ek}	52.4
AG ₁	56.71 ^{ac}	52.21 ^{dk}	54.49 ^{ag}	53.55 ^{bh}	54.24
AG ₂	54.19 ^{ah}	53.38 ^{bi}	52.67 ^{dj}	51.83 ^{dk}	53.02
AG ₃	52.35 ^{dk}	49.62 ^{ik}	55.48 ^{ad}	52.35 ^{dk}	52.45
AG ₄	57.92 ^a	55.56 ^{ad}	54.03 ^{bh}	51.99 ^{dk}	54.88
KG ₁	54.65 ^{af}	54.54 ^{af}	53.74 ^{bh}	50.58 ^{ek}	53.38
KG ₂	48.80 ^k	53.37 ^{bi}	53.50 ^{bi}	53.48 ^{bi}	52.29
KG ₃	51.22 ^{ek}	51.31 ^{ek}	54.65 ^{af}	56.93 ^{ab}	53.53
KG ₄	50.95 ^{fk}	52.33 ^{dk}	53.19 ^{bi}	54.02 ^{bh}	52.62
EKGF ¹	3.151				-
Ort.	52.92	53.07	53.84	52.79	-
EKGF	-				-

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen linalool değerleri Tablo 4.59’da verilmiştir. *O. basilicum* L. var. *dino*’da linalool oranı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek linalool oranı (%57.92) 1. yılın 1. biçiminin AG₄ uygulamasında kaydedilmiştir. En düşük linalool oranı ise (%48.80) 1. yılın 1. biçiminin KG₂ uygulamasında saptanmıştır (Tablo 4.59).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, linalool değerlerimizin, Nurzyńska-Wierdak vd. (2013) [%57.2-74 (majör)], Keita

vd. (2000) (%69), Carvalho Filho vd. (2006) (%45.2-86.8) ve Beatović vd. (2015)'nin (%0.2-58.6) bildirdiği değerler ile benzer olduğu görülmektedir.

Denememizde linalool oranının istatistiksel olarak ayrı ayrı biçim ve uygulamalardan etkilenmediği görülmüştür. Nurzyńska-Wierdak vd. (2013) ise, linalool konsantrasyonunun orta derecede nitrojen gübrelemesiyle arttığını, fakat daha yüksek oranlardaki nitrojen uygulamasıyla azaldığını ve potasyum oranındaki artışın linalool oranını azalttığını bildirmişlerdir. Daneshian vd. (2009), artan nitrojen oranının etkisiyle ilk biçimden elde edilen linalool konsantrasyonunda azalma tespit etmişler ve 2. biçimde nitrojen oranının artmasıyla linalool içeriğinin de artmasına yönelik eğilim olduğunu belirtmişlerdir.

Monoterpenler, seskiterpenler ve fenilpropanoidler fesleğen uçucu yağının büyük kısmını oluşturur. Terpenoidlerin önemli bir kısmı uçucu monoterpen olan linaloolden oluşur. Linalool, zararlılara karşı koruyucu etkilerinden dolayı, bitkinin çeşitli çevresel streslere karşı tolerans mekanizmasında çok önemlidir (Gosztola vd., 2010). Bu bileşenin miktarı fesleğenin farklı tiplerinde hava koşullarından ve gelişim aşamasından etkilenerek büyük biyokimyasal ve genetik çeşitliliğe yol açmaktadır (Kim vd., 2015). Beatović vd. (2015) ise, linalool oranının türlere göre farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Denememiz sonucunda elde edilen uçucu yağdaki linalool değerleri önceki çalışmalar ile kıyaslandığında; linalool kemotipine ait bitkilerden elde edilen sonuçlar ile benzer olduğu görülmektedir.

4.3.2.4 Bornil Asetat

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen bornil asetat değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.60'ta verilmiştir. Tablo 4.60'ta görüldüğü gibi, bornil asetat değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 60. *O. basilicum*'un uçucu yağında bornil asetat değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.003	0.1457
Uygulama	10	0.100	4.9374**
Hata 1	20	0.020	-
Biçim (B)	3	0.879	22.0747**
Uyg. × B	30	0.050	1.2589
Hata 2	66	0.040	-
D.K. (%)	-	-	18.39

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

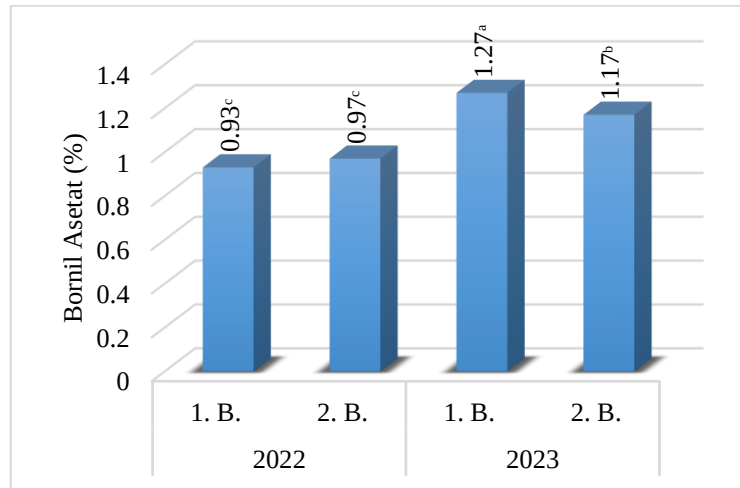
Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen bornil asetat değerleri Tablo 4.61’de verilmiştir. Tablo 4.61 ve Şekil 4.39’a göre, denemenin 2. yılının 1. biçimi en yüksek (%1.27) ve 1. yılının 1. biçimi en düşük (%0.93) bornil asetat oranına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük bornil asetat oranı sırasıyla KG₂ (%1.24) ve A ile AG₁ (%0.99) uygulamalarında kaydedilmiştir (Şekil 4.40).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, bornil asetat değerlerimizin, Benedec vd. (2009) (%0.11-0.76), Cheliku vd. (2015) (%0.10-1.58), Jirovetz vd. (2001) (%1.1) ve Beatović vd. (2015)’nin (%0.1-1.5) bildirdiği değerlerle benzer olduğu görülmektedir.

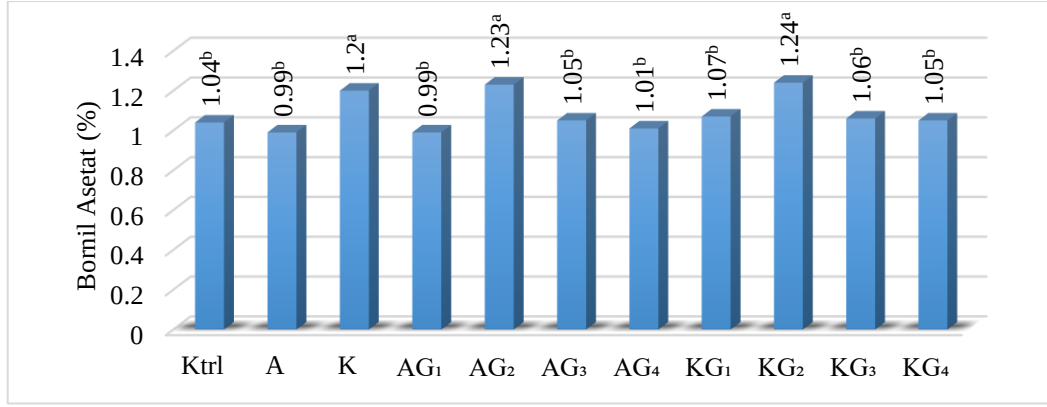
Tablo 4. 61. *O. basilicum*’un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen bornil asetat değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	0.91	1.02	1.07	1.14	1.04 ^b
A	0.79	1	1.11	1.08	0.99 ^b
K	0.78	1.23	1.55	1.22	1.20 ^a
AG ₁	0.97	0.84	1.27	0.92	0.99 ^b
AG ₂	1.04	0.99	1.44	1.44	1.23 ^a
AG ₃	1.14	0.93	1.14	1	1.05 ^b
AG ₄	0.99	0.77	1.25	1.03	1.01 ^b
KG ₁	0.81	0.92	1.3	1.24	1.07 ^b
KG ₂	1.07	1.12	1.26	1.52	1.24 ^a
KG ₃	0.93	0.91	1.27	1.15	1.06 ^b
KG ₄	0.78	0.95	1.35	1.13	1.05 ^b
EKGF ¹			3.151		0.1204
Ort.	0.93 ^c	0.97 ^c	1.27 ^a	1.17 ^b	-
EKGF			0.0983		-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 39. *O. basilicum*’un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen bornil asetat değerleri (%).



Şekil 4. 40. *O. basilicum*'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen bornil asetat değerleri (%).

4.3.2.5 *cis-α*-Bergamoten

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen *cis-α*-bergamoten değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.62'de verilmiştir. Tablo 4.62'de görüldüğü gibi, *cis-α*-bergamoten değerleri yönünden biçim ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 62. *O. basilicum*'un uçucu yağında *cis-α*-bergamoten değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.207	0.3072
Uygulama	10	0.792	1.1746
Hata 1	20	0.674	-
Biçim (B)	3	7.657	14.0705**
Uyg. × B	30	1.753	3.2205**
Hata 2	66	0.544	-
D.K. (%)	-	-	16.03

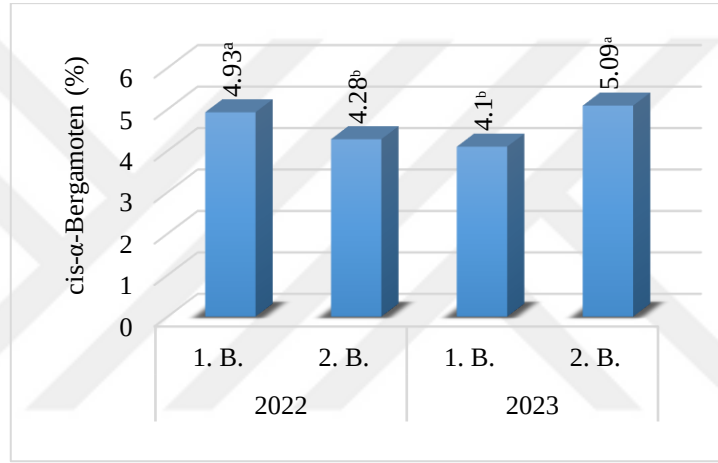
*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen *cis-α*-bergamoten değerleri Tablo 4.63'te verilmiştir. Tablo 4.63 ve Şekil 4.41'e göre, denemenin 2. yılının 2. biçimi en yüksek (%5.09) ve 2. yılının 1. biçimi en düşük (%4.10) *cis-α*-bergamoten oranına sahip olmuştur. *O. basilicum* L. var. *dino*'da *cis-α*-bergamoten oranı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek *cis-α*-bergamoten oranı (%8.08) 1. yılın 1. biçiminin AG₃ uygulamasında kaydedilmiştir. En düşük *cis-α*-bergamoten (%3.37) oranı ise 2. yılın 1. biçiminin KG₂ uygulamasında saptanmıştır (bkz. Tablo 4.63).

Tablo 4. 63. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen *cis-α*-bergamoten değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	4.21 ^{eh}	3.85 ^{eh}	4.22 ^{eh}	4.53 ^{ch}	4.2
A	4.65 ^{ch}	4.62 ^{ch}	4.04 ^{eh}	5.08 ^{bf}	4.6
K	4.13 ^{eh}	4.90 ^{bg}	4.07 ^{eh}	4.99 ^{bg}	4.52
AG ₁	5.32 ^{be}	3.67 ^{fh}	4.37 ^{dh}	4.67 ^{ch}	4.51
AG ₂	5.24 ^{be}	4.70 ^{ch}	4.42 ^{ch}	4.52 ^{ch}	4.72
AG ₃	8.08 ^a	4.29 ^{dh}	3.92 ^{eh}	4.69 ^{ch}	5.24
AG ₄	5.13 ^{bf}	3.52 ^{gh}	4.40 ^{ch}	5.26 ^{be}	4.58
KG ₁	4.44 ^{ch}	3.98 ^{eh}	3.64 ^{fh}	5.75 ^{bd}	4.45
KG ₂	4.52 ^{ch}	4.57 ^{ch}	3.37 ^h	6.26 ^b	4.68
KG ₃	4.60 ^{ch}	4.33 ^{dh}	4.37 ^{dh}	4.37 ^{dh}	4.42
KG ₄	3.90 ^{eh}	4.69 ^{ch}	4.30 ^{dh}	5.87 ^{bc}	4.69
EKGF ¹	1.202				-
Ort.	4.93 ^a	4.28 ^b	4.10 ^b	5.09 ^a	-
EKGF	0.3625				-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 41. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen *cis-α*-Bergamoten değerleri (%).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, *cis-α*-bergamoten değerlerimizin, Tavallalı vd. (2020) (%0.051-0.076) ve Toncer vd. (2017)'nin (%1.01-3.58) bildirdiği değerlerden yüksek, Barbosa vd. (2021) (%0.79-9.27) ve Omidbaigi vd. (2010)'nin (%5.82-7.13) bildirdiği değerler ile benzer olduğu görülmektedir.

4.3.2.6 β-Element

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen β-element değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.64'te verilmiştir. Tablo 4.64'te görüldüğü gibi, β-element değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 64. *O. basilicum*'un uçucu yağında β -elemen değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.185	2.9123
Uygulama	10	0.350	5.4999**
Hata 1	20	0.064	-
Biçim (B)	3	2.325	49.6310**
Uyg. $\times$ B	30	0.165	3.5115**
Hata 2	66	0.047	-
D.K. (%)	-	-	21.57

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

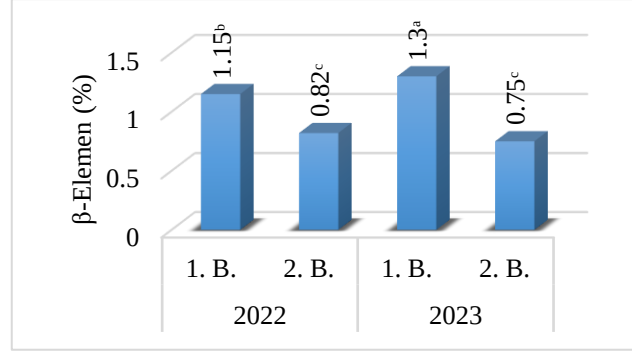
Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen β -elemen değerleri Tablo 4.65'te verilmiştir. Tablo 4.65 ve Şekil 4.42'ye göre, denemenin 2. yılının 1. biçimi en yüksek (%1.30) ve 2. yılının 2. biçimi ise en düşük (%0.75) β -elemen oranına sahip olmuştur. Her iki deneme yılında da β -elemen oranı 1. biçimlerde daha yüksek bulunmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük β -elemen oranı sırasıyla AG₃ uygulamasında (%1.32) ve kontrol grubunda (%0.75) kaydedilmiştir (Şekil 4.43). *O. basilicum* L. var. *dino*'da β -elemen oranı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek β -elemen oranı (%2.10) 1. yılın 1. biçiminin AG₃ uygulamasında kaydedilmiştir. En düşük β -elemen oranı ise (%0.40) 2. yılın 2. biçiminin KG₃ uygulamasında saptanmıştır (Tablo 4.65).

Tablo 4. 65. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen β -elemen değerleri (%).

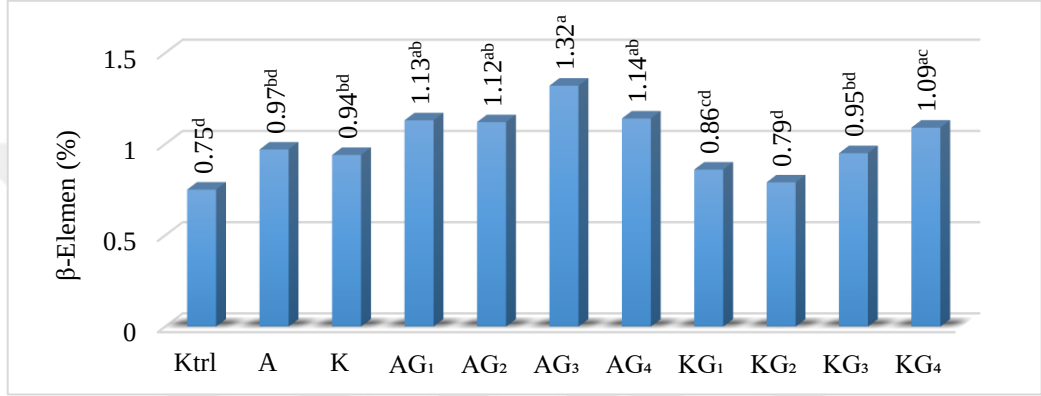
Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	0.74 ^{bj}	0.54 ^{lj}	1.05 ^{ch}	0.67 ^{bj}	0.75 ^d
A	0.86 ^{gl}	0.78 ^{hj}	1.40 ^{be}	0.85 ^{gl}	0.97 ^{bd}
K	0.84 ^{gl}	0.85 ^{gl}	1.22 ^{bg}	0.84 ^{gl}	0.94 ^{bd}
AG ₁	1.52 ^b	0.79 ^{gl}	1.46 ^b	0.74 ^{bj}	1.13 ^{ab}
AG ₂	1.47 ^b	0.69 ^{hj}	1.51 ^b	0.79 ^{gl}	1.12 ^{ab}
AG ₃	2.10 ^a	0.96 ^{fi}	1.41 ^{bd}	0.80 ^{gl}	1.32 ^a
AG ₄	1.60 ^b	0.91 ^{gl}	1.37 ^{bf}	0.68 ^{bj}	1.14 ^{ab}
KG ₁	0.81 ^{gl}	0.78 ^{hj}	1.04 ^{ch}	0.80 ^{gl}	0.86 ^{cd}
KG ₂	0.79 ^{gl}	0.71 ^{hj}	1.04 ^{ch}	0.63 ^{bj}	0.79 ^d
KG ₃	0.99 ^{dh}	0.99 ^{dh}	1.40 ^{be}	0.40 ^j	0.95 ^{bd}
KG ₄	0.90 ^{gl}	0.98 ^{eh}	1.45 ^{bc}	1.02 ^{dh}	1.09 ^{ac}
EKGF ¹	0.3534		0.2154		0.2154
Ort.	1.15 ^b	0.82 ^c	1.30 ^a	0.75 ^c	-
EKGF	0.1066		-		-

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, β -elemen değerlerimizin, Ilić vd. (2019)'nin (%2.63-4.47) bildirdiği değerlerden düşük, Barbosa vd. (2021) (%0.45-1.38), Wesołowska vd. (2012) (%0.19-0.59) ve Beatović vd. (2015)'nin (%0.2-3) bildirdiği değerler ile benzer olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 42. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen β -elemen değerleri (%).



Şekil 4. 43. *O. basilicum*'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen β -elemen değerleri (%).

4.3.2.7 α -Terpineol

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen α -terpineol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.66'da verilmiştir. Tablo 4.66'da görüldüğü gibi, α -terpineol değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ($p \leq 0.01$) ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Tablo 4. 66. *O. basilicum*'un uçucu yağında α -terpineol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.005	0.2729
Uygulama	10	0.069	3.8912**
Hata 1	20	0.018	-
Biçim (B)	3	0.182	10.4092**
Uyg. $\times$ B	30	0.033	1.8846*
Hata 2	66	0.018	-
D.K. (%)	-	-	10.25

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen α -terpineol değerleri Tablo 4.67'de verilmiştir. Tablo 4.67 ve Şekil 4.44'e göre, denemenin 2.

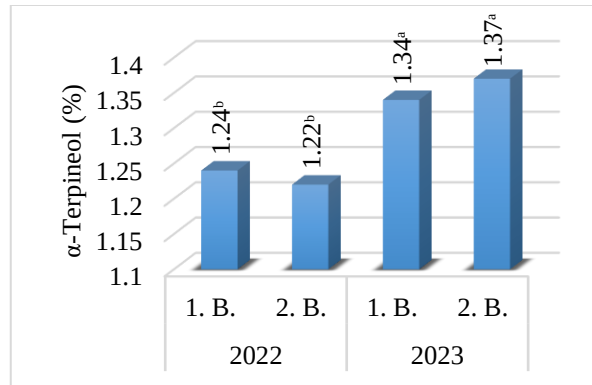
yılıının 2. biçimi en yüksek (%1.37) ve 1. yılının 2. biçimi en düşük (%1.22) α -terpineol oranına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük α -terpineol oranı sırası ile KG₂ (%1.40) ve AG₃ (%1.17) uygulamasında kaydedilmiştir (Şekil 4.45). *O. basilicum* L. var. *dino*'da α -terpineol oranı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek α -terpineol oranı (%1.58) 2. yılın 1. biçiminin KG₂ uygulamasında kaydedilmiştir. En düşük α -terpineol oranı ise (%0.93) 1. yılın 1. biçiminin AG₃ uygulamasında saptanmıştır (Tablo 4.67).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, β -elemen değerlerimizin, Ilić vd. (2019)'nin (%2.63-4.47) bildirdiği değerlerden düşük, Barbosa vd. (2021) (%0.45-1.38), Wesołowska vd. (2012) (%0.19-0.59) ve Beatović vd. (2015)'nin (%0.2-3) bildirdiği değerler ile benzer olduğu görülmektedir.

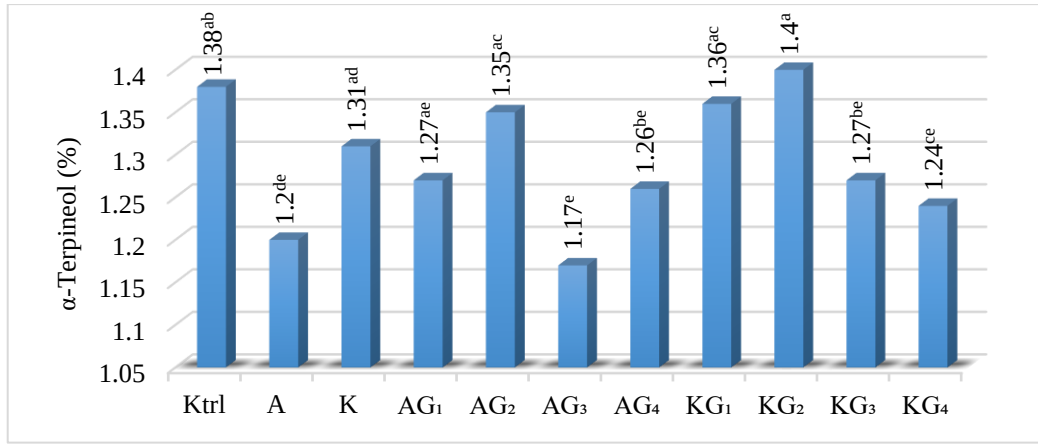
Tablo 4. 67. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen α -terpineol değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	1.35 ^{ai}	1.24 ^{bj}	1.49 ^{ab}	1.44 ^{ac}	1.38 ^{ab}
A	1.21 ^{ci}	1.07 ^{jk}	1.19 ^{ci}	1.31 ^{aj}	1.20 ^{de}
K	1.24 ^{bj}	1.30 ^{bj}	1.37 ^{ah}	1.33 ^{aj}	1.31 ^{ad}
AG ₁	1.09 ^{ik}	1.20 ^{ci}	1.37 ^{ah}	1.43 ^{ad}	1.27 ^{ae}
AG ₂	1.31 ^{aj}	1.46 ^{ac}	1.31 ^{aj}	1.34 ^{ai}	1.35 ^{ac}
AG ₃	0.93 ^k	1.14 ^{fk}	1.19 ^{ck}	1.42 ^{ae}	1.17 ^e
AG ₄	1.28 ^{bj}	1.11 ^{hk}	1.26 ^{bj}	1.39 ^{ag}	1.26 ^{be}
KG ₁	1.45 ^{ac}	1.15 ^{ek}	1.36 ^{ai}	1.48 ^{ab}	1.36 ^{ac}
KG ₂	1.28 ^{bj}	1.40 ^{af}	1.58 ^a	1.35 ^{ai}	1.40 ^a
KG ₃	1.33 ^{aj}	1.16 ^{dk}	1.21 ^{ci}	1.38 ^{ag}	1.27 ^{be}
KG ₄	1.12 ^{gk}	1.21 ^{ci}	1.41 ^{af}	1.20 ^{ci}	1.24 ^{ce}
EKGF ¹	0.2187				0.1143
Ort.	1.24 ^b	1.22 ^b	1.34 ^a	1.37 ^a	-
EKGF	0.06594				-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 44. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen α -terpineol değerleri (%).



Şekil 4. 45. *O. basilicum*'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen α -terpineol değerleri (%).

4.3.2.8 Germakren D

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen germakren D değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.68'de verilmiştir. Tablo 4.68'de görüldüğü gibi, germakren D değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 68. *O. basilicum*'un uçucu yağında germakren D değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.034	0.3996
Uygulama	10	0.309	3.5793**
Hata 1	20	0.086	-
Biçim (B)	3	2.058	35.2535**
Uyg. $\times$ B	30	0.236	4.0501**
Hata 2	66	0.058	-
D.K. (%)	-	-	16.40

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

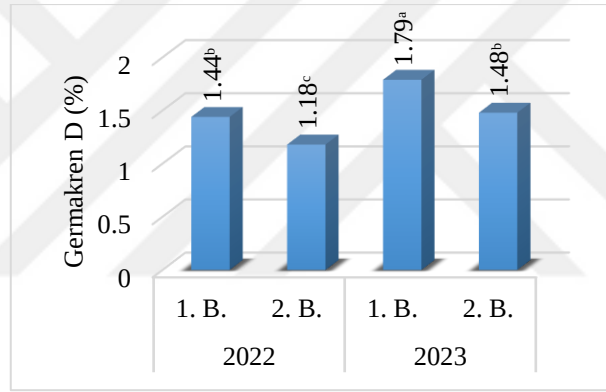
Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen germakren D değerleri Tablo 4.69'da verilmiştir. Tablo 4.69 ve Şekil 4.46'ya göre, denemenin 2. yılının 1. biçimi en yüksek (%1.79) ve 1. yılının 2. biçimi en düşük (%1.18) germakren D oranına sahip olmuştur. Her iki deneme yılında da germakren D oranı 1. biçimlerde daha yüksek bulunmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük germakren D oranı sırasıyla AG₃ uygulamasında (%1.78) ve kontrol grubunda (%1.22) kaydedilmiştir (Şekil 4.47). *O. basilicum* L. var. *dino*'da germakren D oranı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek germakren D oranı (%2.51) 1. yılın 1.

biçiminin AG₃ uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük germakren D oranı ise (%0.90) 1. yılın 2. biçiminin KG₂ uygulamasında saptanmıştır (Tablo 4.69).

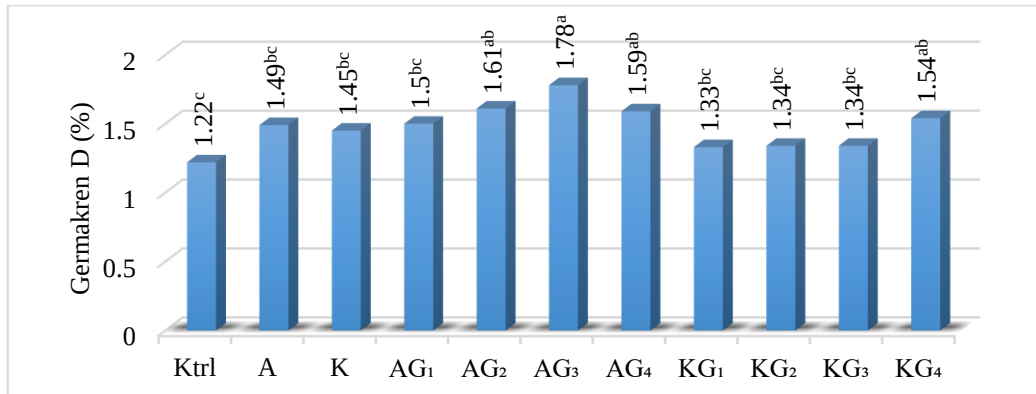
Tablo 4. 69. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen germakren D değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	0.95 ^{kl}	1.01 ^{jl}	1.64 ^{bg}	1.28 ^{fl}	1.22 ^c
A	1.24 ^{gl}	1.23 ^{gl}	1.90 ^{bd}	1.59 ^{bh}	1.49 ^{bc}
K	1.12 ^{hl}	1.29 ^{fl}	1.86 ^{bd}	1.53 ^{ci}	1.45 ^{bc}
AG ₁	1.81 ^{be}	1.12 ^{hl}	1.83 ^{be}	1.25 ^{gl}	1.50 ^{bc}
AG ₂	1.67 ^{bg}	1.27 ^{fl}	1.98 ^{bc}	1.52 ^{ci}	1.61 ^{ab}
AG ₃	2.51 ^a	1.28 ^{fl}	2.04 ^b	1.30 ^{fl}	1.78 ^a
AG ₄	1.93 ^{bd}	1.24 ^{gl}	1.95 ^{bc}	1.26 ^{gl}	1.59 ^{ab}
KG ₁	1.14 ^{hl}	1.05 ^{il}	1.46 ^{dj}	1.68 ^{bg}	1.33 ^{bc}
KG ₂	1.12 ^{hl}	0.90 ^j	1.53 ^{ci}	1.82 ^{be}	1.34 ^{bc}
KG ₃	1.25 ^{gl}	1.22 ^{gl}	1.57 ^{ch}	1.30 ^{fl}	1.34 ^{bc}
KG ₄	1.08 ^{il}	1.39 ^{ek}	1.96 ^{bc}	1.75 ^{bf}	1.54 ^{ab}
EKGF ¹	0.3926				0.2497
Ort.	1.44 ^b	1.18 ^c	1.79 ^a	1.48 ^b	-
EKGF	0.1184				-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 46. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen germakren D değerleri (%).



Şekil 4. 47. *O. basilicum*'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen germakren D değerleri (%).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, germakren D değerlerimizin alt ve üst sınırları, Barbosa vd. (2021) (%0.72-0.94), Ilić vd. (2019) (%3.42), Nurzyńska-Wierdak vd. (2013) (%1.1-2.3) ve Beatović vd. (2015)'nin (%0.4-6.2) bildirdiği değerler ile benzerlik göstermektedir.

4.3.2.9 γ -Kadinen

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen γ -kadinen değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.70'te verilmiştir. Tablo 4.70'te görüldüğü gibi, γ -kadinen değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Tablo 4. 70. *O. basilicum*'un uçucu yağında γ -kadinen değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.100	1.3106
Uygulama	10	0.181	2.3817*
Hata 1	20	0.076	-
Biçim (B)	3	0.242	3.6235*
Uyg. $\times$ B	30	0.129	1.9240*
Hata 2	66	0.067	-
D.K. (%)	-	-	15.44

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen γ -kadinen değerleri Tablo 4.71'de verilmiştir.

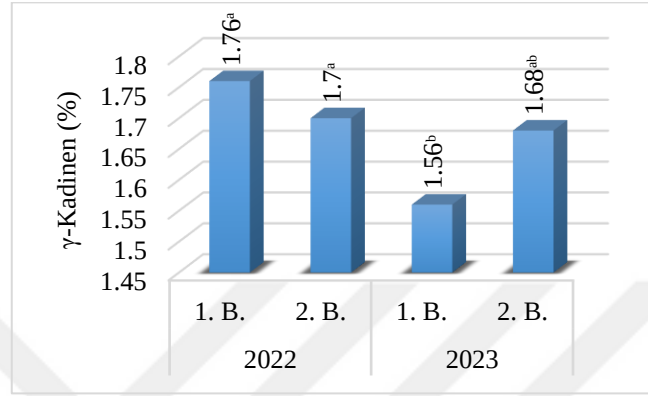
Tablo 4. 71. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen γ -kadinen değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	1.55 ^{be}	1.41 ^{de}	1.42 ^{ce}	1.38 ^c	1.44 ^c
A	1.64 ^{be}	1.68 ^{be}	1.52 ^{be}	1.63 ^{be}	1.62 ^{bc}
K	1.62 ^{be}	1.89 ^{be}	1.55 ^{be}	1.67 ^{be}	1.69 ^{ac}
AG ₁	1.89 ^{be}	1.54 ^{be}	1.58 ^{be}	1.60 ^{be}	1.65 ^{ac}
AG ₂	1.90 ^{be}	1.82 ^{be}	1.71 ^{be}	1.74 ^{be}	1.79 ^{ab}
AG ₃	2.67 ^a	1.85 ^{be}	1.62 ^{be}	1.52 ^{be}	1.92 ^a
AG ₄	1.76 ^{be}	1.69 ^{be}	1.58 ^{be}	1.70 ^{be}	1.68 ^{ac}
KG ₁	1.72 ^{be}	1.60 ^{be}	1.41 ^{de}	1.93 ^{bd}	1.67 ^{ac}
KG ₂	1.65 ^{be}	1.68 ^{be}	1.48 ^{be}	1.95 ^b	1.69 ^{ac}
KG ₃	1.55 ^{be}	1.62 ^{be}	1.61 ^{be}	1.41 ^{de}	1.55 ^{bc}
KG ₄	1.39 ^e	1.95 ^{bc}	1.64 ^{be}	1.96 ^b	1.73 ^{ab}
EKGF ¹	0.422		0.1272		0.2348
Ort.	1.76 ^a	1.70 ^a	1.56 ^b	1.68 ^{ab}	-
EKGF	0.1272		0.1272		-

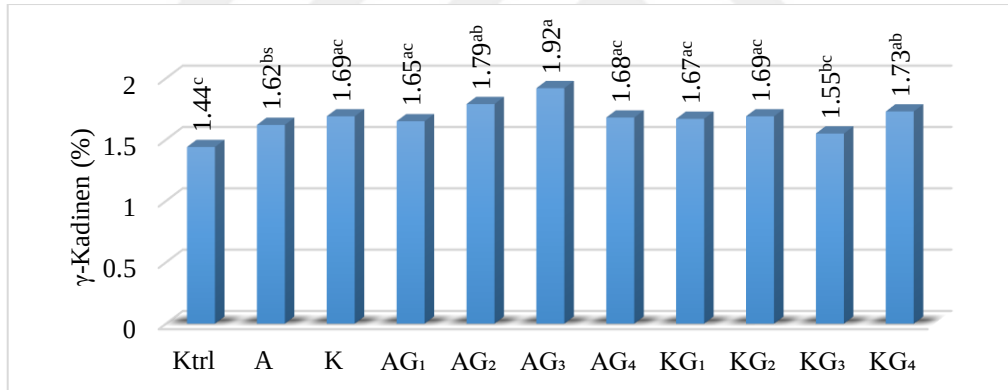
¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Tablo 4.71 ve Şekil 4.48'e göre, denemenin 1. yılının 1. biçimi en yüksek (%1.76) ve 2. yılının 1. biçimi en düşük (%1.56) γ -kadinen oranına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük γ -kadinen oranı sırası ile AG₃ uygulamasında (%1.92) ve kontrol grubunda (%1.44) kaydedilmiştir (Şekil

4.49). *O. basilicum* L. var. *dino*'da γ -kadinin oranı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek γ -kadinin oranı (%2.67) 1. yılın 1. biçiminin AG₃ uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük γ -kadinin oranı ise (%1.38) 2. yılın 2. biçiminin kontrol grubunda saptanmıştır (bkz. Tablo 4.71).



Şekil 4. 48. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen γ -kadinin değerleri (%).



Şekil 4. 49. *O. basilicum*'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen γ -kadinin değerleri (%).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, γ -kadinin değerlerimizin, Nurzyńska-Wierdak vd. (2013) (%1.3-2.0), Barbosa vd. (2021) (%0.71-2.08), Wesołowska vd. (2012) (%1.11-2.22) ve Beatović vd. (2015)'nin (%1.3-3.4) bildirdiği değerler ile benzer olduğu görülmektedir.

4.3.2.10 Epikubenol

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen epikubenol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.72'de verilmiştir. Tablo 4.72'de görüldüğü gibi, epikubenol değerleri yönünden gübre ile nGO uygulamaları ve biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Tablo 4. 72. *O. basilicum*'un uçucu yağında epikubenol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	0.130	4.7070
Uygulama	10	0.071	2.5838*
Hata 1	20	0.028	-
Biçim (B)	3	0.124	3.6152*
Uyg. × B	30	0.033	0.9526
Hata 2	66	0.034	-
D.K. (%)	-	27.40	-

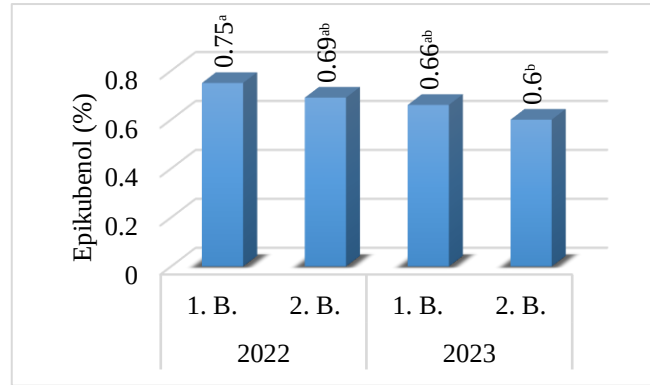
*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen epikubenol değerleri Tablo 4.73'te verilmiştir.

Tablo 4. 73. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen epikubenol değerleri (%).

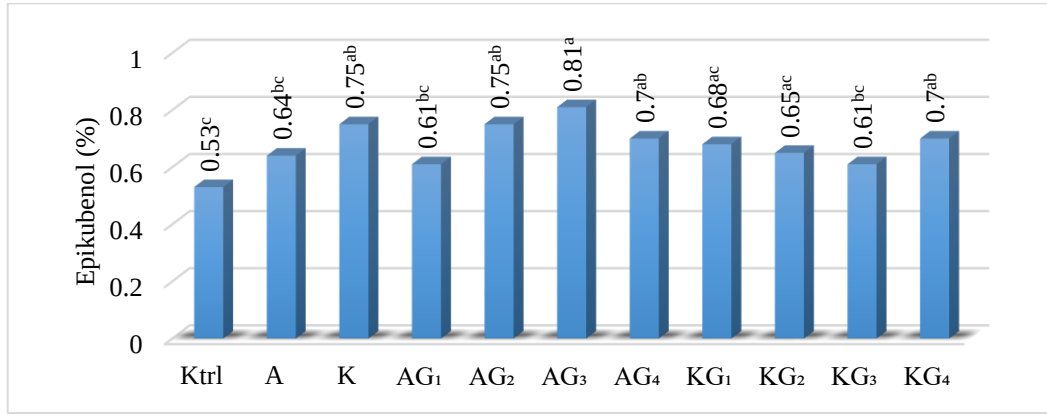
Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	0.61	0.53	0.51	0.48	0.53 ^c
A	0.73	0.76	0.59	0.49	0.64 ^{bc}
K	0.7	0.84	0.73	0.74	0.75 ^{ab}
AG ₁	0.58	0.64	0.66	0.58	0.61 ^{bc}
AG ₂	0.89	0.75	0.71	0.65	0.75 ^{ab}
AG ₃	1.08	0.76	0.78	0.59	0.81 ^a
AG ₄	0.79	0.69	0.74	0.57	0.70 ^{ab}
KG ₁	0.76	0.55	0.63	0.79	0.68 ^{ac}
KG ₂	0.7	0.64	0.48	0.76	0.65 ^{ac}
KG ₃	0.7	0.56	0.72	0.46	0.61 ^{bc}
KG ₄	0.7	0.87	0.73	0.5	0.70 ^{ab}
EKGF ¹	-	-	-	-	0.1425
Ort.	0.75 ^a	0.69 ^{ab}	0.66 ^{ab}	0.60 ^b	-
EKGF	0.09063				-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 50. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen epikubenol değerleri (%).

Tablo 4.73 ve Şekil 4.50'ye göre, denemenin 1. yılının 1. biçimi en yüksek (%0.75) ve 2. yılının 2. biçimi en düşük (%0.60) epikubenol oranına sahip olmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük epikubenol oranı sırası ile AG₃ uygulamasında (%0.81) ve kontrol grubunda (%0.53) kaydedilmiştir (Şekil 4.51).



Şekil 4. 51. *O. basilicum*'un uçucu yağında gübre ile nGO uygulamalarına göre tespit edilen epikubenol değerleri (%).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, epikubenol değerlerimizin alt ve üst sınırları, Barbosa vd. (2021)'nin bildirdiği 1,10-di-epi-kubenol (%0.56) ve 1-epi-kubenol (%0.55), Dzida (2010)'nin bildirdiği 1,10-di-epi-kubenol (%0.15-1.01), Amor vd. (2021)'nin bildirdiği 1,10-di-epi-kubenol (%1.2) ve 1-epi-kubenol (%4.8) değerleriyle ve Beatović vd. (2015)'nin bildirdiği 1,10-di-epi-kubenol (%0.3-3) değerleri ile benzerlik göstermektedir.

4.3.2.11 Öjenol

Denemede elde edilen uçucu yağda tespit edilen öjenol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi sonuçları Tablo 4.74'te verilmiştir. Tablo 4.74'te görüldüğü gibi, öjenol değerleri yönünden biçim ve gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 74. *O. basilicum*'un uçucu yağında öjenol değerlerinin biçimlere göre varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	4.145	0.6762
Uygulama	10	12.225	1.9944
Hata 1	20	6.130	-
Biçim (B)	3	31.680	8.6907**
Uyg. × B	30	17.215	4.7226**
Hata 2	66	3.645	-
D.K. (%)	-	-	8.77

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

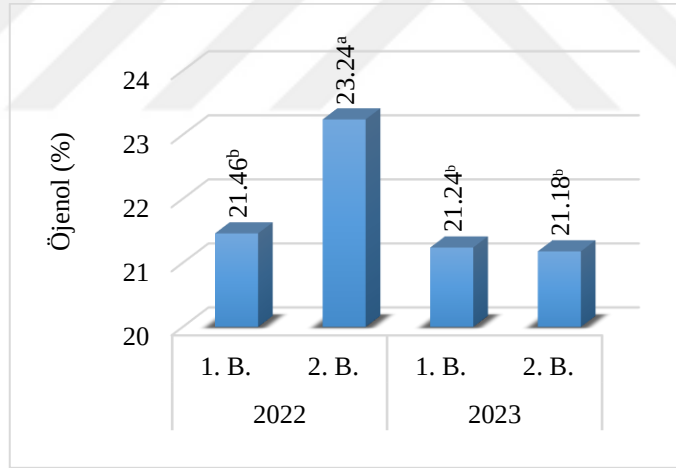
Denemede biçimlere göre elde edilen uçucu yağda tespit edilen öjenol değerleri Tablo 4.75'te verilmiştir. Tablo 4.75 ve Şekil 4.52'ye göre, denemenin 1. yılının 2. biçimi en yüksek (%23.24) ve 1. yılının 1. biçimi, 2. yılının 1. ve 2. biçimleri aynı istatistiksel grupta yer alarak en düşük (%21.46-21.23-21.18) öjenol

oranına sahip olmuştur. *O. basilicum* L. var. *dino*'da öjenol oranı değerleri, gübre ile nGO uygulamaları × biçim interaksyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek öjenol oranı (%26.24) 1. yılın 1. biçiminin KG₄ uygulamasında kaydedilmiştir. En düşük öjenol oranı (%16.62) ise 1. yılın 1. biçiminde ve AG₁ uygulamasında saptanmıştır (Tablo 4.75).

Tablo 4. 75. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen öjenol değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	22.89 ^{ag}	22.17 ^{bi}	23.02 ^{af}	21.40 ^{ck}	22.37
A	18.21 ^{jm}	19.89 ^{em}	19.51 ^{fm}	22.11 ^{bi}	19.93
K	25.33 ^{ab}	21.33 ^{ck}	23.03 ^{af}	22.34 ^{bh}	23.01
AG ₁	16.62 ^m	25.26 ^{ab}	21.36 ^{ck}	19.53 ^{fm}	20.96
AG ₂	21.13 ^{cl}	21.24 ^{ck}	22.16 ^{bi}	22.19 ^{bi}	21.68
AG ₃	17.46 ^{lm}	25.82 ^{ab}	19.95 ^{em}	22.47 ^{bh}	21.43
AG ₄	18.44 ^{im}	25.81 ^{ab}	19.11 ^{gm}	22.45 ^{bh}	21.45
KG ₁	24.04 ^{ad}	22.28 ^{bh}	22.08 ^{bi}	23.58 ^{ae}	23
KG ₂	24.54 ^{ac}	22.57 ^{ag}	22.13 ^{bi}	20.31 ^{dm}	22.39
KG ₃	21.14 ^{cl}	24.54 ^{ac}	19.25 ^{fm}	18.69 ^{hm}	20.91
KG ₄	26.24 ^a	24.71 ^{ac}	21.97 ^{bj}	17.92 ^{km}	22.71
EKGF ¹			3.112		-
Ort.	21.46 ^b	23.24 ^a	21.23 ^b	21.18 ^b	-
EKGF			0.9384		-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 52. *O. basilicum*'un uçucu yağında biçimlere göre tespit edilen öjenol değerleri (%).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, öjenol değerlerimiz, Muráriková vd. (2017) (%0.83-33.50)'nin bildirdiği değerler ile benzer, Chang vd. (2009) (%5.51-13.33), Bazaid vd. (2013) (%10.26-16.67) ve Beatović vd. (2015)'nin (%0.8-16.2) bildirdiği değerlerden ise yüksek bulunmuştur.

Yamamoto ve Takano (1996), artan öjenol ve linalool oranına sahip *O. basilicum* uçucu yağının veriminin, nispeten yüksek nitrat seviyesinde yüksek

olduğunu bildirmişlerdir. Chang (2005), öjenol üretiminin sıcaklıkla doğrudan ilişkili olduğunu ve daha yüksek sıcaklıklarda daha yüksek öjenol üretimi gerçekleştiğini bildirmiştir. Ayrıca, uçucu yağ içeriğinin ve öjenol yüzdesinin, toprağın verimliliğinin artışına bağlı olarak solucan gübresi (organik gübre) uygulanan bitkilerde maksimuma ulaştığı bildirilmiştir (Chandel vd., 2024). Bu bilgiler ışığında, denememizdeki öjenol oranının diğer çalışmalara göre yüksek oluşunda sıcaklık ve gübrelemenin etkileri olabileceği düşünülmektedir.

4.3.3 Ekstre Verimi

Denemede biçimlere göre ekstre verimi değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.76'da verilmiştir. Tablo 4.76'da görüldüğü gibi, ekstre verimi (%) değerleri yönünden biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 76. *O. basilicum*'da biçimlere göre ekstre verimi değerlerinin varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	KO	F Değeri
Tekerrür	2	13.294	1.1617
Uygulama	10	10.235	0.8996
Hata 1	20	11.391	-
Biçim (B)	3	194.121	23.9041**
Uyg. × B	30	5.278	0.6499
Hata 2	66	8.121	-
D.K. (%)	-	15.71	-

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Tablo 4. 77. *O. basilicum*'da biçimlere göre ekstre verimi değerleri (%).

Uyg.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	18.04	20.26	16.24	12.56	16.78
A	20.87	21.69	15.84	14	18.1
K	18.3	21.3	15.29	14.84	17.43
AG ₁	20.4	20.33	17.09	13.31	17.78
AG ₂	20.54	21.09	17.89	14.35	18.47
AG ₃	18.52	19.77	18.4	13.68	17.59
AG ₄	21.16	20.04	20.47	17.53	19.8
KG ₁	19.26	22.18	17.78	18.85	19.52
KG ₂	18.19	22.36	18.58	16.14	18.82
KG ₃	17.42	20.42	16.77	15.92	17.63
KG ₄	18.17	20.19	15.62	16.57	17.64
EKGF ¹	-	-	-	-	-
Ort.	19.17 ^b	20.88 ^a	17.27 ^c	15.25 ^d	-
EKGF	1.401				-

¹: En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Denemede biçimlere göre ekstre verimi değerleri Tablo 4.77'de verilmiştir. Tablo 4.77'ye göre, denemenin 1. yılının 2. biçiminden elde edilen ekstre verimi en yüksek (%20.88) ve 2. yılının 2. biçiminden elde edilen ekstre verimi ise en düşük (%15.25) bulunmuştur. Ekstre verimi değerlerinin uygulamalardan istatistiksel olarak etkilenmediği görülmüştür.

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, ekstre verimi değerlerimiz, Yaldiz vd. (2018a)'nin (%9-33.86) ve Yaldiz ve Camlica (2022)'nin bildirdiği (%13.69-29.47) değerler ile ilişkili bulunmuştur.

4.3.4 DPPH Serbest Radikali Süpürücü Aktivite

Denemede elde edilen ekstrelerin ve uçucu yağların biçimlere göre DPPH radikali süpürüm aktivitesi varyans analizi sonuçları Tablo 4.78'de verilmiştir. Tablo 4.78'e göre, ekstrelerin DPPH radikali süpürüm aktivitesi değerleri yönünden biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$) ve uçucu yağlarda ise biçimlere göre gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksiyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 78. *O. basilicum* ekstre ve uçucu yağında biçimlere göre DPPH radikali süpürüm aktivitesi varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Ekstre		Uçucu Yağ	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	1.469	0.1229	1.294	12.5377
Uygulama	10	12.355	1.0333	36.927	357.8942**
Hata 1	20	11.957	-	0.103	-
Biçim (B)	3	231.769	14.4028**	151.305	47.0932**
Uyg. $\times$ B	30	15.098	0.9382	81.611	25.4011**
Hata 2	66	16.092	-	3.213	-
D.K. (%)	-	4.71		2.71	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede elde edilen ekstre ve uçucu yağların biçimlere göre DPPH radikali süpürüm aktivitesi değerleri (%) Tablo 4.79'da verilmiştir. Tablo 4.79'a göre, denemenin 1. yılının 1. biçiminden elde edilen ekstrelerin DPPH radikali süpürüm aktivitesi en yüksek (%88.35) ve 2. yılının her iki biçiminden de elde edilen ekstrelerin aktivitesi ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alarak en düşük (%83.88-82.27) bulunmuştur. Yine Tablo 4.79'a göre, denemenin 1. yılının 2. biçiminden ve 2. yılının 1. biçiminden elde edilen uçucu yağların DPPH radikali süpürüm aktivitesi aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (%68.22-67.53) ve 1. yılının 1. biçiminden elde edilen uçucu yağların aktivitesi ise en düşük (%63.64) bulunmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek aktivite KG₂ uygulamasında ve kontrol grubunda (%68.60-68.50), en düşük aktivite ise K uygulamasında (%62.89) izlenmiştir.

Uçucu yağlarda DPPH radikali süpürüm aktivitesi değerleri gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim interaksiyonu ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek

aktivite A uygulamasının 1. biçiminde ve AG₄ uygulamasının 2. biçiminde (%73.9-73.8), en düşük aktivite ise AG₃ uygulamasının 1. biçiminde (%49.3) saptanmıştır.

Tablo 4. 79. *O. basilicum* ekstre ve uçucu yağında biçimlere göre DPPH radikali süpürüm aktivitesi değerleri (%).

Uyg.	Ekstre				Ort.	Uçucu Yağ				Ort.
	1. Yıl		2. Yıl			1. Yıl		2. Yıl		
	1. B	2. B	1. B	2. B		1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	88.21	87.26	82.77	85.92	86.04	70.6 ^{ae}	66.9 ^{fk}	73.3 ^{ab}	63.2 ^{lo}	68.50 ^a
A	88.61	88.25	83.25	79.66	84.94	73.9 ^a	63.3 ^{lo}	68.0 ^{ej}	57.7 ^{rs}	65.75 ^e
K	89.49	79.61	78.63	84.17	82.98	59.5 ^{pr}	67.1 ^{fk}	60.6 ^{or}	64.3 ^{kn}	62.89 ^h
AG ₁	89.16	84.27	85.42	80.93	84.95	55.9 ^s	72.1 ^{ac}	67.6 ^{ek}	67.6 ^{ek}	65.81 ^e
AG ₂	88.34	88.92	82.26	84.29	85.96	60.5 ^{or}	65.9 ^{gl}	70.0 ^{bf}	65.1 ^{im}	65.38 ^f
AG ₃	88.87	82.28	85.23	80.39	84.19	49.3 ^t	72.0 ^{ac}	66.5 ^{fl}	68.6 ^{di}	64.11 ^g
AG ₄	89.53	86.08	87.81	81.85	86.32	58.2 ^{qs}	73.8 ^a	65.6 ^{hm}	67.4 ^{ek}	66.25 ^d
KG ₁	87.94	87.79	83.52	84.05	85.83	66.5 ^{fl}	66.6 ^{fl}	69.3 ^{cg}	67.9 ^{ej}	67.59 ^b
KG ₂	87.69	89.12	85.37	81.25	85.86	68.8 ^{ch}	66.0 ^{gl}	71.9 ^{ad}	67.6 ^{ek}	68.60 ^a
KG ₃	87.38	87.98	84.39	81.7	85.36	64.6 ⁱⁿ	69.7 ^{cf}	62.5 ^{mp}	64.3 ^{kn}	65.26 ^f
KG ₄	86.63	85.68	84.05	80.76	84.28	72.2 ^{ac}	66.9 ^{fk}	67.4 ^{ek}	61.4 ^{nq}	66.99 ^c
EKGF ¹		-			-	2.922				0.2733
Ort.	88.35 ^a	86.11 ^b	83.88 ^c	82.27 ^c	-	63.64 ^c	68.22 ^a	67.53 ^a	65.06 ^b	-
EKGF	1.972				-	0.881				-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, ekstrelerin DPPH süpürüm aktivitesi değerlerimizin, Naidu vd. (2016)'nin (%73.75) ve Yaldiz ve Camlica (2022)'nin bildirdiği (%8.14-54.69) değerlerden yüksek olduğu görülmüştür.

Bitkiler optimal büyüme aralığını 5 °C'den fazla aşan sıcaklıklara maruz kaldıklarında sekonder metabolitlerin birikmesine yol açan stres yaşarlar (Copolovici vd., 2022), artan sekonder metabolitler de farklı aktivitelerin, farklı oranlarda gerçekleşmesine sebep olur. Literatürde fesleğenin antioksidan özelliklerinin flavanoller, flavonlar ve antosiyaninlerin yanı sıra öjenol gibi uçucu fenolik bileşiklerden kaynaklandığı bildirilmiştir (Sharma ve Chanda, 2018). Ayrıca, aynı bitkilerden farklı çözücüler kullanılarak elde edilen ekstrelerin antioksidan özellikleri büyük ölçüde kullanılan ekstraksiyon solventinin farklı ekstraksiyon kabiliyetinden kaynaklanan kantitatif ve kalitatif bileşimlerindeki farklılıklarla ilişkilidir. İlgili yayınlarda bildirildiği üzere (Foti ve Ruberto, 2001; Litwinienko ve Ingold, 2003, 2004, 2005), DPPH/antioksidan reaksiyonunun kinetiği solvent tipine bağlıdır (Dawidowicz vd., 2012). Denememizde olduğu gibi, iki veya daha fazla solvent tipinin dahil edilmesi ile solvent sisteminin fenolik maddeleri düşük, orta veya yüksek polariteden ekstrakte edebileceği (Spigno vd., 2007), çözücü polaritesinin su ile artırılıp, ek olarak suyun bitki materyalinin şişmesine neden olabileceği ve böylece çözücünün katı matrikse nüfuz etme

yeteneğinin ve fenolik bileşiğin ekstrakte edilebilirliğinin artacağı bildirilmiştir (Brahmi vd., 2012).

Dolayısıyla, DPPH değerlerinin diğer araştırmacılar ile farklı olmasının genetik farklılıklar, iklim koşulları, çevresel faktörler, tarımsal uygulamalar ile ekstraksiyon yöntemlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bunlara ek olarak, Baali vd. (2019) saf GO'nun yüksek DPPH süpürüm aktivitesi gösterdiğini, Guo vd. (2021) ve Jiao vd. (2016b) grafenin, demir oksit nanopartiküllerinin daha yüksek konsantrasyonda standart olarak kullanılan askorbik asitle neredeyse karşılaştırılabilir düzeyde antiradikal tepkisini iyileştirdiğini, Hastak vd. (2018) ise GO uygulamasının antioksidan enzim aktivitesinde ve indolasetik asit düzeylerinde artışla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Grafenin/grafen oksidin antioksidan aktiviteyi arttırıcı etkileri göz önüne alındığında, denememizdeki DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesinin literatüre göre yüksek oluşunun nedeninin nGO uygulaması da olabileceği düşünülmektedir.

Denememiz sonucunda elde edilen değerler önceki çalışmalar ile kıyaslandığında, uçucu yağların DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi değerlerimizin Farouk vd. (2016)'nin bildirdiği değer aralığında (%22.2-86.9) bulunmakla birlikte, Khelifa vd. (2012)'nin (83.54 mg ml⁻¹), Mahendran ve Vimolmangkang (2023)'in (11.56 µg mL⁻¹) ve Kanmaz vd. (2023)'nin (210.01 mg TE g⁻¹) bildirdiği değerlerden farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Uçucu yağların antioksidan aktivitesinin, barındırdığı fenolik bileşiklerin ve konjuge çift bağlı terpenlerin içeriği ile ilgili olduğu (Olszowy ve Dawidowicz, 2016) ve uçucu yağlardaki fenolik bileşiklerin miktarı ile DPPH serbest radikali süpürüm yeteneğinin doğru orantılı olduğu bildirilmiştir (Wang vd., 2008). Ayrıca, *O. basilicum* uçucu yağının karakteristik bileşenlerinden biri olan öjenol bileşeninin antioksidan (Juliani ve Simon, 2002) ve antimikrobiyal aktivitede (Ali vd., 2005) rolü olduğu bilinmektedir. Politeo vd. (2007) fesleğen uçucu yağının DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesini 1.378 mg ml⁻¹ olarak ve Stanojevic vd. (2017) ise 2.38 mg ml⁻¹ olarak saptamışlardır. İki çalışma kıyaslandığında linalool (%28.6-%31.6) ve metil kavikol (21.7-%23.8) içeriklerinin yakın olduğu, fakat aktivitenin yüksek olduğu çalışmadaki öjenol (%5.9-%0.1) içeriğinin çok daha yüksek olduğunu bildirmişler ve yüksek aktiviteyi yüksek öjenol oranına atfetmişlerdir. Hussain vd. (2008) ise, yüksek linalool (%56.7) oranına sahip uçucu yağın daha yüksek DPPH

serbest radikali süpürüm aktivitesi gösterdiğini bildirmişlerdir. Sonuçta, fesleğen uçucu yağının antioksidan aktivitesinin esas olarak kimyasal bileşimine bağlı olduğu kanısına varılmıştır.

Bitkilerde GO, hücrelerin içindeki çeşitli bileşikler için taşıyıcı görevi görür ve amino asitlerin translokasyonunu teşvik ederek bitki büyümesine yardımcı olur (Deng ve Berry, 2016; Mahmoud ve Abdelhameed, 2021). Bu nedenle stresli ortamlarda GO, klorofil içeriğini ve fotosentez verimliliğini artırarak bitki büyüme potansiyelini yükseltir (Safikhani vd., 2018; Mahmoud ve Abdelhameed, 2021). Fotosentez ve karbonhidrat üretimine herhangi bir müdahale ise, uçucu yağ içeren bitkilerdeki yağ içeriğini ve bileşim profilini dolaylı olarak etkiler (Gohari vd., 2020a, b). Hassanpouraghdam vd. (2023), tarhun (*Artemisia dracunculoides* L.) bitkisinde tuzluluk stresi altında yapraklardan uygulanan GO ve FeEDTA'nın bitkideki limonen içeriğini kontrole göre %22.5 arttırdığını ve GO'nun *cis*-osimen içeriğini kontrole kıyasla %63.5 oranında arttırdığını bildirmişlerdir.

Uçucu yağlardaki antioksidan aktivitenin, içerdiği bileşenlerden kaynaklı olduğu göz önünde bulundurulunca ve GO'nun uçucu yağ bileşenlerine etki ettiği bilindiğinden, denememizde uçucu yağların farklı oranlarda DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi göstermesinin GO uygulamasına atfedilebilebileceği gibi, genetik farklılıklar, iklim koşulları, çevresel stres faktörleri, agronomik uygulamalar ve gübre uygulamalarından kaynaklı olabileceği de düşünülmektedir.

Ayrıca Tablo 4.79 incelendiğinde, ekstrelerin uçucu yağlardan daha yüksek aktivite sergilediği görülmekle birlikte, Ahmed vd. (2019)'nin çalışmasında da fesleğen ekstrelerinin uçucu yağlardan daha iyi DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi sergilemesi deneme sonucumuzu destekler niteliktedir.

Denemede 1. yıla ait elde edilen ekstrelerde farklı derişimlere göre DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi değerleri IC₅₀ cinsinden Tablo 4.80'de, 2. yıla ait değerler ise Tablo 4.81'de verilmiştir. Ayrıca, her iki yıla ait uçucu yağlarda farklı derişimlere göre DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi değerleri IC₅₀ cinsinden Tablo 4.82'de yer almaktadır.

Tablo 4. 80. *O. basilicum*'un 1. deneme yılına ait (2022) ekstrelerinde farklı derişimlere göre DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi [IC_{50} (mg mL⁻¹)].

Tekrar	Uygulama	1. Biçim				IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)	2. Biçim				IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)*
		İnhibisyon (%)			İnhibisyon (%)						
		Derişim			Derişim						
		0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)		0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)			
T ₁ *	Ktrl	20.89±0.15	43.78±0.32	91.94±0.68	1.10±0.008	20.47±0.20	42.88±0.41	90.05±0.86	1.13±0.011		
	A	20.97±0.05	43.93±0.11	92.25±0.22	1.10±0.003	19.74±0.36	41.36±0.75	86.86±1.58	1.17±0.021		
	K	20.73±0.12	43.42±0.25	91.19±0.52	1.11±0.006	20.46±0.20	42.87±0.43	90.03±0.90	1.13±0.011		
	AG ₁	20.90±0.02	43.78±0.03	91.95±0.07	1.10±0.001	20.23±0.09	42.39±0.19	89.02±0.40	1.14±0.005		
	AG ₂	20.03±0.33	41.96±0.69	88.12±1.46	1.15±0.019	20.93±0.03	43.85±0.07	92.08±0.14	1.10±0.002		
	AG ₃	20.53±0.22	43.02±0.46	90.33±0.98	1.12±0.012	20.47±0.41	42.89±0.86	90.06±1.80	1.13±0.023		
	AG ₄	20.85±0.03	43.68±0.06	91.74±0.12	1.11±0.001	21.07±0.05	44.15±0.11	92.72±0.22	1.09±0.003		
	KG ₁	20.74±0.07	43.46±0.14	91.26±0.29	1.11±0.004	19.64±0.11	41.14±0.22	86.40±0.47	1.17±0.006		
	KG ₂	20.25±0.05	42.43±0.11	89.11±0.23	1.14±0.003	20.94±0.03	43.88±0.06	92.16±0.13	1.10±0.002		
	KG ₃	20.62±0.02	43.21±0.04	90.74±0.08	1.12±0.001	20.13±0.23	42.17±0.48	88.56±1.02	1.15±0.013		
	KG ₄	20.91±0.02	43.80±0.04	91.99±0.08	1.10±0.001	19.97±0.11	41.85±0.22	87.88±0.47	1.16±0.006		
T ₂	Ktrl	20.65±0.05	43.27±0.10	90.86±0.21	1.12±0.003	20.75±0.05	43.47±0.11	91.28±0.23	1.11±0.003		
	A	21.00±0.04	44.01±0.09	92.42±0.19	1.10±0.002	19.65±0.17	41.17±0.35	86.47±0.73	1.17±0.010		
	K	20.86±0.04	43.71±0.09	91.79±0.19	1.11±0.002	20.64±0.18	43.24±0.38	90.81±0.80	1.12±0.010		
	AG ₁	20.72±0.06	43.41±0.13	91.15±0.27	1.11±0.003	20.12±0.36	42.16±0.76	88.54±1.59	1.15±0.021		
	AG ₂	21.01±0.02	44.03±0.04	92.46±0.08	1.10±0.001	20.98±0.05	43.96±0.10	92.31±0.21	1.10±0.003		
	AG ₃	20.96±0.04	43.92±0.08	92.23±0.17	1.10±0.002	17.72±0.01	37.13±0.03	77.98±0.06	1.30±0.001		
	AG ₄	21.04±0.00	44.08±0.00	92.58±0.00	1.10±0.001	19.76±0.47	41.40±0.98	86.94±2.06	1.17±0.028		
	KG ₁	20.96±0.03	43.93±0.06	92.25±0.12	1.10±0.001	21.06±0.00	44.12±0.01	92.66±0.01	1.10±0.001		
	KG ₂	20.72±0.08	43.42±0.16	91.18±0.33	1.11±0.004	20.76±0.12	43.51±0.25	91.36±0.52	1.11±0.006		
	KG ₃	20.33±0.19	42.60±0.40	89.46±0.84	1.13±0.011	20.95±0.05	43.89±0.10	92.17±0.20	1.10±0.002		
	KG ₄	19.35±0.08	40.55±0.16	85.15±0.34	1.19±0.005	19.26±0.24	40.36±0.51	84.76±1.06	1.20±0.015		
T ₃	Ktrl	20.44±0.07	42.83±0.15	89.95±0.31	1.13±0.004	20.09±0.41	42.10±0.86	88.41±1.80	1.15±0.023		
	A	20.95±0.10	43.89±0.20	92.17±0.42	1.10±0.005	16.39±0.15	34.33±0.31	72.10±0.66	1.41±0.013		
	K	20.69±0.06	43.35±0.12	91.03±0.26	1.12±0.003	20.92±0.03	43.83±0.06	92.04±0.12	1.10±0.001		
	AG ₁	21.07±0.00	44.14±0.01	92.69±0.02	1.10±0.001	18.79±0.26	39.37±0.54	82.67±1.14	1.23±0.017		
	AG ₂	21.04±0.01	44.09±0.01	92.59±0.03	1.10±0.001	20.60±0.29	43.15±0.60	90.62±1.26	1.12±0.016		
	AG ₃	20.97±0.04	43.94±0.08	92.27±0.16	1.10±0.002	19.52±0.65	40.89±1.36	85.87±2.86	1.18±0.039		
	AG ₄	21.06±0.02	44.12±0.04	92.65±0.09	1.10±0.001	19.62±0.04	41.11±0.08	86.34±0.18	1.18±0.002		
	KG ₁	20.09±0.23	42.09±0.49	88.40±1.03	1.15±0.013	20.99±0.01	43.97±0.03	92.34±0.06	1.10±0.001		
	KG ₂	20.64±0.05	43.24±0.11	90.81±0.24	1.12±0.003	20.93±0.07	43.86±0.14	92.11±0.29	1.10±0.003		
	KG ₃	20.43±0.10	42.81±0.21	89.90±0.44	1.13±0.006	20.75±0.06	43.48±0.13	91.30±0.26	1.11±0.003		
	KG ₄	20.59±0.05	43.14±0.10	90.60±0.21	1.12±0.003	20.92±0.02	43.82±0.04	92.03±0.09	1.10±0.001		
Troloks IC ₅₀ : 0.14±0.001 mg mL ⁻¹											

* IC_{50} : %50 İnhibisyon konsantrasyonu, *T: Tekrar.

Tablo 4. 81. *O. basilicum*'un 2. deneme yılına ait (2023) ekstrelerinde farklı derişimlere göre DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi [IC_{50} (mg mL⁻¹)].

Tekrar	Uygulama	1. Biçim				2. Biçim			
		İnhibisyon (%)			IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)	İnhibisyon (%)			IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)*
		Derişim				Derişim			
		0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)		0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)	
T ₁ *	Ktrl	18.35±0.26	38.45±0.55	80.74±1.16	1.26±0.018	20.87±0.18	43.72±0.37	91.82±0.78	1.11±0.009
	A	15.60±0.59	32.68±1.23	68.63±2.58	1.48±0.056	20.13±0.20	42.18±0.41	88.57±0.86	1.15±0.011
	K	20.12±0.15	42.16±0.31	88.53±0.66	1.15±0.009	20.10±0.05	42.75±0.11	89.78±0.22	1.13±0.003
	AG ₁	19.63±0.35	41.14±0.73	86.38±1.53	1.18±0.021	18.66±0.35	39.09±0.73	82.08±1.54	1.24±0.023
	AG ₂	17.53±0.07	36.72±0.14	77.11±0.30	1.32±0.005	19.24±0.35	40.30±0.73	84.64±1.54	1.20±0.022
	AG ₃	20.03±0.20	41.97±0.42	88.14±0.88	1.15±0.012	18.62±0.07	39.01±0.14	81.93±0.30	1.24±0.005
	AG ₄	20.80±0.04	43.58±0.07	91.53±0.16	1.11±0.002	18.82±0.13	39.43±0.28	82.81±0.59	1.23±0.009
	KG ₁	20.75±0.04	43.47±0.09	91.29±0.18	1.11±0.002	20.04±0.19	41.99±0.39	88.18±0.81	1.15±0.011
	KG ₂	20.64±0.12	43.24±0.24	90.80±0.51	1.12±0.006	19.74±0.02	41.36±0.04	86.85±0.08	1.17±0.001
	KG ₃	20.52±0.13	43.00±0.26	90.29±0.55	1.12±0.007	17.14±0.26	35.92±0.55	75.43±1.15	1.35±0.020
	KG ₄	20.90±0.04	43.80±0.07	91.97±0.16	1.10±0.002	18.28±0.86	38.30±1.80	80.42±3.79	1.26±0.060
T ₂	Ktrl	19.73±0.14	41.33±0.28	86.80±0.60	1.17±0.008	19.65±0.88	41.17±1.85	86.45±3.87	1.18±0.053
	A	19.70±0.27	41.28±0.58	86.68±1.21	1.17±0.016	18.69±0.21	39.17±0.45	82.25±0.94	1.23±0.014
	K	18.73±0.35	39.25±0.73	82.42±1.53	1.23±0.023	15.79±0.37	33.09±0.77	69.49±1.62	1.46±0.034
	AG ₁	20.49±0.12	42.94±0.26	90.17±0.55	1.13±0.007	18.51±0.46	38.78±0.96	81.45±2.01	1.25±0.031
	AG ₂	20.43±0.15	42.82±0.31	89.91±0.64	1.13±0.008	20.28±0.04	42.49±0.08	89.22±0.16	1.14±0.002
	AG ₃	20.65±0.02	43.27±0.03	90.87±0.07	1.12±0.001	17.73±0.04	37.15±0.09	78.02±0.20	1.30±0.003
	AG ₄	20.71±0.00	43.39±0.01	91.12±0.01	1.11±0.001	19.69±0.29	41.25±0.61	86.63±1.27	1.17±0.017
	KG ₁	19.36±0.04	40.56±0.08	85.18±0.17	1.19±0.002	19.47±0.38	40.80±0.79	85.68±1.66	1.18±0.023
	KG ₂	19.49±0.07	40.83±0.16	85.75±0.33	1.18±0.005	17.97±0.18	37.65±0.38	79.07±0.79	1.28±0.013
	KG ₃	19.45±0.34	40.75±0.71	85.57±1.48	1.19±0.021	20.31±0.30	42.55±0.63	89.36±1.33	1.14±0.017
	KG ₄	18.58±0.43	38.92±0.90	81.74±1.88	1.24±0.029	19.91±0.43	41.73±0.89	87.62±1.88	1.16±0.025
T ₃	Ktrl	19.99±0.08	41.88±0.16	87.94±0.34	1.15±0.005	19.82±0.37	41.52±0.78	87.20±1.64	1.16±0.022
	A	19.77±0.22	41.43±0.46	87.00±0.98	1.17±0.013	20.25±0.25	42.43±0.51	89.11±1.08	1.14±0.014
	K	19.56±0.02	40.99±0.05	86.08±0.11	1.18±0.001	19.62±0.24	41.10±0.51	86.31±1.07	1.18±0.015
	AG ₁	19.85±0.09	41.60±0.20	87.35±0.42	1.16±0.006	19.56±0.14	40.99±0.30	86.09±0.63	1.18±0.009
	AG ₂	19.73±0.09	41.35±0.18	86.83±0.37	1.17±0.005	19.65±0.49	41.17±1.02	86.46±2.14	1.17±0.029
	AG ₃	19.15±0.03	40.13±0.07	84.28±0.14	1.20±0.002	19.99±0.10	41.89±0.21	87.97±0.44	1.15±0.006
	AG ₄	20.19±0.09	42.30±0.19	88.84±0.41	1.14±0.005	18.89±0.40	39.57±0.85	83.10±1.78	1.22±0.026
	KG ₁	18.49±0.13	38.75±0.27	81.37±0.58	1.25±0.009	19.47±0.01	40.80±0.03	85.69±0.06	1.18±0.001
	KG ₂	19.81±0.51	41.51±1.08	87.17±2.27	1.16±0.030	19.25±0.75	40.34±1.56	84.72±3.28	1.20±0.046
	KG ₃	19.26±0.84	40.36±1.75	84.76±3.68	1.20±0.052	19.83±0.55	41.56±1.15	87.27±2.42	1.16±0.032
	KG ₄	19.50±0.27	40.86±0.56	85.81±1.18	1.18±0.016	18.42±0.03	38.59±0.07	81.03±0.14	1.25±0.002
Troloks IC ₅₀ : 0.14±0.001 mg mL ⁻¹									

* IC_{50} : %50 İnhibisyon konsantrasyonu, *T: Tekrar.

Tablo 4. 82. *O. basilicum*'un 1. (2022) ve 2. (2023) deneme yılına ait uçucu yağlarında farklı derişimlere göre DPPH serbest radikali süpürüm aktivitesi [IC_{50} (mg mL⁻¹)].

Uygulama	1. Yıl				2. Yıl			
	İnhibisyon (%)			IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)	İnhibisyon (%)			IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)*
	Derişim				Derişim			
	0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)		0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)	
	1. Biçim				1. Biçim			
Ktrl	16.43±0.10	34.42±0.20	72.28±0.42	1.40±0.008	15.53±0.63	32.55±1.33	68.35±2.79	1.49±0.061
A	13.76±0.09	28.83±0.19	60.55±0.40	1.68±0.011	15.58±0.08	32.63±0.16	68.53±0.34	1.48±0.007
K	17.22±0.11	36.09±0.24	75.79±0.50	1.34±0.009	14.66±0.68	30.72±1.43	64.51±3.01	1.58±0.074
AG ₁	12.90±0.13	27.03±0.26	56.77±0.55	1.79±0.017	16.78±0.09	35.16±0.19	73.84±0.40	1.37±0.007
AG ₂	13.98±0.13	29.30±0.26	61.53±0.55	1.65±0.015	15.31±0.18	32.08±0.37	67.38±0.78	1.51±0.017
AG ₃	11.30±0.21	23.67±0.45	49.70±0.94	2.04±0.039	16.76±0.01	35.12±0.03	73.75±0.07	1.38±0.001
AG ₄	13.43±0.04	28.14±0.09	59.10±0.19	1.72±0.005	17.20±0.12	36.05±0.25	75.70±0.52	1.34±0.009
KG ₁	15.43±0.07	32.32±0.15	67.88±0.31	1.50±0.007	15.46±0.18	32.40±0.38	68.04±0.80	1.49±0.018
KG ₂	15.99±0.16	33.50±0.33	70.34±0.70	1.44±0.014	15.33±0.04	32.11±0.08	67.43±0.17	1.51±0.004
KG ₃	14.99±0.10	31.41±0.20	65.96±0.43	1.54±0.010	16.20±0.01	33.94±0.03	71.28±0.06	1.42±0.001
KG ₄	16.81±0.22	35.21±0.45	73.95±0.95	1.37±0.018	15.59±0.01	32.66±0.02	68.59±0.04	1.48±0.001
	2. Biçim				2. Biçim			
Ktrl	17.06±0.14	35.75±0.30	75.07±0.64	1.35±0.011	14.65±0.12	30.69±0.24	64.46±0.51	1.57±0.012
A	14.03±0.28	29.39±0.58	61.72±1.22	1.65±0.032	14.91±0.39	31.23±0.83	65.58±1.74	1.55±0.041
K	15.81±0.44	33.12±0.92	69.55±1.93	1.46±0.040	13.33±0.25	27.93±0.52	58.65±1.09	1.73±0.032
AG ₁	15.71±0.00	32.91±0.00	69.11±0.01	1.47±0.000	15.69±0.06	32.88±0.13	69.05±0.27	1.47±0.006
AG ₂	16.28±0.00	34.11±0.00	71.63±0.00	1.42±0.000	15.09±0.15	31.62±0.32	66.40±0.66	1.53±0.015
AG ₃	15.45±0.04	32.36±0.08	67.96±0.17	1.49±0.004	15.94±0.16	33.40±0.33	70.13±0.70	1.45±0.014
AG ₄	15.21±0.12	31.88±0.24	66.94±0.51	1.52±0.012	15.66±0.15	32.80±0.31	68.89±0.65	1.47±0.014
KG ₁	16.11±0.27	33.76±0.56	70.90±1.18	1.43±0.024	15.79±0.01	33.09±0.01	69.49±0.03	1.46±0.001
KG ₂	16.75±0.14	35.09±0.30	73.68±0.63	1.38±0.012	15.71±0.13	32.92±0.27	69.12±0.56	1.47±0.012
KG ₃	14.47±0.02	30.32±0.05	63.67±0.11	1.59±0.003	14.90±0.08	31.21±0.18	65.54±0.37	1.55±0.009
KG ₄	15.66±0.07	32.82±0.15	68.92±0.32	1.47±0.007	14.21±0.11	29.77±0.23	62.52±0.49	1.62±0.013
Troloks IC ₅₀ : 0.14±0.001 mg mL ⁻¹								

Troloks IC_{50} : 0.14±0.001 mg mL⁻¹

* IC_{50} : %50 İnhibisyon konsantrasyonu.

4.3.5 Ferri İyonu Redükleme Antioksidan Gücü (FRAP)

Denemede elde edilen ekstre ve uçucu yağların biçimlere göre FRAP indirgeme gücü varyans analizi sonuçları Tablo 4.83'te verilmiştir. Tablo 4.83'e göre, ekstrelerin FRAP indirgeme gücü değerleri yönünden biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$) ve biçimlere göre elde edilen uçucu yağlarda gübre ile nGO uygulamaları, biçim ve gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 83. *O. basilicum* ekstre ve uçucu yağında biçimlere göre FRAP indirgeme gücü varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Ekstre		Uçucu Yağ	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	325.235	0.3345	848.273	3208.3668
Uygulama	10	1385.041	1.4247	564.067	2133.4327**
Hata 1	20	972.193	-	0.264	-
Biçim (B)	3	15020.293	14.0793**	2316.088	6896.0226**
Uyg. $\times$ B	30	1333.821	1.2503	1232.461	3669.5820**
Hata 2	66	1066.833	-	0.336	-
D.K. (%)	-	14.37		11.24	

*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede elde edilen ekstrelerin ve uçucu yağların biçimlere göre FRAP indirgeme gücü değerleri Tablo 4.84'te verilmiştir. Tablo 4.84'e göre, *O. basilicum* ekstrelerinde en yüksek ve en düşük FRAP indirgeme gücü sırasıyla denemenin 1. yılının 1. biçiminde ($250.30 \mu\text{g TEs mg}^{-1}$) ve 2. yılının 2. biçiminde ($199.61 \mu\text{g TEs mg}^{-1}$) elde edilmiştir. İstatistiki değerlendirmede önemli bulunan biçimler karşılaştırıldığında, her iki deneme yılının da ilk biçimlerde daha yüksek aktivite saptanmıştır.

Tablo 4.84'e göre, denemenin 1. yılının 2. biçiminden elde edilen uçucu yağların FRAP indirgeme gücü en yüksek ($253.5 \mu\text{g TEs ml}^{-1}$) ve 1. yılının 1. biçiminden elde edilen uçucu yağların FRAP indirgeme gücü ise en düşük ($236.2 \mu\text{g TEs ml}^{-1}$) bulunmuştur. Gübre ile nGO uygulamaları arasında en yüksek ve en düşük indirgeme gücü sırasıyla KG₂ ($255.3 \mu\text{g TEs ml}^{-1}$) ve K ($232.8 \mu\text{g TEs ml}^{-1}$) uygulamalarında saptanmıştır. Uçucu yağlarda FRAP indirgeme gücü değerleri gübre ile nGO uygulamaları $\times$ biçim etkileşimi ile önemli derecede değişmiş olup, en yüksek indirgeme gücü ($276.0 \mu\text{g TEs ml}^{-1}$) A uygulamasında 1. yılın 1. biçiminde, en düşük indirgeme gücü ise ($181.0 \mu\text{g TEs ml}^{-1}$) AG₃ uygulamasında 1. yılın 1. biçiminde görülmüştür.

Tablo 4. 84. *O. basilicum* ekstre ve uçucu yağında biçimlere göre FRAP indirgeme gücü değerleri.

Uyg.	Ekstre ($\mu\text{g TEs mg}^{-1}$)					Uçucu Yağ ($\mu\text{g TEs mg}^{-1}$)				
	1. Yıl		2. Yıl		Ort.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B		1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	236.7	241	211.3	222.7	227.9	263.0 ^f	249.3 ^l	273.3 ^c	234.0 ^t	254.9 ^a
A	288.7	191.7	204.7	210	223.8	276.0 ^a	235.0 ^s	253.3 ^j	213.3 ^x	244.4 ^f
K	243.7	229	184	178	208.7	220.0 ^x	249.3 ^l	224.0 ^w	238.0 ^f	232.8 ⁱ
AG ₁	267.7	208.3	234.7	203.3	228.5	206.3 ^y	269.3 ^d	253.3 ^j	251.3 ^k	245.1 ^e
AG ₂	257	268.7	222.7	219.7	242	224.0 ^w	245.3 ⁿ	267.3 ^e	241.3 ^p	244.5 ^f
AG ₃	242	208.7	237	209.7	224.3	181.0 ^z	269.3 ^d	247.3 ^m	255.3 ⁱ	238.3 ^h
AG ₄	292	239.3	257.7	200.3	247.3	215.0 ^x	275.0 ^b	243.3 ^o	250.3 ^k	245.9 ^d
KG ₁	243	255.3	228.3	194.7	230.3	247.3 ^m	247.3 ^m	258.3 ^g	253.3 ^j	251.6 ^b
KG ₂	227.7	268	234	181	227.7	256.3 ^h	245.3 ⁿ	268.3 ^d	251.3 ^k	255.3 ^a
KG ₃	221	245	230.3	200.3	224.2	240.3 ^q	253.3 ^j	233.0 ^u	238.0 ^f	241.2 ^g
KG ₄	234	230	220.7	176	215.2	269.3 ^d	249.3 ^l	251.3 ^k	227.0 ^v	249.3 ^c
EKGF ¹	-		-		-	0.9449		-		0.4376
Ort.	250.30 ^a	235.0 ^{ab}	224.12 ^b	199.61 ^c	-	236.2 ^d	253.5 ^a	252.1 ^b	241.2 ^c	-
EKGF	16.05		-		-	0.2849		-		-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, ekstrelerin FRAP indirgeme değerlerinin, Nadeem vd. (2022)'nin ($237 \mu\text{mol Fe g}^{-1}$) ve Kanmaz vd. (2023)'nin bildirdiği değerler ($146.36 \mu\text{mol Fe g}^{-1}$) ile farklı olduğu görülmektedir.

Fesleğen yetiştiriciliğinde bitkiler, mahsul döngüsü sırasında birden fazla kez biçilir ve ürünler biçime özgü yaprak kalitesi profiline sahip olur (Nicoletto vd., 2013; Corrado vd., 2020). Diğer yandan antioksidan aktivite, bitkilerin veya ekstrelerin depolanma süresine, jeoiklim koşullarına ve ayrıca çevresel faktörlere, ekstraksiyon yöntemi ve kullanılan solvente, analiz yöntemine, hesaplama için kullanılan standartlar vb. teknolojik faktörlere de bağlıdır (Duda vd., 2015). Ayrıca, kurutma yöntemlerinin bitkilerde bulunan biyoaktif maddeler üzerinde etkili olduğu, potansiyel oksidasyonun geciktirilmesine yardımcı olarak antioksidan aktivite özelliği gösteren bileşikler koruduğu bildirilmiş (Leusink vd., 2010) ve polarite, pH, sıcaklık ve konsantrasyon gibi çözücü özelliklerinin fenolik bileşiklerin çözücü içindeki çözünürlüğünü etkileyen temel faktörler olduğu da ifade edilmiştir (Tabart vd., 2007). Fenolik bileşiklerin çözünmesine bağlı olarak da antioksidan testleri farklılık gösterir. Gavrić vd. (2018) ise, *O. basilicum*'da demir indirgeme gücü testi uygulayıp (FRAP) biçim zamanına bağlı olarak antioksidan potansiyelde anlamlı farklılık kaydedildiğini, 2. biçimde antioksidan değerlerinin daha yüksek olduğunu, biçim zamanı, toplam fenol içeriği ve antioksidan kapasite (0.840) ile toplam flavonoid içeriği ve antioksidan kapasite (0.925) arasında güçlü bir korelasyon bulunduğunu bildirmişlerdir.

Denememizde, ekstrelerin FRAP indirgeme gücü değerlerinin literatürden farklı bulunmasının, genotip, biçim zamanı, çevre ve iklim koşulları, kurutma ve ekstraksiyon yöntemleri ile kullanılan çözeltilerin farklılıkları ve uygulanan işlemlerden ileri geldiği, ayrıca uygulanmış olan nGO dozlarının da FRAP indirgeme gücünde farklılık yaratmış olabileceği düşünülmektedir.

Denememiz sonucunda uçucu yağlardan elde edilen değerler önceki çalışmalar ile kıyaslandığında, değerlerimizin, Mohammed vd. (2020)'nin (86.30 mg TEs g⁻¹) ve Kanmaz vd. (2023)'nin bildirdiği değerler (47.88 mmol FE) ile farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Genetik, çevresel koşullar ve fizyolojik faktörler, bitkilerde bulunan antioksidatif bileşiklerin bileşimini ve miktarlarını değiştirerek in vitro antioksidan aktiviteleri etkileyebilir (Li vd., 2012). Fesleğenin fenolik bileşimi ve antioksidan özelliklerinde çeşidin önemli bir rol oynadığı da bilinmektedir (Kwee ve Niemeyer, 2011).

Denememizdeki farklılığın, genetik, çevresel faktörler, tarımsal uygulamalar, iklim gibi koşullardan ileri gelmiş olabileceği ve ayrıca uygulanmış olan nGO dozlarının da uçucu yağ içeriklerine etki etmiş olabileceği ve dolayısıyla uçucu yağların FRAP indirgeme gücünde farklılık yaratmış olabileceği düşünülmektedir.

Denemede 1. yıla ait elde edilen ekstrelerde farklı derişimlere göre FRAP indirgeme gücü değerleri IC₅₀ cinsinden Tablo 4.85'te, 2. yıla ait değerler ise Tablo 4.86'da verilmiş ve her iki yıla ait uçucu yağlarda farklı derişimlere göre FRAP indirgeme gücü değerleri ise Tablo 4.87'de sunulmuştur.

Tablo 4. 85. *O. basilicum*'un 1. deneme yılına ait (2022) ekstrelerinde farklı derişimlere göre FRAP indirgeme gücü analizi [IC₅₀ (mg mL⁻¹)].

Tekrar	Uygulama	1. Biçim				2. Biçim			
		Derişim			IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)	Derişim			IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)*
		0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)		0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)	
T ₁ *	Ktrl	0.4781±0.0181	0.9789±0.0370	2.0557±0.0776	0.51±0.019	0.4150±0.0097	0.8497±0.0198	1.7844±0.0416	0.59±0.014
	A	0.5451±0.0135	1.1161±0.0276	2.3439±0.0579	0.45±0.011	0.4323±0.0021	0.8852±0.0043	1.8590±0.0090	0.56±0.003
	K	0.4549±0.0046	0.9315±0.0094	1.9561±0.0197	0.53±0.005	0.4590±0.0033	0.9400±0.0068	1.9739±0.0143	0.53±0.004
	AG ₁	0.5145±0.0062	1.0535±0.0128	2.2123±0.0269	0.47±0.006	0.3881±0.0066	0.7947±0.0135	1.6689±0.0284	0.63±0.011
	AG ₂	0.3927±0.0040	0.8041±0.0082	1.6886±0.0173	0.62±0.006	0.5199±0.0129	1.0646±0.0264	2.2357±0.0554	0.47±0.012
	AG ₃	0.3689±0.0059	0.7553±0.0121	1.5862±0.0254	0.66±0.011	0.4196±0.0052	0.8592±0.0107	1.8043±0.0226	0.58±0.007
	AG ₄	0.5371±0.0122	1.0998±0.0249	2.3096±0.0523	0.45±0.010	0.5741±0.0168	1.1756±0.0343	2.4688±0.0721	0.42±0.012
	KG ₁	0.4705±0.0138	0.9635±0.0282	2.0233±0.0592	0.52±0.015	0.3762±0.0010	0.7702±0.0020	1.6175±0.0042	0.65±0.002
	KG ₂	0.4018±0.0027	0.8227±0.0056	1.7278±0.0118	0.61±0.004	0.5572±0.0090	1.1410±0.0185	2.3960±0.0389	0.44±0.007
	KG ₃	0.4672±0.0045	0.9567±0.0093	2.0091±0.0194	0.52±0.005	0.3775±0.0127	0.7729±0.0259	1.6231±0.0544	0.64±0.022
T ₂	KG ₄	0.5311±0.0036	1.0875±0.0074	2.2838±0.0156	0.46±0.003	0.3679±0.0160	0.7532±0.0327	1.5818±0.0686	0.66±0.029
	Ktrl	0.4651±0.0059	0.9523±0.0121	1.9998±0.0255	0.52±0.007	0.4866±0.0104	0.9964±0.0213	2.0924±0.0448	0.50±0.011
	A	0.5478±0.0079	1.1217±0.0162	2.3557±0.0340	0.44±0.006	0.3528±0.0137	0.7223±0.0281	1.5169±0.0590	0.69±0.027
	K	0.4658±0.0165	0.9537±0.0337	2.0028±0.0708	0.52±0.018	0.3418±0.0048	0.7000±0.0099	1.4700±0.0207	0.71±0.010
	AG ₁	0.4608±0.0129	0.9436±0.0264	1.9815±0.0554	0.53±0.015	0.4290±0.0069	0.8785±0.0142	1.8449±0.0298	0.57±0.009
	AG ₂	0.5830±0.0121	1.1938±0.0248	2.5071±0.0521	0.42±0.009	0.5491±0.0167	1.1243±0.0342	2.3611±0.0718	0.44±0.013
	AG ₃	0.4812±0.0108	0.9853±0.0221	2.0692±0.0465	0.51±0.011	0.3756±0.0064	0.7691±0.0132	1.6151±0.0276	0.65±0.011
	AG ₄	0.4410±0.0175	0.9030±0.0358	1.8964±0.0752	0.55±0.022	0.3902±0.0082	0.7990±0.0168	1.6779±0.0353	0.62±0.013
	KG ₁	0.5173±0.0112	1.0591±0.0230	2.2242±0.0484	0.47±0.010	0.6186±0.0023	1.2667±0.0047	2.6601±0.0098	0.39±0.001
	KG ₂	0.4833±0.0041	0.9897±0.0084	2.0784±0.0176	0.50±0.004	0.4684±0.0063	0.9591±0.0129	2.0142±0.0272	0.52±0.007
T ₃	KG ₃	0.4015±0.0047	0.8222±0.0097	1.7266±0.0204	0.61±0.007	0.5538±0.0049	1.1339±0.0100	2.3812±0.0211	0.44±0.004
	KG ₄	0.3825±0.0112	0.7832±0.0229	1.6448±0.0482	0.64±0.019	0.4041±0.0114	0.8274±0.0234	1.7375±0.0492	0.60±0.017
	Ktrl	0.4159±0.0045	0.8516±0.0092	1.7885±0.0193	0.58±0.006	0.4826±0.0024	0.9882±0.0048	2.0752±0.0101	0.50±0.002
	A	0.5657±0.0098	1.1584±0.0200	2.4326±0.0420	0.43±0.007	0.3168±0.0164	0.6487±0.0335	1.3624±0.0704	0.77±0.040
	K	0.4790±0.0096	0.9807±0.0196	2.0596±0.0411	0.51±0.010	0.5126±0.0035	1.0495±0.0072	2.2041±0.0151	0.47±0.003
	AG ₁	0.5617±0.0118	1.1501±0.0241	2.4153±0.0507	0.43±0.009	0.3785±0.0024	0.7749±0.0048	1.6274±0.0101	0.64±0.004
	AG ₂	0.5026±0.0061	1.0291±0.0125	2.1612±0.0263	0.48±0.006	0.4726±0.0172	0.9677±0.0351	2.0323±0.0738	0.51±0.019
	AG ₃	0.5396±0.0098	1.1049±0.0200	2.3203±0.0419	0.45±0.008	0.4050±0.0017	0.8292±0.0035	1.7414±0.0074	0.60±0.003
	AG ₄	0.7013±0.0061	1.4360±0.0125	3.0156±0.0262	0.35±0.003	0.4093±0.0026	0.8381±0.0053	1.7600±0.0112	0.59±0.004
	KG ₁	0.4075±0.0050	0.8344±0.0102	1.7523±0.0214	0.60±0.007	0.4727±0.0173	0.9679±0.0355	2.0327±0.0745	0.51±0.019
	KG ₂	0.4236±0.0017	0.8673±0.0035	1.8213±0.0074	0.57±0.002	0.5127±0.0191	1.0497±0.0391	2.2044±0.0820	0.47±0.018
	KG ₃	0.3997±0.0041	0.8185±0.0084	1.7188±0.0176	0.61±0.006	0.4776±0.0055	0.9780±0.0113	2.0539±0.0238	0.51±0.006
	KG ₄	0.4305±0.0010	0.8815±0.0021	1.8511±0.0044	0.56±0.001	0.5487±0.0034	1.1235±0.0069	2.3593±0.0145	0.44±0.003

*IC₅₀: %50 İnhibisyon konsantrasyonu, *T: Tekrar.

Tablo 4. 86. *O. basilicum*'un 2. deneme yılına ait (2023) ekstrelerinde farklı derişimlere göre FRAP indirgeme gücü analizi [IC_{50} (mg mL⁻¹)].

Tekrar	Uygulama	1. Biçim				2. Biçim			
		Derişim			IC_{50} (mg mL ⁻¹)	Derişim			IC_{50} (mg mL ⁻¹)*
		0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)		0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)	
T ₁ *	Ktrl	0.3491±0.0018	0.7149±0.0036	1.5012±0.0076	0.70±0.004	0.4680±0.0043	0.9583±0.0089	2.0124±0.0187	0.52±0.005
	A	0.3002±0.0091	0.6147±0.0186	1.2910±0.0391	0.81±0.025	0.4339±0.0060	0.8885±0.0124	1.8658±0.0260	0.56±0.008
	K	0.2910±0.0137	0.5958±0.0281	1.2512±0.0590	0.84±0.039	0.4113±0.0122	0.8422±0.0250	1.7687±0.0525	0.59±0.018
	AG ₁	0.4134±0.0090	0.8465±0.0184	1.7776±0.0387	0.59±0.013	0.4112±0.0042	0.8420±0.0086	1.7682±0.0181	0.59±0.006
	AG ₂	0.3443±0.0049	0.7050±0.0101	1.4805±0.0211	0.71±0.010	0.4171±0.0059	0.8540±0.0121	1.7934±0.0255	0.58±0.008
	AG ₃	0.4484±0.0175	0.9182±0.0358	1.9283±0.0751	0.54±0.021	0.4080±0.0024	0.8354±0.0048	1.7543±0.0101	0.60±0.003
	AG ₄	0.4735±0.0069	0.9695±0.0142	2.0361±0.0298	0.51±0.008	0.3614±0.0031	0.7399±0.0063	1.5539±0.0133	0.67±0.006
	KG ₁	0.4685±0.0134	0.9593±0.0274	2.0145±0.0576	0.52±0.015	0.4039±0.0008	0.8270±0.0016	1.7367±0.0033	0.60±0.001
	KG ₂	0.4814±0.0248	0.9858±0.0508	2.0702±0.1067	0.51±0.026	0.3836±0.0017	0.7855±0.0035	1.6496±0.0074	0.63±0.003
	KG ₃	0.4853±0.0234	0.9937±0.0478	2.0868±0.1005	0.50±0.024	0.2752±0.0013	0.5635±0.0026	1.1834±0.0055	0.88±0.004
T ₂	KG ₄	0.5297±0.0028	1.0846±0.0058	2.2777±0.0122	0.46±0.002	0.3126±0.0039	0.6400±0.0080	1.3440±0.0168	0.78±0.010
	Ktrl	0.4399±0.0078	0.9007±0.0160	1.8916±0.0336	0.55±0.010	0.4089±0.0003	0.8373±0.0005	1.7583±0.0011	0.59±0.000
	A	0.3960±0.0212	0.8108±0.0435	1.7028±0.0913	0.62±0.033	0.3603±0.0101	0.7377±0.0207	1.5492±0.0435	0.68±0.019
	K	0.3749±0.0053	0.7677±0.0109	1.6123±0.0230	0.65±0.009	0.2688±0.0026	0.5504±0.0053	1.1558±0.0110	0.90±0.009
	AG ₁	0.4678±0.0173	0.9579±0.0355	2.0116±0.0746	0.52±0.019	0.3561±0.0032	0.7291±0.0065	1.5311±0.0136	0.68±0.006
	AG ₂	0.4679±0.0142	0.9581±0.0292	2.0120±0.0612	0.52±0.016	0.4533±0.0070	0.9283±0.0144	1.9494±0.0303	0.54±0.008
	AG ₃	0.4938±0.0089	1.0111±0.0181	2.1233±0.0381	0.49±0.009	0.3715±0.0011	0.7606±0.0023	1.5973±0.0049	0.65±0.002
	AG ₄	0.5033±0.0055	1.0306±0.0113	2.1643±0.0238	0.48±0.005	0.4011±0.0042	0.8213±0.0086	1.7248±0.0181	0.61±0.006
	KG ₁	0.4232±0.0118	0.8666±0.0241	1.8200±0.0506	0.57±0.016	0.3676±0.0037	0.7527±0.0076	1.5806±0.0159	0.66±0.007
	KG ₂	0.4404±0.0185	0.9018±0.0380	1.8938±0.0798	0.55±0.023	0.3088±0.0074	0.6322±0.0152	1.3276±0.0320	0.79±0.019
T ₃	KG ₃	0.4551±0.0243	0.9320±0.0498	1.9571±0.1045	0.54±0.029	0.4548±0.0047	0.9312±0.0097	1.9556±0.0204	0.53±0.006
	KG ₄	0.3723±0.0113	0.7624±0.0232	1.6010±0.0486	0.65±0.020	0.3502±0.0080	0.7170±0.0164	1.5057±0.0344	0.69±0.016
	Ktrl	0.4246±0.0059	0.8695±0.0121	1.8259±0.0253	0.57±0.008	0.4022±0.0001	0.8235±0.0001	1.7294±0.0003	0.60±0.000
	A	0.4797±0.0196	0.9821±0.0401	2.0625±0.0841	0.51±0.021	0.4116±0.0013	0.8428±0.0026	1.7699±0.0055	0.59±0.002
	K	0.3899±0.0178	0.7984±0.0365	1.6767±0.0766	0.62±0.029	0.3431±0.0094	0.7025±0.0193	1.4753±0.0406	0.71±0.020
	AG ₁	0.4665±0.0191	0.9552±0.0392	2.0060±0.0823	0.52±0.021	0.4005±0.0101	0.8201±0.0208	1.7222±0.0436	0.61±0.015
	AG ₂	0.4679±0.0137	0.9581±0.0280	2.0120±0.0589	0.52±0.015	0.3901±0.0041	0.7988±0.0084	1.6775±0.0177	0.62±0.007
	AG ₃	0.4203±0.0148	0.8605±0.0304	1.8072±0.0639	0.58±0.020	0.4252±0.0018	0.8706±0.0037	1.8282±0.0077	0.57±0.002
	AG ₄	0.5044±0.0179	1.0328±0.0366	2.1690±0.0769	0.48±0.017	0.3886±0.0042	0.7956±0.0086	1.6708±0.0180	0.63±0.007
	KG ₁	0.4184±0.0216	0.8567±0.0442	1.7992±0.0928	0.58±0.030	0.3475±0.0074	0.7115±0.0151	1.4941±0.0316	0.70±0.015
	KG ₂	0.4230±0.0094	0.8661±0.0193	1.8189±0.0406	0.58±0.013	0.3489±0.0064	0.7144±0.0130	1.5002±0.0274	0.70±0.013
	KG ₃	0.3829±0.0041	0.7841±0.0084	1.6466±0.0176	0.64±0.007	0.4201±0.0118	0.8601±0.0242	1.8063±0.0508	0.58±0.016
	KG ₄	0.3650±0.0020	0.7474±0.0041	1.5696±0.0086	0.67±0.004	0.3488±0.0019	0.7142±0.0039	1.4998±0.0081	0.70±0.004

* IC_{50} : %50 İnhibisyon konsantrasyonu, *T: Tekrar.

Tablo 4. 87. *O. basilicum*'un 1. (2022) ve 2. (2023) deneme yılına ait uçucu yağlarında farklı derişimlere göre FRAP indirgeme gücü analizi [IC₅₀ (mg mL⁻¹)].

Uygulama	1. Yıl				2. Yıl			
	Derişim			IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)	Derişim			IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)*
	0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)		0.5 (mg mL ⁻¹)	1.0 (mg mL ⁻¹)	2.0 (mg mL ⁻¹)	
	1. Biçim				1. Biçim			
Ktrl	0.5033±0.0029	1.0305±0.0060	2.1641±0.0126	0.48±0.003	0.5228±0.0044	1.0704±0.0091	2.2479±0.0190	0.47±0.004
A	0.4216±0.0028	0.8633±0.0056	1.8129±0.0119	0.58±0.004	0.4297±0.0085	0.8800±0.0173	1.8479±0.0364	0.57±0.011
K	0.5277±0.0035	1.0806±0.0071	2.2692±0.0149	0.46±0.003	0.4843±0.0134	0.9916±0.0275	2.0824±0.0577	0.50±0.014
AG ₁	0.3953±0.0039	0.8094±0.0079	1.6998±0.0166	0.62±0.006	0.4835±0.0032	0.9901±0.0066	2.0792±0.0139	0.50±0.003
AG ₂	0.4285±0.0039	0.8773±0.0079	1.8424±0.0166	0.57±0.005	0.5104±0.0165	1.0451±0.0337	2.1948±0.0709	0.48±0.015
AG ₃	0.3461±0.0066	0.7087±0.0134	1.4882±0.0282	0.70±0.013	0.4733±0.0012	0.9690±0.0025	2.0350±0.0052	0.51±0.001
AG ₄	0.4115±0.0013	0.8427±0.0027	1.7696±0.0056	0.59±0.002	0.4661±0.0036	0.9544±0.0073	2.0043±0.0153	0.52±0.004
KG ₁	0.4726±0.0021	0.9678±0.0043	2.0323±0.0091	0.51±0.002	0.4937±0.0082	1.0109±0.0169	2.1229±0.0354	0.49±0.008
KG ₂	0.4898±0.0049	1.0030±0.0100	2.1062±0.0209	0.50±0.005	0.5131±0.0044	1.0506±0.0090	2.2062±0.0188	0.47±0.004
KG ₃	0.4593±0.0030	0.9404±0.0061	1.9749±0.0128	0.53±0.003	0.4457±0.0040	0.9126±0.0083	1.9164±0.0173	0.55±0.005
KG ₄	0.5149±0.0066	1.0544±0.0135	2.2142±0.0284	0.47±0.006	0.4799±0.0022	0.9827±0.0046	2.0636±0.0096	0.51±0.002
	2. Biçim				2. Biçim			
Ktrl	0.4759±0.0194	0.9745±0.0398	2.0464±0.0836	0.51±0.021	0.4488±0.0035	0.9190±0.0072	1.9299±0.0152	0.54±0.004
A	0.4772±0.0023	0.9771±0.0048	2.0520±0.0100	0.51±0.002	0.4567±0.0121	0.9351±0.0248	1.9637±0.0520	0.53±0.014
K	0.4492±0.0210	0.9198±0.0430	1.9316±0.0902	0.54±0.025	0.4084±0.0076	0.8362±0.0155	1.7560±0.0326	0.60±0.011
AG ₁	0.5141±0.0028	1.0528±0.0057	2.2108±0.0120	0.47±0.003	0.4808±0.0018	0.9846±0.0038	2.0676±0.0079	0.51±0.002
AG ₂	0.4692±0.0054	0.9607±0.0111	2.0174±0.0232	0.52±0.006	0.4623±0.0046	0.9467±0.0095	1.9881±0.0199	0.53±0.005
AG ₃	0.5147±0.0012	1.0539±0.0024	2.2133±0.0051	0.47±0.001	0.4883±0.0049	0.9999±0.0100	2.0999±0.0210	0.50±0.005
AG ₄	0.5271±0.0036	1.0793±0.0074	2.2665±0.0155	0.46±0.003	0.4797±0.0046	0.9822±0.0093	2.0626±0.0196	0.51±0.005
KG ₁	0.4738±0.0056	0.9702±0.0115	2.0374±0.0241	0.51±0.006	0.4850±0.0018	0.9931±0.0038	2.0856±0.0079	0.50±0.002
KG ₂	0.4695±0.0012	0.9615±0.0024	2.0191±0.0050	0.52±0.001	0.4813±0.0039	0.9856±0.0079	2.0697±0.0167	0.51±0.004
KG ₃	0.4847±0.0161	0.9925±0.0329	2.0843±0.0690	0.50±0.017	0.4564±0.0026	0.9345±0.0053	1.9624±0.0112	0.53±0.003
KG ₄	0.4764±0.0020	0.9756±0.0040	2.0487±0.0084	0.51±0.002	0.4353±0.0034	0.8914±0.0070	1.8719±0.0147	0.56±0.004

Troloks IC₅₀: 0.13±0.001 mg mL⁻¹

*IC₅₀: %50 İnhibisyon konsantrasyonu.

4.3.6 Toplam Fenolik Madde Miktar Tayini

Denemede elde edilen ekstrelerde biçimlere göre toplam fenolik madde miktarı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.88’de verilmiştir. Tablo 4.88’de görüldüğü gibi, toplam fenolik madde miktarı değerleri yönünden biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tablo 4. 88. *O. basilicum* ekstrelerinde biçimlere göre toplam fenolik madde ve flavonoid miktarı değerlerinin varyans analizi.

Varyans Kaynağı	SD	Toplam Fenolik Madde Miktarı		Toplam Flavonoid Miktarı	
		KO	F Değeri	KO	F Değeri
Tekerrür	2	77.599	0.9193	26.922	5.9373
Uygulama	10	113.923	1.3496	1.543	0.3402
Hata 1	20	84.413	-	4.534	-
Biçim (B)	3	1489.554	15.1864**	142.706	22.0201**
Uyg. × B	30	121.537	1.2391	2.181	0.3365
Hata 2	66	98.085	-	6.481	-
D.K. (%)	-	10.91		42.89	

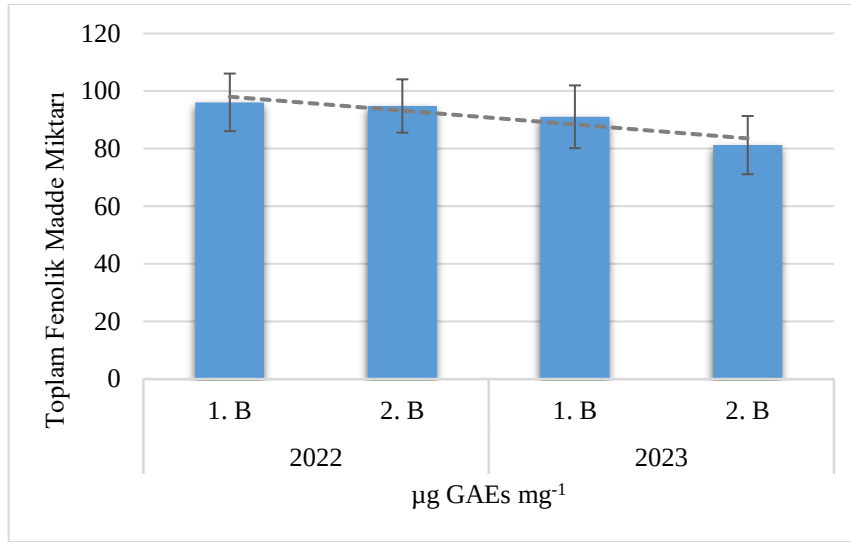
*: $p \leq 0.05$ ve **: $p \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemede elde edilen ekstrelerde biçimlere göre toplam fenolik madde miktarı değerleri Tablo 4.89’da verilmiştir. Tablo 4.89 ve Şekil 4.53’e göre, denemenin 1. yılının 1. ve 2. biçimleri ile 2. yılının 1. biçimi aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek (96.09, 94.82, 91.08 $\mu\text{g GAEs mg}^{-1}$) toplam fenolik madde miktarına ulaşmışken, 2. yılının 2. biçiminden elde edilen miktar ise en düşük (81.25 $\mu\text{g GAEs mg}^{-1}$) bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarı değerlerinin uygulamalardan istatistiksel olarak etkilenmediği görülmüştür.

Tablo 4. 89. *O. basilicum* ekstrelerinde biçimlere göre toplam fenolik madde ve flavonoid miktarı değerleri.

Uyg.	Toplam Fenolik Madde Miktarı ($\mu\text{g GAEs mg}^{-1}$)					Toplam Flavonoid Miktarı ($\mu\text{g QEs mg}^{-1}$)				
	1. Yıl		2. Yıl		Ort.	1. Yıl		2. Yıl		Ort.
	1. B	2. B	1. B	2. B		1. B	2. B	1. B	2. B	
Ktrl	93.17	95.94	85.33	90.63	91.27	4.59	6.12	8.83	4.16	5.93
A	104.98	84.48	83.12	85.44	89.51	5.98	4.6	8.22	3.97	5.69
K	94.3	97.33	87.11	72.5	87.81	5.01	5.79	8.21	4.08	5.77
AG ₁	100.4	86.71	95.77	82.75	91.41	5.72	5.14	9.57	3.86	6.07
AG ₂	93.55	102.68	89.35	89.32	93.73	4.33	5.47	8.45	4.29	5.63
AG ₃	97.68	89.1	95.22	85.36	91.84	5.36	4.72	8.72	4.44	5.81
AG ₄	108.72	93.2	105.03	81.56	97.13	5.65	5.08	10.27	4.06	6.27
KG ₁	96.98	97.85	92.19	79.28	91.58	6.61	6.21	11.21	3.4	6.86
KG ₂	89.52	103.41	91.07	73.78	89.45	6.3	6.07	7.55	3.3	5.8
KG ₃	90.25	99.56	88.75	81.49	90.01	6.05	6.92	7.32	2.99	5.82
KG ₄	87.47	92.79	88.99	71.67	85.23	4.87	6.44	8.2	3.04	5.64
EKGF ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ort.	96.09 ^a	94.82 ^a	91.08 ^a	81.25 ^b	-	5.50 ^b	5.69 ^b	8.78 ^a	3.78 ^c	-
EKGF	4.868				-	1.251				-

¹:En Küçük Güvenilir Fark (%5) / Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, $p \leq 0.05$ göre anlamlı değildir.



Şekil 4. 53. *O. basilicum* ekstrelerinde biçimlere göre toplam fenolik madde miktarı (µg GAEs mg⁻¹).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, toplam fenolik madde miktarı değerlerimizin, Yaldiz ve Camlica (2022)'nin (4.47-42.94 mg GAE g kuru ağırlık⁻¹), Kanmaz vd. (2023)'nin (55.64 mg GAE g⁻¹), Aburigal vd. (2017)'nin (0.408-0.881 mg GAE g⁻¹), Naidu vd. (2016)'nin (45.38 mg ml⁻¹ GAE g⁻¹) ve Balanescu vd. (2020)'nin bildirdiği (96.32 mg GaEq 1 g⁻¹) değerlerden düşük olduğu görülmüştür.

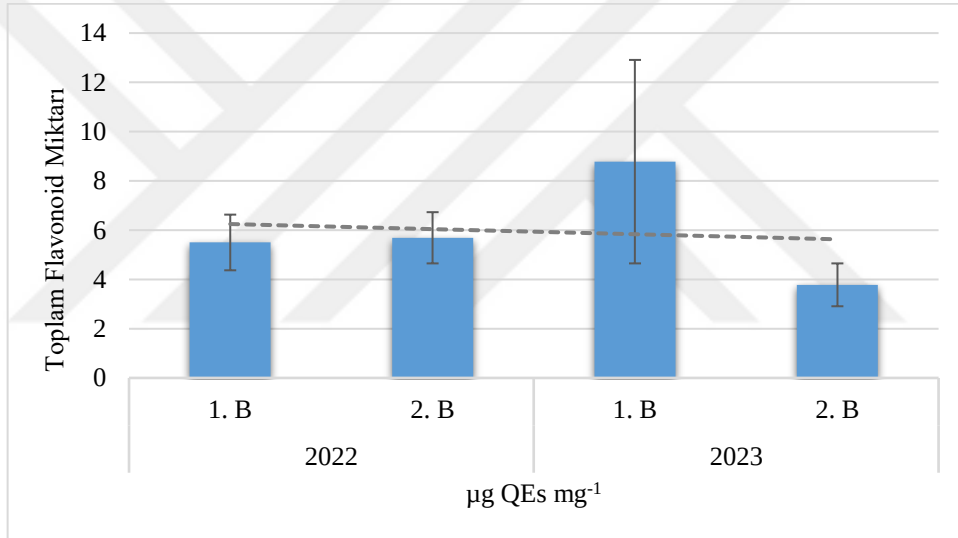
Biyolojik çeşitliliğin, mevsimsel farklılıkların fenolik bileşenleri güçlü bir şekilde etkilediği (Kumar ve Roy, 2018), fenolik maddelerin bitkinin ontogenetik aşamasına, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine bağlı olduğu (Zielinska ve Matkowski, 2014), UV ışın miktarının (Buchholz vd., 1995; Tosserams vd., 1996), hastalık ve zararlılara maruz kalma gibi faktörlerin (Shan vd., 2005) ve yağışların fenolik madde içeriğini etkilediği bildirilmiştir (Zheng ve Wang, 2001). Bununla birlikte, Hassanpouraghdam vd. (2023), yaptıkları çalışmada GO uygulamasının kontrole göre daha yüksek fenolik içeriğe ulaştığını (64.8 mg g⁻¹ FW'ye kıyasla 77.8 mg g⁻¹ FW) bildirmişlerdir. Gavrić vd. (2018), *O. basilicum*'da toplam fenolik madde miktarının biçimlerden etkilendiğini ve en yüksek fenolik madde miktarının 2. biçimden elde edildiğini belirtmişlerdir.

Denemede elde edilen fenolik madde miktarı değerlerinin literatür ile farklılık göstermesinin, literatürde belirtilen çevresel koşullar, uygulanan yöntemler, biçim zamanı ve yönetsel uygulamalar gibi sebeplerden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

4.3.7 Toplam Flavonoid Miktar Tayini

Denemede elde edilen ekstrelerde biçimlere göre flavonoid miktarı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.88’de verilmiştir. Tablo 4.88’de görüldüğü gibi toplam flavonoid miktarı değerleri yönünden biçim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Denemede elde edilen ekstrelerde biçimlere göre toplam flavonoid miktarı değerleri Tablo 4.89’da verilmiştir. Tablo 4.89 ve Şekil 4.54’e göre, denemenin 2. yılının 1. biçiminden elde edilen ekstrelerde en yüksek ($8.78 \mu\text{g QEs mg}^{-1}$) toplam flavonoid miktarı saptanmış ve 2. yılının 2. biçiminden elde edilen miktar ise en düşük ($3.78 \mu\text{g QEs mg}^{-1}$) bulunmuştur. Toplam flavonoid miktarı değerlerinin uygulamalardan istatistiksel olarak etkilenmediği görülmüştür.



Şekil 4. 54. *O. basilicum* ekstrelerinde biçimlere göre toplam flavonoid miktarı ($\mu\text{g QEs mg}^{-1}$).

Literatür verileri ile denemeden elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında, toplam flavonoid miktarı değerlerimizin, Ullah vd. (2022)’nin ($203.4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), Yaldiz ve Camlica (2022)’nin ($4.42\text{-}14.33 \text{ mg QE g kuru ağırlık}^{-1}$), Balanescu vd. (2020)’nin ($619.34\text{-}689.05 \text{ mg QEq } 1 \text{ g}^{-1}$) ve Kanmaz vd. (2023)’nin bildirdiği ($19.90 \text{ mg GAE g}^{-1}$) değerlerden düşük olduğu görülmüştür.

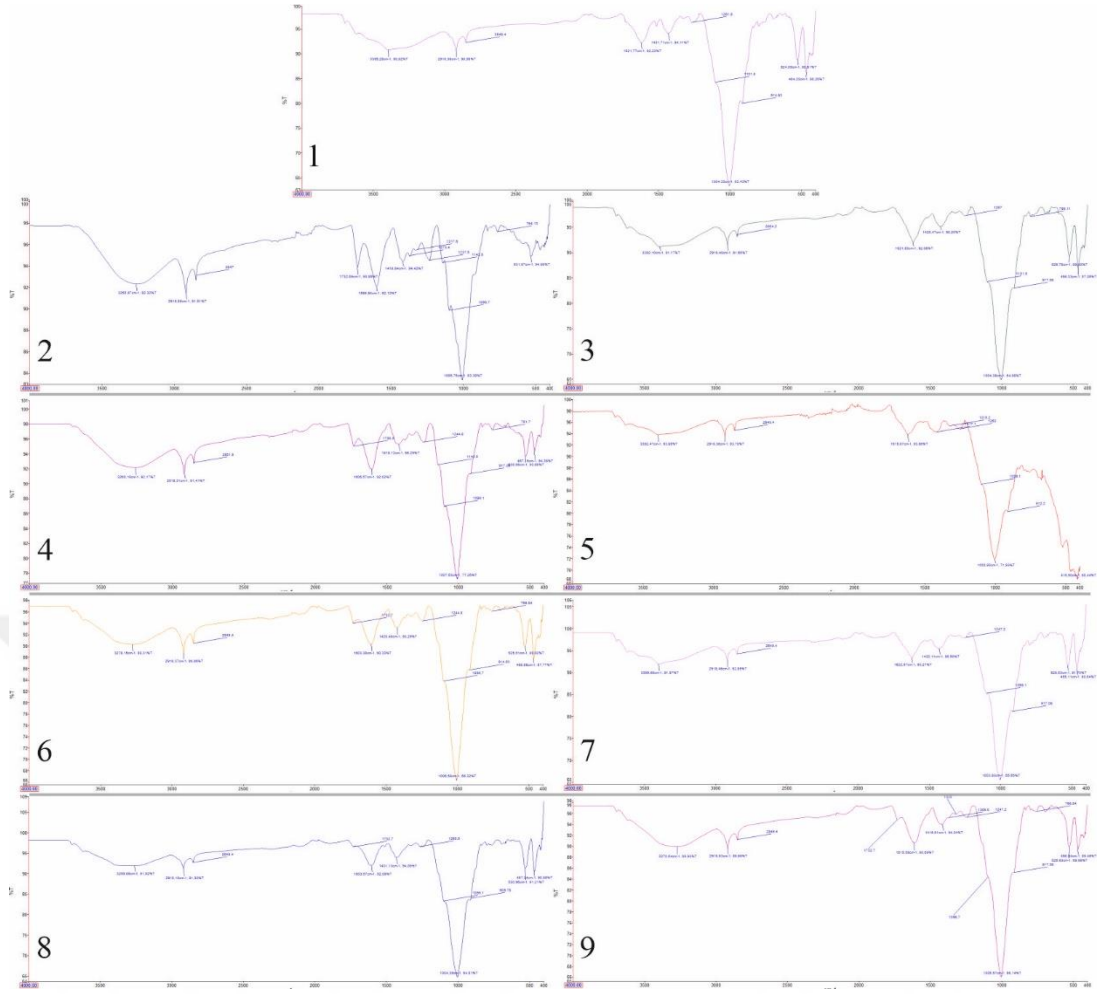
Su, hava, toprak, rakım, türler arasındaki farklılıklar, ekstraksiyon yöntemleri gibi birçok faktörün, fenoller ve flavonoidler de dahil olmak üzere bitkilerdeki sekonder metabolitlerin miktarını etkilediği (Zargoosh vd., 2019) ve ışık, ultraviyole radyasyon, sıcaklık, tuzluluk, kuraklık vb. çevresel koşulların da bitkilerin büyüme ve gelişimini etkileyerek sekonder metabolitlerin sentezinde ve

birikmesinde değişikliklere neden olabileceği bilinmektedir (Li vd., 2020). Hassanpouraghdam vd. (2023), yaptıkları çalışmada, tarhun bitkisine yapraktan çinko oksit, nano-çinko-oksit, FeEDTA, nano-demir (manyetik demir) ve GO uygulamışlar ve en dūřuk flavonoid içeriğinin (4.14 mg g^{-1}) GO uygulamasında saptandığını bildirmişlerdir. Gavrić vd. (2018), *O. basilicum*'da toplam flavonoid miktarının biçimlerden etkilendiğini ve en ysek flavonoid miktarının 2. biçimden elde edildiğini bildirmişlerdir.

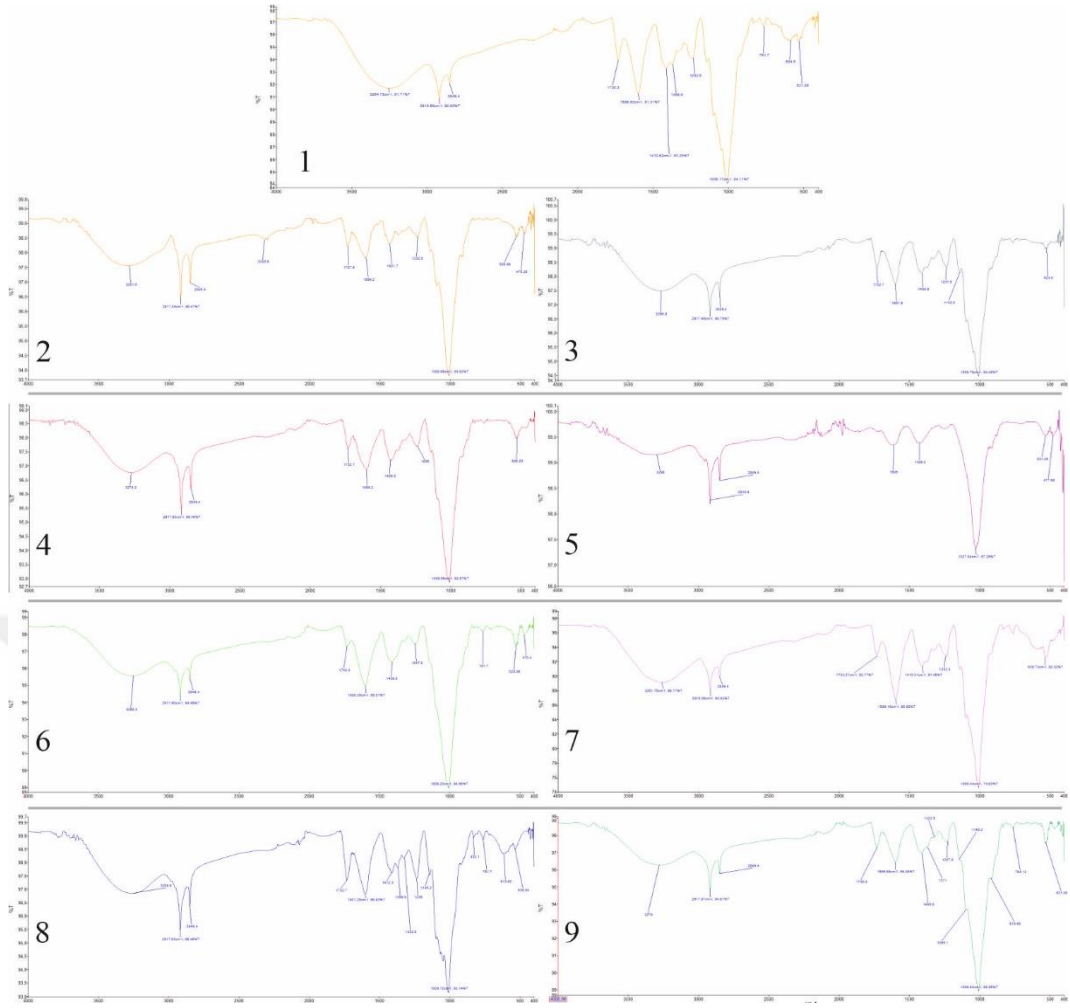
Dolayısıyla, deneme sonuçlarımız ile diğer çalışmaların verileri arasındaki farklılıkların sebebi olarak fesleğenin çeşidi, iklim, ontogenetik varyabilite, mevsim ve coğrafi koşullara bağlı değişiklikler ve tarımsal uygulamaların olabileceği dūřünülmektedir.

4.3.8 nGO Kalıntı Durumu

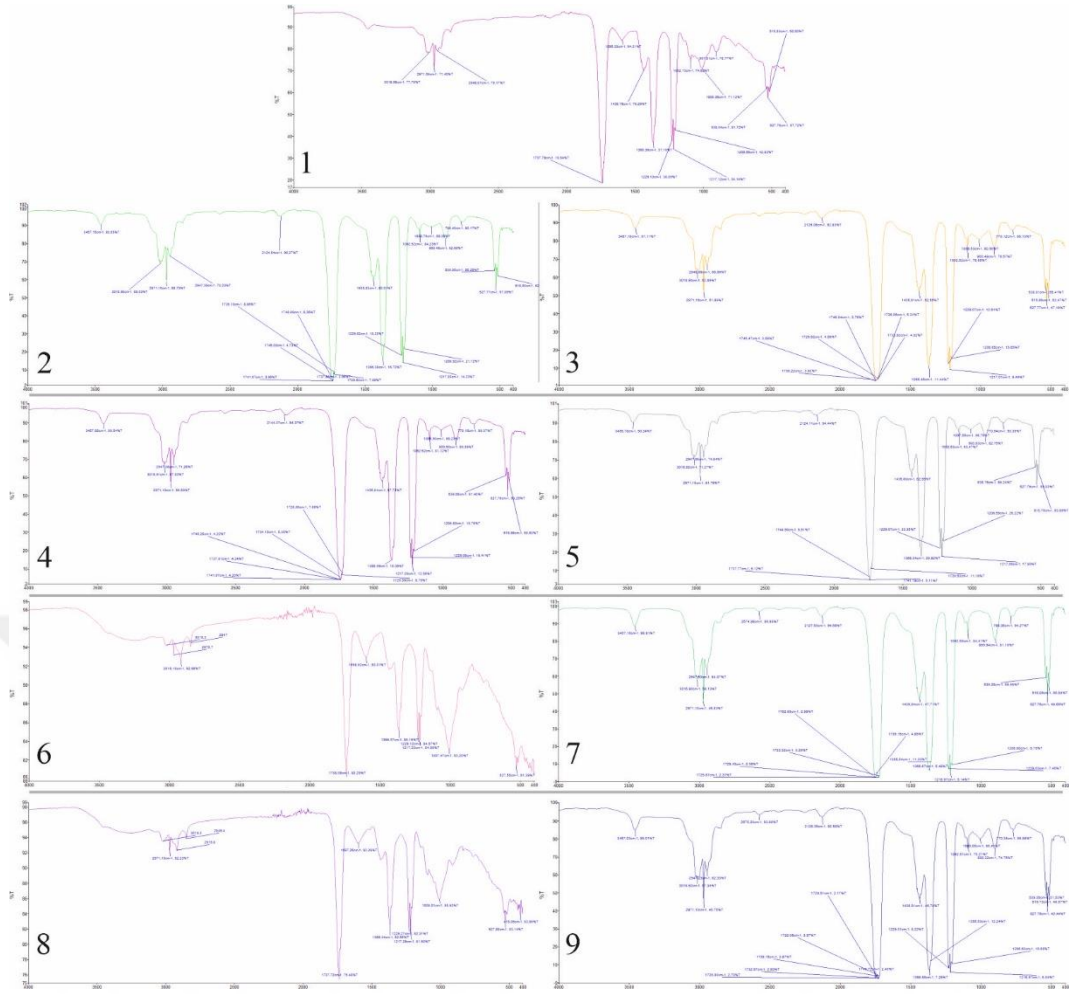
Farklı dozlarda yaprağa pskrtlen grafen oksit nanopartikl (nGO), ahır gübresi ve kimyasal gübre (NPK) uygulamalarıyla yetiştirilen fesleğen (*O. basilicum* L. var. *dino*)'in kuru yapraklarında nGO kalıntısı iki yılda gerçekleşen toplam 4 biçimde kontrol grubunda ve nGO pskrtlen 8 uygulamada incelenmiştir. Örneklerin FT-IR spektrumları Fotoğraf 4.1-4'te verilmiştir.



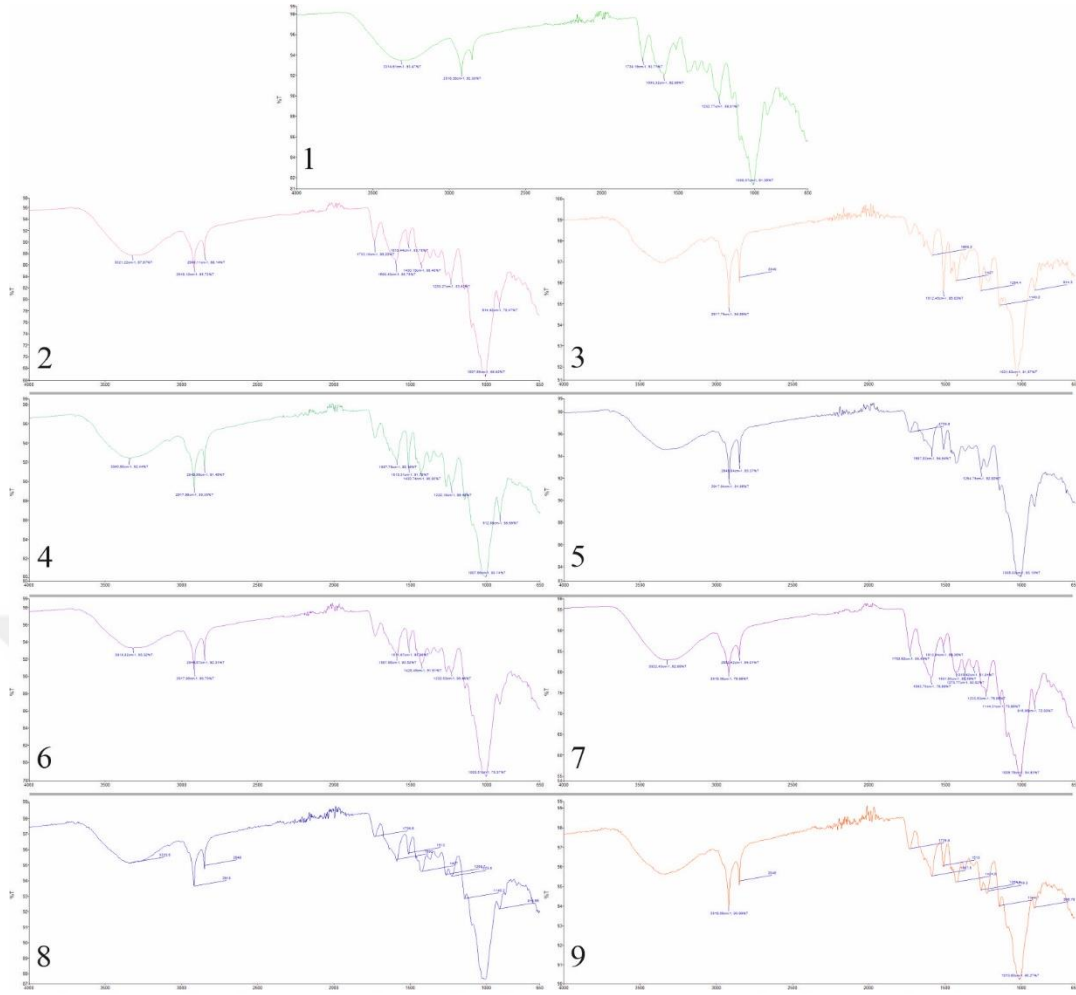
Fotoğraf 4. 1. *O. basilicum*'un 1. yılın 1. biçiminin kuru yaprak örneklerinde FT-IR spektrumları
1) Ktrl, 2) AG₁, 3) AG₂, 4) AG₃, 5) AG₄, 6) KG₁, 7) KG₂, 8) KG₃, 9) KG₄.



Fotoğraf 4. 2. *O. basilicum*'un 1. yılın 2. biçiminin kuru yaprak örneklerinde FT-IR spektrumları
1) Ktrl, 2) AG₁, 3) AG₂, 4) AG₃, 5) AG₄, 6) KG₁, 7) KG₂, 8) KG₃, 9) KG₄.



Fotoğraf 4.3. *O. basilicum*'un 2. yılın 1. biçiminin kuru yaprak örneklerinde FT-IR spektrumları
1) Ktrl, 2) AG₁, 3) AG₂, 4) AG₃, 5) AG₄, 6) KG₁, 7) KG₂, 8) KG₃, 9) KG₄.



Fotoğraf 4. 4. *O. basilicum*'un 2. yılın 2. biçiminin kuru yaprak örneklerinde FT-IR spektrumları
1) Ktrl, 2) AG₁, 3) AG₂, 4) AG₃, 5) AG₄, 6) KG₁, 7) KG₂, 8) KG₃, 9) KG₄.

Sonuçlar kıyaslandığında kontrol gruplarının ve nGO uygulaması yapılmış olan örneklerin FT-IR spektrumlarında nGO'ya ait, özellikle CC esneme titreşimlerine ait herhangi bir pik gözlemlenmemiştir. Ayrıca yaklaşık olarak 1009 cm⁻¹ dalgasında gözlemlenen CC pikinin uygulama yapıldıktan sonra intensitesi değişmemiş olup pikte herhangi bir kayma da gözlemlenmemiştir. Bunun yanı sıra kontrol grubuna ait FT-IR spektrumunda CH₂ ve CH₃ pikleri 2850-2950 cm⁻¹ aralığında gözlemlenmiş olup uygulama yapıldıktan sonra bu piklerde de herhangi bir değişiklik saptanmamıştır. Kontrol grubuna ait CN ve CO piklerinde de bir değişiklik izlenmemiştir. Bazı spektrumlarda OH pikinde çok küçük farklar olup bu pik örnekler değil yapıdaki neme ait olduğundan dolayı yapıların farklı oranda nem tutmasından kaynaklanmaktadır.

Boyutlarına bağlı olarak, nanopartiküller apoplasttan bitki hücrelerine girebilir, endositoz yoluyla plazma membranını geçebilir; daha sonra simplastik

akış yoluyla bir parçadan diğerine yer değiştirebilirler (Rico vd., 2011). Ayrıca nanopartiküllerin çekirdek, plastidler ve vakuoller gibi hücre altı organellere taşındığına dair kanıtlar da vardır (Chichiriccó ve Poma, 2015; Da Costa ve Sharma, 2016). Nanopartiküllerin genel olarak reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi yoluyla bitkiler üzerinde toksik etkiler gösterebildikleri bildirilmektedir (Rastogi vd., 2017; Marslin vd., 2017). Yaprğa püskürtme durumunda, nanopartiküller öncelikle stomalardan alt stoma odasına ve ardından mezofil hücrelerine girer. Bitki hücrelerine girdikten sonra nanopartiküller, plazmodesmata yoluyla apoplastik veya simplastik olarak bir hücreden diğerine taşınabilir ve ksilem veya floemin sıvı kolonu yoluyla bitki içinde yer değiştirebilir (Hauck vd., 2008; Lala, 2021). Bitkide hareket potansiyeline sahip olan farklı nanopartiküller birçok organa ulaşarak etkilerini hücre boyutuna kadar sürdürebilirler. Bu durumda daha önce de bahsedildiği gibi, boyut, türev ve uygulama şekline bağlı olarak hem bitkide hem bitkiyi tüketen canlılarda toksik etkilere yol açabilirler. Ancak, denememizde yapılan FT-IR analizlerinde nGO kalıntısına rastlanmamıştır. Muhtemelen uygulama şekli, uygulama sırasında bitkinin yaşam evresi ve hatta uygulanan konsantrasyon bu sonucun ortaya çıkmasına etki etmiş olabilir. Fakat, kalıntı durumunun farklı yöntemlerle incelenmesi de gerekebilir.

5. TARTIŞMA

Yürütölmüş olan bu tez çalışmasında nanoteknoloji ürünü sayılan, farklı dozlarda yaprağa pöskürtölen grafen oksit nanopartikölü (nGO), ahır gübresi ve kimyasal gübre (NPK) uygulamalarıyla yetiştirilen tıbbi, aromatik ve baharat niteliğı taşıyan, ekonomik açıdan birçok ölkede geniş çapta üretimi yapılan ve farklı toplum ve költürlerde yaygın kullanım alanına sahip fesleğen (*O. basilicum* L.) bitkisinin Dino çeşidinde bu uygulamaların bazı tarımsal parametreler, fenolojik özellikler ve biyolojik aktiviteler üzerine etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Deneme, Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi (AFSÜ), Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Uygulama ve Araştırma Sahası'nda (38°46' N, 30°27' E, rakım 1009 m) iki yetiştirme sezonunda (2022-2023) gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışması tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre tasarlanarak kontrol grubu, ahır gübresi (A / 30 t ha⁻¹), kimyasal gübre [(K) NPK / 90:60:60 kg ha⁻¹], A+nGO₁₀₀, A+nGO₂₀₀, A+nGO₃₀₀, A+nGO₅₀₀, K+nGO₁₀₀, K+nGO₂₀₀, K+nGO₃₀₀, K+nGO₅₀₀ olmak üzere toplam 11 parselden oluşmuştur. Hazırlanan nGO solösyonları her biçim döneminde fesleğenler 8-12 yaprağa sahip olduklarında ilgili parsellere uygulanmış olup, 14 gün sonra uygulama tekrarlanmıştır.

Çiçeklenme döneminin başlangıcında biçilip tarımsal özellikleri incelenen fesleğende ahır gübresi uygulaması, kontrol grubu ve NPK uygulamasına kıyasla bariz bir şekilde daha yüksek değerlere sahip olmuştur. NPK uygulaması ise ikinci sırada yer almıştır. Ahır gübresinin daha iyi verime yol açmasının sebebinin muhtemel olarak toprak yapısına olan etkisi ve hem kendi bünyesinde barındırdığı hem de toprakta bulunan besin elementlerinin bitki tarafından emilimini kolaylaştırması olarak düşünölmektedir. Konu ile ilgili birçok araştırma da denememizden elde edilen sonuçları desteklemektedir.

Denememizin yürütöldüğü arazi toprağında daha önce herhangi bir zirai faaliyetin yapılmadığı ve yapılan toprak analizine göre düşük organik madde oranına sahip olduğı göz önünde tutulduğunda, organik gübrenin faydalı olduğı ortaya çıkmaktadır. Özellikle az verimli topraklarda organik gübrelerin daha elverişli olduğı ve verimliliğı arttırdığı bildirilmiştir (Omidbeigi, 2014). Ahır gübreleri, bitki büyümesi için gerekli olan tüm önemli makro besin elementlerinin (N, P, K, Ca, Mg, S) yanı sıra mikro elementleri de (Fe, Mn, Cu ve Zn) sağlar. Bu

nedenle ahır gübresi bir nevi tam gübre (mixed / complete fertilizer) görevi görür (Mahajan vd., 2008; Khan vd., 2010). Bu gübreler toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirir (Tadesse vd., 2013). Ahır gübresi uygulamasına bağlı olarak toprak yapısında meydana gelen iyileşme, kök gelişimi için daha iyi bir ortama yol açmaktadır (Prasad ve Sinha, 2000). Ayrıca toprağın su tutma kapasitesini de artırır (Dejene ve Mekonnen, 2012).

Elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda NPK gübresi de bitkilerde incelenen tarımsal özelliklerin artışına sebep olmuştur. N, P, K elementlerinin uygulanması toprak içeriğini, bitki büyüme ve gelişimini, sekonder metabolitlerin biyosentezini ve birikimini önemli ölçüde etkileyebilir. Bitki verimliliği açısından bu elementlerin birlikte kullanımı tek uygulamaya göre daha etkilidir (Bernstein vd., 2019). Bitkilerin optimal büyüme ve gelişmesi için makro ve mikro elementlerin uygulanması gereklidir. Özellikle nitrojen (N), bitkiler tarafından amino asitler, peptitler, proteinler, enzimler veya nükleik asitler gibi birçok organik bileşiği oluşturmak için kullanılan ana besinlerden biridir (Ma ve Shi, 2011; Ma vd., 2012). Fosfor (P) bir bitkinin kuru ağırlığının yaklaşık %0.2 ila %0.4'ünü oluşturur. Bu madde hücrenin membran sisteminin, kloroplastın ve mitokondrinin yapısal bir bileşenidir (Rychter ve Rao, 2005) ve enerji açısından zengin fosfatın, yani adenozin trifosfatın (ATP) oluşumunda önemli bir rol oynar ve ayrıca nükleik asitlerin metabolik yolunu kontrol eder (Bernal vd., 1998). Potasyum (K) ise en fazla bulunan inorganik katyondur ve bitkilerin optimum büyümesini sağlamak için önemli bir besin maddesidir (White ve Karley, 2010). Bu element protein sentezi, şeker taşınması, N ve C metabolizması ve fotosentezi düzenleyen önemli enzimlerin aktivatörüdür ve verimin oluşmasında ve kalite artışında önemli rol oynamaktadır (Marschner, 2012; Oosterhuis vd., 2014).

Nanopartiküllerin bitkiler üzerindeki etkileri geniş çapta araştırılmış ve bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkileri rapor edilmiştir. Son metabolomik çalışmalar, nanopartiküllerin reaktif nitrojen/oksijen türlerini, gen ifadesini ve sinyal yollarını modüle ederek bitkilerdeki sekonder metabolitlerin konsantrasyonunu etkilediğini göstermektedir (Selvakesavan vd., 2023). Nanopartiküllerin primer ve sekonder metabolitlerin sentezi üzerindeki azaltıcı ve arttırıcı etkileri hakkında çeşitli bilimsel raporlar bulunmaktadır. Bu kaynakların çoğu, nanopartiküllerin optimum etkinliği için uygun konsantrasyonda

kullanılması gerekliliğini vurgulamaktadır. Ayrıca farklı türlerin nanopartiküllerin kullanımına çok farklı tepkiler verdiği de açıklanmıştır (Selvakesavan vd., 2023).

Tez çalışmasında yapraktan uygulanan 100, 200, 300 ve 500 mg L⁻¹ nGO konsantrasyonları her iki kültür yatağında da (ahır gübresi ve NPK parselleri) verim komponentlerinde artışa neden olarak konsantrasyon artışıyla da verimin olumlu yönde etkilendiği görülmüştür. Artışlar ahır gübresi uygulanan parsellerde daha yüksek olmuştur. Bunun sebebinin daha önce de bahsedildiği gibi, ahır gübresinin verimlilik açısından elverişliliği olduğu tahmin edilmektedir.

Çok sayıda bilimsel rapor, bitki büyümesini teşvik eden grafen ailesine ait nanomateriyallerin, umut verici sonuçlarını ortaya koymuştur. Kök büyümesini teşvik etmek, hücre zarı yapısına zarar vermek, antioksidan sistemleri ve hormon konsantrasyonlarını değiştirmek gibi grafen nanomateriyallerinin uygulanmasının neden olduğu morfolojikten biyokimyasal ölçeğe kadar birçok değişikliğin tümü gen ekspresyon düzeyiyle eşleştirilebilir (Zhang vd., 2022). Bu sebepten dolayı nGO başta olmak üzere, nanopartiküllerin olumlu ve olumsuz yönlerini birbirinden bağımsız değerlendirmek pek mümkün değildir. Nanopartiküllerin bitkiler üzerindeki etkilerinin, birçok çalışmada da vurgulandığı gibi bitki genetiği (tür ve çeşit), kullanılan nanomateriyalin türevi ve konsantrasyonuna bağlı olduğu belirlenmiştir.

Literatür tarandığında açık arazi koşullarında yapraktan uygulanan nanopartiküllerle ilgili çok az çalışma bulunduğu görülmektedir. Nanopartiküllere maruz kalan bitkinin tepkisi bir dizi morfolojik ve fizyolojik değişikliklere yol açmaktadır. Bu değişikliklerin kapsamını etkileyen temel faktörler arasında nanopartiküllerin kimyasal yapısı, boyutu, konsantrasyonu, yüzey kaplaması, reaktivitesi, işlem süresi, uygulama yöntemi ve bitki türü veya çeşidi yer almaktadır (Khodakovskaya vd., 2009; Bijali ve Acharya, 2020; Santás-Miguel vd., 2023). Nanopartiküller ile yapılan önceki çalışmalarda bu maddelerin bitkilerin büyüme ve gelişmelerine çeşitli etkiler gösterdiği bildirilmiştir, ancak birçok çalışmada uygun konsantrasyona vurgu yapılmıştır. Kaynaklar incelendiğinde nanopartiküllerin yüksek dozlarda toksik olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda nanopartiküller ya tohumlara (prepriming) ya da toprağa uygulanmış ve bu yöntemle uygulanan maddeler bitkinin genetik materyali ile temas ettiğinden çimlenme başlangıcından itibaren etkili olmuştur. Ayrıca çalışmaların birçoğunda da gelişme süresi tamamlanmadan incelemeler yapılmıştır. Bu nedenle açık arazide

yürütülen denememizde bitkinin yeşerip sapa kalkma döneminde uygulanan nGO'dan elde edilen sonuçlar ile literatür bilgilerinin kıyaslanması pek mümkün değildir. Ancak, grafen oksit (GO) türevlerinin kullanımının bitkiler üzerinde olumlu etkileri kanıtlanmıştır. Grafen ailesinin önemli bir üyesi olan GO, epoksi, hidroksil ve karboksil gruplarını içeren grafenin oksitlenmiş formudur (Georgakilas vd., 2015). Bu gruplar GO'nun diğer grafen türevlerinden (örneğin halojenürler veya amidler) daha iyi özelliklere sahip olmasına izin verir ve GO'nun bu özellikleri arasında fizyolojik stabilite, biyouyumluluk ve hidrofiliklik bulunur (Liu vd., 2010). GO'nun kendine özgü özellikleri biyotıp, kimya, çevre koruma, enerji depolama ve tarımdaki umut verici uygulamalarını hızla genişletmiştir (Wang vd., 2019a, b). Nüfus artışı ve gıda ihtiyacının kritik boyutlara ulaşması ile birlikte farklı formülasyonlarda bulunan GO kullanımı gibi yeni tarımsal tekniklerin uygulanması ilgi görmektedir (Martínez-Ballesta vd., 2016). GO'nun bitki büyümesi üzerindeki etkileri tohum çimlenmesi, kök ve dal (sap) büyümesi ve çiçeklenme gibi farklı gelişim aşamalarında değişiklik gösterir. GO'nun biyolojik etkileri, bitki türleri ve GO konsantrasyonu gibi değişkenlerle ilişkilidir (Yang vd., 2022).

Bu bulgular GO'nun bitki büyümesini teşvik etmek için belirli bitki türlerine uygun konsantrasyonda kullanılması gerektiğini hatırlatmaktadır. Bununla birlikte daha önce de vurgulandığı gibi nanopartiküller (NP) ile yapılan birçok araştırmada, söz konusu kimyasallar genelde "prepriming" olarak tohum üzerine veya genç fidelere kökten uygulanmıştır. Bu durumda NP'lerin absorpsiyonu maksimum düzeyde gerçekleşmektedir. Bitkilerde besin alımının birincil yolu köklerdir. Ancak, yapraktan uygulamalarda (püskürtme şeklinde) hedef maddelerin emilimi kökten daha hızlı gerçekleşerek etkisi de bir o kadar hızlı ortaya çıkmaktadır. Yaprakların mumlu kütikulası (waxy cuticle) su, besin ve diğer maddelerin bitkiye girişini kısıtlamaktadır. Ayrıca birçok endojen ve egzogen (Örn; rüzgâr, sıcaklık, buharlaşma vb.) faktör de yapraktan uygulamanın etkisini azaltır. Bu denemede nGO yaprağa püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Yapraktan uygulamanın kısıtlayıcı yönleri göz önünde bulundurularak, nGO dozları oransal olarak biraz yüksek belirlenmiştir.

Tarımsal parametreler ile birlikte denememizde fesleğen bitkisinin kimyasal özellikleri ve biyolojik aktivitesi de incelenmiştir. En yüksek uçucu yağ oranı kontrol grubunda tespit edilmiştir. Sekonder metabolitlerin bitkilerde fonksiyonları değerlendirildiğinde birçok bulgu bu maddelerin biyotik ve abiyotik streslere karşı

toleransı arttırdığını yönündedir. Denememizde besin kısıtlılığı yaşayan bitkilerde daha fazla uçucu yağ sentezlendiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, ahır gübresinin uygulandığı parsellerde uçucu yağ oranının NPK uygulanan parsellerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Sekonder metabolitlerin sentez yollarında nitrojen elementi oldukça etkilidir. Ancak, bazı mikro elementler de çeşitli fizyolojik yollardan sekonder metabolit üretimini etkilemektedir. Muhtemelen ahır gübresinin sağladığı mikro elementler uçucu yağ sentezini olumlu yönde etkilemiştir.

Uygulanan nGO ve konsantrasyonunun artışı ile uçucu yağ oranında düşüş yaşanmıştır. Uçucu yağ sentezi ile ilgili birçok etkili faktör bulunmaktadır. Bunlardan birisi kaynak-kapasite konusudur. Öte yandan tarımsal parametrelerde de görüldüğü gibi nGO uygulaması ve artan konsantrasyonlar bitkilerin vejetatif gelişimini hızlandırmıştır. Muhtemelen bu nanopartikül stres koşullarını minimize ederek, sekonder metabolit üretimini de etkilemiştir. Denemede, uçucu yağ bileşenleri incelendiğinde linalool majör bileşen olarak tespit edilmiş ve bunu sırasıyla öjenol, 1,8-sineol ve *cis*- α -bergamoten takip etmiştir.

Denememizde ekstreler ve uçucu yağlar üzerinde DPPH ve FRAP olmak üzere iki farklı antioksidan aktivite tespit yöntemi uygulanmış ve ekstrelerin uçucu yağlardan daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Ekstrelerde gübreleme uygulamaları bakımından istatistiki bir fark bulunmazken, uçucu yağların gösterdiği antioksidan aktivitede gübreleme uygulamaları açısından istatistiki olarak önemli fark bulunmakta olup, her iki yöntemde de en yüksek aktivite kontrol gruplarında belirlenmiştir. Toplam fenolik madde ve flavonoid miktarı ise uygulamalardan istatistiksel olarak etkilenmemiş, sadece biçimler anlamlı bulunmuştur.

Genetik yapı başta olmak üzere, iklim şartları, toprak yapısı, bakım işlemleri, biçim zamanı ve biçim sonrası işlemler gibi faktörler tıbbi ve aromatik bitkilerde verim komponentlerini etkilemektedir (Soltanbeigi ve Sakartepe, 2020). Deneme süresince yapılan tüm agroteknik uygulamaların eşit şekilde olmasına özen gösterilmiştir. Ancak, iklim şartları 2 deneme yılında oldukça değişiklik göstermiştir. Çalışmalar, bitkilerin yanıt ve adaptasyonda bu çevresel zorlukla yüzleşmek için savunma sisteminin bir parçası olarak terpenoid düzeylerini arttırmak amacıyla hücre metabolizmasındaki değişiklikleri kullandıklarını göstermektedir (Khakdan vd., 2016). Stres koşulları altındaki bitkilerde sekonder metabolitlerin artışına ilişkin üç hipotez öne sürülmüştür. Bir hipoteze göre stresli

ve normal şartlarda yetişen bitkilerde sekonder metabolitlerin üretim miktarı aynıdır. Ancak, stres altındaki bitkilerde üretilen biyokütle miktarının az olması nedeniyle bu maddelerin bitkilerdeki konsantrasyonu artmaktadır (Paulsen ve Selmar, 2016). Başka bir hipoteze göre stres, sekonder metabolit üreten enzimlerin aktivitesini artırır (Radwan vd., 2017). Üçüncü hipotezde ise stres altında CO₂ emiliminin azalmasıdır. Bunun sonucu nikotinamid adenin dinükleotit fosfat (NADPH) birikiminin seviyesinde değişiklikler yaşanarak, sekonder metabolitlerin sentezi etkilenir (Selmar ve Kleinwächter, 2013).

Yapılan analizler sonucu yaprakta uygulanan nGO kalıntısına kuru yaprakta rastlanmamış olup, bunun sebebinin muhtemelen uygulama formu veya analiz yöntemi olduğu düşünülmektedir.

Bitkilerin gerek kantitatif gerekse kalitatif olarak optimal ekonomik verimi maksimum büyüme ve gelişime ulaşmalarına bağlıdır. Büyüme ve gelişme süreçleri bitkinin tamamını kapsayabileceği gibi sadece kök, gövde, yaprak, çiçek, meyve veya tohum gibi bir kısmını da etkileyebilir. Bitki organlarının vejetatif gelişimi, bununla birlikte primer ve sekonder metabolitlerin birikimi ışık, toprak, sıcaklık, su, besin maddeleri gibi çeşitli çevresel faktörler ile genetik ve hormonlar gibi iç faktörlere de bağlıdır. Bunun yanı sıra su ve besin kaynaklarına erişim, yabancı otlarla başarılı rekabet, hastalık ve zararlılarla mücadele de dahil olmak üzere bitkilerin büyümesini kolaylaştırmaya yönelik her türlü insan müdahalesi verimi arttıracaktır. Bu tez çalışmasının tüm aşamalarında da üretim yönetimi uygulamalarına azami özen gösterilerek, hipotezi oluşturan ahır gübresi, NPK ve kantitatif ve kalitatif bakımdan bitki gelişimini etkileyebilecek potansiyeli olduğu düşünülen nGO gibi farklı uygulamaların verimlilik açısından bitki materyalini oluşturan *Ocimum basilicum* L. var. *dino*'da olumlu yönde iz bıraktığı görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

“Yapraktan uygulanan farklı grafen oksit nanopartikül (nGO) dozlarının organik ve kimyasal gübrelerle yetiştirilen fesleğen (*Ocimum basilicum* L. var. *dino*)’in verim ve kalitesine etkisi” başlıklı doktora tez çalışmasında bazı tarımsal parametreler, fenolojik özellikler ve biyolojik aktiviteler iki yetiştirme sezonunda (2022-2023) incelenmiştir. Ahır gübresi (30 t ha^{-1}), NPK ($90:60:60 \text{ kg ha}^{-1}$) ve farklı konsantrasyonlarda ($100, 200, 300$ ve 500 mg L^{-1}) kullanılan nGO araştırmanın uygulamalarını oluşturmuştur. Her iki deneme yılında da ayrı ayrı 2 biçim gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların daha iyi incelenmesi ve değerlendirilmesi için toplanan data lar ayrı ayrı yıllar arası, yıl bazında biçimler arası ve toplam biçimler arası (4 biçim) şeklinde istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur.

1. Denenemede 11 farklı uygulamadan (Kontrol, A, K, A+nGO₁₀₀, A+nGO₂₀₀, A+nGO₃₀₀, A+nGO₅₀₀, K+nGO₁₀₀, K+nGO₂₀₀, K+nGO₃₀₀, K+nGO₅₀₀) elde edilen sonuçlara göre her iki deneme yılında en yüksek verim ve verim komponentleri, kuru yaprak oranı ve uçucu yağ oranı hariç A+nGO₅₀₀ uygulamasında saptanmıştır. Buna göre 30 t ha^{-1} ahır gübresi ilave edilen parsellere yapraktan püskürtülen 500 mg L^{-1} konsantrasyonda nGO uygulamasında bitki boyu 1. yılda 42.6 cm ve 2. yılda 40 cm , dal çapı 1. yılda 6.6 mm ve 2. yılda 7.9 mm , dal sayısı 1. yılda 24.1 adet b^{-1} ve 2. yılda 19.4 adet b^{-1} , boğum sayısı 1. yılda 20.4 adet b^{-1} ve 2. yılda 47.8 adet b^{-1} , yeşil herba verimi 1. yılda 28019 kg ha^{-1} ve 2. yılda 21677 kg ha^{-1} , kuru herba verimi 1. yılda 4984 kg ha^{-1} ve 2. yılda 3825 kg ha^{-1} , yeşil herba ağırlığı 1. yılda 89.2 g b^{-1} ve 2. yılda 68 g b^{-1} , kuru herba ağırlığı 1. yılda 15.9 g b^{-1} ve 2. yılda 12 g b^{-1} , yeşil yaprak ağırlığı 1. yılda 57.5 g b^{-1} ve 2. yılda 46.2 g b^{-1} , kuru yaprak ağırlığı 1. yılda 10.8 g b^{-1} ve 2. yılda 8.3 g b^{-1} , yeşil dal ağırlığı 1. yılda 31.7 g b^{-1} ve 2. yılda 21.8 g b^{-1} , kuru dal ağırlığı 1. yılda 5.1 g b^{-1} ve 2. yılda 3.8 g b^{-1} değerlerine sahip olmuştur. Ayrıca, nGO konsantrasyonları arttıkça söz konusu parametrelerin değerlerinde artış gözlenmiştir. Genel olarak ahır gübresi uygulanan parseller NPK parsellerine göre daha üstün değerlere sahip olmuştur. Kuru yaprak oranı ile uçucu yağ oranı hariç en düşük değerler kontrol grubunda tespit edilmiştir.

En yüksek uçucu yağ oranının ortalama değerleri ise kontrol grubunda bulunmuştur.

2. Denemenin iki yılı arasında toplam veriler incelendiğinde dal sayısı (adet b^{-1}), yeşil herba verimi ($kg\ ha^{-1}$), kuru herba verimi ($kg\ ha^{-1}$), yeşil herba ağırlığı ($g\ b^{-1}$), kuru herba ağırlığı ($g\ b^{-1}$), yeşil yaprak ağırlığı ($g\ b^{-1}$), kuru yaprak ağırlığı ($g\ b^{-1}$), yeşil dal ağırlığı ($g\ b^{-1}$) ve kuru dal ağırlığı ($g\ b^{-1}$) parametrelerinde istatistiki olarak bir fark izlenmemiştir. Ancak, bitki boyu (1. Yıl: 30.5, 2. Yıl: 33.4 cm), dal çapı (1. Yıl: 5.4, 2. Yıl: 6.4 mm), boğum sayısı (1. Yıl: 10.9, 2. Yıl: 33.4 adet b^{-1}), kuru yaprak oranı (1. Yıl: %74.8, 2. Yıl: %72.9) ve uçucu yağ oranı (1. Yıl: %0.69, 2. Yıl: %0.64) önemli derecede anlamlı bulunmuştur.
3. Yıl içinde iki biçime ait veriler incelendiğinde, 1. yılın 2. biçimlerinde incelenen bitki boyu (1. B:29.4 cm, 2. B:31.5 cm), dal çapı (1. B:5.1 mm, 2. B:5.6 mm), boğum sayısı (1. B:8 adet b^{-1} , 2. B:13.7 adet b^{-1}), yeşil herba verimi (1. B:5389 $kg\ ha^{-1}$, 2. B:6193 $kg\ ha^{-1}$), kuru herba verimi (1. B:919 $kg\ ha^{-1}$, 2. B:115 $kg\ ha^{-1}$), yeşil herba ağırlığı (1. B:34.5 $g\ b^{-1}$, 2. B:39.2 $g\ b^{-1}$), kuru herba ağırlığı (1. B:5.9 $g\ b^{-1}$, 2. B:7.1 $g\ b^{-1}$), yeşil yaprak ağırlığı (1. B:23.8 $g\ b^{-1}$, 2. B:26.5 $g\ b^{-1}$), kuru yaprak ağırlığı (1. B:4.3 $g\ b^{-1}$, 2. B:5.1 $g\ b^{-1}$), yeşil dal ağırlığı (1. B:10.7 $g\ b^{-1}$, 2. B:12.7 $g\ b^{-1}$) ve kuru dal ağırlığı (1. B:1.6 $g\ b^{-1}$, 2. B:2.1 $g\ b^{-1}$) ortalamaları istatistiksel olarak 1. biçimlerden daha yüksek bulunmuştur. Fakat, kuru yaprak oranının 1. yılın 1. biçiminde 2. biçime göre yüksek olduğu görülmüştür (1. B:%76.5, 2. B:%72.7). Dal sayısı ile uçucu yağ parametrelerinde 2 biçim arası anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Tez çalışmasının 2. yılında ise 1. biçim verileri genel olarak daha yüksek bulunmuştur. Bu bağlamda, 1. biçimlerde bitki boyu (1. B:36.5 cm, 2. B:30.2 cm), dal sayısı (1. B:13.4 adet b^{-1} , 2. B:11.9 adet b^{-1}), boğum sayısı (1. B:36.3 adet b^{-1} , 2. B:30.5 adet b^{-1}), kuru herba verimi (1. B:1131 $kg\ ha^{-1}$, 2. B:968 $kg\ ha^{-1}$), kuru herba ağırlığı (1. B:7.3 $g\ b^{-1}$, 2. B:5.8 $g\ b^{-1}$), yeşil yaprak ağırlığı (1. B:27 $g\ b^{-1}$, 2. B:24.7 $g\ b^{-1}$), kuru yaprak ağırlığı (1. B:5.2 $g\ b^{-1}$, 2. B:4.2 $g\ b^{-1}$), kuru dal ağırlığı (1. B:2.2 $g\ b^{-1}$, 2. B:1.6 $g\ b^{-1}$) ve uçucu yağ oranı (1. B:%0.71, 2. B:%0.56) istatistiki olarak 2. biçimlere göre yüksek bulunmuştur. Ancak, dal çapı, yeşil herba verimi, yeşil herba ve yeşil dal ağırlığı ile kuru yaprak oranı parametrelerinde biçimler arası bir fark tespit edilmemiştir. Verim bakımından genel olarak 1. yılda 2. biçimler,

2. yılda ise 1. biçimler daha üstün verilere ulaşmıştır. Bunun muhtemel sebebi biçimlerin vejetatif döneminde hâkim olan iklim şartlarıdır. Denemenin iki yılı arasında, özellikle bitkilerin büyüme ve gelişme döneminde sıcaklık, yağış, nispi nem ve güneşlenme bakımından bariz değişimler yaşanmıştır.
4. GC/FID-MS analizleri sonucu 6 farklı uçucu bileşen grubu tespit edilmiştir. Bu gruplar, oran sırası ile oksijenli monoterpen (%76.77-88.43), seskiterpen hidrokarbon (%7.44-18.59), monoterpen hidrokarbon (%0.21-3.59), oksijenli seskiterpen (%0.57-2.5), ester (%0.77-1.55) ve alkollerden oluşmuştur. Sayı olarak en çok uçucu bileşen seskiterpen hidrokarbon grubunda bulunurken, alkol grubu sadece 1 bileşen ile 1. yılın 2. biçiminde tespit edilmiştir. Tez çalışmasında bitki materyali olan *O. basilicum* L. var. *dino*'da toplam 35 uçucu bileşen bulunarak, linalool (%48.8-57.92) majör bileşen olarak belirlenmiştir. En yüksek linalool oranı 1. yılın 1. biçiminde ve A+nGO₅₀₀ uygulamasında izlenmiştir. Öjenol (%16.62-26.24), 1,8-sineol (%5.11-10.66), *cis*- α -bergamoten (%3.37-8.05), γ -kadinen (%1.38-2.67), germakren D (%0.9-2.51), α -terpineol (%0.93-1.58), bornil asetat (%0.77-1.55), β -elemen (%0.4-2.1), epikubenol (%0.46-1.08) ve mirsen (%0.21-0.92) tüm uygulamalarda ve biçimlerde saptanarak, oran bakımından da fesleğen bitkisinin diğer önemli bileşenleri olarak tespit edilmiştir. Bu denemede farklı uygulamaların uçucu yağ bileşenlerinin değişimi üzerine belirgin bir etkisi izlenmemiştir. Bitkilerde uçucu yağ sentezinin ve kalitesinin, yani çeşitli uçucu bileşenlerin bulunurluğu ile bu bileşenlerin miktarının birçok endojen ve egzogen faktöre bağlı olduğu bilinmektedir.
5. Denemeden elde edilen kuru herba ekstresi ve uçucu yağları üzerinde yapılan laboratuvar çalışmalarının istatistiki değerlendirmesinde, ekstre verimi, DPPH serbest radikali giderici aktivite (Ekstre), FRAP (Ekstre), toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarlarının sadece biçimden etkilendiği görülmüştür. DPPH serbest radikali giderici aktivite (Uçucu yağ) ve FRAP (Uçucu yağ) ise gübre ile nGO uygulamalarından önemli derecede etkilenmiştir. Denemede en yüksek ekstre verimi 1. yılın 2. biçiminden (%20.88), DPPH serbest radikali giderici aktivite (Ekstre) 1. yılın 1. biçiminden (%88.35), FRAP (Ekstre) 1. yılın 1. biçiminden (250.30 μ g TES

mg⁻¹), toplam fenolik madde miktarı istatistiki fark olmaksızın sırasıyla 1. yılın 1. ve 2. biçiminden, 2. yılın 1. biçiminden (96.09, 94.82, 91.08 µg GAEs mg⁻¹) ve toplam flavonoid miktarı 1. yılın 1. biçiminden (8.78 µg QEs mg⁻¹) elde edilmiştir. Uçucu yağda yapılan DPPH serbest radikali giderici aktivite ve FRAP analizlerinde ise, sonuçlar istatistiki olarak uygulamalardan etkilenmiş olup, en yüksek DPPH serbest radikali giderici aktivite 1. yılın 1. biçiminin A uygulamasında (%73.9) ve 1. yılın 2. biçiminin A+nGO₅₀₀ (%73.8) uygulamasında ve en yüksek FRAP 1. yılın 1. biçiminin A uygulamasında (276.0 µg TEs mg⁻¹) görülmüştür. Uçucu yağlardaki en yüksek aktiviteler ise DPPH analizinde istatistiki olarak fark olmaksızın sırasıyla 1. yılın 2. biçiminden ve 2. yılın 1. biçiminden (%68.22- %67.53), FRAP analizinde ise en yüksek ortalama değer 1. yılın 2. biçiminden (253.5 µg TEs mg⁻¹) elde edilmiştir. Ekstrelerdeki antioksidan aktiviteler, toplam fenolik madde ve flavonoid miktarı bakımından, gübreleme ve nGO uygulamalarının önemli olmadığı, sadece uçucu yağ aktivitelerinin uygulamalardan etkilendiği görülmektedir.

6. Her biçim öncesinde 14 gün aralık ile 2 kere yapraktan uygulanan nGO kalıntısını tespit etmek adına gerekli laboratuvar analizleri yapılarak, FT-IR spektrumlarında nGO'ya, özellikle CC esneme titreşimlerine ait herhangi bir pik gözlemlenmemiştir. Böylece bu denemede tüm nGO konsantrasyonlarının kuru yaprakta iz bırakmadığı saptanmıştır.

Tez çalışmasından elde edilen sonuçlara bakılınca, kültürü yapılan fesleğen bitkisinde organik gübrelerin uygulanmasının özellikle organik maddesi düşük topraklarda verim ve verim komponentlerini olumlu yönde etkilediği izlenmiştir. Genel anlamda fesleğen yetiştiriciliğinde organik gübrelerin kullanımı önerilmektedir. Ayrıca, yaklaşık sapa kalkma döneminde (8-12 yaprak sayısına ulaştığında) uygulanan grafen oksit nanopartiküllerinin tarımsal verimi arttırdığı bariz bir şekilde izlenerek, 500 mg L⁻¹'ye kadar dozların artışı ile verim de düzenli olarak artmıştır. Her ne kadar denememizde kuru yapraklarda nGO kalıntısına rastlanmasa da bazı bilimsel çalışmalarda farklı yöntemler ile uygulanan nanopartiküllerin toksik etkiye neden olabileceği belirtilmiştir. Bu nedenle nGO ve diğer nanopartiküllerin kullanımı ile ilgili kalıtsal ve toksikolojik incelemelerin yapılması önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında APA atıf sistemi kullanılmıştır.)

- Aazami, M. A., Mehrabani, L. V., Hashemi, T., Hassanpouraghdam, M. B., & Rasouli, F. (2022). Soil-based nano-graphene oxide and foliar selenium and nano-Fe influence physiological responses of 'Sultana' grape under salinity. *Scientific Reports*, 12(1), 4234. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08251-8>
- Abbaszadeh, B., Rezaiee, M. B., & Paknejad, F. (2011). Evaluation relationship between essential oil yield and some agriculture characters by using of path analysis of two ecotypes of *Mentha longifolia* (L.) Huds. var. *amphilema* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(1), 36-46. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6561>
- Abobatta, W. F. (2018). Nanotechnology application in agriculture. *Acta Scientific Agriculture*, 2(6), 99-102.
- Abou El Salehein, M., Ibraheim, D., & Helal, A. (2021). Effect of NPK, humic acid and dry yeast on growth, oil yield and chemical constituents of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Productivity and Development*, 26(3), 513-529. <https://doi.org/10.21608/jpd.2021.184828>
- Aburigal, Y. A. A., Mirghani, M. E. S., Elmogtaba, E. Y., Sirible, A. A. M., Hamza, N. B., & Hussein, I. H. (2017). Total phenolic content and antioxidant capacity of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves from different locations. *International Food Research Journal*, 24, 378-381.
- Aburjai, T. A., Mansi, K., Azzam, H., Alqudah, D. A., Alshaer, W., & Abuirjei, M. (2019). Chemical compositions and anticancer potential of essential oil from greenhouse-cultivated *Ocimum basilicum* leaves. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 82(1), 179-184. <https://doi.org/10.36468/pharmaceutical-sciences.637>
- Adams, R. P. (2017). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry, (4.1st ed.). Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois.
- Afshari, M., Pazoki, A., & Sadeghipour, O. (2021). Foliar-applied silicon and its nanoparticles stimulate physio-chemical changes to improve growth, yield and active constituents of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil under different irrigation regimes. *Silicon*, 13, 4177-4188. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-176146/v1>
- Aghaee, A., Shahabivand, S., Athari, M., & Nasiri, Y. (2022). The effect of foliar application of zinc oxide and zinc nanoparticles on growth, photosynthetic pigments and essential oil compounds of green basil. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 35(2), 218-231. (In Persian)
- Ahmad, B., Khan, M., Jaleel, H., Shabbir, A., Sadiq, Y., & Uddin, M. (2020). Silicon nanoparticles mediated increase in glandular trichomes and regulation of photosynthetic and quality attributes in *Mentha piperita* L. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39(1), 346-357. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09986-x>
- Ahmad, B., Shabbir, A., Jaleel, H., Khan, M. M. A., & Sadiq, Y. (2018). Efficacy of titanium dioxide nanoparticles in modulating photosynthesis, peltate glandular trichomes and essential oil production and quality in *Mentha piperita* L. *Current Plant Biology*, 13, 6-15. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2018.04.002>
- Ahmed, A. F., Attia, F. A. K., Liu, Z., Li, C., Wei, J., & Kang, W. (2019). Antioxidant activity and total phenolic content of essential oils and extracts of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. *Food Science and Human Wellness*, 8, 299-305. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.07.004>
- Ahmed, H. A. A. (2020). Studying some the functional properties of Tamarind *Tamarindus indica* L. mucilage. *Al Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences*, 10(2), 304-307. <https://doi.org/10.33794/qjas.2020.167474>
- Ahmed, M. N. (2019). Pharmacological importance of medicinal plants. *Journal of Molecular Pharmaceuticals and Regulatory Affairs*, 1(2), 29-31, <http://doi.org/10.5281/zenodo.3370132>
- Ajala, O. J., Tijani, J. O., Bankole, M. T., & Abdulkareem, A. S. (2022). A critical review on graphene oxide nanostructured material: properties, synthesis, characterization and application in water and wastewater treatment. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 18, 100673. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100673>
- Akbari Nia, A., & Frajollahi, A. (2001). Phenological study of some medical plants in Qazvin. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 8(1), 17-25. (In Persian)
- Akgül, A. (1989). Volatile oil composition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivating in Turkey. *Nahrung*, 33(1), 87-88. <https://doi.org/10.1002/food.19890330129>

- 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 Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Bursa.
- Akyüz, M. A. (2020). Çukurova koşullarında iki fesleğen (*Ocimum basilicum* Linn.) çeşidinin farklı dikim zamanlarındaki verim ve kalite özellikleri. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
- Al-Harrasi, A., Bhatia, S., Behl, T., & Anwer, K. (2022). Essential oil stability. In: Role of essential oils in the management of COVID-19. CRC Press, pp 159-168.
- Alhasan, A. S. (2020). Effect of different NPK nano-fertilizer rates on agronomic traits, essential oil, and seed yield of basil (*Ocimum basilicum* L. cv dolly) grown under field conditions. *Plant Archives*, 20(2), 2959-2962.
- Alhasan, A. S., Abbas, M. K., Al-Ameri, M., & Al-Ameri, D. T. (2020). Growth and yield response of basil (*Ocimum basilicum* L.) to different rates of urea fertilizer under field conditions. *IOP Conferences Series: Earth and Environmental Science*, 553, 012044, IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/553/1/012044>
- Ali, H., Gul, B., Adnan, M. Y., Ahmed, M. Z., Aziz, I., Gulzar, S., Ansari, R., & Khan, M. A. (2014). NPK mediated improvement in biomass production, photosynthesis and Na⁺ regulation in *Panicum antidotale* under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 46, 1975-1979.
- Ali, S. M., Khan, A. A., Ahmed, I., Musaddiq, M., Ahmed, K. S., Polasa, H., Rao, L. V., Habibullah, C. M., Sechi, L. A., & Ahmed, N. (2005). Antimicrobial activities of Eugenol and Cinnamaldehyde against the human gastric pathogen *Helicobacter pylori*. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 4, 20. <https://doi.org/10.1186/1476-0711-4-20>
- Al-mansour, B., Kalaivanan, D., Suryanarayana, M. A., & Nair, A. K. (2017a). Effect of integrated nutrient management on dry herbage yield, nutrient uptake and profitability of French Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Horticultural Science*, 12(2), 171-179. <https://doi.org/10.24154/jhs.v12i2.21>
- Al-mansour, B., Suryanarayana, M. A., Kalaivanan, D., Umesha, K., & Vasundhara, M. (2017b). Effect of graded levels of N through FYM, inorganic fertilizers and biofertilizers on growth, herbage yield, oil yield and economics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Medicinal Plants*, 9(4), 250-258. <https://doi.org/10.5958/0975-6892.2017.00040.5>
- Altemimi, A. B., Mohammed, M. J., Yi-Chen, L., Watson, D. G., Lakhssassi, N., Cacciola, F., & Ibrahim, S. A. (2020). Optimization of ultrasonicated kaempferol extraction from *Ocimum basilicum* using a box-behnken design and its densitometric validation. *Foods*, 9, 1379. <https://doi.org/10.3390/foods9101379>
- Amarapalli, G., Rao, P. V., Reddy, D. V., & Mohammad, S. (2009). Effect of organic and inorganic fertilizers on macro and micro nutrient uptake, oil content, quality and herbage yield in sweet basil (*Ocimum basilicum*). *Research On Crops*, 10(3), 740-742.
- Ameri, A., Aminifard, M. H., Fatemi, H., & Aroiee, H. (2013). Response of growth and yield of *Ocimum basilicum* with application of humic acid. *Angewandten Biologie Forschung*, 1(1), 1-6.
- Amor, G., Sabbah, M., Caputo, L., Idbella, M., De Feo, V., Porta, R., Fechtali, T., & Mauriello, G. (2021). Basil essential oil: Composition, antimicrobial properties, and microencapsulation to produce active chitosan films for food packaging. *Foods*, 10(1), 121. <https://doi.org/10.3390/foods10010121>
- Anwar, F., Alkharfy, K. M., Mehmood, T., Bakht, M. A., & Rehman, N. (2021). Variation in chemical composition and effective antibacterial potential of *Ocimum basilicum* L. essential oil harvested from different regions of Saudi Arabia. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 55(2). <https://doi.org/10.1007/s11094-021-02384-2>
- Aqeel, U., Aftab, T., Khan, M. M. A., & Naeem, M. (2023). Regulation of essential oil in aromatic plants under changing environment. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 23, 100441. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2022.100441>
- Arabaci, O., & Bayram, E. (2004). The effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). *Journal of Agronomy*, 3(4), 255-262. <https://doi.org/10.3923/ja.2004.255.262>
- Askarian, M., Aminifard, M. H., Khayyat, M., & Jahani, M. (2020). Effects of different levels of NPK fertilizer and fulvic acid on morphological characteristics, yield and yield components of Basil as a medicinal plant (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology*, 11 (4), 1375-1388. <https://doi.org/10.22067/JAG.V11I4.73422>
- Askary, M., Behdani, M. A., Parsa, S., Jami Al-Ahmadi, M., & Mahmoodi, S. (2019). Effects of water stress and application of manure on growth indices and accumulation of dry matter of *Thymus*

- vulgaris* and *Thymus daenensis*. *Journal of Agroecology*, 11(2), 703-721. <https://doi.org/10.22067/jag.v11i2.63227>
- Axelos, M. A., & Van De Voorde, M. (2017). *Nanotechnology in agriculture and food science*. John Wiley & Sons, 424.
- Azizi, A., Yan, F., & Honermeier, B. (2009). Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Industrial Crops and Products*, 29(2-3), 554-561. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.11.001>
- Baali, N., Khecha, A., Bensouici, A., Speranza, G., & Hamdouni, N. (2019). Assessment of antioxidant activity of pure graphene oxide (GO) and ZnO-decorated reduced graphene oxide (rGO) using DPPH radical and H₂O₂ scavenging assays. *Journal of Carbon Research*, 5(4), 75. <https://doi.org/10.3390/c5040075>
- Badakhshan, F., & Sedighi Dehkordi, F. (2016). Comparison of two methods soilless culture (hydroponics) and soil cultivation on some morphological characteristics, growth and yield of green basil (*Ocimum basilicum* L.). 9th Horticultural Science Congress. 25-28 January Ahvaz, Iran. (In Persian)
- Badakhshan, F., Sedighi Dehkordi, F., & Mortazavi, S. H. M. (2018). The effect of plant density and cultivar on morphological characteristics, yield and quality traits of basil (*Ocimum basilicum* L.) in hydroponic system. *Journal of Horticultural Science*, 32(2), 263-272. <https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V32I2.60911> . (In Persian)
- Balanescu, F., Mihaila, M. D. I., Cârâc, G., Furdui, B., Vînătoru, C., Avramescu, S. M., Lisa, E. L., Cudalbeanu, M., & Dinica, R. M. (2020). Flavonoid profiles of two new approved Romanian *Ocimum* hybrids. *Molecules*, 7, 25(19), 4573. <https://doi.org/10.3390/molecules25194573>
- Barbosa, C. O., de Moraes, S. M., de Sousa, H. A., Martins, V. C., Neto, J. F. C., Vieira, I. G. P., Pereira, R. C. A., Rodrigues, A. L. M., & Carioca, J. O. B. (2021). Chemical composition and antioxidant potential of essential oils from different *Ocimum* species (Basil). *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 7(3), 24422-24442. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-241>
- Barut, M., Tansı, L. S., Akyuz, A. M., & Karaman, S. (2021). Quality and yield of different basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars with various planting and cutting times under hot Mediterranean climate. *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(4), 3115-3136. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1904_31153136
- Bazaid, S. A., El-Amoudi, M. S., Ali, E. F., & Abdel-Hameed, E. S. (2013). Volatile oil studies of some aromatic plants in Taif region. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 1(5), 119-128.
- Beatović, D., Krstić-Milošević, D., Trifunović, S., Šiljegović, J., Glamočlija, J., Ristić, M., & Jelačić, S. (2015). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of twelve *Ocimum basilicum* L. cultivars grown in Serbia. *Records of Natural Products*, 9, 1, 62-75.
- Benedec, D., Oniga, I., Oprean, R., & Tamas, M. (2009). Chemical composition of the essential oils of *Ocimum basilicum* L. cultivated in Romania. *Farmacia*, 57(5), 625-629.
- Berka-Zougali, B., Ferhat, M. A., Hassani, A., Chemat, F., & Allaf, K. S. (2012). Comparative study of essential oils extracted from Algerian *Myrtus communis* L. leaves using microwaves and hydrodistillation. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(4), 4673-4695. <https://doi.org/10.3390/ijms13044673>
- Bernal, M. P., Sanchez-Monedero, M. A., Paredes, C., & Roig, A. (1998). Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 69, 175-189. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(98\)00106-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(98)00106-6)
- Bernstein, N., Gorelick, J., Zerahia, R., & Koch, S. (2019). Impact of N, P, K, and humic acid supplementation on the chemical profile of medical Cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*, 10, 736. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00736>
- Bhat, U. H., Uddin, M., Chishti, A. S., Singh, S., Singh, S., Khan, M. M. A., & Mukarram, M. (2024). Enhancing growth, vitality, and aromatic richness: unveiling the dual magic of silicon dioxide and titanium dioxide nanoparticles in *Ocimum tenuiflorum* L. *Frontiers in Plant Science*. 15, 1335965. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1335965>
- Bhattacharya, N., Cahill, D. M., Yang, W., & Kochar, M. (2022). Graphene as a nano-delivery vehicle in agriculture-current knowledge and future prospects. *Critical Reviews in Biotechnology*. <https://doi.org/10.1080/07388551.2022.2090315>
- Bijali, J., & Acharya, K. (2020). Current trends in nano-technological interventions on plant growth and development: A review. *IET Nanobiotechnology*, 14(2), 113-9. <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2019.0008>

- Binesh, S., Akbari, G. A., Soltani, E., & Amini, F. (2018). Quantifying the germination response of different basil accessions (*Ocimum basilicum* L.) to temperature. *Journal of Crops Improvement*, 20(2), 427-438. (In Persian)
- Boroomand, N., & Grouh, M. S. H. (2012). Macroelements nutrition (NPK) of medicinal plants: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(12), 2249-2255. <https://doi.org/10.5897/JMPRx11.019>
- Brada, M., Khelifa, L. H., Achour, D., Wathelet, J. P., & Lognay, G. (2011). Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum gratissimum* L. from Algeria. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14(6), 810-814. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2011.10644009>
- Brahmi, F., Madani, K., Dahmoune, F., Rahmani, T., Bousbaa, K., Oukmanou, S., & Chibane, M. (2012). Optimization of solvent extraction of antioxidants (Phenolic Compounds) from Algerian Mint (*Mentha spicata* L.). *Pharmacognosy Communications*, 2(4), 72-86.
- Buchholz, G., Ehmann, B., & Wellmann, E. (1995). Ultraviolet light inhibition of phytochrome - induced flavonoid biosynthesis and DNA photolyase formation in mustard cotyledons (*Sinapis alba* L.). *Plant Physiology*, 108, 227-234.
- Bufalo, J., Cantrell, C. L., Astatkie, T., Zheljazkov, V. D., Gawde, A., & Boar, C. S. F. (2015). Organic versus conventional fertilization effects on sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) growth in a greenhouse system. *Industrial Crops and Products*, 74, 249-254. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.032>
- Butnariu, M., & Sarac, I. (2018). Essential oils from plants. *Journal of Biotechnology and Biomedical Science* 1(4), 35-43. <https://doi.org/10.14302/issn.2576-6694.jbbs-18-2489>
- Caissard, J. C., Joly, C., Bergougnoux, V., Hugueney, P., & Mauriat, M. (2004). Secretion mechanisms of volatile organic compounds in specialized cells of aromatic plants. *Recent Research Developments in Cell Biology*, 2, 1-15.
- Çamlıca, M., & Yaldız, G. (2017). Effect of salt stress on seed germination, shoot and root length in basil (*Ocimum basilicum*). *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(3), 69-76. <https://doi.org/10.21448/ijsm.356250>
- Cao, H. F., Zhang, X., Zhao, J. G., Wang, H. Y., Jia, H. K., Yao, J. Z., Shi, Y. R., Bian, T., Zhang, Y. Y., & Liu, X. (2021). Effects of graphene oxide on the growth of *Populus alba* L. cutting plantlets. *Journal of Capital Normal University*, 42, 31-36.
- Carvalho Filho, J. L. S., Blank, A. F., Alves, P. B., Ehlert, P. A. D., Melo, A. S., Cavalcanti, S. C. H., Arrigoni-Blank, M. F., & Silva-Mann, R. (2006). Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16(1), 24-30. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2006000100007>
- Chandel, S., Desai, B. S., Jha, S. K., Sinha, S. K., Patel, D. P., & Kumar, N. (2024). Role of organic and inorganic fertilizers in enhancing biomass yield and eugenol content of ornamental basil (*Ocimum gratissimum* L.). *Heliyon*, 10(10), e30928. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30928>
- Chang, X. (2005). Effect of light and temperature on volatile compounds and growth parameters in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). University of Nottingham.
- Chang, X., Alderson, P. G., & Wright, C. J. (2009). Variation in the essential oils in different leaves of basil (*Ocimum basilicum* L.) at day time. *The Open Horticulture Journal*, 2, 13-16. <https://doi.org/10.2174/1874840600902010013>
- Cheliku, N., Karanfilova, I. C., Stefkov, G., Karapandzova, M., Bardhi, N., Qjazimi, B., & Kulevanova, S. (2015). Essential oil composition of five basil cultivars (*Ocimum basilicum*) from Albania. *Macedonian Pharmaceutical Bulletin*, 61(2), 11-18.
- Cheng, F., Liu, Y., Lu, G., Zhang, X., Xie, L., & Yuan, C. (2016). Graphene oxide modulates root growth of *Brassica napus* L. and regulates ABA and IAA concentration. *Journal of Plant Physiology*, 193, 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.02.011>
- Cheng, S. Y., Xu, F., & Wang, Y. (2009). Advances in the study of flavonoids in *Ginkgo biloba* leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(13), 1248-1252.
- Chenni, M., El Abed, D., Rakotomanomana, N., Fernandez, X., & Chemat, F. (2016). Comparative study of essential oils extracted from Egyptian Basil leaves (*Ocimum basilicum* L.) using hydro-distillation and solvent-free microwave extraction. *Molecules*, 21, 113. <https://doi.org/10.3390/molecules21010113>
- Chezgi, M., Chalavi, V., & Akbarpour, V. (2018). The effect of organic and chemical nitrogen fertilizers on the yield and qualitative characteristics of two basil cultivars. *Journal of Crop Production and Processing*, 8(1) 29-44 <https://doi.org/10.29252/jcpp.8.1.29>
- Chichiriccó, G., & Poma, A. (2015). Penetration and toxicity of nanomaterials in higher plants. *Nanomaterials*, 5(2), 851-873. <https://doi.org/10.3390/nano5020851>

- Cinisli, K. T., Uçar, S., & Dikbaş, N. (2019). Nanomateriyallerin tarımda kullanımı. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 817-831.
- Ciriello, M., Formisano, L., El-Nakhel, C., Corrado, G., Pannico, A., De Pascale, S., & Rouphe, Y. (2021). Morpho-physiological responses and secondary metabolites modulation by preharvest factors of three hydroponically grown Genovese basil cultivars. *Frontiers in Plant Science*, 12, 671026. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.671026>
- Copolovici, L., Copolovici, D. M., Moisa, C., & Lupitu, A. (2022). Antagonist temperature variation affects the photosynthetic parameters and secondary metabolites of *Ocimum basilicum* L. and *Salvia officinalis* L. *Plants*, 11(14), 1806.
- Corrado, G., Chiaiese, P., Lucini, L., Miras-Moreno, B., Colla, G., & Rouphe, Y. (2020). Successive harvests affect yield, quality and metabolic profile of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agronomy-Basel*, 10, 830. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060830>
- Cuce, M., Demir, E., Tepe, A. S., & Sarikurkcu, C. (2022). *Draba cernua* (Karaer): Phytochemical composition, antioxidant and enzyme inhibitory activity. *South African Journal of Botany*, 145, 170-176. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.07.028>
- Da Costa, M. V. J., & Sharma, P. K. (2016). Effect of copper oxide nanoparticles on growth, morphology, photosynthesis, and antioxidant response in *Oryza sativa*. *Photosynthetica* 54, 110-119. <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0167-5>
- Dadvand Sarab, M., Naghdi Badi, H., Nasri, M., Makkizadeh, M., & Omid, H. (2008). Changes in essential oil content and yield of basil in response to different levels of nitrogen and plant density. *Journal of Medicinal Plants*, 7(27), 60-70. (In Persian)
- Dağhan, H. (2017). Nano gübreler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 197-203.
- Daneshian, A. M., & Ghaemmaghami, S. (2012). Essential oil and herb yield of basil (*Ocimum basilicum* L.) under selected plantings and nitrogen treatments. *Acta Horticulturae*, 964.
- Daneshian, A., Gurbuz, B., Cosge, B., & Ipek, A. (2009). Chemical components of essential oils from basil (*Ocimum basilicum* L.) grown at a different nitrogen levels. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 3, 8-12.
- Darrah, H. H. (1974). Investigations of the cultivars of basil (*Ocimum*). *Economic Botany*, 28, 63-67.
- Dasgupta, N., Ranjan, S., Mundekkad, D., Ramalingam, C., Shanker, R., & Kumar, A. (2015). Nanotechnology in agro-food: from field to plate. *Food Research International*, 69, 381-400. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.005>
- Dawidowicz, A. L., Wianowska, D., & Olszowy, M. (2012). On practical problems in estimation of antioxidant activity of compounds by DPPH method (Problems in estimation of antioxidant activity). *Food Chemistry*, 131, 1037-1043. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.067>
- Dejene, K. M., & Mekonnen, L. S. (2012). Integrated agronomic crop managements to improve teff productivity under terminal drought. In: I. M. M. Rahman & H. Hasegawa (eds), *Water Stress* (pp. 235-254). <https://doi.org/10.5772/30662>
- Deng, S., & Berry, V. (2016). Wrinkled, rippled and crumpled graphene: an overview of formation mechanism, electronic properties, and applications. *Materials Today*, 19, 197-212. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2015.10.002>
- Dhakad, M., Meena, K. C., Soni, N., Patidar, D. K., Kachouli, B. K., Patidar, B. K., Ausari, P. K., & Kumrawat, A. (2024). Basil (*Ocimum basilicum* L.): growth, yield, quality and economics influenced with organic manures and bio-fertilizers. *Plant Archives*, 24(1), 1483-1489. <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2024.v24.no.1.208>
- Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines*, (Basel, Switzerland), 3(4), 25. <https://doi.org/10.3390/medicines3040025>
- Do, T. H., Truong, H. B., & Nguyen, H. C. (2020). Optimization of extraction of phenolic compounds from *Ocimum basilicum* leaves and evaluation of their antioxidant activity. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 54, 162-169. <https://doi.org/10.1007/s11094-020-02181-3>
- Do, T. L. H., Le, C. T., Phung, T. L. H., Duong, Q. H., Chu, V. A., Tran, T. T., Dinh, T. T. T., Tran, T. T. H., La, V. H., & Cao, P. B. (2022). Effect of NPK-SRFS on the growth, yield and essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 25, 289-295. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2022.289.295>
- Duda, S. C., Marghitaş, L. A., Dezmirean, D., Duda, M., Margaoan, R., & Bobiş, O. (2015). Changes in major bioactive compounds with antioxidant activity of *Agastache foeniculum*, *Lavandula angustifolia*, *Melissa officinalis* and *Nepeta cataria*: Effect of harvest time and plant species. *Industrial Crops and Products*, 77, 499-507. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.09.045>

- Dumanoğlu, Z., & Mokhtarzadeh, S. (2021). Farklı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) populasyonlarına ait tohumların bazı karakteristik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(1), 97-104. <http://doi.org/10.29278/azd.799932>
- Dzida, K. (2010). Biological value and essential oil content in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on calcium fertilization and cultivar. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 9(4), 153-161.
- Egata, D. F., Geja, W., & Mengesha, B. (2017). Agronomic and bio-chemical variability of Ethiopian Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) accessions. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*, 5(7), 489-508. <https://doi.org/10.14662/ARJASR2017.078>
- El Habbasha, S. F., Hozayn, M., & Khalafallah, M. A. (2007). Integration effect between phosphorus levels and bio-fertilizers on quality and quantity yield of faba bean (*Vicia faba* L.) in newly cultivated sandy soils. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(6), 966-971.
- Eleiwa, F., Ibrahim, A., & Mohamed, M. (2012). Combined effect of NPK levels and foliar nutritional compounds on growth and yield parameters of potato plants (*Solanum tuberosum* L.). *African Journal of Microbiology Research*, 6(24), 5100-5109. <https://doi.org/10.5897/AJMR12.085>
- El-Naggar, A. H. M., Hassan, M. R. A., Shaban, E. H., & Mohamed, M. E. A. (2015). Effect of organic and biofertilizers on growth, oil yield and chemical composition of the essential oil of *Ocimum basilicum* L. plants. *Alexandria Journal of Agricultural Sciences*, 60(1), 1-16.
- El-Sheref, G. F. H., Awadalla, H. A., & Mohamed, G. A. (2019). Influence of organic manure, natural rocks and putrescine on yield and quality of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in sand soil. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 10(12), 747-758. <https://doi.org/10.21608/jssae.2019.79573>
- Erşahin, L. (2006). Diyarbakır ekolojik koşullarında yetiştirilen fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) populasyonlarının agronomik ve kalite özellikleri. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
- Esetlili, B. Ç., Öztürk, B., Çobanoğlu, Ö., & Anaç, D. (2016). Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) and potassium fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 39(1), 35-44. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2015.1088022>
- Esmailpour, B., Rahmanian, M., Heidarpour, O., & Shahriari, M. H. (2017). Effect of vermicompost and spent mushroom compost on the nutrient and essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(5), 1283-1292. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1396931>
- European Pharmacopoeia. (1997). (3rd ed.), Pp. 121. Council of Europe: Strasbourg, France.
- Fabricant, D. S., & Farnsworth, N. R. (2001). The value of plants used in traditional medicine for drug discovery. *Environmental Health Perspectives*, 109 (Suppl 1), 69-75. <http://doi.org/10.1289/ehp.01109s169>
- Farouk, A., Fikry, R., & Mohsen, M. (2016). Chemical composition and antioxidant activity of *Ocimum basilicum* L. essential oil cultivated in Madinah Monawara, Saudi Arabia and its comparison to the Egyptian chemotype. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(5), 1119-1128. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2016.1149112>
- Fazeli-Nasab, B., Sirousmehr, A., & Azad, H. (2018). Effect of titanium dioxide nanoparticles on essential oil quantity and quality in *Thymus vulgaris* under water deficit. *Journal of Medicinal plants and By-Products*, 7(2), 125-133. <https://doi.org/10.22092/jmpb.2018.118140>
- Fenech-Larios, L., Ruiz, E., F. H., García, H. J. L., Murillo, A. B., González, O. H. A., Beltrán, M. F. A., & Fraga, P. H. (2008). Analysis of agronomic variables of *Ocimum basilicum* L. under alternative tillage systems and standard organic practices. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 8(2), 157-163.
- Filip, S. (2017). Basil (*Ocimum basilicum* L.) a source of valuable phytonutrients. *International Journal of Clinical Nutrition & Dietetics*, 3, 118. <https://doi.org/10.15344/2456-8171/2017/118>
- Fortis-Hernández, M., de la Rosa-Reta, C. V., Galindo-Guzmán, M., Preciado-Rangel, P., Galindo-Guzmán, A. P., & Flores-Loyola, E. (2023). Biofortification with ZnO NPs as nanofertilizers to improve sustainable commercial and phytochemical quality in basil plants. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(2). <https://doi.org/10.15835/nbha51213078>
- Foti, M., & Ruberto, G. (2001). Kinetic solvents effects on phenolic antioxidants determined by spectrophotometric measurements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), 342-348.
- Fraser, H. M., Fleming, R. J., O'Halloran, I. P., Van Eerd L. L. & Zandstra, J. W. (2006). Non-nutrient value of manure - literature review for Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Ridgetown College, University of Guelph.

- Gao, C., Xiao, C. J., Lu, S., Wang, S. R., Yuan, H. H., & Cao, Y. Y. (2022). Promoting effect of graphene oxide on the root growth of *Arabidopsis thaliana*. *Biotechnology Bulletin* 38(6), 120-128. <https://doi.org/10.13560/j.cnki.biotech.bull.1985.2021-1188>
- Gavrić, T., Jurković, J., Gadžo, D., Čengić, L., Sijahović, E., & Bašić, F. (2021). Fertilizer effect on some basil bioactive compounds and yield. *Ciencia E Agrotecnologia*, 45. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145003121>
- Gavrić, T., Jurković, J., Hamidović, S., Haseljić, S., Lalević, B., Čorbo, A., & Bezdrob, M. (2018). Yield and contents of some bioactive components of basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on time of cutting. *Studia Universitatis "Vasile Goldiș", Seria Științele Vieții*, 28, 4, 192-197.
- Gavrić, T., Marković, S., & Cengić, L. (2022). Factibility of growing basil as an alternative crop for adaptation to climate change in Bosnia and Herzegovina. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 83(1), 43-51. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392023000100043>
- Gebrehiwot, H., Bachetti, R., & Dekebo, A. (2015). Chemical composition and antimicrobial activities of leaves of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) herb. *International Journal of Basic & Clinical Pharmacology*, 4, 869-875. <https://doi.org/10.18203/2319-2003.ijbcp20150858>
- Georgakilas, V., Perman, J. A., Tucek, J., & Zboril, R. (2015). Broad family of carbon nanoallotropes: Classification, chemistry, and applications of fullerenes, carbon dots, nanotubes, graphene, nanodiamonds, and combined superstructures. *Chemical Reviews*, 115, 4744-4822. <https://doi.org/10.1021/cr500304f>
- Gohari, G., Alavi, Z., Esfandiari, E., Panahirad, S., Hajihoseinlou, S., & Fotopoulos, V. (2020b). Interaction between hydrogen peroxide and sodium nitroprusside following chemical priming of *Ocimum basilicum* L. against salt stress. *Physiologia Plantarum*, 168, 361-373. <https://doi.org/10.1111/ppl.13020>
- Gohari, G., Mohammadi, A., Akbari, A., Panahirad, S., Dadpour, M. R., Fotopoulos, V., & Kimura, S. (2020a). Titanium dioxide nanoparticles (TiO₂ NPs) promote growth and ameliorate salinity stress effects on essential oil profile and biochemical attributes of *Dracocephalum moldavica*. *Scientific Reports*, 10, e912. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57794-1>
- Gorbovskiy, K., Kazakov, A., Norov, A., Malyavin, A., & Mikhaylichenko, A. (2017). Properties of complex ammonium nitrate-based fertilizers depending on the degree of phosphoric acid ammoniation. *International Journal of Industrial Chemistry*, 8(3), 315-327. <https://doi.org/10.1007/s40090-017-0121-4>
- Gosztola, B., Sarosi, S. Z., & Nemeth, E. (2010). Variability of the essential oil content and composition of chamomile (*Matricaria recutita* L.) affected by weather conditions. *Natural Product Communication*, 5(3), 465-470.
- Griffith, B. (2010). Efficient fertilizer use - phosphorus, (2nd ed.) Pp. 1-7. Amsterdam: McMillan Co.
- Guerra, A. M. N. D. M., Silva, M. G. M. & Evangelista, R. S. (2020). Growth environment and pot volume affect biomass and essential oil production of basil. *Revista Caatinga*, 33(1), 135-141. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n115rc>
- Günay, E., & Telci, İ. (2017). Isparta ekolojik koşullarında bazı reyhan (*Ocimum basilicum* L.) genotiplerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12 (2), 100-109.
- Gunda, V., Padma, M., Rajkumar, B. M., Cheena, J., Vijaya, D., & Srinivasa, D. C. (2022b). Studies on effect of organic manures on growth and yield parameters of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) under Telangana. *Pharma Innovation*, 11(12), 1548-1552.
- Gunda, V., Padma, M., Rajkumar, B. M., Cheena, J., Vijaya, D., & Srinivasa Chary, D. (2022a). Yield and quality of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) as affected by organic manures at Telangana. *The Pharma Innovation Journal*, 11(12), 2532-2537.
- Guo, X., Zhao, J., Wang, R., Zhang, H., & Wu, J. (2021). Effects of graphene oxide on tomato growth in different stages. *Plant Physiology and Biochemistry*, 162, 447-455.
- Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Oku, H., Nahar, K., & Hawrylak-Nowak, B. (2018). Plant nutrients and abiotic stress tolerance. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8>
- Hashemzadeh, H., & Raissi, H. (2020). Understanding loading, diffusion and releasing of doxorubicin and paclitaxel dual delivery in graphene and graphene oxide carriers as highly efficient drug delivery systems. *Applied Surface Science*, 500, 144220. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.144220>
- Hassan, M. R. A., El-Naggar, A. H. M., Shaban, E. H., & Mohamed, M. E. A. (2015). Effect of NPK and bio-fertilizers rates on the vegetative growth and oil yield of *Ocimum basilicum* L. plants. *Alexandria Science Exchange Journal*, 36(1), 58-72. <https://doi.org/10.21608/ASEJAIQJSAE.2015.2740>

- Hassanpouraghdam, M. B., Mehrabani, L. V., Kheirollahi, N., Soltanbeigi, A., & Khoshmaram, L. (2023). Foliar application of graphene oxide, Fe, and Zn on *Artemisia dracunculus* L. under salinity. *Scientia Agricola*, 80. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2021-0202>
- Hassanpouraghdam, M. B., Vojodi Mehrabani, L., & Tzortzakis, N. (2019). Foliar application of nano-zinc and iron affects physiological attributes of *Rosmarinus officinalis* and quiertens NaCl salinity depression. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 20, 335- 345. <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00111-1>
- Hastak, V., Bandi, S., Kashyap, S., Singh, S., Luqman, S., Lodhe, M., Peshwe, D. R., & Srivastav, A. K. (2018). Antioxidant efficacy of chitosan/graphene functionalized superparamagnetic iron oxide nanoparticles. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 29, 154. <https://doi.org/10.1007/s10856-018-6163-0>
- Hauck, T. S., Ghazni, A. A., & Chan, W. C. W. (2008). Assessing the effect of surface chemistry on gold nanorod uptake, toxicity, and gene expression in mammalian cells. *Small*. 4(1), 153-159 <https://doi.org/10.1002/sml.200700217>
- Havla, S., & Pukka, L. (1987). Studies on fertilization of dill (*Anethum graveolens* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural Sciences in Finland*, 59, 11-17.
- Hazrati, Y. S., & Tahmasebi, S. A. (2012). Effects of different nitrogen fertilizer levels and hormone benzyl adenine (BA) on growth and ramet production of *Aloe vera* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(2), 210-223. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2012.3023>
- Hes, M., Golcz, A., Gramza-Michalowska, A., Jedrusek-Golinska, A., Dziedzic, K., & Mildner-Szkudlarz, S. (2022). Influence of nitrogen fertilizer on the antioxidative potential of basil varieties (*Ocimum basilicum* L.). *Molecules*, 27(17). <https://doi.org/10.3390/molecules27175636>
- Hong, J., Wang, C., Wagner, D. C., Gardea-Torresdey, J. L., He, F., & Rico, C. M. (2021). Foliar application of nanoparticles: mechanisms of absorption, transfer, and multiple impacts. *The Royal Society of Chemistry*.
- Huang, W., Ratkowsky, D. A., Hui, C., Wang, P., Su, J., & Shi, P. (2019). Leaf fresh weight versus dry weight: which is better for describing the scaling relationship between leaf biomass and leaf area for broad-leaved plants? *Forests*, 10, 256. <https://doi.org/10.3390/f10030256>
- Hussain, A. I., Anwar, F., Sherazi, S. T. H., & Przybylski, R. (2008). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry*, 108(3), 986-995.
- Ilić, A. S., Antić, M. P., Jelačić, S. C., & Knudsen, T. M. Š. (2019). Chemical composition of the essential oils of three *Ocimum basilicum* L. cultivars from Serbia. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(2), 347-351. <https://doi.org/10.15835/nbha47111250>
- Imani, R., Mohabatpour, F., & Mostafavi, F. (2018). Graphenebased nano-carrier modifications for gene delivery applications. *Carbon*, 140, 569-591. <https://doi.org/10.1016/J.CARBON.2018.09.019>
- Ivanchenko, M. G., Napsucialy-Mendivil, S., & Dubrovsky, J.G. (2010). Auxin-induced inhibition of lateral root initiation contributes to root system shaping in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal* 64(5), 740-752. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04365.x>
- Jalali, A., & Jafari, P. (2022). Sweet basil, Ministry of Agriculture (Iran), Agricultural Research, Education and Promotion Organization, *Horticultural Science Research Pub*. Esfahan. (In Persian)
- Jiao, J., Cheng, F., Zhang, X., Xie, L., Li, Z., Yuan, C., Xu, B., & Zhang, L. (2016a). Preparation of graphene oxide and its mechanism in promoting tomato roots growth. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 16, 4216-4223. <https://doi.org/10.1166/jnn.2016.12601>
- Jiao, J., Yuan, C., Wang, J., Xia, Z., & Xu, B. (2016b). The role of graphene oxide on tobacco root growth and its preliminary mechanism. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 16, 12449-12454.
- Jimayu, G. (2022). Essential oil yield and yield related of basil (*Ocimum basilicum* L.) as affected by NPS and nitrogen fertilizer rates at wondo genet, Southern Ethiopia. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 11(1), 34-41. <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2022.005>
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., Stoyanova, A., & Balinova, A. (2001). Analysis, chemotype and quality control of the essential oil of a new cultivated basil (*Ocimum basilicum* L.) plant from Bulgaria. *Scientia Pharmaceutica*, 69(1), 85-89. <https://doi.org/10.3797/scipharm.aut-01-10>
- Juliani, H. R., & Simon, J. E. (2002). Antioxidant activity of basil. In: Trends in new crops and new uses (Eds. J Janick and A Whipkey). ASHS Press, Alexandria, VA, USA, 575-579.
- Kah, M., Kookana, R. S., Gogos A, & Bucheli, T. D. (2018). A critical evaluation of nanopesticides and nanofertilizers against their conventional analogues. *Nature Nanotechnology*, 13(8), 677-684. <https://doi.org/10.1038/s41565-018-0131-1>

- Kah, M., Tufenkji, N., & White, J. C. (2019). Nano-enabled strategies to enhance crop nutrition and protection. *Nature Nanotechnology*, 14(6), 532-540. <https://doi.org/10.1038/s41565-019-0439-5>
- Kalamartzis, I., Dordas, C., Georgiou, P., & Menexes, G. (2020). The use of appropriate cultivar of basil (*Ocimum basilicum*) can increase water use efficiency under water stress. *Agronomy*, 10(1), 70. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010070>
- Kandil, M. A. M., Khatab, M. E., Ahmed, S. S., & Schnug, E. (2009). Herbal and essential oil yield of Genovese basil (*Ocimum basilicum* L.) grown with mineral and organic fertilizer sources in Egypt. *Journal für Kulturpflanzen*, 61(12), 443-449. <https://doi.org/10.5073/JfK.2009.12.03>
- Kanmaz, H., Gokce, Y., & Hayaloglu, A. A. (2023). Volatiles, phenolic compounds and bioactive properties of essential oil and aqueous extract of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) and antidiabetic activity in streptozotocin-induced diabetic Wistar rats. *Food Chemistry Advances*, 3, 100429. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100429>
- Karaca, M., Kara, Ş. M., & 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), 160-169.
- Keita, S. M., Vincent, C., Schmit, J. P., & Belanger, A. (2000). Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L., *O. gratissimum* L. and *O. suave* L. in the Republic of Guinea. *Flavour and Fragrance Journal*, 15, 339-341. [https://doi.org/10.1002/1099-1026\(200009/10\)15:5%3C339::AID-FFJ922%3E3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/1099-1026(200009/10)15:5%3C339::AID-FFJ922%3E3.0.CO;2-H)
- Kennedy, D. O., & Wightman, E. L. (2011). Herbal extracts and phytochemicals: plant secondary metabolites and the enhancement of human brain function. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 2(1), 32-50. <https://doi.org/10.3945/an.110.000117>
- Khakdan, F., Ranjbar, M., Nasiri, J., Shahriari Ahmadi, F., Bagheri, A., & Alizadeh, H. (2016). The relationship between antioxidant compounds contents and antioxidant enzymes under water stress in the cultivars of basil (*Ocimum basilicum* L.) from Iran. *Acta Physiologia Plantarum* 38, 226. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2241-4>
- Khan, M. M. A., Quasar, N., & Afreen, R. (2023). Nanotized form of indole acetic acid improve biochemical activities, the ultrastructure of glandular trichomes and essential oil production in *Ocimum tenuiflorum* L. *Industrial Crops and Products*, 193, 116117. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116117>
- Khan, N. I., Malik, A. U., Umer, F., & Bodla, M. I. (2010). Effect of tillage and farmyard manure on physical properties of soil. *International Research Journal of Plant Science*, 1(4), 75-82.
- Khelifa, L. H., Brada, M., Brahmi, F., Achour, D., Fauconnier, M. L., & Lognay, G. (2012). Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of *Ocimum basilicum* leaves from the Northern Region of Algeria. *Topclass Journal of Herbal Medicine*, 1(2), 25-30.
- Khodakovskaya, M., Dervishi, E., Mahmood, M., Xu, Y., Li, Z., Watanabe, F., & Biris, A. S. (2009). Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. *ACS Nano*, 3(10), 3221-3227. <https://doi.org/10.1021/nn900887m>
- Kim, K. Y., Lee, H. S., Min, S. S., & Seol, G. H. (2015). Neuroprotective effect of (-)-linalool against sodium nitroprusside-induced cytotoxicity. *Medicinal Chemistry*, 5(4), 178-182. <https://doi.org/10.4172/2161-0444.1000261>
- Klimánková, E., Holadová, K., Hajšlová, J., Cajka, T., Poustka, J., & Koudela, M. (2008). Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry*, 107(1), 464-472. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.062>
- Kocak, M. S., Sarikurkcu, C., Cengiz, M., Kocak, S., Uren, M. C., & Tepe, B. (2016). *Salvia cadmica*: Phenolic composition and biological activity. *Industrial Crops and Products*, 85, 204-212. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.015>
- Koocheki, A., & Sabet Teimouri, M. (2012). Effect of irrigation intervals, type of fertilizers and harvesting time on essence content and yield of three medicinal plants: Lavender (*lavandula angustifolia*), Rosemary (*Rosemarinus officinalis*) and Hyssop (*Hyssopus officinalis*) in mashhad Condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(3), 485-494. <https://doi.org/10.22067/gsc.v10i3.17667> (In Persian)
- Kostarelos, K., & Novoselov, K. (2014). Exploring the interface of graphene and biology. *Science*, 344(6181), 261-263. <https://doi.org/10.1126/science.1246736>
- Kumar, V., & Roy, B. K. (2018). Population authentication of the traditional medicinal plant *Cassia tora* L. based on ISSR markers and FTIR analysis. *Scientific Reports*, 8, 10714. <http://doi.org/10.1038/s41598-018-29114-1>

- Kwee, E. M., & Niemeyer, E. D. (2011). Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 128, 1044-1050. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.011>
- Lala, S. (2021). Nanoparticles as elicitors and harvesters of economically important secondary metabolites in higher plants: A review. *IET Nanobiotechnology*, 15(1) 28-57. <https://doi.org/10.1049/nbt2.12005>
- Le Bris, M. (2017). Hormones in growth and development?, In: Roitberg, B. D. (eds) Reference module in life sciences, Elsevier (Amsterdam: Elsevier). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809633-8.05058-5>
- Lee, S., Umamo, K., Shibamoto, T., & Lee, K. (2005). Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 91(1), 131-137. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.056>
- Leusink, G. J., Kitts, D. D., Yaghmaee, P., & Durance, T. (2010). Retention of antioxidant capacity of vacuum microwave dried cranberry. *Journal of Food Science*, 75(3), 311-316. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01563.x>
- Li, F., Sun, C., Li, X., Yu, X., Luo, C., Shen, Y., & Qu, S. (2018). The effect of graphene oxide on adventitious root formation and growth in apple. *Plant Physiology and Biochemistry*, 129, 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.05.029>
- Li, H., Tsao, R., & Deng, Z. (2012). Factors affecting the antioxidant potential and health benefits of plant foods. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(6), 1101-1111. <https://doi.org/10.4141/cjps2011-239>
- Li, X., Su, Y., Zhao, X., Li, W., Gao, X., & Zhang, X. (2009). Cytokinin overproduction-caused alteration of flower development is partially mediated by CUC2 and CUC3 in Arabidopsis. *Gene*, 450, 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2009.11.003>
- Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R., & Wu, H. (2020). The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>
- Litwinienko, G., & Ingold, K. U. (2003). Abnormal solvent effects on hydrogen atom abstraction. 1. The reactions of phenols with 2,20 -diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) in alcohols. *Journal of Organic Chemistry*, 68, 3433-3438.
- Litwinienko, G., & Ingold, K. U. (2004). Abnormal solvent effects on hydrogen atom abstraction. 2. Resolution of the curcumin antioxidant controversy. The role of sequential proton loss electron transfer. *Journal of Organic Chemistry*, 69(18), 5888-5896.
- Litwinienko, G., & Ingold, K. U. (2005). Abnormal solvent effects on hydrogen atom abstraction. 3. Novel kinetics in sequential proton loss electron transfer chemistry. *Journal of Organic Chemistry*, 70(22), 8982-8990.
- Liu, J., Chen, S., Liu, Y., & Zhao, B. (2022). Progress in preparation, characterization, surface functional modification of graphene oxide: a review. *Journal of Saudi Chemical Society*, 26, 101560. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2022.101560>
- Liu, Q., Zhao, Y., Wan, Y., Zheng, J., Zhang, X., Wang, C., Fang, X., & Lin, J. (2010). Study of the inhibitory effect of water-soluble fullerenes on plant growth at the cellular level. *ACS Nano*, 4(10), 5743-5748. <https://doi.org/10.1021/nn101430g>
- Liu, R., & Lal, R. (2016). Nanofertilizers, In: Lal, R. (eds) Encyclopedia of soil science, Pages: 1511-1515, (3rd ed.).
- Loomis, W. D. (1977). Physiology of essential oil production in mint. Proc 28th Annual Meeting Oregon, Essential oil growers league, January 13-14.
- Luz, J. M. Q., Morais, T. P. S., Blank, A. F., Sodré, A. C. B., & Oliveira, G. S. (2009). Content, yield and chemical composition of the essential basil oil under chicken manure levels. *Horticultura Brasileira*, 27(3), 349-353. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000300016>
- Ma, L., & Shi, Y. (2011). Effects of potassium fertilizer on physiological and biochemical index of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Energy Procedia*, 5, 581-586. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.102>
- Ma, L., Ren, G., & Shi, Y. (2012). Effects of potassium fertilizer on diurnal change of photosynthesis in *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Advanced Materials Research*, 5(1), 343-344.
- Machado, M. M., De Oliveira, L. F., & Zuravski, L. (2019). *Ocimum basilicum* L.: Antiinflammatory actions and potential usage for arthritic conditions, In: Watson, R. R., Preedy, V. R. (eds) Bioactive food as dietary interventions for arthritis and related inflammatory diseases, Pages: 481-487, Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813820-5.00027-1>
- Mahajan, A., Bhagat, R. M., & Gupta, R. D. (2008). Integrated nutrient management in sustainable rice-wheat cropping system for food security in India. *SAARC Journal of Agriculture*, 6(2), 29-32.

- Mahendran, G., & Vimolmangkang, S. (2023). Chemical compositions, antioxidant, antimicrobial, and mosquito larvicidal activity of *Ocimum americanum* L. and *Ocimum basilicum* L. leaf essential oils. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23, 390. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-04214-2>
- Mahmoud, N. E., & Abdelhameed, R. M. (2021). Superiorities of modified graphene oxide for enhancing the growth, yield and antioxidant potential of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) under salt stress. *Plant Stress*, 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100025>
- Mahmoudi, H., Marzouki, M., M'Rabet, Y., Mezni, M., Ouazzou, A. A., & Hosni, K. (2020). Enzyme pretreatment improves the recovery of bioactive phytochemicals from sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves and their hydrodistilled residue by-products and potentiates their biological activities. *Arabian Journal of Chemistry*, 13, 6451-6460. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.06.003>
- Makkizadeh, M., Nasrollahzadeh, S., Zehtab Salmasi, S., Chaichi, M., & Khavazi, K. (2012). The Effect of organic, biologic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 22(1), 1-12. (In Persian)
- Mamo, C. M. (2021). Response of basil (*Ocimum basilicum*) growth and yield to planting densities and row arrangements in tomato-basil intercropping system. *Agrotechnology Research Journal*, 5(2), 55-61. <https://dx.doi.org/10.20961/agrotechresj.v5i2.54333>
- Marschner, H. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants; MA: Academic Press, Cambridge.
- Marslin, G., Sheeba, C. J., & Franklin, G. (2017). Nanoparticles alter secondary metabolism in plants via ROS burst. *Frontiers in Plant Science*, 8, 832. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00832>
- Martínez-Ballesta, M. C., Zapata, L., Chalbi, N., & Carvajal, M. (2016). Multiwalled carbon nanotubes enter broccoli cells enhancing growth and water uptake of plants exposed to salinity. *Journal of Nanobiotechnology*, 14, 42. <https://doi.org/10.1186/s12951-016-0199-4>
- Máthé, Á. (2015). Introduction: Utilization/significance of medicinal and aromatic plants, In: Máthé, Á. (eds) *Medicinal and aromatic plants of the world*, Springer, Dordrecht. http://doi.org/10.1007/978-94-017-9810-5_1
- May, A., Coelho, L. F., Moura da Silva, E. H. F., Viana, R. da S., Vieira Junior, N. A., & Ferreira, W. P. M. (2021). Graphene: A new technology for agriculture. *Society and Development*, 10(2), e56610212827. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12827>
- Mirza, F. S., Aftab, Z-e-H, Ali, M. D., Aftab, A., Anjum, T., Rafiq, H. & Li, G. (2022). Green synthesis and application of GO nanoparticles to augment growth parameters and yield in mungbean (*Vigna radiata* L.). *Frontiers in Plant Science*, 13, 1040037. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1040037>
- Mohamadnia, R., Rezaei, A. N., & Bahraminejad, S. (2018). Effect of irrigation interval and silicon on some morpho-physiological and biochemical properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(1), 37-45. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.217636.1109>
- Mohamed, S. M., Abou El-Ghait, E. M., Mohamed, Y. F. Y., & Eman, G. M. E. (2017). Integrated management of fertilizer (NPK, chicken manure and yeast) to improve the growth, oil productivity and the volatile oil constituents of *Ocimum basilicum* L. var. *genoves* plant. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 6(4), 1155-1170.
- Mohammed, A. B. A., Yagi, S., Tzanova, T., Schohn, H., Abdelgadir, H., Stefanucci, A., Mollica, A., Mahomoodally, M. F., Adlan, T. A., & Zengin, G. (2020). Chemical profile, antiproliferative, antioxidant and enzyme inhibition activities of *Ocimum basilicum* L. and *Pulicaria undulata* (L.) C.A. Mey. grown in Sudan. *South African Journal of Botany*, 132, 403-409. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.06.006>
- Mottaleb, K. A. (2018). Perception and adoption of a new agricultural technology: Evidence from a developing country. *Technology in Society*, 55, 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.07.007>
- Mounira, G. M., Ahlem, Z., Mariem, B. A., Romdhane, M., Okla, M. K., Al-Hashimi, A., Alwase, Y. A., Madnay, M. M., Abdelgayed, G., Asard, H., Beemster, G. T. S., & Abdelgawad, H. (2022). Essential oil composition and antioxidant and antifungal activities of two varieties of *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae) at two phenological stages. *Agronomy*, 12, 825. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040825>
- Muráriková, A., Tažký, A., Neugebauerová, J., Planková, A., Jampílek, J., Mucaji, P., & Mikuš, P. (2017). Characterization of essential oil composition in different basil species and pot cultures by a GC-MS method. *Molecules*, 22(7), 1221. <https://doi.org/10.3390/molecules22071221>

- Nacar, Ş. (1997). Farklı yörelerden sağlanan fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkilerinde değişik dikim sıklıklarının verim ve kaliteye etkisi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı* Doktora Tezi, Adana.
- Nadeem, H. R., Akhtar, S., Sestili, P., Ismail, T., Neugart, S., Qamar, M., & Esatbeyoglu, T. (2022). Toxicity, antioxidant activity, and phytochemicals of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves cultivated in southern Punjab, Pakistan. *Foods*, 11, 1239. <https://doi.org/10.3390/foods11091239>
- Naderianfar, M., Karimi, H., Ansari, H., & Azizi, M. (2018). Effect of deficit irrigation and nano fertilizer on reproductive characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Water and Soil Conservation*, 25(4), 93-111. <https://doi.org/10.22069/JWSC.2018.13336.2796>
- Naidu, J. R., Ismail, R. B., & Sasidharan, S. (2016). Chemical profiling and antioxidant activity of Thai Basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(3), 750-755. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.793989>
- Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y., & Kumar, D. S. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Science*, 179, 154-163.
- Naldan, H. (2017). Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) genotiplerinde farklı hasat zamanlarının verim ve verim unsurları üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı* Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Nassar, M. A., El-Segai, M. U., & Mohamed, S. N. A. (2013). Botanical studies on *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 9(5), 150-163.
- Ndzingane, T. S., Masarirambi, M. T., Nxumalo, K. A., Kunene, E. N., Diana, E., Mpofu, M., Dlamini, D. V. & Sihlongonyana, S. (2022). Effects of organic fertilisers on growth, yield and nutritional content of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Advancement in Medicinal Plant Research*, 10(1), 1-16. <https://doi.org/10.30918/AMPR.101.20.040>
- Nguyen, V. T., Nguyen, N. Q., Thi, N. Q. N., Thi, C. Q. N., Truc, T. T., & Nghi, P. T. B. (2021). Studies on chemical, polyphenol content, flavonoid content, and antioxidant activity of Sweet Basil leaves (*Ocimum basilicum* L.). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1092, 012083. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1092/1/012083>
- Nicoletto, C., Santagata, S., Bona, S., & Sambo, P. (2013). Influence of cut number on qualitative traits in different cultivars of Sweet Basil. *Industrial Crops and Products*, 44, 465-472. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.10.009>
- Nuruzzaman, M., Rahman, M. M., Liu, Y., & Naidu, R. (2016). Nanoencapsulation, nano-guard for pesticides: a new window for safe application. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(7), 1447-1483. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05214>
- Nurzyńska-Wierdak, R., Borowski, B., Dzida, K., Zawislak, G., & Kowalski, R. (2013). Essential oil composition of Sweet Basil cultivars as affected by nitrogen and potassium fertilization. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37, 427-436. <https://doi.org/10.3906/tar-1203-43>
- Nurzyńska-Wierdak, R., Rozek E., Dzida K., & Borowski, B. (2012). Growth response to nitrogen and potassium fertilization of Common Basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. *Acta Scientiarum Polonorum - Hortorum Cultus*, 11(2), 275-288.
- Olszowy, M., & Dawidowicz, A. L. (2016). Essential oils as antioxidants: their evaluation by DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC, and b-carotene bleaching methods. *Monatshefte für Chemie*, 147, 2083-2091. <https://doi.org/10.1007/s00706-016-1837-0>
- Omidbaigi, R., Mirzaei, M., & Moghadam, M. S. (2010). Difference of growth traits, essential oil content and compositions between diploid and induced tetraploid plants of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(5), 579-587. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2010.10643866>
- Omidbeigi, R., (2014). *Production and Prossesing of Medicinal Plants*, 3. Mash'had: Behnashr Pub.
- Oosterhuis, D., Loka, D., Kawakami, E., & Pettigrew, W. (2014). The physiology of potassium in crop production. *Advances in Agronomy*, 126, 203-234. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800132-5.00003-1>
- Özcan, M. M. (2014). Seçilmiş reyhan (*Ocimum basilicum* L.) genotiplerinin biçim zamanlarına göre bazı verim özelliklerinin ve uçucu yağ oranlarının belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı* Yüksek Lisans Tezi, Ordu.
- Özguven, M., & Kırıcı S. (1999). Farklı ekolojilerde nane türlerinin verim ile uçucu yağ oran ve bileşenlerinin araştırılması. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 5, 465-472.
- Özmen, S. (2023). Su stresi altında biyogübre uygulamalarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin morfolojik, fizyolojik ve verim parametreleri, uçucu yağ oranı ve bileşenleri ile antioksidatif enzim aktiviteleri üzerine etkileri. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı* Doktora Tezi, Van.

- Padalia, R. C., Verma, R. S., Upadhyay, R. K., Chauhan, A., & Singh, V. R. (2017). Productivity and essential oil quality assessment of promising accessions of *Ocimum basilicum* L. from north India. *Industrial Crops and Products*, 97, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.008>
- Pan, S. Y., Zhou, S. F., Gao, S. H., Yu, Z. L., Zhang, S. F., & Tang, M. K. (2013). Review article: New perspectives on how to discover drugs from herbal medicines: CAM's outstanding contribution to modern therapeutics. Hindawi Publishing Corporation: *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* (eCAM) 2013:1-26.
- Panahinia, M., Sanikhani, M., & Kheiri, A. (2016). Morphological characteristics and essential oil production of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) under application of nitrogen and iron. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26(4), 157-166. (In Persian)
- Park, S., Choi, K. S., Kim, S., Gwon, Y., & Kim, J. (2020). Graphene oxide-assisted promotion of plant growth and stability. *Nanomaterials*, 10(4), 758. <https://doi.org/10.3390/nano10040758>
- Paulsen, J., & Selmar, D. (2016). The difficulty of correct reference values when evaluating the effects of drought stress: a case study with *Thymus vulgaris*. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 89, 287-289. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2016.089.037>
- Peters, R. J., Bouwmeester, H., Gottardo, S., Amenta, V., Arena, M., Brandhoff, P., Marvin, H. J., Mech, A., Moniz, F. B., & Pesudo, L. Q. (2016). Nanomaterials for products and application in agriculture, feed and food. *Trends in Food Science and Technology*, 54, 155-164. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.06.008>
- Piccaglia, R., Dellacecca, V., Marotti, M., & Giovanelli, E., (1993). Agronomic factors affecting the yields and the essential oil composition of peppermint (*Mentha piperita* L.). *International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants Acta Horticulture*, 344, 29-40. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.344.4>
- Pirbalouti, A. G., Malekpoor, F., Salimi, A., & Golparvar, A. (2017). Exogenous application of chitosan on biochemical and physiological characteristics, phenolic content and antioxidant activity of two species of basil (*Ocimum ciliatum* and *Ocimum basilicum*) under reduced irrigation. *Scientia Horticulturae*, 217, 114-122. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.031>
- Politeo, O., Jukic, M., & Milos, M. (2007). Chemical composition and antioxidant capacity of free volatile aglycones from basil (*Ocimum basilicum* L.) compared with its essential oil. *Food Chemistry*, 101(1), 379-385.
- Pramod, M. B., Sivakumar, V., Uma, J. K., Ravindra, B. M., & Umakrishna, K. (2020). Influence of organic manures and inorganic fertilizers on growth and yield parameters of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *International Journal of Chemical Research*, 8(6), 2587-2589.
- Prasad, B., & Sinha, S. K. (2000). Long-term effects of fertilizers and organic manures on crop yields, nutrient balance, and soil properties in rice-wheat cropping system in Bihar. In: Abrol, I. P., Bronson, K. F., Duxbury, J. M., & Gupta, R. K. (eds.) Long-Term soil fertility experiments in rice-wheat cropping systems. Rice-wheat consortium paper Series 6, rice-wheat consortium for the Indo-Gangetic Plains, New Delhi, 105-119.
- Prasad, R., Bhattacharyya, A., & Nguyen, Q. D. (2017). Nanotechnology in sustainable agriculture: recent developments, challenges, and perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1014. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01014>
- Priyadarshini, S. D., Manikandan, S., Kiruthiga, R., Rednam, U., Babu, P. S., Subbaiya, R., Karmegam, N., Kim, W., & Govarthan, M. (2022). Graphene oxidebased nanomaterials for the treatment of pollutants in the aquatic environment: Recent trends and perspectives - a review. *Environmental Pollution*, 306, 119377. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119377>
- Radwan, A., Kleinwächter, M., & Selmar, D. (2017). Impact of drought stress on specialised metabolism: Biosynthesis and the expression of monoterpene synthases in sage (*Salvia officinalis*). *Phytochemistry*, 141, 20-26. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2017.05.005>
- Rahayu, A., Rochman, N., Nahraeni, W., & Fitriyani, N. (2020). Production and quality of seven basil (*Ocimum basilicum* L.) accessions in various composition of urea fertilizer and mexican sunflower compost. *Advances in Biological Sciences Research*, 13.
- Rahmanian, M., Esmailpour, B., Hadian, J., Shahriari, M., & Fatemi, H. (2017). The effect of organic fertilizers on morphological traits, essential oil content and components of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(3), 103-118.
- Rastogi, A., Zivcak, M., Sytar, O., Kalaji, H. M., He, X., Mbarki, S., & Brestic, M. (2017). Impact of metal and metal oxide nanoparticles on plant: A critical review. *Frontiers in Chemistry*, 5, 78. <https://doi.org/10.3389/fchem.2017.00078>
- Rehman, R., Hanif, M. A., Mushtaq, Z., & Al-Sadi, A. M. (2016). Biosynthesis of essential oils in aromatic plants: A review. *Food Reviews International*, 32(2), 117-160. <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1057841>

- Rezaei, H. (2013). A review of research on application of livestock manure in agricultural land of Iran. *Land Management Journal*, 1(1), 55-68. (In Persian) <https://doi.org/10.22092/lmj.2013.100076>
- Rico, C. M., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, J. R., & GardeaTorresdey, J. L. (2011). Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 3485-3498. <https://doi.org/10.1021/jf104517j>
- Romano, R., De Luca, L., Aiello, A., Pagano, R., Di Pierro, P., Pizzolongo, F., & Masi, P. (2022). Basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves as a source of bioactive compounds. *Foods*, 11, 3212. <https://doi.org/10.3390/foods11203212>
- Rychter, A. M., & Rao, I. M. (2005). Role of phosphorus in photosynthetic carbon metabolism: Handbook of Photosynthesis, CRC Press.
- Safikhani, S., Chaichi, M. R., Khoshbakht, K., Amini, A., & Motesharezadeh, B. (2018). Application of nanomaterial graphene oxide on biochemical traits of Milk thistle (*Silybum marianum* L.) under salinity stress. *Australian Journal of Crop Science*, 12(6), 931-936. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.PNE972>
- Saharkhiz, M. J., Omidbaigi, R., & Sefidkon, F. (2007). The effect of phosphorus and irrigation treatments on the essential oil content and composition of feverfew (*Tanacetum parthenium* (L.) cv. Zardband). *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 10 (5): 391- 398.
- Sampaio, I. M. G., Guimaraes, M. D., Rabelo, J. D., Viana, C. D., & Machado, F. G. A. (2021). Productive and physiological responses of basil to nitrogen fertilization. *Horticultura Brasileira*, 39(3), 335-340. <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210315>
- Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F., & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3-21. <https://doi.org/10.1023/A:1013386921596>
- Santás-Miguel, V., Arias-Estévez, M., Rodríguez-Seijo, A., & Arenas-Lago, D. (2023). Use of metal nanoparticles in agriculture. A review on the effects on plant germination. *Environmental Pollution*, 334, 122222. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122222>
- Sayarar, M., Aytac, Z., & Kürkcüoğlu, M. (2023). The effect of irrigation and humic acid on the plant yield and quality of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) with mulching application under semi-arid ecological conditions. *Plants*, 31, 12(7), 1522. <https://doi.org/10.3390/plants12071522>
- Scheffer, M. C., Ronzelli, P. J., & Koehler, H. S. (1993). Influence of organic fertilization on the biomass, yield and composition of the essential oil of *Achillea millefolium* L. *Acta Horticulturae*, 331, 109-114. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.331.14>
- Seidler-Łożykowska, K., Galambosi, B., & Krol, D. J. (2008). Herb yield, essential oil content and its composition in two cultivars of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in two different locations. *Herba Polonica*, 54, 35-42.
- Selmar, D., & Kleinwächter, M. (2013). Stress enhances the synthesis of secondary plant products: The impact of stress-related over-reduction on the accumulation of natural products. *Plant and Cell Physiology* 54(6), 817-826. <https://doi.org/10.1093/pcp/pct054>
- Selvakesavan, R. K., Kruszka, D., Shakya, P., Mondal, D., & Franklin, G. (2023). Impact of nanomaterials on plant secondary metabolism. In: Al-Khayri, J. M., Alnaddaf, L. M., Jain, S.M. (eds) Nanomaterial interactions with plant cellular mechanisms and macromolecules and agricultural implications. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20878-2_6
- Shahraki, S. H., Ahmadi, T., Jamalii, B., & Rahimi, M. (2024). The biochemical and growth-associated traits of basil (*Ocimum basilicum* L.) affected by silver nanoparticles and silver. *BMC Plant Biology*, 24 (92). <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04770-w>
- Shan, B., Cai, Y. Z., Sun, M., & Corke, H. (2005). Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 7749-59.
- Sharma, V., & Chanda, D. (2018). The Holy Basil against cardiac anomalies (S25-S36). In A. K. Shasany, & C. Kole (Eds.), *The ocimum genome*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Shen, S., Liu, Y., Wang, F., Yao, G., Xie, L., & Xu, B. (2019). Graphene oxide regulates root development and influences IAA concentration in rice. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38, 241-248. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9836-5>
- Singh, K., Chand, S., & Yaseen, S. C. M. (2014). Integrated nutrient management in Indian Basil (*Ocimum basilicum*). *Industrial Crops and Products*, 55, 225-229. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.009>

- Singh, M. D., Chirag, G., Prakash, P. O., Mohan, M. H., Prakasha, G., & Vishwajith, G. P. (2017). Nano fertilizers is a new way to increase nutrients use efficiency in crop production. *International Journal of Agriculture Sciences*, 9(7), 3831-3833.
- Singh, P., Arif, Y., Siddiqui, H., Sami, F., Zaidi, R., Azam, A., Alam, P., & Hayat, S. (2021). Nanoparticles enhances the salinity toxicity tolerance in *Linum usitatissimum* L. by modulating the antioxidative enzymes, photosynthetic efficiency, redox status and cellular damage. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 213, 112020. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112020>
- Singh, V. P., Chatterjee, B. N., & Singh, D. V. (1989). Response of mint species to nitrogen fertilization. *The Journal of Agricultural Science*, 113(2), 267-271. <https://doi.org/10.1017/S002185960008686X>
- Sirousmehr, A., Arbabi, J., & Asgharipour, M. R. (2014). Effect of drought stress levels and organic manures on yield, essential oil content and some morphological characteristics of Sweet Basil (*Ocimum basilicum*). *Advances in Environmental Biology*, 8(4), 880-885.
- Skalák, J., Vercruyssen, L., Claeys, H., Hradilová, J., Ěerný, M., Novák, O., Plačková, L., Saiz-Fernández, I., Skaláková, P., Coppens, F., Dhondt, S., Koukalová, Š., Zouhar, J., Inzé, D., & Brzobohatý, B. (2019). Multifaceted activity of cytokinin in leaf development shapes its size and structure in Arabidopsis. *The Plant Journal*, 97, 805-824. <https://doi.org/10.1111/tpj.14285>
- Soltanbeigi, A. (2014). Çukurova bölgesi marjinal arazi koşullarında mentha türlerinde farklı dikim zamanlarının verim ve kaliteye etkisi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı Doktora Tezi*, Adana.
- Soltanbeigi, A., & Maral, H. (2022). Agronomic yield and essential oil properties of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L. Moench) with different nutrient applications. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 38(1), 164-175. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-16AYAH20016>
- Soltanbeigi, A., & Sakartepe, E. (2020). Chemical specification of wild *Salvia tomentosa* Mill. collected from Inner Aegean Region of Turkey. *Journal of Medicinal and Spice Plants*, 24(1), 31-35.
- Spigno, G., Tramelli, L., & De Faveri, D. M. (2007). Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.021>
- Stanojevic, L. P., Marjanovic-Balaban, Z. R., Kalaba, V. D., Stanojevic, J. S., Cvetkovic, D. J., & Cakic, M. D. (2017). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(6), 1557-1569. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1401963>
- Tabart, J., Kevers, C., Sipel, A., Pincemail, J., Defraigne, J. O., & Dommes, J. (2007). Optimisation of extraction of phenolics and antioxidants from Black Currant leaves and buds and of stability during storage. *Food Chemistry*, 105(3), 1268-1275. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.005>
- Tabrizi, L., Nassiri Mahallati, M., & Koocheki, A. (2004). Investigations on the cardinal temperatures for germination of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 2(2), 143-150. (In Persian)
- Tadesse, T., Dechassa, N., Bayu, W., & Gebeyehu, S. (2013). Effects of farmyard manure and inorganic fertilizer application on soil physico-chemical properties and nutrient balance in rain-fed lowland rice ecosystem. *American Journal of Plant Sciences*, 4, 309-316. <https://doi.org/10.4236/ajps.2013.42041>
- Taie, H. A. A., Salama, Z. A., & Radwan, S. (2010). Potential activity of basil plants as a source of antioxidants and anticancer agents as affected by organic and bio-organic fertilization. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1), 119-27. <https://doi.org/10.15835/nbha3813534>
- Takano, T. (1993). Germination characteristics of herbs in Labiatae. *Acta Horticulturae*, 31, 129-132.
- Tavallali, V., Gholami, H., & Espargham, O. (2020). Biological and pharmacological activities of essential oils of *Ocimum basilicum* L. grown with Zn-salicylic acid nano-complex. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 93, 26-33. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2020.093.004>
- Tehrani Sharif, H., Sharifi Ashoorabadi, E., Tajali, A., & Makizadeh Tafti, M. (2015). Effect of plant nutrition systems on qualitative and quantitative yield of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 31(2), 283-306. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2015.101470> (In Persian)
- Telci, İ. (2005). Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) genotiplerinde uygun biçim yüksekliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 77-83.

- Teofilović, B., Grujić-Letic, N., Gligoric, E., Raskovic, A., Igić, R., Vastag, G., & GadPurić, S. (2021). Experimental and computational evaluation of extraction procedure and scavenging capacity of Sweet Basil extracts (*Ocimum basilicum* L.). *Plant Foods For Human Nutrition*, 76(2), 240-247. <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00902-x>
- Tepe, B., Sarikurkcu, C., Berk, S., Alim, A., & Akpulat, H. A. (2011). Chemical composition, radical scavenging and antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus boveii* and *Thymus hyemalis*. *Records of Natural Products*, 5, 208-220.
- Toncer, O., Karaman, S., Diraz, E., & Tansi, S. (2017). Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. at different phenological stages in semi-arid environmental conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(8), 5441-5446.
- Toprak, M., & Şenyiğit, U. (2021). Sera koşullarında farklı sulama suyu miktarı ve solucan gübresi dozlarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin bazı vejetatif özelliklerine etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 31(1), 629-633.
- Tosserams, M., Pais de Sa, A., & Rozema, J. (1996). The effect of solar UV radiation on four plant species occurring in coastal grassland vegetation in the Netherlands. *Physiologia Plantarum*, 97, 731-739.
- Tucker, M. R. (1999). Essential plant nutrients: their presence in North Carolina soils and role in plant nutrition. *Department of Agriculture and Consumer Services, Agronomic Division*.
- Türkmen, M. (2021). The effect of different phenological periods and harvest times on the essential oil ratio and components of basil genotypes. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24(1), 94-109. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1894243>
- Tursun, A. O., & Telci, I. (2020). The effects of carbon dioxide and temperature on essential oil composition of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(2), 255-265. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1741452>
- Uchida, R. (2000). Essential nutrients for plant growth: nutrient functions and deficiency symptoms. *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils*, 31-55.
- Ullah, S., Rahman, K. U., Rauf, A., Hussain, A., Ullah, A., & Ramadan, M. F. (2020). Phenolic acids, flavonoids and antiradical activity of *Ocimum sanctum* and *Ocimum basilicum* leaves extract. *Journal of Medicinal and Spice Plants, Zeitschrift Fur Arznei - & Gewurzpflanzen*, 24(2), 60-62.
- Ullah, S., Rauf, N., Hussain, A., Sheikh, I. A., & Farooq, M. (2022). HPLC profile of phenolic acids and flavonoids of *Ocimum sanctum* and *O. basilicum*. *International Journal of Plant Based Pharmaceuticals*, 2(2), 205-209.
- Uzun, A. (2007). Labiate (Ballıbabagiller) familyasına mensup ilaç ve baharat olarak kullanılabilecek fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) ve kekik (*Origanum vulgare* L.) türlerinin bazı özelliklerinin tespiti üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Samsun.
- Vinătoru, C., Muşat, B., Bratu, C., & Peticilă, A. (2019). Results and perspectives in *Ocimum basilicum* (Basil) breeding at vegetable research and development Station Buzău. *Scientific Papers, B, Horticulture*, LXIII, 2.
- Vojodi, M. L., Hassanpouraghdam, M. B., Rasouli, F., Okcu, Z., & Alina, M. R. A. (2023). Foliar application of graphene oxide, nano-Fe, and selenium mitigates salinity depression on *Ocimum basilicum*. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 47(4), 510-528. <https://doi.org/10.55730/1300-011X.3105>
- Vural, N. (2021). Chemometrics data analysis and controversial carcinogenic effect of *Ocimum basilicum* L. rich in methyl eugenol. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 4825-4837. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01072-9>
- Wael Ismail M. T., Moustafa Yehia M. A. B., & Emad Saleh, H. (2022). Effect of organic fertilization on productivity of some newly introduced basil varieties under Siwa Oasis conditions. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*. 30(6), 384-399. <https://doi.org/10.7324/jabb.2022.100210>
- Walters, K. J., & Currey, C. J. (2015). Hydroponic greenhouse basil production: comparing systems and cultivars. *HortTechnology*, 25, 5. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.5.645>
- Wang, H. F., Wang, Y. K., & Yih, K. H. (2008). DPPH free-radical scavenging ability, total phenolic content, and chemical composition analysis of forty-five kinds of essential oils. *Journal of Cosmetic Science*, 59(6), 509-522.
- Wang, J., Wei, Y., Shi, X., & Gao, H. (2013). Cellular entry of graphene nanosheets: The role of thickness, oxidation and surface adsorption. *RSC Advances*, 3(36), 15776-15782. <http://doi.org/10.1039/C3RA40392K>

- Wang, X., Liu, C., Li, H., Zhang, H., Ma, R., Zhang, Q., Yang, F., Liao, Y., Yuan, W., & Chen, F. (2019a). Metabonomics-assisted label free quantitative proteomic and transcriptomic analysis reveals novel insights into the antifungal effect of graphene oxide for controlling *Fusarium graminearum*. *Environmental Science: Nano*, 6, 3401-3421. <https://doi.org/10.1039/C9EN00981G>
- Wang, X., Xie, H., Wang, Z., He, K., & Jing, D. (2019b). Graphene oxide as a multifunctional synergist of insecticides against lepidopteran insect. *Environmental Science: Nano*, 6, 75-84. <https://doi.org/10.1039/C8EN00902C>
- Waseem, R., & Low, K. H. (2014). Advanced analytical techniques for the extraction and characterization of plant-derived essential oils by gas chromatography with mass spectrometry. *Journal of Separation Science*, 38(3), 483-501. <http://doi.org/10.1002/jssc.201400724>
- Wesołowska, A., Kosecka, D., & Jadcak, D. (2012). Essential oil composition of three Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Herba Polonica*, 58, 2.
- White, P. J., & Karley, A. J. (2010). Potassium, In: Hell, R., Mendel, R. (eds) Cell biology of metals and nutrients, Pp: 199-224 Springer, Berlin.
- Xie, Z., Kapteyn, J., & Gang, D. R. (2008). A systems biology investigation of the MEP/ terpenoid and shikimate/phenylpropanoid pathways points to multiple levels of metabolic control in Sweet Basil glandular trichomes. *The Plant Journal: For Cell and Molecular Biology*, 54(3), 349-361. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03429.x>
- Yaldiz, G., & Camlica, M. (2021). Agro-morphological and phenotypic variability of Sweet Basil genotypes for breeding purposes. *Crop Science*, 61(1), 621-642. <https://doi.org/10.1002/csc2.20391>
- Yaldiz, G., & Camlica, M. (2022). Essential oils content, composition and antioxidant activity of selected basil (*Ocimum basilicum* L.) genotypes. *South African Journal of Botany*, 151, Part A, 675-694. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.10.045>
- Yaldiz, G., Camlica, M., & Ozen, F. (2018a). Biological value and chemical components of essential oils of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) grown with organic fertilization sources. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 99, 2005-2013. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9468>
- Yaldiz, G., Camlica, M., & Ozen, F. (2018b). The effects of different doses of organic chicken fertilizer on the element analysis of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Anadolu, Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 28(1), 83-88.
- Yaldiz, G., Çamlıca, M., Eratahar, S. A., & Kulak, M. (2017). Farklı dozda kibebe gübre uygulamasının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) verimine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 363-370. <https://doi.org/10.21597/jist.2017127449>
- Yaldiz, G., Çamlıca, M., Özen, F., & Eratahar, S. A. (2019). Effect of poultry manure on yield and nutrient composition of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(7), 838-852. <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1589488>
- Yaldiz, G., Gul, F., & Kulak, M. (2015). Herb yield and chemical composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil in relation to the different harvest period and cultivation conditions. *African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines*, 12(6), 71-76. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v12i6.7>
- Yamamoto, A., & Takano, T. (1996). Effects of anion variations in a nutrient solution on the basil growth, essential oil content and composition. *Scientific Reports of the Faculty of Agriculture Meijo University*, 32, 47-52.
- Yang, Y., Zhang, R., Zhang, X., Chen, Z., Wang, H., & Li, P. C. H. (2022). Effects of graphene oxide on plant growth: A Review. *Plants (Basel)*, 24, 11(21), 2826. <https://doi.org/10.3390/plants11212826>
- Younes, N. A., Mona, F. A., Dawood, A., & Wardany, A. (2019). Biosafety assessment of graphene nanosheets on leaf ultrastructure, physiological and yield traits of *Capsicum annuum* L. and *Solanum melongena* L. *Chemosphere*, 228, 318-327. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.097>
- Zafarighalehrodkhani, B., Soltani, A., Zeinali, E., Kamkar, B., & Firozfar, M. (2017). Effect of plant density on allometric relationships between plant height and vegetative traits of wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(2), 286-297. <https://doi.org/10.22067/GSC.V15I2.46029> (In Persian)
- Zargoosh, Z., Ghavam, M., Bacchetta, G., & Tavili, A. (2019). Effects of ecological factors on the antioxidant potential and total phenol content of *Scrophularia striata* Boiss. *Scientific Reports*, 9(1), 16021. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52605-8>
- Zengin, G., Sarikurku, C., Gunes, E., Uysal, A., Ceylan, R., Uysal, S., Gungor, H., & Aktumsek, A. (2015). Two Ganoderma species: Profiling of phenolic compounds by HPLC-DAD,

- antioxidant, antimicrobial and inhibitory activities on key enzymes linked to diabetes mellitus, Alzheimer's disease and skin disorders. *Food & Function*, 6, 2794-2802. <https://doi.org/10.1039/c5fo00665a>
- Zhang, M., Gao, B., Chen, J., & Li, Y. (2015). Effects of graphene on seed germination and seedling growth. *Journal of Nanoparticle Research*, 17, 78. <https://doi.org/10.1007/s11051-015-2885-9>
- Zhang, X., Cao, H. F., Zhao, J. G., Wang, H. Y., Ge, S., Chen, Z. W., Zhang, J., Wang, J. R., & Zhao, W. (2021b). Transcriptome analysis of GO promoting maize root growth. *Molecular Plant Breeding*, 19, 3157-3167. (In Chinese)
- Zhang, X., Cao, H., Wang, H., Zhang, R., Jia, H., Huang, J., Zhao, J. & Yao, J. (2021c). Effects of graphene on morphology, microstructure and transcriptomic profiling of *Pinus tabulaeformis* Carr. roots. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253812>
- Zhang, X., Cao, H., Wang, H., Zhao, J., Gao, K., Qiao, J., Li, J., & Ge, S. (2022). The effects of graphene-family nanomaterials on plant growth: A review. *Nanomaterials*, 12(6), 936. <https://doi.org/10.3390/nano12060936>
- Zhang, X., Cao, H., Zhao, J., Wang, H., & Zhang, J. (2021a). Graphene oxide exhibited positive effects on the growth of *Aloe vera* L. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 27, 815-824. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-00979-3>
- Zhang, X., Cao, H., Zhao, J., Wang, H., Yao, J., Wang, L., Zhang, Q., & Ma, L. (2020). Effects of graphene on the physiological, biochemical characteristics and growth of elm (*Ulmus pumila* L.) cutting seedlings. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 40, 97-103. <https://doi.org/10.13842/j.cnki.issn1671-8151.202001013> (In Chinese with English abstract)
- Zhao, S., Wang, Q., Zhao, Y., Qi, R., & Wang, D. (2015). Toxicity and translocation of graphene oxide in *Arabidopsis thaliana*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 39, 145-156. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2014.11.014>
- Zheljaskov, V. D., Cantrell, C. L., Ebelhar, M. W., Rowe, D. E., & Coker, C. (2008b). Productivity, oil content, and oil composition of Sweet Basil as a function of nitrogen and sulphur fertilization. *Horticultural Science*, 43(5), 1415-1422. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.5.1415>
- Zheljaskov, V. D., Cantrell, C. L., Tekwani, B., & Khan, S. I. (2008a). Content, composition, and bioactivity of the essential oils of three basil genotypes as a function of harvesting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 380-385. <https://doi.org/10.1021/jf0725629>
- Zheng, W., & Wang, S. Y. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5165-5170. <https://doi.org/10.1021/jf010697n>
- Zhou, Z., Li, J., Li, C., Guo, Q., Hou, X., Zhao, C., Wang, Y., Chen, C., & Wang, Q. (2023). Effects of graphene oxide on the growth and photosynthesis of the emergent plant *Iris pseudacorus*. *Plants*, 12(9), 1738. <https://doi.org/10.3390/plants12091738>
- Zhu, X. G., Zhao, S. L., & Duo, L. A. (2020). Effects of graphene oxide on the physiological and ecological characteristics of *Medicago sativa*. *Journal of Tianjin Normal University (Natural Science Edition)*, 40, 33-37.
- Zielinska, S., & Matkowski, A. (2014). Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae). *Phytochemistry Reviews*, 13, 391-416.