



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KÜKÜRTLÜ VE DEMİRLİ GÜBRE
UYGULAMALARININ KANOLA (*Brassica*
***napus oleifera* sp.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİ,**
VERİMİ VE YAĞ İÇERİĞİNE ETKİSİ

ALPASLAN MURAT YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
Anabilim Dalı

Aralık-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

ALPASLAN MURAT YILMAZ tarafından hazırlanan “Kükürtlü ve Demirli Gübre Uygulamalarının Kanola (*Brassica napus oleifera sp.*) Bitkisinin Gelişimi, Verimi ve Yağ İçeriğine Etkisi” adlı tez çalışması 10/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA

.....

Danışman

Prof. Dr. Ayşen AKAY

.....

Üye

Doç. Dr. Çağdaş AKPINAR

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması S.Ü. BAP Koordinatörlüğü tarafından 19201085 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Alpaslan Murat YILMAZ

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜKÜRTLÜ VE DEMİRLİ GÜBRE UYGULAMALARININ KANOLA (*Brassica napus oleifera* sp.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİ, VERİMİ VE YAĞ İÇERİĞİNE ETKİSİ

Alpaslan Murat YILMAZ

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Ayşen AKAY

2021, 124 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ayşen AKAY

Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA

Doç. Dr. Çağdaş AKPINAR

Kükürtlü gübre kullanımı özellikle yağlı tohumlu bitkilerde yağ kalitesi ve verimi üzerine olumlu etki yapmaktadır. Önemli bir tarım potansiyeline sahip olan Konya'da yetiştirilen ve daha da yetiştiriciliğinin artması beklenen kanola bitkisinin bölge kireçli topraklarında kükürtlü gübre isteginin belirlenmesi gerekmektedir. Konya ili topraklarının kireçli olması sebebiyle, genel olarak demir bakımından noksan olması ve yağlı tohumlu bitkilerde yapılan diğer çalışmalar da dikkate alınarak yapılan çalışmamızda; farklı dozlarda uygulanan kükürtlü ve demirli gübrelerle yağ bitkisi olan kanolanın gelişimi, yağ verimi ve kalitesinin artırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada kanola bitkisine iki kükürtlü gübre (toz kükürt ve bentonitli kükürt), dört kükürt dozu (0, 50, 100 ve 150 kg/da S) ve iki demir dozu (0 ve 1.5 kg/da Fe) dört tekerrürlü olarak 64 adet saksıda uygulanmıştır. Deneme Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre 15 Haziran-30 Aralık 2019 tarihleri arasında yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre ortalama bitki boyu 115.75-142.00 cm ve klorofil içeriği 59.50-65.28 SPAD değeri olarak bulunmuştur. Yan dal sayısı 3.00-5.50 adet, harnup uzunluğu 5.98-7.46 cm ve yağ miktarı %25.49-32.86 arasında olup S kaynağı, S dozu ve Fe dozu etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Bitki gövde ağırlığı 56.70-153.65 g, harnup sayısı 177.75-313.00 adet ve tane ağırlığı 5.65-11.69 g arasında olup S kaynağı, S dozu ve Fe dozu etkisi $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toplam tane sayısı 2521.25-4511.50 adet ve bin tane ağırlığı 2.07-2.98 g arasında olup S kaynağı, S dozu etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Araştırma verilerine göre kanolanın gelişimini ve bazı kalite parametrelerini arttırmak amacıyla demirli gübreleme ile birlikte 150 kg/da bentonitli kükürt dozunun kullanımı; Fe uygulaması yapılmadığı zaman ise 50 kg/da bentonitli kükürt veya 100 kg/da toz kükürt uygulaması önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Demir, Gübreleme, Kanola, Kükürt.

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF SULPHUR AND IRON FERTILIZER APPLICATIONS ON THE DEVELOPMENT, YIELD AND OIL CONTENT OF THE CANOLA (*Brassicca napus oleifera* sp.)

Alpaslan Murat YILMAZ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
OF SELCUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN SOIL SCIENCE AND
PLANT NUTRITION DEPARTMENT**

Advisor: Prof. Dr. Ayşen AKAY

2021, 124 Pages

Jury

Prof. Dr. Ayşen AKAY

Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA

Assoc. Prof. Dr. Çağdaş AKPINAR

The use of sulphur fertilizer has a positive effect on oil quality and yield, especially in oilseed plants. It is necessary to determine the sulphurous fertilizer demand of the canola plant, which is grown in Konya, which has an important agricultural potential, and whose cultivation will increase, in the calcareous soils of the region. In our study, which was carried out taking into account the fact that the soils of Konya province are generally deficient in iron and other studies on oilseed plants; it was aimed to increase of the development, oil content, and quality of canola, which is an oil plant, with sulphur and iron fertilizers applied at different doses.

In this study, two sulphur fertilizers (sulphur powder and sulphur bentonite), four sulphur doses (0, 50, 100, and 150 kg/da sulphur) and two iron doses (0 and 1.5 kg/da Fe) were applied to the canola plant with four replications in 64 pots. The experiment was conducted in the Selcuk University Faculty of Agriculture greenhouses according to the factorial design of randomized plots between 15 June and 30 December 2019. According to the results obtained, the average plant height was 115.75-142.00 cm and the chlorophyll content was found to be 59.50-65.28 SPAD value. The number of branches, the siliquae length, and the oil content were determined as 3.00-5.50, 5.98-7.46 cm, and 25.49-32.86%, respectively, and the interaction of S source, S dose and Fe dose was found to be statistically significant ($p<0.01$). The plant weight, number of siliquae, and seed weight were determined as 56.70-153.65 g, 177.75-313.00, and 5.65-11.69 g, respectively, and the interaction of S source, S dose and Fe dose was statistically significant at $p<0.05$ level. The total number of seed and 1000-seed weight were determined as 2521.25-4511.50 and 2.07-2.98 g, respectively, and the interaction of S source and S dose was found to be statistically significant ($p<0.01$).

According to the research data, the use of 150 kg/da sulphur bentonite dose with iron fertilization; when iron application is not applied, 50 k g/da sulphur bentonite or 100 kg/da sulphur powder application can be recommended in order to increase the development and some quality parameters of the canola.

Keywords: Iron, Fertilization, Canola, Sulphur.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olan, beni her konuda yönlendiren, bilimsel bilgi ve tecrübeleriyle beni aydınlatan değerli hocam, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayşen AKAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve desteği ile maddi ve manevi her daim yanımda olan Sayın Prof. Dr. Süleyman SOYLU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın analiz aşamalarında bilgi ve tecrübesi ile yardımını esirgemeyen Sayın Öğr. Gör. Dr. Hamza NEĞİŞ'e teşekkür ederim.

Analiz çalışmalarımda yardımları olan Sayın Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN'a ve Arş. Gör. Dr. Nurhan USLU'ya teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemediği sürekli yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesine destek sağlayan Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü yetkililerine teşekkür ederim.

Alpaslan Murat YILMAZ
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
EK LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1.Kükürt ve Demir	8
2.2. Kanolada Kükürt Uygulaması Konusunda Yapılan Çalışmalar	11
2.3. Kanolada Demir Uygulaması Konusunda Yapılan Çalışmalar	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1. Materyal	26
3.1.1. Araştırmada kullanılan toprak materyali	26
3.1.2. Deneme bitkisi olan kanolanın botanik özellikleri	26
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Denemenin kurulması ve yürütülmesi	28
3.3. Toprak Örneğinde Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	30
3.3.1. Tekstür tayini	30
3.3.2. Tarla kapasitesi	30
3.3.3. Toprak reaksiyonu (pH).....	30
3.3.4. Elektriksel iletkenlik (EC)	30
3.3.5. Kireç (%CaCO ₃)	30
3.3.6. Organik madde miktarı (%)	30
3.3.7. Azot (NH ₄ -N+NO ₃ -N) tayini	30
3.3.8. Alınabilir fosfor miktarı.....	31
3.3.9. Ekstrakte edilebilir K, Ca, Mg, Na miktarı.....	31
3.3.10. Elverişli Fe, Mn, Zn ve Cu miktarı	31
3.3.11. Kükürt tayini	31
3.3.12. Saksı deneme toprağının analiz sonuçları.....	31
3.4. Bitkilerde Yapılan Analizler	32
3.4.1. Bitki gelişmesinin farklı dönemlerinde yapılan ölçümler.....	33
3.4.1.1. Klorofil belirlemesi.....	33

3.4.1.2. Bitki boyu (cm).....	33
3.4.1.3. Yan dal sayısı (adet/bitki).....	33
3.4.1.4. Toplam tane sayısı (adet/bitki).....	33
3.4.1.5. Ana saptaki harnup sayısı (adet).....	33
3.4.1.6. Bin tane ağırlığı.....	33
3.4.2. Yaprak ve tanede element analizleri.....	34
3.4.2.1. Toplam azot tayini.....	34
3.4.2.2. Fosfor tayini.....	34
3.4.2.3. Potasyum tayini.....	34
3.4.2.4. Demir tayini.....	35
3.4.2.5. Kükürt tayini.....	35
3.4.2.6. Yağ oranı (%).....	35
3.5. İstatistiki Değerlendirme.....	35
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	36
4.1. Bitki Boy Uzunluğu.....	36
4.2. Bitki Gövde Ağırlığı.....	39
4.3. Klorofil SPAD değeri.....	43
4.4. Yan Dal Sayısı.....	45
4.5. Toplam Tane Sayısı.....	48
4.6. Ana Saptaki Harnup Sayısı.....	51
4.7. Harnup Uzunluğu.....	55
4.8. Tane Ağırlığı.....	58
4.9. Bin Tane Ağırlığı.....	60
4.10. Yaprak Toplam Azot İçeriği.....	63
4.11. Yaprak Fosfor İçeriği.....	65
4.12. Yaprak Potasyum İçeriği.....	68
4.13. Yaprak Demir İçeriği.....	70
4.14. Yaprak Kükürt İçeriği.....	73
4.15. Tane Kükürt İçeriği.....	76
4.16. Hasat Sonrası Toprakta Kalan Kükürt İçeriği.....	79
4.17. Tanede Azot İçeriği.....	82
4.18. Tane Fosfor İçeriği.....	84
4.19. Tane Potasyum İçeriği.....	86
4.20. Tane Demir İçeriği.....	88
4.21. Yağ Miktarı.....	90
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	93
EKLER	108
ÖZGEÇMİŞ	113

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Kükürt uygulamasının kanolanın yağ miktarı üzerindeki etkisi (Mansoori, 2012)	2
Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan kanola bitkisi çiçeğine ait görüntü.....	27
Şekil 3.2 Çalışmada kullanılan kanola bitkisine ait görüntü	27
Şekil 3.3 Denemede kullanılan Toz S (soldaki) ve Bentonitli S (sağdaki)	28
Şekil 4.1 Bentonitli S'nin Fe yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının bitki boyuna etkisi.....	38
Şekil 4.2 Toz S'nin Fe yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının bitki boyuna etkisi	38
Şekil 4.3 Harnup oluşumu tamamlanmak üzere olan kanola bitkisinin denemeye ait görüntüsü	42
Şekil 4.4 Kanoladan hasat sonrası elde edilen tohumlara ait görüntü	51
Şekil 4.5 Hasat öncesi kanolanın harnup durumu	54
Şekil 4.6 Araştırmadan hasat sonrası elde edilen kanola harnuplarına ait bir görüntü... 54	

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Türkiye’de yağlı tohumlu bitkilerin yıllara göre üretim miktarları (ton) (TÜİK, 2021)	4
Çizelge 3.1 Deneme planı*	29
Çizelge 3.2 Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri	32
Çizelge 4.1 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin bitki boyuna etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	36
Çizelge 4.2 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin bitki boyuna etkisi	37
Çizelge 4.3 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin bitki gövde ağırlığına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	40
Çizelge 4.4 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama bitki gövde ağırlığına etkisi	41
Çizelge 4.5 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin klorofil SPAD değerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	43
Çizelge 4.6 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin klorofil SPAD değerine etkisi	44
Çizelge 4.7 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yan dal sayısına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	46
Çizelge 4.8 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yan dal sayısına etkisi	47
Çizelge 4.9 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin toplam tane sayısına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	49
Çizelge 4.10 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama toplam tane sayısına etkisi	50
Çizelge 4.11 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin harnup sayısına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	52
Çizelge 4.12 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama harnup sayısına etkisi	53
Çizelge 4.13 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin harnup uzunluğuna etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	56
Çizelge 4.14 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama harnup uzunluğuna etkisi	57
Çizelge 4.15 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tane ağırlığına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	58
Çizelge 4.16 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tane ağırlığına etkisi	59
Çizelge 4.17 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin bin tane ağırlığına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	60
Çizelge 4.18 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama bin tane ağırlığına etkisi	61
Çizelge 4.19 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yaprakta N (%)’a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	63
Çizelge 4.20 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yaprakta N (%)’a etkisi	64
Çizelge 4.21 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yaprakta P (%)’a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	65
Çizelge 4.22 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yaprakta P (%)’a etkisi	67

Çizelge 4.23 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yaprakta K (%)’a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	68
Çizelge 4.24 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yaprakta K (%)’a etkisi	69
Çizelge 4.25 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yaprakta Fe’e etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	70
Çizelge 4.26 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yaprakta Fe (mg/kg)’e etkisi	72
Çizelge 4.27 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yaprakta S (%)’e etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	73
Çizelge 4.28 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yaprakta S (%)’e etkisi	75
Çizelge 4.29 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tanede S (%)’e etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	76
Çizelge 4.30 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tanede S (%)’e etkisi	78
Çizelge 4.31 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin toprakta S (mg/kg)’e etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	79
Çizelge 4.32 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama toprakta S (mg/kg)’e etkisi	81
Çizelge 4.33 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tanede N (%)’a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	82
Çizelge 4.34 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tanede N (%)’a etkisi	83
Çizelge 4.35 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tanede P (%)’a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	84
Çizelge 4.36 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tanede P (%)’a etkisi	85
Çizelge 4.37 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tanede K (%)’a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	86
Çizelge 4.38 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tanede K (%)’a etkisi	87
Çizelge 4.39 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tanede Fe’e etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	88
Çizelge 4.40 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tanede Fe (mg/kg)’e etkisi	89
Çizelge 4.41 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yağ miktarına (%) etkisini gösteren varyans analiz sonuçları	90
Çizelge 4.42 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yağ miktarına (%) etkisi	91

EK LİSTESİ

Ek 1. Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın harnup sayısı, tane ağırlığı, bin tane ağırlığı, toplam tane sayısı ve yan dal sayısına etkisi	108
Ek 2. Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın harnup uzunluğu, bitki gövde ağırlığı, bitki boyu ve klorofil içeriğine etkisi	108
Ek 3. Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın yaprakta N, tohumda N, yaprakta P, tohumda P içeriğine etkisi.....	110
Ek 4. Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın yaprakta K, tanede K, yaprakta Fe ve tohumda Fe içeriğine etkisi.....	111
Ek 5. Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın tohumda S, toprakta S, yaprakta S ve yağ içeriğine etkisi	112



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

N: Azot
S: Kükürt
P: Fosfor
Zn: Çinko
K: Potasyum
Fe: Demir
C: Karbon
O: Oksijen
Mn: Manganez
Ca: Kalsiyum
Mg: Magnezyum
B: Bor
P₂O₅: Fosfor Pentaoksit
K₂O: Potasyum Oksit
HCl: Hidroklorik Asit
CO₂: Karbondioksit
KCl: Potasyum klorür
NaHCO₃: Sodyum bikarbonat
CaCl₂: Kalsiyum Klorür
KH₂PO₄: Mono Potasyum Fosfat
H₂SO₄: Sülfürik asit
H₂O₂: Hidrojen Peroksit
DTPA: Dietilen Triamine Penta Asetik Asit
TEA: Trietanolamin

Kısaltmalar

da: Dekar
°C: Santigrat derece
ha: Hektar
g: Gram
kg: Kilogram
cm: Santimetre
mg: Miligram
L: Litre
nm: Nanometre

1. GİRİŞ

Bitkilerin bazı verim ve kalite özellikleri üzerine çeşitli gübrelerin oldukça önemli etkileri mevcuttur. Bunlar arasında kükürtlü gübre kullanımı çoğu bitkinin kalite özelliklerini geliştirmek için dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kükürt (S) özellikle yağlı tohumlu bitkilerde yağ kalitesi ve verimi üzerine olumlu etki yapmaktadır. Bu yağ bitkilerinden biri de kanola bitkisidir.

Kanola, içeriğinde bulunan yüksek yağ oranı ile önemli bir bitkisel yağ kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde nüfus artışına paralel olarak artan yağ ihtiyacını karşılayabilmek için yağ üretiminin artışına gerek duyulmaktadır. Kanolanın bu bitkisel yağ açığının karşılanması açısından değerli olduğu düşünülmektedir.

Kanola; yağ şalgamı ile lahananın doğal yöntemlerle melezlenmesi sonucu oluşmuş bir türdür. 1942 yılında Kanada'da kanola bitkisi yağı çıkarılarak gemicilikte kullanılmaya başlanmış ve sonraki yıllarda az miktarda erüsik asit içeren yazlık kanola çeşitleri elde edilerek; 1956-1957 yılları arasında insan tüketimi açısından uygun olan ilk kanola yağı üretilmiştir. Ülkemize kanola İkinci Dünya Savaşı sırasında Bulgaristan ve Romanya'dan göç edenler aracılığı ile gelmiştir. Trakya gibi birçok yöremizde 1980 yılı öncesinde yetiştirilmiştir (Sobutay, 2004).

Ülkemizde rapitsa, kolza, rapiska gibi isimlerle de bilinen kanola, kışlık ve yazlık olmak üzere iki dönemde yetiştirilmektedir. Kanola, tanesinde %38-50 yağ ve %16-24 protein içermektedir (Algan, 1990). Kanola tohumlarından elde edilen yağdan geriye kalan küspe ise değerli bir hayvan yemidir ve %38-40 oranında protein içerir. Bu durumdan dolayı soya küspesi ile karışımı hayvan yemi olarak kullanılabilir (Kadalkal, 2013).

Ülkemizde kanola bitkisinin kışlık ve yazlık çeşitlerinden genellikle kışlık kanolanın yetiştiriciliği yapılmaktadır. Kışlık kanola kış mevsiminde kar altında -15 °C sıcaklığa kadar dayanabilmektedir. Bunun için kışa girerken rozetleşmesini tamamlamış olması ve kuvvetli bir kök oluşturması gerekmektedir. Ege ve Akdeniz gibi ılıman iklim bölgelerinde ise daha çok yazlık kanola yetiştirilmektedir (Sobutay, 2004).

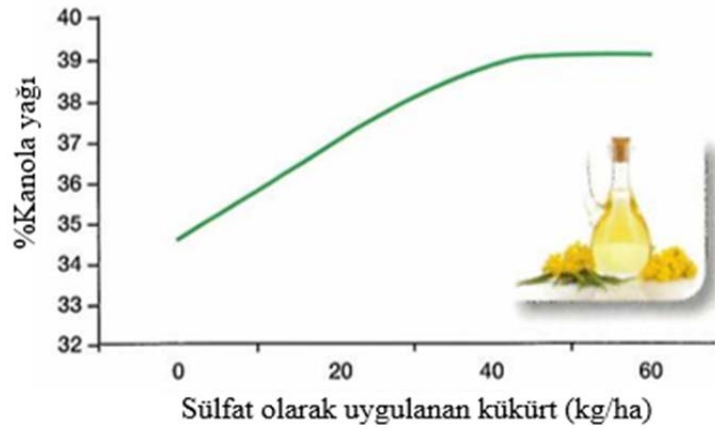
Kanola bitkisi kumlu ve hafif topraklar hariç hemen hemen her çeşit toprakta yetiştirilebilmektedir. Derin yapılı, humuslu, nötr veya hafif asit ve hafif alkali topraklarda en iyi verimle yetişmektedir (Gençer, 1995).

Kanolanın ekimi Ege, Marmara, Trakya-Marmara, Karadeniz, Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 15 Eylül-15 Ekim tarihleri arasında yapılmalıdır (Tıraş, 2009). Eylül ve Ekim ayları içerisindeki yağışlar, toprağa ekilen kanola

tohumlarının çıkmasını olumlu olarak etkileyecektir. Bu durumda kanola iyi çıkış yaparak 6-8 yaprak arasında (rozet devresi) kış mevsimine girecek ve güçlü bir kök sistemi oluşturarak soğuktan zarar görmeyecektir (Sobutay, 2004).

Kanola yetiştiriciliğinde iyi bir bitki besleme anahtar faktördür. Kanola tahıllara, baklagiller ve diğer kışlık mahsullere kıyasla özellikle azot (N), kükürt (S) ve fosfor (P) olmak üzere daha fazla besin maddesi ihtiyacına sahiptir. Kanolanın gereksinim duyduğu başlıca besin maddeleri N, S, P ve çinko (Zn)'dur (Taşkın, 2006).

Kanola; S'ye diğer bitkilere göre 4-7 kat daha fazla ihtiyaç duymaktadır. S eksikliğinden kaynaklanan verim kaybı %10-80 civarındadır. Kanola için en uygun olan ve bitkinin alabildiği S, sülfat formundaki kükürttür. S gübrelemesi mümkün olduğunca ekim zamanına yakın veya ekim sırasında uygulanmalıdır. S kanola tarafından tüm vejetatif dönem boyunca depolanmaktadır. S'e tomurcuk döneminde daha fazla ihtiyaç duyulduğu için bu dönemde S yapraklardan tohum kapsüllerine doğru hareket etmektedir. Bitki kökleri toprağın derinlerindeki S'e ulaşamaz; çünkü her ne kadar derin bir kök sistemi var olsa da kökler yayılımcı değildir (Taşkın, 2006). Şekil 1.1'de S uygulaması ile kanolanın yağ miktarındaki değişim görülmektedir.



Şekil 1.1 Kükürt uygulamasının kanolanın yağ miktarı üzerindeki etkisi (Mansoori, 2012)

Dünyadaki başlıca kanola üreticileri Kanada, Çin, Hindistan, Fransa, Ukrayna, Almanya, Avusturalya, Polonya ve Rusya'dır. Dünya çapındaki büyük kanola ithalatçıları ise Almanya, Çin, Japonya, Belçika ve Fransa'dır. Başlıca ihracatçıları ise Kanada, Ukrayna, Avusturalya ve Fransa'dır (FAO, 2019).

Ülkemizde bitkisel ve hayvansal yağların üretimi, tüketimi karşılayacak seviyede değildir. Yemeklik yağ açısından bitkisel yağlar çok daha fazla önem arz

etmesinin yanı sıra yağ bitkilerinin ekiliş alanları oldukça sınırlıdır. Bu da yağ bitkilerinin hasat ve harman işlerinin zorlayıcı olması ve yüksek maliyetlere sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Bu noktada tohumlarında %38-50 seviyelerinde yağ içeren ve tarımı da oldukça kolay olan kanola bitkisi düşünülebilir ve ülkemizde gereken ilgiyi gördüğü takdirde mevcut yağ açığının kapatılmasında önemli derecede katkıda bulunulabileceği bildirilmektedir (Sobutay, 2004). 2019 verilerine göre ülkemizdeki bitkisel yağ ithalatı yılda yaklaşık 5 bin tondur (FAO, 2019). Nüfus artışına paralel olarak artan yağ ihtiyacının karşılanabilmesi için, yağ üretiminin de artırılması zorunludur. Kanola, bu bitkisel yağ açığının kapatılmasında önemli rol üstlenebilir. Kanola tohumu hiçbir işlem görmeksizin %10 oranında besi rasyonuna, %20 oranında kanatlı rasyonuna ilave edilerek doğrudan besi maddesi olarak kullanılabilir. Aynı zamanda Nisan ayından hasat zamanına kadar geçen 4 aylık süre boyunca çiçekli halini koruması sebebiyle; bal üretimi için iyi bir besin kaynağı bitkisidir. Kanolanın dünyada yaklaşık 220 milyon hektar alanda ekimi yapılmakta olup anavatanı Anadolu'dur. Kanolanın yabani bir formu olan hardal bitkisi ülkemizde oldukça yaygın olarak görülmektedir (Sobutay, 2004).

Ülkemizde 2021 yılı verilerine göre yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanı soya fasulyesi için 351.343 da, yer fıstığı için 547.747 da, kanola için 349.891 da, susam için 256.663 da, ayçiçeği için 6.508.696 da, kenevir için 4252 da ve aspir için 151.150 da olarak dağılım göstermektedir. 2021 yılı verilerine göre Türkiye’de yağ bitkileri üretimi 3.684.675 ton olup bunun 121.542 tonunu kanola bitkisi oluşturmaktadır. Türkiye’de son on yılda yağlı tohumlu bitkilerin üretim miktarları Çizelge 1.1.’de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Türkiye’de yağlı tohumlu bitkilerin yıllara göre üretim miktarları (ton) (TÜİK, 2021)

Bitkiler		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Üretim Miktarı (Ton)	Mısır	4.250.000	4.310.000	4.200.000	4.600.000	5.900.000	5.950.000	6.400.000	6.400.000	5.900.000	5.700.000	6.000.000	6.500.000
	Soya Fasulyesi	38.442	86.540	102.260	122.114	180.000	150.000	161.000	165.000	140.000	140.000	150.000	155.225
	Yerfıstığı, Kabuklu	90.081	97.310	90.416	122.780	128.265	123.600	147.537	164.186	165.330	173.835	169.328	215.927
	Pamuk Çekirdeği (Çiğit)	1.021.200	1.272.800	1.527.360	1.373.440	1.287.000	1.391.200	1.213.600	1.260.000	1.470.000	1.542.000	1.320.000	1.064.189
	Kanola/Kolza Tohumu	113.886	106.450	91.239	110.000	102.000	110.000	120.000	125.000	60.000	125.000	180.000	121.542
	Susam Tohumu	21.036	23.460	18.000	16.221	15.457	17.716	18.530	19.521	18.410	17.437	16.893	18.648
	Ayçiçeği Tohumu (Yağlık)	960.300	1.170.000	1.170.000	1.200.000	1.380.000	1.480.000	1.500.000	1.500.000	1.800.000	1.800.000	1.950.000	1.900.000
	Kenevir Tohumu	3	7	8	4	1	1	1	1	1	3	20	273
	Haşhaş Tohumu	34.194	36.910	45.077	3.844	19.244	16.223	30.730	18.205	15.244	26.991	27.288	20.542
	Aspir Tohumu	20.076	26.000	18.228	19.945	45.000	62.000	70.000	58.000	50.000	35.000	21.883	21.325

Başta ayçiçeği olmak üzere birçok yağ bitkisi yazlık olarak yetiştirilmektedir. Buna karşın kanola tohumlarının kışlık ve yazlık formları bulunmasıyla birlikte; içerdği %40-45 seviyesindeki yağ daha çok sıvı olarak gıda endüstrisinde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Ekimden hasat zamanına kadar mekanizasyona uygun olması sebebiyle kanolanın üstün özelliklere sahip ve kolay yetiştirilebilen bir yağ bitkisi olduğu bildirilmektedir (Kolsarıcı ve ark., 2005). Yapılan araştırmalarda, Türkiye'nin birçok bölgesinin kanola tarımına elverişli olduğu ve alınan verimlerin oldukça yüksek olduğu görülmüştür (Tıraş, 2009; Yılmaz ve Avkiran, 2020). Günümüzde Orta Anadolu çiftçisi tarafından pek bilinmeyen kanolanın üretiminde farklı gelişim evrelerinde gübre dozu ve çeşitli gübre formları gibi bazı yetiştirme koşullarının uygulamalarında kanolanın göstereceği performansların yağ ve tohum verimine etkileri ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır (Karaaslan, 1998).

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda kanolada N'li ve P'li gübre ihtiyacı ve N-S etkileşimi konusunda çalışmalar yapılmasına rağmen; bu bitkinin S'li gübre isteği konusunda kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Önemli bir tarım potansiyeline sahip olan Konya'da yetiştirilen ve daha da yetiştiriciliği artacak olan kanola bitkisinin bölge kireçli topraklarında S'li ve Fe'li gübre isteğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yüksek lisans tez çalışması olarak serada saksı denemesi olarak planlanan bu çalışmada kükürt uygulama formları ve dozları ile demirli gübre uygulamasının kanolanın gelişimine etkisi araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kanolada erusik asit ve glikozinolat içermeyen çeşitler bazı araştırmaların sonucunda geliştirilmiştir. Bu çeşitlerin kanola olarak isimlendirilmesinin sebebi ilk önce Kanada'da ıslah edilmesidir. *Brassica napus* (*B. napus*), dünyanın en yaygın olarak yetiştirilen ılıman yağlı tohum mahsulüdür. İnsan tüketimi için üretimi, rafine kanola yağlarından erusik asidin ayrılmasına yol açmış olsa da, *B. napus*'tan türetilen erusik asidin endüstriyel kullanımlarına yeniden ilgi duyulmuştur (Lu ve ark., 2020).

B. napus'un düşük erusik asit türü ve yüksek erusik asit türü olmak üzere iki ana tohum yağı türü vardır. Düşük erusik asit içeriği ($<2\%$), yenilebilir kanola çeşitleri için önemli bir değerlendirme indekssidir (Hristov ve ark., 2011; Yan ve ark., 2015) ve erusik asit içeriğinin azaltılması, kanola tohumu yetiştirme programları için önemli bir hedef olmuştur (Yan ve ark., 2015; Zhao ve ark., 2019). Alternatif olarak, yüksek erusik asit içeren *B. napus* çeşitleri endüstriyel uygulamalar için önemli bir kaynaktır (Hristov ve ark., 2011). Biyodizel, yağlayıcılar, yüzey aktif maddeler, ilaç, kozmetik, sabunlar, kauçuk ve naylon gibi biyolojik olarak parçalanabilen ve çevreye zarar vermeyen yağ ürünleri için artan bir talep bulunmaktadır (Hristov ve ark., 2011; Li ve ark., 2012; Konkol ve ark., 2019). Kanola 1974 yılında insan tüketimi için yetiştirilmeden önce doğal olarak yüksek erusik asit içermektedir (Hristov ve ark., 2011).

Erusik asit (EA), omega-9 yağ asidi Z-13-dokozenoik veya cis-13-dokozenoik asit için kullanılan yaygın addır. Kanola tohumunun sınıflandırılmasında kullanılan erusik asit içeriğinin üç geniş kategorisi vardır (Warner ve Lewis, 2019). Yüksek erusik asitli kanola (HEAR), iyileştirilmemiş ürünlere kıyasla %45-60 erusik asit içerir. Orta içeriğe sahip olan (%35-40) çeşitler, yüksek (>150 mol/g tohum) glikozinolat konsantrasyonları ile birleştirilmişlerdir. Düşük erusik asitli kanola çeşitleri ise yaklaşık %0.03 erusik aside sahiptir ve çift-düşük '00' çeşitleridir; yani, erusik asit ve glikozinolat açısından düşük olanlardır (Cullen ve ark., 2008; Chain ve ark., 2016).

Yüksek erusik asitli kanola tohumu yağına, çeşitli endüstriyel uygulamalarda artan talep bulunmaktadır. Bununla birlikte; birçok yetiştirici hasat edilen tohumların erusik asit kontaminasyonu riski ve kabul edilebilir erusik asit eşiklerini koruyamama riski nedeniyle, ürünü yetiştirirlerse gelecekte diğer kanola tohumu çeşitlerine geri dönemeyeceklerinden endişe duymaktadır. Yağlı tohumlu kanola, düşük erusik asitli kanola mahsullerinin yüksek erusik asitli kanola çeşitlerinden; erusik asit ile kontamine olma riskini artıran bir dizi özelliğe sahiptir. Üretilen tohum miktarı ve kısmi otogami (kendi kendine döllenme) ile birlikte tohum dormansi potansiyeli, doğal ve yabancı

popölasyonların oluşmasını ve devamlılığını kolaylaştırır. Ürün çiçekteyken üretilen büyük miktarda polen, çapraz tozlaşma için yüksek bir potansiyeldir. Kendi kendine gelişen doğal bitkiler en yüksek potansiyel kontaminasyon riskini temsil ederler, bunu tohumları da yüksek erüsik asit içeren ekilebilir yabancı otların (örneğin yabancı hardal) varlığı izler. Diğer riskler, uyumlu yabancı akrabaların çapraz tozlaşmasından ve ekimden önce tohumların karıştırılmasından kaynaklanır. Toprak işleme türü, çeşit seçimi, tampon bölgeler, etkili yabancı ot yönetimi ve temel makine hijyeni, düşük erusik asitli kanola mahsullerinin erusik asit kontaminasyonu riskini azaltabilecek ve gerekli eşikleri koruyabilecek faktörlerdir (Warner ve Lewis, 2019).

Kanola tohumlarında %38-50 oranında yağ içerir; yağı sıvı, katı ve ham formlarda kullanılabilir. Orta ve yüksek seviyede oleik asit içermesi ve aynı zamanda kaynama noktasının yüksek olması (238 °C) sebebiyle iyi bir kızartma yağı olduğu ve E vitamini bakımından zengin olduğu için; bilinen en iyi yağ bitkilerinden biridir (Doğru, 2020).

Kışlık kanola diğer kışlık bitkilerle kıyaslandığında çimlenme gücü düşüktür; tohumlar ekildikten sonra çimlenen fideler belirli bir büyüklüğe sahip olmalıdır; böylelikle soğuktan etkilenmemelidir. Bitkinin ekim süresi genellikle Eylül-Ekim aylarını kapsamaktadır. Aynı zamanda Orta Anadolu'da kışlık kanola ekiminin Eylül'ün ilk haftasında tamamlanması gerektiği de belirtilmiştir (Öğütçü ve Kolsarıcı, 1979).

Westphal ve Marquard (1981); Brassica türleri ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, kanola çeşitlerinin ortalama tohum verimlerini 1450-1670 kg/ha, ortalama yağ oranlarını ise %45.9-47.9 olarak saptamışlardır.

Schuster ve Taghizadeh (1981); birim alandaki verim üzerine kanolanın bitki başına tohum sayısı ve kapsüldeki tohum sayısının oldukça etkili olduğunu, kapsüldeki tohum sayısı ve bitki veriminin ise olgunlaşma ve çiçeklenme periyodunun uzunluğu ile doğru orantılı olarak arttığını bildirmişlerdir.

Lauger ve Hill (1982) yürüttükleri çalışmalarında; kışlık kanola çeşitlerinde bin tane ağırlığını 4.5-5.6 g ve yağ oranını ise %40-46 olarak saptamışlardır.

Yau ve Thurling (1987); yazlık kanolaya farklı dozlarda N gübresi uygulamışlar ve elde ettikleri sonuçlara göre; N miktarı arttıkça tohum veriminin ve kuru madde oranının artış gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Kanolaya azotlu gübre uygulayarak yapılan bir çalışmada; bitki başına yan dal sayısı 3-5 adet, ana saptaki kapsül sayısı 49.9 adet, kapsüldeki tohum sayısı 18.4-26.0

adet ve bin tane ağırlığı 4.13-4.64 g olarak rapor edilmiştir (Diepenbrock ve Henning (1978).

Cheng ve Fu (1988) ise kanola ile ilgili yaptıkları çalışmalarında; kanolaya N, P, K kombinasyonlu gübre kullandıkları çalışmalarında; 4.53-4.98 mg/ha tohum verimi elde etmişlerdir.

Avustralya'da yapılan bir çalışmada; farklı azotlu gübre dozları kullanılmış olup 100 kg N/ha azotlu gübrenin verimi ve yaprak genişliğini arttırmak için uygulanması gerektiği belirtilmiş; ayrıca azotlu gübrenin çiçeklenme sonrasında uygulandığında tohum verimini doğrudan etkilediği rapor edilmiştir (Wright ve ark., 1988).

Uddin ve ark. (1992); kanolada birim alandaki bitki sayısının artışı ile bitki boyunun azaldığını, bununla birlikte kapsül sayısının, bitki başına yan dal sayısının, bin tane ağırlığının, kapsüldeki tohum sayısının ve tohum veriminin çok fazla etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Al-Jaloud ve ark. (1996); 0, 58, 116 ve 175 kg N/ha azotlu gübre uygulaması ile tohum veriminin %3.69-4.06 oranında arttığını, bitki boyunun 128-152 cm'den 141-158 cm'ye, yağ oranının ise %30.15-4.53'ten %33.80-35.96'ya arttığını rapor etmişlerdir.

2.1.Kükürt ve Demir

Bogdanoff (1899) tarafından kükürdün önemi bitki gelişimi açısından ilk defa belirtilmiş olup hardal ve birkaç farklı bitki verimleri üzerinde sodyum sülfat gübresinin etkisinin büyük ölçüde artış gösterdiği bildirilmiştir.

Dünyada gübre üretimi için yaklaşık 55 milyon ton S tüketilmektedir (IFA, 2015). Mevcut mahsul için S ihtiyacı hesaplandığında, dünya çapında bitki besin maddesi olarak yaklaşık 25 milyon ton S'e ihtiyaç olduğu görülmektedir (Bornman, 2017).

S içeren amino asitler, sistein ve methionin ve diğer S içeren organik bileşikler olmasaydı yaşadığımız hayat olmazdı. S bitki besin maddesi olarak önemli ve temel bir rol oynar ve bitki fizyolojisi ve metabolizmasındaki önemi nedeniyle genellikle N, P ve K'dan sonra dördüncü makro element olarak adlandırılır. Aslında, ABD'nin mısır ve soya fasulyesi üretilen bölgelerinde S; N ve P'den sonra üçüncü ana bitki besin elementi olarak kabul edilmektedir (Bornman, 2017).

Yetiştiriciliği yapılan kültür bitkileri üzerinde S uygulamalarının ürün miktarı üzerinde etkili sonuçları olduğu belirlenmiştir ve S ile yapılan uygulamalarda

yetiştiriciliği yapılan ürünlerin kalite ve verim parametreleri toprakların içerdiği S miktarına göre değişim göstermektedir (Çelebi, 1977).

Bitkide S noksanlığının giderilmesinde stomalar tarafından yapraklardan adsorbe edilen SO_2 'ün önemli bir etkisi vardır (Kacar ve ark., 2002).

Toprakta bulunan bakterilerin atmosfer azotunu fikse edebilmeleri için ve fotosentezin ışık ve karanlık tepkilerine ilave olarak ferrodoksin, sülfat ve nitritin indirgenmesinde S'nin etkisi oldukça fazladır. Bununla birlikte klorofilin yapısında yer alan S'nin klorofil sentezinde rol oynadığı bildirilmiştir (Tisdale ve ark., 1985). N kullanım verimliliğinin artırılması birçok mahsulde iyi bir şekilde belgelenmiştir ve S'nin etkisi bu bakımdan oldukça önemlidir. Tahıllarda N kullanım verimliliğinin %30'a kadar artırılması yaygındır. Asitli topraklarda sülfat, kil minerallerinin artmış pozitif karakterini ve hidratlı Fe ve alüminyum oksit komplekslerini nötralize edebilir. Bu da P, molibdat ve borat gibi anyonların emilimini azaltır (Bornman, 2017).

Toprakta noksan durumda olan S, bitkisel üretimde kalite ve verimde azalmalara neden olduğu gibi protein sentezinde de aynı etkiyi göstermektedir. Kalite ve verim öğelerindeki kayıplar; bünyesinde S bulunan methionin, sistein gibi enzimlerin ve amino asitlerin etkinliklerindeki azalmaya bağlıdır (Gök, 2007).

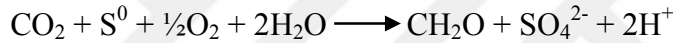
Kükürt erken dönemde uygulanmalıdır. Aksi takdirde S eksikliği semptomları uzman gözlemleriyle tespit edildiğinde durumu düzeltmek için çok az şey yapılabilir. Gerçek şu ki, S noksanlığından dolayı genç yapraklarda klorofil azalırken, yaşlı yapraklarda N noksanlığı klorofil eksikliğine neden olur (Bornman, 2017). S noksanlığının en belirgin özelliği klorofil ve protein sentezinin gerilemesi ile genç yaprakların sararmasıdır (Marschner, 1995). S noksanlığının belirtileri arasında çiçek yaprağı renginin klorozu, yaprakların çukurlaşması ve yaprakların kırmızı renk alması da yer alabilir. Yaprakların kırmızı renk almasından sorumlu antosiyaninin varlığı ayrıca P noksanlığı, mekanik hasar ve soğuk stresi ile ilişkili olabileceğinden, yaprakta kırmızı renk kusuru S eksikliğinden farklı değildir (Bornman, 2017).

Ürün kalitesi bakımından S'nin bir diğer önemli rolü de glutatyon gibi bileşiklerin sentezlenmesindeki görevidir (Zhao ve ark., 1999a). Glutatyon ($C_{10}H_{17}N_3O_6S$) hücrelere zarar verebilen reaktif oksijen moleküllerini ve serbest radikalleri yok ederek vücudu koruyan çok güçlü bir antioksidandır. Yapısında S molekülleri bulunduğu için glutatyon üretiminde S önemli bir rol oynamaktadır.

Bitkilerin S ihtiyaçları birbirlerinden oldukça farklılık göstermektedir. Bir ton tane ürünü için buğday bitkisi yaklaşık olarak 2-3 kg S'e ihtiyaç duyarken; kanola

bitkisinin ihtiyaç duyduğu miktar 16 kg S olarak belirlenmiştir (McGrath ve Zhao, 1996; Zhao ve ark., 1999b).

Toprak pH'ını düşürmenin en ucuz yolu, toprağa elementel kükürt eklemektir. Toprak bakterileri, sülfürü sülfürik aside dönüştürerek toprak pH' sını düşürür. Bunun biyolojik bir süreç (yavaş) olduğunu ve kimyasal bir reaksiyon (hızlı) olmadığını belirtmek önemlidir. Bakteriler, toprak nemli ve ılık olduğunda aktiftir. Toprak sıcaklığının 12-13°C'nin üzerinde olması gerekir. Bakteriler kışın aktif değildir, bu nedenle sonbaharda kükürt uygulamalarının gelecek ilkbaharda toprak pH' sı üzerinde çok az etkisi vardır. Ek olarak, toprak suyla doymun olmamalıdır veya kükürt anaerobik bakteriler tarafından hidrojen sülfüre dönüştürülmemelidir. Hidrojen sülfür bitki köklerini öldürür (Longstroth, 2021). Eklenen kükürt miktarı ile oksidasyon hızı artar, dolayısıyla pH değerleri düşer (Roig ve ark., 2004). Bazı araştırmacılar, kükürt ilavesi ile toprak pH' sının düştüğünü ve toprak düşük CaCO₃ içeriğine sahipse daha da keskin bir düşüşün görülebileceğini bildirmiştir (Modaihsh ve ark., 1989; Neilsen ve ark., 1993).



Toprağa elementel kükürt eklenmesi ile yukarıdaki denklemde görüldüğü gibi iki hidrojen iyonu oluşur (Havlin ve ark., 1999). Serbest kalan hidrojen iyonları toprak pH' sının düşmesine neden olur. Sonuçta toprak pH' sı, toprak çözeltisindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunun basit bir ölçüsüdür ve konsantrasyon ne kadar yüksek olursa, toprak pH' sı o kadar düşük olur (Mullen ve ark., 2016).

Kültür bitkileri için mutlak gerekli bir mikro besin elementi olan demirin, bitkinin gelişimi, verim ve kalitesi üzerine etkisi bulunmaktadır. Fe'in noksan ya da bitki bünyesine yeterince alınamadığı durumlarda bitki genç yapraklarında sararmalar görülmektedir (Sönmez, 2002).

Demir, elektron aktarıcısı olan ferrodoksinler ve enerji metabolizmasında elektron taşıyıcısı olan hemin enzimleri (katalaz ve peroksidaz) gibi birçok biyokimyasal tepkimeyi hızlandıran enzimlerin aktivasyonunu sağlamaktadır. Fe miktarının bitki yapraklarında kuru maddede 10-1000 mg/kg arasında değiştiği, yeterli Fe konsantrasyonun ise 50-250 mg/kg arasında olduğu ve Fe noksanlığı açısından kritik seviyenin kuru maddede 50-150 mg Fe/kg olduğu rapor edilmiştir (Kacar ve Katkat, 1998; Marschner, 2011).

Fe beslenmesinde bitkilerin toplam Fe içeriğinin kriter olarak baz alınması yararlı olmayabilir. Çünkü bitkilerde toplam Fe'in ihtiyacın üzerinde olmasına rağmen

noksanlık belirtileri görülebilmektedir (Güneş ve ark., 2000). Bitkide Fe immobil olup noksanlık belirtisi genç yapraklarda damarlar arasında sararma şeklinde görülmekte ve noksanlık arazlarının artmasına bağlı olarak yaşlı yapraklar da bu durumdan etkilenmektedir (Kacar ve İnal, 2008). Fe klorozunda yaprak damarları arasındaki renk sarıya dönerken damarlar yeşil özelliğini korur. Fe nekrozunda ise bütün yaprak damarları sararmaktadır. Fe noksanlığına bağlı olarak klorofil oluşamamasından dolayı genç yapraklarda beyazımsı bir renk hakim olmaktadır (Kacar ve Katkat, 1998).

Fe noksanlığı, özellikle kurak ve yarı kurak iklimine sahip, yüksek pH'lı ve kireçli topraklarda sık olarak görülen önemli bir problemdir. Bitkilerin Fe alımını etkileyen bitkisel (kök sistemi, alım mekanizması) ve topraksal faktörlerin (pH, kireç, organik madde, su, havalanma, sıcaklık, fosfor, molibden ve ağır metallerin cins ve miktarları) uygun olmaması noksanlığa neden olmaktadır. Bitkilerin Fe alımına engel olan en önemli etken toprak pH'sı olup Fe çözünürlüğünün toprak reaksiyonunun bir birim artışı ile 1000 kat azaldığı bildirilmiştir (Fageria ve ark., 2002).

Ülkemiz topraklarının birçoğu yüksek pH, yüksek kireç, düşük organik madde ve kil gibi elverişsiz toprak özelliklerine sahip olup bundan dolayı mikro besin elementlerinin yarıyışlılığı oldukça sınırlı seviyede kalmaktadır (Gezgin ve ark., 2002). Kireçli toprakların dünyanın toplam toprak alanının %30'unu oluşturduğu, yüksek toprak pH'sından dolayı inorganik Fe^{+3} 'ün çökmesi sonucu Fe yarıyışlılığının azaldığı ve bu durum sonucunda kireçli topraklarda birçok tarla bitkisinin gelişimi ve verimini etkilediği belirlenmiştir (Ohwaki ve ark., 1997).

2.2. Kanolada Kükürt Uygulaması Konusunda Yapılan Çalışmalar

Asare ve Scarisbrick (1995); kanolaya N ve S uygulayarak tohum kalitesini belirlemişler ve araştırma sonuçlarına göre N uygulamasının kanolada glikozinolat oranını ve kuru ot ağırlığını arttırdığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte N ve S kombinasyonunun da tohum verimini arttırdığını belirtmişlerdir.

Sieling ve ark. (1998); kışlık kanolada en iyi verimin sağlanabilmesi için bahar aylarında 120-240 kg/ha azotlu gübre uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Yeterli azota sahip sağlıklı bir kanola bitkisi koyu yeşil renktedir. Ancak element bitki içinde hareketli olduğu için noksan olması halinde önce yaşlı yapraklar ve gövde noksanlık belirtileri göstererek yeşilimsi-sarı renge dönüşür; yaşlı yapraklar

nekrotik hale gelir; bitkiler kısa, ince gövdeli, küçük yapraklı ve az sayıda dal ile yavaş bir şekilde büyür (Grant ve Bailey, 1993).

Cheema ve ark. (2001) kanolanın tohum, büyüme ve yağ verimi üzerine farklı seviyelerde N ve P'li gübre uygulama zamanlarının etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada; maksimum tohum ve yağ verimi elde etmek için 90 kg/ha N ve 60 kg/ha P_2O_5 uygulaması gerektiğini bildirmişlerdir. Aynı gübre oranlarında 1729-1828 kg/ha arasında tohum verimi alındığı, gübre uygulama zamanlarının kanolanın tohum verimini etkilemediği rapor edilmiştir.

Behrens ve ark. (2001)'nın Hollanda'da farklı formlardaki (amonyum nitrat + $CaCO_3$ karışımı ve amonyum azotu ve nitrat azotu karışımı) azotlu gübreyi farklı zamanlarda uygulayarak çalışmalar yapmışlar ve elde ettikleri sonuçlara göre çiçeklenme öncesi ve çiçeklenme sonrası N'li gübre uygulamasının tohum veriminde bir artışa yol açtığını bildirmişlerdir.

Barlóg ve Grzebisz (2004) Polonya'da yürüttükleri tarla denemesinde; kışlık kanolaya 40 kg/ha N, 90 kg/ha P_2O_5 ve 150 kg/ha K_2O uygulamışlardır. Deneme sonunda yaklaşık %50 oranında bir verim artışı olduğunu rapor etmişlerdir.

Besin maddelerinin yarayışlılığını artırmada; kireçli alkalın topraklara kükürt uygulaması ile toprak pH'sının değiştirilmesi çalışmaları önemli hale gelmiştir. Kükürt; karbon, azot ve oksijen gibi toprakta oksidasyon redüksiyon tepkimesinde aktif olan bir elementtir. Sülfat dışında diğer oksidatif yapılar (elementel S, sülfat, sülfidril) toprakta bulunmaz. Elementel S toprağa uygulandıktan sonra sülfata yükseltgenmekte, bundan dolayı da toprak tepkimesinin düşüşüne neden olmaktadır (Usta, 1995).

Riley ve ark. (2000) farklı kükürt kaynaklarının (amonyum sülfat, bentonit + elementel S, ince öğütülmüş elementel S) etkinliğini ve yarayışlılıklarını belirlemek için yürüttükleri sera denemesinde; 6 farklı toprak kullanarak ilk yıl buğday, ikinci yıl kanola yetiştirmişlerdir. Elde edilen verilere göre ince öğütülmüş elementel S ve amonyum sülfatın buğdayın S alımında ve tane veriminde benzer artışlar sağladığı, bentonit + elementel S uygulamasında ise buğday tane veriminde %12 seviyesinde bir artış gözlemlendiği bildirilmiştir. İkinci yıl yetiştirilen kanola bitkisine bentonit + elementel S, ince öğütülmüş elementel S ve amonyum sülfat uygulamalarının S alımını sırasıyla %89, %252 ve %254 seviyelerinde artırdığı belirtilirken ince öğütülmüş elementel S ve sülfatın S eksikliğini gidermede etkili bir S kaynağı olarak uygulanabileceği rapor edilmiştir.

Ahmad ve Abdin (2000)'in kanola bitkisinin yapraklarında fotosentez oranı ve fizyolojik değişimler üzerine kükürtün etkisini araştırdıkları çalışmada; 40 kg/ha dozunda S uygulanmıştır. Analiz verilerine göre farklı gelişme dönemleri süresince yapraklardaki fotosentez oranı ile S ve N oranlarının arttığı, yapraklardaki klorofil kapsamının da önemli oranda artış gösterdiği rapor edilmiştir.

Kanolanın N kullanım etkinliğine, glukozinolat ve tohumunun yağ içeriğine farklı seviyelerde S (0, 30 ve 75 kg/ha) uygulamasının etkisini belirlemek amacıyla yürütülen başka bir çalışma sonucunda; kükürt gübrelemesi ile kanola tohumunun glukozinolat içeriği ve kanolanın N kullanım etkinliği artmıştır. Bitki gelişimi boyunca N ve S'nin ortamda optimum seviyede bulunması; bitki tarafından alımında sinerjistik etki oluştururken, ikisinden birinin fazla bulunması durumunda antagonistik etki olduğu gözlenmiştir. Kükürtlü gübrelemenin istenen yağ seviyesi ve yağ asidi kalitesi için gerekli olduğu rapor edilmiştir (Fismes ve ark., 2000).

Walker ve Booth (1992) Kuzeydoğu İskoçya'da yaptıkları araştırmada; toprağın S içeriğinin atmosferdeki S içeriği kadar düşük olduğu koşullarda, uygun dozda S uygulamasının yağlık kanolada verimi dört kat artırdığını ve yağlı tohumlu bitkilerden kanolanın topraktan 20-30 kg S/ha kükürdü kaldırırken, tahılların 10-15 kg S/ha kaldırdığını belirtmişlerdir.

Zhao ve ark. (1993) İngiltere'de yürüttükleri tarla denemeleri sonucunda; kışlık kanolanın yağ oranının N dozundaki (100, 180, 230 kg N/ha) artışla birlikte azaldığını, fakat her bir N dozuna karşılık S miktarındaki artışın yağ oranını artırıcı etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Walker ve Booth (1994) İskoçya'da kışlık kanola üzerine yaptıkları tarla denemelerinde; 150 ve 250 kg N/ha uyguladıklarında; S olmayan uygulamada verimin N miktarındaki artışla azaldığını gözlemlemişlerdir. Aynı N dozlarında, 64 kg/ha S uygulandığında ise verimin S içermeyen uygulamaya göre yüksek oranda arttığını ve N dozundaki artış ile verimin de arttığını belirtmişlerdir.

Ahmad ve ark. (1998); hardal ve kanola bitkisine artan dozlarda kükürtlü gübre (0, 40, 60 kg S/ha) ve azotlu gübre (0, 60, 100 ve 150 kg/ha) uygulamışlardır. Deneme sonunda S dozundaki artışla birlikte yağ içeriğinin arttığı ve en yüksek yağ oranının 60 kg S/ha ve 100 kg N/ha uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir.

Jackson (2000) N ve S gübrelemesinin yazlık kanola bitkisinde tane verimine ve yağ oranı ile N, P, K ve S alımına etkisine ilişkin Montana kentinde yürüttükleri 2 yıllık tarla çalışmasında; azot (0, 84, 168, 252 kg N/ha) ve potasyum sülfat ve amonyum

sülfat formlarında kükürt (0, 22, 45 kg S/ha) uygulamıştır. N miktarına bağlı olarak verim ve N içeriğinin değiştiği, optimum tane verimi için önerilen gübrelemenin ise 60 kg N/ha, 8 kg P/ha, 150 kg K/ha ve 45 kg S/ha olduğu belirlenmiştir.

Matthey ve ark. (2000) Almanya'da kışlık kanolaya S uygulaması üzerine yürüttükleri 4 yıllık çalışma sonucunda S uygulamasının verimde 0.3-0.5 t/ha artış sağladığını bildirmişlerdir.

Subhani ve ark. (2003) kanolada yağ ve verim artışında kükürdün rolünü belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; alçıtaşı formunda farklı dozlarda kükürt (0, 10, 20, 30, 40 ve 50 kg/ha) uygulamışlardır. Deneme sonunda bitki boyunun S dozundaki artışla ilişkili olarak olumlu etkilendiği belirlenmiştir.

Toprak pH ve besin içerikleri bitki büyümesi için gerekli besin maddelerinin alımını ve kullanımını etkilemektedir. Güney Afrika'daki Western Cape Bölgesi'nin kanola yetiştirme alanlarında toprak özellikleri genellikle çok değişkendir. Bu bölgede yürütülen farklı lokasyonlarda deneyimlenen toprak ve iklim farklılıklarının makro ve mikro besin içerikleri ile farklı N ve S uygulama oranlarının kanola bitkileri üzerindeki etkilerini belirlemenin amaçlandığı bir çalışmada 2009, 2010 ve 2011 yılları boyunca Western Cape'da Altona, Elsenburg, Langgewens, Roodebloem, ve Welgevallen bölgelerinde ekimden 90 gün sonra (çiçeklenme aşaması) alçıtaşı formunda 0, 15 ve 30 kg S/ha ile 0 ve 90 kg N/ha oranlarının kombinasyonları ile gübrelenmiş kanola bitkilerinde; besin içeriğinin, yerellikten ve N uygulama oranları ve yerellik arasındaki etkileşimlerden etkilendiği bildirilmiştir. Bitkiler içerisindeki S içeriğinin, %0.5'in altında kaldığı ve kanolada özellikle daha yüksek N oranlarında element konsantrasyonu üzerine bir seyreltme etkisinin olduğu belirtilmiştir (Ngezimana ve Agenbag, 2014).

S beslenmesi, kanola tohumunun yağ verimi ve potansiyel tohum hasadı için çok önemlidir. Yapılan bir çalışmada, yapraktan uygulanan tiyoürenin ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$) iki kanola çeşidi olan Shiralee ve Dunkeld'in performansına olan cevabı değerlendirilmiştir. S, toprağa (40 kg/ha) veya yaprağa (500 ve 1,000 mg/L) rozet, tomurcuk başlangıcı ve çiçeklenme safhalarında sırasıyla element S veya tiyoüre kullanılarak uygulanmış; kükürdün olmadığı uygulama kontrol olarak alınmıştır. Tüm uygulamalar arasında, kükürdün toprak uygulamasının, her iki çeşitte de ekin büyümesini, verimini ve yağ kalitesini iyileştirdiği; bunu hiçbir uygulama yapılmadan 1,000 mg/L'de tiyoürenin yapraktan uygulanmasının izlediği belirtilmiştir. Toprağa uygulanan S ve yaprak uygulamalı tiyoürenin (1,000 mg/L) çiçeklenme ve olgunlaşmayı geciktirdiği; toprağa

ve yaprağa uygulanan kükürdün yaprak alan indeksini, ekin büyüme oranını, net asimilasyon oranını ve klorofil içeriğini önemli ölçüde geliştirdiği bildirilmiştir. Bitki boyu, dal sayısı, bitki başına harnup, harnup başına tohum sayısı, 1000 tane ağırlığı, biyolojik ve tohum veriminin de, toprağa uygulanan S ve yaprağa uygulanan tiyoüre (1,000 mg/L) ile arttırıldığı; bununla birlikte, hasat indeksinde, tohum yağında, protein ve glikozinolat içeriğinde iyileşmenin sadece yaprağa uygulanan tiyoürede (1000 mg/L) gözlemlendiği rapor edilmiştir (ur Rehman ve ark., 2013).

Kanada'da farklı lokasyonlarda (Manitoba, Saskatchewan ve Alberta'da) yürütülen üç yıllık bir saha çalışmasında; S gübreleri (Amonyum sülfat (AS), amonyum tiyosülfat (ATS), bentonitli–elementel S (Tiger 90) ve amonyum sülfat (AS)), uygulama zamanlaması ve uygulama şeklinin (konvansiyonel tarım ve azaltılmış toprak işleme sistemi) kanolanın (*Brassica napus* L.) sülfat-S alımına ve kükürt kalıntı etkisine etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışmada toprak işleme sisteminin; mevcut sülfat, bitki doku S konsantrasyonu, N:S oranı ve S gübrelemesine cevap üzerinde çok az etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Amonyum sülfat genel olarak doku S konsantrasyonunu ve tüm uygulama şekillerinde N:S oranını azaltmıştır. Yüzeye uygulanan amonyum tiyosülfatın etkileri amonyum sülfatın etkilerine benzer bulunmuştur. Tiger 90 (Bentonit-elementel bir S formülasyonu)'ın, genel olarak çiçeklenmede kanola dokusunda amonyum sülfattan daha düşük S konsantrasyonları oluşturduğu; amonyum sülfattan sülfat taşınmasının, uygulamadan sonraki yıl içinde doku S konsantrasyonunu arttırdığı ve N:S oranını azalttığı belirtilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre Tiger 90'daki kalıntı elementel S'nin oksidasyonunun, toprak sülfat seviyelerinin düşük olduğu uygulamaları takip eden yıldaki eksiklik seviyelerinin üzerinde doku S konsantrasyonunu arttırmak için güvenilir olmadığı rapor edilmiştir (Grant ve ark., 2003b).

Kanada'da farklı lokasyonlarda (Manitoba, Saskatchewan ve Alberta'da) yürütülen üç yıllık bir saha çalışmasında; S gübrelerinin kanola (*Brassica napus* L.) ve buğday (*Triticum aestivum* L.) üzerine konvansiyonel ve azaltılmış toprak işleme durumunda; S gübrelemesi, uygulama zamanlamasının etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre toprakta sülfat düşük olsa bile S gübrelemesinin, buğday verimini arttırmadığı; amonyum sülfat ve amonyum tiyosülfatın, Saskatchewan bölgesinde üç yıldan ikisinde kanola verimini arttırırken, elementel S ve Tiger 90'ın arttırmadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte amonyum sülfat ve amonyum tiyosülfattan arta kalan kükürtün; uygulama sonrası ikinci ve üçüncü ürünlerde S-eksikliği olan topraklarda

kanola verimini arttırdığı belirtilmiştir. Ayrıca S-eksikliği olan toprakta kanola veriminin önceki yıllarda amonyum sülfat veya amonyum tiyosülfat uygulaması yerine Tiger 90 uygulamasında daha düşük olduğu; bunun da Tiger 90 oksidasyonunun uygulamadan sonraki ikinci ürün yılında kanola verimini desteklemek için yetersiz olduğu rapor edilmiştir. Sonuç olarak kükürtün sülfat-S formuna oksidasyonunu hızlandırmak için parçacık büyüklüğünün küçük olmasına ve elementel S uygulamasına ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir (Grant ve ark., 2004).

Azotlu ve kükürtlü gübrelemenin kanola bitkisinin kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; dört farklı oranda S (0, 10, 20 ve 30 kg/ha) ve üç farklı oranda N (40, 60 ve 80 kg/ha) uygulanmış olup, analiz sonuçlarına göre kanolanın yağ içeriğinin 20 kg/ha S dozuna kadar artış gösterdiği daha sonra azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte kanolanın glukozinolat ve protein içeriğinin de S oranındaki artışa bağlı olarak arttığı bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2007).

Farklı S kaynaklarının kanolanın gelişimi ve yağ üretimine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada; amonyum sülfat, amonyum tiyosülfat ve elementel S 50, 100, 200 ve 300 kg/fed (1 fed=0.42 ha) dozlarında uygulanmış olup, elementel S'nin diğer S kaynaklarına göre kanola tohumlarının gelişimini, mineral (N, P, K, S, Fe, Mn, Zn ve Cu) içeriğini, yağ, protein, toplam karbonhidrat, toplam fenol içerikleri ile tohum ve yağ verimini daha az etkilediği bildirilmiştir. Bununla birlikte amonyum sülfat uygulamasının kanolanın tüm gelişim parametreleri ile yağ verimini ve tohumlarının kimyasal ve mineral içeriğini arttırdığı rapor edilmiştir (Kandil ve Gad, 2012).

Kanola bitkisine farklı dozlarda S uygulamasının kanola bitkisinin protein içeriği, bazı besin elementleri ve bitki biyolojik özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada dört farklı dozda (0, 20, 40 ve 60 mg/kg) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ gübresi uygulanmıştır. Elde edilen verilere göre kanolanın C vitamini içeriğinin artan S dozuyla birlikte azalış gösterdiği, bunun yanı sıra protein içeriğinin 40 mg/kg S dozuna kadar artış gösterip daha sonra azaldığı bildirilmiştir. Diğer taraftan kanolanın K, Ca, Mg, Fe ve Cu element içeriğinin S uygulaması ile artış gösterdiği, ancak bunun istatistiksel olarak önemli olmadığı belirtilmiştir. İlave olarak 60 mg/kg S uygulamasındaki bitki boyu uzunluğunun 37.16 cm, bitki ağırlığının 101.87 g ve yaprak sayısının ise 8.33 adet olduğu kontrolde ise bu değerlerin sırasıyla 29 cm, 57.78 g ve 7.83 adet olarak bulunduğu rapor edilmiştir (Adiloğlu ve ark., 2013b).

Kanolanın farklı büyüme aşamalarında verimine, tohum kalitesine ve S alımına sülfat formunda S ile gübrelemenin etkisini araştırmak amacıyla yürütülen bir

çalışmada; 120 kg/ha N, 30 kg/ha S, 120 kg/ha N + 15 kg/ha S ve 120 kg/ha N + 30 kg/ha S karışımı uygulanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre sadece N uygulanan grupla karşılaştırıldığında; N + S gübrelemesinin her durumda verimi, yağ içeriğini ve kanolanın S alımını arttırdığı belirtilmiştir. Ayrıca S dozunun 15 kg/ha'dan 30 kg/ha'a artırılmasının genel olarak tohum verimini ve S alımını arttırdığı, ancak tohumdaki yağ ve protein içeriği üzerinde tutarlı bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte yalnızca S uygulamasının tohum verimi, yağ içeriği ve S alımını artırma eğiliminde olup tohumun protein içeriği üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Malhi ve Gill, 2002).

Farooq ve ark. (2018)'nın kanola bitkisinde verim ve verim özelliklerini iyileştirmek için S ve N uyguladıkları çalışmalarında; N beş farklı dozda (40, 80, 120, 160, 200 kg/ha) üre formunda, S ise üç farklı dozda (20, 40, 60 kg/ha) amonyum sülfat formunda kullanmıştır. Deneme sonuçlarına göre gübre uygulanan gruplar kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında bitki başına harnup sayısı 200 adet, harnup başına tohum sayısı 22 adet, bin tane ağırlığı 4.12 g ve tohum verimi 2181 kg/ha olarak bildirilmiştir. Bununla birlikte 40 kg/ha dozunda uygulanan S'nin bitki başına harnup, harnup başına tohum, bin tane ağırlığı ve tohum veriminde maksimum değerler verdiği belirtilmiştir. Ayrıca 40 kg/ha S ile 120 kg/ha N karışımı uygulamasının da bitki başına harnup, harnup başına tohum ve tohum verimini arttırdığı bildirilmiştir. Sonuç olarak yapılan bu çalışmada 120 kg/ha N ile 40 kg/ha S gübrelemesi kanoladan daha yüksek verim elde etmek için önerilmiştir.

Hibrid kanolaya uygulanan N ve S'nin tohum verimi ve kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan bir çalışmada; azot (100, 125 ve 150 kg N/ha) ve kükürt (20, 40 ve 60 kg S/ha) farklı dozlarda alçıtaşı formunda uygulanmıştır. Elde edilen verilere göre tohum veriminin 40 kg/ha S dozuna kadar arttığı; 125 kg/ha N + 40 kg/ha S karışımının 100 kg/ha N + 20 kg/ha S karışımı ile karşılaştırıldığında; %28.9 daha fazla arttırdığı bildirilmiştir. İlave olarak N ve S'nin dengeli uygulanmasının, daha yüksek tohum verimi sağlayacağı bildirilmiştir (Sardana ve Atwal, 2007).

Kanola, buğday ve bezelyenin verimi, S alımı ve toprak sülfat konsantrasyonu üzerine kükürtlü gübrelemenin etkisinin belirlendiği bir araştırmada; amonyum sülfat, amonyum tiyosülfat, jips, potasyum sülfat ve elementel S formunda kükürtlü gübre uygulanmış olup, sülfat ve tiyosülfat formlarının elementel S gübresi ile karşılaştırıldığında ürünlerin S alımında, veriminde ve toprakta mevcut sülfat kaynaklarının arttırılmasında etkili olduğu rapor edilmiştir (Ahmed ve ark., 2017).

Jan ve ark. (2008) farklı seviyelerde N ve S uygulamalarının kanolanın yağ verimine etkisini belirlemişlerdir. Çalışmalarında 4 dozda S (0, 10, 20 ve 30 kg/ha) ve 3 dozda N (40, 60 ve 80 kg/ha) uygulanmış olup; yapılan analizlerin sonuçlarına göre yağ veriminin 20 kg/ha S uygulaması ile arttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte 80 kg/ha N + 20 kg/ha S karışımli gübre uygulaması kanolanın yağ verimini arttırmada daha etkili olmuştur.

Farahbakhsh ve ark. (2006) azot ve kükürtlü gübrelemenin kanolanın verimi ve yağ içeriğine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında; 150 ve 300 kg/ha dozlarında azot ile 100 ve 200 kg/ha dozlarında kükürt kullanmışlardır. Elde ettikleri verilere göre kanolanın yağ içeriğine azotun önemli bir etkisinin bulunmadığını buna karşın kükürtün artan dozlarının yağ içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Buna ilave olarak N dozlarındaki artışın biyolojik verimi artırırken S dozlarındaki artışın ise tane ağırlığını etkilemediği rapor edilmiştir.

Kanolada kükürtlü gübreleme ile yapılan bir başka çalışmada S'nin, kanolanın tokoferol içeriğine etkisi incelenmiş olup; analiz verilerine göre 10 ve 20 kg/da dozlarında uygulanan S'nin delta tokoferol (E vitamini aktivitesi gösteren ve antioksidan olarak en aktif olan tokoferol grubudur) hariç diğer tokoferoller üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir (Egesel ve ark., 2012).

Kanola gibi yağlı tohumu sahip olan susam bitkisi ile yapılan çalışmada iki farklı susam varyetesine farklı dozlarda S gübresinin etkisi incelenmiş olup; kükürt 10, 20, 30, 40 ve 50 kg/ha dozlarında uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre 50 kg/ha S dozunun bitki boyu, bitki başına kapsül sayısı, kapsül başına tohum sayısı, bin tane ağırlığı, tohum verimi ve susam yağı içeriğinde maksimum değerler verdiği bildirilmiştir (Tahir ve ark., 2014).

Kalkerli toprakta kanolanın (*Brassica napus* L.) verim ve verim bileşenleri üzerine bor (B) ve kükürt arasındaki etkileşimleri incelemek için yapılan bir çalışmada; dört B dozu (0.0, 2.5, 5.0, 7.5 ve 10.0 kg/ha) ve üç S dozu (0, 400 ve 800 kg/ha) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, B ve S arasındaki etkileşimin kuru madde verimi, tane verimi, yağ ve protein verimi üzerinde önemli olduğu bildirilmiştir. Kanolanın en yüksek tane verimi (3002.4 kg/ha) 2.5 kg/ha B ve 800 kg/ha S uygulamasında olduğu; 10 kg/ha B uygulamasının kanola tane veriminde önemli bir düşüşe (2279.2 kg/ha) neden olduğu rapor edilmiştir. En yüksek seviyedeki B uygulamasının verim bileşenleri, protein ve yağ verimleri üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı belirtilmiştir. Bununla birlikte B ve S uygulaması arasındaki etkileşimin; 10 kg/ha

B ve 800 kg/ha S oranında en yüksek yaprak B konsantrasyonuna yol açtığı, artan B ile kanola veriminde meydana gelen düşüşün, özellikle S uygulaması ile yüksek B uygulamasının toksisite etkisinden kaynaklanıyor olabileceği bildirilmiştir (Nadian ve ark., 2010).

Kışlık kanola ile yapılan araştırmada; 20, 40 ve 60 kg S/ha elementel-S, 2 kg B/ha bor ve 5 kg Cu/ha bakır ile gübreleme yapılmıştır. Kanola tohumunun S, B ve Cu ile gübrenmesinin; bitkilerde bu elementlerin konsantrasyonlarının artmasına neden olduğu, 40 ve 60 kg S/ha dozlarındaki S'nin, gübre uygulanmamış muamelelere kıyasla kanola tohum verimindeki artışı %11-12 oranında etkilediği bildirilmiştir. 20 kg S/ha dozunun ise, verim üzerinde önemli bir etki göstermediği rapor edilmiştir. En yüksek S dozu ile (60 kg S/ha) gübrelemeden sonra, gübre uygulanmayan gruplara göre %1.0-1.4 aralığında kuru maddedeki yağ içeriğinde önemli bir artış olduğu belirtilmiştir (Sienkiewicz-Cholewa ve Kieloch, 2015).

Bir tür yazlık kanola çeşidi olan Maskot'un bazı verim ve kalite bileşenlerini belirlemek için üç yıl boyunca yürütülen tarla çalışmasında üç farklı azot dozu (0, 90 ve 150 kg N/ha) ve üç farklı kükürt dozu (0 20 ve 40 kg S/ha) uygulanmıştır. Analiz verilerine göre ham yağ konsantrasyonunun önemli ölçüde N oranına ($p<0.01$) bağlıyken S oranından bağımsız olduğu, yetiştirme yılı ve S oranının etkilerinin ise tohumda glukozinolat konsantrasyonu üzerinde $p<0.01$ seviyesinde önemli olduğu bildirilmiştir. Tohumda glukozinolat (kükürt ve azot içeriği ile yüksek biyolojik aktiviteye sahip besin bileşeni) değerinin, 150 kg N/ha ve 40 kg S/ha gübre oranlarının uygulanmasıyla artma eğiliminde olduğu ve en yüksek tohum veriminin (ortalama 2975 kg/ha) en uzun büyüme ve tohum olgunlaşma dönemine sahip orta derecede serin ve yağışlı yılda elde edildiği rapor edilmiştir. Bununla birlikte tohum verimi ve tohum kalitesi için maksimum N ve S gübre kullanım verimliliklerinin, çalışmanın ikinci ve üçüncü yıllarında 90 kg N/ha ile 20 kg S/ha kombinasyonundan elde edildiği, tohum verimi için N ve S gübre kullanım verimliliklerinin, kullanılan kg N gübre başına sırasıyla 8.22 ve 10.11 kg tohum olduğu belirtilmiştir (Šiaudinis ve Butkutė, 2013).

Kanola bitkisi kükürt ve borun yapraktan uygulanmasında yağ içeriği bakımından farklı tepkiler vermektedir. Yapılan bir çalışmada iki farklı kışlık kanola çeşidi olan Nelson ve Digger'ın sonbahar ve ilkbaharda S ve B ile yapraktan gübrenmesi ile yaprak klorofil indeksi (SPAD) ve klorofilin bir göstergesi olan floresan değerleri ölçülmüştür. Sıvı gübre uygulamasından sonra 7. ve 9. günde belirlenen sonuçlara göre, yaprağa B ve S takviyesinin yağlı tohum olan kanola

bitkisinin verimi üzerinde önemli bir etkisi bulunduğu belirlenmiştir (Pużyńska ve ark., 2018).

Yazlık kanola (araştırmanın ilk yılı) ve kışlık buğdayda (ikinci yıl) kükürt gübrelemesinin verim miktarı ve kalite üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla iki yıllık bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada yazlık kanola ve kışlık buğday için her iki yılda da kükürt, sülfat-S içeren iki mineral gübre formunda (A: amonyum sülfat; B: amonyum nitrat ve amonyum sülfat karışımı) ve elementel S içeren gübre (C) olarak iki yoğunluk düzeyinde (tek doz sırasıyla 25 kg/ha ve 12.5 kg/ha ve çift doz sırasıyla 50 kg/ha ve 25 kg/ha) uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre C gübresinin en düşük, B gübresinin ise en yüksek verimi sağladığı ve S gübrelemesinin, yazlık kanola tohumlarındaki yağ asidi içeriğini önemli ölçüde etkilemeyip glukozinolat içeriğini arttırdığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte en düşük amilolitik enzim aktivitesinin (nişasta polimerlerini hidrolize eden enzimlerin reaksiyonu), çift doz elementel S ile gübrelenmiş bitkilerde bulunduğu bildirilmiştir (Filipek-Mazur ve ark., 2019a).

Azot ve kükürt gübrelerinin üç kanola çeşidinin verim ve tohum kalitesi üzerindeki etkisinin belirlendiği bir çalışmada; dört N dozu (0, 75, 150 ve 225 kg N/ha üre kaynağı), dört S dozu (0, 100, 200 ve 300 kg S/ha) ve üç ayrı kanola çeşidine ('Pf', 'Option-500' ve 'Hyola-401') uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre "Option-500" ve "Hyola-401" çeşitlerinin, tohumda en yüksek verime, protein içeriğine ve N:S oranına sahip olduğu bildirilmiştir. 150 ve 220 kg N/ha dozlarının maksimum protein içeriği sağladığı, artan N dozlarının ise yağ içeriğini düşürdüğü rapor edilmiştir. Bununla birlikte tohumda en yüksek N içeriğinin 300 kg S/ha ve 225 kg N/ha kombinasyonlarında elde edildiği belirtilmiştir (Ali Bahmanyar ve Poshtmasari, 2010).

Azot ve kükürtlü gübre uygulamalarının ve uygulama yöntemlerinin kanola üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yapılan çalışmadan elde edilen verilere göre; bitki başına yan dal, bitki başına kapsül ve biyolojik verimin, N dozundaki artışla önemli ölçüde arttığı ve 120 kg N/ha dozunun üzerindeki dozlarda meydana gelen kapsül başına tohum ile tohum ve yağ verimlerindeki artışın önemli olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca bitki başına kapsül ve biyolojik verimin, S dozundaki artışla sürekli olarak arttığı ve S dozunda 40 kg/ha'a kadar olan artışla birlikte bitki başına dal sayısında, kapsül başına tohum sayısında, tohum ağırlığında, tohum ve yağ verimlerinde önemli bir artış görüldüğü belirtilmiştir. Bununla birlikte sırasıyla 40 ve 120 kg/ha oranlarında tek başına S ve N uygulamasının geri kalan seviyelerine ve uygulama yöntemine göre; daha iyi performans gösterdiği rapor edilmiştir (Ahmad ve ark., 2011).

Azot ve kükürt dozlarının ve bunların uygulama yöntemlerinin kanolanın (*Brassica napus* L. cv. 'Bulbul') kalite parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yürütülen bir tarla çalışmasında; dört farklı S dozu (0, 20, 40 ve 60 kg/ha) ve üç farklı N dozu (80, 120 ve 160 kg/ha) ve bir kontrol uygulaması yapılmıştır. Analiz verilerine göre yağ ve protein konsantrasyonlarındaki artışların 40 kg S/ha'da ölçülürken, 60 kg S/ha'da önemli bir artış gözlenmediği; artan S seviyesinin sürekli olarak glukozinolat konsantrasyonlarını en yüksek 60 kg S/ha seviyesine yükselttiği belirlenmiştir (Jan ve ark., 2010).

Farklı S gübrelerinin, S eksikliği olan iki topraktaki kanola tohumu mahsulü ve bitkideki mevcut S (SO_4-S) durumu üzerindeki etkisini değerlendirmek için yapılan başka bir çalışmada beş farklı dozda (0, 10, 20, 30 ve 40 kg S/ha) üç S gübresi uygulanmıştır. Etkileri birbiriyle eşit olmasına rağmen üç S gübresinin, kanola tohumu verim ve verim parametrelerini amonyum sülfat>tek süper fosfat>alçıtaşı sırasına göre arttırdığı bildirilmiştir. 40 kg S/ha'nın en yüksek biyokütleyi (9058 kg/ha), tohum verimini (1656 kg/ha) ve bitki S içeriğini (0.158 g/100 g) sağladığı, ancak bu artışların istatistiksel olarak 30 kg S/ha ilavesi ile eşit olduğu belirtilmiştir. En yüksek ortalama S alımının 17.0 kg/ha ile 30 kg amonyum sülfat /ha ile gübrelenen toprakta kaydedildiği ve farklı S gübrelerinin, toprağın S (SO_4-S) içeriğini tek süper fosfat<alçıtaşı<amonyum sülfat sıralaması ile arttırdığı rapor edilmiştir (Khalid ve ark., 2009).

2.3. Kanolada Demir Uygulaması Konusunda Yapılan Çalışmalar

Kanola dünyanın en önemli yağ bitkilerinden biridir. Kanola, insan vücudunun ihtiyaç duyduğu değerli yağ asitleri ve amino asitleri, sırasıyla %40-49 ve %35-39 oranında protein (yağ ekstraksiyonu sonrası) ve yağ olarak içerir. Demir (Fe), klorofil sentezi, tilakoid sentezi, kloroplast gelişimini içeren bitki büyümesi ve gelişiminde çok önemli rol oynar; RNA sentezine katkıda bulunur ve foto sistemlerinin performansını artırır (Riki ve ark., 2014a).

Steril bir toprak ortamının topraktan bitki köklerine Fe translokasyonunu engelleyip engellemediğini test etmek amacıyla yapılan bir çalışmada; tarımsal öneme sahip olan kanola (*Brassica napus* L.) ve sorgum (*Sorghum bicolor* L.) kullanılmıştır. Sorgum ve kanola, steril olmayan bir toprakta (kontrol) ve bitki ekiminden önce sterilize edilen aynı toprakta, sırasıyla 18 ve 21 gün boyunca yetiştirilmiştir. Başka bir muamelede steril toprakta yetişen bitkilerin zayıf gelişimine yetersiz bir Fe kaynağının

neden olup olmadığının test edilmesi için; steril yetiştirilen kanola bitkilerine hasattan bir hafta önce 200 μ M Fe EDDHA uygulanmıştır. Sonuçlara göre steril toprakta yetiştirilen bitkilerin kök ve sürgün gelişiminin önemli ölçüde geciktiği; bitki türlerinde yetersiz Fe kaynağının tipik bir semptom olarak gözlenen genç yaprakların sararmasına neden olduğu belirtilmiştir. Bitki büyümesinin gecikmesinde yetersiz Fe kaynağı, kanola ve sorgum için genç yaprakların sararması ile hassas bir göstergedir. Bu bulgunun yetersiz Fe kaynağının, Fe eksikliği olarak tanımlanması Fe klorozu (sarı yapraklar) olarak tanımlanmasından çok daha zor olduğundan dolayı; zayıf bir gelişim için tarımsal açıdan önemli olduğu bildirilmiştir. Ayrıca steril yetiştirilen bitkilerin kökleri ve yapraklarındaki Fe konsantrasyonlarının, steril olmayan koşullarda yetiştirilen bitkilere karşılık gelen konsantrasyonlardan önemli ölçüde daha düşük olduğu ve bunun sonucu olarak toprak mikrobiyal aktivitesinin, toprakta yetiştirilen kanolanın Fe alımı için gerekli olduğu rapor edilmiştir. İlave olarak, köklerden kaynaklanan sideroforları serbest bırakabilen sorgumun, tatmin edici bir Fe kaynağı temin etmek için toprak mikrobiyal aktivitesi gerektirdiği önerilmiştir (Rroço ve ark., 2003).

Gutierrez□Carbonell ve ark. (2015)'nin yaptıkları bir çalışmada Fe eksikliğinin *Brassica napus*'un floem özü eksüdatlarının protein profili üzerindeki etkisi iki boyutlu jel elektroforezi (IEF-SDS-PAGE) kullanılarak araştırılmıştır. Floem özü saflığı şeker konsantrasyonunun ölçülmesiyle belirlenmiştir. Çalışma sonunda 263 nokta sürekli olarak saptanmış ve bunların %15.6'sının (41) Fe eksikliği nedeniyle nispi artışta (22 azalma ve 19 artış) önemli değişiklikler gösterdiği bildirilmiştir. Fe eksikliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkan en fazla miktarda protein türünü içeren fonksiyonel kategoriler, sinyalizasyon ve regülasyon (%32), stres ve redoks dengesi (%17) olarak belirlenmiştir. Floem özünün Fe eksikliği nedeniyle daha yüksek bir oksidatif stres ve hormonal profilde önemli değişiklikler gösterdiği; Fe eksikliğinin, genellikle çiçeklenme ve gelişimsel süreçlerle ilişkili olan Ca ve hormonları içeren sinyal yollarında büyük değişikliklere yol açtığı, ROS dengeleme süreçlerinde bir değişikliğe ve proteinlerin azalmasına neden olduğu rapor edilmiştir.

S beslemesinin, Fe eksikliği koşulları altında protein ekspresyonundaki önemini karakterize etmek için S ve Fe karışımı muamelelere maruz kalan *Brassica napus* yaprakları ile jel bazlı proteomik analizin yapıldığı bir başka çalışmadan elde edilen verilere göre S-yoksunu yapraklarda (-S/+Fe) hem Fe varlığında (-S/+Fe) hem de yokluğunda (-S/-Fe) yaprak klorozu nedeniyle 15 proteinin azalarak düzenlendiği

bildirilmiştir. Bu azalarak düzenlenen proteinlerin, kontrol (+S/+Fe) ile karşılaştırıldığında S (+S/-Fe) varlığında iyi eksprese edildiği; ayrıca iki proteinin Fe varlığında ve yokluğunda yetersiz S koşulları altında artarak düzenlendiği de belirtilmiştir. Bu tespit edilen proteinlerin fonksiyonel sınıflandırmasının, proteinlerin %40'ının kloroplast öncüsüne ait olduğu ve proteinlerin geri kalanının varsayılan proteinlere, RNA bağlanmalarına, ikincil metabolizmaya ve bilinmeyen proteinlere ait olduğu tahmin edilmiştir. Diğer taraftan, S eksikliğinden kaynaklanan (-S/+Fe) 5 protein noktası ve Fe eksikliğinden kaynaklanan (-S/-Fe) 10 nokta kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında S varlığında (+S/-Fe) iyi eksprese edildiği ve bunun sonucu olarak S beslemesinin Fe-eksikliği olan bitkilerde protein hasarının hafifletilmesinde ve yağlı tohumlu kanolada Fe-eksikliğine adapte edilmesinde önemli bir rol oynadığı rapor edilmiştir (Muneer ve ark., 2013).

Muneer ve ark. (2014) tarafından yürütülen bir çalışmada, yağlı tohumlu kanolanın fotosentetik organellerinde Fe eksikliğine verilen yanıtların modüle edilmesinde S beslenmesinin rolü incelenmiş olup; bu amaçla hidroponik olarak yetiştirilen sekiz haftalık bitkiler, Fe III-EDTA içeren ve içermeyen S-yeterli ve S-yoksun çözelti ile beslenmiştir. Analiz sonuçlarına göre yaprak klorozu, klorofil ve karotenoid içeriğinde azalmanın S-yoksunluğu ya da Fe-yoksunluğu ile oluştuğu; bu olumsuz etkilerin S yokluğunda daha şiddetli olduğu ve Fe^{2+} taşıyıcısının ve Fe (III) şelat redüktaz geninin ifadesinin, ilk 5 gün boyunca indüklenip S-yoksunluğundaki köklerde 10 gün sonra azaldığı bildirilmiştir. Bununla birlikte S yokluğunda Fe-yoksun köklerdeki ferrik şelat azaltıcı aktivitenin olmamasının, büyük ölçüde S kaynağı ile geliştirildiği, fotosentez, RuBisCO (Ribuloz-1,5-bifosfat karboksilaz/Oksijenaz) ve sukroz sentaz aktivitesinin, yapraklardaki S durumu ile yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca S yokluğunda Fe-eksikliğinin, büyük ölçüde, grana (kloroplastlar içindeki klorofil taşıyan yapı) kaybıyla birlikte tilakoid tabakalarının ciddi bir şekilde dağılmasına neden olduğu, bununla birlikte Fe eksikliğinin bu etkilerinin büyük ölçüde S varlığında onarıldığı rapor edilmiştir. Mevcut sonuçlara göre, Fe eksikliği nedeniyle oluşan fotosentez maddelerindeki hasarların iyileştirilmesinde S beslenmesinin önemli bir rol oynadığını görülmektedir.

Fe ve manganezin (Mn) yapraktan spreyle uygulanarak kanolanın bazı özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada Fe ve Mn 2/1000 ve 4/1000 konsantrasyonlarında seyreltilerek yapraktan uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre maksimum bitki uzunluğu, ana kapsül uzunluğu, alt kapsül uzunluğu ve kapsül sayısının

4/1000 konsantrasyonunda Fe içeren uygulamada olduğu belirtilmiştir (Riki ve ark., 2014b).

Movahhedi Dehnavi ve ark. (2014)'nın Fe ve Zn'nin yapraktan spreyleme metoduyla uygulanmasının kanolanın verimi ve kalitesine etkisi hakkında yaptıkları tarla denemesinde; demir sülfat ve çinko sülfat 2 ve 4 gr/L seviyelerinde uygulanmış olup 4 g/L Zn ve Fe kombinasyonunun yapraktan uygulanmasından maksimum tane verimi (4905.3 kg/ha), tohum proteini (%37.7) ve yağ veriminin (2124.5 kg/ha) elde edildiği rapor edilmiştir. Ayrıca Fe seviyesinin artırılması ile bin tane ağırlığının (4.24 gr'dan 4.64 gr'a) ve tohumun Fe konsantrasyonunun (64.29 mg/kg'dan 79.18 mg/kg'a) önemli ölçüde arttığı da bildirilmiştir.

Yapılan bir araştırmada iki kanola çeşidine (*Brassica napus* var. *oleifera* ve *Brassica napus* L. var. *pactol*) iki dozda (0.5 kg/ha ve 10 kg/ha) nano Fe şelat gübresi uygulanmıştır. Elde edilen verilere göre, nano Fe şelat gübresinin yaprak uygulamasının, kanola çeşitlerinin ve bunların etkileşiminin; verim, biyolojik verim ve toplam kuru biyokütle üzerine etkisi sırasıyla 1298.6 kg/ha, 7900 kg/ha ve 7288 kg/ha olarak rapor edilmiştir. Kanola tohumunun (*Brassica napus* L. var. *pactol*) biyolojik verimi ve toplam kuru biyokütlesinin sırasıyla 4260 kg/ha ve 4460 kg/ha değerlerinde olduğu ve 10 kg/ha nano Fe şelat gübresinin yapraktan uygulanması ile kanola tohumunun (*Brassica napus* var. *oleifera*), değerlendirilen karakterlerin çoğunda en yüksek değerlere sahip olduğu bildirilmiştir (Mahdi ve ark., 2019).

Topraktaki düşük Fe içeriği ve bitkilerdeki zayıf hareketliliği nedeniyle, Fe gübrelemesine ihtiyaç duyulmaktadır. Demir sülfatla zenginleştirilmiş katı mineral gübrelerin (A: amonyum nitrat ve dolomit karışımı; B: amonyum nitrat ve sülfat karışımı) etkisinin, üç yıllık bir saksı denemesinde değerlendirildiği bir çalışmada Fe ilavesinin yazlık kanola (birinci yıl) ve mısır (ikinci ve üçüncü yıl) verimini önemli ölçüde değiştirmedeği ve bitkilerdeki Fe içeriği üzerindeki etkinin belirsiz olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Fe içeren B gübresinin, belirli yıllarda yer üstü kısımların verimini %355-874 ve köklerin verimini %211-692 oranlarında artırarak en büyük verim oluşturma etkisine sahip olduğu rapor edilmiştir. Fe ilavesi ile, topraktaki hareketli ve değiştirilebilir Fe içeriğinin sırasıyla %12-110 ve %2-58 oranlarından arttığı, S ve Fe gübrelemesinin kombinasyonunun ise toprak zenginliğini ve bitki verimini iyileştirme potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Filipek-Mazur ve ark., 2019b).

Kanoladaki Zn ve Fe mikro elementlerinin uygulama yöntemi etkinliğini değerlendirmek için yürütülen bir çalışmada 8 ayrı gübre kullanım şekli tasarlanmıştır.

Deneme sonuçlarına göre; en yüksek tohum verimi, yağ verimi, yağ yüzdesi, 1000 tane ağırlığı, tohum ağırlığının kapitulum ağırlığına oranı ve protein yüzdesinin Fe + Zn uygulamalarının topraktan ve yapraktan uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir. Genel olarak, Zn ve Fe'in yapraktan ve toprağa uygulanmasının tohum üretimi açısından en yüksek verime sahip olduğu ve çeşitli gübreleme yöntemlerinin karşılaştırılması ile yapraktan uygulamanın toprak uygulamasından daha etkili olduğu belirlenmiştir. Kanola yağı çeşitli doymuş ve doymamış yağ asitlerini içerir. Bunlardan palmitoleik ve oleik asit doymamış yağ asidiyken, miristik asit doymuş yağ asidi olarak bulunmaktadır. Çalışmada mikrobeseinin yapraktan uygulamasının özellikle Zn ve Fe gibi elementlerin konsantrasyonunu arttırdığı ve en yüksek palmitoleik, oleik ve miristik asitin yapraktan Zn ve Fe uygulanan muamelelerde gözlemlendiği rapor edilmiştir (Bybordi ve Mamedov, 2010).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırmada kullanılan toprak materyali

Araştırmada kullanılan toprak; Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Sarıcalar Çiftlik arazisinden 0-30 cm derinlikten alınarak, bez torbalarla seraya getirilmiştir. Daha sonra 4 mm'lik elekten geçirilmiş ve saksılara konulmuştur.

3.1.2. Deneme bitkisi olan kanolanın botanik özellikleri

Denemede kullanılan kanola tohumu (Heros) Agromar firmasından temin edilen yazlık kanola çeşididir. Kanola kazık köklü bir bitki olup kökler 100-120 cm aşağıya ve yanlara doğru 50-80 cm yayılabilmektedir. Kanola sapı dayanıklı, dik, sert yapıda ve dayanıklı olup bitki boyu 150-160 cm'e kadar ulaşabilir. Bitkide dallanma; çeşit özelliğine, yetiştirme koşullarına ve ekim sıklığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bir buçuk aylık döneme kadar kanola yaprakları lahanaya yapraklarına oldukça benzemektedir. Yaprak rengi koyu yeşil-mavimsiye renktedir. Alt yaprak büyük ve yırtmaçlı iken üst yapraklar daha dar ve uzun yapılıdır. Kanola çiçekleri semsiye salkım şeklinde olup çiçekler çeşitlerin büyük bir kısmında açık sarı renktedir ve çiçekler ana sap ve dallar üzerinde diziliş göstermektedir. Kanola meyveleri iki boğumlu baklaya (kapsül şeklinde) benzemekte olup kapsül içindeki kanola tohumları küçük ve yuvarlaktır. Tohumların rengi koyu kahveden siyaha kadar değişmekle birlikte bin tane ağırlığı 3-7 g arasında değişmektedir (Anonim, 2016).



Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan kanola bitkisi çiçeğine ait görüntü



Şekil 3.2 Çalışmada kullanılan kanola bitkisine ait görüntü

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemenin kurulması ve yürütülmesi

Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Sarıcalar çiftlik arazisinden 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneği kullanılmıştır. Seraya getirilen toprak 4 mm'lik elekten geçirildikten sonra 11 kg'lık derin saksılara (bitki kazık kök sistemine sahip olduğu için) doldurulmuştur. Deneme Fakültemiz bünyesinde bulunan seralarda Tesadüf Parsellerine Faktöriyel Deneme Desenine göre kurulmuştur.

Deneme Tesadüf Parselleri Deneme Tertibine göre;

- 2 S'li gübre [(toz-S ve bentonitli-S (%90 kükürt, %10 bentonit)],
- 4 S dozu (0-50-100-150 kg/da S) ve
- 2 Fe dozu (0-1.5 kg/da Fe) (Sequestrene %6 EDDHA formunda)
- 4 tekerrürlü olarak 64 adet saksıda yürütülmüştür.

Deneme toprağında inorganik azot çok az olduğu için kanolanın azot ihtiyacını karşılayabilmek için 15 kg/da N (üre) verilmiştir.



Şekil 3.3 Denemede kullanılan Toz S (soldaki) ve Bentonitli S (sağdaki)

Çizelge 3.1 Deneme planı*

BS 0 Fe 0	BS 0 Fe 0	BS 0 Fe 0	BS 0 Fe 0
BS 50 Fe 0	BS 50 Fe 0	BS 50 Fe 0	BS 50 Fe 0
BS 100 Fe 0	BS 100 Fe 0	BS 100 Fe 0	BS 100 Fe 0
BS 150 Fe 0	BS 150 Fe 0	BS 150 Fe 0	BS 150 Fe 0
BS 0 Fe 1	BS 0 Fe 1	BS 0 Fe 1	BS 0 Fe 1
BS 50 Fe 1	BS 50 Fe 1	BS 50 Fe 1	BS 50 Fe 1
BS 100 Fe 1	BS 100 Fe 1	BS 100 Fe 1	BS 100 Fe 1
BS 150 Fe 1	BS 150 Fe 1	BS 150 Fe 1	BS 150 Fe 1
TS 0 Fe 0	TS 0 Fe 0	TS 0 Fe 0	TS 0 Fe 0
TS 50 Fe 0	TS 50 Fe 0	TS 50 Fe 0	TS 50 Fe 0
TS 100 Fe 0	TS 100 Fe 0	TS 100 Fe 0	TS 100 Fe 0
TS 150 Fe 0	TS 150 Fe 0	TS 150 Fe 0	TS 150 Fe 0
TS 0 Fe 1	TS 0 Fe 1	TS 0 Fe 1	TS 0 Fe 1
TS 50 Fe 1	TS 50 Fe 1	TS 50 Fe 1	TS 50 Fe 1
TS 100 Fe 1	TS 100 Fe 1	TS 100 Fe 1	TS 100 Fe 1
TS 150 Fe 1	TS 150 Fe 1	TS 150 Fe 1	TS 150 Fe 1

* BS, bentonitli kükürt; TS, toz kükürt.

Elenen deneme toprağı saksılara doldurulduktan sonra, toprağın fırın kuru ağırlığı dikkate alınarak hesaplanan kükürtlü gübreler uygulama dozlarına göre tartılmış ve saksılara homojen olacak şekilde uygulanmıştır. Daha sonra her saksıya 16 adet kanola (Heroes) tohumu 15 Haziran 2019 tarihinde ekilmiştir. Ekim işleminden 15 gün sonra her saksıda 4 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Demirli gübre 0-1.5 kg Fe/da dozlarında saksılara seyreltme işlemi yapıldıktan sonra topraktan uygulanmıştır. Sera sıcaklığının yazın çok yükselmesi nedeniyle saksılar çıkıştan sonra açıkta kontrollü alana alınmıştır. Burada bulunan saksıların güneş ışığından homojen bir şekilde yararlanabilmesi için haftalık saksı yerleri düzenli şekilde değiştirilmiştir. Hava sıcaklığının düştüğü 25 Eylül 2019 tarihinde saksılar sera içine tekrar alınmıştır. Gelişmesini tamamlayan bitkilerde harnup oluşumu tamamlandığında ve harnuplar olgunlaştığında 30 Aralık tarihinde hasat işlemi yapılmıştır.

3.3. Toprak Örneğinde Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.3.1. Tekstür tayini

Bouyoucos hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Bouyoucos, 1951).

3.3.2. Tarla kapasitesi

1/3 atmosferlik basınç altında basınçlı tabla kullanılarak belirlenmiştir (Cassel ve Nielsen, 1986).

3.3.3. Toprak reaksiyonu (pH)

1:2.5'lük toprak:saf su süspansiyonunda pH metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1958).

3.3.4. Elektriksel iletkenlik (EC)

(1:2.5)'luk toprak: saf su oranında hazırlanan toprak ekstraktının elektriksel iletkenliği EC metre ile ölçülerek belirlenmiştir (Staff, 1954).

3.3.5. Kireç (%CaCO₃)

Scheibler kalsimetresi kullanılarak, kireç miktarı 1+3'lük HCl ile karıştırılan toprak, kalsiyum karbonatın parçalanması sonucu açığa çıkan CO₂'nin standart sıcaklık ve basınç altındaki hacmi esas alınarak belirlenmiştir (Hızalan ve Ünal, 1966).

3.3.6. Organik madde miktarı (%)

Smith ve Weldon metoduna göre belirlenmiştir (Hocaoglu, 1966).

3.3.7. Azot (NH₄-N+NO₃-N) tayini

2 N KCl ekstraksiyonunda magnezyum oksit ve devarda alloy eşliğinde Kjeldahl mikro destilasyon yöntemi ile belirlenmiştir (Bayraklı, 1987).

3.3.8. Alınabilir fosfor miktarı

Olsen'in NaHCO_3 metoduyla belirlenmiştir (Bayraklı, 1987).

3.3.9. Ekstrakte edilebilir K, Ca, Mg, Na miktarı

Toprak örnekleri 1 N amonyum asetat (pH:7.0) çözeltisi ile ekstrakte edildikten sonra Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazıyla belirlenmiştir (Bayraklı, 1987; Kacar, 1997).

3.3.10. Elverişli Fe, Mn, Zn ve Cu miktarı

Toprakların 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl_2 + 0.1 M TEA (pH:7.3) ile ekstraksiyonundan sonra Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978).

3.3.11. Kükürt tayini

Deneme başında ve sonunda saksılardan toprak örneği alınarak toprakların S miktarının tayini “türbidimetrik yöntem”e göre belirlenmiştir. 500 ppm P içeren potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4) ile ekstrakte edilen topraklar spektrofotometre ile okunarak $\text{SO}_4\text{-S}$ belirlenmiştir (Fox ve ark., 1964).

3.3.12. Saksı deneme toprağının analiz sonuçları

Sera koşullarında yürütülmüş olan denemede kullanılan toprağın bazı özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Denemede kullanılan toprak killi tın tekstürde, hafif alkalın pH’a sahip olup, orta tuzlu toprak sınıfındadır. Organik maddece orta ve orta kireç içeriğine sahiptir. Killi tın tekstür sınıfında yer alan deneme toprağı; P, K, Ca ve Mg içeriğı bakımından fazla, B, Cu, Zn ve Mn içeriğı yönünden ise yeterlidir.

Çizelge 3.2 Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analiz Adı	Birimi	Sonuç	Yorum
Tekstür Sınıfı		65.85	Killi tın
pH (1:2.5,Toprak:Su)		8.19	Hafif Alkali
EC (Tuz) (1:5,Toprak:Su)	(μ S/cm)	388.66	Hafif Tuzlu
CaCO ₃ (Kireç)	(%)	11.28	Orta Kireç
Organik Madde	(%)	3.00	Orta
İnorg. azot (NH ₄ -N +NO ₃ -N)	mg/kg	5.97	Çok az
Fosfor (P)	mg/kg	38	Fazla
Potasyum (K)	mg/kg	867	Fazla
Kalsiyum (Ca)	mg/kg	8,378	Fazla
Magnezyum (Mg)	mg/kg	703	Fazla
Sodyum (Na)	mg/kg	213	Orta
Değişebilir Na Yüzdesi	%	2.1	Az
Bor (B)	mg/kg	2.4	Yeterli
Bakır (Cu)	mg/kg	2.48	Yeterli
Demir (Fe)	mg/kg	4.45	Orta
Çinko (Zn)	mg/kg	1.66	Yeterli
Mangan (Mn)	mg/kg	47.8	Yeterli
Kükürt (S)	mg/kg	14.81	Az

3.4. Bitkilerde Yapılan Analizler

Bitkilerin harnupları olgunlaştığında tane verimini belirlemek için; her bir saksıdaki bitkilerin harnupları toplanmıştır. Daha sonra alınan harnupların içindeki taneler ayıklanmış ve tartılmıştır. Tanelerin ağırlığı g/saksı olarak bulunmuştur.

Bitkilerden örnekler alınmadan önce saksılar bir gün önce iyice ıslatılarak ertesi gün kökler zedelenmeden saksıdan çıkartılmıştır. Daha sonra bitkiler toprak hizasından kesilerek bitki toprak üstü aksamının ayrı ayrı yaş ağırlıkları alınmıştır.

3.4.1. Bitki gelişmesinin farklı dönemlerinde yapılan ölçümler

3.4.1.1. Klorofil belirlemesi

Minolta-502 SPAD metre ile ölçüm alınmıştır. Her saksıdaki iki bitkinin dördüncü, beşinci ve altıncı yaprakları kullanılmıştır.

3.4.1.2. Bitki boyu (cm)

Sera denemesinde iki ayrı dönemde (5 Eylül-25 Kasım 2019) her saksıdaki en uzun 2 bitkide, bitki boyları toprak yüzeyinden bitkinin en üst noktasına kadar cetvelle ölçülerek cm cinsinden belirlenmiştir. Sonuçlar ortalama olarak verilmiştir.

3.4.1.3. Yan dal sayısı (adet/bitki)

Bitki başına yan dal sayısı her saksıdan belirlenen iki bitkinin yan dallarının sayılmasıyla belirlenmiştir (Çetin ve Ozturk, 2012).

3.4.1.4. Toplam tane sayısı (adet/bitki)

Her saksıdan alınan bitkilerdeki tohumlar sayılarak kaydedilmiştir.

3.4.1.5. Ana saptaki harnup sayısı (adet)

Her saksıdan seçilen iki bitkinin ana sapındaki harnuplar sayılarak bulunmuştur. Harnuptaki tohum sayısı (adet) her parselden seçilen iki bitkinin her birinden alınan birer adet harnuptaki tohum sayısı sayılarak bulunmuştur.

3.4.1.6. Bin tane ağırlığı

Saksı denemelerinde her saksı denemesinden elde edilen tane ürününden rastgele dört defa 100 tane sayılıp 10 ile çarpılmış ve tartılarak g cinsinden kaydedilmiştir.

3.4.2. Yaprak ve tanede element analizleri

Çiçek oluşumu tarihleri takip edilmiştir. Çiçeklenme tarih aralığı: 20 Temmuz 2019–2 Ağustos 2019 arasındadır.

Saksı denemesinden 25 Ağustos 2019 tarihinde yaprak örneği alınmıştır. Örnekler her saksıdan tesadüfen seçilen iki bitkinin alttan 4., 5., ve 6. yapraklarından alınmıştır. Alınan yaprak örnekleri laboratuvara getirildikten sonra çeşme suyu, 0.01 N HCl çözeltisi ve 2 kez saf suyla yıkanmıştır. Daha sonra saksı numaralarına göre filtre kağıdı üzerine alınmış ve burada suyunun alınması sağlanmıştır. Bitki örnekleri kuruduktan sonra kese kağıtlarına konulmuştur. Bu örnekler 65°C’de iki gün süreyle kurutma dolabında kurutulmuş ve daha sonra sabit ağırlığa gelince kurutma dolabından çıkartılarak analizler için öğütülmüştür. Öğütülmüş olan örnekler plastik saklama kaplarına alınarak 65°C’de 48 saat süreyle sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma dolabında kurutulmuştur.

Yaprak ve tane örnekleri $H_2SO_4-H_2O_2$ yardımıyla yaş yakmaya tabi tutulmuştur (Bayraklı, 1987). Yaş yakma sonucunda elde edilen eriyiklerde N, P, K ve Fe tayinleri yapılmıştır.

3.4.2.1. Toplam azot tayini

Yaş yakma metodu ile edilen eriyiklerden 10 ml alınarak Kjeldahl cihazı destilasyon ünitesinde total N tayini yapılmıştır (Bayraklı, 1987).

3.4.2.2. Fosfor tayini

Yaş yakma ile elde edilen eriyikten 5 ml alınarak Barton (1948)’a göre tüm bitki örneklerindeki toplam P kapsamları spektrofotometrede tayin edilmiş ve %P olarak ifade edilmiştir (Kacar, 1972).

3.4.2.3. Potasyum tayini

Yaş yakma ile elde edilen çözeltideki K miktarları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde belirlenmiştir (Bayraklı, 1987).

3.4.2.4. Demir tayini

Yaş yakma ile elde edilen eriyiklerin Fe muhtevaları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde okunarak standart çözeltiler ile kıyaslanarak değerlendirilmiş ve mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır (Kacar, 1972; Bayraklı, 1987).

3.4.2.5. Kükürt tayini

0.5 g bitki materyali yakma ünitesine yerleştirilerek yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakılan örneğe amonyum asetat çözeltisi, baryum klorür ve çam sakızı ilave edilmiştir. Elde edilen karışım 5 dk bekletildikten sonra absorbansı 430 nm dalga boyunda spektrofotometrede belirlenmiştir (Fox ve ark., 1964).

3.4.2.6. Yağ oranı (%)

Her numuneye ait kanola tohumları, Soxhlet cihazında petrol eteri kullanılarak ekstraksiyon yöntemine göre analiz edilmiş ve elde edilen değerler % olarak hesaplanmıştır (Sarımehmetoğlu, 2006).

3.5. İstatistiki Değerlendirme

Sera denemelerinden elde edilen sonuçlar Minitab 16 Statistical Software paket programı kullanılarak istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Tüm verilere uygulanan Tukey çoklu karşılaştırma testi ile yapılan muameleler arasındaki farklılıkların istatistiksel önemi belirlenmiştir (Steel ve Torrie, 1986).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Bitki Boy Uzunluğu

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) hasat öncesi bitki boy uzunluğuna olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.2’te verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin bitki boyuna etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Bitki Boyu		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	234.473	0.85	0.361
Demir doz (B)	1	5.941	0.02	0.884
Kükürt doz (C)	3	2.618	0.01	0.999
AxB	1	49.879	0.18	0.673
AxC	3	250.035	0.91	0.445
BxC	3	427.900	1.55	0.213
AxBxC	3	207.254	0.75	0.527
Hata	48	275.842	-	-
Genel	63	-	-	-

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine iki farklı S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı oranlarda uygulanmasının bitki boyu üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Yapılan ölçümler sonucunda en yüksek bitki boyu ortalama 142 cm ile 0 kg/da TS-1.5 kg/da Fe içeren uygulamada belirlenmiştir. En düşük bitki boyu ise ortalama 115.7 cm ile kontrol uygulamasında (0 kg/da BS-0 kg/da Fe) gözlenmiştir (Şekil 4.3.).

Çizelge 4.2 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin bitki boyuna etkisi

Bitki Boyu (cm)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	115.7±36.55	138.0±25.10	138.8±8.73	131.2±6.98	130.9±22.58
	1.5	136.1±13.12	123.6±37.97	128.3±5.09	140.3±12.09	132.1±20.06
	Ortalama	125.9±27.66	130.8±30.77	133.6±8.68	135.8±10.36	131.5±21.02
Toz Kükürt	0	137.7±6.33	135.6±7.40	139.8±3.84	133.0±8.24	136.5±6.51
	1.5	142.0±13.92	137.0±4.10	128.3±11.28	129.3±4.61	134.1±10.27
	Ortalama	139.8±10.27	136.3±5.59	134.1±9.93	131.1±6.48	135.3±8.54



Şekil 4.1 Bentonitli S'nin Fe yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının bitki boyuna etkisi



Şekil 4.2 Toz S'nin Fe yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının bitki boyuna etkisi

Rehman ve ark. (2013) kanolanın verim ve yağ kalitesi üzerine kükürtlü gübre uygulamalarının etkisini belirledikleri çalışmalarında; Dunkeld ve Shiralee çeşidi kanolaları 40 kg/ha dozunda elemental S ile 500 ve 1000 mg/L dozunda tiyoüre ile gübrelemiş olup, bitki boyunu 179.32-209.53 cm aralığında bulmuşlardır. En yüksek değerin 40 kg/ha dozunda elemental S ile gübrelenmiş Shiralee çeşidine ait olduğunu rapor etmişlerdir. Islam ve ark. (2018) kanolanın verim ve verim bileşenleri üzerine N ve S'li gübrelemenin etkisini araştırdıkları çalışmalarında; bitki uzunluğunun 58.99-87.07 cm aralığında olduğu görülürken, en yüksek değere 120 kg/ha N $\times$ 45 kg/ha S gübrelemesinin yapıldığı uygulamanın sahip olduğunu bildirmişlerdir. Kaur ve ark. (2019)'nın yaptıkları araştırmada ise; kanolanın bazı gelişim ve verim özellikleri üzerine N, P ve S'nin yapraktan uygulanmasının etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre kontrol uygulamasında hasat aşamasında belirlenen bitki uzunluğu 173.6 cm olarak; %0.5 seviyesinde yapraktan uygulanan S uygulamasında ise 178.4 cm olarak rapor edilmiştir. Santos ve ark. (2012) kanolanın bazı verim parametreleri üzerine N ve S'yi yapraktan ve topraktan ayrı ayrı ve karışım halinde uygulanmasının etkisini araştırmışlar ve elde ettikleri verilere göre bitki uzunluğunun 139-146 cm aralığında olduğunu, 19 kg/ha S içeren uygulamaya ait bitki uzunluğunun ise 141 cm olduğunu bildirmişlerdir. Adiloğlu ve ark. (2013)'nın yaptıkları bir çalışmada S uygulamasının artan dozlarının kanolanın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmış olup elde edilen sonuçlara göre en fazla bitki uzunluğu 60 mg/kg S içeren uygulamada bulunup bu değer 37.16 cm olarak bildirilmiştir.

4.2. Bitki Gövde Ağırlığı

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) hasat sonrası bitki gövde ağırlığına olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'te, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin bitki gövde ağırlığına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Bitki Gövde Ağırlığı		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	15482.8	25.08**	0.000
Demir doz (B)	1	4482.6	7.26**	0.010
Kükürt doz (C)	3	1775.8	2.88*	0.046
AxB	1	1122.9	1.82	0.184
AxC	3	836.6	1.35	0.268
BxC	3	577.6	0.94	0.431
AxBxC	3	1743.8	2.82*	0.049
Hata	48	617.4	-	-
Genel	63	-	-	-

** : $p < 0.01$ seviyesinde önemli

* : $p < 0.05$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.4 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama bitki gövde ağırlığına etkisi

Bitki Gövde Ağırlığı (g/saksı)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	141.36±51.77 ^{ab}	153.65±18.89 ^a	146.79±40.39 ^{ab}	131.48±39.89 ^{ab}	143.32±36.36
	1.5	111.36±24.67 ^{abc}	103.26±9.03 ^{abc}	135.13±26.56 ^{ab}	123.06±13.90 ^{ab}	118.20±21.74
	Ortalama	126.36±40.82	128.45±30.22	140.96±32.26	127.27±28.02	130.76±32.11 ^A
Toz Kükürt	0	86.53±14.02 ^{bc}	115.01±12.60 ^{abc}	106.71±5.25 ^{abc}	107.08±13.90 ^{abc}	103.83±15.28
	1.5	92.15±13.73 ^{abc}	119.10±28.18 ^{abc}	113.95±17.67 ^{abc}	56.70±12.62 ^c	95.47±30.57
	Ortalama	89.34±13.19	117.06±20.33	110.33±12.67	81.89±29.60	99.65±24.15 ^B

Tukey testi; Kükürt kaynağı, Demir doz: **p<0.01,

Kükürt kaynağı*Demir doz*Kükürt doz: *p<0.05,

Harflendirmedeki siyah renkle gösterilenler S kaynağı*Fe dozu*S dozu interaksyonunu, yeşil renkle gösterilenler ise S kaynağından elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.



Şekil 4.3 Harnup oluşumu tamamlanmak üzere olan kanola bitkisinin denemeye ait görüntüsü

Varyans analiz verilerine göre kanola bitkisine bentonitli ve toz S uygulamasının bitki gövde ağırlığına etkisinin istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) olduğu, bentonitli S'nin toz S uygulamalarına kıyasla daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Bununla birlikte farklı Fe dozları kullanımının etkisi ($p < 0.01$); farklı S dozları kullanımının ve iki farklı S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı oranlarda uygulanmasının bitki gövde ağırlığı üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Yapılan tartımlar sonucunda en yüksek bitki gövde ağırlığı ortalama 153.65 g ile 50 kg/da BS-0 kg/da Fe içeren uygulamada belirlenirken; en düşük bitki gövde ağırlığı ise ortalama 56.7 g ile 150 kg/da TS-1.5 kg/da Fe içeren uygulamada tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Bentonitli S uygulamalarında artan S dozları ile farklılık görülmezken; toz S uygulamalarında artan S dozları ile değişim olmamış ama bentonitli S uygulamalarına kıyasla bitki gövde ağırlığında azalma olmuştur. Bentonitli S uygulamasında ortalamalar dikkate alındığında özellikle 100 kg/da S dozu diğer dozlara göre gövde ağırlığını arttırmıştır (140.96 g).

Adiloğlu ve ark. (2013)'nın yaptıkları bir çalışmada S uygulamasının artan dozlarının kanolanın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmış olup elde edilen sonuçlara göre kanolanın en fazla bitki ağırlığı 60 mg/kg S içeren uygulamada bulunup bu değer 101.87 g olarak bildirilmiştir.

4.3. Klorofil SPAD değeri

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) hasat öncesi klorofil SPAD değerine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin klorofil SPAD değerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Klorofil		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	97.2443	4.70*	0.035
Demir doz (B)	1	0.0000	0.00	0.999
Kükürt doz (C)	3	4.0155	0.19	0.900
AxB	1	5.5401	0.27	0.607
AxC	3	14.0261	0.68	0.570
BxC	3	12.1399	0.59	0.627
AxBxC	3	7.5634	0.37	0.778
Hata	48	20.6994	-	-
Genel	63	-	-	-

*: p<0.05 seviyesinde önemli

Çizelge 4.6 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin klorofil SPAD değerine etkisi

Klorofil SPAD değeri						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	61.39±3.15	61.65±7.22	62.61±7.38	59.50±5.49	61.29±5.54
	1.5	59.60±2.93	64.46±6.17	60.98±8.49	62.48±2.34	61.88±5.32
	Ortalama	60.50±2.97	63.05±6.39	61.80±7.41	60.99±4.22	61.58±5.35 ^B
Toz Kükürt	0	64.51±1.56	64.53±1.92	63.99±5.22	64.34±3.83	64.34±3.11
	1.5	65.15±1.47	63.18±1.66	61.42±2.52	65.28±1.11	63.75±2.28
	Ortalama	64.83±1.44	63.85±1.81	62.71±4.04	64.81±2.66	64.05±2.69 ^A

Tukey testi; Kükürt kaynağı: *p<0.05,

Harflendirmedeki yeşil renkle gösterilenler S kaynağından elde edilen değerlerin istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Analiz verilerine göre kanola bitkisine bentonitli ve toz S uygulamasının etkisinin istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) olduğu ve toz S uygulamasının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda en yüksek klorofil içeriği ortalama 65.28 SPAD değeri ile 150 kg/da TS-1.5 kg/da Fe uygulamasında görülürken, en düşük değerin ise ortalama 59.5 SPAD değeri ile 150 kg/da BS-0 kg/da Fe uygulamasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Pużyńska ve ark. (2018) tarafından 2008-2010 yılları arasında yapılan bir çalışmada kanolanın Nelson ve Digger türlerine S (%15.2 N ve %22.8 SO₃ içeren sıvı gübre) ve B (%10.9 B içeren sıvı gübre) gübrelemesini yaprakdan uygulanmış olup; klorofil içeriğinin Digger türüne uygulanan S gübrelemesi ile 42.6-55.4 SPAD değeri aralığında; Nelson türüne uygulanan S gübrelemesi ile 43.3-54.1 SPAD değeri aralığında olduğu bildirilmiştir. Namvar ve Khandan (2015)'in yürüttükleri bir çalışmada kanolanın bazı verim özellikleri üzerine N ve S gübrelemesinin etkisini araştırmışlar ve elde edilen sonuçlara göre klorofil içeriğini kontrol uygulamasında 51.02 SPAD değeri iken, 50 kg/ha S gübrelemesi sonucunda 53.71 SPAD değeri olarak belirlemişler ve klorofil içeriğinde S gübrelemesi ile kontrol uygulamasına kıyasla %5.27 oranında artış olduğunu rapor etmişlerdir. De Pascale ve ark. (2007) *Brassica rapa* L. subsp. *Sylvestris*'in 1000 kg/ha S'li gübre uygulaması ile besinsel değeri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında; S'li gübre uygulamasının bu çeşidin klorofil içeriğini arttırdığını ve S eksikliğinin kloroplast oluşumunu negatif olarak etkileyip kloroplast degradasyonuna yol açabileceğini bildirmişlerdir (Von Uexkull, 1986).

4.4. Yan Dal Sayısı

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) yan dal sayısına olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yan dal sayısına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Yan dal Sayısı		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	1.5625	3.12	0.083
Demir doz (B)	1	3.0625	6.12*	0.017
Kükürt doz (C)	3	2.1667	4.33**	0.009
AxB	1	1.0000	2.00	0.164
AxC	3	0.2292	0.46	0.713
BxC	3	1.2292	2.46	0.074
AxBxC	3	2.5000	5.00**	0.004
Hata	48	0.5000	-	-
Genel	63	-	-	-

** : $p < 0.01$ seviyesinde önemli

* : $p < 0.05$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.8 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yan dal sayısına etkisi

Yan dal Sayısı (adet/saksı)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	5.00±0.82 ^{ab}	5.50±1.00 ^a	4.25±1.26 ^{abc}	3.25±0.96 ^{bc}	4.50±1.26
	1.5	4.25±0.50 ^{abc}	3.00±0.00 ^c	4.25±0.50 ^{abc}	3.75±0.96 ^{abc}	3.81±0.75
	Ortalama	4.63±0.74	4.25±1.49	4.25±0.89	3.50±0.93	4.16±1.08
Toz Kükürt	0	4.00±0.82 ^{abc}	4.00±0.82 ^{abc}	4.00±0.00 ^{abc}	3.75±0.50 ^{abc}	3.94±0.57
	1.5	4.25±0.50 ^{abc}	4.00±0.00 ^{abc}	3.50±0.57 ^{bc}	3.25±0.50 ^{bc}	3.75±0.58
	Ortalama	4.13±0.64	4.00±0.54	3.75±0.46	3.50±0.53	3.84±0.57

Tukey testi; Kükürt doz, Kükürt kaynağı*Demir doz*Kükürt doz: **p<0.01,

Demir doz: *p<0.05,

Harflendirmedeki siyah renkle gösterilenler S kaynağı*Fe dozu*S dozu interaksyonundan elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisinde yan dal sayısı üzerine Fe varlığının etkisi $p<0.05$ seviyesinde önemli; farklı dozlarda S ilavesinin ve iki farklı S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının ise $p<0.01$ seviyesinde önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca kükürt uygulama dozları arasında da önemli ($p<0.01$) farklılıklar bulunmuştur. Genel olarak çizelge incelendiğinde istatistiki yönden önemli olmamakla birlikte bentonitli S uygulamalarında yan dal sayısının toz S uygulamalarına kıyasla daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Yapılan sayımlar sonucunda en yüksek yan dal sayısı ortalama 5.5 adet ile 50 kg/da BS-0 kg/da Fe uygulamasında görülürken, en düşük değerin ise ortalama 3.0 adet ile 50 kg/da BS-1.5 kg/da Fe bulunan uygulamada olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Rehman ve ark. (2013) kanolanın verim ve yağ kalitesi üzerine S'li gübre uygulamalarının etkisini belirledikleri çalışmalarında yan dal sayısını 16.30-24.67 adet arasında olduğunu ve en yüksek değerin 40 kg/ha dozunda elemental S ile gübrelenmiş Shiralee çeşidine ait olduğunu rapor etmişlerdir. Islam ve ark. (2018) kanolanın verim ve verim bileşenlerini araştırdıkları çalışmalarında yan dal sayısının 3.00-7.27 aralığında olduğu görülürken, en yüksek değere 120 kg/ha N $\times$ 45 kg/ha S uygulamasının sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca yan dal sayısı üzerindeki bu artış, S'nin klorofil oluşumunda ve enzimlerin aktivasyonunda rol almasından dolayı fotosentezin artmasına bağlı olabileceğini rapor etmişlerdir. Kanolanın verim bileşenleri ile tohum ve yağ verimi üzerine dört farklı dozda S (0, 20, 40, 60 kg/ha) ve üç farklı dozda N (80, 120, 160 kg/ha) gübrelemesinin etkisinin belirlendiği bir çalışmada; yan dal sayısının 7.0-7.8 aralığında olduğu, 40 kg/ha S (7.8 kg/ha) dozuna kadar arttığı ve bu dozdan sonra aynı kaldığı (60 kg/ha S dozunda 7.8 kg/ha) bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2011).

4.5. Toplam Tane Sayısı

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) hasat sonrası bitkideki tohum sayısına olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin toplam tane sayısına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Toplam Tane Sayısı		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	588	0.00	0.970
Demir doz (B)	1	380	0.00	0.976
Kükürt doz (C)	3	2878940	7.16**	0.000
AxB	1	141564	0.35	0.556
AxC	3	3713226	9.23**	0.000
BxC	3	475902	1.18	0.326
AxBxC	3	875816	2.18	0.103
Hata	48	402180	-	-
Genel	63	-	-	-

** : $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.10 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama toplam tane sayısına etkisi

Toplam Tane Sayısı (adet/saksı)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	3264.00±544.8	3767.50±484.4	2521.25±468.2	4331.50±306.7	3471.06±1301
	1.5	2859.25±726.1	2945.50±694.5	3211.25±371.5	4511.50±748.8	3381.88±1417
	Ortalama	3061.62±632.4 ^C	3356.50±707.3 ^{BC}	2866.25±537.7 ^C	4421.50±538.4 ^A	3426.47±1339
Toz Kükürt	0	4028.75±303.7	2649.25±330.4	3112.50±721.5	3741.75±335.3	3383.06±1379
	1.5	4414.75±1274.6	2984.50±1045.5	3416.75±365.2	3112.00±443.2	3482.00±1638
	Ortalama	4221.75±882.3 ^{AB}	2816.88±739.8 ^C	3264.63±553.8 ^{BC}	3426.88±495.7 ^{ABC}	3432.53±1490

Tukey testi; Kükürt doz, Kükürt kaynağı*Kükürt doz: **p<0.01,

Harflendirmedeki kırmızı renkle gösterilenler S kaynağı*S dozu interaksiyonundan elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre farklı dozlarda S'li gübre uygulaması ile bentonitli ve toz S uygulamalarının kanola bitkisindeki tohum sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Yapılan sayımlar sonucunda en yüksek bitki tohum sayısı 4511.5 adet ile 150 kg/da BS-1.5 kg/da Fe uygulamasında görülürken, en düşük değerin ise ortalama 2521.25 adet ile 100 kg/da BS-0 kg/da Fe uygulamasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 incelendiğinde özellikle bentonitli S ve 1.5 kg Fe/da uygulamasında artan S dozları ile tane sayısında önemli bir artış olduğu benzer şekilde ortalama değerlerde de artan S dozları ile tane sayısının önemli oranda arttığı ($p<0.01$) gözlenmiştir. Toz S uygulamalarında ise artan S dozları ile tane sayısındaki değişim düzenli değildir ve değerlerde kontrole kıyasla kısmen düşüş görülmektedir. Bu durumun toz S'nin bentonitli S'ye kıyasla topraktaki çözünmesi ve bitki tarafından alımının yeterli olamaması ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.4 Kanoladan hasat sonrası elde edilen tohumlara ait görüntü

4.6. Ana Saptaki Harnup Sayısı

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) hasat sonrası ana saptaki kapsül (harnup) sayısına olan etkisine ait varyans analiz sonuçları

Çizelge 4.11’de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin harnup sayısına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Harnup Sayısı		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	52.6	0.01	0.915
Demir doz (B)	1	663.1	0.14	0.706
Kükürt doz (C)	3	4561.6	0.99	0.407
AxB	1	361.0	0.08	0.781
AxC	3	7822.1	1.69	0.181
BxC	3	11304.2	2.45	0.075
AxBxC	3	14345.2	3.11*	0.035
Hata	48	4619.8	-	-
Genel	63	-	-	-

*: $p < 0.05$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.12 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama harnup sayısına etkisi

Harnup Sayısı (adet/saksı)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	271.25±45.04 ^a	280.25±39.69 ^a	210.25±105.20 ^a	290.25±85.82 ^a	263.00±73.79
	1.5	264.00±100.65 ^a	180.25±67.34 ^a	288.00±10.33 ^a	313.00±82.51 ^a	261.31±83.50
	Ortalama	267.63±72.29	230.25±74.00	249.13±80.72	301.63±78.88	262.16±77.52
Toz Kükürt	0	311.00±84.77 ^a	225.00±21.95 ^a	245.25±72.75 ^a	297.00±38.83 ^a	269.56±65.11
	1.5	271.75±96.57 ^a	273.50±28.99 ^a	310.50±45.12 ^a	177.75±60.26 ^a	258.38±75.72
	Ortalama	291.38±86.70	249.25±35.20	277.88±66.01	237.38±79.16	263.97±69.70

Tukey testi; Kükürt kaynağı*Demir doz*Kükürt doz: *p<0.05,

Harflendirmedeki siyah renkle gösterilenler S kaynağı*Fe dozu*S dozu interaksiyonundan elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine iki farklı S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı oranlarda uygulanmasının harnup sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Yapılan sayımlar sonucunda en yüksek harnup sayısı ortalama 313 adet ile 150 kg/da BS-1.5 kg/da Fe uygulamasında görülürken, en düşük değerin ise ortalama 177.75 adet ile 150 kg/da TS-1.5 kg/da Fe uygulamasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).



Şekil 4.5 Hasat öncesi kanolanın harnup durumu



Şekil 4.6 Araştırmadan hasat sonrası elde edilen kanola harnuplarına ait bir görüntü

Kanolanın verimi üzerine S'li gübre uygulamalarının etkisinin belirlendiği bir çalışmada bitki başına harnup sayısının 467.63-514.80 adet aralığında olup en yüksek değerin 40 kg/ha dozunda elemental S ile gübrelenmiş Shiralee çeşidine ait olduğu rapor edilmiştir (Rehman ve ark., 2013). Yapılan bir başka çalışmada ise kanolanın bazı verim özellikleri üzerine N ve S gübrelemesinin etkisi araştırılmış ve bitki başına harnup sayısının kontrol uygulamasında 98.51 adet iken 50 kg/ha S gübrelemesi sonucunda 104.63 adet olduğu ve harnup sayısında S gübrelemesi ile kontrol uygulamasına kıyasla %6.21 oranında artış olduğu rapor edilmiştir (Namvar ve Khandan, 2015). Islam ve ark. (2018)'nin yürüttükleri bir çalışmada bitki başına harnup sayısının 25.80-80.27 adet aralığında olduğu ve en yüksek değere 120 kg/ha N $\times$ 45 kg/ha S uygulamasının sahip olduğu bildirilmiştir. Kanolanın bazı özellikleri üzerine Zn, B ve S ile gübrelemenin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 100 kg S/ha, 8 kg B/ha ve 30 kg Zn/ha olarak uygulanmıştır. Elde edilen verilere göre bitki başına harnup sayısı 199.7-319.7 adet aralığında bulunurken en düşük değerin kontrol uygulamasında en yüksek değerin de B-S-Zn karışımı uygulamasında olduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte sadece S bulunan uygulamada bitki başına harnup sayısı 264 adet olarak bildirilmiştir (Shoja ve ark., 2018). Kanolanın bazı gelişim ve verim özellikleri konusunda yapılan bir başka çalışmada ise; bitki başına harnup sayısı kontrol uygulamasında 246.85 adet olarak; ve yapraktan uygulanan S uygulamasında ise 263.46 adet olarak rapor edilmiştir ($p < 0.05$) (Kaur ve ark., 2019). Kanolanın verim bileşenleri üzerine S ve N gübrelemesinin etkisinin belirlendiği başka bir çalışmada; bitki başına harnup sayısının 224.2-269.3 adet aralığında olduğu, S dozunun artışı ile birlikte artış gösterdiği bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2011).

4.7. Harnup Uzunluğu

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassicca napus oleifera* sp.) hasat sonrası harnup uzunluğuna olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'te, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.13 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin harnup uzunluğuna etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Harnup Uzunluğu		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	0.03331	0.13	0.716
Demir doz (B)	1	1.59391	6.42*	0.015
Kükürt doz (C)	3	0.10803	0.44	0.729
AxB	1	0.06250	0.25	0.618
AxC	3	1.20352	4.85**	0.005
BxC	3	0.52065	2.10	0.113
AxBxC	3	1.05658	4.25**	0.010
Hata	48	0.24832	-	-
Genel	63	-	-	-

** : $p < 0.01$ seviyesinde önemli

* : $p < 0.05$ seviyesinde önemli

Analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine Fe uygulamasının etkisi istatistiki olarak önemlidir ($p < 0.05$) ve Fe uygulanmayan bitkilerde harnup uzunluğu açısından daha iyi sonuç alınmıştır. Bununla birlikte iki farklı S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı oranlarda uygulanmasının kanola bitkisinin harnup uzunluğu üzerine etkisinin de istatistiki açıdan çok önemli ($p < 0.01$) olduğu bulunmuştur. Yapılan ölçümler sonucunda en yüksek harnup uzunluğu ortalama 7.46 cm ile 50 kg/da BS-0 kg/da Fe bulunan uygulamada görülürken, en düşük değerin ise ortalama 5.98 cm ile 50 kg/da BS-1.5 kg/da Fe bulunan uygulamada olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama harnup uzunluğuna etkisi

Harnup Uzunluğu (cm)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	6.91±0.39 ^{ab}	7.46±0.13 ^a	7.08±0.90 ^{ab}	7.41±0.85 ^a	7.21±0.63
	1.5	7.15±0.54 ^{ab}	5.98±0.83 ^b	6.90±0.20 ^{ab}	7.33±0.22 ^a	6.84±0.71
	Ortalama	7.03±0.45 ^A	6.72±0.97 ^A	6.99±0.61 ^A	7.37±0.57 ^A	7.03±0.69
Toz Kükürt	0	7.11±0.47 ^{ab}	7.41±0.23 ^a	6.71±0.43 ^{ab}	7.19±0.22 ^{ab}	7.11±0.41
	1.5	6.84±0.20 ^{ab}	7.41±0.21 ^a	6.86±0.30 ^{ab}	6.30±0.73 ^{ab}	6.85±0.55
	Ortalama	6.98±0.36 ^A	7.41±0.20 ^A	6.79±0.35 ^A	6.74±0.69 ^A	6.98±0.50

Tukey testi; Kükürt kaynağı*Kükürt doz, Kükürt kaynağı*Demir doz*Kükürt doz: **p<0.01,

Demir doz: *p<0.05,

Harflendirmedeki siyah renkle gösterilenler S kaynağı*Fe dozu*S dozu interaksiyonunu, kırmızı renkle gösterilenler ise S kaynağı*S dozu interaksiyonundan elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Islam ve ark. (2018) kanolanın verim bileşenleri üzerine N ve S'li gübrelemenin etkisini belirledikleri çalışmada harnup uzunluğunun 4.16-4.92 cm aralığında olduğu görülürken en yüksek değere 120 kg/ha N × 45 kg/ha S uygulamasının sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bir araştırmada kanolanın bazı gelişim ve verim özellikleri üzerine N, P ve S'nin yapraktan uygulanmasının etkisi belirlenmiş ve harnup uzunluğu kontrol uygulamasında 5.04 cm olarak; yapraktan uygulanan S uygulamasında ise 5.18 cm olarak rapor edilmiştir ($p<0.05$) (Kaur ve ark., 2019).

4.8. Tane Ağırlığı

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) hasat sonrası tane ağırlığına olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'te, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.15 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tane ağırlığına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Tane Ağırlığı		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	2.461	1.19	0.281
Demir doz (B)	1	2.513	1.21	0.276
Kükürt doz (C)	3	39.623	19.12**	0.000
AxB	1	2.444	1.18	0.283
AxC	3	6.183	2.98*	0.040
BxC	3	4.277	2.06	0.117
AxBxC	3	13.201	6.37**	0.001
Hata	48	2.072	-	-
Genel	63	-	-	-

** : $p<0.01$ seviyesinde önemli

* : $p<0.05$ seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine farklı dozlarda S'li gübre uygulamasının ve iki farklı S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı oranlarda uygulanmasının tane ağırlığı üzerine istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) etkisinin olduğu bulunmuştur. Ayrıca bentonitli ve toz S'nin farklı dozlarda uygulanmasının tane ağırlığı üzerindeki etkisinin istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda en yüksek tane ağırlığı ortalama 11.69 g ile 100 kg/da TS-0 kg/da Fe bulunan uygulamada görülürken, en düşük değerin ise ortalama 5.65 g ile 0 kg/da TS-1.5 kg/da Fe bulunan uygulamada olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tane ağırlığına etkisi

Tane Ağırlığı (g/saksı)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	7.52±1.58 ^{bcd}	8.15±0.11 ^{abcd}	7.37±0.43 ^{bcd}	9.93±3.85 ^{abc}	8.24±2.15
	1.5	6.74±0.98 ^{cd}	6.02±1.89 ^d	9.21±0.67 ^{abcd}	10.98±1.05 ^{ab}	8.24±2.32
	Ortalama	7.13±1.28 ^{BC}	7.08±1.68 ^{BC}	8.29±1.12 ^{AB}	10.45±2.67 ^A	8.24±2.20
Toz Kükürt	0	6.02±0.97 ^d	6.73±1.58 ^{cd}	11.69±1.37 ^a	8.52±1.39 ^{abcd}	8.24±2.56
	1.5	5.65±0.60 ^d	6.96±0.51 ^{cd}	7.51±0.94 ^{bcd}	9.70±0.89 ^{abc}	7.45±1.67
	Ortalama	5.84±0.77 ^C	6.84±1.09 ^{BC}	9.60±2.49 ^A	9.11±1.25 ^{AB}	7.85±2.16

Tukey testi; Kükürt doz, Kükürt kaynağı*Kükürt doz, Demir doz*Kükürt doz: **p<0.01,

Kükürt kaynağı*Demir doz*Kükürt doz: *p<0.05,

Harflendirmedeki siyah renkle gösterilenler S kaynağı*Fe dozu*S dozu interaksyonunu, kırmızı renkle gösterilenler ise S kaynağı*S dozu interaksyonundan elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Bentonitli S ve toz S uygulamasında artan S dozları ile tane ağırlığının önemli artış gösterdiği ($p<0.01$) bu artışın kontrol uygulamalarına kıyasla önemli derecede farklı olduğu görülmüştür. Toz S uygulamalarında tane ağırlığı değerleri bentonitli S uygulamalarından elde edilen değerlerden daha azdır. Bentonitli S uygulamalarında S doz ortalamaları karşılaştırıldığında kontrole kıyasla 150 kg S/da uygulamasında %46.6 tane verimi artış göstermiştir. Toz S uygulamasında ise kontrole kıyasla 100 kg S/da uygulamasında tane verimi %64.38 artmıştır. Demir uygulamasının etkisi dikkate alındığında Fe 0 dozu ortalamasında %63.56 olan doz verimindeki artış; 1.5 kg Fe uygulamasında %67.20 olmuştur. Yani demirin 1.5 kg/da uygulama dozu ile tane verimi ortalamaları daha büyük artış göstermiştir (Çizelge 4.16).

4.9. Bin Tane Ağırlığı

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) bin tane ağırlığına olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin bin tane ağırlığına etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Bin Tane Ağırlığı		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	0.01564	0.16	0.688
Demir doz (B)	1	0.32284	3.37	0.072
Kükürt doz (C)	3	0.14772	1.54	0.215
AxB	1	0.33792	3.53	0.066
AxC	3	0.47546	4.97**	0.004
BxC	3	0.30133	3.15*	0.033
AxBxC	3	0.19560	2.04	0.120
Hata	48	0.09566	-	-
Genel	63	-	-	-

** : $p<0.01$ seviyesinde önemli

* : $p<0.05$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.18 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama bin tane ağırlığına etkisi

Bin Tane Ağırlığı (g)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	2.29±0.32	2.45±0.20	2.53±0.29	2.26±0.24	2.38±0.33
	1.5	2.30±0.30	2.07±0.16	2.85±0.18	2.31±0.35	2.38±0.46
	Ortalama	2.29±0.29 ^{AB}	2.26±0.26 ^{AB}	2.69±0.28 ^A	2.28±0.28 ^{AB}	2.38±0.39
Toz Kükürt	0	2.98±0.39	2.56±0.28	2.15±0.30	2.28±0.36	2.49±0.45
	1.5	2.12±0.46	2.39±0.30	2.25±0.19	2.07±0.42	2.21±0.35
	Ortalama	2.55±0.61 ^{AB}	2.47±0.29 ^{AB}	2.20±0.24 ^{AB}	2.18±0.38 ^B	2.35±0.42

Tukey testi; Kükürt kaynağı*Kükürt doz: **p<0.01,

Demir doz*Kükürt doz: *p<0.05,

Harflendirmedeki kırmızı renkle gösterilenler S kaynağı*S dozu interaksyonundan elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Varyans analiz verilerine göre kanola bitkisine bentonitli ve toz S'nin farklı dozlarda uygulanmasının birlikte bin tane ağırlığı üzerine etkisi, istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Buna ilave olarak Fe dozu x S dozu interaksiyonunun bin tane ağırlığı üzerine etkisinin de istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. En yüksek bin tane ağırlığı ortalama 2.98 g ile 0 kg/da TS-0 kg/da Fe bulunan uygulamada görülürken, en düşük değerin ise ortalama 2.07 g ile 150 kg/da TS-1.5 kg/da Fe bulunan uygulamada olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.18).

Dunkeld ve Shiralee çeşidi kanolaların elemental S ve tiyoüre ile gübrelendiği bir çalışmada bin tane ağırlığının 3.99-5.48 g arasında olduğu ve en yüksek değerin 500 mg/L dozunda tiyoüre ile gübrelenmiş Shiralee çeşidine ait olduğu rapor edilmiştir (Rehman ve ark., 2013). Kanola verimine N ve S'li gübrelemenin etkisinin belirlendiği bir çalışmada bin tane ağırlığının 2.93-3.65 g aralığında olduğu ve en yüksek değere 120 kg/ha N $\times$ 45 kg/ha S uygulamasının sahip olduğu bildirilmiştir (Islam ve ark., 2018). Bizim çalışmamızdan elde edilen veriler bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Yapılan bir başka araştırmada bin tane ağırlığı 4.82-5.74 g aralığında bulunurken sadece S bulunan uygulamada bin tane ağırlığı 5.04 g olarak bildirilmiştir (Shoja ve ark., 2018). Santos ve ark. (2012)'nin yaptıkları bir çalışmada bin tane ağırlığının 3.06-3.51 g aralığında olduğunu, 19 kg/ha S içeren uygulamaya ait bin tane ağırlığının ise 3.15 g olduğunu bildirmişlerdir. Kanolanın verim bileşenleri ile tohum ve yağ veriminin araştırıldığı bir çalışmada; bin tane ağırlığının 3.19-3.30 g aralığında olduğu, 40 kg/ha S (3.30 g) dozuna kadar arttığı ve bu dozdan sonra azaldığı (60 kg/ha S dozunda 3.29 g) bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2011).

4.10. Yaprak Toplam Azot İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) yaprak toplam N içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19’da, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.19 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yaprakta N (%)’a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Yaprakta N (%)		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	3.84365	6.04*	0.018
Demir doz (B)	1	0.04598	0.07	0.789
Kükürt doz (C)	3	2.79824	4.40**	0.008
AxB	1	2.53595	3.99	0.052
AxC	3	0.14243	0.22	0.879
BxC	3	1.01429	1.59	0.203
AxBxC	3	1.10674	1.74	0.171
Hata	48	0.63601	-	-
Genel	63	-	-	-

** : p<0.01 seviyesinde önemli

* : p<0.05 seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine bentonitli ve toz S uygulamasının toplam N miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) bulunurken, dört farklı oranda uygulanan S dozunun etkisinin ise $p<0.01$ seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre tüm muameleler arasında en yüksek N miktarı %6.01 ile 0 kg/da BS-1.5 kg/da Fe bulunan uygulamada olup, en düşük N miktarı %3.85 ile 50 kg/da TS-0 kg/da Fe bulunan uygulamada tespit edilmiştir (Çizelge 4.20). Bu değerler kaynaklarda verilen sınır değerlerle kıyaslandığında yeterli aralıkta olduğu gözlenmiştir (Merrien ve ark., 1988; Grant ve Bailey, 1993).

Çizelge 4.20 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yaprakta N (%)’a etkisi

Yaprakta N (%)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	5.23±0.17	5.26±1.20	4.97±0.49	5.41±0.52	5.22±0.65
	1.5	6.01±0.31	4.92±0.21	4.61±0.59	3.97±0.08	4.88±0.82
	Ortalama	5.62±0.47	5.09±0.82	4.79±0.54	4.69±0.85	5.05±0.75 ^A
Toz Kükürt	0	5.11±0.58	3.85±2.56	4.03±0.33	4.34±0.18	4.33±1.29
	1.5	5.26±0.20	5.03±0.50	4.30±0.46	4.55±0.44	4.78±0.54
	Ortalama	5.19±0.41	4.44±1.82	4.16±0.40	4.44±0.33	4.56±1.00 ^B

Tukey testi; Kükürt doz: **p<0.01,

Kükürt kaynağı: *p<0.05,

Harflendirmedeki yeşil renkle gösterilenler S kaynağından elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Bentonitli S uygulama ile yapraktaki azot içeriği toz S uygulamasına kıyasla önemli artış göstermiştir. Kükürt dozları dikkate alındığında ise kontrole kıyasla 100 ve 150 kg S/da uygulamaları yaprakta azot içeriğinde azalmaya neden olmuştur (Çizelge 4.20).

Üç farklı toprakta kanolanın bazı özellikleri üzerine beş farklı S gübresi formunun etkisinin incelendiği bir çalışmada kanolanın N konsantrasyonunun en fazla 20 kg/ha elementel S uygulamasında olduğu ve 21.7-27.2 mg N/g arasında bulunduğu bildirilmiştir (Ahmed ve ark., 2017). Kanolanın bazı özellikleri üzerine S uygulamasının etkisinin incelendiği başka bir çalışmada elde edilen sonuçlara göre ise kanolanın N içeriği en fazla 40 mg/kg S içeren uygulamada bulunup bu değer %6.68 N olarak bildirilmiştir (Adiloğlu ve ark., 2013). Kanola üzerine Zn ve Fe'in etkinliğinin belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada Zn ve Fe ayrı ayrı ve karışım halinde yaprak ve topraktan uygulanmış olup elde edilen sonuçlara göre yaprak N içeriğinin en yüksek değeri kontrol uygulamasındayken en düşük değerin Fe ve Zn'nin yaprak ve topraktan uygulamasında olduğu rapor edilmiştir (Bybordi ve Mamedov, 2010).

4.11. Yaprak Fosfor İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) yaprakta P içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21'de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yaprakta P (%)'a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Yaprakta P (%)		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	0.004127	1.95	0.169
Demir doz (B)	1	0.003102	1.46	0.232
Kükürt doz (C)	3	0.012192	5.75**	0.002
AxB	1	0.000017	0.01	0.930
AxC	3	0.013115	0.94	0.427
BxC	3	0.002000	6.19**	0.001
AxBxC	3	0.009644	4.55**	0.007
Hata	48	0.002119	-	-
Genel	63	-	-	-

** : p<0.01 seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine farklı dozlarda S uygulamasının, S dozu ve Fe dozu interaksiyonunun ve iki farklı S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı oranlarda uygulanmasının yaprak P içeriğine etkisi istatistiki açıdan önemlidir ($p<0.01$). Yaprak P içeriği değerleri %0.17-0.32 arasında değişmiştir. Bu değer çiçeklenme başlangıcında yaprak fosfor içeriği için kaynaklarda verilen %0.35-0.5 değerinin sınırındadır. Yani fosfor içerikleri kısmen sınır değerinin altındadır (Merrien ve ark., 1988). Yine Grant ve Bailey (1993)'ın verdiği %0.40 yeterli sınırının da altındadır. Yaprak P içeriği açısından en yüksek değere %0.32 ile 100 kg/da TS-1.5 kg/da Fe bulunan uygulama sahipken, en düşük değerin %0.17 ile 0 kg/da TS-0 kg/da Fe bulunan uygulamada olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.22).



Çizelge 4.22 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yaprakta P (%)’a etkisi

Yaprakta P (%)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	0.17±0.01 ^b	0.21±0.06 ^{ab}	0.31±0.03 ^a	0.32±0.06 ^a	0.25±0.08
	1.5	0.31±0.04 ^a	0.27±0.01 ^{ab}	0.28±0.04 ^{ab}	0.22±0.08 ^{ab}	0.27±0.06
	Ortalama	0.24±0.08	0.24±0.05	0.29±0.04	0.27±0.09	0.26±0.07
Toz Kükürt	0	0.22±0.05 ^{ab}	0.27±0.05 ^{ab}	0.30±0.07 ^a	0.28±0.02 ^{ab}	0.27±0.05
	1.5	0.24±0.05 ^{ab}	0.29±0.05 ^a	0.32±0.01 ^a	0.27±0.02 ^{ab}	0.28±0.05
	Ortalama	0.23±0.05	0.28±0.05	0.31±0.05	0.28±0.02	0.28±0.05

Tukey testi; Kükürt doz, Demir doz* Kükürt doz, Kükürt kaynağı*Demir doz*Kükürt doz: **p<0.01,

Harflendirmedeki siyah renkle gösterilenler S kaynağı*Fe dozu*S dozu interaksyonundan elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Kanolanın bazı özellikleri üzerine farklı S gübresi formlarının etkisinin incelendiği bir çalışmada P konsantrasyonunun en fazla 20 kg/ha elementel S uygulamasında olduğu ve %0.27-0.36 arasında bulunduğu bildirilmiştir (Ahmed ve ark., 2017). Adiloğlu ve ark. (2013)'nın yaptıkları bir çalışmada kanolanın P içeriği en fazla 40 mg/kg S içeren uygulamada bulunup bu değer %0.80 P olarak bildirilmiştir.

4.12. Yaprak Potasyum İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) yaprak K içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23'te, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.23 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yaprakta K (%)'a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Yaprakta K (%)		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	0.255882	7.68**	0.008
Demir doz (B)	1	0.048344	1.45	0.234
Kükürt doz (C)	3	0.015064	0.45	0.717
AxB	1	0.031517	0.95	0.336
AxC	3	0.015096	0.45	0.716
BxC	3	0.020395	0.61	0.610
AxBxC	3	0.004842	0.15	0.932
Hata	48	0.033317	-	-
Genel	63	-	-	-

** : p<0.01 seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine bentonitli ve toz S uygulamasının K içeriğine etkisi istatistiki olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur. Analizlerden elde edilen verilere göre K miktarı %0.67 ile %0.95 arasında bulunurken; en yüksek değer 100 kg/da BS-0 kg/da Fe içeren uygulamada olup en düşük değer 0 kg/da TS-0 kg/da Fe bulunan uygulamada belirlenmiştir (Çizelge 4.24). Bu değerler yaprakta K içeriği için verilen %2.5 sınır değerinin altındadır (Merrien ve ark., 1988; Grant ve Bailey, 1993).

Çizelge 4.24 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yaprakta K (%)’a etkisi

Yaprakta K (%)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	0.80±0.17	0.93±0.26	0.95±0.18	0.90±0.34	0.90±0.23
	1.5	0.72±0.29	0.88±0.10	0.75±0.14	0.83±0.19	0.80±0.18
	Ortalama	0.76±0.23	0.91±0.18	0.85±0.18	0.87±0.25	0.85±0.21 ^A
Toz Kükürt	0	0.67±0.14	0.73±0.18	0.78±0.09	0.71±0.07	0.72±0.12
	1.5	0.76±0.11	0.68±0.12	0.68±0.08	0.74±0.22	0.71±0.13
	Ortalama	0.71±0.13	0.71±0.14	0.73±0.10	0.73±0.15	0.72±0.13 ^B

Tukey testi; Kükürt kaynağı: **p<0.01,

Harflendirmedeki yeşil renkle gösterilenler S kaynağından elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Adiloğlu ve ark. (2013)'nın S uygulamasının kanolanın bazı özellikleri üzerine etkisini belirledikleri çalışmalarında kanolada yaprakta K içeriği en fazla 40 mg/kg S uygulamasında bulunup bu değer %5.75 K olarak bildirilmiştir. Kanola üzerine Zn ve Fe'in etkinliğinin belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmadan elde edilen sonuçlara göre yaprak K içeriğinin en yüksek değeri %4.2 K ile kontrol uygulamasındayken en düşük değerin %3.5 K ile Fe ve Zn'nin yapraktan ve topraktan uygulanmasında olduğu rapor edilmiştir (Bybordi ve Mamedov, 2010).

4.13. Yaprak Demir İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) yaprak Fe içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'te, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.25 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yaprakta Fe'e etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Yaprakta Fe		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	575.24	3.80	0.057
Demir doz (B)	1	190.71	1.26	0.267
Kükürt doz (C)	3	386.50	2.56	0.066
AxB	1	2397.25	15.85**	0.000
AxC	3	1142.03	7.55**	0.000
BxC	3	1368.15	9.05**	0.000
AxBxC	3	54.65	0.36	0.781
Hata	48	151.23	-	-
Genel	63	-	-	-

** : $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisinin Fe içeriğine S kaynağı x Fe dozu, S kaynağı x S dozu ve Fe dozu x S dozu etkileşimlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Elde edilen verilere göre Fe içeriği açısından tüm muameleler arasında en yüksek değere 119.86 mg/kg ile 150 kg/da BS-1.5 kg/da Fe içeren uygulamanın sahip olduğu, en düşük değerin ise 69.01 mg/kg ile 150 kg/da TS-0 kg/da Fe bulunan uygulamada olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.26).

Bentonitli S uygulamasının toz S uygulamasına kıyasla yaprakta Fe içeriğine olan olumlu etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür. Bentonitli S uygulama ile yaprakta Fe içeriği 74.24-119.86 mg/kg arasında iken toz S uygulamalarında 69.01-

103.63 mg/kg arasında olmuştur. Bentonitli S'nin bitki demir alımını olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir. Bu değerler literatürde yaprakta Fe içeriği için verilen sınır değerlerin (60-80 mg/kg) üstündedir (Merrien ve ark., 1988).



Çizelge 4.26 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yaprakta Fe (mg/kg)'e etkisi

Yaprakta Fe (mg/kg)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	90.20±5.36	80.64±6.50	74.24±15.31	84.12±13.24	82.30±11.48 ^B
	1.5	93.52±4.12	82.86±7.51	95.74±9.55	119.86±13.73	97.99±16.31 ^A
	Ortalama	91.86±4.76 ^{ABC}	81.75±6.61 ^{BC}	84.99±16.48 ^{ABC}	101.99±22.82 ^A	90.15±16.00
Toz Kükürt	0	103.63±7.99	107.27±14.12	74.27±12.83	69.01±5.40	88.55±20.04 ^{AB}
	1.5	71.44±11.154	87.75±19.71	74.86±13.64	84.98±20.74	79.76±16.58 ^B
	Ortalama	87.54±19.41 ^{ABC}	97.51±18.99 ^{AB}	74.57±12.26 ^C	76.99±16.42 ^C	84.15±18.64

Tukey testi; Kükürt kaynağı*Demir doz, Kükürt kaynağı*Kükürt doz, Demir doz*Kükürt doz: **p<0.01,

Harflendirmedeki kırmızı ve mavi renkle gösterilenler sırasıyla S kaynağı*S dozu, S kaynağı*Fe dozu interaksiyonlarından elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

S uygulamasının artan dozlarının kanolanın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisinin belirlendiği bir çalışmada kanolanın Fe içeriği en fazla kontrol uygulamasında bulunup bu değer 598 mg/kg Fe olarak bildirilmiştir (Adiloğlu ve ark., 2013). Kanola üzerine Zn ve Fe'in etkinliğinin belirlenmesine yönelik yapılan başka bir çalışmada yaprak Fe içeriğinin en yüksek değeri 180 mg/kg Fe ile Fe'in yapraktan uygulanmasında, en düşük değer 105 mg/kg Fe ile kontrol uygulamasında olduğu rapor edilmiştir (Bybordi ve Mamedov, 2010).

4.14. Yaprak Kükürt İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) yaprak S içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27'de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.27 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yaprakta S (%)'e etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Yaprakta S (%)		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	3.21521	41.26**	0.000
Demir doz (B)	1	0.45890	5.89*	0.019
Kükürt doz (C)	3	4.38729	56.31**	0.000
AxB	1	0.64000	8.21**	0.006
AxC	3	0.51481	6.61**	0.001
BxC	3	0.09370	1.20	0.319
AxBxC	3	0.26953	3.46*	0.023
Hata	48	0.07792	-	-
Genel	63	-	-	-

** : $p < 0.01$ seviyesinde önemli

* : $p < 0.05$ seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine farklı S kaynağı uygulamasının, farklı dozlarda S uygulamasının, S kaynağı x Fe dozu ve S kaynağı x S dozu etkileşimlerinin S içeriğine olan etkisi istatistiksel açıdan önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Bununla birlikte farklı oranlarda Fe uygulamasının ve iki farklı S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı oranlarda uygulanmasının kanola bitkisinin S içeriğine olan etkisi $p < 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yapılan yaprakta S analizlerine göre en yüksek değer %2.60 ile 100 kg/da TS-0 kg/da Fe içeren uygulamada gözlenirken, en düşük değerin ise %0.89 ile 0 kg/da

TS-0 kg/da Fe içeren uygulamada olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.28). Bu değerler Grant ve Bailey (1993) tarafından verilen sınır değerlerin üstündedir.



Çizelge 4.28 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yaprakta S (%)’e etkisi

Yaprakta S (%)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	1.12±0.09 ^{efg}	1.55±0.15 ^{defg}	1.61±0.15 ^{cdef}	1.25±0.17 ^{efg}	1.38±0.25 ^C
	1.5	1.00±0.26 ^{fg}	1.82±0.24 ^{bcde}	2.10±0.55 ^{abcd}	2.09±0.29 ^{abcd}	1.75±0.56 ^B
	Ortalama	1.06±0.19 ^D	1.68±0.23 ^C	1.85±0.45 ^{BC}	1.67±0.50 ^C	1.57±0.47 ^B
Toz Kükürt	0	0.89±0.12 ^g	2.34±0.32 ^{ab}	2.60±0.45 ^a	2.30±0.16 ^{abc}	2.03±0.74 ^A
	1.5	1.06±0.33 ^{fg}	2.27±0.33 ^{abc}	2.44±0.28 ^{ab}	2.22±0.09 ^{abcd}	2.00±0.62 ^{AB}
	Ortalama	0.98±0.25 ^D	2.31±0.30 ^A	2.52±0.36 ^A	2.26±0.12 ^{AB}	2.01±0.67 ^A

Tukey testi; Kükürt kaynağı, Kükürt doz, Kükürt kaynağı*Demir doz, Kükürt kaynağı*Kükürt doz: **p<0.01,

Demir doz, Kükürt kaynağı*Demir doz*Kükürt doz: *p<0.05,

Harflendirmedeki siyah renkle gösterilenler S kaynağı*Fe dozu*S dozu interaksyonunu, kırmızı, mavi ve yeşil renkle gösterilenler ise sırasıyla S kaynağı*S dozu, S kaynağı*Fe dozu interaksyonları ve S kaynağından elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Genel olarak bakıldığında toz S uygulamalarının bentonitli S uygulamalarına kıyasla yaprak S içeriğinde daha olumlu bir artış sağladığı görülmektedir. Özellikle toz S'nin 50 kg/da S uygulama dozunda kontrole kıyasla yaprak S içeriği önemli artış göstermiştir. Diğer kükürt dozları arasında ise fark yoktur.

Zn, B ve S ile gübrelemenin kanolanın bazı özellikleri üzerine etkisinin belirlendiği bir çalışmada S içeriği %0.02-0.08 aralığında bulunurken en düşük değerin kontrol uygulamasında en yüksek değerin de B-S-Zn karışımli uygulamada olduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte sadece S bulunan uygulamada S içeriği %0.07 olarak bildirilmiştir (Shoja ve ark., 2018). Farklı topraklarda kanolanın bazı özellikleri üzerine S'li gübrelemenin etkisinin incelendiği bir çalışmada ise kanolanın S konsantrasyonunun en fazla 20 kg/ha alçı taşı uygulamasında olduğu ve %0.11-0.16 arasında bulunduğu bildirilmiştir (Ahmed ve ark., 2017).

4.15. Tane Kükürt İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) tane S içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29'da, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.29 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tanede S (%)'e etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Tanede S (%)		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	0.032306	2.67	0.108
Demir doz (B)	1	0.015735	1.30	0,259
Kükürt doz (C)	3	0.023834	1.97	0,131
AxB	1	0.015249	1.26	0.267
AxC	3	0.054318	4.50**	0.007
BxC	3	0.001576	0.13	0.942
AxBxC	3	0.019705	1.63	0.194
Hata	48	0.012077	-	-
Genel	63	-	-	-

** : p<0.01 seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine bentonitli ve toz S'nin farklı dozlarda uygulanmasının tane S konsantrasyonuna etkisi istatistiki açıdan önemli (p<0.01) bulunmuştur. Tüm muameleler arasında en yüksek değer %0.65 ile 0 kg/da BS-0 kg/da Fe uygulanan muamelede gözlenirken, en düşük değerin %0.38 ile 50 kg/da

BS-1.5 kg/da Fe uygulanan muamelede olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Bu değerler Brennan ve ark. (2019)'nın tane için verdiği %0.32-0.60 sınır değerlerinin aralığında olduğu ve bitkinin yeterli kükürt alabildiği görölmektedir.



Çizelge 4.30 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tanede S (%)’e etkisi

		Tanede S (%)				
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	0.65±0.11	0.53±0.08	0.52±0.09	0.50±0.08	0.55±0.10
	1.5	0.62±0.17	0.38±0.05	0.52±0.06	0.43±0.04	0.49±0.13
	Ortalama	0.64±0.13 ^A	0.46±0.10 ^B	0.52±0.07 ^{AB}	0.47±0.07 ^{AB}	0.52±0.12
Toz Kükürt	0	0.41±0.08	0.39±0.30	0.56±0.07	0.54±0.06	0.48±0.17
	1.5	0.44±0.08	0.47±0.07	0.47±0.04	0.52±0.05	0.48±0.06
	Ortalama	0.43±0.07 ^B	0.43±0.21 ^B	0.51±0.07 ^{AB}	0.53±0.05 ^{AB}	0.48±0.12

Tukey testi; Kükürt kaynağı*Kükürt doz: **p<0.01,

Harflendirmedeki kırmızı renkle gösterilenler S kaynağı*S dozu interaksiyonundan elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

S gübresi uygulama zamanının kanolanın gelişimi ve verimi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada S gübresi jips olarak 40 kg/ha seviyesinde uygulanmış olup elde edilen verilere göre tohumdaki sülfat kükürdün kontrol uygulamasında kuru maddede yaklaşık 1.8 $\mu\text{mol/g}$ iken S içeren uygulamada 4.7 $\mu\text{mol/g}$ olduğu bildirilmiştir. Tohumdaki organik kükürdün ise kontrol uygulamasında kuru maddede yaklaşık 24.3 $\mu\text{mol/g}$ iken S içeren uygulamada 39.8 $\mu\text{mol/g}$ olduğu bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2005).

4.16. Hasat Sonrası Toprakta Kalan Kükürt İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) hasat sonrası toprakta kalan S (mg/kg) içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31’de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.31 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin toprakta S (mg/kg)’e etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Toprakta S (mg/kg)		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	165115	118.34**	0.000
Demir doz (B)	1	1121	0.80	0.375
Kükürt doz (C)	3	317357	227.45**	0.000
AxB	1	1116	0.80	0.376
AxC	3	21057	15.09**	0.000
BxC	3	5005	3.59*	0.020
AxBxC	3	1144	0.82	0.489
Hata	48	1395	-	-
Genel	63	-	-	-

** : $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine bentonitli ve toz S uygulamasının, farklı dozlarda S uygulamasının ve S kaynağı x S dozu interaksiyonunun toprakta kalan S içeriğine etkisi istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Yapılan ölçümler sonucunda toprakta S içeriği 4.47-395.03 mg/kg arasındadır. Bununla birlikte en yüksek değere 100 kg/da BS-1.5 kg/da Fe bulunan uygulama sahipken, en düşük değerin 0 kg/da TS-1.5 kg/da Fe içeren uygulamada olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.32).

Toprakta kalan kükürt miktarının artan kükürt dozları ile artış gösterdiği dikkat çekmektedir. Bentonitli S ve toz S birbiri ile karşılaştırıldığında toprakta kalan kükürt içeriğinin bentonitli S uygulamalarında daha yüksek olduğu; toz S uygulamalarının kendi içinde değerlendirildiğinde yani 50, 100 ve 150 kg S/da uygulamaları arasında farklılığın olmadığı gözlenmiştir. Bentonitli S uygulamalarında ise 100-150 kg S/da uygulamaları arasında fark görülmez iken 0 kg Fe/da uygulamasında artan kükürt dozları arasında önemli fark görülmektedir (Çizelge 4.32).



Çizelge 4.32 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama toprakta S (mg/kg)'e etkisi

Toprakta S (mg/kg)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	12.85±2.12	278.21±37.54	384.98±47.97	391.77±24.48	267.00±161.2
	1.5	6.30±1.34	329.78±51.50	395.03±29.72	336.63±81.06	266.93±163.9
	Ortalama	9.57±3.87 ^E	303.99±50.01 ^B	390.01±37.33 ^A	364.20±62.78 ^A	266.94±159.9 ^A
Toz Kükürt	0	12.41±6.67	175.14±19.29	240.19±7.49	267.14±41.86	173.72±104.4
	1.5	4.47±1.18	201.57±51.96	190.70±32.67	231.24±43.69	157.00±98.2
	Ortalama	8.44±6.14 ^E	188.36±38.94 ^D	215.45±34.37 ^{CD}	249.19±44.02 ^{BC}	165.36±100.0 ^B

Tukey testi; Kükürt kaynağı, Kükürt doz, Kükürt kaynağı*Kükürt doz: **p<0.01,

Harflendirmedeki kırmızı ve yeşil renkle gösterilenler sırasıyla S kaynağı*S dozu interaksyonu ve S kaynağından elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada üç farklı bölge toprağında 0-60 cm derinlikten ölçülen S miktarlarının 15.2-98.9 kg/ha aralığında olduğu rapor edilmiştir (Grant ve ark., 2003a). Farklı S'li gübrelerin kanolanın verimi üzerine etkisinin belirlendiği bir araştırmada topraktaki ekstrakte edilebilir SO₄-S miktarı 13-22 kg/ha arasında bildirilmiştir (Ahmed ve ark., 2017). Farklı S kaynaklarının kanolanın bazı özelliklerine etkisinin değerlendirildiği bir başka çalışmada toprakta bulunan S miktarı 62 mg/kg toprak olarak rapor edilmiştir (Kandil ve Gad, 2012). Kanolanın verimi üzerine S'li gübrelemenin etkisinin belirlendiği bir başka çalışmada ise topraktaki ekstrakte edilebilir S miktarının 5.8-8.0 mg/kg aralığında değiştiği bildirilmiştir (Khalid ve ark., 2009).

4.17. Tanede Azot İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassicca napus oleifera* sp.) hasat sonrası tanede N (%) içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'te, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.33 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tanede N (%)'a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Tanede N (%)		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	0.85905	2.93	0.093
Demir doz (B)	1	0.01403	0.05	0.828
Kükürt doz (C)	3	0.25478	0.87	0.463
AxB	1	2.30335	7.87**	0.007
AxC	3	0.21321	0.73	0.540
BxC	3	0.56275	1.92	0.139
AxBxC	3	0.20101	0.69	0.565
Hata	48	0.29279	-	-
Genel	63	-	-	-

** : p<0.01 seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine Fe varlığında ve yokluğunda farklı dozlarda S uygulamasının tane N içeriğine etkisi istatistiki olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur. Elde edilen verilere göre tohumda en yüksek N miktarı %8.33 ile 150 kg/da BS-1.5 kg/da Fe bulunan uygulamada gözlenirken, en düşük N miktarı %7.11 ile 50 kg/da BS-1.5 kg/da Fe içeren uygulamada belirlenmiştir (Çizelge 4.34). Bu değerler literatürde verilen sınır değerlerden (%2.6-4.0) oldukça yüksektir. Bu durumda bitkinin yeterli oranda azot içerdiği gözlenmektedir.

Çizelge 4.34 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tanede N (%)’a etkisi

		Tanede N (%)				
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	7.13±0.24	7.44±0.33	7.40±0.32	7.37±1.31	7.33±0.64 ^B
	1.5	7.81±0.45	7.11±0.31	7.49±0.24	8.33±1.27	7.68±0.78 ^{AB}
	Ortalama	7.47±0.49	7.28±0.35	7.44±0.27	7.85±1.30	7.51±0.72
Toz Kükürt	0	7.84±0.10	8.09±0.40	7.90±0.35	7.95±0.40	7.95±0.32 ^A
	1.5	7.64±0.25	7.38±0.28	7.56±0.33	7.57±0.14	7.54±0.25 ^{AB}
	Ortalama	7.74±0.20	7.73±0.49	7.73±0.37	7.76±0.35	7.74±0.35

Tukey testi; Kükürt kaynağı, Demir doz: **p<0.01,

Harflendirmedeki mavi renkle gösterilenler S kaynağı*Fe dozu interaksyonundan elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

S'li gübrelemenin (20 kg/ha) kanola tohumunun kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada tanedeki N konsantrasyonunun elementel S uygulamasında %0.003-0.0039, amonyum sülfat uygulamasında %0.0030-%0.0037 ve amonyum tiyosülfat uygulamasında %0.0031-0.0039 aralığında olduğu rapor edilmiştir (Grant ve ark., 2003a).

4.18. Tane Fosfor İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) tane P içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.35'te, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.35 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tanede P (%)’a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Tanede P (%)		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	0.078415	6.23*	0.016
Demir doz (B)	1	0.035612	2.83	0.099
Kükürt doz (C)	3	0.020085	1.59	0.203
AxB	1	0.174143	13.83**	0.001
AxC	3	0.004832	0.38	0.765
BxC	3	0.012533	1.00	0.403
AxBxC	3	0.034591	2.75	0.053
Hata	48	0.012594	-	-
Genel	63	-	-	-

** : p<0.01 seviyesinde önemli

* : p<0.05 seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine bentonitli ve toz S uygulamasının tane P içeriğine etkisi istatistiki olarak önemli (p<0.05) bulunurken; bentonitli ve toz S'nin Fe varlığında ve yokluğunda uygulanmasının tanede P içeriğine olan etkisinin de p<0.01 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda tohumda en yüksek P miktarının %0.85 ile 50 kg/da TS-0 kg/da Fe içeren uygulamada olduğu ve en düşük değer ise %0.52 ile 50 kg/da TS-1.5 kg/da Fe içeren uygulamada olduğu görülmüştür (Çizelge 4.36). Bu değerler kanola tanesinde fosfor içeriği için verilen %0.2-0.6 sınır değerlerinden genel olarak daha yüksektir (Brennan ve ark., 2019). Bitkinin yaprak fosfor içeriği yeterli bulunmamasına rağmen ilerleyen gelişme döneminde topraktan yeterince fosforu aldığı görülmektedir.

Çizelge 4.36 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tanede P (%)’a etkisi

		Tanede P (%)				
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	0.64±0.18	0.68±0.06	0.61±0.23	0.72±0.13	0.66±0.15 ^A
	1.5	0.76±0.08	0.77±0.05	0.70±0.08	0.64±0.06	0.72±0.08 ^A
	Ortalama	0.70±0.15	0.73±0.07	0.65±0.17	0.68±0.10	0.69±0.12 ^A
Toz Kükürt	0	0.67±0.07	0.85±0.13	0.67±0.16	0.60±0.05	0.70±0.14 ^A
	1.5	0.56±0.04	0.52±0.10	0.56±0.05	0.54±0.11	0.54±0.08 ^B
	Ortalama	0.62±0.08	0.68±0.21	0.61±0.12	0.57±0.08	0.62±0.13 ^B

Tukey testi; Kükürt kaynağı*Demir doz: **p<0.01,

Kükürt kaynağı: *p<0.05,

Harflendirmedeki mavi ve yeşil renkle gösterilenler sırasıyla S kaynağı*Fe dozu interaksyonu ve S kaynağından elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

4.19. Tane Potasyum İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) tane K içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37’de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Çizelge 4.37 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tanede K (%)’a etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Tanede K (%)		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	5.9277	4.84*	0.033
Demir doz (B)	1	1.6467	1.34	0.252
Kükürt doz (C)	3	1.3383	1.09	0.361
AxB	1	12.5241	10.22**	0.002
AxC	3	1.2071	0.99	0.408
BxC	3	3.6590	2.99*	0.040
AxBxC	3	0.9525	0.78	0.512
Hata	48	1.2253	-	-
Genel	63	-	-	-

** : p<0.01 seviyesinde önemli

* : p<0.05 seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine bentonitli ve toz S uygulamasının ve Fe dozu x S dozu interaksiyonunun tane K içeriğine etkisi istatistiki olarak p<0.05 seviyesinde önemli bulunurken, bentonitli ve toz S’nin Fe varlığında ve yokluğunda uygulanmasının tanede K içeriğine etkisi p<0.01 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Elde edilen verilere göre tanede K miktarı %4.29 ile %7.15 arasındadır. En düşük değer 0 kg/da TS-1.5 kg/da Fe bulunan uygulamada gözlenirken, en yüksek değere 100 kg/da TS-0 kg/da Fe içeren uygulamada rastlanmıştır (Çizelge 4.38). Bu değerler Brennan ve ark. (2019)’nın K noksanlığında ürün kayıplarının görülebileceği bitki toprak üstü aksamı için %5.5 sınır değerinin üzerindedir.

Çizelge 4.38 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tanede K (%)’a etkisi

		Tanede K (%)				
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	5.64±0.96	5.42±0.83	6.64±1.25	5.50±1.10	5.80±1.06 ^{AB}
	1.5	7.13±0.53	5.71±1.11	5.88±0.91	6.74±2.76	6.36±1.54 ^A
	Ortalama	6.38±1.07	5.57±0.92	6.26±1.09	6.12±2.05	6.08±1.33 ^A
Toz Kükürt	0	5.90±1.72	6.18±0.32	7.15±0.39	5.08±0.84	6.08±1.17 ^A
	1.5	4.29±0.21	4.63±0.46	5.05±0.71	5.52±0.79	4.87±0.71 ^B
	Ortalama	5.10±1.42	5.40±0.91	6.10±1.24	5.30±0.79	5.47±1.13 ^B

Tukey testi; Kükürt kaynağı*Demir doz: **p<0.01,

Kükürt kaynağı, Demir doz*Kükürt doz: *p<0.05,

Harflendirmedeki mavi ve yeşil renkle gösterilenler sırasıyla S kaynağı*Fe dozu interaksyonu ve S kaynağından elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

4.20. Tane Demir İçeriği

Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın (*Brassica napus oleifera* sp.) tane Fe (mg/kg) içeriğine olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.39'da, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.40'ta verilmiştir.

Çizelge 4.39 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin tanede Fe'e etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Tanede Fe		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	6251.4	11.83**	0.001
Demir doz (B)	1	10869.9	20.57**	0.000
Kükürt doz (C)	3	1677.8	3.18*	0.032
AxB	1	19047.2	36.05**	0.000
AxC	3	2237.4	4.23**	0.010
BxC	3	2239.7	4.24**	0.010
AxBxC	3	1523.3	2.88*	0.045
Hata	48	528.4	-	-
Genel	63	-	-	-

** : p<0.01 seviyesinde önemli

* : p<0.05 seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine farklı S kaynaklarının, farklı Fe dozlarının, S kaynağı x Fe dozu, S kaynağı x S dozu ve Fe dozu x S dozu interaksiyonlarının tohumda Fe içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak p<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Ayrıca farklı dozlarda S uygulamasının ve iki farklı S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı oranlarda uygulanmasının ise tohumda Fe içeriği üzerine etkisi p<0.05 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre tohumda en yüksek Fe miktarı 182.25 mg/kg ile 150 kg/da BS-1.5 kg/da Fe uygulamasında belirlenirken, en düşük değer 62.17 mg/kg ile 150 kg/da BS-0 kg/da Fe içeren uygulamada tespit edilmiştir (Çizelge 4.40).

Tohumdaki Fe içeriği yapraktaki Fe içeriğine kıyasla özellikle 1.5 kg Fe/da uygulamasında diğer uygulamalara göre daha yüksek olmuştur. Bentonitli S'nin uygulandığı 1.5 kg Fe/da dozunda özellikle 100 ve 150 kg S/da ile tane Fe içeriği en yüksek artışı göstermiştir (değerler sırasıyla 148.36 ve 182.25 mg/kg) (p<0.01).

Çizelge 4.40 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama tanede Fe (mg/kg)'e etkisi

Tanede Fe (mg/kg)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	79.92±16.42 ^{cd}	65.06±11.79 ^d	92.15±10.52 ^{bcd}	62.17±3.35 ^d	74.82±16.16 ^B
	1.5	124.23±21.68 ^{abc}	86.73±14.31 ^{cd}	148.36±40.27 ^{ab}	182.25±34.67 ^a	135.39±44.66 ^A
	Ortalama	102.08±29.63 ^{AB}	75.09±16.78 ^{AB}	120.26±40.56 ^A	122.21±68.12 ^A	105.11±45.15 ^A
Toz Kükürt	0	85.18±25.74 ^{cd}	97.03±18.58 ^{bcd}	96.07±25.83 ^{bcd}	79.97±30.13 ^{cd}	89.56±23.92 ^B
	1.5	88.26±29.35 ^{cd}	76.59±14.03 ^{cd}	84.04±21.92 ^{cd}	75.60±17.41 ^{cd}	81.12±19.95 ^B
	Ortalama	86.72±25.61 ^{AB}	86.81±18.75 ^{AB}	90.06±23.09 ^{AB}	77.78±22.90 ^B	85.34±22.09 ^B

Tukey testi; Kükürt kaynağı, Demir doz, Kükürt kaynağı*Demir doz, Kükürt kaynağı*Kükürt doz, Demir doz*Kükürt doz: **p<0.01,

Kükürt doz, Kükürt kaynağı*Demir doz*Kükürt doz: *p<0.05,

Harflendirmedeki siyah renkle gösterilenler S kaynağı*Fe dozu*S dozu interaksyonunu, kırmızı, mavi ve yeşil renkle gösterilenler ise sırasıyla S kaynağı*S dozu, S kaynağı*Fe dozu interaksyonları ve S kaynağından elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

4.21. Yağ Miktarı

Kükürt ve demir uygulamalarının kanola (*Brassica napus oleifera* sp.) tanesindeki yağ miktarına olan etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41’de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.41 Kükürt ve demirli gübre uygulamalarının kanola bitkisinin yağ miktarına (%) etkisini gösteren varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Yağ Miktarı		
		KO	F	P
Kükürt kaynağı (A)	1	218.559	145.92**	0.000
Demir doz (B)	1	23.462	15.66**	0.000
Kükürt doz (C)	3	5.219	3.48*	0.023
AxB	1	2.604	1.74	0.194
AxC	3	8.182	5.46**	0.003
BxC	3	8.345	5.57**	0.002
AxBxC	3	13.975	9.33**	0.000
Hata	48	1.498	-	-
Genel	63	-	-	-

** : p<0.01 seviyesinde önemli

* : p<0.05 seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre kanola bitkisine bentonitli ve toz S uygulamasının, farklı Fe dozu uygulamasının, S kaynağı x S dozu ve Fe dozu x S dozu interaksiyonlarının ve iki farklı S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı oranlarda uygulanmasının tane yağ miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur. Ayrıca farklı dozlarda S uygulamasının tane yağ miktarı üzerine etkisi istatistiki açıdan p<0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur. Yapılan ölçümler sonucunda en yüksek yağ miktarının %32.86 ile 50 kg/da TS-0 kg/da Fe içeren uygulamada olduğu belirlenirken, en düşük değere %25.49 ile 100 kg/da BS-0 kg/da Fe içeren uygulama sahiptir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.42 incelendiğinde genel olarak bentonitli S uygulamasında tane yağ içeriği toz S uygulamalarındakine kıyasla daha düşüktür. Toz S uygulamaları tane yağ içeriğinde önemli artışa neden olmuştur (p<0.01). Özellikle 50 ve 150 kg S/da uygulamalarında bu artış önemlidir. Kontrol ile kıyaslandığında yağ içeriğindeki artış miktarı toz S uygulanan muamelelerde %7.87-17.69 arasında değişmektedir. 50 kg toz S/da ve 0 Fe uygulamasında %17.69’luk bir artış dikkat çekmektedir. Bu artışlarda demir uygulamasının etkisinin ise olumlu yönde olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.42 Bentonitli ve toz kükürt ve demirin farklı dozlarda uygulamasının kanola bitkisinin ortalama yağ miktarına (%) etkisi

Yağ Miktarı (%)						
	Fe Dozu (kg/da)	Kükürt Dozu (kg/da)				Ortalama
		0	50	100	150	
Bentonitli Kükürt	0	26.52±1.15 ^{ef}	25.55±0.26 ^f	25.49±1.61 ^f	25.63±1.18 ^{ef}	25.80±1.12
	1.5	26.23±0.39 ^{ef}	26.62±0.64 ^{ef}	28.05±1.89 ^{cdef}	28.74±1.11 ^{bcde}	27.41±1.48
	Ortalama	26.37±0.81 ^D	26.08±0.73 ^D	26.77±2.12 ^D	27.19±1.97 ^{CD}	26.60±1.53 ^B
Toz Kükürt	0	27.92±2.45 ^{cdef}	32.86±0.52 ^a	27.41±0.01 ^{def}	31.39±0.79 ^{ab}	29.90±2.65
	1.5	31.39±0.58 ^{ab}	30.64±0.43 ^{abc}	30.66±1.12 ^{abc}	30.12±2.14 ^{abcd}	30.70±1.22
	Ortalama	29.66±2.48 ^B	31.75±1.27 ^A	29.03±1.88 ^{BC}	30.75±1.64 ^{AB}	30.30±2.07 ^A

Tukey testi; Kükürt kaynağı, Demir doz, Kükürt kaynağı* Kükürt doz, Demir doz*Kükürt doz, Kükürt kaynağı*Demir doz*Kükürt doz: **p<0.01,

Kükürt doz: *p<0.05,

Harflendirmedeki siyah renkle gösterilenler S kaynağı*Fe dozu*S dozu interaksyonunu, kırmızı ve yeşil renkle gösterilenler ise sırasıyla S kaynağı*S dozu interaksyonu ve S kaynağından elde edilen değerlerin ayrı ayrı istatistik değerlendirmesini göstermektedir.

Rehman ve ark. (2013) yaptıkları bir çalışmada kanolanın yağ içeriğinin %35.30-42.93 arasında olduğunu ve en yüksek değerin 40 kg/ha dozunda elementel S ile gübrelenmiş Shiralee türüne ait olduğunu rapor etmişlerdir. Namvar ve Khandan (2015)'in yürüttükleri bir çalışmada kanolanın yağ miktarı kontrol uygulamada 37.08 kg/ha iken 50 kg/ha S gübrelemesi sonucunda %41.40 olarak belirlenmiş ve yağ miktarında S gübrelemesi ile kontrol uygulamasına kıyasla %11.65 oranında artış olduğu rapor edilmiştir. Başka bir çalışmada S ve diğer bazı gübrelerin etkisinin kanolada yağ miktarı %33.65-42.66 aralığında bulunurken en düşük değerin kontrol uygulamasında en yüksek değerin de B-S-Zn karışımli uygulamada olduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte sadece S bulunan uygulamada yağ miktarı %39.37 olarak bildirilmiştir (Shoja ve ark., 2018). S gübresinin kanolanın gelişimi ve verimi üzerine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada ise yağ içeriğinin kontrol uygulamasında yaklaşık %46.22 iken S içeren uygulamada %46.71 olduğu bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2005).

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar belirtilen kaynaklar ile uyumludur ve kükürt uygulaması yağ içeriğinde önemli ve olumlu artış sağlamıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda kanolada N’li ve P’li gübre ihtiyacı konusunda çalışmalar yapılmasına rağmen bu bitkinin S’li gübre isteği konusunda kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak kanolanın N’den sonra en fazla ihtiyaç duyduğu bitki elementinin S olması ile S’li gübreleme oldukça önemlidir.

Bu çalışmada kanola bitkisine bentonitli ve toz S, 0 ve 1.5 kg/da dozunda Fe ile birlikte 0, 50, 100 ve 150 kg/da dozlarında uygulanmış ve kanola bitkisinin gelişimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiki analize tabi tutularak değerlendirilmiştir.

Bu yüksek lisans tez çalışması, sera şartlarında Konya kireçli toprağında yetiştirilen kanolanın S ve Fe’li gübre ihtiyacını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Denemede kullanılan toprak hafif alkali pH’a sahip olup, tuz konsantrasyonu bakımından hafif tuzlu topraktır. Deneme toprağının organik madde miktarı orta olmakla birlikte, orta kireç içeriğine ve killi tın tekstür sınıfında yer almaktadır. Deneme toprağının K, P, Ca ve Mg içeriği fazla; B, Cu, Zn ve Mn içeriği bakımından yeterlidir.

Kanola bitkisine uygulanan S’li ve Fe’li gübreleme sonucunda bitki boyu 115.75-142.00 cm arasında değişim göstermiştir ($p>0.05$). Bentonitli S’nin Fe yokluğunda farklı dozlarda uygulanması kontrol uygulamasına karşı bitki boyunu arttırıcı etkiye sahiptir. Toz S’nin 1.5 kg/da Fe gübrelemesi ile farklı dozlarda uygulanması ile bitki boyunda bir azalma olduğu belirlenmiştir.

Bitki gövde ağırlığı üzerine S kaynağı ve Fe doz uygulamalarının etkisi çok önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Bitki gövde ağırlığı her iki S kaynağının Fe varlığında ve yokluğunda farklı seviyelerde uygulanması ile artış göstermiştir. Bitki gövde ağırlığına ilişkin en etkili sonuçlar bentonitli S’nin Fe yokluğunda uygulanmasında gözlenirken genellikle her iki S kaynağında da artan S dozlarıyla birlikte bitki gövde ağırlığı azalmıştır.

Kanola bitkisinin hasat öncesi ölçülen klorofil içeriğinde S kaynağının etkisi önemli bulunmuş olup ($p<0.05$), bentonitli S uygulamalarında kontrol uygulamasına göre bir artış görülürken; toz S uygulamalarında Fe yokluğunda nerdeyse değişim görülmediği, Fe varlığında ise 150 kg/da S dozu uygulaması haricinde bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

Kanola bitkisinin yan dal sayısı üzerine bentonitli ve toz S’nin Fe varlığı ve yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının etkisi çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Tüm muamelelerin yan dal sayısı 3.0-5.5 adet arasında değişim göstermiştir. Bentonitli S'nin Fe yokluğunda 50 kg/da dozunda uygulaması ile en iyi sonuç elde edilmiştir.

Bitkideki tohum sayısı 2521.25-4511.50 adet arasında belirlenmiş olup S kaynağı*S doz interaksyonunun etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Kanola bitkisine bentonitli S'nin Fe varlığında ve yokluğunda artan dozlarda uygulanması ile toplam tane sayısı artış göstermiştir. Toz S uygulamalarında ise kontrol uygulamasına göre diğer muamelelerde bir azalma söz konusudur.

Kanola bitkisinin harnup sayısı üzerine bentonitli ve toz S'nin Fe varlığı ve yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Elde edilen verilere göre en etkili sonuç bentonitli S'nin 1.5 kg/da Fe ile birlikte 150 kg/da dozunda uygulamasında bulunmuştur. Tüm muamelelerin harnup sayılarında bir dalgalanma söz konusu olsa da toz S uygulaması bentonitli S uygulamasına göre daha etkili olmuştur. Buna ilave olarak Fe uygulaması ile de az da olsa bir artış gözlenmiştir.

Harnup uzunluğu bakımından neredeyse tüm uygulamalarda kontrol uygulamasına göre bir artış belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kanola bitkisinin harnup uzunluğu 5.98-7.46 cm aralığında değişim göstermiştir. Değerler birbirine yakın olmakla birlikte bentonitli ve toz S'nin Fe varlığı ve yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının harnup uzunluğuna etkisi çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Kanola bitkisine uygulanan farklı dozlarda Fe'li ve S'li gübreleme ile tane ağırlığında değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). En etkili sonuçlar bentonitli S içeren uygulamalarda gözlenirken toz S uygulamaları ile tane ağırlığında azalmalar meydana gelmiştir. Ayrıca bentonitli S ile birlikte uygulanan 1.5 kg/da Fe gübresi de tane ağırlığını olumlu olarak etkilemiştir.

Yapılan ölçümlere göre kanola bitkisinin bin tane ağırlığı 2.07-2.98 g aralığında bulunmuştur. Bin tane ağırlığı üzerine S kaynağı*S dozu interaksyonu istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bin tane ağırlığı üzerine demir varlığında S dozları açısından bentonitli S uygulamasında 100 kg/da dozu etkili olurken; toz S uygulamasında 50 kg/da dozu etkili olmuştur.

Kanola bitkisinin yaprakta toplam N içeriğine S kaynağı ($p<0.05$) ve S dozu ($p<0.01$) etkiliyken Fe'li gübrelemenin önemli bir etkisi görülmemiştir. Bununla birlikte bentonitli S'nin toz S'e göre daha iyi sonuçlar sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca N içeriğinde kontrol uygulamasına göre artış gözlenen tek uygulama bentonitli S'nin Fe yokluğunda farklı dozlarda kullanıldığı uygulamadır.

Elde edilen sonuçlara göre kanolanın yaprakta P içeriğine bentonitli ve toz S'nin Fe varlığında ve yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının etkisi çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Bentonitli S uygulamalarında Fe yokluğunda P içeriği S dozu arttıkça artmış; Fe varlığında ise azalmıştır. Bununla birlikte toz S uygulamalarında Fe varlığında ve yokluğunda P içeriği kontrole göre S dozu artışıyla birlikte artış göstermiştir.

Kanola bitkisinin yaprakta K içeriğine sadece S kaynağı etkili olmuştur ($p<0.01$). Bentonitli S uygulaması toz S uygulamasına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Kanolanın K içeriği %0.67-0.95 arasında değişim gösterirken en etkili muamelenin bentonitli S'nin Fe yokluğunda 100 kg/da dozu olduğu belirlenmiştir.

Kanolanın yaprakta Fe içeriğine S kaynağı*Fe doz, S kaynağı*S doz ve Fe doz*S doz interaksiyonlarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Yaprakta Fe içeriği bakımından kanolaya uygulanan Fe'li gübrelemenin her iki S kaynağının da artan dozlarda eklenmesiyle kontrol uygulamasına göre bir artış gözlenmiştir. Kanolanın Fe içeriği 69.01-119.86 mg/kg arasında değişim gösterip, Fe içeriği üzerine en etkili gübreleme 150 kg/da bentonitli S'nin Fe varlığında uygulanmasıdır.

Kanolanın yaprakta S içeriğinde tüm muamelelerde kontrol uygulamasına kıyasla önemli bir artış gözlenmiştir. S içeriği bakımından en yüksek değerlere toz S'nin Fe yokluğunda artan dozlarda uygulanması sahiptir. En düşük değerler ise bentonitli S'nin Fe yokluğunda uygulanmasından elde edilmiştir. Toz S uygulamaları bentonitli S'e göre daha etkili sonuçlar sağlarken ($p<0.01$), Fe'li gübreleme bentonitli S uygulamalarında yaprakta S içeriğini daha olumlu etkilemiştir. Bentonitli ve toz S'nin Fe varlığında ve yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının yaprakta S üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Tane tarafından kaldırılan S içeriğine ise Fe'li gübreleme etkisizken S kaynağı ve dozlarının etkisi istatistiki olarak çok önemli ($p<0.01$) olmuştur. Bentonitli S uygulamalarında kontrol uygulamasına kıyasla artan S dozlarında tanedeki S miktarında bir azalma söz konusu iken, toz S uygulamalarında bir artış gözlenmiştir. Tanede S içeriği üzerine bentonitli S uygulaması toz S uygulamasına göre daha etkili bulunmuştur.

Kanolanın hasadından sonra toprakta kalan S miktarı üzerine Fe'li gübrelemenin etkisi bulunmamakla birlikte S kaynağı ve dozları çok önemli derecede ($p<0.01$) etkilemiştir. Toprakta kalan S miktarı bentonitli S uygulamalarında toz S'e kıyasla daha

fazladır. Fe yokluğunda bentonitli ve toz S'nin artan dozlarda uygulanması ile toprakta kalan S miktarı artış göstermiştir.

Hasat sonrası kanolada tane tarafından kaldırılan N içeriği %7.11-8.33 arasında değişim göstermiş olup S kaynağı*Fe doz interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Kontrol uygulamasına kıyasla toz S'nin Fe varlığında uygulanması hariç neredeyse diğer tüm muamelelerde tanedeki N miktarı artmıştır. Buna rağmen bentonitli ve toz S'nin Fe yokluğunda uygulanmasıyla S dozu arttıkça tanedeki N içeriği azalış sergilemiştir.

Kanola bitkisinin tane tarafından kaldırılan P miktarı %0.52-0.85 aralığında belirlenmiştir. Tanede P miktarı üzerine S kaynağı*Fe doz interaksyonunun etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Analiz sonuçlarına göre elde edilen değerler birbirine yakın olmakla birlikte en etkili sonuç 50 kg/da toz S'nin Fe yokluğunda uygulanması ile elde edilmiştir. En düşük değerler ise toz S'nin Fe varlığında uygulandığı dozlarda gözlenmiştir.

Kanolanın tanedeki K içeriğine S kaynağı*Fe doz interaksyonunun etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Bentonitli S'nin Fe varlığında uygulanması hariç genel anlamda kontrol uygulamasına kıyasla tanede %K içeriği artış göstermiştir. Tanenin K içeriği açısından en iyi sonuç 100 kg/da toz S'nin 0 kg/da Fe ile birlikte uygulanması ile sağlanmıştır.

Hasat sonrası kanola bitkisinin tane tarafından kaldırılan Fe içeriğine bentonitli ve toz S'nin Fe varlığında ve yokluğunda farklı dozlarda uygulanmasının etkisi önemli olmuştur ($p<0.05$). Bentonitli S içeren uygulamalarda Fe varlığı ile tanedeki Fe içeriği önemli bir artış göstermekle birlikte, toz S içeren uygulamalarda Fe gübrelemesi ile çok az değişiklik gözlenmiştir. En iyi sonuçlar bentonitli S'nin Fe varlığında uygulanmasıyla elde edilmiş olup 150 kg/da S dozu en yüksek değeri göstermiştir.

Kanola bitkisinin yağ miktarını bentonitli ve toz S'nin Fe varlığında ve yokluğunda farklı dozlarda uygulanması çok önemli bir şekilde ($p<0.01$) etkilemiştir. Elde edilen verilere göre yağ miktarı %25.49-32.86 arasında değişim göstermiştir. Yağ miktarı açısından toz S uygulamaları bentonitli S'e göre daha etkilidir. Bentonitli S'nin Fe varlığında uygulanması ile toz S'nin Fe yokluğunda uygulanması ile kontrol uygulamasına kıyasla bir artış görülmüştür.

Sonuç olarak Fe uygulaması yapılmayan grupta bitki gövde ağırlığı, yan dal sayısı, harnup uzunluğu maksimum sonuçlarını 50 kg/da BS uygulamasında vermiştir. 1.5 kg/da Fe uygulaması yapılan gruplarda tohum sayısı, harnup sayısı, tohumda %N,

yaprakta ve tohumda Fe içeriği 150 kg/da BS de maksimum sonucunu vermiştir. Aynı şekilde klorofil içeriği 150 kg/da TS de ve bitki boyu 0 kg/da TS içeren grupta maksimum bulunmuştur.

Yağ verimi açısından değerlendirdiğimizde en iyi sonucu sağlayan uygulama 50 kg/da toz kükürt-0 kg/da Fe içeren uygulama olup, kanolanın kalite ve verimini önemli derecede arttırdığı için tavsiye edilebilir.



KAYNAKLAR

- Adiloğlu, S., Açıkgöz, F. E. ve Adiloğlu, A., 2013, The effect of increasing doses of sulfur application of some nutrient elements, Vitamin C, Protein contents and biological properties of canola plant (*Brassica Napus L.*), *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (3), 59-63.
- Ahmad, A., Abraham, G., Gandotra, N., Abrol, Y. ve Abdin, M., 1998, Interactive Effect of Nitrogen and Sulphur on Growth and Yield of Rape seed Mustard (*Brassica juncea L. Czern. and Coss.* and *Brassica campestris L.*) Genotypes, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 181 (4), 193-199.
- Ahmad, A. ve Abdin, M., 2000, Photosynthesis and its related physiological variables in the leaves of Brassica genotypes as influenced by sulphur fertilization, *Physiologia Plantarum*, 110 (1), 144-149.
- Ahmad, A., Khan, I., Anjum, N., Diva, I., Abdin, M. ve Iqbal, M., 2005, Effect of timing of sulfur fertilizer application on growth and yield of rapeseed, *Journal of plant nutrition*, 28 (6), 1049-1059.
- Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M. ve Khattak, R., 2007, Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus L.*) under rainfed conditions, *Journal of Zhejiang University Science B*, 8 (10), 731-737.
- Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M. T. ve Shah, H., 2011, Effect of nitrogen and sulfur fertilization on yield components, seed and oil yields of canola, *Journal of plant nutrition*, 34 (14), 2069-2082.
- Ahmed, H. P., Schoenau, J. J., King, T. ve Kar, G., 2017, Effects of seed-placed sulfur fertilizers on canola, wheat, and pea yield; Sulfur uptake; and soil sulfate concentrations over time in three prairie soils, *Journal of plant nutrition*, 40 (4), 543-557.
- Al-Jaloud, A. A., Hussian, G., Karimulla, S. ve Al-Hamidi, A. H., 1996, Effect of irrigation and nitrogen on yield and yield components of two rapeseed cultivars, *Agricultural water management*, 30 (1), 57-68.
- Algan, N., 1990, Kanola Tarımında Çeşit Sorunu ve Agroteknik Yöntemler, *TOKB Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Menemen, İzmir*.
- Ali Bahmanyar, M. ve Poshtmasari, H. K., 2010, Influence of nitrogen and sulfur on yield and seed quality of three canola cultivars, *Journal of plant nutrition*, 33 (7), 953-965.
- Anonim, 2016, Yağ bitkileri, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 13-14.
- Asare, E. ve Scarisbrick, D., 1995, Rate of nitrogen and sulphur fertilizers on yield, yield components and seed quality of oilseed rape (*Brassica napus L.*), *Field Crops Research*, 44 (1), 41-46.

- Barlóg, P. ve Grzebisz, W., 2004, Effect of timing and nitrogen fertilizer application on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). I. Growth dynamics and seed yield, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190 (5), 305-313.
- Barton, C. J., 1948, Photometric analysis of phosphate rock, *Analytical Chemistry*, 20 (11), 1068-1073.
- Bayraklı, F., 1987, Toprak ve bitki analizleri, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları* (17).
- Behrens, T., Horst, W. ve Wiesler, F., 2001, Effect of rate, timing and form of nitrogen application on yield formation and nitrogen balance in oilseed rape production, In: *Plant Nutrition*, Eds: Springer, p. 800-801.
- Bogdanoff, S., 1899, Amount of sulfur in plants, *Jour. Russ. Phys.-Chem. Soc*, 31, 471-477.
- Bornman, K., 2017, The hidden sting in sulphur fertilization, <http://www.fertilizer.co.za/public-relations/news/2017/75-uncategorised/knowledge-centre/the-sulphur-sting/329-the-hidden-sting-in-sulphur-fertilization>: [Ziyaret Tarihi: 2 Ocak 2021].
- Bouyoucos, G. J., 1951, A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1, *Agronomy Journal*, 43 (9), 434-438.
- Brennan, R., Blake, A., Sharma, D., Bucat, J., Seymour, M. ve Harries, M., 2019, Critical nutrient levels for canola in Western Australia, <https://www.agric.wa.gov.au/soil-nutrients/critical-nutrient-levels-canola-western-australia?page=0%2C1>: [Ziyaret Tarihi: 15 Ekim 2021].
- Bybordi, A. ve Mamedov, G., 2010, Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.), *Notulae Scientia Biologicae*, 2 (1), 94-103.
- Cassel, D. ve Nielsen, D., 1986, Field capacity and available water capacity, *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, 5, 901-926.
- Chain, E. P. o. C. i. t. F., Knutsen, H. K., Alexander, J., Barregård, L., Bignami, M., Brüscheiler, B., Ceccatelli, S., Dinovi, M., Edler, L. ve Grasl-Kraupp, B., 2016, Erucic acid in feed and food, *EFSA Journal*, 14 (11), e04593.
- Cheema, M., Malik, M., Hussain, A., Shah, S. ve Basra, S., 2001, Effects of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yields of canola (*Brassica napus* L.), *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186 (2), 103-110.
- Cheng, R. F. ve Fu, J., 1988, Effects of different combinations of N, P, K fertilizers on the quality and yield of rape, *Zhejiang Agric. Sci.*, 1, 22-26.
- Cullen, D. W., Squire, G. R., McNicol, J. W., Jacobs, J. H., Osborne, J. L., Ford, L., Ramsay, G., Scrimgeour, C. ve Young, M. W., 2008, Development and validation of gas chromatography and real-time quantitative PCR for the

quantification of landscape-scale gene flow from varieties of high erucic acid (HEAR) oilseed rape, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (13), 2253-2264.

- Çelebi, G., 1977, Antalya kıyı yöresi topraklarının kükürt durumu ve bu topraklarda, bitkiye yarayışlı kükürt miktarının belirlenmesinde kullanılacak yöntemler üzerine bir araştırma, Doçentlik Tezi, *A.Ü.Z.F. Bitki Besleme Kürsüsü*, Ankara.
- Çetin, S. H. ve Ozturk, O., 2012, Soyada Farklı Fosfor Dozlarının Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* (1), 157-161.
- De Pascale, S., Maggio, A., Pernice, R., Fogliano, V. ve Barbieri, G., 2007, Sulphur fertilization may improve the nutritional value of Brassica rapa L. subsp. sylvestris, *European Journal of Agronomy*, 26 (4), 418-424.
- Diepenbrock, W. ve Henning, K., 1978, Ertragsbuilding beim Raps, *Bauernblatt für Schleswig-Holstein*, 128, 1154-1156.
- Doğru, A., 2020, Kolza Bitkisine (Brassica napus L.) Genel Bir Bakış, *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 31-37.
- Fageria, N., Baligar, V. ve Clark, R., 2002, Micronutrients in crop production, In: *Advances in agronomy*, Eds: Elsevier, p. 185-268.
- FAO, 2019, Trade, Crops and livestock products [online], <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>: [Ziyaret Tarihi: 11 Temmuz 2021].
- Filipek-Mazur, B., Tabak, M., Gorczyca, O. ve Lisowska, A., 2019a, Effect of sulfur-containing fertilizers on the quantity and quality of spring oilseed rape and winter wheat yield, *Journal of Elementology*, 24 (4), 1383-1392.
- Filipek-Mazur, B., Tabak, M., Koncewicz-Baran, M. ve Bobowiec, A., 2019b, Mineral fertilizers with iron influence spring rape, maize and soil properties, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65 (11), 1575-1585.
- Fismes, J., Vong, P., Guckert, A. ve Frossard, E., 2000, Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (Brassica napus L.) grown on a calcareous soil, *European Journal of Agronomy*, 12 (2), 127-141.
- Fox, R. L., Olson, R. ve Rhoades, H. F., 1964, Evaluating the sulfur status of soils by plant and soil tests, *Soil science society of America journal*, 28 (2), 243-246.
- Gençer, O., 1995, Genel Tarla Bitkileri (Endüstri Bitkileri) Ders Kitabı, *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana.
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N. ve Yorgancılar, M., 2002, Boron content of cultivated soils in Central-Southern Anatolia and its relationship with soil properties and irrigation water quality, In: *Boron in Plant and Animal Nutrition*, Eds: Springer, p. 391-400.

- Gök, S., 2007, Düşük fosfor koşullarında yetişen mısır genotiplerinin fosfor beslenme statüleri üzerine kükürt ve çinko elementlerinin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
- Grant, C. ve Bailey, L., 1993, Fertiliser management in canola production, *Proceedings of International Canola Conference, Atlanta, Georgia, USA, April, 2-6*.
- Grant, C., Clayton, G. ve Johnston, A., 2003a, Sulphur fertilizer and tillage effects on canola seed quality in the Black soil zone of western Canada, *Canadian journal of plant science*, 83 (4), 745-758.
- Grant, C., Johnston, A. ve Clayton, G., 2003b, Sulphur fertilizer and tillage effects on early season sulphur availability and N: S ratio in canola in western Canada, *Canadian journal of soil science*, 83 (4), 451-463.
- Grant, C., Johnston, A. ve Clayton, G., 2004, Sulphur fertilizer and tillage management of canola and wheat in western Canada, *Canadian journal of plant science*, 84 (2), 453-462.
- Gutierrez-Carbonell, E., Lattanzio, G., Albacete, A., Rios, J. J., Kehr, J., Abadía, A., Grusak, M. A., Abadía, J. ve López-Millán, A. F., 2015, Effects of Fe deficiency on the protein profile of Brassica napus phloem sap, *Proteomics*, 15 (22), 3835-3853.
- Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A., 2000, Bitki besleme ve gübreleme, *Ankara Üni. Ziraat Fak. Yayın*, p. 199.
- Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S. ve Nelson, W., 1999, An introduction to nutrient management, *Soil Fertility and Fertilizers, 6th ed.; Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA*, 499.
- Hızalan, E. ve Ünal, H., 1966, Toprağın Kimyasal Analizleri, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No, 278.
- Hocaoglu, O. L., 1966, Toprakta organik madde, nitrojen ve nitrat tayini.
- Hristov, A., Domitrovich, C., Wachter, A., Cassidy, T., Lee, C., Shingfield, K., Kairenius, P., Davis, J. ve Brown, J., 2011, Effect of replacing solvent-extracted canola meal with high-oil traditional canola, high-oleic acid canola, or high-erucic acid rapeseed meals on rumen fermentation, digestibility, milk production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows, *Journal of dairy science*, 94 (8), 4057-4074.
- IFA, 2015, International Fertilizer Association, <https://www.fertilizer.org/> : [Ziyaret Tarihi: 2 Ocak 2021].
- Islam, R., Karim, H. T. H. M. F. ve Haque, M. N., 2018, Yield and yield components of rapeseed as influenced by nitrogen and sulphur fertilization, *Journal of Oilseed Brassica*, 84-95.
- Jackson, G. D., 2000, Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake, *Agronomy Journal*, 92 (4), 644-649.

- Jackson, M., 1958, Soil chemical analysis prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 498, 183-204.
- Jan, A., Ahmad, G., Arif, M., Jan, M. T. ve Marwat, K. B., 2010, Quality parameters of canola as affected by nitrogen and sulfur fertilization, *Journal of plant nutrition*, 33 (3), 381-390.
- Kacar, B., 1972, Bitki ve topragin kimyasal analizleri II, *Bitki analizleri. Ankara Univ. Ziraat Fak., Ankara, Turkey.*
- Kacar, B., 1997, Gübre bilgisi, *Ankara Üniv. Yayın* (1490).
- Kacar, B. ve Katkat, V., 1998, Bitki Besleme (Ders Kitabı), *Güçlendirme Vakfı Yayın*, Uludağ Üniversitesi, p. 1-595.
- Kacar, B., Katkat, V. ve Öztürk, S., 2002, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 198 Vipaş A: Ş, Yayın.
- Kacar, B. ve İnal, A., 2008, Bitki Analizleri, *Nobel Yayınları*, Ankara, p. 891.
- Kadalkal, S., 2013, Trakya bölgesi'nde kanola (*Brassica napus oleifera* sp) yetiştirilen toprakların yarayışlı kükürt miktarının belirlenmesinde kullanılabilecek yöntemlerin araştırılması, Doktora Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 1-15.
- Kandil, H. ve Gad, N., 2012, Growth and oil production of canola as affected by different sulphur sources, *J. Basic. Appl. Sci. Res*, 2 (5), 5196-5202.
- Karaaslan, D., 1998, Farklı kolza (*Brassica napus* L.) çeşitlerinin adaptasyon kabiliyetleri ve verim potansiyellerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doğu Anadolu Tarım Kongresi, *Atatürk. Üniv. Ziraat Fak*, 337-346.
- Kaur, M., Kumar, S. ve Kaur, A., 2019, Effect of foliar application of nitrogen, phosphorus and sulphur on growth and yield of Gobhi Sarson (*Brassica napus* L.) in central Punjab, *Journal of Oilseed Brassica*, 10 (1), 47-50.
- Khalid, R., Khan, K., Yousaf, M., Shabbir, G. ve Subhani, A., 2009, Effect of sulfur fertilization on rapeseed and plant available sulfur in soils of Pothwar, Pakistan, *Sarhad J. Agric*, 25 (1), 65-71.
- Kolsarıcı, Ö., Gür, A., Başalma, D., Kaya, M. ve İşler, N., 2005, Yağlı tohumlu bitkiler üretimi, *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3-7.
- Konkol, D., Szmigiel, I., Domżał-Kędzia, M., Kułazyński, M., Krasowska, A., Opaliński, S., Korczyński, M. ve Łukaszewicz, M., 2019, Biotransformation of rapeseed meal leading to production of polymers, biosurfactants, and fodder, *Bioorganic chemistry*, 93, 102865.
- Lauger, R. H. M. ve Hill, G. M., 1982, Agricultural plants, *Cambridge University Press*, England, p. 167- 177.

- Li, X., van Loo, E. N., Gruber, J., Fan, J., Guan, R., Frentzen, M., Stymne, S. ve Zhu, L. H., 2012, Development of ultra-high erucic acid oil in the industrial oil crop *Crambe abyssinica*, *Plant biotechnology journal*, 10 (7), 862-870.
- Lindsay, W. L. ve Norvell, W., 1978, Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper 1, *Soil science society of America journal*, 42 (3), 421-428.
- Longstroth, M., 2021, Lowering the soil pH with sulfur. Michigan State University.
- Lu, S., Aziz, M., Sturtevant, D., Chapman, K. D. ve Guo, L., 2020, Heterogeneous distribution of erucic acid in *Brassica napus* seeds, *Frontiers in plant science*, 10, 1744.
- Mahdi, H. H., Mutlag, L. A. ve Mouhamad, R. S., 2019, Study the effect of khazra iron nano chelate fertilizer foliar application on two rapeseed varieties.
- Mansoori, I., 2012, Response of canola to nitrogen and sulfur fertilizers, *Int. J. Agric. Crop Sci*, 4 (1), 28-33.
- Marschner, H., 1995, Mineral nutrition of higher plants, *Academic Press*, New York, p. 15-22.
- Marschner, H., 2011, Marschner's mineral nutrition of higher plants, *Academic press*, USA, p. 3-482.
- Matthey, J., Sauermann, W. ve Finck, M., 2000, Schwefeldüngung zu Winterraps-heute Standard in Schleswig-Holstein, *VDLUFA-Schriftenreihe*, 53, 72-79.
- McGrath, S. ve Zhao, F., 1996, Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*), *The Journal of Agricultural Science*, 126 (1), 53-62.
- Merrien, A., Palleau, J. ve Maisonneuve, C., 1988, Mineral requirements of rapeseed cultivated in France.
- Modaihsh, A., Al-Mustafa, W. ve Metwally, A., 1989, Effect of elemental sulphur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils, *Plant and soil*, 116 (1), 95-101.
- Movahhedi Dehnavi, M., Khademhamzeh, H. ve Morshedi, S. M., 2014, Effect of foliar application of zinc and iron on yield quantity and quality of canola (*Brassica napus* Cv. Talaye), in Zarghan region, Fars, *Journal of Oil Plants Production*, 1 (1), 33-42.
- Mullen, R., Lentz, E. ve Watson, M., 2016, Soil Acidification: How to Lower Soil pH, *The Ohio State University, College of Food, Agricultural, and Environmental Sciences*.
- Muneer, S., Lee, B. R., Bae, D. W. ve Kim, T. H., 2013, Changes in expression of proteins involved in alleviation of Fe-deficiency by sulfur nutrition in *Brassica napus* L, *Acta physiologiae plantarum*, 35 (10), 3037-3045.

- Muneer, S., Lee, B.-R., Kim, K.-Y., Park, S.-H., Zhang, Q. ve Kim, T.-H., 2014, Involvement of sulphur nutrition in modulating iron deficiency responses in photosynthetic organelles of oilseed rape (*Brassica napus* L.), *Photosynthesis research*, 119 (3), 319-329.
- Namvar, A. ve Khandan, T., 2015, Inoculation of rapeseed under different rates of inorganic nitrogen and sulfur fertilizer: impact on water relations, cell membrane stability, chlorophyll content and yield, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61 (8), 1137-1149.
- Neilsen, D., Hogue, E., Hoyt, P. ve Drought, B., 1993, Oxidation of elemental sulphur and acidulation of calcareous orchard soils in southern British Columbia, *Canadian journal of soil science*, 73 (1), 103-114.
- Ngezimana, W. ve Agenbag, G. A., 2014, Nitrogen and Sulfur Effects on Macro-and Micronutrient Contents in Canola (*Brassica napus* L.) Grown on Acidic Soils of the Western Cape Province of South Africa, *Communications in soil science and plant analysis*, 45 (13), 1840-1851.
- Ohwaki, Y., Kraokaw, S., Chotechuen, S., Egawa, Y. ve Sugahara, K., 1997, Differences in responses to iron deficiency among various cultivars of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), *Plant and soil*, 192 (1), 107-114.
- Öğütçü, Z. ve Kolsarıcı, Ö., 1979, Kışlık kolza çeşitlerinin Antalya, Edirne ve Ankara şartlarına adaptasyonu, *TC Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırma Dergisi*, 1 (3), 175-188.
- Pużyńska, K., Kulig, B., Halecki, W., Lepiarczyk, A. ve Pużyński, S., 2018, Response of oilseed rape leaves to sulfur and boron foliar application, *Acta physiologiae plantarum*, 40 (9), 169.
- Rehman, H. u., Iqbal, Q., Farooq, M., Wahid, A., Afzal, I. ve Basra, S. M., 2013, Sulphur application improves the growth, seed yield and oil quality of canola, *Acta physiologiae plantarum*, 35 (10), 2999-3006.
- Riki, G., Mobasser, H. R. ve Ganjali, H. R., 2014a, Effect of iron and manganese foliar spraying on some quantitative characteristics of canola, *International Journal of Biosciences*, 5 (1), 61-68.
- Riki, G., Mobasser, H. R. ve Ganjali, H. R., 2014b, Effect of iron and manganese foliar spraying on some quantitative characteristics of canola, *International Journal of Biosciences*, 5, 61-68.
- Riley, N., Zhao, F. ve McGrath, S., 2000, Availability of different forms of sulphur fertilisers to wheat and oilseed rape, *Plant and soil*, 222 (1-2), 139-147.
- Roig, A., Cayuela, M. L. ve Sánchez-Monedero, M., 2004, The use of elemental sulphur as organic alternative to control pH during composting of olive mill wastes, *Chemosphere*, 57 (9), 1099-1105.

- Rroço, E., Kosegarten, H., Harizaj, F., Imani, J. ve Mengel, K., 2003, The importance of soil microbial activity for the supply of iron to sorghum and rape, *European Journal of Agronomy*, 19 (4), 487-493.
- Santos, R. F., Borsoi, A., Secco, D., de Souza, S. N. M. ve Frigo, E. P., 2012, Nitrogen and sulfur sources in the culture of *Brassica napus* L. var. *oleifera*, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10 (1), 516-518.
- Sarımehmetoğlu, O., 2006, Çukurova Bölgesi Çiftçi Koşullarında Yetiştirilen Soya Ürününde Bazı Önemli Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana*.
- Schuster, W. ve Taghizadeh, A., 1981, On the yield structure of some spring rape varieties, *Über Die Ertragsstruktur Einiger Sommerrepsorten Bayerischess Landwirtschaftliches Jahrbuch*, 58 (2), 212-216.
- Shoja, T., Majidi, M. ve Rabiee, M., 2018, Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.), *Acta agriculturae Slovenica*, 111 (1), 73-84.
- Šiaudinis, G. ve Butkutė, B., 2013, Responses of spring oilseed rape seed yield and quality to nitrogen and sulfur fertilization, *Communications in soil science and plant analysis*, 44 (1-4), 145-157.
- Sieling, K., Schröder, H. ve Hanus, H., 1998, Mineral and slurry nitrogen effects on yield, N uptake, and apparent N-use efficiency of oilseed rape (*Brassica napus*), *The Journal of Agricultural Science*, 130 (2), 165-172.
- Sienkiewicz-Cholewa, U. ve Kieloch, R., 2015, Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.), *Plant, Soil and Environment*, 61 (4), 164-170.
- Sobutay, T., 2004, Kanola sektör araştırması, İstanbul Ticaret Odası Dış Ticaret Şubesi Araştırma Servisi, 3-5.
- Sönmez, S., 2002, Elmalı-Korkuteli yöresi elma bahçelerinin demir durumunun araştırılması ve demir klorozunun belirlenmesinde çeşitli analiz yöntemlerinin karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, *Akdeniz Üniversitesi, Antalya*.
- Staff, U. S. L., 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, *Agriculture Handbook*, 60, 83-100.
- Steel, R. G. ve Torrie, J. H., 1986, Principles and procedures of statistics: a biometrical approach, McGraw-Hill, p.
- Subhani, A., Shabbir, G., Fazil, M., Mahmood, A. ve Khalid, R., 2003, Role of sulphur in enhancing the oil contents and yield of rapeseed under medium rainfed conditions, *Pakistan Journal of Soil Science (Pakistan)*.
- Taşkın, N., 2006, Kanolada bitki besleme [online], Doktor Tarsa Tarım San. ve Ticaret A.Ş., <https://drt.com.tr/Blog/Kanolada-Bitki-Besleme/1034>: [Ziyaret Tarihi: 15 Ekim 2018].

- Tıraş, M., 2009, Türkiye’de kanola tarımı, *Doğu Coğrafya Dergisi* (21), 159-172.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L. ve Beaton, J. D., 1985, Soil fertility and fertilizers, Collier Macmillan Publishers, p.
- TÜİK, 2021, Bitkisel üretim istatistikleri [online], <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>: [Ziyaret Tarihi: 11 Temmuz 2021].
- Uddin, M., Khan, M., Mahbub, A. ve Hussain, M., 1992, Growth and yield of rapeseeds as affected by nitrogen and seed rate, *Bangladesh J. Sci. Ind. Res*, 27 (3-4), 30-38.
- ur Rehman, H., Iqbal, Q., Farooq, M., Wahid, A., Afzal, I. ve Basra, S. M., 2013, Sulphur application improves the growth, seed yield and oil quality of canola, *Acta physiologiae plantarum*, 35 (10), 2999-3006.
- Usta, S., 1995, Toprak kimyası, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın* (1387), 217.
- Von Uexkull, H., 1986, Sulphur interactions with other plant nutrients, *International Symposium on Sulphur in Agricultural Soils, Dhaka (Bangladesh), 20-22 Apr 1986*.
- Walker, K. ve Booth, E., 1992, Sulphur research on oilseed rape in Scotland, *Sulphur Agric*, 16, 15-19.
- Walker, K. ve Booth, E., 1994, Sulphur deficiency in Scotland and the effects of sulphur supplementation on yield and quality of oilseed rape, *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* (Supplement 15), 97-104.
- Warner, D. J. ve Lewis, K. A., 2019, Evaluation of the risks of contaminating low erucic acid rapeseed with high erucic rapeseed and identification of mitigation strategies, *Agriculture*, 9 (9), 190.
- Westphal, A. ve Marquard, R., 1981, Yield and quality of Brassica species in Ethiopia, *Plant Research and Development*.
- Wright, G., Smith, C. ve Woodroffe, M., 1988, The effect of irrigation and nitrogen fertilizer on rapeseed (Brassica napus) production in South-Eastern Australia, *Irrigation Science*, 9 (1), 1-13.
- Yan, G., Li, D., Cai, M., Gao, G., Chen, B., Xu, K., Li, J., Li, F., Wang, N. ve Qiao, J., 2015, Characterization of FAE1 in the zero erucic acid germplasm of Brassica rapa L, *Breeding science*, 65 (3), 257-264.
- Yau, S. ve Thurling, N., 1987, Variation in nitrogen response among spring rape (Brassica napus) cultivars and its relationship to nitrogen uptake and utilization, *Field Crops Research*, 16 (2), 139-155.
- Yilmaz, H. ve Avkiran, B., 2020, Analysis of Canola (Rapeseed) Production Cost and Income in Context of Oilseeds Production Support Policies: A Case Study from Trakya Region of Turkey, *Економика пољопривреде*, 67 (2).

- Zhao, F., Evans, E. J., Bilsborrow, P. E. ve Syers, J. K., 1993, Influence of sulphur and nitrogen on seed yield and quality of low glucosinolate oilseed rape (*Brassica napus* L), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 63 (1), 29-37.
- Zhao, F., Hawkesford, M. ve McGrath, S., 1999a, Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat, *Journal of cereal science*, 30 (1), 1-17.
- Zhao, F., Salmon, S., Withers, P., Monaghan, J., Evans, E., Shewry, P. ve McGrath, S., 1999b, Variation in the breadmaking quality and rheological properties of wheat in relation to sulphur nutrition under field conditions, *Journal of cereal science*, 30 (1), 19-31.
- Zhao, Q., Wu, J., Cai, G., Yang, Q., Shahid, M., Fan, C., Zhang, C. ve Zhou, Y., 2019, A novel quantitative trait locus on chromosome A9 controlling oleic acid content in *Brassica napus*, *Plant biotechnology journal*, 17 (12), 2313-2324.



EKLER

Ek 1. Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın harnup sayısı, tane ağırlığı, bin tane ağırlığı, toplam tane sayısı ve yan dal sayısına etkisi

S Kaynağı	Fe Dozu	S Dozu	Harnup Sayısı (adet/saksı)	Tane Ağırlığı (gr/saksı)	Bin Tane Ağırlığı (gr)	Toplam Tane Sayısı (adet/saksı)	Yan dal Sayısı (adet/saksı)
Bentonitli Kükürt	0 kg/da	0 kg/da	271.25±45.04	7.52±1.58 ^{bcd}	2.29±0.32 ^{ab}	3264.00±544.8 ^{abc}	5.00±0.82 ^{ab}
		50 kg/da	280.25±39.69	8.15±0.11 ^{abcd}	2.45±0.20 ^{ab}	3767.50±484.4 ^{abc}	5.50±1.00 ^a
		100 kg/da	210.25±105.20	7.37±0.43 ^{bcd}	2.53±0.29 ^{ab}	2521.25±468.2 ^c	4.25±1.26 ^{abc}
		150 kg/da	290.25±85.82	9.93±3.85 ^{abc}	2.26±0.24 ^{ab}	4331.50±306.7 ^{ab}	3.25±0.96 ^{bc}
	1.5 kg/da	0 kg/da	264.00±100.65	6.74±0.98 ^{cd}	2.30±0.30 ^{ab}	2859.25±726.1 ^{bc}	4.25±0.50 ^{abc}
		50 kg/da	180.25±67.34	6.02±1.89 ^d	2.07±0.16 ^b	2945.50±694.5 ^{abc}	3.00±0.00 ^c
		100 kg/da	288.00±10.33	9.21±0.67 ^{abcd}	2.85±0.18 ^{ab}	3211.25±371.5 ^{abc}	4.25±0.50 ^{abc}
		150 kg/da	313.00±82.51	10.98±1.05 ^{ab}	2.31±0.35 ^{ab}	4511.50±748.8 ^a	3.75±0.96 ^{abc}
Toz Kükürt	0 kg/da	0 kg/da	311.00±84.77	6.02±0.97 ^d	2.98±0.39 ^a	4028.75±303.7 ^{abc}	4.00±0.82 ^{abc}
		50 kg/da	225.00±21.95	6.73±1.58 ^{cd}	2.56±0.28 ^{ab}	2649.25±330.4 ^c	4.00±0.82 ^{abc}
		100 kg/da	245.25±72.75	11.69±1.37 ^a	2.15±0.30 ^b	3112.50±721.5 ^{abc}	4.00±0.00 ^{abc}
		150 kg/da	297.00±38.83	8.52±1.39 ^{abcd}	2.28±0.36 ^{ab}	3741.75±335.3 ^{abc}	3.75±0.50 ^{abc}
	1.5 kg/da	0 kg/da	271.75±96.57	5.65±0.60 ^d	2.12±0.46 ^b	4414.75±1274.6 ^{ab}	4.25±0.50 ^{abc}
		50 kg/da	273.50±28.99	6.96±0.51 ^{cd}	2.39±0.30 ^{ab}	2984.50±1045.5 ^{abc}	4.00±0.00 ^{abc}
		100 kg/da	310.50±45.12	7.51±0.94 ^{bcd}	2.25±0.19 ^{ab}	3416.75±365.2 ^{abc}	3.50±0.5774 ^{bc}
		150 kg/da	177.75±60.26	9.70±0.89 ^{abc}	2.07±0.42 ^b	3112.00±443.2 ^{abc}	3.25±0.5000 ^{bc}

Ek 2. Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın harnup uzunluğu, bitki gövde ağırlığı, bitki boyu ve klorofil içeriğine etkisi

S Kaynağı	Fe Dozu	S Dozu	Harnup Uzunluğu (cm)	Bitki Gövde Ağırlığı (g/saksı)	Bitki Boyu (cm)	Klorofil İçeriği
Bentonitli Kükürt	0 kg/da	0 kg/da	6.91±0.39 ^{ab}	141.36±51.77 ^{ab}	115.75±36.55 ^a	61.39±3.15 ^a
		50 kg/da	7.46±0.13 ^a	153.65±18.89 ^a	138.00±25.10 ^a	61.65±7.22 ^a
		100 kg/da	7.08±0.90 ^{ab}	146.79±40.39 ^{ab}	138.88±8.73 ^a	62.61±7.38 ^a
		150 kg/da	7.41±0.85 ^a	131.48±39.89 ^{ab}	131.25±6.98 ^a	59.50±5.49 ^a
	1.5 kg/da	0 kg/da	7.15±0.54 ^{ab}	111.36±24.67 ^{abc}	136.13±13.12 ^a	59.60±2.93 ^a
		50 kg/da	5.98±0.83 ^b	103.26±9.03 ^{abc}	123.63±37.97 ^a	64.46±6.17 ^a
		100 kg/da	6.90±0.20 ^{ab}	135.13±26.56 ^{ab}	128.38±5.09 ^a	60.98±8.49 ^a
		150 kg/da	7.33±0.22 ^a	123.06±13.90 ^{ab}	140.38±12.09 ^a	62.48±2.34 ^a
Toz Kükürt	0 kg/da	0 kg/da	7.11±0.47 ^{ab}	86.53±14.02 ^{bc}	137.75±6.33 ^a	64.51±1.56 ^a
		50 kg/da	7.41±0.23 ^a	115.01±12.60 ^{abc}	135.63±7.40 ^a	64.53±1.92 ^a
		100 kg/da	6.71±0.43 ^{ab}	106.71±5.25 ^{abc}	139.88±3.84 ^a	63.99±5.22 ^a
		150 kg/da	7.19±0.22 ^{ab}	107.08±13.90 ^{abc}	133.00±8.24 ^a	64.34±3.83 ^a
	1.5 kg/da	0 kg/da	6.84±0.20 ^{ab}	92.15±13.73 ^{abc}	142.00±13.92 ^a	65.15±1.47 ^a
		50 kg/da	7.41±0.21 ^a	119.10±28.18 ^{abc}	137.00±4.10 ^a	63.18±1.66 ^a
		100 kg/da	6.86±0.30 ^{ab}	113.95±17.67 ^{abc}	128.38±11.28 ^a	61.42±2.52 ^a
		150 kg/da	6.30±0.73 ^{ab}	56.70±12.62 ^c	129.38±4.61 ^a	65.28±1.11 ^a

Ek 3. Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın yaprakta N, tohumda N, yaprakta P, tohumda P içeriğine etkisi

S Kaynağı	Fe Dozu	S Dozu	Yaprakta N (%)	Tohumda N (%)	Yaprakta P (%)	Tohumda P (%)
BS	0 kg/da	0 kg/da	5.23±0.17 ^{ab}	7.13±0.24 ^a	0.17±0.01 ^b	0.64±0.18 ^{ab}
		50 kg/da	5.26±1.20 ^{ab}	7.44±0.33 ^a	0.21±0.06 ^{ab}	0.68±0.06 ^{ab}
		100 kg/da	4.97±0.49 ^{ab}	7.40±0.32 ^a	0.31±0.03 ^a	0.61±0.23 ^{ab}
		150 kg/da	5.41±0.52 ^{ab}	7.37±1.31 ^a	0.32±0.06 ^a	0.72±0.13 ^{ab}
	1.5 kg/da	0 kg/da	6.01±0.31 ^a	7.81±0.45 ^a	0.31±0.04 ^a	0.76±0.08 ^{ab}
		50 kg/da	4.92±0.21 ^{ab}	7.11±0.31 ^a	0.27±0.01 ^{ab}	0.77±0.05 ^{ab}
		100 kg/da	4.61±0.59 ^{ab}	7.49±0.24 ^a	0.28±0.04 ^{ab}	0.70±0.08 ^{ab}
		150 kg/da	3.97±0.08 ^b	8.33±1.27 ^a	0.22±0.08 ^{ab}	0.64±0.06 ^{ab}
TS	0 kg/da	0 kg/da	5.11±0.58 ^{ab}	7.84±0.10 ^a	0.22±0.05 ^{ab}	0.67±0.07 ^{ab}
		50 kg/da	3.85±2.56 ^b	8.09±0.40 ^a	0.27±0.05 ^{ab}	0.85±0.13 ^a
		100 kg/da	4.03±0.33 ^{ab}	7.90±0.35 ^a	0.30±0.07 ^a	0.67±0.16 ^{ab}
		150 kg/da	4.34±0.18 ^{ab}	7.95±0.40 ^a	0.28±0.02 ^{ab}	0.60±0.05 ^{ab}
	1.5 kg/da	0 kg/da	5.26±0.20 ^{ab}	7.64±0.25 ^a	0.24±0.05 ^{ab}	0.56±0.04 ^{ab}
		50 kg/da	5.03±0.50 ^{ab}	7.38±0.28 ^a	0.29±0.05 ^a	0.52±0.10 ^b
		100 kg/da	4.30±0.46 ^{ab}	7.56±0.33 ^a	0.32±0.01 ^a	0.56±0.05 ^b
		150 kg/da	4.55±0.44 ^{ab}	7.57±0.14 ^a	0.27±0.02 ^{ab}	0.54±0.11 ^b

Ek 4. Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın yaprakta K, tanede K, yaprakta Fe ve tohumda Fe içeriğine etkisi

S Kaynağı	Fe Dozu	S Dozu	Yaprakta K (%)	Tanede K (%)	Yaprakta Fe (mg/kg)	Tohumda Fe (mg/kg)
BS	0 kg/da	0 kg/da	0.80±0.17 ^a	5.64±0.96 ^{ab}	90.20±5.36 ^{abcd}	79.92±16.42 ^{cd}
		50 kg/da	0.93±0.26 ^a	5.42±0.83 ^{ab}	80.64±6.50 ^{bcd}	65.06±11.79 ^d
		100 kg/da	0.95±0.18 ^a	6.64±1.25 ^{ab}	74.24±15.31 ^{cd}	92.15±10.52 ^{bcd}
		150 kg/da	0.90±0.34 ^a	5.50±1.10 ^{ab}	84.12±13.24 ^{bcd}	62.17±3.35 ^d
	1.5 kg/da	0 kg/da	0.72±0.29 ^a	7.13±0.53 ^a	93.52±4.12 ^{abcd}	124.23±21.68 ^{abc}
		50 kg/da	0.88±0.10 ^a	5.71±1.11 ^{ab}	82.86±7.51 ^{bcd}	86.73±14.31 ^{cd}
		100 kg/da	0.75±0.14 ^a	5.88±0.91 ^{ab}	95.74±9.55 ^{abcd}	148.36±40.27 ^{ab}
		150 kg/da	0.83±0.19 ^a	6.74±2.76 ^{ab}	119.86±13.73 ^a	182.25±34.67 ^a
TS	0 kg/da	0 kg/da	0.67±0.14 ^a	5.90±1.72 ^{ab}	103.63±7.99 ^{abc}	85.18±25.74 ^{cd}
		50 kg/da	0.73±0.18 ^a	6.18±0.32 ^{ab}	107.27±14.12 ^{ab}	97.03±18.58 ^{bcd}
		100 kg/da	0.78±0.09 ^a	7.15±0.39 ^a	74.27±12.83 ^{cd}	96.07±25.83 ^{bcd}
		150 kg/da	0.71±0.07 ^a	5.08±0.84 ^{ab}	69.01±5.40 ^d	79.97±30.13 ^{cd}
	1.5 kg/da	0 kg/da	0.76±0.11 ^a	4.29±0.21 ^b	71.44±11.15 ^d	88.26±29.35 ^{cd}
		50 kg/da	0.68±0.12 ^a	4.63±0.46 ^{ab}	87.75±19.71 ^{bcd}	76.59±14.03 ^{cd}
		100 kg/da	0.68±0.08 ^a	5.05±0.71 ^{ab}	74.86±13.64 ^{cd}	84.04±21.92 ^{cd}
		150 kg/da	0.74±0.22 ^a	5.52±0.79 ^{ab}	84.98±20.74 ^{bcd}	75.60±17.41 ^{cd}

Ek 5. Kükürt ve demir uygulamalarının kanolanın tohumda S, toprakta S, yaprakta S ve yağ içeriğine etkisi

S Kaynağı	Fe Dozu	S Dozu	Tohumda S (%)	Toprakta S (mg/kg)	Yaprakta S (%)	Yağ içeriği (%)
BS	0 kg/da	0 kg/da	0.65±0.11 ^a	12.85±7.13 ^f	1.12±0.09 ^{efg}	26.52±1.15 ^{ef}
		50 kg/da	0.53±0.08 ^a	278.21±37.54 ^{bcd}	1.55±0.15 ^{defg}	25.55±0.26 ^f
		100 kg/da	0.52±0.09 ^a	384.98±47.97 ^a	1.61±0.15 ^{cdef}	25.49±1.61 ^f
		150 kg/da	0.50±0.08 ^a	391.77±24.48 ^a	1.25±0.17 ^{efg}	25.63±1.18 ^{ef}
	1.5 kg/da	0 kg/da	0.62±0.17 ^a	6.30±4.21 ^f	1.00±0.26 ^{fg}	26.23±0.39 ^{ef}
		50 kg/da	0.38±0.05 ^a	329.78±51.50 ^{abc}	1.82±0.24 ^{bcd}	26.62±0.64 ^{ef}
		100 kg/da	0.52±0.06 ^a	395.03±29.72 ^a	2.10±0.55 ^{abcd}	28.05±1.89 ^{cdef}
		150 kg/da	0.43±0.04 ^a	338.13±233.32 ^{ab}	2.09±0.29 ^{abcd}	28.74±1.11 ^{bcd}
TS	0 kg/da	0 kg/da	0.41±0.08 ^a	12.41±6.67 ^f	0.89±0.12 ^g	27.92±2.45 ^{cdef}
		50 kg/da	0.39±0.30 ^a	175.14±19.29 ^c	2.34±0.32 ^{ab}	32.86±0.52 ^a
		100 kg/da	0.56±0.07 ^a	240.19±7.49 ^{cde}	2.60±0.45 ^a	27.41±0.01 ^{def}
		150 kg/da	0.54±0.06 ^a	267.14±41.86 ^{bcd}	2.30±0.16 ^{abc}	31.39±0.79 ^{ab}
	1.5 kg/da	0 kg/da	0.44±0.08 ^a	4.47±1.18 ^f	1.06±0.33 ^{fg}	31.39±0.58 ^{ab}
		50 kg/da	0.47±0.07 ^a	201.57±51.96 ^{de}	2.27±0.33 ^{abc}	30.64±0.43 ^{abc}
		100 kg/da	0.47±0.04 ^a	190.70±32.67 ^{de}	2.44±0.28 ^{ab}	30.66±1.12 ^{abc}
		150 kg/da	0.52±0.05 ^a	231.24±43.69 ^{de}	2.22±0.09 ^{abcd}	30.12±2.14 ^{abcd}