

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**İKİNCİ ÜRÜN SUSAM YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TOPRAKTAN AZOT ve  
YAPRAKTAN ÇİNKO UYGULAMALARININ SUSAM BİTKİSİNİN VERİM ve  
VERİM BİLEŞENLERİ İLE DANEDE ÇİNKO BİYOFORTİFİKASYONU  
ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Şule HAN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME  
ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**OCAK 2025**

**ANTALYA**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**İKİNCİ ÜRÜN SUSAM YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TOPRAKTAN AZOT ve  
YAPRAKTAN ÇİNKO UYGULAMALARININ SUSAM BİTKİSİNİN VERİM ve  
VERİM BİLEŞENLERİ İLE DANEDE ÇİNKO BİYOFORTİFİKASYONU  
ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Şule HAN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME  
ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**OCAK 2025**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İKİNCİ ÜRÜN SUSAM YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TOPRAKTAN AZOT ve  
YAPRAKTAN ÇİNKO UYGULAMALARININ SUSAM BİTKİSİNİN VERİM ve  
VERİM BİLEŞENLERİ İLE DANEDE ÇİNKO BİYOFORTİFİKASYONU  
ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Şule HAN**  
**TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME**  
**ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi  
tarafından FDK-2022-6057 nolu proje ile desteklenmiştir**

**Ocak 2025**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İKİNCİ ÜRÜN SUSAM YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TOPRAKTAN AZOT ve**  
**YAPRAKTAN ÇİNKO UYGULAMALARININ SUSAM BİTKİSİNİN VERİM ve**  
**VERİM BİLEŞENLERİ İLE DANEDE ÇİNKO BİYOFORTİFİKASYONU**  
**ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Şule HAN**  
**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME**  
**ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

Bu tez 10/01/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| Doç. Dr. İlker SÖNMEZ      | ..... |
| Prof.Dr. Sahriye SÖNMEZ    | ..... |
| Prof.Dr. İbrahim ERDAL     | ..... |
| Prof.Dr. Zeliha KÜÇÜKYUMUK | ..... |
| Doç. Dr. Engin YOL         | ..... |

## ÖZET

# İKİNCİ ÜRÜN SUSAM YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TOPRAKTAN AZOT ve YAPRAKTAN ÇİNKO UYGULAMALARININ SUSAM BİTKİSİNİN VERİM ve VERİM BİLEŞENLERİ İLE DANEDE ÇİNKO BİYOFORTİFİKASYONU ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Şule HAN

Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. İlker SÖNMEZ

Ocak 2025; 143 sayfa

Susam bitkisinin gelişimi ve danelerinde çinko biyofortifikasyonunun etkilerinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışma, 2022 ve 2023 yıllarında Buğday-Susam ve Bakla-Susam münavebesi şeklinde yetiştirilen iki farklı susam tarlasında tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Buğday ve bakla hasadından sonra topraktan farklı dozlarda N (0, 3, 6, 9 kg N da<sup>-1</sup>) ve çinko biyofortifikasyonu için yapraktan ZnSO<sub>4</sub> (%0, %0.15, %0.30, %0.45) gübresi uygulaması yapılmış; toprak, bitki, yaprak ve danede bazı analizler gerçekleştirilerek susam bitkisinde büyüme parametreleri, verim ve susam danelerinde bazı kalite özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, 2022 ve 2023 yıllarında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisine topraktan farklı dozlarda uygulanan N gübresinin susam bitkisinin bazı morfolojik özellikleri içerisinde kök genişliği ve dane verimine önemli etki yaptığı, diğer morfolojik özellikler bakımından yıllara göre farklılık gösterdiği, bununla birlikte her iki deneme yılında dane protein ve dane yağ içeriğini artırdığı belirlenmiştir. Bitki boyu üzerine N uygulamalarının 2022 yılında en yüksek N<sub>2</sub> dozu uygulamasından (166.5 cm) elde edildiği, 2022 yılında N ve Zn uygulamalarının interaksyonu bakımından N<sub>2</sub>Zn<sub>2</sub> uygulama dozu olan 6 kg N da<sup>-1</sup> ve % 0.30 ZnSO<sub>4</sub> uygulama dozunda en yüksek bitki boyu değeri (177.3 cm) elde edilmiştir. Susam bitkisinde dane verimi üzerine farklı dozlarda N uygulamalarında 2022 yılında N<sub>2</sub> (6 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek dane verimi (13.9 g bitki<sup>-1</sup>) ve 2023 yılında N<sub>3</sub> (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (15.4 g bitki<sup>-1</sup>) dane verimi değeri elde edilmiş, farklı dozlarda Zn uygulamaları ortalamalarında 2023 yılında Zn<sub>0</sub>, Zn<sub>1</sub> ve Zn<sub>3</sub> uygulama dozları en yüksek değerleri sağlamışlardır. 2023 yılında N\*Zn interaksyonu bakımından N<sub>3</sub>Zn<sub>2</sub> uygulama dozu olan 9 kg N da<sup>-1</sup> + % 0.30 ZnSO<sub>4</sub> uygulama dozunda en yüksek dane verimi değeri (17.7 g bitki<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. Dane çinko değerlerinde 2022 yılında N<sub>0</sub> ve N<sub>1</sub> uygulama dozu ile en yüksek değerler elde edilmiş, Zn uygulamalarının etkisi bakımından Zn<sub>3</sub> (% 0.45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozu ile en yüksek (71.69 mg kg<sup>-1</sup>) danede çinko değeri elde edilmiştir. 2023 yılında Zn uygulamalarının ortalamalarının etkisi bakımından Zn<sub>2</sub> ve Zn<sub>3</sub> uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla 79.08 ve 82.72 mg kg<sup>-1</sup>) danede çinko değerleri elde edilmiştir. Artan Zn dozlarının 2023 yılında danede yağ içeriğine etkisinde en yüksek yağ içeriği Zn<sub>3</sub> uygulamasından (%55.6) sağlanmıştır. NxZn interaksyonu bakımından yapılan değerlendirmede ise 2022 yılında N<sub>2</sub>Zn<sub>1</sub> ve N<sub>2</sub>Zn<sub>2</sub> uygulamaları maksimum değerleri (sırasıyla %58.0 ile 58.2) sağlarken 2023 yılında ise danede yağ içeriklerinde en yüksek değerler N<sub>2</sub>Zn<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub>Zn<sub>3</sub> uygulamalarından (sırasıyla %59.2 ve 59.1) elde edilmiştir.

2022 ve 2023 yıllarında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisine topraktan farklı dozlarda uygulanan N gübrelemesinin susam bitkisinin bazı morfolojik özellikleri içerisinde dane verimi ve kapsüldeki dane sayısı üzerine önemli etki yaptığı, diğer morfolojik özellikler bakımından yıllara göre farklılık gösterdiği, bununla birlikte her iki deneme yılında dane protein ve dane yağ içeriğini artırdığı belirlenmiştir. 2023 yılında susam bitkisinin bitki boyu üzerine N uygulamalarında en yüksek değerler kontrol hariç tüm N dozlarından gözlemlenirken, ilk dal yüksekliğinde N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (26.43 cm) değer elde edilmiştir. Her iki yılda da dane veriminde maksimum azot dozlarıyla maksimum değerler sağlanmıştır. 2022 ve 2023 yıllarında Zn uygulamalarının etkisi bakımından dane çinko değerlerinde Zn2 ve Zn3 uygulama dozları ile en yüksek danede çinko değerlerini sağlamışlardır. Dane yağ içeriğinde 2022 yılında N0 uygulama dozu ile en yüksek (% 56.3), 2023 yılında N3 uygulama dozu ile en yüksek (% 53.8) yağ içerikleri elde edilmiştir. Farklı dozlarda Zn uygulamalarında 2022 yılında Zn0 uygulama dozu hariç tüm uygulamalar ile en yüksek yağ içeriği değerlerini sağlarken, 2023 yılında Zn2 uygulama dozu ile en yüksek (%51.9) değer elde edilmiştir. NxZn interaksiyonu bakımından 2022 yılında N0Zn2 ve N1Zn2 uygulama dozları ile en yüksek yağ içeriği (sırasıyla %59.4 ve %58.6), 2023 yılında ise N3Zn1 uygulama dozu ile en yüksek (%59.2) yağ içeriği değeri elde edilmiştir.

Çalışma sonucunda farklı dozlarda uygulanan azot ve çinko uygulamalarının susam danesinde çinko miktarını artırdığını, susamın protein içeriğine ve susam yağ miktarına pozitif etkisi olduğu, ayrıca dane veriminde önemli artışlar sağlandığı belirlenmiştir. Bu bağlamda çalışmanın amacı dikkate alındığında çiftçi koşullarında yetiştirilen susamın içerdiği mineral, vitaminler ve antioksidanlar nedeniyle kıymetinin anlaşılması ve uygun gübreleme programları ve biyofortifikasyon çalışmalarıyla desteklenmesi büyük önem arz etmektedir. Münavebe sistemlerinin etkileri bakımından beklenen etkilerin çok yüksek olmadığı, bunun sebebinin susamın kısa yetiştiricilik dönemine sahip olması ve baklanın topraktan hasadı ile toprağa azot kazanımından ziyade besin elementlerini tüketmesi olarak yorumlanmıştır. İkinci ürün olarak yetiştiriciliği yapılan geleneksel susam yetiştiriciliğinde gübre kullanımının sınırlı olması verim ve bazı kalite parametrelerini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu kapsamda azotlu gübreleme uygulama dozunun dikkate alınarak verimliliğin artırılması sağlanabilir. Bununla birlikte dane besleyiciliğinde özellikle çinko bakımından yeterliliğin sağlanması bu çalışmada ortaya konmaya çalışılmıştır. Böylece hem verimlilik hem de besleyicilik bakımından daha nitelikli susam yetiştiriciliği gerçekleştirilerek daha yüksek ekonomik gelir sağlanabilir.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Azot, Çinko biyofortifikasyonu, Münavebe, Susam,

**JÜRİ:** Doç. Dr. İlker SÖNMEZ

Prof.Dr. Sahriye SÖNMEZ

Prof.Dr. İbrahim ERDAL

Prof.Dr. Zeliha KÜÇÜKYUMUK

Doç. Dr. Engin YOL

## **ABSTRACT**

### **DETERMINATION OF THE EFFECTS OF SOIL NITROGEN AND FOLIAR ZINC APPLICATIONS ON YIELD AND YIELD COMPONENTS OF SESAME CROPS AND ON ZINC BIOFORTIFICATION IN GRAIN IN SECOND CROP SESAME CULTIVATION**

**Şule HAN**

**PhD Thesis in Soil Science and Plant Nutrition**

**Supervisor: Assoc.Prof.Dr. İlker SÖNMEZ**

**January 2025; 143 pages**

This study, which aimed to determine the effects of zinc biofortification on the development of sesame plant and its grains, was carried out in 2022 and 2023 in two different sesame fields grown as Wheat-Sesame and Broad Bean-Sesame rotations according to the factorial experimental design in randomized blocks with 4 replications. After wheat and broad bean harvest, different doses of N (0, 3, 6, 9 kg N da<sup>-1</sup>) from the soil and ZnSO<sub>4</sub> (0, 0.15, 0.30, 0.45%) fertilizer were applied from the leaves for zinc biofortification; some analyses were carried out in soil, plant, leaf and grain, and growth parameters, yield and some quality traits in sesame grains were examined. According to the research results, it was determined that N fertilizer applied at different doses from the soil to sesame plants grown in wheat-sesame rotation in 2022 and 2023 had a significant effect on root width and grain yield among some morphological characteristics of the sesame plant, differed in terms of other morphological characteristics according to years, and increased grain protein and grain oil content in both trial years. It was determined that N applications on plant height were obtained from the highest N<sub>2</sub> dose application (166.5 cm) in 2022, and in terms of the interaction of N and Zn applications in 2022, the highest plant height value (177.3 cm) was obtained at the N<sub>2</sub>Zn<sub>2</sub> application dose of 6 kg N da<sup>-1</sup> and 0.30% ZnSO<sub>4</sub> application dose. In different N doses on grain yield in sesame plant, the highest grain yield (13.9 g plant<sup>-1</sup>) was obtained with N<sub>2</sub> (6 kg N da<sup>-1</sup>) application dose in 2022 and the highest grain yield (15.4 g plant<sup>-1</sup>) was obtained with N<sub>3</sub> (9 kg N da<sup>-1</sup>) application dose in 2023. In the averages of different Zn doses, Zn<sub>0</sub>, Zn<sub>1</sub> and Zn<sub>3</sub> application doses provided the highest values in 2023. In terms of N\*Zn interaction in 2023, the highest grain yield value (17.7 g plant<sup>-1</sup>) was obtained with N<sub>3</sub>Zn<sub>2</sub> application dose of 9 kg N da<sup>-1</sup> + 0.30% ZnSO<sub>4</sub> application dose. In grain zinc values, the highest values were obtained with N<sub>0</sub> and N<sub>1</sub> application doses in 2022, and in terms of the effect of Zn applications, the highest (71.69 mg kg<sup>-1</sup>) zinc value per grain was obtained with Zn<sub>3</sub> (% 0.45 ZnSO<sub>4</sub>) application dose. In terms of the effect of the averages of Zn applications in 2023, the highest (79.08 and 82.72 mg kg<sup>-1</sup>) zinc values per grain were obtained with Zn<sub>2</sub> and Zn<sub>3</sub> application doses. In the effect of increasing Zn doses on oil content in grain in 2023, the highest oil content was provided by Zn<sub>3</sub> application (55.6%). In the evaluation made in terms of NxZn interaction, N<sub>2</sub>Zn<sub>1</sub> and N<sub>2</sub>Zn<sub>2</sub> applications provided the maximum values (58.0% and 58.2%, respectively) in 2022, while the highest values in oil content in grains were obtained from N<sub>2</sub>Zn<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>Zn<sub>3</sub> applications (59.2%

and 59.1%, respectively) in 2023. It was determined that N fertilization applied at different doses from the soil to sesame plants grown in the Fava Bean-Sesame rotation in 2022 and 2023 had a significant effect on grain yield and the number of grains in the capsule among some morphological characteristics of the sesame plant, differed according to years in terms of other morphological characteristics, and increased grain protein and grain oil content in both trial years. In 2023, the highest values in N applications on plant height of sesame plants were observed from all N doses except control, while the highest value (26.43 cm) was obtained with N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) application dose in the first branch height. Maximum values were provided with maximum nitrogen doses in grain yield in both years. In terms of the effect of Zn applications in 2022 and 2023, the highest grain zinc values were provided with Zn2 and Zn3 application doses in grain zinc values. In grain oil content, the highest (% 56.3) oil contents were obtained with N0 application dose in 2022, and the highest (% 53.8) oil contents were obtained with N3 application dose in 2023. In Zn applications at different doses, the highest oil content values were obtained with all applications except Zn0 application dose in 2022, while the highest (% 51.93) value was obtained with Zn2 application dose in 2023. In terms of NxZn interaction, the highest oil content (59.4% and 58.6%, respectively) was obtained with N0Zn2 and N1Zn2 application doses in 2022, and the highest oil content (59.2%) was obtained with N3Zn1 application dose in 2023. As a result of the study, it was determined that nitrogen and zinc applications applied at different doses increased the amount of zinc in sesame grain, had a positive effect on the protein content of sesame and the amount of sesame oil, and also provided significant increases in grain yield.

In this context, considering the purpose of the study, it is of great importance to understand the value of sesame grown under farmer conditions due to the minerals, vitamins and antioxidants it contains and to support it with appropriate fertilization programs and biofortification studies. It has been interpreted that the expected effects of rotation systems are not very high, and that this is due to sesame having a short cultivation period and consuming nutrients rather than gaining nitrogen from the soil with the harvest of the pod. In traditional sesame cultivation, which is grown as a second crop, the limited use of fertilizer can negatively affect yield and some quality parameters. In this context, productivity can be increased by taking into account the nitrogen fertilization application dose. In addition, it has been tried to establish the adequacy in grain nutrition, especially in terms of zinc, in this study. Thus, higher economic income can be achieved by achieving more qualified sesame cultivation in terms of both productivity and nutrition.

**KEYWORDS:** Nitrogen, Zinc biofortification, Rotation, Sesame,

**COMMITTEE:** Assoc. Prof. Dr. İlker SÖNMEZ

Prof.Dr. Sahriye SÖNMEZ

Prof.Dr. İbrahim ERDAL

Prof.Dr. Zeliha KÜÇÜKYAMUK

Assoc. Prof. Dr. Engin YOL

## ÖNSÖZ

Yetersiz veya besin içeriği düşük gıda ürünleriyle beslenme (Çinko, Demir, Kalsiyum, Magnezyum vb. elementler) öncelikle kadın ve çocuklar olmak üzere bütün insanları olumsuz etkilemektedir. Tarım ve insan sağlığı açısından bu soruna, son yıllarda toplumların beslenme alışkanlıkları ve tarımsal ürünlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri dikkate alınarak biyo-takviye yani biyofortifikasyon yöntemi ile çözüm bulunmaya çalışılmaktadır.

Biyofortifikasyon; bitkisel tarım ürünlerinin yetiştirme aşamasında insanlar tarafından tüketilen kısımlarının, besin elementleri ve çeşitli vitaminler bakımından genetik ve agronomik yöntemler kullanılarak insan sağlığına uygun oranlarda artırılmaya çalışıldığı bir yetiştirme tekniğidir. Biyofortifikasyon çalışmaları yoksul ve Türkiye' nin de içinde yer aldığı gelişmekte olan ülkeler genelinde yukarıda belirttiğimiz nedenlerden dolayı başvurulmuş ve yaygınlaşmış bir tarımsal üretim yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu yöntemde daha çok ülkelerin tüketim alışkanlıkları dikkate alınarak, o ülke sınırları içerisinde en çok tüketimi tercih edilen tarımsal ürünler seçilerek çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Dolayısıyla ürün çeşitliliği konusunda bir darboğaz yaşanmakta ve bilimsel çalışmalar belli başlı ürünlerde yapılan biyofortifikasyon çalışmaları ile sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle bu konudaki bilimsel kaynaklar yetersizdir. Dünya kaynaklarının, giderek gerek insan eliyle gerekse yaşanan iklim krizi nedeniyle azalmasının etkilerinin kuvvetli bir şekilde hissedildiği bu yüzyılda, bu kısır döngünün yarattığı çemberin kırılarak daha geniş yelpazede ürün çeşitliliği dikkate alınmalı ve biyofortifikasyon çalışmalarının sınırları genişletilmelidir.

Susam, ülke sınırları dahilinde tarihi bir geçmişe dayalı geleneksel bir tarım ürünü olmasının yanında içerdiği besin elementleri, vitaminler ayrıca sesamin, sesamol, sesaminol, sesamolin ve tokoferol gibi antioksidan açısından zengin ve insan sağlığı açısından faydalarının bilimsel çalışmalarla desteklendiği kıymetli bir yağlı tohum bitkisidir. Susam gibi önemli bir tarla bitkisinin, günümüz koşullarında entansif tarımın yoğun olarak yapıldığı üretim yarışında, tarımsal politikalar yoluyla desteklenmemesi, durumunun devamı halinde zorlu hasat işçiliği dikkate alındığında, üretimin giderek gerileyeceği beklenen bir sonuçtur.

Kısaca değindiğimiz bu tablodan yola çıkarak Antalya ili Manavgat ilçesinde üretimi yapılan susam bitkisi üzerinde agronomik biyofortifikasyon yöntemiyle iki yıl süren bir tarla denemesi yaparak, susam bitkisini buğday arkası ve bakla arkası şeklinde iki farklı münavebeye tabi tutup, topraktan taban gübrelemesi yaparak ve yapraktan çinko biyofortifikasyonu yöntemiyle artan dozlarda uyguladığımız gübrelerle susam bitkisinin verim parametrelerinde meydana gelebilecek olası değişimleri belirlemek amacıyla çalışma başlatılmış ve bu amaç doğrultusunda bilimsel çalışmamız yürütülmüştür.

Susam yetiştiriciliğinde gübrelemenin alışkanlık edinilmediği, kısa vejetasyon süresi nedeniyle münavebeye tabi ürünler arasında sağlam bir yerdedir. Ancak işçiliğin fazla ve pahalı olması susam yetiştiriciliğinin cazibesini azaltmaktadır. Çalışmamızın tarla koşullarında projemizin amacına uygun olarak

susam bitkisine topraktan temel gübrelemeler ve yapraktan çinko uygulayarak yürütülmüş olması, susam yetiştiriciliğinde iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini de görmemizi sağlaması açısından yaşanan olumsuzluklara rağmen önemlidir. Tarla koşullarında özellikle geçmişten günümüze kadar gelen ve tarım topraklarının daha etkili kullanılmasını amaçlayan münavebe sistemlerinde iklim değişikliğinin alışla gelmiş ekim takvimi üzerine olumsuz etkilerinin, ileriki yıllarda giderek artacağı ihtimali göz önüne alındığında; çiftçi koşullarında denemenin yürütülmesinin faydalı olacağı düşünülmüştür.

Ayrıca bilimsel kaynaklarda bu çalışmamızı yürüttüğümüz Manavgat yöresinde daha önce benzer bir çalışmanın yapılmadığı, genel olarak biyofortifikasyon çalışmalarının ülke genelinde yaygınlaşması ve bilimsel çalışmalara kaynak oluşturması bakımından fayda sağlayacağı ve gelecekte tarım yöntemlerine kaynak olması bakımından önemli bir çalışma olduğu ön görülmektedir.

Bana bu konuda çalışma olanağı sunan, yardımlarını esirgemeyen ve deneyimlerini paylaşan danışman hocam sayın Doç.Dr. İlker SÖNMEZ'e, çalışmamın bilimsel açıdan daha faydalı olması açısından yaptıkları değerlendirmeleri ve kıymetli katkılarından dolayı değerli hocalarım Prof.Dr. Sahriye SÖNMEZ, Prof.Dr. İbrahim ERDAL, Prof.Dr. Zeliha KÜÇÜKYUMUK ve Doç.Dr. Engin YOL'a çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışmamıza desteklerinden dolayı Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine (BAP) ve Fen Bilimleri Enstitüsü'ne teşekkür ederim.

Çalışmamın laboratuvar aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Zir. Yük. Müh. Aylin ZAMBAK ÖZGÜR' e ve Arş.Gör. Büşra ÇALIK ZYAMBO' ya teşekkür ederim.

Saha çalışmamızı destekleyen ve katkı sunan, projemizin yürütüldüğü dönemde Manavgat İlçe Tarım ve Orman Müdürü görevini yürüten Ziraat Mühendisi Hakan ARANMAZ'a çok teşekkür ederim.

Susam tarlasında susam hasatı ve gerekli ölçümleri yapmak, insan sabrının sınırlarını zorlayan bir durumdu ve bu tarla denemesi ekip çalışması olmadan yürütülemezdi. Bu nedenle zorlu arazi çalışmalarında, kısıtlı imkanlar dahilinde desteklerini esirgemeyen meslektaşlarım; Ayşegül BOZLAĞAN'a, Cüneyt MUKU'ya, Eyüp Çağlar ŞAHİNER'e, Hülya AYDOĞMUŞ'a, Ülkü KIZILKAYA'ya, Ünver Talha KOÇ'a, Mustafa BARCIN'a, Mustafa UĞUR'a ve Yener ÇETİN'e çok teşekkür ederim.

Nihai olarak benden maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen, eğitim hayatımı destekleyen ve her zorlukta yanımda olan kıymetli aileme sonsuz sevgi, saygı ve minnettarlığımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ÖZET.....                                                                                    | i   |
| ABSTRACT.....                                                                                | iii |
| ÖNSÖZ .....                                                                                  | v   |
| AKADEMİK BEYAN .....                                                                         | xi  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                                                 | xii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                         | xiv |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                      | xv  |
| 1. GİRİŞ .....                                                                               | 1   |
| 2. KAYNAK TARAMASI .....                                                                     | 8   |
| 2.1. Azotlu Gübreleme ile İlgili Çalışmalar .....                                            | 9   |
| 2.2. Çinko ve Çinko Biyofortifikasyonu ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....                   | 15  |
| 3. MATERYAL ve METOT .....                                                                   | 24  |
| 3.1. Materyal.....                                                                           | 24  |
| 3.1.1. Deneme alanı .....                                                                    | 24  |
| 3.1.2. Çalışma alanının tanıtılması .....                                                    | 24  |
| 3.1.3. Bitki materyali .....                                                                 | 26  |
| 3.1.4. Toprak materyali.....                                                                 | 26  |
| 3.1.5. İklim özellikleri .....                                                               | 28  |
| 3.2. Metot .....                                                                             | 29  |
| 3.2.1. Toprak hazırlığı, parsellerin oluşturulması ve topraktan gübreleme uygulamaları ..... | 29  |
| 3.2.2. Bitkilere yapraktan yapılan uygulamalar .....                                         | 32  |
| 3.2.3. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazır hale getirilmesi.....                   | 32  |
| 3.2.4. Yaprak örneklerinin alınması ve analize hazır hale getirilmesi.....                   | 32  |
| 3.2.5. Toprak analiz yöntemleri .....                                                        | 33  |
| 3.2.6. Yaprak analiz yöntemleri.....                                                         | 34  |
| 3.2.7. Susam dane analiz yöntemleri .....                                                    | 34  |
| 3.2.8. Ölçülen özellikler.....                                                               | 34  |
| 3.2.9. Ölçüm ve değerlendirmeler .....                                                       | 36  |
| 3.2.10. Yağ miktarı tayini .....                                                             | 37  |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                                                | 38  |

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Buğday-Susam münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisinin Bazı Morfolojik Özelliklerine Ait Analiz Sonuçları ve Tartışması .....   | 38 |
| 4.1.1 Susam bitkilerinde bitki boy uzunlukları.....                                                                                    | 38 |
| 4.1.2 Susam bitkilerinin ilk dal yüksekliği .....                                                                                      | 39 |
| 4.1.3 Susam bitkilerinin yan dal sayısı .....                                                                                          | 41 |
| 4.1.4 Susam bitkilerinin kök uzunluğu(cm) .....                                                                                        | 42 |
| 4.1.5 Susam bitkilerinin kök genişliği (cm).....                                                                                       | 43 |
| 4.1.6 Susam bitkilerinin kapsül sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> ) .....                                                               | 44 |
| 4.1.7 Susam bitkilerinin 1000 dane ağırlığı.....                                                                                       | 46 |
| 4.1.8 Susam bitkilerinin dane verimi (g bitki <sup>-1</sup> ).....                                                                     | 47 |
| 4.1.9 Susam bitkilerinin kapsül uzunluğu (cm) .....                                                                                    | 49 |
| 4.1.10 Susam bitkilerinin kapsüldeki dane sayısı (adet kapsül <sup>-1</sup> ).....                                                     | 50 |
| 4.2. Buğday-Susam münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Dane Örneklerinin Besin Elementi Analiz Sonuçları ve Tartışması ..... | 51 |
| 4.2.1. Susam danesinin toplam azot içeriği .....                                                                                       | 51 |
| 4.2.2. Susam danesinin fosfor içeriği.....                                                                                             | 53 |
| 4.2.3. Susam danesinin potasyum içeriği.....                                                                                           | 54 |
| 4.2.4. Susam danesinin kalsiyum içeriği .....                                                                                          | 55 |
| 4.2.5. Susam danesinin magnezyum içeriği.....                                                                                          | 57 |
| 4.2.6. Susam danesinin çinko içeriği .....                                                                                             | 58 |
| 4.2.7. Susam danesinin mangan içeriği .....                                                                                            | 59 |
| 4.2.8. Susam danesinin bakır içeriği.....                                                                                              | 61 |
| 4.3. Buğday-Susam münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Dane Örneklerinin Analiz Sonuçları ve Tartışması .....                | 62 |
| 4.3.1. Susam danesinin yağ içeriği .....                                                                                               | 62 |
| 4.3.2. Susam danesinin protein içeriği.....                                                                                            | 63 |
| 4.4. Buğday-Susam münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Yaprak Örneklerinin Analiz Sonuçları ve Tartışması .....              | 65 |
| 4.4.1. Susam yapraklarının toplam azot içerikleri .....                                                                                | 65 |
| 4.4.2. Susam yapraklarının fosfor içerikleri .....                                                                                     | 66 |
| 4.4.3. Susam yapraklarının potasyum içerikleri .....                                                                                   | 68 |
| 4.4.4. Susam yapraklarının kalsiyum içerikleri .....                                                                                   | 69 |

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.5. Susam yapraklarının magnezyum içerikleri .....                                                                                | 70  |
| 4.4.6. Susam yapraklarının çinko içerikleri .....                                                                                    | 72  |
| 4.4.7. Susam yapraklarının mangan içerikleri .....                                                                                   | 73  |
| 4.4.8. Susam yapraklarının bakır içerikleri.....                                                                                     | 75  |
| 4.5. Bakla-Susam Münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisinin Bazı Morfolojik Özelliklerine Ait Analiz Sonuçları ve Tartışması .....  | 76  |
| 4.5.1 Susam bitkilerinde bitki boy uzunlukları.....                                                                                  | 76  |
| 4.5.2 Susam bitkilerinde ilk dal yüksekliği .....                                                                                    | 77  |
| 4.5.3 Susam bitkilerinde yan dal sayısı ölçüm değerleri .....                                                                        | 78  |
| 4.5.4 Susam bitkilerinde kök uzunluğu (cm).....                                                                                      | 80  |
| 4.5.5 Susam bitkilerinde kök genişliği (cm).....                                                                                     | 81  |
| 4.5.6 Susam bitkilerinde kapsül sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> ) ölçüm değerleri .....                                             | 83  |
| 4.5.7 Susam bitkilerinde 1000 dane ağırlığı ölçüm değerleri.....                                                                     | 84  |
| 4.5.8 Susam bitkilerinde dane verimi (g bitki <sup>-1</sup> ) ölçüm değerleri.....                                                   | 86  |
| 4.5.9 Susam bitkilerinde kapsül uzunluğu (cm) ölçüm değerleri .....                                                                  | 88  |
| 4.5.10 Susam bitkilerinde kapsüldeki dane sayısı (adet kapsül <sup>-1</sup> ) ölçüm değerleri .....                                  | 89  |
| 4.6. Bakla-Susam Münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Dane Örneklerinin Besin Elementi Analiz Sonuçları ve Tartışması..... | 91  |
| 4.6.1. Susam danesinin toplam azot içeriği .....                                                                                     | 91  |
| 4.6.2. Susam danesinin fosfor içeriği.....                                                                                           | 92  |
| 4.6.3. Susam danesinin potasyum içeriği.....                                                                                         | 93  |
| 4.6.4. Susam danesinin kalsiyum içeriği .....                                                                                        | 95  |
| 4.6.5. Susam danesinin magnezyum içeriği.....                                                                                        | 96  |
| 4.6.6. Susam danesinin çinko içeriği .....                                                                                           | 97  |
| 4.6.7. Susam danesinin mangan içeriği .....                                                                                          | 98  |
| 4.6.8. Susam danesinin bakır içeriği.....                                                                                            | 100 |
| 4.7. Bakla-Susam Münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Dane Örneklerinin Analiz Sonuçları ve Tartışması .....               | 101 |
| 4.7.1. Susam danesinin yağ içeriği .....                                                                                             | 101 |
| 4.7.2. Susam danesinin Protein içeriği .....                                                                                         | 102 |

|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.8. Bakla-Susam Münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Yaprak Örneklerinin Analiz Sonuçları ve Tartışması ..... | 103 |
| 4.8.1. Susam yapraklarının toplam azot içerikleri .....                                                                  | 103 |
| 4.8.2. Susam yapraklarının fosfor içerikleri .....                                                                       | 105 |
| 4.8.3. Susam yapraklarının potasyum içerikleri .....                                                                     | 106 |
| 4.8.4. Susam yapraklarının kalsiyum içerikleri .....                                                                     | 107 |
| 4.8.5. Susam yapraklarının magnezyum içerikleri .....                                                                    | 109 |
| 4.8.6. Susam yapraklarının çinko içerikleri .....                                                                        | 110 |
| 4.8.7. Susam yapraklarının mangan içerikleri .....                                                                       | 111 |
| 4.8.8. Susam yapraklarının bakır içerikleri.....                                                                         | 113 |
| 5. SONUÇLAR .....                                                                                                        | 115 |
| 6. KAYNAKLAR .....                                                                                                       | 122 |
| ÖZGEÇMİŞ                                                                                                                 |     |

## AKADEMİK BEYAN

Doktor Tezi olarak sunduğum “İkinci Ürün Susam Yetiştiriciliğinde Toprakdan Azot ve Yapraktan Çinko Uygulamalarının Susam Bitkisinin Verim ve Verim Bileşenleri ile Danede Çinko Biyofortifikasyonu Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

10/01/2025

Şule HAN

İmzası

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

|                |                                 |
|----------------|---------------------------------|
| ppm            | : Milyonda kısım                |
| cm             | : Santimetre                    |
| mm             | : Milimetre                     |
| m <sup>2</sup> | : Metre kare                    |
| m <sup>3</sup> | : Metre küp                     |
| da             | : Dekar                         |
| ha             | : Hektar                        |
| %              | : Yüzde kısım                   |
| me/100g        | : Milieşdeğer iyon/100 g toprak |
| Kg             | : Kilogram                      |
| N              | : Azot                          |
| P              | : Fosfor                        |
| K              | : Potasyum                      |
| Ca             | : Kalsiyum                      |
| Mg             | : Magnezyum                     |
| Mn             | : Mangan                        |
| Cu             | : Bakır                         |
| Zn             | : Çinko                         |

### **Kısaltmalar**

|         |                                                                 |
|---------|-----------------------------------------------------------------|
| ATP     | : Adenozin trifosfat                                            |
| EC      | : Elektriksel iletkenlik                                        |
| FAO     | : The Food and Agriculture Organization                         |
| ICP-OES | : Inductively coupled plasma-optical emission spectrophotometer |
| pH      | : Hidrojen iyonu konsantrasyonu eksi logaritması                |
| MGM     | : Meteoroloji Genel Müdürlüğü                                   |
| M.Ö     | : Milattan Önce                                                 |
| NADPH   | : Nikotinamide Adenin Dinükleotid Fosfat                        |
| TÜİK    | : Türkiye İstatistik Kurumu                                     |
| WHO     | : World Health Organization                                     |
| vb      | : Ve benzeri                                                    |
| vd.     | : Ve diğerleri                                                  |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 3.1.</b> Deneme alanlarına ait genel bir görüntü.....                                                                                                                          | 25 |
| <b>Şekil 3.2.</b> Buğday-Susam münavebe sistemine göre yapılan çalışma alanını ait görüntü.....                                                                                         | 25 |
| <b>Şekil 3.3.</b> Bakla-Susam münavebe sistemine göre yapılan çalışma alanını ait görüntü ...                                                                                           | 26 |
| <b>Şekil 3.4.</b> Deneme alanlarından toprak örneklerinin alınması ve susam ekimi öncesinde deneme alanından genel bir görüntü .....                                                    | 28 |
| <b>Şekil 3.5.</b> 1. ve 2. yıl susam ekim hazırlığında ana parsellere ait genel bir görüntü.....                                                                                        | 29 |
| <b>Şekil 3.6.</b> 1. ve 2. yıl susam ekim hazırlığı öncesinde gübreleme hazırlığına ait genel bir görüntü.....                                                                          | 30 |
| <b>Şekil 3.7.</b> Makine ile ekimi yapılan Susamda genel bir görüntü .....                                                                                                              | 30 |
| <b>Şekil 3.8.</b> Deneme alanında parselleme ve işaretleme işleminden genel bir görüntü.....                                                                                            | 31 |
| <b>Şekil 3.9.</b> Deneme alanlarında yağmurlama sulama uygulaması.....                                                                                                                  | 31 |
| <b>Şekil 3.10.</b> Deneme alanlarında susam bitkisine yapraktan çinko sülfat ( $ZnSO_4$ ) gübre uygulamasından genel bir görüntü.....                                                   | 32 |
| <b>Şekil 3.11.</b> Deneme alanlarından alınan susam bitkisi yaprak örnekleri.....                                                                                                       | 33 |
| <b>Şekil 3.12.</b> Çiçeklenme ve ilk kapsül oluşumu döneminde susamın genel görünümü...                                                                                                 | 35 |
| <b>Şekil 3.13.</b> Tarımsal ve kalite parametrelerini belirlemek için seçilen 5 adet bitkinin üzerinde yapılan bazı ölçümlerin yer aldığı susam deneme alanından genel bir görüntü..... | 35 |
| <b>Şekil 3.14.</b> Akdeniz Üniversitesi uygulama serasında hasat edilen susamların kurutulması.....                                                                                     | 36 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 3.1.</b> İki yetiştirme döneminde (2022 ve 2023) susam ekiminden önce ve hasat sonrası Buğday-Susam ve Bakla-Susam münavebesinde susam ekimi öncesi ve sonrasında alınan toprak örneklerinin besin elementi içeriklerine ait analiz sonuçları..... | 27 |
| <b>Çizelge 3.2.</b> Araştırmaya konu olan deneme alanlarını bulunduğu Antalya ili Manavgat ilçesinin 2022-2023 yıllarına ait meteorolojik verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) .....                                                                        | 28 |
| <b>Çizelge 4.1.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin bitki boyunu(cm) içeren varyans analiz sonuçları.....                                                                                   | 38 |
| <b>Çizelge 4.2.</b> Farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin bitki boyu değerlerine etkisi (cm) <sup>1</sup> .....                                                                                                              | 39 |
| <b>Çizelge 4.3.</b> Farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin ilk dal yüksekliği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                                                                                                | 40 |
| <b>Çizelge 4.4.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin ilk dal yüksekliği değerlerine etkisi (cm) <sup>1</sup> .....                                                                           | 40 |
| <b>Çizelge 4.5.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin yan dal sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> ) değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                                             | 41 |
| <b>Çizelge 4.6.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin yan dal sayısı değerlerine etkisi (adet bitki <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> .....                                                        | 42 |
| <b>Çizelge 4.7.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kök uzunluğu değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                                                                           | 42 |
| <b>Çizelge 4.8.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kök uzunluğu değerlerine etkisi (cm) <sup>1</sup> .....                                                                                 | 43 |
| <b>Çizelge 4.9.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kök genişliği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                                                                          | 43 |

|                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 4.10.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kök genişliği değerlerine etkisi (cm) <sup>1</sup> .....                                   | 44 |
| <b>Çizelge 4.11.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsül sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> ) değerlerini içeren varyans analiz sonuçları..... | 45 |
| <b>Çizelge 4.12.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsül sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> değerlerine etkisi .....            | 45 |
| <b>Çizelge 4.13.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin 1000 dane ağırlığı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                        | 46 |
| <b>Çizelge 4.14.</b> Buğday- Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022- 2023 yıllarında susam bitkilerinin 1000 dane ağırlığı değerlerine etkisi (g) <sup>1</sup> .....                             | 47 |
| <b>Çizelge 4.15.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin dane verimi değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                               | 47 |
| <b>Çizelge 4.16.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin dane verimi değerlerine etkisi(g bitki <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> .....                  | 48 |
| <b>Çizelge 4.17.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde kapsül uzunluğu değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                             | 49 |
| <b>Çizelge 4.18.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsül uzunluğu değerlerine etkisi (cm) <sup>1</sup> .....                                 | 50 |
| <b>Çizelge 4.19.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsüldeki dane sayısı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                    | 50 |
| <b>Çizelge 4.20.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsüldeki dane sayısı değerlerine etkisi (adet kapsül <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> .....  | 51 |
| <b>Çizelge 4.21.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede toplam azot içeriğini içeren varyans analiz sonuçları.....                            | 52 |

|                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 4.22.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede toplam azot içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                       | 52 |
| <b>Çizelge 4.23.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede fosfor (%) <sup>1</sup> içeriğini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 53 |
| <b>Çizelge 4.24.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede fosfor içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                            | 54 |
| <b>Çizelge 4.25.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede potasyum içeriğini içeren varyans analiz sonuçları... ..                            | 54 |
| <b>Çizelge 4.26.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede potasyum içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                          | 55 |
| <b>Çizelge 4.27.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede kalsiyum içeriğini içeren varyans analiz sonuçları(%) <sup>1</sup> .....            | 56 |
| <b>Çizelge 4.28.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede kalsiyum içeriği değerlerine etkisi(%) <sup>1</sup> .....                           | 56 |
| <b>Çizelge 4.29.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede magnezyum içeriğini içeren varyans analiz sonuçları.....                            | 57 |
| <b>Çizelge 4.30.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede magnezyum içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                | 57 |
| <b>Çizelge 4.31.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede çinko içeriğini içeren varyans analiz sonuçları.....                       | 58 |
| <b>Çizelge 4.32.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede çinko içeriği değerlerine etkisi (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> ..... | 59 |
| <b>Çizelge 4.33.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede mangan içeriğini içeren varyans analiz sonuçları.....                      | 60 |

|                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 4.34.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede mangan içeriği değerlerine etkisi (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> ..... | 60 |
| <b>Çizelge 4.35.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede bakır içeriğini içeren varyans analiz sonuçları.....                        | 61 |
| <b>Çizelge 4.36.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede bakır içeriği değerlerine etkisi (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> .....  | 61 |
| <b>Çizelge 4.37.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede yağ içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....                             | 62 |
| <b>Çizelge 4.38.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede yağ içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                       | 63 |
| <b>Çizelge 4.39.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede protein içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....                         | 64 |
| <b>Çizelge 4.40.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede protein içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                   | 64 |
| <b>Çizelge 4.41.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak toplam N içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....                        | 65 |
| <b>Çizelge 4.42.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak toplam N değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                          | 66 |
| <b>Çizelge 4.43.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak P içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....                               | 66 |
| <b>Çizelge 4.44.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak P değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                                 | 67 |
| <b>Çizelge 4.45.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak K içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....                               | 68 |

|                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 4.46.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak K değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                     | 69 |
| <b>Çizelge 4.47.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Ca içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....                  | 69 |
| <b>Çizelge 4.48.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Ca değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                    | 70 |
| <b>Çizelge 4.49.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Mg içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....                  | 71 |
| <b>Çizelge 4.50.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Mg değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                    | 71 |
| <b>Çizelge 4.51.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Zn içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....                  | 72 |
| <b>Çizelge 4.52.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Zn değerlerine etkisi (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> ..... | 73 |
| <b>Çizelge 4.53.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Mn içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....                  | 74 |
| <b>Çizelge 4.54.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Mn değerlerine etkisi (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> ..... | 74 |
| <b>Çizelge 4.55.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Cu içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....                  | 75 |
| <b>Çizelge 4.56.</b> Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Cu değerlerine etkisi (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> ..... | 76 |
| <b>Çizelge 4.57.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitki boyunu içeren varyans analiz sonuçları.....                                  | 76 |
| <b>Çizelge 4.58.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitki boyu değerlerine etkisi (cm) <sup>1</sup> .....                              | 77 |

|                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 4.59.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam ilk dal yüksekliği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 78 |
| <b>Çizelge 4.60.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam ilk dal yüksekliği değerlerine etkisi (cm) <sup>1</sup> .....                    | 78 |
| <b>Çizelge 4.61.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam yan dal sayısı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları...                    | 79 |
| <b>Çizelge 4.62.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam yan dal sayısı değerlerine etkisi (adet bitki <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> ..... | 80 |
| <b>Çizelge 4.63.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam kök uzunluğu değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                    | 80 |
| <b>Çizelge 4.64.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında kök uzunluğu değerlerine etkisi (cm) <sup>1</sup> .....                                | 81 |
| <b>Çizelge 4.65.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam kök genişliği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                   | 82 |
| <b>Çizelge 4.66.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında kök genişliği değerlerine etkisi (cm) <sup>1</sup> .....                               | 82 |
| <b>Çizelge 4.67.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam kapsül sayısı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları...                     | 83 |
| <b>Çizelge 4.68.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında kapsül sayısı değerlerine etkisi (adet) <sup>1</sup> .....                             | 84 |
| <b>Çizelge 4.69.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam 1000 dane ağırlığı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 84 |
| <b>Çizelge 4.70.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında 1000 dane ağırlığı değerlerine etkisi (g) <sup>1</sup> .....                           | 85 |
| <b>Çizelge 4.71.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam dane verimi değerlerini içeren varyans analiz sonuçları....                      | 86 |
| <b>Çizelge 4.72.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane verimi değerlerine etkisi (g bitki <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> .....             | 87 |

|                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 4.73.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam kapsül uzunluğu değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....        | 88 |
| <b>Çizelge 4.74.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında kapsül uzunluğu değerlerine etkisi (cm) <sup>1</sup> .....                    | 89 |
| <b>Çizelge 4.75.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam kapsüldeki dane sayısı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları..... | 90 |
| <b>Çizelge 4.76.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında kapsüldeki dane sayısı değerlerine etkisi (adet) <sup>1</sup> .....           | 90 |
| <b>Çizelge 4.77.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane toplam N içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....        | 91 |
| <b>Çizelge 4.78.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane toplam N içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....               | 92 |
| <b>Çizelge 4.79.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane P içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....               | 92 |
| <b>Çizelge 4.80.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane P içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                      | 93 |
| <b>Çizelge 4.81.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane K içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....               | 94 |
| <b>Çizelge 4.82.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane K içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                      | 94 |
| <b>Çizelge 4.83.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Ca içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 95 |
| <b>Çizelge 4.84.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Ca içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                     | 95 |
| <b>Çizelge 4.85.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Mg içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 96 |
| <b>Çizelge 4.86.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Mg içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                     | 96 |
| <b>Çizelge 4.87.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Zn içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 97 |

|                                                                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 4. 88.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Zn içeriği değerlerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) <sup>1</sup> .....  | 98  |
| <b>Çizelge 4. 89.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Mn içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....               | 99  |
| <b>Çizelge 4. 90.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Mn içeriği değerlerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) <sup>1</sup> .....  | 99  |
| <b>Çizelge 4. 91.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Cu içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....               | 100 |
| <b>Çizelge 4. 92 .</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Cu içeriği değerlerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) <sup>1</sup> ..... | 100 |
| <b>Çizelge 4. 93.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane yağ içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 101 |
| <b>Çizelge 4.94.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane yağ içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                      | 102 |
| <b>Çizelge 4.95.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane protein içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....           | 102 |
| <b>Çizelge 4.96.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane protein içeriği değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                  | 103 |
| <b>Çizelge 4.97.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak toplam N değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                | 104 |
| <b>Çizelge 4.98.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak toplam N değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                       | 104 |
| <b>Çizelge 4.99.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak P değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                       | 105 |
| <b>Çizelge 4.100.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak P değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                             | 105 |
| <b>Çizelge 4.101.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak K değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                      | 116 |
| <b>Çizelge 4.102.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak K değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                             | 107 |
| <b>Çizelge 4.103.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Ca değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....                     | 107 |

|                                                                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 4.104.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Ca değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                     | 108 |
| <b>Çizelge 4.105.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Mg değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 109 |
| <b>Çizelge 4.106.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Mg değerlerine etkisi (%) <sup>1</sup> .....                     | 109 |
| <b>Çizelge 4.107.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Zn değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 110 |
| <b>Çizelge 4.108.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Zn değerlerine etkisi (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> .....  | 111 |
| <b>Çizelge 4.109.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Mn değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 112 |
| <b>Çizelge 4.110.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Mn değerlerine etkisi (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> .....  | 112 |
| <b>Çizelge 4.111.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Cu değerlerini içeren varyans analiz sonuçları.....              | 113 |
| <b>Çizelge 4. 112.</b> Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Cu değerlerine etkisi (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> ..... | 114 |

## 1. GİRİŞ

Yetersiz veya besin içeriği düşük gıda ürünleriyle beslenme (çinko, demir, kalsiyum, magnezyum vb.) öncelikle kadın ve çocuklar olmak üzere bütün insanları olumsuz etkilemektedir ve bu durum küresel bir sorun olsa da Türkiye'nin de içinde bulunduğu gelişmekte olan ülkelerde daha çok görülmektedir. Bahsi geçen ülkelerde, yaşayan dar gelirli insanların dengeli beslenme için gerekli olan gıdalara erişimlerinin sınırlı olması ve ulaşabildikleri gıdaların ise besin maddeleri içeriği bakımından yetersizliği, bireylerin sağlıklı bir şekilde gelişmelerinin önündeki engellerden biridir. Tarım ve insan sağlığı açısından bu soruna son yıllarda toplumların beslenme alışkanlıkları ve tarımsal ürünlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin dikkate alınmasıyla biyo-takviye yani biyofortifikasyon yöntemi ile çözüm yolu bulmaya çalışılmaktadır.

Biyofortifikasyon çoğu bilimsel kaynakta hemen hemen aynı tanımlamalarla açıklanmış ve genel olarak dünyada, coğrafyalarına göre ülkelerin nüfuslarının günlük tüketim alışkanlıklarında tercih ettikleri tarım ürünlerinin çeşitli tarımsal yöntemler kullanarak besin içeriklerinin belli bir seviyeye çıkarılması olarak tanımlanmıştır. Sürdürülebilir tarım açısından biyofortifikasyon yöntemiyle gelişmekte olan ülkelerdeki kırsal nüfusun besin kaynaklarının içeriğinin güçlendirilmesi amacıyla tarım ürünlerinin tüketilen kısımlarının insan sağlığı açısından gerekli olan mikro besin elementleri bakımından zenginleştirilmesinin sağlanması uzun vade de olsa önemli bir tarım stratejisidir. Biyofortifikasyon çalışmaları farklı yöntemler kullanılarak denenmekle birlikte genetik ve agronomik biyofortifikasyon adı altında iki farklı yöntem kullanılarak tarımda kullanılmaktadır. Genetik biyofortifikasyon; tarımsal ürünlerin sahip olduğu gen çeşitliliğinden yararlanılarak içeriği artırılmak istenen besin elementi veya bileşikleri diğer çeşitlere göre daha fazla biriktiren modern çeşitlerin ıslah edilmesi yöntemidir. Biyoçeşitlilik çalışmalarının öncülüğünü yapan, Harvest Plus biyozenginleştirme programında Fe ve Zn için yabani buğday bitkilerinin sahip olduğu genetik çeşitlilikten faydalanılarak istenen özellikte modern çeşitler geliştirilmiştir (White ve Broadley 2005). Agronomik biyofortifikasyon; yetiştiriciliği yapılan modern çeşitlerin tüketilen dokularında gübreleme yolu ile gerekli besin elementlerinin miktarının artırılmasıdır. Hedef olarak asıl amaçlanan tarımsal verim artışı değil, bitkilerin tüketilen kısımlarının istenilen besin elementi içeriği bakımından zenginleştirilmesidir.

Bu amaçla yapılan gübreleme gelişmiş gübreleme olarak nitelendirilmekte ve mikro element bakımından bitkilerin beslenmesi önem kazanmaktadır. Burada gübreleme toksik sınırın altında, optimum seviyenin üzerinde lüks tüketim sınırları dahilinde olmaktadır (Orman 2016). Yapılan bazı bilimsel denemelerde olumsuz toprak koşulları altında genetik biyofortifikasyon çalışmaları neticesinde elde edilmiş çeşitlerin bile doğru gübreleme yapılmadığı takdirde sınırlı performans gösterdiği ortaya konulmuştur. Herhangi bir bitki besin elementi toprakta yeterli düzeyde bulunsun bile yine de bitkide o elementin noksanlığı görülebilmektedir (Miller vd. 1984).

Dünya üzerinde bulunan ülkelerde yaşayan insanların yaygın tüketim alışkanlığı olan besinlerin örneğin uzak doğu ülkeleri için pirinç, Afrika ülkelerinde patates, Orta Asya'da bulunan Türkiye gibi buğday tüketiminin fazla olduğu ülkelerde buğday üzerine çeşitli biyofortifikasyon yöntemleri kullanılarak pek çok bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yukarıda verilen örneklerden yola çıkarak, ülkelerin tüketim alışkanlıklarının temel alınması biyofortifikasyon çalışmalarının yaygınlaşmasında

izlenen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak son zamanlarda gerçekleştirilen biyofortifikasyon çalışmalarında, ülkelere göre yaygın tüketim alışkanlığının dışına çıkılarak fasulye, soya, marul, ıspanak vb. farklı ürünlerde de deneme yoluna gidilmiştir. Biyofortifikasyon yönteminde kullanılan ürün çeşitliliğinin artması, biyofortifikasyon yönteminin gelecek yıllarda tarımsal üretim deseninde önemli bir yer alacağını göstergesidir. Bu öngörüden yola çıkarak yürütülen bu çalışmada biyofortifikasyon yöntemi, bölgemizde geçmişten gelen ve günümüze değin üretimi yapılan, ayrıca içerdiği antioksidanlar bakımından önemli bir yağ bitkisi olan, çeşitli kullanım alanlarıyla gıda sektöründe geniş bir yer tutan susam bitkisi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Susam (*Sesamum indicum* L.), önemli ve dünyada en eski yağ bitkisidir ve Pedaliaceae familyasına aittir. Susam besleyici, tedavi edici ve gıda sektöründe çeşitli kullanım özellikleri nedeniyle Afrika ve Asya'da yetiştirilmektedir (Anilakumar vd. 2010). Susam üstün kalitesi nedeniyle yağlı tohumlu bitkilerin kraliçesi olarak kabul edilmektedir. Ekstraksiyon kolaylığı, sabitliği ve kuraklığa karşı toleransı nedeniyle dünya çapında önemli bir yağlı tohum bitkisidir (Bedigian ve Vander, 2003). Yazlık bir yağ bitkisi olan susam tohumları %50-60 oranında yağ ve %25 oranında protein içermektedir. Susam yağı yüksek oranda oleik (%40-50) ve linoleik (%45-50) gibi doymamış yağ asitleri ile palmitik (%7-9), stearik (%4-5) ve araşidik (%0.4-1.0) gibi doymuş yağ asitlerini içermektedir. Susam yağı doymamış yağ asitlerince zengin içeriği nedeniyle, sağlıklı beslenme bakımından büyük önem taşımaktadır (Tan 2012).

Dünyada 21. yüzyılın insanları için yaşama koşulları, gerek iklimsel ve çevresel koşulların kötüleşmesi gerekse savaşların yarattığı kaos ortamlarından dolayı giderek zorlaşmaktadır. Gelişmekte olan birçok ülkede beslenme konusunda büyük zorluklar yaşanmakta ve bu ülkelerdeki insanlar arasında yetersiz beslenme, hatta ölümlere yol açabilecek boyutlarda şiddetli açlık yaşanmaktadır. Tüketim için mevcut gıdaların yetersiz miktar ve kalitesi, makro ve mikro besin eksikliklerine neden olan etkenlerin başında yer almaktadır. Biyo-takviye, gelişmekte olan ülkelerde gizli açlığı ortadan kaldırmak amacıyla, mahsullerin mikro besin değerlerini artırmak için ortaya çıkan etkili bir yöntemdir (Ngozi 2013).

İnsan beslenmesi için mutlak surette gereksinim duyulan yağların büyük bir kısmı, bitkisel kökenli yağlardan karşılanmaktadır. Hayvansal kökenli yağların üretiminin pahalı ve yeterli olmaması ayrıca günümüzde insanların beslenme alışkanlıklarının değişmesi bitkisel kökenli yağların önemini daha da artırmaktadır. Susam, içerdiği bitki besin elementleri, antioksidanlar, proteinler, vitaminler vb. içeriklerinden dolayı önemli bir besin kaynağıdır. Susam; tohumlarının %50-60 yağ içermesi (Yermanos vd. 1972) ve bu yağda her birinin oranı yaklaşık %40 olan oleik ve linoleik asitler ile dengeli bir yağ asitleri kompozisyonuna sahip olması (Liu vd. 1992); ayrıca yağında doğal olarak bulunan sesamin, sesamol, sesamolin, sesaminol ve tokoferoller gibi antioksidanları içermesi nedeniyle oksitlenmeye karşı yüksek direnç gösterir (Yoshida vd. 1997). Bu özellikleri susamı diğer pek çok yağlı tohumlu bitkilere kıyasla üstün kılmaktadır.

Susam tohumlarının içerisinde bulunan ve antioksidan değeri olan sesamolinin kan kanseri hücrelerinin gelişimini engellediği belirlenmiştir (Ryu vd. 2003). Susamın bitki ve insan patojenlerine karşı da koruyucu etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Organik tarımda topraktaki patojenlere karşı yetiştirilen bitkinin korunması amacıyla susam hasatından sonra geriye kalan susam bitki artıkları parçalanıp toprağa karıştırılmaktadır.

Susam bitkisi sesamin, sesamolin ve sesamol gibi antioksidanlara sahip olmasından dolayı nematisidal etkiye sahip bileşenler içermektedir (Radwan vd. 2009). Susam bitkisinin ve yağının bitki paraziti nematodlarına karşı kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır ve bu çalışmalarda susam bitkisi ekstraktının nematodlara karşı sistemik bir aktiviteye sahip olduğu bildirilmiş ve yine bazı hibrit susam ekstraktlarının endoparazitik ve ektoparazitik nematodlara karşı etkileri belirlenmiştir (Kankam vd. 2015).

Susam düşük girdili bir tarım ürünü olması nedeniyle verimliliği düşüktür. Ancak dünya nüfusu giderek artmakta, tarım arazileri çeşitli sebeplerden ötürü vasfını yitirmekte ayrıca günümüzde giderek artan ve etkileri daha fazla hissedilen iklimde meydana gelen değişimler nedeniyle ve diğer tüm tarımsal ürünlerde olduğu gibi susam yetiştiriciliğinde de verimlilik daha da önem kazanmaktadır. Bu nedenle vejetatif ve generatif gelişiminin kısa olduğu susam yetiştiriciliğinde verimlilik artışına büyük oranda katkı sağlayan gübreleme uygulamalarına ihtiyaç söz konusu olup, verimliliğin yanı sıra ürün kalitesini önceleyen uygulamalar da bu kapsamda öncelikli olarak dikkate alınmalıdır. Örneğin susam danesinde önemli miktarda (%17-32) protein bulunmakta ancak susam yetiştiriciliğinde gübrelemenin az ya da hiç yapılmaması toprağın azot miktarının yetersiz olmasına ve böylece protein oranının düşük kalmasına neden olabilmektedir (Cürat 2010).

Tropik ve subtropik ve mikroklima iklim kuşaklarında yetiştirilebilen bir bitki türü olan susam çoğu bilimsel kaynaklara göre kültüre alınmış en eski yağ bitkilerinden biri olarak tanımlanır ve bu bilgiyi destekleyen tarihi kanıtlar da mevcuttur (Ashri 1998). Bedigian ve Harlan (1998), Hindistan'daki Harappa vadisinde tarihi M.Ö. 5000-5500 yılına ait arkeolojik kazıda susam kalıntıları bulmuşlardır (Zhang 2013). Araştırmanın yürütüldüğü Antalya ili Manavgat ilçesinde susamın geçmişi tam olarak bilinmese de 1300'lü yıllardan itibaren susam tarımının yapıldığı ve Osmanlı İmparatorluğu'nda saray çevresinin Manavgat susamından vergi aldığını gösteren tarihi kayıtların mevcut olduğu bilinmektedir (Öz 2022).

Susam bitkisi günümüzde başta Hindistan, Sudan ve Çin olmak üzere dünyanın tropik ve subtropik iklim kuşağı özelliklerine sahip birçok yerinde yetiştirilmektedir. Gelişme süresinin kısalığı, toprak seçiciliğinin fazla olmayışı, besin maddelerine duyulan ihtiyacın az olması, kuraklığa toleranslı oluşu ve pazarlama konusunda bir sıkıntı olmaması sebebiyle susam ülkemizde ana ve ikinci ürün tarımında önemli bir yer tutmaktadır (Yol, 2011). Susam üretimi yıllara göre değişim göstermekle birlikte TÜİK 2022 yılı verilerine 17366 ton olarak gerçekleşmişken 2023 yılı TÜİK verilerine göre 16190 tona gerilemiştir. Ülkemizde susam üretiminin dekara verim ortalaması 60-70 kg civarında gerçekleşmektedir. Türkiye'de FAO'nun 2022 yılı verilerine göre 24285 ha'lık alanda 17399 ton susam üretimi yapılmakta olup, yine FAO'nun 2022 yılı verilerine göre Çin' in elde etmiş olduğu verimin 267364 ha'lık alanda 437495 ton olarak gerçekleşmesi ile kıyaslandığında oldukça düşüktür. TÜİK 2022 yılı verilerine göre susam üretimi, araştırmamızın gerçekleştirildiği Antalya il genelinde 45500 da'lık bir alanda yapılmış olup, yıllık üretim 3822 ton ve dekara verim 84 kg da<sup>-1</sup>, 2023 yılı verilerine göre ise 46000 da'lık alanda yıllık üretim 4048 ton ve dekara verim 88 kg da<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiştir. Antalya Batı Akdeniz İhracatçılar Birliği (BAİB) verilerine göre 2022 yılında 6776 kg ve 2023 yılında 9500 kg susam ihraç edilmiştir.

Türkiye’de susam üretiminin 1980’li yıllardan günümüze kadar geçen sürede gerilemesinin en önemli nedenleri olarak; susam yetiştiriciliğinde çoğunlukla gübreleme yapılmaması veya yetersiz yapılması, yanlış yetiştirme teknikleri, yüksek verimli sertifikalı tohum kullanılmaması, kullanılan tohumluğun kapsül çatlama problemi olan yerel popülasyonlardan seçilmesi, hasat sırasında oluşan verim kayıpları, işçilik maliyetlerinin her geçen yıl artması gibi sıralamak mümkündür. Dünya Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ortak uzman grubunun raporunda, insan beslenmesinde yağların kullanımına dair önemli öneriler yer almaktadır. Diyetle alınan kaloringin %15-30’unun lipitlerden sağlanması, tüketilen yağ miktarının önemli bir bölümünün bitkisel sıvı yağlardan oluşması gerektiği bildirilmiştir (Taşan ve Geçgel, 2007). Bununla birlikte, son yıllarda katı ve sıvı yağlar dahil, doğal ve güvenli gıda tüketimine ilgi gittikçe artmaktadır. Tüketiciler gıda ürünlerinin yararlı faktörleriyle hastalıkları önlemek ve/veya insan beslenmesinin iyileştirilmesi yoluyla genel sağlık düzeyinin yükseltilmesi konusu ile daha ilgili hale gelmiştir.

Susam daneleri yağ, protein, mineraller, vitaminler ve lif açısından zengindir. Susam yağı, geleneksel yağ üretim yöntemleriyle elde edilen doymamış yağlar, asitler, yağda çözünen vitaminler, amino asitler vb. açısından zengindir. Susam danelerinin içeriğinin %21,9 protein, %61,7 yağ, Fe ve Ca gibi mineraller açısından zengin olduğunu gösteren araştırmalar mevcuttur (Wei 2022).

Yağ bitkileri arasında yer alan susam, içerdiği bitki besin elementleri, antioksidanlar, proteinler, vitaminler v.b içeriklerinden dolayı önemli bir besin kaynağıdır. Susam; tohumlarının %50-60 yağ içermesi (Yermanos vd. 1972) ve bu yağda her birisinin oranı yaklaşık %40 olan oleik ve linoleik asitler ile dengeli bir yağ asitleri kompozisyonuna sahip olması (Liu vd. 1992); ayrıca yağında doğal olarak bulunan sesamin, sesamol, sesamolin, sesaminol ve tokoferoller gibi antioksidanlar içermesi sayesinde oksitlenmeye karşı yüksek direnç göstermektedir (Yoshida vd. 1997). Bu özellikler susamı diğer pek çok yağlı tohumlu bitkilere kıyasla üstün kılmaktadır.

Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda, susam tohumlarının veya ununun tüketimi ile insan (Chen vd. 2005) ve farelerde kolesterol seviyesinde azalma görüldüğü, bunlara ilaveten, susam ve içeriklerinin tüketimi ile kan plazmasında E vitamini konsantrasyonunda artış olduğu gözlemlenmiştir (Frank 2005) ve ayrıca antikanserojen (Kapadia vd. 2002) ve antimutajenik (Kaur ve Saini 2000) etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Susamın bitki ve insan patojenlerine karşı da koruyucu etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Canlılar üzerinde yarattığı bu olumlu etkiler göz önüne alındığında, susam bitkisinin yaşamsal döngüde öneminin boyutları açık bir şekilde görülmektedir.

Susam her ne kadar önemli yağ bitkilerinden biri olsa da Fe, Zn, Mg gibi mineraller açısından da zengin bir besin kaynağıdır. Yapılan bir araştırmada, Türkiye’den ve 8 farklı ülkeden toplanan 22 çeşit susam tohumlarında 6 mineral element (Fe, Zn, Cu, Mn, K ve Mg) içeriği açısından değerlendirilmiştir. Cu ( $17.16-38.34 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Mn ( $13.49-70.91 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Fe ( $97-298.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Zn ( $53.41-95.36 \text{ mg kg}^{-1}$ ), K ( $5272-9204 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve Mg ( $3374-5846 \text{ mg kg}^{-1}$ ) içerikleri elde edilmiş ve bu sonuçlar susam çeşitleri arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir.

Biyolojik olarak güçlendirilmiş yeni bir çeşit geliştirmek için, bitki yetiştiricilerinin önce arazileri karakterize etmesi ve bitkinin genetik varyasyonunun tanımlanması,

biyolojik olarak güçlendirilmiş mahsullerin iyileştirilmesi bakımından çok önemlidir (Kurt 2018). Susam tohumları içerdikleri lizin, metionin ve sistein gibi aminoasitlerce zengin protein nedeniyle beslenme değeri oldukça yüksektir. Ayrıca susam tohumları önemli bir Ca, Mg ve Se kaynağıdır (Kurt vd. 2020).

Susam genellikle gelişmekte olan ülkelerde yetiştirilse de hemen hemen her ülke tarafından değişen miktarlarda tüketilmektedir. Bu nedenle susam genotiplerinin besin içeriğinin belirlenmesi, yetiştiriciye ve tüketiciye gerekli besin bilgilerinin sağlanması açısından önemlidir. Susam danelerine ve yağına olan ilginin son yıllarda artmasıyla insan beslenmesine ve sağlığına olan etkilerinin kapsamlı bir şekilde araştırılması konusu önem kazanmıştır. Susam daneleri ile antioksidan (tokoferollerle sinerjistik etki), anti-aging, antilipidemik, antikanserojen ve farklı aktivite çalışmaları yapılmıştır (Kurt 2024).

Besin değerleri ve sağlık yönünden sayısız faydasına rağmen, susam üretimi esas olarak Afrika ve Asya'da yoğunlaşmış ve çoğunlukla sınırlı girdi gereksinimi olan topraklarda yetiştirilen değerli bir tarımsal ürün olmuştur. Yetiştirildiği çoğu ülkede iklim açısından dayanıklı ve yüksek değerli bir ürün olarak kabul edildiği için iklim değişikliğine uyumda çiftçilerin gelirlerini ve geçim kaynaklarını sağlayabileceği düşünülmektedir (Dossa vd. 2017).

Susam özellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde dünya çapında üretilen önemli yağlı tohum bitkilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Susam bitkisi, esas olarak tıbbi açıdan son derece besleyici tohumları için yetiştirilmektedir. Susamın beslenme ve sağlığı teşvik edici faydalarına odaklanan çeşitli incelemeler yapılmış, susamın diğer mahsullerle münavebe sistemine tabi tutularak elde edilen sonuçların incelenmesi, mahsul rotasyonuna dahil edilmesi, hasat artıklarının besin maddelerinin geri dönüşümü olarak kullanılması ve böylece sürdürülebilir tarım açısından önemini ortaya çıkaracak çalışmaları içeren bütünsel bir incelemenin yapılması önemlidir (Wacal vd. 2024).

Susam, farklı münavebe sistemlerine güçlü bir adaptasyon gösterir ve sayısız faydaya sahip esnek bir üründür ve bitki artıklarının veya tüm bitkinin kullanımları, ara ekim, ürün rotasyonu ve toprak verimliliğinin iyileştirilmesi amacıyla kullanıldığı rapor edilmiştir (Couch vd. 2017; Hussain vd. 2017; Morini vd. 2005). Örneğin, susamın münavebe sistemlerine dahil edilmesi, yabancı otları azaltmanın bir yoludur, çünkü susam yabancı otların gelişimini baskılayarak gelişimini engeller (Creamer ve Baldwin 2000). Bu, esas olarak susam bitkilerinin yabancı otların büyümesini engellediği allelopati (bir bitkinin diğerini veya bir mikroorganizmanın diğer bir organizmayı çevreye saldırdığı kimyasal bileşiklerle dolaylı olarak veya doğrudan zararlı veya yararlı olarak etkilemesi) aktivitesine atfedilir (Shah vd. 2016). Susamın mahsul verimini artırdığı bir dizi mekanizma vardır. Örneğin, susamın darı ile iç içe ekilmesi, darının tek başına ekilmesine kıyasla striga yabancı otlarının (*Striga hermonthica* L.) istilasını azaltır (Hess ve Dodo 2004; Wacal vd. 2021). Araştırmalar ayrıca susamın ara ürün ve ürün rotasyonu sistemlerinde önemli roller oynadığını göstermektedir (Tong vd. 2015; Yoganjan vd. 2014). Örneğin, susamın ayçiçeği, mısır ve yer fıstığı ile münavebeye tabi tutulduğunda daha yüksek mahsul verimi elde edildiği bildirilmiştir (Ijoyah vd. 2016; Olowe ve Adeyemo 2009). Ortalama olarak, susam daneleri iyi bir P (597.83 mg 100g<sup>-1</sup>), K (623.84 mg 100g<sup>-1</sup>), Ca (779.02 mg 100g<sup>-1</sup>), Mg (408.95 mg 100g<sup>-1</sup>), Fe (9.03 mg 100g<sup>-1</sup>), Cu (1.51 mg 100g<sup>-1</sup>), Zn (6.97 mg 100g<sup>-1</sup>) ve Mn (3.16 mg 100g<sup>-1</sup>) içeriğine sahiptir (Deme vd. 2017; Makinde ve Akinoso 2014; Tenyang vd. 2016) ve bu besin elementleri

vücuttaki çeşitli fizyolojik fonksiyonların işlevlerini yerine getirebilmeleri için gereklidir (Pathak vd. 2014).

Çinko, dünyada tarım için kullanılan toprakların %30' unda eksik olup (Alloway 2008) bitkisel üretimde ve insan beslenmesinde önemli bir mikro besindir (Broadley vd. 2007). Zn, proteinlerin biyosentezinde ve reaktif oksijen türlerinin temizlenmesinde rol oynar (Çakmak 2000). WHO (2023), 2022'de yetersiz beslenmeye bağlı olarak 5 yaşın altındaki tahmini 45 milyon çocuğun (% 6,8) aşırı zayıflamadan etkilendiğini ve bunların 13,6 milyonunun (% 2,1) şiddetli aşırı zayıflamadan muzdarip olduğunu ve bu sorunu yaşayan tüm çocukların dörtte üçünden fazlasının Türkiye'nin de içinde bulunduğu Asya'da yaşadığını bildirmiştir.

Çinko birçok bitki türünde vejetatif dokulardan remobilize edilebilmektedir (Waters ve Grusak 2008). Çakmak (2012a), 2008-2011 yılları arasında farklı ülkeleri de içine alarak gerçekleştirdiği biyofortifikasyon çalışmasında; buğday bitkisinde danedeki Zn konsantrasyonlarının % 0-22 arasında arttırılabileceğini bildirmiştir. Yapılan pek çok araştırmada, yapraktan çinko gübrelemesi ile günlük çinko alımına katkı sağlayan tüm danenin ve özellikle endospermin çinko konsantrasyonunu arttığı belirtilmiştir (Jiang vd. 2007; Çakmak vd. 2010b; Phattarakul vd. 2012; Zhang vd. 2012; Zou vd. 2012; Xue vd. 2012). Tahıllarda artan Zn seviyeleri, insanlarda daha fazla Zn alımını sağlayacaktır. Yapraktan Zn uygulaması, pirinç ve buğdayda Zn konsantrasyonunu artırmak için etkili bir biyolojik zenginleştirme stratejisi olarak ortaya çıkmıştır (Çakmak 2008; Shivay vd. 2008), ancak susamda buğday ve pirinç gibi tahıllarla kıyaslandığında bilimsel veriler sınırlıdır.

Yapılan bir çalışmada 60 kg N ha<sup>-1</sup> azot uygulanması ile susam bitkisinde yağ içeriğinin önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir (Shilpi 2014). Eifediyi vd. (2021) yaptıkları çalışmada, Zn ve NPK gübresi oranlarının susam bitkisinde bitki boyu, yaprak sayısı, parsel başına verim ve hektar başına verim üzerine önemli etkiler gösterdiğini tespit etmiş, danede en yüksek sonucu 15 kg ha<sup>-1</sup> Zn ve 300 kg ha<sup>-1</sup> (15:15:15) NPK uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir.

Yapılan birçok bilimsel çalışma, susamda azotlu gübre uygulamasının büyüme, tohum verimi, verim özellikleri ve kalite üzerine olumlu etkisinin olduğunu göstermektedir (Noorka vd. 2009). Arroyo (1967), susamın yüksek verim potansiyeline sahip olduğunu ancak Hindistan'da dekara 18 kg kadar verim alırken Venezüella'da 1.2 kg N da<sup>-1</sup> gibi oldukça az bir azotlu gübre uygulamasından sonra bile dekara 196 kg da<sup>-1</sup> gibi önemli bir verim artışı elde edildiğini belirtmektedir. Subramonian vd. (1979), azotlu gübrelerin genel olarak yağ bitkilerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, 4.5 kg da<sup>-1</sup> azotlu gübre uygulamasının susamda dal sayısı ve bitki başına düşen kapsül sayısını arttırdığını bildirmişlerdir. Parwar vd. (1993), yaptıkları bir çalışmada 12 kg da<sup>-1</sup> azot uygulamasının susamda tohum verimini artırdığını bildirmişlerdir. Sumathi ve Jagamatham (1994) en yüksek susam veriminin 6 kg da<sup>-1</sup> azot uygulamasıyla elde edildiğini belirtmişlerdir. Susamda azotlu gübre uygulamasının denendiği başka bir çalışmada ise 4.5 kg da<sup>-1</sup> azot uygulaması ile en yüksek bitki boyu kapsül sayısı ve tohum verimi elde edildiğini belirlemişlerdir (Saharia ve Bayan 1996).

Sayyad vd. (2008); yaptıkları bir çalışmada azot uygulamasının artmasıyla susamda tohum veriminin önemli derecede artış sağladığı, susamda 5, 10 ve 15 kg da<sup>-1</sup>

azot uygulamasında tohum veriminin sırasıyla 141, 207.8 ve 259 kg da<sup>-1</sup> olarak gerçekleştiğini ayrıca azot dozlarının arttırılmasıyla daha yüksek tohum veriminin elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Türkiye’de susam üretiminin yetersiz düzeyde olmasının, ekim alanlarının azlığı yanında verimin de düşük olmasından kaynaklandığı görülmektedir. Bu çalışmada, Akdeniz Bölgesinde yetiştirilen susamın büyüme ve verim parametrelerini artırmak için; ekim nöbeti ile birlikte hem topraktan kimyasal gübre uygulayarak hem de yapraktan çinko biyofortifikasyonunu gerçekleştirerek susamda kalite parametrelerinin artırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda gerçekleştirilen araştırmada, susam bitkisinin Buğday-Susam, Bakla-Susam olarak farklı iki ürün rotasyonunda yetiştiriciliği gerçekleştirilmiş, topraktan azot (N) ve yapraktan çinko (Zn) gübreleme uygulamaları yaparak, özellikle susam danelerinin besin içerikleri, protein oranı, yağ içeriği gibi bazı kalite parametrelerinde meydana gelebilecek değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Susamın iki farklı ürün rotasyonunda ikinci ürün olarak yetiştirilmesi, uygulanan gübreleme ve çinko biyofortifikasyonunun hem susam bitkisinin veriminde hem de özellikle susam danesinin kalite parametrelerinde meydana getireceği olası değişimleri kıyaslanmasına imkân sağlaması bakımından önemlidir. Kaynak taramalarında, genel olarak biyofortifikasyon uygulamasıyla hedef seçilen tarımsal üründe besin elementi içeriğinin artırılması çerçevesinde çalışmaların yürütüldüğü ve biyofortifikasyon yönteminin kullanılan tarım ürünü üzerine yaptığı etkinin değerlendirildiği, ancak ürün rotasyonunun etkisinin incelenmediği görülmektedir.

Gerçekleştirilen araştırmada temel hedef çinko biyofortifikasyonunun uygulanacağı susam bitkisinin Buğday-Susam ve Bakla-Susam şeklinde farklı iki münavebeye tabi tutarak, hem farklı rotasyon uygulamalarının hem de çinko biyofortifikasyonunun susam bitkisi üzerine yaratacağı olası etkileri gözlemlemek şeklinde olmuştur. Araştırmada kullanılan bu yöntemin, biyofortifikasyon uygulamalarında daha önceden denenmemiş bir yöntem olması ve alanında tek olması nedeniyle gelecekte gerçekleştirilecek olan bilimsel çalışmalara da önemli bir kaynak niteliğindedir.

## 2. KAYNAK TARAMASI

Dünyada artan nüfus dolayısı ile düşük girdili tarım artık sürdürülebilir olmadığından; inorganik gübre kullanımı büyüme ve verimin arttırılması ayrıca açlık ile mücadelede zorunlu hale gelmiştir (Eifediyi 2021). Ancak zamanla makro gübrelerin sürekli kullanımı, toprakta değerli bazı elementlerin miktarının azalmasına ve bazen de antogonizme neden olarak çinko eksikliğine neden olabilmektedir (Haas vd. 2016). Bu nedenle bitki besin maddelerince fakir olan topraklarda yetişen tarımsal ürünlerde; besin elementleri noksanlığı nedeniyle yeterli besin içeriğine sahip olamamaktadır. Yaklaşık olarak dünyanın üçte biri özellikle vitamin bakımından, A ve C vitaminleri, mineraller bakımından çinko, demir ve iyot gibi mineraller yönünden şiddetli açlık tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bu durum çocuklarda yetişkinler ile kıyaslandığında daha fazla hastalıklara yol açmaktadır (Kennedy 2003).

Tüm dünyada canlı sağlığını olumsuz etkileyen mikro besin elementi eksikliğini gidermenin en etkili yöntemi, temel gıda ürünlerinin mikro besinlerle biyolojik olarak zenginleştirilmesi olan biyofortifikasyondur. Biyofortifikasyon süreci, mikro elementlerce zengin yeni tahıl genotiplerinin ıslah edilmesi veya mikro elementlerce zengin gübrelerin kullanımını zorunlu kılmaktadır (Çakmak 2008). Bitkilerin gelişimi için gerekli noksan elementler bakımından, zengin gübreler aracılığıyla agronomik biyolojik zenginleştirme, bitkinin genetik yapısını değiştirmeden bitki besin içeriğini arttırmayı amaçlamaktadır (Storsdieck ve Hurrell 2008). Temel besin elementlerini içeren gübrelere eksik elementlerin (Zn, Ni, I ve Se vs.) ilavesinin bitkilerin yenilebilir kısımlarındaki miktarını arttırdığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. (Çakmak 2008, White ve Broadley 2011) Ancak, bu eksik elementlerin makro besin elementleri ile birlikte gübrelemede kullanılmaları önemli bir konu olarak karşımıza çıkmakta ve geleneksel gübreleme yöntemlerini biyofortifikasyon yöntemi ile destekleme çalışmaları dikkat çekmektedir.

Alışılmışın dışında biyolojik zenginleştirmelerde hedef; bitkinin bünyesinde mevcut besin maddelerinin miktarında genetik çeşitliliğin çok az olduğu veya hiç olmadığı durumlarda, en ekonomik ve basit yöntem mikro besin maddeleriyle zenginleştirilmiş takviye gübrelerin uygulanmasıdır. Toprağın bünyesinde yer alan minerallerin fitoyararlılığı genellikle düşüktür; bu nedenle, bitkinin yenilebilir dokularındaki mevcut mineral konsantrasyonunu iyileştirmek için, minerallerin çözünürlüğünü ve hareket kabiliyetini arttıran mineral içerikli gübrelerin uygulanması gerekmektedir (Öngören 2024). Temel mineralleri içeren mineral gübreler inorganik maddeler bütünüdür ve toprağın mikro besin içeriğini dolayısıyla bitki kalitesini iyileştirmek için toprağa uygulanabilmektedir (White ve Broadley 2009). İnsan nüfusunun hızla arttığı günümüzde düşük girdili tarım; insanların beslenme ihtiyacının çok gerisinde kaldığından, küresel bir sorun haline gelen açlığın önlenmesi ve insan sağlığı için gerekli mineral, vitamin, antioksidan vb. yönünden yeterli tarımsal ürünlerin elde edilebilmesi amacıyla modern inorganik gübrelere ihtiyaç duyulduğu görülmektedir (Graham vd. 2007).

Günümüz küresel iklim krizi ve dünyada yaşayan insan nüfusu artışı dikkate alındığında tarım tekniklerinin geliştirilmesi zorunluluğu giderek önem kazanmakta, bu doğrultuda da biyofortifikasyon yöntemlerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması önem

arz etmektedir. Bu çerçevede azotlu gübreleme ve biyofortifikasyon yöntemi kullanılarak yapılan çeşitli çalışmalara ait sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

### 2.1. Azotlu Gübreleme ile İlgili Çalışmalar

Azot bitkisel üretimde noksanlığı en çok görülen aynı zamanda en çok ihtiyaç duyulan ve verimi arttırıcı en önemli bitki besin elementidir (Kara 2006). Avrupa'da, 1987'de yaklaşık %40 olan Azot alım etkinliği, esas olarak gelişmiş tarım uygulamaları neticesinde 2006'da %60'ın üzerine çıkmıştır. Küresel ortalama azot alım etkinliği, 1987 ve 2006 yılları arasında %50-55 arasında sabit kalmıştır (Brentrup 2010). Azot; protein, nükleik asit ve klorofilin bir bileşeni olarak hayati bir rol oynar. Bitkisel büyüme ve arzu edilen verim için yeterli miktarda azot sağlanması şarttır (Shilpi 2014).

Protein, nükleik asit ve klorofilin bir bileşeni olarak azot, bitki büyümesinde hayati bir rol oynar. Bitkilerin dengeli vejetatif büyümeleri ve istenilen düzeyde verimi için, büyüme ortamında yeterli miktarda azot kaynağı gereklidir (Yoshizawa vd. 1981). Diğer taraftan aşırı azot uygulaması sadece ekonomik olmamakla birlikte, aynı zamanda büyüme süresinin uzamasına ve tarımsal ürünlerde olgunlaşmanın gecikmesine ve hasatın uzamasına neden olur. Ayrıca aşırı azot uygulaması tarımsal ürünlerde fizyolojik bozukluğa da yol açar (Obreza ve Vavrina 1993).

Azot, klorofil ve proteinin yapısal bir bileşenidir, bu nedenle azot kaynağının yeterli düzeyde olması, hücre bölünmesini ve hücre büyümesini teşvik ettiği için hem karbonhidratlar hem de protein metabolizması için faydalıdır, bu da bitkilerin daha fazla yaprak alanı büyüklüğüne neden olur ve bu da dane ve kuru madde veriminde artış sağlar (İbrahim 2014).

Ohyama (2010) tohumlar, sürgünlerin ve köklerin büyümesi için gerekli olan büyük miktarlarda karbonhidrat (nişasta ve şeker), protein, lipit ve mineral içerir. Bitki tohumlarının yüksek besin değerleri nedeniyle, tahıl bitkileri temel gıdalar ve hayvan yemleri haline gelmiştir. Tohumlardaki azotun ana formu depolama proteinleridir. Örneğin, soya fasulyesi tohumları yaklaşık % 40 protein içerir. Proteinler, köklerin ve sürgünlerin gelişimi için N sağlayan serbest amino asitleri serbest bırakmak üzere hidrolize edilirler.

Dhaliwal vd. (2022), pirinçte verimle ilgili parametreler ve Zn konsantrasyonunun , artırılması amacıyla, NPK ile birlikte Zn uygulamalarının, sadece Zn uygulamasına kıyasla daha yüksek bulunması, besin maddelerinin mevcudiyetinin fazla olmasına, bu durumda kökler tarafından besin elementleri alımının artması neticesinde tahıl veriminin artışına yol açtığını bildirmişlerdir.

Azot (N) ile beslenmenin, bitkilerin mikro besin elementlerinin kökten alınımını ve tohumda birikimini olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Çinko içeren gübrelerin kullanımına ilişkin yapılan çalışmalar, özellikle çinko eksikliği olan toprak koşullarında, danenin çinko içeriğini önemli ölçüde artırabildiklerini ve dane çinko konsantrasyonunu ve mahsul verimliliğini artırmak için acil ve etkili bir araç sağladıklarını göstermiştir (Çakmak 2010 b).

Savaşlı vd. (2018) ekmeklik buğdayda sulu şartlarda her 1kg da<sup>-1</sup> azot uygulaması ile kardeşlenme döneminde % 0.18 ve başaklanma dönemi % 0.30 dane protein oranında

artış sağladıklarını belirtmişlerdir. Yine kuru şartlarda farklı iki ekmeklik buğday çeşidinde gerçekleştirdikleri diğer bir araştırmalarında ise her 1 kg da<sup>-1</sup> N miktarının danenin protein oranında sağladığı artışın çeşitlere göre değiştiğini belirlemişlerdir (Savaşlı ve ark. 2017).

Artan azot dozlarının farklı ayçiçeği çeşitlerine uygulandığı çalışmada, azot uygulamalarının kuru madde ve bitki besin elementi alımları üzerine istatistiksel olarak önemli etki yaptığı, artışların en yüksek 32 mg kg<sup>-1</sup> N dozu uygulamasından sağlandığını, belirlemişlerdir (Ören 2018).

Ayçiçeğinde azotun farklı dozlarda uygulanmasının verim ve kalite üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, dekara 10 kg azot uygulaması ile 291.1 kg da<sup>-1</sup> olarak en yüksek verim alınmıştır (Kasap 1994). Başka bir denemede farklı ayçiçeği çeşitlerinde artan azot dozu uygulamalarından (0,6,12,18 ve 24 kg da<sup>-1</sup>), 18 kg da<sup>-1</sup> N dozu uygulamasıyla 312.5 kg da<sup>-1</sup>'lık en yüksek verimin elde edildiği bildirilmiştir (Nasim vd. 2012). Herdem (1999), ayçiçeği çeşitlerine 0, 4, 8, 12 ve 16 kg da<sup>-1</sup> olarak uygulanan azot dozları arasında, en yüksek dane veriminin 12 kg da<sup>-1</sup> N uygulaması ile elde edildiğini belirtmiştir.

Azotlu gübre uygulamasının yapıldığı bir çalışmada kullanılan amonyum sülfat gübrelemesinin brokkoli sebzesinde gövde çapı, taç ağırlığı, taç uzunluğu, taç çapı, yaprak uzunluğu, yaprak eni, yaprak sapı uzunluğu ile yaprak taze ve kuru ağırlığı gibi morfolojik özellikleri üzerine önemli derecede artışlar sağladığı, bununla birlikte amonyum sülfat uygulamasının bitkilerde özellikle Zn alımını teşvik ettiği tespit edilmiştir (Köse 2021).

Amonyum nitrat ve üre şeklinde, artan oranlarda verilen azotlu gübrelerin domates verimini % 1 önem düzeyinde arttırdığı saptanmıştır. En yüksek verim ise her iki gübre formunda da 24 kg da<sup>-1</sup> N dozundan elde edilirken, her iki gübre formunda da artan N oranlarına bağlı olarak, yaprakta ve meyvede % toplam N, NO<sub>3</sub>-N ve NO<sub>2</sub>-N miktarlarında artışlar kaydedildiğini, bu artışların meyve toplam N içeriği dışında istatistiksel olarak % 1 önem düzeyinde önemli bulunduğu bildirilmiştir (Ceylan 2001).

Uygulanan azot dozları arttıkça; bitki boyu, ilk koçan yüksekliği, koçan çapı, koçan uzunluğu, sırada dane sayısı, koçanda sıra sayısı, dane verimi, danede protein oranı ve danedeki kuru madde miktarının arttığı belirlenmiştir. (İskender 2020). Thomison vd. (2004), dört farklı azot dozunun (0, 6, 12 ve 18 kg N da<sup>-1</sup>) uygulandığı tarla denemesinde, mısır danesinin protein içeriğinin azot dozuna paralel olarak arttığını, danenin yağ miktarının ise azot dozundan etkilenmediğini bildirmişlerdir. Bhatt vd. (2011), mısır bitkisi üzerinde 4 farklı azot dozu (12, 16, 20 ve 24 kg da<sup>-1</sup> N) uygulaması gerçekleştirmiş, azot dozları arttıkça bitki boyu, koçan uzunluğu ve taze koçan ağırlığının arttığını belirlemişlerdir.

Mikro besin eksikliği birçok Asya ülkesinde; toprakların kireçli yapısı, yüksek pH, düşük organik madde, tuz stresi, kuraklık, sulama suyundaki yüksek bikarbonat içeriği ve NPK gübresinin dengesiz uygulanması nedeniyle yaygın olarak görülmektedir (Narimani 2010).

Günümüzde floemin çinko ile azotlu bileşiklerin şelat oluşturarak taşınmasında rol aldığı düşünülmektedir (Grusak vd. 1999; Von Wiren vd. 1999). Bu azotlu bileşikler kök bölgesinden yeşil aksam kadar çinkonun taşınmasında görev alırlar. Floemde serbest aminoasitler çinkonun taşınmasında rol oynamakta ve yapraklara azot uygulamasıyla da miktarları artmaktadır (Caputo ve Barneix 1997, Kutman vd. 2011). Azotun bitki dokusundaki çinko konsantrasyonuna olan olumlu etkisi, kökten çinkonun alımı ve üst aksamda bitki gelişimi üzerine de etkin rol almasından kaynaklanmaktadır (Schwartz vd. 2003; Monsanto vd. 2008).

Nijerya'da toprak, iklim koşulları ve yerel tarım uygulamaları dikkate alınarak 46 kg N ha<sup>-1</sup> olacak şekilde yapılan çalışmada, susamda en yüksek morfolojik performans elde edilmiş ve susamda dane verimi 1333,3 kg ha<sup>-1</sup> olarak kaydedilmiştir (Ogundere 2015).

Yetiştirme ortamı ve kültürel uygulamalar susamın verimini etkilemektedir. Azot; amino asitlerin, proteinlerin, klorofilin, nükleik asitlerin, ATP'nin ve fosfolipidlerin bir bileşeni olup bitkilerde solunumu, fotosentezi, selüloz sentezini, kök büyümesini, olgunlaşmayı, nodülasyonu ve tohum oluşumunu etkilemektedir. N gübrelemesi, birim alandan ürün verimini artıran en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Diğer taraftan N uygulamasının artırılmasıyla susam danesinin yağ içeriği azalmaktadır. Bunun sebebinin yüksek doz azot uygulamasının daha fazla protein birikimine neden olması ve bunun sonucunda, yağ asitlerinin polimerizasyonu için karbonhidratların kullanılabilirliğini engellemesi ve sonuç olarak danede daha düşük yağ içeriğine yol açtığı düşünülmektedir. (El-Habbasha 2007).

Susam üretimi yapılan ülkelerin çoğunda, optimum tohum verimi 46 -100 kg N ha<sup>-1</sup> uygulamasıyla elde edilmiştir. Ayrıca tarım alanlarında yüksek tohum verimi ve düşük girdili tarım için hektara 46 kg'ın altında N verilmesi ekonomik olarak belirlenmiştir (Zenawi 2019).

Susamda N ve mikro besin elementlerin (Fe, Zn, Mn ve Cu) birlikte, farklı oranlarda ve farklı kombinasyonlarda uygulandığı bir denemede, farklı N seviyelerinin ve mikro besin elementlerinin 1000 dane hariç, verime katkıda bulunan bütün parametreleri ve tohum verimini önemli ölçüde etkilediği ve en yüksek tohum veriminin 60 kg N ha<sup>-1</sup> ile birlikte 150 ppm doz mikro besin elementlerinin birlikte uygulanmasıyla elde edildiği tespit edilmiştir. (Shirazy 2015).

Susamda azot ve kükürdün etkisini araştıran iki faktörlü denemede, azot 40, 60, ve 100 kg N ha<sup>-1</sup> ile kükürt 0, 20, 40 ve 60 S ha<sup>-1</sup> olarak uygulanmış; yağ içeriğinin azotun 60 kg N ha<sup>-1</sup>, kükürdün 40 kg S ha<sup>-1</sup> uygulama dozlarında önemi ölçüde arttığı, diğer taraftan susamın maksimum yağ içeriğinin (%46,98) 60 kg N ha<sup>-1</sup> ve 60 kg S ha<sup>-1</sup> olan kombine uygulamasında elde edildiği belirtilmiştir (Shilpi 2014).

Saf azot ve fosfor dozları için 0, 5, 10 ve 15 kg da<sup>-1</sup> olacak şekilde uygulama yapılan bir denemede N ve P gübre kaynakları olarak üre ve TSP (Triple Süper Fosfat) gübreleri kullanılmış, araştırma sonucunda en yüksek bitki boyu N15, P15 ve N15, P0 dozlarından (180.66 cm), en yüksek bitki başına kapsül sayısı N15, P15 dozlarından (148 adet bitki<sup>-1</sup>), bitki başına yan dal sayısı en yüksek N15, P10 dozlarından (4.33 adet bitki<sup>-1</sup>), dekara ortalama en yüksek tohum verimi N10, P15 dozlarından (87.5 kg da<sup>-1</sup>), en

yüksek % yağ içeriği N10, P15 dozlarından (%53), dekara ortalama yağ verimi en yüksek N10, P15 dozlarından (46.75 kg da<sup>-1</sup>) ve protein içeriği (%) en yüksek N10, P10 dozlarından (%17.48) elde edilmiştir (Ay 2020).

Maiti ve Jana (1985), azot dozunun artırılmasının susamın büyüme, gelişme, verim ve kalitesi üzerine olumlu etki ettiğini yeterli miktarda azot uygulamasının hücre bölünmesi ve gelişimini teşvik eden karbonhidrat ve protein metabolizması için gerekli olduğunu, böylece daha fazla yaprak alanı ile kapsül sayısı ve daha yüksek kuru madde içeriğine neden olduğunu belirtmişlerdir (Ay 2020).

Abdalsalam (2010) tarafından yapılan bir araştırmada iki farklı çeşit susam bitkisine dekar başına 0, 5, 10 ve 15 kg N şeklinde artan oranlarda uygulanan azotlu gübrenin her iki susam çeşidinde de bitki büyüme özelliklerinin, verim ve verim bileşenlerini önemli ölçüde arttırdığını belirlemiştir.

Dört farklı dozdaki leonardit (L0, L5, L7.5 ve L10) ve dört farklı dozdaki (N2.5, N5, N7.5 ve N10) azot gübresinin susam bitkisi üzerine etkilerinin incelendiği araştırmada uygulanan farklı dozlarda leonardit ve azotlu gübrenin susam bitkisinin, bitki başına kapsül sayısı, tohum verimi, yağ oranı, protein oranı üzerine etkisinin önemli olduğu; fakat bitki boyu, dal sayısı, ilk kapsül yüksekliği, dal yüksekliği, 1000 dane ağırlığı üzerine etkisinin ise önemli olmadığı sonucuna varılmıştır (Işık ve Sinan 2020).

Farklı azot seviyelerinin susamın verimliliği üzerindeki etkisini incelemek için yapılan bir araştırmada; üç farklı azot seviyesi (0, 40 ve 80 kg ha<sup>-1</sup>) uygulanmış; deneme sonucunda susam büyüme ve verim parametreleri, azot seviyeleri ve ekim yöntemlerinin farklı şekilde etkilendiği tespit edilmiştir. Sonuçlara göre N2 uygulaması (80 kg ha<sup>-1</sup> azot) ile maksimum verim elde edilmiş, tohum verimi 0.79 t ha<sup>-1</sup> ve maksimum yağ içeriği ise % 45.88 olarak belirlenmiştir (Malik 2003).

El-Mahdi (2008) tarafından 2004-2005 üretim yıllarında susam bitkisinde gerçekleştirilen çalışmada ana parseller için üç fosfor farklı seviyesi (0, 22 ve 44 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) ve alt parseller için beş farklı azot seviyesi (0, 22, 44, 66 ve 88 kg N ha<sup>-1</sup>) içeren dört tekerrürlü bölünmüş parsel modeli deneme deseni kurulmuş ve bitki yoğunluğu, bitki boyu, ilk kapsülün yerden yüksekliği, bitki başına yaprak sayısı, bitki başına dal sayısı, bitki başına kapsül sayısı, 1000 tohum ağırlığı ve alan başına tohum verimi parametreleri ölçülmüştür. Azotun; bitki yoğunluğunu, dal sayısını, bitki başına kapsül sayısını ve alan başına dane verimini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. En yüksek ve en düşük dane verimleri sırasıyla 44 ve 0 kg N ha<sup>-1</sup> uygulanan parsellerden elde edilmiştir. Fosfor uygulamaların incelenen özellikleri etkilenmediği, ancak P ve N gübreleri arasındaki etkileşimin bazı özellikleri olumlu yönde etkilediği saptanmıştır.

Farklı dozlarda azot ve fosfor gübrelerinin susam bitkisinin büyüme ve verim parametreleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir tarla denemesinde, azot 0, 25, 50 ve 75 kg ha<sup>-1</sup> ve fosfor 0, 30, 60 ve 90 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> olacak şekilde uygulanmıştır. 50 kg ha<sup>-1</sup> N uygulama dozu bitki başına düşen kapsül sayısı ve dane verimini artırırken, 75 kg ha<sup>-1</sup> N uygulama dozunun ise bitki boyu, bitki başına düşen yaprak sayısı, kök kuru madde oranına etkisi (p>0,05) önemli bulunmuştur. 60 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> uygulama dozunun, bitki başına düşen kapsül sayısı, bitki boyu, bitki başına düşen yaprak sayısı, kök kuru madde oranı, kapsüldeki dane sayısı ve dane verimi üzerine etkisi (p>0,05) önemli bulunmuştur.

Susam verimi ortalama  $1296 \text{ kg ha}^{-1}$  olarak belirlenmiş ve  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  ile  $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2 \text{ O}_5$  kombine gübre uygulamalarının tavsiye edilen gübre dozu olduğu belirlenmiştir (Okpara 2007).

İbrahim (2016) tarafından yapılan bir çalışmada azot ve fosfor 0, 30, 60, 90  $\text{kg ha}^{-1}$  olacak şekilde DAP ve üre gübreleri kullanılarak uygulanmıştır. En yüksek bitki başına kapsül sayısı (67), kapsüldeki tohum sayısı (54), tohum verimi (520 kg), biyolojik verim (2539 kg), bin dane ağırlığı (3.91 g) en yüksek azot dozu olan  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  ile elde edilmiştir.  $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$  uygulaması; kapsüldeki tohum sayısı ve biyolojik verimi önemli ölçüde etkilerken,  $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$  uygulamasının bitki boyunu, bitki başına kapsül sayısını, tohum verimini, bin dane ağırlığını artırdığı belirlenmiştir. Sonuç olarak  $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  ile birlikte  $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$  uygulamasının susam verimini ve verim bileşenlerini artırdığı tespit edilmiştir.

Susam yetiştiriciliği için organik ve inorganik gübreler önemli miktarda azot sağlayabilir, bu azotun bitki emilimi için kullanılabilirliğini belirlemek için yapılan bir denemede, iki ton inek gübresi ve ticari biyoorganik gübre (BOF) dört farklı inorganik azot gübresiyle 0, 30, 60 ve  $90 \text{ kg N ha}^{-1}$  oranlarında susamın büyümesi ve verimine etkisini değerlendirmek için uygulanmıştır. Bulgulara göre, iki organik gübrenin düşük azot içeriği ( $5\text{-}10 \text{ g N kg}^{-1}$ ) ve yüksek C/N oranlarından (C/N: 28-30/1) dolayı susamın ihtiyaçları için yeterli azotu sağlayamadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  oranında ek inorganik azot uygulamasıyla; optimum bitki boyu (106.4 cm), bitki başına kapsül sayısı (60.13), kapsül ağırlığı (1.01 g), kapsül başına dane sayısı (71.0), bin dane ağırlığı (2.63 g) ve en yüksek verim ( $0.85 \text{ ton ha}^{-1}$ ) elde edildiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, organik azotlu gübrelerin inorganik azotlu gübrelerle entegre edilmesi, susam veriminin sürdürülmesinde ve olumsuz çevresel etkilerin minimum düzeye indirilmesi açısından; bitkiye azot kaynağı olarak çeşitli kaynakların bir arada verimli bir şekilde kullanılması zorunluluğunun göz önünde bulundurulması gerektiği bildirilmiştir. (Binh 2016).

Azotlu gübrelerin farklı susam çeşitlerinin büyüme özellikleri, azot içeriği ve verimi üzerindeki etkisini değerlendirmek için yapılan bir tarla denemesinde; azot uygulama dozları 0, 50, 100 ve  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  olarak belirlenmiş, azotlu gübre uygulamasının kontrole kıyasla büyüme, azot emilimi ve verim özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği ve tüm çeşitlerde giderek artan azot dozu uygulamasının bitki boyu, bitki başına dal sayısı, bitki dokularındaki azot içeriği ve azot alımında artışlara neden olduğu gözlenmiştir (Nahar 2008).

Azot ve fosforun susamın verim ve verim bileşenlerine etkisini belirlemek üzere yapılan bir tarla denemesinde azot ve fosfor düzeyleri ( $0, 3, 6, 9 \text{ kg da}^{-1}$ ) DAP ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ve üre gübresi ile uygulanmıştır. Parsel başına en yüksek, bitki sayısı 67 adet, kapsüldeki dane sayısı 54 adet, dane verimi  $52 \text{ kg da}^{-1}$ , bitki yaş ağırlığı 2539 kg, bin dane ağırlığı 3.91 g olarak en yüksek N dozu olan  $9 \text{ kg da}^{-1}$  azot dozunda elde edilirken; kontrol parsellerinde parsel başına en düşük bitki sayısı 55 adet, kapsüldeki tohum sayısı 50 adet, dane verimi  $42,2 \text{ kg da}^{-1}$ , bitki yaş ağırlığı 1570 kg ve bin dane ağırlığı 2.94 g olarak belirlenmiştir (İbrahim 2014).

İki susam çeşidinin kullanıldığı ve azotlu gübrenin 0, 5, 10 ve  $15 \text{ kg da}^{-1}$  dozlarında uygulandığı bir çalışmada; azotlu gübrenin büyüme kriterleri üzerinde önemli bir

etkisinin olduğu, azotlu gübre uygulama oranı arttıkça bitki boyu, dal ve yaprak sayısının, tohum ağırlığı ve verimin arttığı, en yüksek tohum veriminin 15 kg da<sup>-1</sup> olan azotlu gübre uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir (Ahmadu vd. 2022).

Miningou (2020) tarafından yapılan araştırmada; azot kaynağı olarak NPK(14-23-14) gübresi 0, 5, 10, 15 kg da<sup>-1</sup> dozlarında uygulanmış NPK dozlarının morfolojik gelişim (yükseklik, dallanma sayısı, kapsül sayısı) ve verim performansı gibi kriterler bakımından susam bitkisi üzerine bir etkiye sahip olduğu ve ekonomik hesaplamalar sayesinde, 55 kg da<sup>-1</sup> verimin elde edildiği 10 kg da<sup>-1</sup> NPK dozunun üreticiler için en uygun maliyetli doz olarak seçilebileceğini bildirmiştir.

Umar vd. (2012), yaptıkları çalışmada; azot uygulamasının 20 kg ha<sup>-1</sup> N'dan 40 kg ha<sup>-1</sup> N'a çıkarılması sonucunda susam dane verimini %16 artırırken, azot dozunun 60 ve 80 kg da<sup>-1</sup> N'a çıkarılması ile hektar başına sırasıyla %12.6 ve %3.3'ten daha fazla dane verimi elde edildiğini bildirmişlerdir.

Artan oranlarda azotlu gübre uygulamalarının; susam bitkisinde en yüksek bitki boyu, bitkideki en fazla kapsül sayısı, en yüksek verim değerlerinin 92 kg N ha<sup>-1</sup> gübre dozunun uygulanması ile belirlendiği tespit edilmiştir (Amare vd. 2019).

Organik ve inorganik gübrelerin susamın büyümesine etkisinin araştırıldığı bir araştırmada; 20 ton ha<sup>-1</sup> ve 100 kg ha<sup>-1</sup> NPK gübresinin susam verimini iyileştirerek, sürdürülebilir verim için uygunluğuna işaret ettiği bildirilmiştir (Sanya ve Amadji 2018). Susam bitkisine farklı dozlarda azot ve kükürt gübreleri uygulanmış, en yüksek dane veriminin 7.5 kg da<sup>-1</sup> N ve 5 kg da<sup>-1</sup> S kombinasyonundan elde edildiği ve 17.5 kg da<sup>-1</sup> N ve 15 kg da<sup>-1</sup> S kombinasyonu ile en yüksek vejetatif verimin elde edildiği belirlenmiştir (Hasan 2015).

Ashfaq vd. (2001); farklı N ve P oranlarının (0, 40, 80 ve 120 kg ha<sup>-1</sup>) susamın gelişimine etkisini inceledikleri çalışmalarında, 12 kg N da<sup>-1</sup> ve 4 kg P da<sup>-1</sup> dozlarının susamın dane ve sap verimini ve ayrıca yağın protein içeriğini önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir.

Mitra ve Pal (1999), sulama suyunun miktarını ve azot dozunu artırarak susamın büyüme, verim ve su kullanımı üzerindeki etkisini incelemek için yaptıkları çalışmada; susamın dane veriminde üç sulamaya (0.784 t ha<sup>-1</sup>) kadar önemli bir artış sağlandığını belirlemişlerdir. Susamın kuru madde, kapsül/bitki, tohum/kapsül sayısı ve tohum verimindeki artışların 100 kg N ha<sup>-1</sup>'a kadar anlamlı bulunduğu ve tohum verimi için maksimum değerin, 100 kg N ha<sup>-1</sup> uygulama dozunda gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Yarı kurak Kuzeydoğu Brezilya'da azot gübrelemesinin susamın (*Sesamum indicum*) agro-ekonomik performansını değerlendirmek için beş farklı azot dozu 0, 30, 60, 90 ve 120 kg ha<sup>-1</sup> ve dört farklı susam çeşidinin kullanıldığı iki yıl süren çalışmada; brüt ve net gelir, getiri oranı ve kâr marjı gibi ekonomik göstergeler değerlendirilmiştir. Üretim maliyetlerinin her iki sezon için de azot seviyelerine göre değiştiği ve ikinci sezonda, en yüksek net gelirin 120 kg ha<sup>-1</sup> azot gübrelemesinde kaydedildiği ifade edilmiştir. Artan azot seviyeleri, susam yetiştiriciliği için brüt ve net gelirlerin, getiri oranlarının ve kâr marjlarının artmasıyla sonuçlanmıştır (Santos 2020).

## 2.2. Çinko ve Çinko Biyofortifikasyonu ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Zn, insanlar, hayvanlar ve bitkilerin az miktarda ihtiyaç duyduğu önemli bir mikro besindir (Kabata-Pendias 2011; Shukla vd. 2018). Nükleik asit, lipit, protein ve karbonhidrat metabolizmasında görev alan birçok enzimin (örn. alkolik dehidraz, karbonik anhidraz, karboksipeptidaz, alkalın fosfat ve fosfolipaz) işleyişinde önemli rol oynamaktadır (Khan vd. 2002; Ullah vd. 2020). Zn ayrıca fotosentez, hücre bölünmesi, protein sentezi, gen transkripsiyonunda da rol oynamakta, membranların bütünlüğünü korumakta ve patojenlerin neden olduğu enfeksiyonlara karşı direnç geliştirmektedir (Broadley vd. 2007; Sarwar 2011; Rehman ve ark. 2018; Ullah vd. 2020). Çinko, karbonhidrat metabolizmasında, protein ve sitokrom sentezinde, oksin sentezinin düzenlenmesinde ve polen oluşumunda da hayati bir rol oynamaktadır (Hafeez vd. 2013).

Mahsullerin özellikle mineral besinler açısından biyo-zenginleştirilmesi sürdürülebilir ve ekonomik bir yaklaşımdır ve uzun vadeli bir çözüm sağlar ve gelişmekte olan dünyanın yoksul popülasyonlarının mineral beslenme durumunu ve sağlığını iyileştirmek için büyük bir potansiyele sahiptir (Kanatti vd. 2014). Başlıca tahıllarda, insan tüketimine yönelik tahılların besin kalitesini iyileştirmek için elementlerin artan konsantrasyonlarına sahip bir dizi genotip geliştirilmiş, ancak yağlı tohumlu bitkilerde, özellikle susamda böyle büyük bir ilerleme rapor edilmemiştir (Cao vd. 2012).

Bitki ıslahı ve tarımsal biyolojik zenginleştirme gibi tarımsal taktikler kullanılarak birincil tahılların mikro besinlerle biyolojik olarak zenginleştirilmesi, insan popülasyonlarındaki mikro besin eksikliklerinin üstesinden gelmek için yararlı, maliyetsiz ve sürdürülebilir bir yaklaşımı karakterize etmektedir (Zou vd. 2012, Bouis ve Saltzman 2017).

Agronomik biyofortifikasyon olarak bilinen çinkolu gübrelerin veya çinko ile zenginleştirilmiş NPK gübrelerin kullanımı, çinko eksikliği sorunlarına hızlı ve pratik bir çözüm sunmakta ve devam eden ıslah programları ile bütünleşmektedir. Yapraktan uygulamaların veya çinko gübrelerinin toprak ve yapraktan uygulamalarının bir kombinasyonunun tarla koşullarında oldukça etkili olduğuna dair pek çok çalışma bulunmaktadır. Bunlar buğday danesinde çinko alımını ve birikimini önemli ölçüde artırarak Zn konsantrasyonlarını potansiyel olarak 60 mg kg<sup>-1</sup>'a çıkarabilmektedir. Çinko ile zenginleştirilmiş daneler ürün verimliliği açısından çok önemli olup, çinko eksikliği olan topraklarda fidelerin daha canlı gelişmesini, daha yoğun bitki desenini ve artan stres koşullarda toleransın artmasını sağlamaktadır. Agronomik biyogüçlendirme, toprak çözeltisinde yeterli düzeyde mevcut çinko seviyesini korumak, üreme ve büyüme aşamasında tohumlara uygun çinko taşınmasını sağlamak için hayati önem taşımaktadır. Sonuç olarak agronomik açıdan biyogüçlendirme, tahıl danelerinin çinko ile genetik biyogüçlendirilmesinin başarısı için vazgeçilmezdir ve çinko eksikliğinden kaynaklı sağlık sorunlarına küresel ölçekte etkili bir şekilde çözüm bulmak için önemli bir strateji sunmaktadır. (Cakmak 2008).

Genetik ve agronomik biyofortifikasyon, tahıl danelerinin Zn konsantrasyonunu iyileştirmek için iki önemli tarım aracıdır (Cakmak 2008; Pfeiffer 2007). Bununla birlikte, verim faktörü, genotip ve çevre arasındaki etkileşimler, mevcut çeşitlerde ıslah programı için yeterli genetik çeşitliliğin olmaması, tüketici direnci ve genetiği değiştirilmiş ürünlerin tüketim açısından güvenirliliğinin tam olarak netleşmemesi,

genetik biyofortifikasyonun karşı karşıya kaldığı en önemli çıkmazlar olarak görülmektedir. (Falk 2002; Palmgren 2008; Joshi 2010). Bu nedenle, çinko gübrelemesi ile geleneksel ve verimde artış sağlayan tarımsal biyofortifikasyon stratejisi ise, insan sağlığı için giderek önem kazanan çinko eksikliğini gidermede örneğin pirinç bitkisi gibi önemli bir tarımsal ürünün danesindeki çinko konsantrasyonunu iyileştirmede gerekli ve hızlı bir çözüm olarak görülmektedir (Akhter vd. 2020).

Harris vd. (2008) makro besin elementlerinin bitkiye uygulanmasında toprak uygulamalarının daha iyi sonuç verdiğini, diğer taraftan, mikro besin elementlerinin bitkilerde yapraktan uygulamaların çok daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Buğday bitkisinde; farklı mikro besin elementlerinin yapraktan uygulanmasının, topraktan yapılan uygulamalara göre daha iyi sonuç verdiği ve topraktaki eksikliğin giderilmesinde etkin bir şekilde kullanıldığı bildirilmiştir. (Maralian 2009; Pahlavan 2009). Zn; tohum uygulaması (tohum hazırlama, tohum kaplama), toprak uygulaması ve yaprak uygulaması gibi çeşitli yöntemlerle uygulanabilmektedir (Rehman vd. Farooq 2016; Farooq vd. 2018; Ullah vd. 2020).

Mikro besinlerin yaprağa uygulanması mahsul verimliliğini artırmak için etkili bir yöntemdir (Haider vd. 2018). Yapılan bir çalışmada, çiçeklenme ve tane doldurma aşamasında Zn'nun yaprağa uygulanması, morfolojik ve verim parametrelerini iyileştirmiş ve Zn uygulamasının yapılmamasına göre daha yüksek tane verimi sağlanmıştır (El-Habbasha ve Magda 2013).

Çinko gübre kullanımı stratejisinin, tarımsal ürünleri Zn ile biyolojik olarak zenginleştirmenin etkili ve aynı zamanda avantajlı bir yolu olduğu açıktır, çünkü toprakta çinko eksikliğinin derecesine bağlı olarak daha iyi verim, tohum ve fide randımanının artmasına neden olmakta ve kadmiyum (Cd) gibi ağır metallerin kökten alınımına ve sürgünde (veya dane) birikiminin azaltılmasına katkıda bulunabilmektedir (Çakmak ve Kutman 2018). HarvestPlus Biyofortifikasyon Mücadelesi Programı ile bitki ıslahı (genetik) ve agronomik yaklaşımlar kullanılarak gıda ürünlerinin Zn ile biyolojik olarak zenginleştirilmesine daha fazla odaklanılmaktadır (Lyons ve Çakmak 2012 b).

Çinko bakımından eksikliği olan veya fakir topraklarda yetiştirilen buğdayda, tahıldaki çinko kapsamı olan  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  çok altında olabilmektedir. Yapılan bir çalışmada Avustralya ve Türkiye'nin Zn yönünden eksik olan topraklarında, tahılın Zn konsantrasyonları  $<10 \text{ mg kg}^{-1}$  iken, çinko yönünden yeterli veya çinko ile gübrelenmiş topraklarda, Zn dane konsantrasyonlarının  $20 \text{ mg kg}^{-1}$ 'in üzerine çıktığı tespit edilmiş olmasına rağmen (Graham vd. 1992; Cakmak vd. 1999), bu oran insanların beslenmesi için günlük gerekli Zn alımını karşılamak için yetersiz kalmaktadır. Tahılın gerçek ortalama Zn konsantrasyonu ile insan sağlığı için istenen  $40\text{-}50 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğu düşünüldüğünde bu düzeye ulaşmak için büyük bir açığın kapatılması gerektiği görülmektedir (Graham vd. 2007; Zhao vd. 2009; Çakmak vd. 2010a).

Gıdalardaki kontaminant limitlerini içeren talimatta, birkaç aylık bir süre boyunca günlük olarak  $600 \text{ mg}$ 'a kadar çinko sülfatın ( $200 \text{ mg}$  elementel çinkoya eşdeğer) bölünmüş dozlarda uygulandığı klinik çalışmalara göre, kan sayımı ve serum biyokimyası üzerindeki etkiler de dahil olmak üzere bildirilen herhangi bir yan etki olmadan geçici maksimum tolere edilebilir günlük alım miktarı (PMTDI) vücut ağırlığına göre  $0.3\text{-}1 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (WHO 2022).

Çinko kritik fizyolojik işlevlerin normal şekilde çalışmasına izin vermekte ve fotosentez ve şeker oluşumunda, protein sentezinde, doğurganlık ve tohum üretiminde, büyümenin düzenlenmesinde ve hastalıklara karşı bağışıklıkta önemli rolleri bulunmaktadır. Çoğu bitki kuru maddede 30 ile 100 mg Zn kg<sup>-1</sup> çinko içermekte ve bu içeriğin 300 mg Zn kg<sup>-1</sup>'in üzerine çıkması genellikle toksik olarak kabul edilmektedir (Marschner 1995).

Dünya nüfusunun üçte birinin çinko bakımından yetersiz beslendiği tahmin edilmektedir. Bu yoksunluk, yenilebilir tarım ürünlerinin çinko biyofortifikasyonu yoluyla giderilebilir. Biyofortifikasyon stratejileri arasında çinko gübrelerinin uygulanması ve topraktan daha fazla çinko alan ve yenilebilir kısımlarda çinko biriktiren tarımsal ürünlerin genotiplerinin geliştirilmesi de yer almaktadır. Çinko içerikli gübrelerin kullanımı ile kök, yaprak ve gövdelerdeki çinko konsantrasyonları arttırabilir. Toprağa çinko içeren gübreler uygulandığında verim kaybı olmadan kuru maddede 500-5000 mg kg<sup>-1</sup>'a kadar ve yaprakta 100-700 mg kg<sup>-1</sup>'a kadar çinko konsantrasyonları arttırılabilir. Yapraktan çinko uygulaması, bitkilerin taze sürgün dokularında çinko konsantrasyonlarının artmasına neden olabilmektedir. Ancak, meyveler, tohumlar ve yumrulardaki çinko konsantrasyonları floemdeki düşük çinko hareketliliği nedeniyle ciddi şekilde sınırlamakta ve 30-100 mg kg<sup>-1</sup>'dan daha yüksek konsantrasyonlar nadiren gözlenmektedir (White 2011).

Çinko eksikliği bitkilerde yaygın bir mikro besin eksikliğidir ve bitkisel üretimde önemli düşümlere yol açar. Çinko eksikliği olan hücreler, bitki büyümesini, farklılaşmasını ve gelişimini engelleyen çok sayıda fizyolojik bozukluk sergiler. Reaktif oksijen türlerinin (ROS) neden olduğu temel hücresel bileşiklerdeki oksidatif hasarın, çinko eksikliği olan bitkilerde görülen büyüme bozukluklarının altında yatan neden olduğuna dair kanıtlar giderek artmaktadır. Çinko, ROS üreten membrana bağlı NADPH oksidaz ile etkileşime girer. Çinko eksikliği olan bitkilerde demir konsantrasyonu artarak serbest radikallerin üretimini artırır. Bitkilerin çinko beslenme durumu, ROS tarafından katalize edilen kloroplastlardaki fotooksidatif hasarı etkiler. Çinko eksikliği olan yapraklar ışığa karşı son derece hassastır, yüksek ışık yoğunluğu altında hızla klorotik ve nekrotik hale gelir (Cakmak 2000).

Çinko, bazı önemli proteinlerin temel bileşeni olan triptofanın sentezinde önemli rol oynar ve Zn eksikliğinde protein içeriği azalır (Turan ve Horuz, 2012). Çinko sülfat kullanımı çinko gereksinimlerinin karşılanması için en uygun ve ekonomik formdur. Yapraklara çinko uygulamasının zamanlaması önemli olup genellikle köklenme aşamasının ortasında veya erken süt aşamasında daha etkili olduğu bilinmektedir. (Lyons ve Cakmak 2012 b). Yapraktan çinko uygulamaları, tahıllardaki çinko konsantrasyonunu iyileştirmenin etkili bir yoludur. %0.5 (w/v) çinko yaprak gübrelemesinin erken aşamalardan ziyade mahsulün sonraki büyüme aşamalarında uygulanması, tahıl gibi yenilebilir kısımlarda daha fazla çinko artışına neden olur, bu da bu tekniğin çinko birikimini maksimuma çıkarabileceğini gösterir (Cakmak ve ark. 2010b). Özellikle çinko içeren gıda ürünlerinin zenginleştirilmesini teşvik eden gübrelerin uygulanması yoluyla tarımsal biyolojik zenginleştirme, besin eksikliğinin yüksek olduğu ülkelerde bir halk sağlığı stratejisi olmalıdır (Joy vd. 2015).

Farklı tür ve çeşitteki tahıllar üzerine farklı uygulama doz ve şekillerde çinko uygulamasının, danede Zn ve P üzerine etkilerinin, ayrıca fosfor, fitin asidi ve protein

içerikleri, fitaz enzim aktivitesi ve fitin asit/çinko oranları üzerine etkisini belirlemek için yapılan çalışmada, çinko uygulamalarının danede Zn içeriğini artırdığı buna karşın P içeriğinin ve buna bağlı fitin asit içeriğinin azaldığı nihai olarak fitin/çinko oranını gerilettiği belirlenmiştir. Farklı çinko uygulama yöntemlerinin yapraktan ve topraktan uygulamaların dane de Zn içeriğini artırdığı ve bu nedenle çinkonun biyolojik yararıyla ilgili artırma etkili bir yöntem olduğu, ancak tohum çinko uygulamasının etkisiz olduğu tespit edilmiştir (Erdal 2002).

Yılmaz vd. (1998), Zn içeriği bakımından yetersiz olan buğday tohumlarının, gelişen bitkilerin zayıf gelişim gösterdikleri ve Zn içeriğinin düşük olduğunu, sulu koşullarda, tohum başına 1.5 µg Zn içeren tohumlardan elde edilen buğday bitkilerinin, tohum başına sadece 0.4 µg Zn içeren tohumlardan çıkan buğday bitkilerine göre daha iyi fide oluşumuna ve daha yüksek tane verimine sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Rashid vd. (2019) buğday, fasulye ve pirinç üzerine farklı ülkelerde iki yıl boyunca tarla koşullarında yürüttükleri çinko biyofortifikasyonu araştırması altı ülkede 31 farklı lokasyonda gerçekleştirilmiş; Zn ile biyolojik olarak güçlendirilmiş tohumların, farklı toprak ve çevre koşullarına sahip birçok yerde mahsul verimliliğini artırdığını, yüksek çinko içerikli tahıllar Zn biyofortifikasyonunun bir yan ürünü olduğundan Zn ile zenginleştirilmiş tahılların bir sonraki mahsul mevsiminde tohumluk olarak kullanılmasının mahsul verimliliğini uygun maliyetli bir şekilde artırmaya katkı sağlayabildiğini belirlemişlerdir.

Çinko oksit (ZnO), çinko karbonat (ZnCO<sub>3</sub>), çinko sülfat (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), çinko nitrat [Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] ve çinko klorür (ZnCl<sub>2</sub>) inorganik çinko kaynaklarıdır ve bu kaynaklardan çinko sülfat (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), dünyada en yaygın kullanılan Zn gübrelere biridir. Partikül boyutu nedeniyle çinko oksit (ZnO) çözeltilerinin çinko gübrelemede kullanımı sınırlıdır (Moran 2004).

Tian ve Li (2024) tek başına toprak uygulaması veya çinko gübresinin yapraktan püskürtülmesi ile birlikte, aşırı çinko eksikliği olan kireçli topraklarda buğday çinko takviyesi için yapraktan gübrelemenin daha verimli olduğunu, yaklaşık 2,5 kg hm<sup>-2</sup> miktarına eşit olan ve içinde % 0.3 -% 0.4 ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O' luk yüzey aktif maddeler içeren çinko uygulamasının iki veya üç defa yapraktan uygulanmasının tahıl dolumunun erken aşamasında buğday danelerinde 40-60 mg kg<sup>-1</sup>'lık genel çinko zenginleştirme hedefine ulaşabildiğini ve çinko konsantrasyonunun tahılların dış kabuğundan insanlar tarafından buğdayın tüketilen kısmı olan endosperme doğru gidildikçe azaldığını ve bu nedenle endospermde zenginleştirilmiş çinkonun konsantrasyonuna ve biyoyararlanımına daha fazla dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Shilpi (2020), iki farklı buğday çeşidinde beş farklı dozda (0, 1.5, 3.0, 4.5 ve 6.0 kg ha<sup>-1</sup>, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) çinko gübresinin kullanıldığı çalışmada, çinko (Zn) gübrelemesinin buğday bitkisi üzerindeki etkileri araştırılmış, buğday danelerinde en yüksek çinko konsantrasyonu 5.5 kg ha<sup>-1</sup> olarak elde edilmiş ve Zn'nin 3.0 kg ha<sup>-1</sup> oranında uygulanmasının buğday dane verimi açısından en iyi sonuçları verdiği bildirmiştir.

Munir (2022) tarafından yapılan çalışmada; çinko uygulaması buğdayda büyümeyi ve dane Zn konsantrasyonunu iyileştirmiş, aynı şekilde, yüksek N uygulaması

da yüksek verim ve Zn konsantrasyonu ile sonuçlanmıştır. En yüksek verim, yüksek N dozu altında tohum hazırlamada kaydedilerek Zn'nin yapraktan uygulanması, topraktan uygulamaya göre en yüksek dane Zn konsantrasyonunu sergilemiştir.

Singh (1986) bir fasulye çeşinde Zn uygulamasıyla toprak ve bitkide kritik Zn konsantrasyonunu sırasıyla 0.54 ve 15.4 ppm olarak belirlemiştir.

Yapraktan çinko uygulaması ile pirinç (*Oryza sativa* L.) danesinde çinko konsantrasyonunun nasıl artırılabilceği ve sonraki fide büyümesinin nasıl geliştirilebileceğinin değerlendirildiği bir araştırmada, pirinç bitkisine farklı büyüme aşamalarında % 0.5 çinko sülfat ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) içeren yapraktan sekiz çinko uygulaması yapılmıştır. Elde edilen tohumlar, tohum çinkonun fide büyümesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için çimlendirilmiştir. Yapraktan uygulanan çinko, çeltikte çinko konsantrasyonunu yalnızca çiçeklenmeden sonra uygulandığında artırmış, uygulamalar tekrarlandığında ise daha büyük artışlar görülmüştür. Yapılan biyofortifikasyon çalışmalarında pirincin kabuk kısmında 10 kata kadar büyük artışlar sağlanmış, kahverengi pirinçte ise çinko içeriği daha küçük artışlar göstermiştir. Çimlenmenin ilk birkaç gününde, 42 ila 67 mg Zn  $kg^{-1}$  içeren tohumlardan elde edilen fideler, 18 mg Zn  $kg^{-1}$  içeren tohumlardan elde edilenlere göre daha uzun köklere ve koleoptillere sahip olduğu, ancak bu etkinin daha sonra kaybolduğu görülmüştür. Danede çinkonun yüksek içeriğinin fidenin büyümesindeki faydası, çimlenen danelerdeki çinko konsantrasyonu ile kök ve sürgün kuru ağırlığı arasındaki pozitif korelasyonla da gösterilmiştir ( $r^2=0.55$ ,  $p < 0.05$ ). Pirinç danelerinin çinko içeriği, çiçeklenmeden sonra yapraktan Zn uygulaması ile etkili bir şekilde yükseltilebilir ve bu durumun pirinç tüketenler açısından, potansiyel faydası olduğu ayrıca kahverengi pirincin Zn içeriğinde %55'e varan artışlar sağladığı ve agronomik olarak daha hızlı büyüme ile kendini gösterdiği belirlenmiştir (Boonchuay 2013).

Sorgum bitkisi üzerine üç farklı mikro besin elementi; Zn, Fe ve Se biyofortifikasyon çalışması farklı sorgum çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilmiş, çinko uygulamasının maksimum protein, yağ ve nişasta içeriği bakımından en yüksek sonuçları verdiği ve çinkonun sorgum bitkisinin kalite özelliklerini iyileştirmek için daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır (Qureshi vd. 2021).

Han vd. (2024), amino asitlerin (AA) ve çinkonun (Zn) yapraktan uygulanmasının soya fasulyesinin agronomik özellikleri ve dane Zn birikimi üzerine etkisinin değerlendirildiği tarla denemesinde, dört amino asit uygulaması (0, 50, 100 ve 150 ml  $100 L^{-1}$ ) ve Zn (0, 2, 4 ve 6 mg  $L^{-1}$ ) seviyelerini içeren 16 uygulama gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, yapraktan Zn ve AA uygulamasının verimi etkilemediğini, AA50\*Zn<sub>2</sub> ve AA150\*Zn<sub>2</sub>'nin ise bakla ve dal sayısını etkilediğini göstermiştir. AA uygulamasının tahıllardaki N ve protein içeriği üzerine etkileri anlamlı olarak belirlenmiştir. AA100\*Zn<sub>6</sub> uygulaması, soya fasulyesi danelerinde Zn biyofortifikasyonunun arttırılması için en etkili uygulama olarak ortaya çıkmıştır. AA ve Zn'nin kombine yaprak uygulamasının, soyada Zn birikiminin artmasına katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

Akram vd. (2019) tarafından iki yıl boyunca yapılan tarla denemesinde değişen çinko uygulama oranlarının buğdayın çinko biyoyararlanımı, büyümesi ve verimi üzerine etkilerini araştırmış ve çinko uygulaması ile dane veriminde önemli artış kaydedilmiştir. En yüksek dane verimi ( $5.41 t ha^{-1}$ )  $5.00 kg Zn ha^{-1}$  uygulaması ile elde edilmiş, çinko

uygulaması buğday danelerinde fitat/çinko molar rasyonunun düşmesine neden olmuş, danede çinko birikimi  $7.5 \text{ kg Zn ha}^{-1}$  uygulandığında daha yüksek çinko birikimi ( $338.72 \text{ g ha}^{-1}$ ) gözlenmiştir. Çinko uygulaması, maksimum buğday verimine yakın bir performans elde etmek için iç ( $36.53 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ) ve dış ( $4.48 \text{ kg Zn ha}^{-1}$ ) çinko gereksinimlerini karşılamak için kritik seviye olarak bulunmuştur.

Malakouti (2000) İran genelinde 1995-96 yılları arasında yağmur suyu ile sulama imkanına sahip, buğday tarlasında gerçekleştirilen araştırmalarda çinko sülfatın buğday danesinin verimini artırma üzerindeki etkisi değerlendirilmiş, verim ve kalitenin önemli ölçüde arttığını belirlemiştir. (Malakouti 2008).

Yerfıstığında danedeki çinko konsantrasyonunun artırılması amacıyla yapılan bir çalışmada, çinko içeriğinin yıla, tarla koşullarına ve ürünün çinko gübrelemesine verdiği tepkiye bağlı olarak dane çinko konsantrasyonunda dalgalanmalar olduğunu ortaya koymuştur. Konsantrasyon  $21$  ila  $67 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişmekte olup ortalama değeri  $42 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dir ve  $1-2 \text{ kg da}^{-1}$  çinko uygulaması ile ortalama  $49 \text{ mg kg}^{-1}$  olmak üzere  $24-78 \text{ mg kg}^{-1}$ 'a kadar yükselmiştir. Gıda olarak kullanılmak üzere  $50 \text{ mg kg}^{-1}$ 'i aşan yüksek çinko yoğunluğuna sahip yirmi yer fıstığı çeşidi belirlendiğini bildirmişlerdir (Singh 2020).

Çinko ve NPK gübresinin susam danelerindeki büyüme, verim ve çinko konsantrasyonu üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan denemede, dört farklı oranda  $\text{ZnSO}_4$  ( $0, 5, 10$  ve  $15 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ve NPK  $15:15:15$  ( $0, 100, 200$  ve  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ ) uygulanmıştır. Çinko ve NPK gübrelemesinin bitki boyu, yaprak sayısı, parsel başına verim ve hektar başına verimi önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir.  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  Zn ve  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  NPK ( $15:15:15$ ) uygulaması, tohumlarda en yüksek verim ve çinko içeriğine yol açmıştır (Eifediyi 2021).

Çinko ve hümitik asit uygulamalarının makarnalık buğday (*Triticum durum* L.)'da verim ve verim öğelerine etkilerinin araştırıldığı bir denemede bitki boyu, başak uzunluğu, fertil kardeş sayısı, başakta dane sayısı, başakta dane ağırlığı, bin dane ağırlığı ve birim alan dane verimi özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda tek başına daneye çinko ve hümitik asit uygulaması ile bunların kombine olarak uygulanması birim alanda dane verimini önemli ölçüde arttırmış ve birim alan dane verimi ile bitki boyu, başakta dane sayısı ve ağırlığı arasında önemli ve olumlu ikili bağlantılar belirlenmiştir (Atak 2004).

Ekmeklik buğdaya yapraktan farklı doz ve zamanlarda uygulanan çinko ve azotun danenin besin elementi içeriğine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada; yapraktan azot uygulamalarında %  $0$  (-üre) ve %  $0.5$ 'lik (+üre) üre dozları ile yapraktan %  $0$ , %  $0.1$ , %  $0.3$  ve %  $0.5$ 'lik çinko uygulamaları  $\text{ZnSO}_4$  solüsyonu ile gerçekleştirilmiştir. Yapraktan üreli ve üresiz koşullarda çinko dozları açısından bakıldığında her iki üre uygulamasında da en yüksek çinko konsantrasyonunun % $0.5$   $\text{ZnSO}_4$  uygulamasından elde edildiği, yapraktan çinko uygulamalarının danede demir konsantrasyonu üzerinde olumlu etki yaptığı belirlenmiş, buğdayda çiçeklenme sonrasındaki dönemde yapılan uygulamaların danenin çinko konsantrasyonu üzerinde daha etkili olduğu saptanmıştır (Barut 2017).

Çeltik bitkisinde yapılan bir çinko denemesinde, çinko gübrelemesinin çeltik bitkisinin kuru madde miktarı ve çinko içeriğini arttırdığı tespit edilmiştir (Aydeniz vd. 1985).

Brohi (2000), yaptığı araştırmada hem topraktan hem de yapraktan çinko uygulamasının buğday bitkisinin verimine katkısını incelemiş, sonuç olarak, topraktan çinko uygulamasının buğday danesinde çinko içeriğini azaltırken, yapraktan çinko uygulamasının danede tam tersi çinko içeriğini artırdığını belirlemiştir.

Buğdayda çinko denemesinin yapıldığı bir çalışmada, çinko uygulamaları ile buğdayda danenin çinko kapsamı arasında istatistiksel bakımdan % 1 önem seviyesinde ilişki olduğu, artan çinko dozları ile kuru ve sulu şartlarda buğday danesinin çinko içeriğinin 8.5 ppm'den 14.5 ppm'e kadar arttığı belirlenmiştir. (Bağcı 2004).

Farklı nohut çeşitlerinde çinko ve azotlu gübrelemenin protein içeriğine etkilerinin araştırıldığı bir araştırmada tüm nohut çeşitlerinde çinkolu gübre uygulamasıyla çinko konsantrasyonunun ve azotlu gübrelemeyle de protein içeriğinin arttığı tespit edilmiştir (Kaya vd. 2009).

Bezelye bitkisinde farklı çinko dozunun (% 0.01, 0.1 ve 0.5) yapraktan uygulanmasıyla bezelyede verim unsurlarından çiçek sayısı, bitkide bakla sayısı, dane sayısında önemli artışlar elde edildiği, ayrıca karbonhidrat, protein ve çinko konsantrasyonunu da artırdığı saptanmıştır (Nalini vd. 2013).

Buğdayda yapraktan çinko uygulamasının verim ve kalitesine etkisini araştırmak için yapılan çalışmada, kontrol Zn (K; kontrol ve / veya Zn eksik stres durumu) ve çinko sülfatın kullanılması [kök uzama ve tahıl dolum aşamalarında 0.5 g L<sup>-1</sup> püskürtme (T1) ve kök uzama aşamasında 0.5 g / L ve tahıl dolum aşamasında 2 g L<sup>-1</sup> püskürtme (T2)] şeklinde uygulamalar yapılmıştır. Deneme neticesinde yapraktan çinko uygulanmasının, başak başına tahıl sayısını artırdığı ayrıca tahıl çinko içeriğini ve verimini de artırdığı belirlenmiştir. Danede yapılan incelemede daha yüksek protein içeriğine neden olduğu görülmüştür (Esfandiari 2016).

Çakmak vd. (2012c), insanların çinko beslenme eksikliğinin önüne geçilmesi amacıyla, buğday bitkisinde çinko içeriğinin artırılması amacıyla biyofortifikasyon çalışması yürüttükleri bir denemede, dört farklı çinko uygulaması yapmışlardır. Bu uygulamalar: Sıfır çinko uygulaması (kontrol), yapraktan çinko uygulamasıyla, topraktan çinko uygulaması hem yapraktan hem de topraktan çinko uygulaması yaparak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre buğdayda çinko gübrelemesinin çinko biofortifikasyonuna etkisini belirlemişlerdir. Çalışma alanı olarak Çin, Hindistan, Kazakistan, Meksika, Pakistan, Türkiye ve Zambia dahil olmak üzere farklı 23 bölge seçilmiş ve deneme bu bölgelerde üç yıl süre ile devam ettirilmiştir. Sonuçlara göre 23 bölge/yıl boyunca birlikte yapılan yapraktan ve topraktan çinko uygulamalarının etkilerinin, başaktaki çinko konsantrasyonunu, kontrole göre (Z0) 27 mg kg<sup>-1</sup>'den, 48 mg kg<sup>-1</sup>'a yükseltmiş ve başaktaki Zn içeriğinin % 84'ten % 90'a artırılmasını sağlamışlardır (Yalın 2016)

Çakmak vd. (2012b); Çin, Hindistan, Lao PDR, Tayland ve Türkiye'de iki yıl eş zamanlı olarak yürüttükleri pirinçte çinko biyofortifikasyonu çalışmalarında; çinko

gübrelemesinin, Çin ve Hindistan'daki bazı yerlerde %10'a varan artışlar dışında, pirinç danesi verimi üzerinde çok az etkisi olduğunu, tüm deneme alanlarında Zn uygulamasının dane verimini yaklaşık % 5 oranında arttırdığını, ayrıca Zn konsantrasyonlarının özellikle yapraktan çinko uygulamaları ile daha etkili bir şekilde arttırıldığını, kahverengi pirinçteki Zn konsantrasyonu (kabuğu çıkarılmış bütün karyopsis) yaprak ve yaprak + toprak Zn uygulamaları ile sırasıyla % 25 ve % 32 oranında artış sağlandığını tespit etmişlerdir.

Wissuwa vd. (2008) Zn'nin toprakta uygulanması yoluyla pirincin agronomik biyofortifikasyonu üzerine etkilerinin düşük olduğunu, ancak Mabesa vd. (2013) yaprakta Zn uygulamasıyla pirinçteki tahıl Zn konsantrasyonunun önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir. Tarla denemesinde fidelerin % 2 ZnO süspansiyonuna daldırılmasının veya fidelere üstten çinko sülfat çözeltisi püskürtülmesinin çinko noksanlığının gözle görülür semptomlarını düzelttiğini ve tane verimini artırdığını bildirmişlerdir (Yoshida vd. 1973).

Tahıllarda yüksek Zn biriktiren çeşitler, kontamine arazide yetiştirildiğinde tahılda istenmeyen ağır metallerin birikme riskini de artırabilmektedir (Hussein vd. 2019), bu noktanın biyofortifikasyon programlarında dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Sanchez-Palacios 2023).

Bezelye (*Pisum sativum* L.) bitkisinde Zn ihtiyacının maksimum verim için gerekli olandan daha fazla seviyelerde arttırılmasının, tohumlardaki biyolojik olarak kullanılabilir Zn konsantrasyonunu arttırdığı belirlenmiştir (Peck vd. 1980; Welch vd. 1974). Ayrıca, buğdayda Zn ve Se arzının arttırılması, buğday danesinde biyolojik olarak kullanılabilir Zn ve Se miktarını iyileştirmiştir (Çakmak 2008; Haug vd. 2008; House ve Welch 1989).

Dünya nüfusunun giderek artmasıyla mikro besin elementi eksikliklerinin insan sağlığı açısından önemi artmış, söz konusu eksiklikler araştırma ve tartışma konularına dönüşmüştür. Dünyaca ünlü 8 ekonomist, insan sağlığı ve refahının en kısa zamanda iyileşmesine katkı verecek şekilde dünya problemlerini tartışarak hazırladıkları raporda esas problemin vitamin A ve çinkonun olduğu, günümüzde yaygın olarak tüketilen gıdaların çinko ve demir bakımından zenginleştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir (Çakmak 2008).

Toprakta çinko alımını etkileyen etkenlerden biri de mikoriza mantarıdır. Çinkonun % 50-60'lık kısmı bitkilerce topraktan alınırken, kalan kısmı mikoriza mantarı ile sağlanmaktadır. Mikoriza mantar oranı arttıkça bitkinin çinko kaldırma oranı da artmaktadır. Mikoriza bitkiden su ve karbonhidratı alırken, toprağa da çinko, fosfor ve bakır ile su vermektedir. Mikorizanın ortamına fazla miktarda fosfor verilirse bu sistem çalışmamakta ve dolayısıyla çinko alımı gerilemektedir (Marschner 1986).

Martens ve Westermann (1991), yapraktan uygulamalar için optimum Zn oranlarının 0,5 ila 1,0 kg Zn ha<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir. Çinko içeren gübrelerin yapraktan bitkilere geç büyüme döneminde uygulanmasıyla dane Zn içeriğinde büyük artışlar elde edilebildiğini bildirmişlerdir (Yılmaz vd. 1997; Çakmak 2008).

Hassan vd. (2019) ekmeklik buğdayın verimliliğini ve tane biyo-güçlendirmesini artırmak için topraktan ( $10 \text{ kg ZnSO}_4 \text{ ha}^{-1}$ ), yapraktan ( $0,5 \text{ ZnSO}_4$ ) ve tohumla bulaştırma ( $0,3 \text{ M ZnSO}_4$ ) şeklinde 3 uygulama yapmış ve tane Zn konsantrasyonundaki artışın, yaprak uygulaması ile %70, toprak uygulaması ile %39 ve tohumla ön uygulama ile %15 şeklinde gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

Irmak vd. (2016) yerfıstığında topraktan ve yapraktan Zn uygulamalarının danede Zn miktarının artırılmasında önemli etkilere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Han vd. (2024) soyada yapraktan amino asit ve Zn uygulamalarının danede Zn miktarının artmasında etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Kassab (2005) tarafından yürütülen bir çalışmada Zn, Mn, Fe ve Mg'nin yaprağa uygulanmasının maaş fasulyesinin büyüme ve verim parametrelerini önemli ölçüde iyileştirdiğini bildirmiştir.



### 3. MATERYAL ve METOT

Bu bölümde, araştırma amacıyla kullanılan materyaller ile arazi ve laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir.

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak 2022 ve 2023 yıllarında susam yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı, Antalya ilinin Manavgat ilçesi Bereket mahallesinde iki farklı lokasyonda bulunan ve iki farklı tarlada Buğday-Susam ve Bakla-Susam şeklinde iki farklı münavebeye tabi tutulmuş susam tarlalarından, denemenin başlangıcı ile yetiştiricilik dönemlerinin sonunda alınan toprak örnekleri oluşturmaktadır. Ayrıca susam bitkisinin yetiştiriciliği sırasında bazı morfolojik özelliklerinin tespiti için kurulan her bir deneme parselinden önceden etiketlenerek seçilen susam bitkisi ve büyüme döneminde alınan yaprak ve hasat döneminde alınan dane örnekleri de araştırma materyalleri arasında yer almaktadır.

##### 3.1.1. Deneme alanı

Araştırma, Antalya ili Manavgat ilçesi Bereket mahallesi sınırları içerisinde, iki farklı lokasyonda bulunan, öncesinde buğday ve bakla ekiminin yapıldığı, sonrasında susam ekiminin gerçekleştirildiği Buğday-Susam ve Bakla-Susam şeklinde münavebenin uygulandığı iki farklı tarlada gerçekleştirilmiştir.

##### 3.1.2. Çalışma alanının tanıtılması

Manavgat batıdan Muğla ve Denizli, kuzeybatıdan Burdur ve Isparta, kuzeydoğudan Konya ve Karaman, doğudan Mersin ile çevrili olup, güneyde Akdeniz'e açılan Antalya il sınırları içerisinde bulunmaktadır. Alanya ve Manavgat; Antalya'nın ilçelerinden, batıda Serik, kuzeyde İbradı, Gündoğmuş ve Akseki, güneydoğuda Gazipaşa ve güneyde ise Akdeniz ile çevrilidir ve Manavgat, 2283 km<sup>2</sup>'lik yüzölçümüyle Antalya ilinin en büyük ilçesidir. 36° 47' kuzey enleminde yer alan Manavgat'ın yıllık ortalama sıcaklığı 18,5 °C'dir. Manavgat'ta yağışın en fazla düştüğü ay Aralık (246,6 mm) ve en az yağışın düştüğü ay ise Temmuz (1,5 mm) ayıdır. Manavgat Orta iklimler Kuşağına dâhildir ve kışı ılık, yazı sıcak ve kurak iklim (Akdeniz İklimi) tipine girer. Manavgat'ta yılın beş ayı (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) kurak geçer (Sabancı 2012).

Güneyde Akdeniz ile çevrili olan Manavgat, 64 kilometrelik bir sahil şeridinde sahiptir. Manavgat'ın kuzeyi Toros Dağları ile çevrilidir. Denizden iç bölgelere gidildikçe ekilebilen düz ovaların yanında engebeli bir arazi yapısı ön plana çıkmaktadır (Matso 2021). Bölgede rakım, deniz seviyesinden başlayıp, 2.500 m'ye kadar yükselir. İlçenin güney sınırları boydan boya Akdeniz ile çevrilidir. Araştırmanın gerçekleştirildiği Bereket mahallesi Manavgat ilçesine 30 km uzaklıktadır ve 37° 21' ve 36° 49' kuzey enlemleri ile 31° 04' ve 31° 38' doğu boylamları arasında yer almaktadır ve Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3'te lokasyonlar görülmektedir.



Şekil 3.1. Deneme alanlarına ait genel bir görüntü



Şekil 3.2. Buğday-Susam münavebe sistemine göre yapılan çalışma alanına ait görüntü



**Şekil 3.3.** Bakla-Susam münavebe sistemine göre yapılan çalışma alanına ait görüntü

### 3.1.3. Bitki materyali

Araştırmada Manavgat yöresinde yaygın olarak kullanılan Muganlı-57 susam çeşidi Batı Akdeniz Araştırma Enstitüsü'nden temin edilerek ekimi yapılmıştır. Vejetasyon sürecinde bazı morfolojik ölçümler için susam bitkisi, kimyasal analizler ve yağ analizleri için susam bitkisinin yaprakları ve susam daneleri kullanılmıştır. Hiltebrandt (1932), Türkiye genelinde yetiştiriciliği yapılan susam çeşitlerinin tamamının *S. indicum ssp. bicarpellatum proles asiaticum* Hilt. familyasına ait olduğunu belirtmiştir. Ülke genelinde tarımı yapılan susamların karpel sayısı bakımından iki karpelli olduğunu, gövde tüylülüğü yönünden % 93'nün kısa ve seyrek tüylü, % 7'sinin uzun ve sık tüylü, tohum (dane) kabuğu rengi bakımından % 84.2'sinin kahverengi ve % 15.8'nin beyaz, yaprak şekli bakımından % 44.4'nün düz ve hafif yırtmaçlı, % 55.6'sının yırtmaçlı veya derin dilimli, dallanma bakımından % 97.9'nun çok dallı, % 2.1'nin az dallı yapıda bitki tiplerinden oluştuğunu bildirmiştir (Yol 2011).

Tescil edilmiş susam (*Sesamum indicum* L.) çeşitlerinin ikinci ürün koşullarında bazı önemli tarımsal ve tohum kalite özelliklerinin incelendiği çalışmada; Muganlı-57 çeşidinin; iki karpelli, bitki boyunun 205.4 cm, dal sayısının 2.3 adet bitki<sup>-1</sup>, kapsül sayısının 81.2 adet bitki<sup>-1</sup>, 1000 tohum ağırlığının 3.94 g, tohum veriminin 144.5 kg da<sup>-1</sup>, protein oranının % 21.3 ve yağ oranının % 48.6 olduğu belirlenmiştir (Bakal ve Arıoğlu 2020).

### 3.1.4. Toprak materyali

Araştırmada kullanılan topraklar, deneme alanı olarak önceden belirlenen, iki farklı lokasyonda bulunan buğday ve bakla ekimi gerçekleştirilen tarlalardan her susam ekim dönemi öncesinde ve sonrasında olacak şekilde toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.4). Araştırmada yer alan topraklara ait bazı kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Deneme alanı toprak özellikleri değerlendirildiğinde Buğday arkasına susam ekilen tarla toprağında tekstür killi tın, pH düzeyinin 7.07 (nötr) aralığında, kireç kapsamı %30.32 (aşırı kireçli), tuzluluk bakımından 0.29 dS m<sup>-1</sup> (tuzsuz), organik madde düzeyi ise %1.19 (humusça fakir) olarak belirlenmiştir. Bakla arkasına susam ekilen tarla toprağında tekstür killi, pH düzeyinin 6.92 (nötr) aralığında, kireç kapsamı %24.73 (aşırı kireçli), tuzluluk bakımından 0.23 dS m<sup>-1</sup> (tuzsuz), organik madde düzeyi ise %2.18 (az humuslu) olarak belirlenmiştir. Araştırmanın 1. ve 2. yılında (2022 ve 2023) Buğday-Susam ve Bakla-Susam rotasyonu ile susam yetiştirilen tarla topraklarında susam ekimi öncesi ve sonrasında alınan toprak örneklerinin besin elementi içeriklerine ait analiz sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** İki yetiştirme döneminde (2022 ve 2023) susam ekiminden önce ve hasat sonrası Buğday-Susam ve Bakla-Susam münavebesindee susam ekimi öncesi ve sonrasında alınan toprak örneklerinin besin elementi içeriklerine ait analiz sonuçları

| Yıl                          | 1.Yıl (2022)       |               |                      |               | 2.Yıl (2023)       |               |                      |               |
|------------------------------|--------------------|---------------|----------------------|---------------|--------------------|---------------|----------------------|---------------|
| Dönem                        | Susam Ekimi Öncesi |               | Susam Hasadı Sonrası |               | Susam Ekimi Öncesi |               | Susam Hasadı Sonrası |               |
| Parametreler                 | Buğday Tarlası     | Bakla Tarlası | Buğday Tarlası       | Bakla Tarlası | Buğday Tarlası     | Bakla Tarlası | Buğday Tarlası       | Bakla Tarlası |
| Bünye                        | Killi Tın          | Killi         | Killi Tın            | Killi         | Killi Tın          | Killi         | Killi Tın            | Killi         |
| Kireç (% CaCO <sub>3</sub> ) | 30.32              | 24.73         | 30.32                | 24.73         | 30.32              | 24.73         | 30.32                | 24.73         |
| pH                           | 7.07               | 6.92          | 7.01                 | 7.01          | 7.04               | 7.03          | 6.99                 | 6.84          |
| EC (dS m <sup>-1</sup> )     | 0.29               | 0.23          | 0.29                 | 0.21          | 0.28               | 0.21          | 0.36                 | 0.45          |
| Org. Madde (%)               | 1.19               | 2.71          | 0.86                 | 2.51          | 1.25               | 2.90          | 0.59                 | 2.18          |
| Toplam azot (%)              | 0.039              | 0.104         | 0.031                | 0.123         | 0.045              | 0.148         | 0.105                | 0.139         |
| P (mg kg <sup>-1</sup> )     | 26.56              | 14.06         | 79.16                | 16.71         | 35.15              | 16.19         | 66.14                | 80.62         |
| K (me 100 g <sup>-1</sup> )  | 0.26               | 0.31          | 0.21                 | 0.26          | 0.188              | 0.31          | 0.31                 | 0.37          |
| Mg (me 100 g <sup>-1</sup> ) | 2.36               | 1.93          | 2.36                 | 1.85          | 2.11               | 2.46          | 1.73                 | 2.28          |
| Ca (me 100 g <sup>-1</sup> ) | 14.29              | 19.77         | 14.24                | 18.58         | 14.01              | 22.52         | 12.61                | 21.33         |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> )    | 11.57              | 9.88          | 13.49                | 8.74          | 7.29               | 9.28          | 18.72                | 13.24         |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> )    | 0.76               | 0.30          | 0.52                 | 0.50          | 0.66               | 0.49          | 0.86                 | 0.76          |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> )    | 2.02               | 2.20          | 1.49                 | 2.50          | 1.81               | 2.20          | 2.50                 | 2.15          |



**Şekil 3.4.** Deneme alanlarından toprak örneklerinin alınması ve susam ekimi öncesinde deneme alanından genel bir görüntü

### 3.1.5. İklim özellikleri

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 2022-2023 yılına ait gözlemlerinin yer aldığı, Manavgat Meteoroloji istasyonlarında ölçülen bazı iklimsel verilere ait en düşük ve en yüksek sıcaklık, ortalama sıcaklık, aylık toplam yağış değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Araştırmaya konu olan deneme alanlarını bulunduğu Antalya ili Manavgat ilçesinin 2022-2023 yıllarına ait meteorolojik verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)

| Yıllar | Aylar   | Maksimum sıcaklık (°C) | Minimum sıcaklık (°C) | Ortalama sıcaklık (°C) | Toplam Yağış (mm=kg/m <sup>2</sup> ) |
|--------|---------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 2022   | Haziran | 38.0                   | 18.6                  | 26.5                   | 4.4                                  |
|        | Temmuz  | 40.6                   | 21.8                  | 30.9                   | 0.0                                  |
|        | Ağustos | 35.4                   | 20.7                  | 29.0                   | 0.2                                  |
|        | Eylül   | 37.8                   | 17.2                  | 26.6                   | 0.1                                  |
|        | Ekim    | 35.8                   | 13.5                  | 22.6                   | 85.8                                 |
|        | Kasım   | 27.6                   | 10.5                  | 17.8                   | 163.0                                |
| 2023   | Haziran | 38.9                   | 16.8                  | 25.6                   | 2.1                                  |
|        | Temmuz  | 44.7                   | 21.9                  | 31.6                   | 0.0                                  |
|        | Ağustos | 39.0                   | 21.4                  | 29.5                   | 0.0                                  |
|        | Eylül   | 39.4                   | 18.8                  | 27.5                   | 19.4                                 |
|        | Ekim    | 32.6                   | 15.4                  | 23.3                   | 11.5                                 |
|        | Kasım   | 30.5                   | 5.6                   | 18.7                   | 130.7                                |

### 3.2. Metot

Bu araştırma 2 yıllık olarak planlanmış ve araştırmanın ilk yılı Haziran 2022-Kasım 2022 arasında; ikinci yılı Temmuz 2023-Kasım 2023 tarihleri arasında Antalya ili Manavgat ilçesi Bereket mahallesi sınırları içerisinde susam ekimi öncesinde iki farklı lokasyonda bulunan, denemelerin kurulduğu tarlaların sahibi çiftçiler tarafından üretim sezonu boyunca tarımsal işlemleri gerçekleştirilen buğday ve bakla tarlalarının hasat işlemleri arkasından, susam ekimi için hazır hale getirilen deneme alanlarında yürütülmüştür.

#### 3.2.1. Toprak hazırlığı, parsellerin oluşturulması ve topraktan gübreleme uygulamaları

Araştırma tesadüf blokları faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü planlanarak deneme alanları oluşturulmuş ve deneme parsellerinde farklı oranlarda azotlu ve çinkolu gübreleme uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Faktörler farklı 2 münavebe uygulaması ve N-Zn içeren gübre uygulamaları olarak belirlenmiştir. Oluşturulan deneme parsellerine azot farklı dozlarda (0, 3, 6, 9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulanmış ve azot kaynağı olarak Amonyum Sülfat gübresi kullanılmıştır. Amonyum sülfat gübresi, tohum ekiminden önce tabandan uygulanmıştır. Ayrıca temel gübreleme olarak tüm uygulama parsellerine toprak analiz sonuçları dikkate alınarak, 3,1 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 5 kg/da K<sub>2</sub>O oranında gübre uygulaması gerçekleştirilmiştir. Deneme alanında tabandan gübreleme için parselleme işlemi yapılmış (Şekil 3.5) ve gübreleme Amonyum Sülfat, Potasyum Sülfat, TSP gübreleri ile yapılmıştır (Şekil 3.6). Sıra arası mesafe 70 cm, sıra üzeri mesafe ise 3 cm olacak şekilde her parselde 6 sıra ekim makinesi ile yapılmıştır (Şekil 3.7). Birinci yetiştiricilik döneminde ekim tarihleri Haziran, ikinci yetiştiricilik döneminde ekim tarihi Temmuz, hasat tarihleri her iki dönemde de Kasım ayında gerçekleştirilmiştir. Deneme parsellerinin boyutları 3x3 m olacak şekilde, Buğday-Susam ve Bakla-Susam münavebesinde olmak üzere 48+48 adet toplamda 96 parsel bölünmüş ve uygulamaların etkileri gözlemlenmeye çalışılmıştır (Şekil 3.8).

Araştırma alanlarında sulama işlemi yağmurlama sulama şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9). Araştırmada hem hastalık ve zararlı hem de yabancı ot ile kültürel ve kimyasal mücadelesi yapılmıştır.



Şekil 3.5. 1. ve 2. yıl susam ekim hazırlığında ana parsellere ait genel bir görüntü



**Şekil 3.6.** 1. ve 2. yıl susam ekim hazırlığı öncesinde gübreleme hazırlığına ait genel bir görüntü



**Şekil 3.7.** Makine ile ekimi yapılan susamdan genel bir görüntü



Şekil 3.8 Deneme alanında parselleme ve işaretleme işleminden genel bir görüntü



Şekil 3.9. Deneme alanlarında yağmurlama sulama uygulaması

### 3.2.2. Bitkilere yaprakтан yapılan uygulamalar

Deneme alanlarında parseller oluşturulduktan sonra, çinko uygulamaları (% 0, 0.15, 0.30, 0.45) çinko sülfat ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) gübresiyle susam ekimden itibaren vejetasyon döneminin 30. ve 60. günlerinde olmak üzere iki defa susam bitkisinin yapraklarına üstten püskürtülerek uygulanmıştır (Şekil 3.10).



**Şekil 3.10.** Deneme alanlarında susam bitkisine yaprakтан çinko sülfat ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) gübre uygulamasından genel bir görüntü

### 3.2.3. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazır hale getirilmesi

Deneme alanlarından alınan toprak örnekleri her iki yetiştiricilik döneminde buğday ve bakla hasadından sonra ve susam yetiştiriciliği sonrasında olmak üzere Jackson (1967) tarafından bildirildiği şekilde örnekleme yapılarak tarlaları temsil edecek şekilde alınmıştır. 0-20 cm derinlikten alınan toprak örnekleri ayrı ayrı karıştırılıp temsili bir miktar örnek plastik poşetlere konulmuştur. Toprak örnekleri Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında hava kurusu hale getirildikten sonra Chapman vd. (1961) bildirdiği esaslara göre analize hazır hale getirilmiş ve analize alınmıştır.

### 3.2.4. Yaprak örneklerinin alınması ve analize hazır hale getirilmesi

Buğday-Susam ve Bakla-Susam şeklindeki iki farklı münavebe ile deneme alanlarında 96 adet parseli temsil edecek şekilde, her bir parselden parsel kenarları (kenar tesiri nedeniyle) hariç bitkinin tepe noktasının aşağı kısmında yer alan ve gelişimini tamamlamış yapraklardan örnekler alınmıştır. Çalışma kapsamında yetiştirilen susam bitkilerinden alınan yaprak örnekleri önce musluk suyu ile yıkanmış daha sonra iki kez saf sudan geçirilmiştir. Kurutma kâğıdı yardımıyla üzerindeki suların büyük çoğunluğu alınan yaprak örnekleri 65 °C'ye ayarlı kurutma dolabında son tartım ağırlığı sabit

kalıncaya kadar kurutulmuş ve bitki öğütme değirmeninde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal 2008) (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Deneme alanlarından alınan susam bitkisi yaprak örnekleri

### 3.2.5. Toprak analiz yöntemleri

Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanlarından 0-20 cm derinlikte alınan toprak örnekleri hava kurusu hale getirildikten sonra Chapman vd. (1961)'e göre 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir.

**Toprak Reaksiyonu (pH):** Analize hazırlanmış olan toprak örneklerinin pH'ları 1:2,5 toprak-su karışımında ölçülmüştür (Jackson 1967).

**Kireç ( $\text{CaCO}_3$ ):** Toprak örneklerinde  $\text{CaCO}_3$  içerikleri Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek, sonuçlar %  $\text{CaCO}_3$  olarak hesaplanmış (Çağlar 1949) ve toprakların  $\text{CaCO}_3$  içerikleri sınıflandırılmıştır (Evliya 1964).

**Elektriksel İletkenlik (EC):** Toprak EC değerleri 1:2.5 toprak-su karışımında belirlenmiştir (Anonymous 1982).

**Toprak Tekstürü (Bünye):** Bouyoucos (1955) tarafından bildirilen esaslara göre, hidrometre yöntemiyle yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre bünye sınıflarının belirlenmesinde toprak bünyesi sınıflandırma üçgeninden yararlanılmıştır (Black 1957).

**Organik Madde:** Modifiye Walkley-Black metoduna göre tayin edilmiştir (Black 1965), sonuçlar % olarak hesaplanmış ve Thun vd.'ne (1955) göre sınıflandırılmıştır.

**Toplam Azot:** Modifiye Kjeldahl metoduna göre tayin edilerek (Kacar 2009), sonuçlar % olarak verilmiş ve Loue'ya (1968) göre sınıflandırılmıştır.

**Alınabilir Fosfor:** Toprakların alınabilir fosfor miktarları Olsen metoduna göre belirlenerek ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak okunmuş ve sonuçlar  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak verilmiştir (Olsen ve Sommers 1982).

**Değişebilir Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum:** Toprakların ekstraksiyonunda 1N Amonyum Asetat (pH: 7) metodu Kacar (2009) tarafından bildirildiği şekilde

uygulanmıştır. Ekstraksiyondaki potasyum, kalsiyum ve magnezyum ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak verilmiştir.

**Alınabilir Çinko, Mangan ve Bakır:** DTPA ekstraksiyonu yolu (Lindsay ve Norvell 1978) ile elde edilen süzükte çinko, mangan ve bakır ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak verilmiştir.

### 3.2.6. Yaprak analiz yöntemleri

**Azot analizi:** Kurutulup öğütülen bitki örneklerinde azot tayini modifiye Kjeldahl metoduna göre yapılmış (Kacar ve İnal 2008) ve % olarak ifade edilmiştir.

**Fosfor, Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum, Çinko, Bakır ve Mangan Analizleri:** Yaş yakma metodu (Kacar ve İnal 2008) ile elde edilen süzükte ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar P, K, Ca ve Mg için kuru maddede %; Zn, Mn ve Cu için ise kuru maddede  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak verilmiştir.

### 3.2.7. Susam dane analiz yöntemleri

**Azot analizi:** Susam dane örnekleri  $65^\circ\text{C}$ 'ye ayarlı kurutma dolabında son tartım ağırlığı sabit kalıncaya kadar kurutulmuş ve öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Öğütülen susam dane örneklerinde azot tayini modifiye Kjeldahl metoduna göre yapılmış (Kacar ve İnal 2008) ve % olarak ifade edilmiştir.

**Fosfor, Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum, Çinko, Bakır ve Mangan Analizleri:** Yaş yakma metodu (Kacar ve İnal 2008) ile elde edilen süzükte miktarları ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar P, K, Ca ve Mg için kuru maddede %, Zn, Mn ve Cu içinde kuru maddede  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak verilmiştir.

### 3.2.8. Ölçülen özellikler

Uluslararası Susam Tanımlayıcı Kılavuzuna (IPGRI ve NBPGR, 2004) (Yol, 2011) uygun olarak susam bitkisinin yapısını, özelliklerini ortaya çıkarmak, tarımsal ve kalite parametrelerini belirlemek amacıyla ölçümler yapılmıştır. Ölçüm yapılan ilk özellik çiçeklenme gün sayısıdır. İlk çiçeklenme gözlemi 2022 ve 2023 yılları için sırasıyla Buğday-Susam münavebesinde 29 Temmuz 2022, Bakla-Susam münavebesinde 31 Temmuz 2022 ve ikinci yıl Buğday-Susam münavebesinde 18 Ağustos 2023, Bakla-Susam münavebesinde 20 Ağustos 2023 tarihlerinde tespit edilmiştir. İlk kapsül oluşumları yine iki yıl için sırasıyla 8 Ağustos-10 Ağustos 2022 ve 27 Ağustos-29 Ağustos 2023 tarihlerinde gözlenmiştir (Şekil 1.12). Hasat işlemi ise birinci yıl Buğday-Susam münavebesinde 20 Ekim 2022, Bakla-Susam münavebesinde 29 Ekim 2022, ikinci yıl için Buğday-Susam münavebesinde 23 Ekim 2023, Bakla-Susam münavebesinde 1 Kasım 2023 de gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.12.** Çiçeklenme ve ilk kapsül oluşumu döneminde susamın genel görünümü

Buğday-Susam ve Bakla-Susam şeklinde iki farklı münavebede yetiştirilmiş olan susam bitkisine ait; kapsül sayısı, yan dal sayısı, ilk dal yüksekliği, kök uzunluğu, kök genişliği, yaş ağırlığı, kuru ağırlığı gibi bazı fizyolojik parametreleri ölçmek için kenar etki payı gözetilmek suretiyle iki deneme yılında toplamda 192 adet deneme parselinden gelişimini tamamlamış 5'er adet bitki seçilerek işaretlenmiştir (Şekil 3.13) ve daha sonrasında bu bitkiler hasat edilerek, gerekli ölçümler ve analizler yapılmak üzere Akdeniz Üniversitesi uygulama serasına taşınmıştır (Şekil 3.14).



**Şekil 3.13.** Tarımsal ve kalite parametrelerini belirlemek için seçilen 5 adet bitkinin üzerinde yapılan bazı ölçümlerin yer aldığı susam deneme alanından genel bir görüntü



**Şekil 3.14.** Akdeniz Üniversitesi uygulama serasında hasat edilen susamların kurutulması

### 3.2.9. Ölçüm ve değerlendirmeler

İlk çiçek tarihi: Her bir parselde susamın ekiminden itibaren, ilk çiçeklerin görülmeye başladığı döneme kadar geçen süre (gün) bulunmuştur.

Bitki boyu: Her bir parselde seçilen 5 bitkinin toprak yüzeyinden bitkinin en üst kısmına kadar olan uzaklığın ölçümü (cm) bulunmuştur.

Kök uzunluğu ve kök genişliği (cm): Her bir parselde seçilen 5 bitkinin sökülerek köklerinin uzunluğu ve kök genişliği bulunmuştur.

Bitkide yan dal sayısı: Üzerinde en az bir adet kapsül bulunduran dalların sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) belirlenmiştir.

Bitkide ilk dal yüksekliği(cm): Her parselden 5 adet bitkiden toprak seviyesinden dalın ilk başladığı noktaya kadar olan mesafe ölçülüp ortalaması alınmıştır.

Bitkide kapsül sayısı: Her parselden seçilen 5 adet bitki üzerinde bulunan gelişmesini tamamlamış kapsüllerin sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) belirlenmiştir.

Kapsülde dane sayısı: Her parseldeki 5 adet bitkinin her birinin ana sapının orta bölgesinden tesadüfen alınan 2 kapsülün tanelerinin sayısı (adet kapsül<sup>-1</sup>) sayılıp ortalaması alınmıştır.

Kapsül uzunluğu(cm): Her parseldeki 5 adet bitkiden tesadüfen alınan 2 kapsülün uzunluğu ölçülüp ortalaması alınmıştır.

1000 dane ağırlığı: Her parseldeki 5 adet bitkiden elde edilen 1000 tohumun ağırlığı (g) belirlenmiştir (adet bitki<sup>-1</sup>).

Dane verimi: Bitkilerin alt yapraklarının sararıp, kapsülleri çatlamadan önce her bir parseldeki 5 adet bitki sökülüp, kurutulduktan sonra çirpılması ve elde edilen tohumların üç gün 40°C’de kurutularak tartılmasıyla elde edilmiştir (g bitki<sup>-1</sup>).

Protein Oranı: Modifiye Kjeldahl metoduna göre belirlenen azot içeriğinin 6.25 katsayısı ile çarpılmasıyla Kacar ve İnal(2008) ve Akyıldız(1984)’ın belirttiği esaslara göre bitkinin ham protein oranı (%) belirlenmiştir.

Yağ Oranı: 5 g’lık tohum örneklerinde, esasları AOAC (1990)’de belirtilen sıcak ekstraksiyon yöntemiyle Sokselet cihazı kullanılarak, çözücü ekstraksiyon ile yüzdesel (%) ham yağ oranları belirlenmiştir.

### 3.2.10. Yağ miktarı tayini

Araştırmada yetiştirilen susam bitkisine ait danede yağ miktarlarının tayini esasları AOAC 1990’de belirtilen sıcak ekstraksiyon yöntemiyle sokselet (Gerhardt Serial flask heater KI 26) düzeneği kullanılarak yapılmıştır. Gübre uygulamalarının yapıldığı deneme alanındaki susam bitkisinden her bir deneme parselini temsil edecek şekilde hasat edilen 5 adet bitkiden elde edilen susam dane örnekleri, 5 g tartılmış öğütülmüş ve 100°C’de ağırlıkları değişmeyene kadar etüvde kurutulmuş, daha sonra her bir örnek özel asbest kartuş içerisine konulup kartuşun ağzı örnekler dışarı çıkmayacak şekilde temiz bir pamukla kapatılmıştır. Örnek içeren kartuş sokselet silindrine yerleştirilmiş, sonra silindirin alt ucuna darası alınmış ve içerisine 50 ml petrol eteri konulan sokselet balonu takılmış ve ısıtıcı düzen üzerine yerleştirilmiş, silindir soğutucuya bağlanmış ve ısıtıcı çalıştırılarak ekstraksiyona başlanmıştır. 4 saat süresince yapılan ekstraksiyon sonrasında, sokselet balonunda yağ+petrol eteri karışımı elde edilmiştir. Bu karışım rotary evaporatör cihazı kullanarak 40°C’de petrol eterinin uçurulmasıyla ayrıştırılmıştır. Ekstrakte olan yağı ve çok az miktarda eter buharı ihtiva eden balon 105°C’e ayarlı etüvde 1 saat kurutularak, soğutulmuş ve tartılmıştır Her bir örneğe ait yağ miktarı ise aşağıdaki formül kullanılarak yüzdesel oran belirlenmiştir.

$$\text{Yağ miktarı (\%)} = \frac{[(\text{Sokselet balonu} + \text{Yağ}) - \text{Sokselet balonunun kuru ağırlığı}]}{\text{Tohumun kuru ağırlığı}} \times 100$$

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde yapılan analizler sonucunda elde edilen verilerin istatistiki sonuçları konu başlıkları ile sırasıyla verilmiş olup, verilerin sonuçlarına göre değerlendirmeler yapılmıştır.

##### 4.1. Buğday-Susam münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisinin Bazı Morfolojik Özelliklerine Ait Analiz Sonuçları ve Tartışması

###### 4.1.1 Susam bitkilerinde bitki boy uzunlukları

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinin bitki boyu (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve bitki boyu değerlerine etkisi Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin bitki boyunu (cm) içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |          | 2023       |    |         |
|------------|----|----------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f        | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 7.688*** | Azot (N)   | 3  | 0.451öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.454öd  | Çinko (Zn) | 3  | 1.125öd |
| N xZn      | 9  | 3.895**  | N xZn      | 9  | 1.044öd |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

Farklı düzeylerde N uygulamalarının 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde bitki boyu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak %0.1( $p < 0.001$ ) düzeyinde önemli, 2023 yılında önemsiz, Zn uygulamaları her iki deneme yılında da önemsiz, N xZn interaksyonu ise 2022 deneme yılında %1 ( $p < 0.01$ ) düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin bitki boyu üzerine N uygulamaları ortalamasının en yüksek N2 dozu uygulamasından (166.5 cm) elde edildiği, ancak bu etkinin 2023 deneme yılında devam etmediği, çinko uygulamalarının bitki boy uzunluğuna her iki deneme yılında önemli bir etki yapmadığı, 2022 yılında N ve Zn uygulamalarının interaksyonu bakımından N2Zn2 uygulama dozu olan 6 kg N da<sup>-1</sup> ve % 0.30 ZnSO<sub>4</sub> uygulama dozunda en yüksek bitki boyu değeri (177.3 cm) elde edilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin bitki boyu değerlerine etkisi (cm)<sup>1</sup>

| Bitki<br>Boy | 2022     |          |         |          |        | 2023  |       |       |       |       |
|--------------|----------|----------|---------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              | Zn0      | Zn1      | Zn2     | Zn3      | Ort    | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort   |
| <b>N0</b>    | 168.3ab  | 150.3de  | 147.8de | 153.7cde | 155.0B | 143.1 | 144.9 | 153.5 | 140.8 | 145.3 |
| <b>N1</b>    | 145.2e   | 157.3be  | 157.2be | 152.3cde | 153.0B | 148.2 | 161.1 | 127.9 | 141.7 | 144.8 |
| <b>N2</b>    | 161.3bcd | 166.7abc | 177.3a  | 160.5bcd | 166.5A | 141.5 | 145.3 | 137.3 | 136.9 | 140.3 |
| <b>N3</b>    | 152.3cde | 157.7be  | 158.7be | 168.9ab  | 159.4B | 137.5 | 143.9 | 140.9 | 143.5 | 141.5 |
| <b>Ort</b>   | 156.8    | 158.0    | 160.3   | 158.8    | -      | 142.6 | 148.8 | 139.9 | 140.8 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerr ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Susam bitki boylarının farklılığı bakımından yapılan değerlendirmede toprak özelliklerinin ve yıllara bağlı olarak sıcaklık değişimlerinin önemli etkilerinin bulunabileceği düşünülmektedir. Kalaiselvan (2001) azotlu gübrelemeye karşı susamın özellikle oldukça duyarlı bir ürün olduğunu, yapılan bazı çalışmalarda azotlu gübre kullanımının susam veriminde artış sağladığı ve bu artışın azot uygulama miktarının N seviyesinde 150 kg ha<sup>-1</sup>'a kadar artırılmasıyla susam bitkisinde bitki boyu, yan dal sayısı ve kuru madde miktarı bakımından çeşitli büyüme parametrelerini artırdığına dair çalışmaların mevcut olduğunu bildirmiştir. Mandai vd. (1992) susamın boyu ve kuru maddesinin N düzeyindeki artışla birlikte arttığını bildirmişler, 9 kg N da<sup>-1</sup> uygulama dozları ile maksimum değerleri elde etmişlerdir.

#### 4.1.2 Susam bitkilerinin ilk dal yüksekliği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinin ilk dal yüksekliği (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve ilk dal yüksekliği değerlerine etkisi Çizelge 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3'de görüldüğü üzere, farklı dozlarda hem N hem de Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkilerinin bitki boyu üzerine olan etkilerinin istatistiksel olarak etkisi önemli bulunmamış, NxZn uygulamaların interaksiyonu ise 2022 deneme yılında % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.3.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin ilk dal yüksekliği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 1.013öd | Azot (N)   | 3  | 2.725öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 2.203öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.839öd |
| N xZn      | 9  | 2.973*  | N xZn      | 9  | 0.146öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*: p<0.05

Çizelge 4.4'te görüldüğü üzere 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkilerinde ilk dal yüksekliği üzerine N ve Zn uygulamalarının interaksiyonu bakımından N1Zn0 (3 kg N da<sup>-1</sup> ve %0 ZnSO<sub>4</sub>) uygulamasından ilk dal yüksekliği en yüksek 44.0 cm olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.4.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin ilk dal yüksekliği değerlerine etkisi (cm)<sup>1</sup>

| İlk Dal Yüksekliği | 2022   |         |         |        |      | 2023 |      |      |      |      |
|--------------------|--------|---------|---------|--------|------|------|------|------|------|------|
|                    | Zn0    | Zn1     | Zn2     | Zn3    | Ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  |
| N0                 | 28.4ad | 26.8ad  | 26.2ad  | 20.4cd | 25.5 | 29.2 | 32.5 | 25.7 | 24.8 | 28.1 |
| N1                 | 44.0a  | 23.7bcd | 20.3cd  | 41.3ab | 32.3 | 27.3 | 17.7 | 27.0 | 24.9 | 24.2 |
| N2                 | 40.9ab | 35.7abc | 28.5ad  | 13.01d | 29.5 | 27.4 | 35.0 | 25.7 | 23.7 | 27.9 |
| N3                 | 22.4ad | 32.6ad  | 36.7abc | 19.4cd | 27.8 | 18.7 | 21.8 | 28.0 | 19.2 | 21.9 |
| Ort                | 33.9   | 29.7    | 27.9    | 23.6   | -    | 25.7 | 26.8 | 26.6 | 23.2 | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

İlk dal yüksekliği toprak yüzeyinden bitkinin ilk kapsüllerin çıktığı boğuma kadar olan uzaklığın cm cinsinden ölçümüdür. Bu tanıma göre yukarıdaki sonuçlar değerlendirildiğinde en düşük değerin elde edildiği uygulamalarda susam bitkisinde toprak yüzeyinden itibaren daha kısa bir mesafede bitkinin dallanmaya başladığı, dal sayısının artmasıyla bitkideki kapsül sayısının artışı arasındaki ilişkinin doğru orantılı olduğu düşünülmektedir. Özçınar (2020) farklı iki susam çeşidi üzerinde yaptıkları çalışmada, ilk dal yüksekliğinin düşük olduğu susam çeşidinin, dallanma özelliğinin ilk dal yüksekliği yüksek olan diğer çeşide kıyasla daha fazla olduğu ayrıca bitki boyu ve 1000 dane ağırlığı bakımından da daha yüksek değerler elde edildiğini bildirmişlerdir.

#### 4.1.3 Susam bitkilerinin yan dal sayısı

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinin yan dal sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yan dal sayısı değerlerine etkisi Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

**Çizelge 4.5.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin yan dal sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 1.845öd | Azot (N)   | 3  | 4.847** |
| Çinko (Zn) | 3  | 2.261öd | Çinko (Zn) | 3  | 1.756öd |
| N xZn      | 9  | 1.316öd | N xZn      | 9  | 2.170öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01

Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere farklı N ve Zn uygulamalarının Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yan dal sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine etkisinin denemenin 1. yılında önemsiz olduğu, denemenin 2. yılında ise sadece N uygulamalarının % 1 düzeyinde önemli etki yaptığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6'da görüldüğü üzere 2023 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yan dal sayısı üzerine farklı dozlardaki azot uygulamalarından en yüksek değerin N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulamasıyla (4.12 adet bitki<sup>-1</sup>) elde edildiği belirlenmiştir. Maksimum dozdaki azot uygulamasının yan dal sayısına en fazla etki eden uygulama olduğu ve bunun azotun vejetatif aksam üzerine olumlu etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Çizelge 4.6.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin yan dal sayısı değerlerine etkisi (adet bitki<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

| Yan<br>Dal<br>Sayısı | 2022 |      |      |      |      | 2023 |      |      |      |        |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
|                      | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort    |
| N0                   | 2.87 | 2.00 | 3.00 | 2.20 | 2.52 | 2.33 | 3.00 | 3.00 | 4.13 | 3.12C  |
| N1                   | 2.20 | 1.93 | 2.53 | 1.80 | 2.12 | 2.93 | 4.13 | 2.87 | 3.67 | 3.40AB |
| N2                   | 2.23 | 2.07 | 2.07 | 1.83 | 2.05 | 3.27 | 1.87 | 2.33 | 2.27 | 2.43C  |
| N3                   | 2.07 | 1.27 | 1.33 | 2.20 | 1.72 | 5.80 | 4.53 | 2.40 | 3.73 | 4.12A  |
| Ort                  | 2.52 | 2.28 | 1.87 | 1.73 | -    | 3.58 | 3.38 | 2.65 | 3.45 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.1.4 Susam bitkilerinin kök uzunluğu(cm)

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kök uzunluğu (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve kök uzunluğu değerlerine etkisi Çizelge 4.7 ve 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kök uzunluğu değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 1.227öd | Azot (N)   | 3  | 0.949öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.661öd | Çinko (Zn) | 3  | 1.387öd |
| N xZn      | 9  | 0.419öd | N xZn      | 9  | 1.121öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

**Çizelge 4.8.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kök uzunluğu değerlerine etkisi (cm)<sup>1</sup>

| Kök<br>Uzunluğu | 2022  |       |       |       |       | 2023  |       |       |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | ort   | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort   |
| N0              | 13.00 | 12.20 | 11.37 | 11.50 | 12.02 | 15.73 | 15.90 | 17.43 | 13.03 | 15.53 |
| N1              | 10.93 | 12.80 | 11.30 | 10.90 | 11.48 | 15.70 | 17.90 | 20.33 | 15.93 | 17.47 |
| N2              | 15.20 | 12.03 | 13.97 | 9.53  | 12.68 | 19.30 | 15.30 | 16.87 | 16.23 | 16.93 |
| N3              | 12.73 | 11.67 | 12.97 | 11.13 | 12.13 | 17.73 | 17.87 | 14.27 | 14.87 | 16.18 |
| Ort             | 12.97 | 12.18 | 12.40 | 10.77 | -     | 17.12 | 16.74 | 17.23 | 15.02 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.7’de görüldüğü üzere farklı N ve Zn uygulamalarının ve NxZn interaksiyonunun Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kök uzunluğu (cm) değerlerine etkisinin denemenin her iki yılında da önemsiz olduğu belirlenmiştir.

#### 4.1.5 Susam bitkilerinin kök genişliği (cm)

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kök genişliği (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve kök genişliği değerlerine etkisi Çizelge 4.9 ve 4.10’da verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kök genişliği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 3.073*  | Azot (N)   | 3  | 3.227*  |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.556öd | Çinko (Zn) | 3  | 2.908*  |
| N xZn      | 9  | 0.390öd | N xZn      | 9  | 0.670öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*: p<0.05

Çizelge 4.9’da görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 ve 2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kök genişliği (cm) değerlerine etkisi % 5 önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları 2022 yılında önemsiz, 2023 yılında % 5 önemli, NxZn interaksiyonunun denemenin her iki yılında da önemsiz olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.10.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kök genişliği değerlerine etkisi (cm)<sup>1</sup>

| Kök genişliği | 2022  |       |      |      |        | 2023    |         |          |         |        |
|---------------|-------|-------|------|------|--------|---------|---------|----------|---------|--------|
|               | Zn0   | Zn1   | Zn2  | Zn3  | Ort    | Zn0     | Zn1     | Zn2      | Zn3     | Ort    |
| <b>N0</b>     | 12.3  | 13.0  | 11.7 | 12.5 | 12.4AB | 14.2    | 9.2     | 13.4     | 12.2    | 12.2AB |
| <b>N1</b>     | 11.5  | 10.9  | 10.2 | 12.1 | 11.2B  | 12.3    | 12.1    | 10.9     | 11.6    | 11.7B  |
| <b>N2</b>     | 15.3  | 13.7  | 13.7 | 12.4 | 13.8A  | 13.0    | 9.9     | 10.9     | 8.7     | 10.6B  |
| <b>N3</b>     | 13.1  | 12.4  | 12.3 | 12.2 | 12.5AB | 18.9    | 13.5    | 13.1     | 12.9    | 14.6A  |
| <b>Ort</b>    | 13.05 | 12.51 | 11.9 | 12.3 | -      | 14.6(A) | 11.2(B) | 12.1(AB) | 11.3(B) | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.10’da görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde kök genişliği üzerine etkisinin en yüksek N2(6 kg N da<sup>-1</sup>) dozundan elde edildiği, denemenin ikinci yılında (2023) ise N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) dozundan en yüksek değerlerin sırasıyla 13.78 cm ve 14.58 cm olduğu belirlenmiştir.

#### 4.1.6 Susam bitkilerinin kapsül sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>)

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinin kapsül sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve kapsül sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.11 ve 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinin kapsül sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi 2022 yılında önemsiz, 2023 yılında %5 önemli bulunmuştur. Farklı dozlarda Zn uygulamaları ise 2022 yılında %5 önemli, 2023 yılında önemsiz bulunmuştur. Farklı dozlardaki uygulamaların NxZn interaksiyonları bakımından denemenin her iki yılında da önemsiz olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.11.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsül sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 2.211öd | Azot (N)   | 3  | 4.389*  |
| Çinko (Zn) | 3  | 3.633*  | Çinko (Zn) | 3  | 2.370öd |
| N xZn      | 9  | 1.759öd | N xZn      | 9  | 1.425öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*; p<0.05

**Çizelge 4.12.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsül sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>)<sup>1</sup> değerlerine etkisi

| Kapsül Sayısı | 2022    |         |          |         |      | 2023 |      |      |      |        |
|---------------|---------|---------|----------|---------|------|------|------|------|------|--------|
|               | Zn0     | Zn1     | Zn2      | Zn3     | ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort    |
| N0            | 79.8    | 43.3    | 60.9     | 54.7    | 59.7 | 53.3 | 57.0 | 62.5 | 60.5 | 58.3C  |
| N1            | 53.9    | 60.6    | 55.5     | 51.2    | 55.3 | 74.0 | 86.9 | 59.6 | 64.9 | 71.4AB |
| N2            | 99.3    | 66.7    | 82.2     | 41.7    | 72.5 | 82.2 | 38.1 | 43.0 | 37.9 | 50.3C  |
| N3            | 67.8    | 38.4    | 46.5     | 68.0    | 55.2 | 93.0 | 92.0 | 52.1 | 77.5 | 78.6A  |
| Ort           | 75.2(A) | 52.3(B) | 61.3(AB) | 53.9(B) | -    | 75.6 | 68.5 | 54.3 | 60.2 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerr ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir

Çizelge 4.12’de görüldüğü üzere 2022 yılında susam bitkisinin kapsül sayısı üzerine farklı dozlarda Zn uygulamalarının ortalamalarının en yüksek (75.22 adet bitki<sup>-1</sup>) değer kontrol uygulaması olan N0 (% 0 ZnSO<sub>4</sub>) dozundan elde edildiği belirlenmiş olması çinko uygulamalarının kapsül sayısının artışına etki etmediğini ortaya koymuştur. Denemenin ikinci yılında farklı dozlarda N uygulamalarında en yüksek N3( 9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (78.63 adet bitki<sup>-1</sup>) kapsül sayısı değeri elde edilmiştir.

Gutu (2023) susam bitkisi üzerine yapılan bir çalışmada yetiştiricilik döneminde azot (N) uygulamasının susam bitkilerinin kapsül sayısı üzerine etkisinin sınırlı olduğunu bildirmiştir. Shehu vd. (2010), susamda dört farklı N’lu gübre uygulamasıyla (0, 37.5, 75, 112.5 kg N ha<sup>-1</sup>) susam bitkisinde optimum kapsül sayısı ve dane veriminin 75 kg N ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>, kuru madde oranının en yüksek 112.5 kg N ha<sup>-1</sup> oranında elde edildiğini belirlemişlerdir.

#### 4.1.7 Susam bitkilerinin 1000 dane ağırlığı

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinin 1000 dane ağırlığı (g) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve 1000 dane ağırlığı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.13 ve 4.14’de verilmiştir.

**Çizelge 4.13.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin 1000 dane ağırlığı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 0.301öd | Azot (N)   | 3  | 0.467öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.348öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.874öd |
| N xZn      | 9  | 0.208öd | N xZn      | 9  | 0.457öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere her iki deneme yılındada artan dozlarda N ve Zn uygulamaları ve uygulamaların interaksyonu bakımından elde edilen sonuçların istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

**Çizelge 4.14.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin 1000 dane ağırlığı değerlerine etkisi (g)<sup>1</sup>

| 1000<br>dane<br>ağırlığı | 2022 |      |      |      |      | 2023 |      |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                          | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  |
| N0                       | 3.47 | 3.13 | 3.67 | 3.53 | 3.45 | 3.73 | 3.60 | 3.47 | 3.67 | 3.62 |
| N1                       | 3.60 | 3.33 | 3.67 | 3.53 | 3.53 | 3.93 | 3.80 | 3.53 | 3.53 | 3.70 |
| N2                       | 3.60 | 3.53 | 3.67 | 3.53 | 3.58 | 3.53 | 3.60 | 3.53 | 3.53 | 3.55 |
| N3                       | 3.53 | 3.33 | 3.47 | 3.60 | 3.48 | 3.80 | 3.33 | 3.67 | 3.33 | 3.53 |
| Ort                      | 3.55 | 3.33 | 3.62 | 3.55 | -    | 3.75 | 3.58 | 3.55 | 3.52 | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Işık ve Sinan (2020), farklı dozlarda uyguladıkları leonardit ve azot gübresinin, susam bitkisi üzerine etkilerinin incelendiği araştırmada bitki başına kapsül sayısı, tohum verimi, yağ oranı, protein oranı üzerine etkisinin önemli olduğu; fakat bitki boyu, dal sayısı, ilk kapsül yüksekliği, dal yüksekliği, 1000 dane ağırlığı üzerine etkisinin ise önemli olmadığını bildirmişlerdir.

#### 4.1.8 Susam bitkilerinin dane verimi (g bitki<sup>-1</sup>)

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinin dane verimi (g bitki<sup>-1</sup>) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane verimi (g bitki<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.15 ve 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.15’de görüldüğü üzere farklı düzeylerde N ve Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane verimi üzerine olan etkileri bakımından farklı dozlarda N uygulamalarının her iki deneme yılında etkilerinin istatistiki olarak % 0.1 (p<0.001) önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları bakımından 2022 yılında önemsiz, 2023 yılında %0.1 (p<0.001) önemli, N x Zn interaksiyonu denemenin 1. yılında önemsiz, 2. yılında %1 (p<0.01) önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.15.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin dane verimi değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |           |
|------------|----|-----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 26.765*** | Azot (N)   | 3  | 61.778*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.642öd   | Çinko (Zn) | 3  | 7.676***  |
| N x Zn     | 9  | 1.648öd   | N x Zn     | 9  | 3.045**   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.16’da görüldüğü üzere 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkilerinin dane verimi üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N2 (6 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (13.9 g bitki<sup>-1</sup>) ve 2023 yılında N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (15.4 g bitki<sup>-1</sup>) dane verimi değeri elde edilmiştir. Farklı dozlarda Zn uygulamaları ortalamalarında denemenin 2. yılında Zn0, Zn1 ve Zn3 uygulama dozları en yüksek değerleri sağlamışlardır. 2023 yılında N ve Zn uygulamalarının interaksiyonu bakımından N3Zn2 uygulama dozu olan 9 kg N da<sup>-1</sup> ve % 0.30 ZnSO<sub>4</sub> uygulama dozunda en yüksek dane verimi değeri (17.7 g bitki<sup>-1</sup>) elde edilmiştir.

**Çizelge 4.16.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin dane verimi değerlerine etkisi (g bitki<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

| Dane verimi | 2022 |      |      |      |       | 2023    |         |         |         |       |
|-------------|------|------|------|------|-------|---------|---------|---------|---------|-------|
|             | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort   | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3     | Ort   |
| <b>N0</b>   | 9.2  | 8.8  | 9.2  | 7.2  | 8.6D  | 9.7fgh  | 10.0fgh | 8.0h    | 9.0gh   | 9.2C  |
| <b>N1</b>   | 10.6 | 10.3 | 9.3  | 9.6  | 10.0C | 10.4efg | 12.5cde | 11.5c-f | 11.9c-f | 11.6B |
| <b>N2</b>   | 15.9 | 13.6 | 14.2 | 11.8 | 13.9A | 12.8c   | 10.6d-g | 9.8fgh  | 10.4efg | 10.9B |
| <b>N3</b>   | 11.9 | 11.1 | 11.5 | 13.6 | 12.0B | 17.7a   | 15.6b   | 12.7cd  | 15.5b   | 15.4A |
| <b>Ort</b>  | 11.9 | 11.0 | 11.1 | 10.5 | -     | 12.7(A) | 12.2(A) | 10.5(B) | 11.7(A) | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerrüt ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Susam bitkisinde çinko biyofortifikasyonunun araştırıldığı bir araştırmada Zn oranının 5'ten 10 ve 15 kg ha<sup>-1</sup> çıkarılması neticesinde verim ve verim bileşenlerinin önemli ölçüde arttırdığını belirlemişlerdir (Eifediyi 2021). Susamda artan azot dozlarının 0, 50, 100 ve 150 kg N ha<sup>-1</sup> olarak uygulandığı bir araştırmada en yüksek dane verimi (1.26 ton ha<sup>-1</sup>) 150 kg ha<sup>-1</sup> azotla gübrelenen uygulamadan elde edilmiştir (Abdalsalam 2010). Susam bitkisinde yapılan azotlu gübre uygulamasının 6 kg N da<sup>-1</sup> olacak şekilde uygulanmasıyla en yüksek susam veriminin elde edildiği bildirilmiştir (Hosseini 2007). Yetiştiriciliğin vazgeçilmezi olan ve bitkisel üretimde verim üzerine etkili olan azotlu gübrelerin etkisinin koşullara göre çok değişim gösterdiği, ayrıca yetiştiricilik yapılan bölgenin iklim şartları yetiştirme yöntemleri, ön bitki (münavebe), ve topraktaki azot miktarı gibi önemli hususların göz önünde bulundurulması gerektiği unutulmamalıdır (Akkaya 2022).

İbrahim (2014) azot uygulamasının susamın verim ve verim bileşenlerine etkisini belirlemek üzere yapılan bir tarla denemesinde artan azot ve fosfor düzeyleriyle dane verimi 52 kg da<sup>-1</sup>, bin dane ağırlığı 3.91 g olarak belirlenmiş ve bu sonuçlar en yüksek N dozu olan 9 kg da<sup>-1</sup> azot dozundan elde edilmiştir. Abdoli vd. (2016) Zn'nin hem toprak hem de yaprak uygulamalarının yüksek dane verimi ve yüksek morfolojik özellikleri için etkili yöntemler olduğunu, yaprakdan Zn uygulamasının toprak uygulamalarına göre çok daha az dozlarda tahıldaki Zn, Fe ve Mn konsantrasyonlarını artırdığını bildirmiştir. Shilpi (2012) azot ve kükürtlü gübrelerin farklı kombinasyonlarının uygulandığı bir çalışmada susam bitkisinde büyüme ve verim açısından önemli farklılıklar olduğunu, en iyi büyüme ve susam verimi için 60 kg N ha<sup>-1</sup> ve 40 kg S ha<sup>-1</sup> uygulamalarının optimum oranlar olduğunu bildirmiştir.

#### 4.1.9 Susam bitkilerinin kapsül uzunluğu (cm)

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinin kapsül uzunluğuna (cm) ilişkin varyans analiz sonuçları ve kapsül uzunluğuna (cm) etkisi Çizelge 4.17 ve 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.17 ‘de görüldüğü üzere farklı düzeylerde N ve Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkilerinin kapsül uzunluğu üzerine olan etkileri bakımından farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 yılında etkilerinin önemsiz, 2023 yılında etkilerinin istatistiksel olarak %1 ( $p<0.01$ ) önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından etkilerinin her iki deneme yılında da önemsiz olduğu bulunmuştur.

**Çizelge 4.17.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsül uzunluğu değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 1.227öd | Azot (N)   | 3  | 6.242** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.661öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.319öd |
| N xZn      | 9  | 0.419öd | N xZn      | 9  | 0.955öd |

öd:  $p>0.05$  de önemsiz \*\*:  $p<0.01$  \*\*\*:  $p<0.001$

Çizelge 4.18’de görüldüğü üzere 2023 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde kapsül uzunluğu üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında, N3 ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek (3.38 cm) kapsül uzunluğu değeri elde edilmiştir. Eifediyi (2021),  $1.5 \text{ kg Zn da}^{-1}$  uygulanmasıyla bitki başına kapsül sayısının ve kapsül uzunluklarının artışının istatistiki olarak ( $p < 0.05$ ) önemli olduğunu belirlemiştir.

Abdalsalam (2010) iki farklı çeşit susam bitkisinde yaptığı çalışmasında, dekar başına 0, 5, 10 ve 15 kg N şeklinde artan dozlarda uygulanan azotlu gübrenin her iki susam çeşidinde de bitki büyüme özelliklerini, verim ve verim bileşenlerini önemli ölçüde arttırdığını belirlemiştir.

**Çizelge 4.18.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsül uzunluğu değerlerine etkisi (cm)<sup>1</sup>

| Kapsül<br>uzunluğu | 2022 |      |      |      |      | 2023 |      |      |      |        |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
|                    | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort    |
| <b>N0</b>          | 3.42 | 3.39 | 3.27 | 3.38 | 3.37 | 3.15 | 3.26 | 3.29 | 3.21 | 3.23B  |
| <b>N1</b>          | 3.47 | 3.56 | 3.44 | 3.40 | 3.47 | 3.29 | 3.38 | 3.24 | 3.23 | 3.29AB |
| <b>N2</b>          | 3.33 | 3.44 | 3.43 | 3.42 | 3.41 | 3.22 | 3.23 | 3.20 | 3.12 | 3.19B  |
| <b>N3</b>          | 3.39 | 3.40 | 3.34 | 3.39 | 3.38 | 3.38 | 3.31 | 3.39 | 3.44 | 3.38A  |
| <b>Ort</b>         | 3.40 | 3.45 | 3.37 | 3.40 | -    | 3.26 | 3.29 | 3.28 | 3.25 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.1.10 Susam bitkilerinin kapsüldeki dane sayısı (adet kapsül<sup>-1</sup>)

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinin kapsüldeki dane sayısı (adet kapsül<sup>-1</sup>) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve kapsüldeki dane sayısı (adet kapsül<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.19 ve 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.19’da görüldüğü üzere farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde kapsüldeki dane sayısı üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemsiz, ayrıca NxZn interaksyonu bakımından etkileri de her iki deneme yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.19.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsüldeki dane sayısı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022              |    |         | 2023              |    |         |
|-------------------|----|---------|-------------------|----|---------|
| Kaynak            | SD | f       | Kaynak            | SD | f       |
| <b>Azot (N)</b>   | 3  | 0.018öd | <b>Azot (N)</b>   | 3  | 1.066öd |
| <b>Çinko (Zn)</b> | 3  | 0.844öd | <b>Çinko (Zn)</b> | 3  | 0.743öd |
| <b>N xZn</b>      | 9  | 0.544öd | <b>N xZn</b>      | 9  | 0.483öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.20’de görüldüğü üzere 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde kapsüldeki dane sayısı 67.33 ile 78.67 adet kapsül<sup>-1</sup>, 2023 yılında ise 77.33 ile 86.80 adet kapsül<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir.

Balasubramanian (1996) yüksek dozlarda azot uygulanmasının susamda bitki boyunu, kuru madde üretimini ve sap ağırlığını önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Ramanathan ve Chandrasekaran (1998) N seviyesinin 100 kg ha<sup>-1</sup>’a kadar artırılmasıyla bitkideki dal sayısı, kapsül sayısı ve kapsüldeki dane sayısının önemli ölçüde arttığını belirlemişlerdir. Artan dozlarda N uygulamasının susamda büyüme ve verim parametrelerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir (Balasubramanian 1996). Saedi (2002) çinkonun yaprağa uygulanmasının bitkideki metabolizma ve fotosentez artışına bağlı olarak mahsullerin vejetatif ve çiçeklenme aşamalarını desteklediğini belirtmiştir.

**Çizelge 4.20.** Farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkilerinin kapsüldeki dane sayısı değerlerine etkisi (adet kapsül<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

| Kapsüldeki<br>dane sayısı | 2022  |       |       |       |       | 2023  |       |       |       |       |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                           | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | ort   | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort   |
| <b>N0</b>                 | 73.33 | 78.67 | 74.67 | 67.33 | 73.50 | 77.47 | 80.00 | 82.00 | 77.33 | 79.20 |
| <b>N1</b>                 | 72.67 | 71.33 | 76.67 | 74.67 | 73.83 | 82.40 | 84.00 | 79.73 | 80.40 | 81.63 |
| <b>N2</b>                 | 74.00 | 72.00 | 75.33 | 74.00 | 73.83 | 83.07 | 81.73 | 80.27 | 79.47 | 81.13 |
| <b>N3</b>                 | 72.67 | 72.00 | 79.33 | 72.67 | 74.17 | 86.80 | 83.07 | 79.87 | 82.00 | 82.93 |
| <b>Ort</b>                | 73.17 | 73.50 | 76.50 | 72.17 | -     | 82.43 | 82.20 | 80.47 | 79.80 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

## 4.2. Buğday-Susam münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Dane Örneklerinin Besin Elementi Analiz Sonuçları ve Tartışması

### 4.2.1. Susam danesinin toplam azot içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane toplam azot değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane azot (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.21 ve 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.21’de görüldüğü üzere farklı farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında susam bitkisinde danede azot üzerine olan etkileri istatistiksel olarak %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.21.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede azot içeriğini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |          | 2023       |    |           |
|------------|----|----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f        | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 9.496*** | Azot (N)   | 3  | 20.415*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.076öd  | Çinko (Zn) | 3  | 1.855öd   |
| N xZn      | 9  | 1.053öd  | N xZn      | 9  | 1.553öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.22’de görüldüğü üzere her iki deneme yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane azot içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N3(9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile sırasıyla en yüksek (%3.69 ve % 4.52) dane azot değeri elde edilmiştir. Kutman (2010b); bitkilerin N beslenme durumunun, proteinlerin ve aminoasitlerin herhangi birinin miktarını ve/veya aktivitesini etkileyerek Zn ve Fe'nin alımını, taşınmasını ve yeniden yer değiştirmesini ve tane birikimini büyük ölçüde etkileyebileceğini bildirmiştir.

**Çizelge 4.22.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede azot içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Danede<br>%N | 2022 |      |      |      |       | 2023 |      |      |      |        |
|--------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|--------|
|              | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort   | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort    |
| N0           | 2.92 | 3.12 | 3.04 | 3.02 | 3.03B | 2.38 | 2.61 | 2.76 | 2.65 | 2.60C  |
| N1           | 3.28 | 3.03 | 3.17 | 3.25 | 3.18B | 4.64 | 3.80 | 3.08 | 4.47 | 4.00AB |
| N2           | 3.23 | 3.60 | 3.79 | 3.39 | 3.50A | 3.91 | 4.10 | 3.02 | 3.41 | 3.61B  |
| N3           | 3.92 | 3.54 | 3.49 | 3.82 | 3.69A | 4.64 | 4.77 | 4.50 | 4.16 | 4.52A  |
| Ort          | 3.34 | 3.32 | 3.37 | 3.37 | -     | 3.89 | 3.82 | 3.34 | 3.67 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.2.2. Susam danesinin fosfor içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane fosfor değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane fosfor (%)<sup>1</sup> değerlerine etkisi Çizelge 4.23 ve 4.24’de verilmiştir.

**Çizelge 4.23.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede fosfor (%)<sup>1</sup> içeriğini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 3.438*  | Azot (N)   | 3  | 0.692öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.405öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.635öd |
| N x Zn     | 9  | 0.351öd | N x Zn     | 9  | 1.589öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.23’de görüldüğü üzere farklı farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede fosfor üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli, 2023 yılında önemsiz, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.24’de görüldüğü üzere denemenin 1. yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane fosfor içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N0 ve N1(3kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla % 1.22-1.23) dane fosfor değerleri elde edilmiştir.

Hossain vd. (2008) artan dozlarda Zn uygulaması ile tahıl tanelerinde Zn konsantrasyonlarının arttığını, bunun da Zn'nin protein sentezine yardımcı olduğunu gösteren N konsantrasyonu ile yakından ilişkili olduğunu, diğer taraftan tahılın P konsantrasyonunun Zn uygulaması ile azalma eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir. Erdal (1998); değişik tahıl tür ve çeşitlerinde farklı uygulama dozlarında ve formlarda yapılan çinko uygulamalarının tahıl danelerinde çinko ve fosfor üzerine etkisini araştırdığı denemesinde, çinko uygulamalarının danede çinko içeriğini artırırken, fosfor içeriğini azalttığını bildirmiştir. Bu bağlamda bitki çeşidinin, çinko uygulamaları sonrası bitki danesindeki fosfor içeriği üzerine etkisinin farklılık gösterebileceği ihtimali söz konusu olabilir.

**Çizelge 4.24.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede fosfor içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Danede<br>P | 2022 |      |      |      |        | 2023 |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|
|             | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort    | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  |
| N0          | 1.20 | 1.29 | 1.23 | 1.16 | 1.22A  | 1.45 | 1.29 | 1.34 | 1.32 | 1.35 |
| N1          | 1.30 | 1.17 | 1.24 | 1.21 | 1.23A  | 1.35 | 1.30 | 1.30 | 1.42 | 1.34 |
| N2          | 1.12 | 1.15 | 1.16 | 1.07 | 1.13AB | 1.35 | 1.38 | 1.41 | 1.27 | 1.35 |
| N3          | 1.11 | 1.10 | 1.08 | 1.09 | 1.10B  | 1.36 | 1.36 | 1.43 | 1.40 | 1.39 |
| Ort         | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.14 | -      | 1.37 | 1.33 | 1.37 | 1.35 | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerr ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.2.3. Susam danesinin potasyum içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane potasyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane potasyum (%)<sup>1</sup> değerlerine etkisi Çizelge 4.25 ve 4.26’da verilmiştir.

**Çizelge 4.25.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede potasyum içeriğini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |           |
|------------|----|---------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 1.110öd | Azot (N)   | 3  | 11.836*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.449öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.067öd   |
| N xZn      | 9  | 0.519öd | N xZn      | 9  | 1.687öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.25. ‘de görüldüğü üzere farklı düzeylerde N uygulamalarının 2022 Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede potasyum üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli olmadığı, 2023 yılında %0.1(p<0.001) önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından denemenin 1. ve 2. yılında önemsiz olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.26.** Farklı N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede potasyum içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane<br>K | 2022 |      |      |      |      | 2023 |      |      |      |       |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|           | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   |
| N0        | 0.40 | 0.45 | 0.48 | 0.45 | 0.44 | 0.50 | 0.53 | 0.49 | 0.43 | 0.49A |
| N1        | 0.49 | 0.46 | 0.46 | 0.43 | 0.46 | 0.39 | 0.40 | 0.39 | 0.44 | 0.40B |
| N2        | 0.43 | 0.45 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.41B |
| N3        | 0.39 | 0.44 | 0.43 | 0.40 | 0.41 | 0.42 | 0.41 | 0.45 | 0.43 | 0.43B |
| Ort       | 0.43 | 0.45 | 0.45 | 0.43 | -    | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.26’da görüldüğü üzere denemenin 2. yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane potasyum içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N0 (0kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (%0.49) dane potasyum değeri elde edilmiştir.

Malewar vd. (1990) maş fasulyesine topraktan çinko içerikli gübre uygulamasının (15 kg ha<sup>-1</sup>) azot, protein, karbonhidrat, çinko, demir ve potasyum içeriğini artırdığını belirlemişlerdir.

#### 4.2.4. Susam danesinin kalsiyum içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane kalsiyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane kalsiyum (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.27 ve 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. ‘de görüldüğü üzere farklı düzeylerde N ve Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane verimi üzerine olan etkileri bakımından farklı dozlarda N uygulamalarının etkilerinin istatistiksel olarak denemenin 1. yılında önemsiz, 2. yılında % 5 düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından, denemenin her iki yılında da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.27.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede kalsiyum içeriğini içeren varyans analiz sonuçları (%)<sup>1</sup>

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 0.259öd | Azot (N)   | 3  | 3.570*  |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.178öd | Çinko (Zn) | 3  | 2.207öd |
| N xZn      | 9  | 0.279öd | N xZn      | 9  | 1.124öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.28’de görüldüğü üzere denemenin 2. yılında (2023) Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane kalsiyum içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N0 (0kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (%0.85) dane kalsiyum değeri elde edildiği, artan azot dozu uygulamalarının denemenin her iki yılını da kapsayan önemli bir fark yaratmadığı belirlenmiştir.

Robinson (1973) ve Lasztity (1983) azotlu gübrelemenin tanede kalsiyum ve magnezyum içeriklerini azalttığını dair verileri bildirmişlerdir. Bozkurt (2000) ayçiçeğinde azotlu gübrelerin kalsiyum içeriğine tane ve sapta etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğunu belirlemişlerdir.

**Çizelge 4.28.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede kalsiyum içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane<br>Ca | 2022 |      |      |      |      | 2023 |       |      |      |        |
|------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|--------|
|            | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  | Zn0  | Zn1   | Zn2  | Zn3  | Ort    |
| N0         | 0.70 | 0.83 | 0.77 | 0.75 | 0.76 | 0.83 | 0.91  | 0.80 | 0.83 | 0.85A  |
| N1         | 0.73 | 0.78 | 0.75 | 0.70 | 0.74 | 0.83 | 0.72  | 0.66 | 0.80 | 0.75B  |
| N2         | 0.71 | 0.74 | 0.77 | 0.70 | 0.73 | 0.86 | 0.823 | 0.79 | 0.76 | 0.81AB |
| N3         | 0.74 | 0.76 | 0.71 | 0.71 | 0.73 | 0.77 | 0.79  | 0.76 | 0.79 | 0.78B  |
| Ort        | 0.72 | 0.78 | 0.75 | 0.71 | -    | 0.82 | 0.81  | 0.75 | 0.79 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir. Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir. Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.2.5. Susam danesinin magnezyum içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane magnezyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane magnezyum (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.29 ve 4.30'da verilmiştir.

**Çizelge 4.29.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede magnezyum içeriğini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |           |
|------------|----|---------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 1.813öd | Azot (N)   | 3  | 30.353*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.696öd | Çinko (Zn) | 3  | 2.224öd   |
| N xZn      | 9  | 0.190öd | N xZn      | 9  | 3.443**   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.29. 'da görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede magnezyum üzerine olan etkileri istatistiksel olarak 2022 yılında önemsiz, 2023 yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları her iki uygulama yılında da önemsiz, NxZn interaksiyonu bakımından denemenin 1. yılında önemsiz, 2. yılında %1(p<0.01) düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.30.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede magnezyum içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane<br>Mg | 2022 |      |      |      |      | 2023   |        |        |        |        |
|------------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
|            | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort  | Zn0    | Zn1    | Zn2    | Zn3    | Ort    |
| N0         | 0.30 | 0.31 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.36a  | 0.35a  | 0.36a  | 0.28bc | 0.34A  |
| N1         | 0.32 | 0.30 | 0.31 | 0.30 | 0.31 | 0.27c  | 0.26c  | 0.26c  | 0.28bc | 0.27C  |
| N2         | 0.30 | 0.30 | 0.29 | 0.27 | 0.30 | 0.27bc | 0.29bc | 0.28bc | 0.27bc | 0.28BC |
| N3         | 0.29 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.29bc | 0.29bc | 0.30b  | 0.29bc | 0.29B  |
| Ort        | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.29 | -    | 0.30   | 0.30   | 0.30   | 0.28   | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerr ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.30'da görüldüğü üzere Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede magnezyum üzerine olan etkileri 2023 yılında N0Zn0, N0Zn1 ve N0Zn2 uygulama dozlarıyla maksimum değerler sağlanmıştır. Yağmur (2021) sera koşullarında topraktan ve yapraktan çinko uygulayarak marul bitkisinde Mg, Zn, Mn ve Cu içeriklerinde artışların sağlandığını bildirmişlerdir.

#### 4.2.6. Susam danesinin çinko içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane çinko değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane çinko ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) değerlerine etkisi Çizelge 4.31 ve 4.32'de verilmiştir.

**Çizelge 4.31.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede çinko içeriğini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |           |
|------------|----|-----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 7.076***  | Azot (N)   | 3  | 0.954öd   |
| Çinko (Zn) | 3  | 22.163*** | Çinko (Zn) | 3  | 27.068*** |
| N x Zn     | 9  | 1.399öd   | N x Zn     | 9  | 0.598öd   |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

Çizelge 4.31'de görüldüğü üzere farklı farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede çinko üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin 1. Yılında (2022) %0.1( $p < 0.001$ ) düzeyinde önemli, denemenin 2.yılında (2023) önemsiz, farklı dozlarda Zn uygulamaları denemenin her iki yılında da %0.1( $p < 0.001$ ) önemli, NxZn interaksyonu bakımından denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.32'de görüldüğü üzere 2022 yılında N uygulamalarının ortalamalarının etkisi bakımından Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde elde edilen dane çinko değerlerinde N0 (0  $\text{kg N da}^{-1}$ ) ve N1 (3  $\text{kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek değerler elde edilmiş, Zn uygulamalarının ortalamalarının etkisi bakımından Zn3 (% 0.45  $\text{ZnSO}_4$ ) uygulama dozu ile en yüksek (71.69  $\text{mg kg}^{-1}$ ) danede çinko değeri elde edilmiştir. 2023 yılında Zn uygulamalarının ortalamalarının etkisi bakımından Zn2 ve Zn3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla 79.08 ve 82.72  $\text{mg kg}^{-1}$ ) danede çinko değerleri elde edilmiştir.

**Çizelge 4.32.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede çinko içeriği değerlerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )<sup>1</sup>

| Dane<br>Zn | 2022    |         |          |         |       | 2023    |         |         |         |      |
|------------|---------|---------|----------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|------|
|            | Zn0     | Zn1     | Zn2      | Zn3     | Ort   | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3     | Ort  |
| <b>N0</b>  | 51.5    | 61.2    | 69.4     | 82.5    | 66.2A | 60.3    | 73.0    | 74.2    | 85.7    | 73.3 |
| <b>N1</b>  | 55.8    | 71.7    | 70.7     | 74.0    | 68.1A | 56.2    | 70.5    | 84.0    | 80.9    | 72.9 |
| <b>N2</b>  | 47.9    | 61.1    | 57.4     | 63.3    | 57.4B | 50.9    | 66.7    | 79.2    | 82.07   | 69.7 |
| <b>N3</b>  | 46.1    | 56.5    | 68.1     | 67.0    | 59.4B | 51.3    | 61.6    | 78.9    | 82.2    | 68.5 |
| <b>Ort</b> | 50.3(C) | 62.6(B) | 66.4(AB) | 71.7(A) | -     | 54.7(C) | 67.9(B) | 79.1(A) | 82.7(A) | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Tahıllarda Zn konsantrasyonu protein konsantrasyonu ile ilişkilidir ve tahıl Zn konsantrasyonu sınırı yüksek N-gübre uygulamaları ile arttırılabilir (Hlusek vd. 1997). Farklı N ve Zn uygulamaları ile yetiştirilen buğday bitkisinde artan dozlarda N uygulamasının tohumun Zn içeriğinin artışına katkı sağladığı, azotun tane Zn içeriğine olan bu etkisinin yetersiz Zn uygulaması şartlarında yok olduğunu, buna karşın yüksek N ve Zn uygulamalarının kombinasyonunun sinerjik sonuçlar oluşturduğunu, yüksek Zn varlığında artan N uygulamasının yeşil aksamda Zn içeriklerini %300'e kadar artırdığını bildirmişlerdir.

Sonuç olarak bitkinin azot bakımından beslenmesinin iyileştirilmesinin Zn içeriğini sadece tanenin tamamında değil, buğday tanesinin en yaygın tüketilen bölümü olan endosperme de artmasını sağladığını, agro-biyofortifikasyon aracı olarak optimize edilmiş N uygulamalarının gelişmekte olan ülkelerdeki Zn eksikliği sorunlarıyla mücadelede hızlı ve etkin biçimde katkı sağlayabileceğini bildirmişlerdir. (Kutman 2010a).

#### 4.2.7. Susam danesinin mangan içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane mangan değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane mangan ( $\text{mg kg}^{-1}$ )<sup>1</sup> değerlerine etkisi Çizelge 4.33 ve 4.34'te verilmiştir.

**Çizelge 4.33.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede mangan içeriğini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 2.340öd | Azot (N)   | 3  | 2.699öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.054öd | Çinko (Zn) | 3  | 1.706öd |
| N xZn      | 9  | 1.126öd | N xZn      | 9  | 1.184öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.33'de görüldüğü üzere farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında susam bitkisinde danede mangan üzerine olan etkileri ve NxZn interaksiyonu bakımından istatistiksel olarak denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur. Çizelge 4.34'de görüldüğü üzere 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane mangan üzerine olan etkilerinde 7.94 ile 15.69 mg kg<sup>-1</sup> değerleri arasında, 2023 yılında ise 7.69 ile 28.06 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Yağmur (2021) Zn uygulamalarıyla marul bitkisinde Mn içeriğinin arttığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda susam bitkisinde dane içeriğinde uygulamaların etkileri bakımından istatistiksel olarak önemli bir artış olmamıştır.

**Çizelge 4.34.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede mangan içeriği değerlerine etkisi (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

| Dane Mn | 2022  |       |       |       |       | 2023  |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | ort   | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort   |
| N0      | 7.94  | 12.96 | 8.01  | 9.45  | 9.59  | 12.81 | 11.48 | 12.14 | 9.50  | 14.23 |
| N1      | 11.13 | 7.47  | 13.33 | 15.38 | 11.83 | 7.69  | 10.69 | 10.61 | 8.67  | 9.41  |
| N2      | 15.69 | 11.67 | 15.41 | 13.03 | 13.95 | 10.69 | 19.17 | 11.85 | 13.21 | 13.73 |
| N3      | 15.35 | 15.29 | 13.17 | 11.33 | 13.78 | 24.31 | 12.07 | 28.06 | 12.00 | 19.11 |
| Ort     | 12.53 | 11.85 | 12.48 | 12.30 | -     | 13.87 | 13.35 | 18.42 | 10.84 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.2.8. Susam danesinin bakır içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane bakır değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane bakır ( $\text{mg kg}^{-1}$ )<sup>1</sup> değerlerine etkisi Çizelge 4.35 ve 4.36’da verilmiştir.

**Çizelge 4.35.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede bakır içeriğini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 2.852öd | Azot (N)   | 3  | 3.595*  |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.981öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.287öd |
| N xZn      | 9  | 0.328öd | N xZn      | 9  | 1.376öd |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

Çizelge 4.35’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede bakır üzerine olan etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı, 2023 yılında % 5 önemli olduğu, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından denemenin 1. ve 2. yılında önemsiz olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.36.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede bakır içeriği değerlerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )<sup>1</sup>

| Dane<br>Cu | 2022  |       |       |       |       | 2023  |       |       |       |         |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|            | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort   | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort     |
| N0         | 9.90  | 12.03 | 13.01 | 13.69 | 12.16 | 7.03  | 6.82  | 6.71  | 7.12  | 6.92B   |
| N1         | 13.57 | 13.72 | 15.79 | 15.34 | 14.61 | 5.69  | 6.41  | 5.34  | 6.64  | 6.02B   |
| N2         | 15.40 | 14.23 | 17.05 | 14.85 | 15.38 | 6.73  | 12.43 | 7.59  | 13.59 | 10.09AB |
| N3         | 15.82 | 14.16 | 15.05 | 16.35 | 15.34 | 17.34 | 11.79 | 11.50 | 5.88  | 11.63A  |
| Ort        | 13.67 | 13.53 | 15.22 | 15.06 | -     | 9.20  | 9.36  | 7.79  | 8.31  | -       |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \*  $p < 0.001$  öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.36’da görüldüğü üzere 2023 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane bakır üzerine olan etkileri farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (11.63 mg kg<sup>-1</sup>) dane bakır değeri elde edilmiş olup, farklı dozlarda Zn uygulamaları önemli bir etki yaratmamıştır.

#### 4.3. Buğday-Susam münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Dane Örneklerinin Analiz Sonuçları ve Tartışması

##### 4.3.1. Susam danesinin yağ içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamın dane yağ içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane yağ içeriği (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>1</sup> değerlerine etkisi Çizelge 4.37 ve 4.38’de verilmiştir.

Çizelge 4.37. ‘de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede yağ içeriğine üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin her iki yılında %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları 2022 yılında önemsizken 2023 yılında %0.1 düzeyinde önemli, NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında da %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.37.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede yağ içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |           |
|------------|----|-----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 32.004*** | Azot (N)   | 3  | 57.120*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 2.382öd   | Çinko (Zn) | 3  | 32.047*** |
| N xZn      | 9  | 6.888***  | N xZn      | 9  | 27.687*** |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.38’da görüldüğü üzere 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane yağ içeriği üzerine olan etkileri bakımından farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N2 ve N3 uygulama dozları ile en yüksek sırasıyla (% 55.5 ve %56.2), 2023 yılında N2 uygulama dozu ile en yüksek (%56.5) değer elde edilmiştir. Artan Zn dozlarının 2023 yılında danede yağ içeriğine etkisinde en yüksek yağ içeriği değeri Zn3 uygulamasından (%55.6) sağlanmıştır. NxZn interaksyonu bakımından yapılan değerlendirmede ise 2022 yılında N2Zn1 ve N3Zn1 uygulamaları maksimum değerleri (sırasıyla %58.0 ile 58.2) sağlamıştır.

2023 yılında ise danede yağ içeriklerinde en yüksek değerler N2Zn2 ve N2Zn3 uygulamalarından (sırasıyla %59.2 ve 59.1) elde edilmiştir. Azotlu gübrelemenin yağ verimine etkileri üzerine yapılan çalışmalara göre;

Abdel-Rahman vd. (2003) susamda en yüksek yağ veriminin 366.39 kg ha<sup>-1</sup> ile 80 kg N ha<sup>-1</sup> azotlu gübre uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir.

Ramakrishnan vd. (1994) N uygulamalarının susam danesinde yağ içeriğini kontrole kıyasla hafifçe azalttığını bildirmişlerdir. Mitchell vd. (1974) susam danesinin yağ ve protein içeriğinin artan azot uygulamalarıyla arttığını gözlemlemiş, Kumar ve Prasad (1993) susam yağ içeriğinin 30 kg N ha<sup>-1</sup> ile en yüksek (% 47) değere ulaştığını bildirmiştir.

**Çizelge 4.38.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede yağ içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane<br>yağ<br>içeriği | 2022    |        |         |         |       | 2023   |        |        |        |       |
|------------------------|---------|--------|---------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
|                        | Zn0     | Zn1    | Zn2     | Zn3     | Ort   | Zn0    | Zn1    | Zn2    | Zn3    | Ort   |
| <b>N0</b>              | 51.6def | 49.0f  | 53.0cd  | 49.2f   | 50.7B | 43.6f  | 58.5a  | 51.0de | 55.8b  | 52.2C |
| <b>N1</b>              | 52.6cde | 49.8ef | 51.6def | 53.0cd  | 51.7B | 54.6bc | 56.3b  | 55.0bc | 54.0bc | 55.0B |
| <b>N2</b>              | 54.8bc  | 58.0a  | 57.7ab  | 51.4def | 55.5A | 54.8bc | 53.0cd | 59.2a  | 59.1a  | 56.5A |
| <b>N3</b>              | 57.7ab  | 58.2a  | 52.7cde | 56.2ab  | 56.2A | 50.4e  | 49.0e  | 49.6e  | 53.4c  | 50.6D |
| <b>Ort</b>             | 54.2    | 53.8   | 53.8    | 52.5    | -     | 50.8C  | 54.2B  | 53.7B  | 55.6A  | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Sinharoy vd. (1990) 3 ve 6 kg N da<sup>-1</sup> uygulamaların dane yağ içeriğini %39.8'den sırasıyla % 41.7 ve % 42.9'a kadar yükseldiğini belirlemişlerdir. Duraisamy ve Aivukkarasu (2022) Zn ve Mn ile takviyeli organikler ve mikro besin maddelerinin topraktan veya yapraktan uygulanmasının susamın dane verimini, protein ve yağ içeriğini önemli ve pozitif yönde artırdığını bildirmiştir.

#### 4.3.2.Susam danesinin protein içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane protein içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane protein içeriği (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.39 ve 4.40'da verilmiştir.

Çizelge 4.39'da görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede protein içeriğine üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin her iki yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksiyonu denemenin her iki yılında denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.39.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede protein içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |          | 2023       |    |           |
|------------|----|----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f        | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 9.496*** | Azot (N)   | 3  | 20.415*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.076öd  | Çinko (Zn) | 3  | 1.856öd   |
| N xZn      | 9  | 1.053öd  | N xZn      | 9  | 1552öd    |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.40'da görüldüğü üzere 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane protein içeriği üzerine olan etkileri farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 59.1), 2023 yılında yine N3 uygulama dozu ile en yüksek ( % 72.3) değer elde edilmiştir.

**Çizelge 4.40.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde danede protein içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane Protein | 2022 |      |      |      |       | 2023 |      |      |      |        |
|--------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|--------|
|              | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort    |
| N0           | 46.8 | 49.9 | 48.7 | 48.4 | 48.4B | 38,1 | 41,8 | 44,2 | 42,4 | 41.6C  |
| N1           | 52.4 | 48.5 | 50.7 | 52.1 | 50.9B | 74,3 | 60,9 | 49,3 | 71,5 | 64.0AB |
| N2           | 51.6 | 57.5 | 60.7 | 54.3 | 56.0A | 62,5 | 65,6 | 48,3 | 54,5 | 57.7B  |
| N3           | 62.7 | 56.6 | 55.9 | 61.1 | 59.1A | 74,2 | 76,2 | 72,1 | 66,6 | 72.3A  |
| Ort          | 53.4 | 53.1 | 54.0 | 54.0 | -     | 62.3 | 61.1 | 53.5 | 58.8 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Fard ve Bahrani (2005) susam bitkisinde artan dozlarda (0. 6 ve 9 kg N da<sup>-1</sup>) uyguladıkları azotlu gübre uygulamasıyla bitki başına dal sayısı, kapsül sayısı, tohum ve dane protein içerikleri üzerinde önemli etkiler görüldüğünü, bitki yoğunluğu ile birlikte azot oranlarının artmasının tohum verimini arttırdığını, 9 kg N da<sup>-1</sup> uygulamasının protein içeriğini kontrole göre %25 arttırdığını bildirmişlerdir. Azot uygulamalarının bitkilerin protein içeriklerine pozitif yönde etkilerinin olduğu farklı çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu nedenle özellikle yağlı tohumlu bitkilerde azot uygulamalarının düzenli hale getirilmesi ve yaygınlaştırılması önem kazanmaktadır.

#### 4.4. Buğday-Susam münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Yaprak Örneklerinin Analiz Sonuçları ve Tartışması

##### 4.4.1.Susam yapraklarının toplam azot içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak azot (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak azot (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.41 ve 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.41. ‘de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak toplam azot (%) değerleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin her iki yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.41.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak N içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |           |
|------------|----|-----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 15.305*** | Azot (N)   | 3  | 47.266*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.821öd   | Çinko (Zn) | 3  | 0.729öd   |
| N xZn      | 9  | 0.791öd   | N xZn      | 9  | 1.275öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.42’de görüldüğü üzere 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yapraklarında toplam azot değeri üzerine olan etkileri, farklı dozlarda N uygulamaları ortalamaları bakımından N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 3.68), 2023 yılında yine N3 uygulama dozu ile en yüksek (% 4.03) değer elde edilmiştir. Shehu vd.(2010) susam bitkisinde 75 kg N ha<sup>-1</sup> N gübrelemesinin sürgünde N ve K içeriğini sırasıyla %155 ve % 8 oranında arttırdığını bildirmişlerdir.

**Çizelge 4.42.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak N değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Yaprak<br>N | 2022 |      |      |      |       | 2023 |      |      |      |       |
|-------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|
|             | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   |
| N0          | 2,36 | 2,07 | 2,70 | 2,73 | 2.46C | 2,33 | 2,53 | 2,62 | 2,72 | 2.55D |
| N1          | 3,06 | 2,76 | 2,97 | 3,21 | 3.00B | 2,87 | 2,76 | 2,86 | 3,25 | 2.94C |
| N2          | 3,09 | 3,16 | 3,21 | 3,33 | 3.20B | 3,55 | 3,87 | 3,22 | 3,53 | 3.54B |
| N3          | 3,51 | 3,88 | 3,94 | 3,40 | 3.68A | 4,08 | 4,15 | 4,02 | 3,85 | 4.03A |
| Ort         | 3.01 | 2.97 | 3.20 | 3.17 | -     | 3,21 | 3,33 | 3,18 | 3,34 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerr ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.4.2.Susam yapraklarının fosfor içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak fosfor (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak fosfor (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.43 ve 4.44’de verilmiştir.

Çizelge 4.33’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak fosfor değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin 1. yılında önemsiz, 2.yılında % 5 düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.43.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak P içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 0.417öd | Azot (N)   | 3  | 3.673*  |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.838öd | Çinko (Zn) | 3  | 1.532öd |
| N xZn      | 9  | 1.735öd | N xZn      | 9  | 0.846öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.44’de görüldüğü üzere 2023 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak fosfor değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N1(3 kg N da<sup>-1</sup>) ve N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 0.55) değer elde edildiği belirlenmiştir.

Fosfor (P) gibi hareket kabiliyeti düşük olan besin elementleri, toprak içerisinde yetersiz olduğunda veya toprak kolloidleri tarafından adsorbe edildikleri zaman kökler vasıtasıyla bitkinin gereksinimini karşılayacak oranda absorbe edilememektedir. Özellikle kalın kök sistemine sahip bitki çeşitlerinin oluşturdukları toplam kök yüzey alanları çok az olduğundan, bu tür bitkilerin büyüdüğü toprak ortamı ile değindikleri toplam yüzey alanları da az olmaktadır (Marschner, 1995; Smith ve Read, 2008).

**Çizelge 4.44.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak P değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Yaprak<br>P | 2022 |      |      |      |      | 2023 |      |      |      |        |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
|             | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort    |
| N0          | 0.40 | 0.48 | 0.48 | 0.51 | 0.47 | 0.53 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.49B  |
| N1          | 0.41 | 0.49 | 0.50 | 0.56 | 0.49 | 0.55 | 0.48 | 0.56 | 0.60 | 0.55A  |
| N2          | 0.48 | 0.46 | 0.43 | 0.45 | 0.45 | 0.49 | 0.50 | 0.52 | 0.51 | 0.50AB |
| N3          | 0.47 | 0.62 | 0.44 | 0.41 | 0.48 | 0.56 | 0.51 | 0.56 | 0.55 | 0.55A  |
| Ort         | 0.44 | 0.51 | 0.46 | 0.48 | -    | 0.53 | 0.50 | 0.53 | 0.53 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Denemenin yürütüldüğü her iki münavebe sisteminde, fosfor bakımından toprak içeriğinin yüksek olmasına rağmen, susam kök yapısı olarak kazık kök yapısına sahip bir bitki türüdür ve kök yüzey alanı saçak kök yapısında olmaması sebebiyle, susam bitkisinin, fosfor gibi hareketliliği kısıtlı besin elementleri yönünden yeterli beslenebilmesi için gübrelemenin ve sulamanın gerekliliği karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca fosfor yeterliliklerinin bitkilere ve topraklara göre farklılıklar içerebildiği ve bu konuda farklı bakış açılarıyla birlikte fosfor yeterlilik düzeylerinin araştırılmasına yönelik yorumların bulunduğu dikkate alınabilir. Arıoğlu (2016), bazı yağlı tohumlu bitkilerin kazık kök yapılarından dolayı, ön bitkiye verilen ve yağışlarla toprak derinliğine doğru yıkanan bitki besin maddelerinden kolaylıkla yararlanabildiklerini belirtmiştir. Bu durumda her iki deneme alanına ait toprak örneklerinin aşırı kireçli olması (Çizelge 3.1) dikkate alındığında, fosforun kalsiyum fosfatlar şeklinde, alınabilirliği zor bileşikler

oluşturma ihtimali nedeniyle uygulamaların yaprak fosfor içeriği açısından düşük olmasına sebep olabileceği olasılığının yüksek olduğu düşünülmektedir.

Bozkurt (2000); 0, 4, 8 ve 12 kg azot  $\text{da}^{-1}$  düzeylerinin farklı vejetasyon dönemlerinde ve ayçiçeği bitkisinin farklı kısımlarında besin elementi içeriğine etkisini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada, artan oranlarda verilen azotlu gübrenin, yaprağın fosfor içeriğinin azalmasına neden olduğunu belirlemiştir. Buğday-Susam ve Bakla susam münavebe metoduyla yürüttüğümüz denemenin birinci ve ikinci yılında N-Zn uygulamaları dikkate alındığında genel olarak, farklı düzeylerde N-Zn uygulamalarının susam bitkisinde yaprak P değerleri üzerine olan etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz bulunduğu tespit edilmiştir.

#### 4.4.3.Susam yapraklarının potasyum içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak potasyum (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak potasyum (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.45 ve 4.46'de verilmiştir.

**Çizelge 4.45.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak K içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |         |
|------------|----|-----------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 18.705*** | Azot (N)   | 3  | 4.509** |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.800öd   | Çinko (Zn) | 3  | 1.137öd |
| N xZn      | 9  | 1.162öd   | N xZn      | 9  | 1.283öd |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

Çizelge 4.45'te görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak potasyum değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin 1. yılında %0.1( $p < 0.001$ ) ve 2. yılında %1( $p < 0.01$ ) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.46'da görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak potasyum değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N3(9 kg N  $\text{da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek (% 0.98) ve 2023 yılında yine N3 (9 kg N  $\text{da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek (% 1.26) değer elde edildiği belirlenmiştir.

Aydın vd. (2007), yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidini kullandıkları denemelerinde topraktan (0-15-30-45 g  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   $\text{omca}^{-1}$ ) ve yaprakdan 3 tekerrürlü olacak şekilde çinko sülfat uygulaması yapmış (0-0.025-0.050-0.10 % Zn) ve yaprağın N, P, K ve Zn içeriklerinin pozitif yönde etkilediğini belirlemiştir. Bozkurt (2000)

ayçiçeği bitkisi üzerinde yaptığı çalışmasında, farklı oranlarda (0, 4, 8 ve 12 kg N da<sup>-1</sup>) uyguladığı N düzeylerinin ayçiçeğinin yaprak azot ve potasyum içeriğini, tane, sap ve tablanın azot içeriği ile sapın potasyum içeriğini arttırdığını bildirmiştir.

**Çizelge 4.46.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak K değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Yaprak<br>K | 2022 |      |      |      |       | 2023 |      |      |      |        |
|-------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|--------|
|             | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort   | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort    |
| N0          | 0,41 | 0,55 | 0,55 | 0,56 | 0.52C | 1,09 | 1,18 | 1,09 | 0,90 | 1.06AB |
| N1          | 0,63 | 0,66 | 0,69 | 0,82 | 0.70B | 1,22 | 1,01 | 1,20 | 1,05 | 1.12A  |
| N2          | 0.81 | 0,81 | 0,94 | 0,91 | 0.87A | 0,93 | 0,94 | 1,03 | 0,46 | 0.84B  |
| N3          | 0,85 | 1,23 | 0,93 | 0,91 | 0.98A | 1,05 | 1,12 | 1,41 | 1,46 | 1.26A  |
| Ort         | 0.68 | 0.81 | 0.78 | 0.80 | -     | 1.07 | 1.06 | 1.18 | 0.97 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.4.4.Susam yapraklarının kalsiyum içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak kalsiyum (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak kalsiyum (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.47 ve 4.48’de verilmiştir.

**Çizelge 4.47.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Ca içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 3.699*  | Azot (N)   | 3  | 0.961öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.937öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.396öd |
| N xZn      | 9  | 1.147öd | N xZn      | 9  | 1.092öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.47’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak kalsiyum değeri üzerine olan

etkileri istatistiksel olarak denemenin 1. yılında % 5 önemli bulunmuş, 2. yılında ise önemsiz bulunmuştur. Farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.48.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Ca değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Yaprak<br>Ca | 2022 |      |      |      |        | 2023 |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|
|              | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort    | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  |
| <b>N0</b>    | 1,56 | 1,75 | 1,85 | 1,49 | 1.66B  | 3,11 | 2,57 | 2,15 | 2,28 | 2,53 |
| <b>N1</b>    | 1,56 | 1,70 | 1,74 | 1,82 | 1.71B  | 2,65 | 2,55 | 2,90 | 2,69 | 2,70 |
| <b>N2</b>    | 2,04 | 1,84 | 2,16 | 1,97 | 2.00AB | 2,75 | 2,97 | 2,63 | 2,77 | 2,78 |
| <b>N3</b>    | 2,33 | 2,96 | 2,06 | 1,65 | 2.25A  | 2,71 | 2,8  | 2,99 | 2,73 | 2,81 |
| <b>Ort</b>   | 1.88 | 2.07 | 1.95 | 1.73 | -      | 2,81 | 2,72 | 2,67 | 2,62 | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.48’de görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak kalsiyum değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N3(9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 2.25) değer elde edildiği belirlenmiştir. Yağmur (2021) marul bitkisi üzerine yaptığı çalışmasında hem topraktan hem yapraktan Zn uygulamalarının bitkinin Ca içeriği üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli bulunmadığını bildirmiştir.

#### 4.4.5.Susam yapraklarının magnezyum içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak magnezyum (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak magnezyum (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.49 ve 4.50’de verilmiştir.

**Çizelge 4.49.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Mg içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |         |
|------------|----|-----------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 15.925*** | Azot (N)   | 3  | 0.513öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 2.187öd   | Çinko (Zn) | 3  | 3.024*  |
| N xZn      | 9  | 1.232öd   | N xZn      | 9  | 1.011öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.49’da görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak magnezyum değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin 1. yılında %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, 2. yılında ise önemsiz bulunmuştur. Farklı dozlarda Zn uygulamaları denemenin 1. yılında önemsiz, 2. yılında ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.50.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Mg değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Yaprak Mg | 2022 |      |      |      |       | 2023    |         |         |          |      |
|-----------|------|------|------|------|-------|---------|---------|---------|----------|------|
|           | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3      | Ort  |
| N0        | 0,21 | 0,26 | 0,31 | 0,26 | 0.26B | 0,47    | 0,38    | 0,31    | 0,40     | 0,39 |
| N1        | 0,21 | 0,29 | 0,26 | 0,28 | 0.26B | 0,39    | 0,43    | 0,37    | 0,33     | 0,38 |
| N2        | 0,36 | 0,34 | 0,36 | 0,40 | 0.36A | 0,41    | 0,50    | 0,34    | 0,36     | 0,41 |
| N3        | 0,37 | 0,54 | 0,47 | 0,36 | 0.43A | 0,45    | 0,41    | 0,38    | 0,43     | 0,42 |
| Ort       | 0.29 | 0.36 | 0.35 | 0.32 | -     | 0,43(A) | 0,43(A) | 0,35(B) | 0,38(AB) | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.50’de görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak magnezyum değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N2 ve N3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %0.36 ve % 0.43) değerler elde edildiği belirlenmiştir. 2023 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının Zn0 ve Zn1 (%0 ZnSO<sub>4</sub>

ve %0.15 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozları ile en yüksek (% 0.43) değer elde edildiği belirlenmiştir.

#### 4.4.6.Susam yapraklarının çinko içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak çinko (mg kg<sup>-1</sup>) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak çinko (mg kg<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.51 ve 4.52’de verilmiştir.

**Çizelge 4.51.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Zn içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |            | 2023       |    |            |
|------------|----|------------|------------|----|------------|
| Kaynak     | SD | f          | Kaynak     | SD | f          |
| Azot (N)   | 3  | 8.604***   | Azot (N)   | 3  | 12.599***  |
| Çinko (Zn) | 3  | 253.013*** | Çinko (Zn) | 3  | 283.641*** |
| N xZn      | 9  | 1.669öd    | N xZn      | 9  | 2.543*     |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.51. ‘de görüldüğü üzere farklı dozlarda N-Zn uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak çinko değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin 1. ve 2. yılında %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, NxZn interaksiyonu denemenin 1. yılında önemsiz, 2. yılında %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.52’de görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak çinko değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N3(9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (371.6 mg kg<sup>-1</sup>), farklı dozlarda Zn uygulama ortalamaları dikkate alındığında ise Zn3 (% 0.45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozu ile en yüksek (587.0 mg kg<sup>-1</sup>) değer elde edildiği belirlenmiştir.

Denemenin 2. yılında ise N uygulamaları ortalamaları bakımından N3(9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (489.4 mg kg<sup>-1</sup>), farklı dozlarda Zn uygulama ortalamaları bakımından ise Zn3 (% 0.45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozu ile en yüksek (714.8 mg kg<sup>-1</sup>) değer elde edildiği belirlenmiştir. NxZn interaksiyonu bakımından N3Zn3 uygulama dozu ile en yüksek (852.8 mg kg<sup>-1</sup>) değer elde edilmiştir.

**Çizelge 4.52.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Zn değerlerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )<sup>1</sup>

| Yaprak<br>Zn | 2022  |        |        |        |         | 2023    |          |          |          |        |
|--------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|--------|
|              | Zn0   | Zn1    | Zn2    | Zn3    | Ort     | Zn0     | Zn1      | Zn2      | Zn3      | Ort    |
| <b>N0</b>    | 19,7  | 206,0  | 334,8  | 508,0  | 267.1C  | 30,7g   | 314,0f   | 430,0e   | 583,6cd  | 339,6C |
| <b>N1</b>    | 23,7  | 268,6  | 335,8  | 588,9  | 304.3BC | 26,7g   | 359,2ef  | 534,1d   | 741,2b   | 415,3B |
| <b>N2</b>    | 22,8  | 231,2  | 407,9  | 608,2  | 317.5B  | 44,9g   | 404,5ef  | 590,8cd  | 681,6bc  | 430,5B |
| <b>N3</b>    | 26,5  | 379,8  | 437,0  | 643,1  | 371.6A  | 30,2g   | 412,6ef  | 662,0bc  | 852,8a   | 489,4A |
| <b>Ort</b>   | 23.2D | 271.4C | 378.9B | 587.0A | -       | 33.1(D) | 372.6(C) | 554.2(B) | 714.8(A) | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Mortvedt ve Gilkes (1993), granül halinde NPK gübresi ile birlikte  $\text{ZnSO}_4$  gübresinin birlikte uygulandığı fasulye bitkilerinin tane verimi ve yaprak Zn konsantrasyonlarını inceledikleri bir çalışmada, çinko uygulama dozlarının artırılmasıyla yaprakta çinko konsantrasyonunun arttığını belirlemişler.

Erdal (1998), farklı tahıl ürünlerinde yaptığı çalışmada, bitkilerin yeşil aksamlarındaki çinko içeriğinin çinko uygulamaları ile arttığını, en fazla artışın % 122'lik bir artışla makarnalık buğdaylarda gerçekleştiğini, ortalama çinko konsantrasyonunun,  $9.22 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dan  $18.39 \text{ mg kg}^{-1}$ 'a yükseldiğini bildirmiştir.

Akça (2020) buğdayda yürüttüğü denemelerde topraktan veya yaprakten uygulanan çinkoya bağlı olarak buğday bitkisinin veriminin artmasının yanında tanesinde ve yapraklarında çinko konsantrasyonunun arttığını belirlemiştir.

#### 4.4.7.Susam yapraklarının mangan içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak mangan ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak mangan ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) değerlerine etkisi Çizelge 4.53 ve 4.54'te verilmiştir.

**Çizelge 4.53.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Mn içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 1.356öd | Azot (N)   | 3  | 2.007öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.376öd | Çinko (Zn) | 3  | 2.322öd |
| N xZn      | 9  | 1.981öd | N xZn      | 9  | 0.254öd |

öd:  $p>0.05$  de önemsiz \*\*:  $p<0.01$  \*\*\*:  $p<0.001$

Çizelge 4.53'te görüldüğü üzere farklı dozlarda N-Zn uygulamaları ve NxZn interaksiyonunun Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak mangan değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.54.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Mn değerlerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )<sup>1</sup>

| Yaprak<br>Mn | 2022 |      |      |      |      | 2023 |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  |
| N0           | 24,1 | 36,5 | 30,1 | 31,0 | 30,4 | 37,2 | 31,4 | 30,1 | 31,1 | 32,4 |
| N1           | 30,9 | 37,0 | 31,5 | 36,0 | 33,9 | 39,5 | 36,4 | 33,4 | 30,6 | 35,0 |
| N2           | 37,5 | 30,6 | 29,1 | 37,7 | 33,7 | 37,7 | 37,1 | 31,8 | 36,4 | 35,6 |
| N3           | 35,4 | 40,6 | 36,8 | 27,6 | 35,1 | 41,4 | 39,2 | 35,7 | 37,5 | 38,5 |
| Ort          | 32,0 | 36,2 | 31,9 | 33,1 | -    | 38,8 | 36,0 | 32,8 | 33,9 | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerr ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\*  $p<0.001$  öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.54'de görüldüğü üzere 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak mangan içerikleri  $24.1 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $40.6 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında, 2023 yılında ise  $30.1$  ile  $41.4 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Salama ve Buzas (1987), N ve N+K'un, Zn ve Cu içeriğini artırdığını, azotlu gübrenin Mn içeriğini artırdığını, Zn içeriğinin fosforlu gübreleme ile azaldığını bildirmişlerdir.

#### 4.4.8.Susam yapraklarının bakır içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak bakır ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak bakır ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) değerlerine etkisi Çizelge 4.55 ve 4.56’da verilmiştir.

**Çizelge 4.55.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Cu içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 4.245*  | Azot (N)   | 3  | 1.204öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.236öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.965öd |
| N xZn      | 9  | 1.633öd | N xZn      | 9  | 0.323öd |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

Çizelge 4.55 görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak bakır ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) değerlerine etkisi istatistiksel olarak denemenin 1. yılında % 5 düzeyinde önemli, 2. yılında ise önemsiz, Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.56’da görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak bakır değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N3(9 kg N  $\text{da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek ( $17.25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) değer elde edildiği belirlenmiştir.

Aydın (2005), bağda tane tutumu ve ben düşme dönemlerinde yapraktan artan dozlarda Zn ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) uygulamalarıyla yaprağın aya ve sapının N, P, Ca, Mg, Fe içerikleri ile yaprak ayasının Mn ve Cu içeriklerinin ben düşme döneminde tane tutumu dönemine göre daha yüksek olduğunu belirlemiş, ayrıca yapraktan artan dozda çinko uygulamalarının hem yaprak ayasında hem de yaprak sapında, toplam N ile P, K, Ca, Mg, Fe ve Zn içeriklerine ve ayada Cu ile Mn içeriklerini olumlu yönde etki yaptığını bildirmiştir.

**Çizelge 4.56.** Buğday-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitkisinde yaprak Cu değerlerine etkisi (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

| Yaprak<br>Cu | 2022  |       |       |       |        | 2023  |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort    | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort   |
| N0           | 12,79 | 12,58 | 13,55 | 14,13 | 13.26B | 14,36 | 10,86 | 12,62 | 11,98 | 12,46 |
| N1           | 11,12 | 14,10 | 13,60 | 14,28 | 13.27B | 15,58 | 13,92 | 13,34 | 13,68 | 14,13 |
| N2           | 15,07 | 14,82 | 10,41 | 17,51 | 14.45B | 15,57 | 13,33 | 13,90 | 11,00 | 13,45 |
| N3           | 16,20 | 21,43 | 16,99 | 14,37 | 17.25A | 15,25 | 14,80 | 13,95 | 15,99 | 15,00 |
| Ort          | 13.79 | 15.74 | 13.64 | 15.07 | -      | 15,19 | 13,23 | 13,45 | 13,16 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.5. Bakla-Susam Münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisinin Bazı Morfolojik Özelliklerine Ait Analiz Sonuçları ve Tartışması

##### 4.5.1 Susam bitkilerinde bitki boy uzunlukları

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde bitki boyu (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve bitki boyu değerlerine etkisi Çizelge 4.57 ve 4.58’de verilmiştir.

**Çizelge 4.57.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitki boyunu içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |           |
|------------|----|---------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 0.028öd | Azot (N)   | 3  | 26.512*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.449öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.814öd   |
| N xZn      | 9  | 0.968öd | N xZn      | 9  | 1.381öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Farklı düzeylerde N uygulamalarının 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde bitki boyu üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemsiz, 2. yılında ise % 0.1( $p<0.001$ ) düzeyinde önemli, Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu ise her iki deneme yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.58.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam bitki boyu değerlerine etkisi (cm)<sup>1</sup>

| Bitki Boyu | 2022   |        |        |        |        | 2023   |        |        |        |         |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|            | Zn0    | Zn1    | Zn2    | Zn3    | Ort    | Zn0    | Zn1    | Zn2    | Zn3    | Ort     |
| <b>N0</b>  | 129,20 | 137,40 | 147,73 | 133,20 | 136,88 | 106,00 | 103,45 | 99,87  | 99,60  | 102,23B |
| <b>N1</b>  | 140,33 | 145,87 | 128,47 | 133,87 | 137,13 | 119,53 | 135,73 | 127,80 | 131,80 | 128,72A |
| <b>N2</b>  | 140,60 | 137,53 | 131,67 | 133,60 | 135,85 | 140,07 | 136,33 | 125,07 | 123,33 | 131,20A |
| <b>N3</b>  | 134,00 | 139,20 | 133,13 | 140,80 | 136,78 | 126,00 | 134,80 | 133,80 | 140,27 | 133,72A |
| <b>Ort</b> | 136,03 | 140,00 | 135,25 | 135,37 | -      | 122,90 | 127,58 | 121,63 | 123,75 | -       |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \*  $p<0.001$  öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.58’de görüldüğü üzere 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin bitki boyu üzerine N uygulamaları ortalamasında en yüksek değerler kontrol hariç tüm N dozlarından elde edilirken N3 (9 Kg N da<sup>-1</sup>) dozu ile en yüksek (133.72 cm ) elde edilmiştir. Mandai vd. (1992) susamın boyu ve kuru maddesinin N düzeyindeki artışla birlikte anlamlı olarak arttığını bildirmişler, 9 kg N da<sup>-1</sup> uygulama dozları ile maksimum değerleri elde etmişlerdir.

#### 4.5.2 Susam bitkilerinde ilk dal yüksekliği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde ilk dal yüksekliği (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve ilk dal yüksekliği değerlerine etkisi Çizelge 4.59 ve 4.60’da verilmiştir.

Çizelge 4.59’da görüldüğü üzere, farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde ilk dal yüksekliği üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamış, 2023 yılında %1( $p<0.01$ ) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn uygulamalarının interaksyonu ise her iki deneme yılında önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.60’da görüldüğü üzere 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde ilk dal yüksekliği üzerine N uygulamalarının ortalamaları bakımından N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (26.43 cm) değer elde edildiği belirlenmiştir. Azot uygulamaları ile bitkilerin ilk dal yüksekliği değerlerinde özellikle maksimum dozun etkili olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 4.59.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam ilk dal yüksekliği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 0.971öd | Azot (N)   | 3  | 5.632** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.430öd | Çinko (Zn) | 3  | 1.145öd |
| N xZn      | 9  | 1.339öd | N xZn      | 9  | 1.315öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

**Çizelge 4.60.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam ilk dal yüksekliği değerlerine etkisi (cm)<sup>1</sup>

| İlk Dal Yüksekliği | 2022  |       |       |       |       | 2023  |       |       |       |        |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                    | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort   | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort    |
| N0                 | 20.33 | 18.67 | 24.47 | 21.63 | 21.28 | 21.93 | 12.00 | 18.20 | 15.93 | 17.02B |
| N1                 | 16.20 | 22.80 | 19.73 | 19.67 | 19.60 | 14.53 | 23.00 | 20.33 | 12.33 | 17.55B |
| N2                 | 22.47 | 27.33 | 19.40 | 25.73 | 23.73 | 22.87 | 21.57 | 21.00 | 18.33 | 20.95B |
| N3                 | 22.53 | 15.20 | 28.00 | 21.67 | 21.85 | 24.13 | 33.45 | 23.45 | 24.67 | 26.43A |
| Ort                | 20.38 | 21.00 | 22.90 | 22.18 | -     | 20.87 | 22.51 | 20.75 | 17.82 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerrü ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.5.3 Susam bitkilerinde yan dal sayısı ölçüm değerleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yan dal sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yan dal sayısı değerlerine etkisi Çizelge 4.61 ve 4.62’de verilmiştir.

Çizelge 4.61’de görüldüğü üzere farklı N uygulamalarının Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yan dal sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine etkisinin denemenin 1. yılında istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Denemenin 2. yılında ise N uygulamalarının % 0.1 (p<0.001) düzeyinde önemli etki yaptığı belirlenmiş olup, farklı dozlarda Zn uygulamaları önemsiz olduğu ve NxZn uygulamalarının interaksyonun da her iki deneme yılında susam bitkilerinde yan dal sayısı ölçüm değerleri üzerine önemli bir etki yapmadığı belirlenmiştir.

**Çizelge 4.61.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam yan dal sayısı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |           |
|------------|----|---------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 0.462öd | Azot (N)   | 3  | 13.148*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.059öd | Çinko (Zn) | 3  | 2.417öd   |
| N xZn      | 9  | 0.495öd | N xZn      | 9  | 2.048öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.62’de görüldüğü üzere 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yan dal sayısı üzerine farklı dozlardaki azot uygulamalarından en yüksek değerlerin N1(3 kg da<sup>-1</sup>) ve N2(6 kg da<sup>-1</sup>) gibi artan azot dozlarıyla elde edildiği belirlenmiştir. Artan dozlardaki azot uygulamasının vejetatif aksam üzerine olumlu etkisi nedeniyle yan dal sayısına en fazla etki eden uygulama olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 4.62.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam yan dal sayısı değerlerine etkisi (adet bitki<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

| Yan<br>Dal<br>Sayısı | 2022 |      |      |      |      | 2023 |      |      |      |       |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|                      | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   |
| <b>N0</b>            | 2.33 | 1.93 | 1.93 | 2.67 | 2.22 | 2.27 | 1.60 | 1,73 | 0.80 | 1.60B |
| <b>N1</b>            | 2.40 | 2.40 | 2.60 | 2.00 | 2.35 | 3.73 | 2.53 | 3.07 | 5.33 | 3.67A |
| <b>N2</b>            | 1.80 | 2.33 | 2.00 | 1.93 | 2.02 | 3.20 | 2.80 | 3.40 | 4.00 | 3.35A |
| <b>N3</b>            | 2.27 | 2.00 | 1.87 | 2.27 | 2.10 | 3.47 | 2.80 | 2.93 | 3.07 | 3.07A |
| <b>Ort</b>           | 2.20 | 2.17 | 2.10 | 2.22 | -    | 3.17 | 2.43 | 2.78 | 3.30 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.5.4 Susam bitkilerinde kök uzunluğu(cm)

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kök uzunluğu (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve kök uzunluğu değerlerine etkisi Çizelge 4.63 ve 4.64'te verilmiştir.

**Çizelge 4.63.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam kök uzunluğu değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022              |    |         | 2023              |    |          |
|-------------------|----|---------|-------------------|----|----------|
| Kaynak            | SD | f       | Kaynak            | SD | f        |
| <b>Azot (N)</b>   | 3  | 0.649öd | <b>Azot (N)</b>   | 3  | 8.822*** |
| <b>Çinko (Zn)</b> | 3  | 1.045öd | <b>Çinko (Zn)</b> | 3  | 0.471öd  |
| <b>N xZn</b>      | 9  | 0.625öd | <b>N xZn</b>      | 9  | 2.580*   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.63'te görüldüğü üzere farklı N uygulamalarının Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kök uzunluğu (cm) değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir. Zn uygulamalarının Buğday-Susam münavebe sisteminde

yetiştirilen susam bitkilerinde kök uzunluğu (cm) değerlerine etkisinin denemenin her iki yılında da önemsiz olduğu, 2023 yılında NxZn interaksyonu bakımından % 5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.64’de görüldüğü üzere 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde kök uzunluğu üzerine farklı dozlardaki azot uygulamalarından en yüksek değerin N1 (3 kg N da<sup>-1</sup>) uygulamasıyla (15.6 cm) elde edildiği belirlenmiştir. 2023 yılında NxZn interaksyonu bakımından en yüksek değerin N1Zn3 (16.8 cm) interaksyonundan elde edildiği bulunmuştur.

**Çizelge 4.64.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında kök uzunluğu değerlerine etkisi (cm)<sup>1</sup>

| Kök<br>uzunluğu | 2022 |      |      |      |      | 2023    |         |         |         |       |
|-----------------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|---------|-------|
|                 | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3     | Ort   |
| <b>N0</b>       | 12.5 | 12.0 | 12.4 | 14.3 | 12.8 | 15.2abc | 13.0cde | 10.7e   | 12.0de  | 12.7C |
| <b>N1</b>       | 12.9 | 13.3 | 14.3 | 13.9 | 13.6 | 13.9bcd | 15.5abc | 16.4ab  | 16.8a   | 15.6A |
| <b>N2</b>       | 13.2 | 12.8 | 12.3 | 14.1 | 13.1 | 14.7a-d | 14.2a-d | 14.0bcd | 14.2a-d | 14.3B |
| <b>N3</b>       | 13.5 | 13.1 | 12.4 | 12.8 | 12.9 | 14.1a-d | 14.1a-d | 14.2a-d | 14.3a-d | 14.2B |
| <b>Ort</b>      | 13.0 | 12.8 | 12.9 | 13.8 | -    | 14.5    | 14.2    | 13.8    | 14.3    | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.5.5 Susam bitkilerinde kök genişliği (cm)

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kök genişliği (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve kök uzunluğu değerlerine etkisi Çizelge 4.65 ve 4.66’da verilmiştir.

Çizelge 4.65 görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 yılında ve Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kök genişliği (cm) değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında %1(p<0.01) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları bakımından denemenin her iki yılında istatistiksel olarak önemsiz, NxZn interaksyonları bakımından 2022 yılında istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında %1(p<0.01) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.65.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam kök genişliği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 0.628öd | Azot (N)   | 3  | 6.008** |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.524öd | Çinko (Zn) | 3  | 1.142öd |
| N xZn      | 9  | 0.802öd | N xZn      | 9  | 3.119** |

öd:  $p>0.05$  de önemsiz \*\*:  $p<0.01$  \*\*\*:  $p<0.001$

**Çizelge 4.66.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında kök genişliği değerlerine etkisi (cm)<sup>1</sup>

| Kök genişliği | 2022 |      |      |      |      | 2023    |        |        |        |       |
|---------------|------|------|------|------|------|---------|--------|--------|--------|-------|
|               | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  | Zn0     | Zn1    | Zn2    | Zn3    | Ort   |
| N0            | 11.1 | 9.0  | 9.7  | 11.2 | 10.3 | 11.1ab  | 5.8de  | 7.2b-e | 6.7cde | 7.7B  |
| N1            | 9.6  | 10.1 | 9.4  | 10.6 | 9.9  | 10.8abc | 7.2b-e | 9.5a-e | 12.9a  | 10.1A |
| N2            | 13.1 | 11.2 | 10.2 | 9.4  | 11.0 | 5.9de   | 9.9a-d | 6.1de  | 8.6b-e | 7.6B  |
| N3            | 11.7 | 10.2 | 10.0 | 9.8  | 10.4 | 5.3e    | 8.4b-e | 5.2e   | 6.2de  | 6.3B  |
| Ort           | 11.4 | 10.1 | 9.8  | 10.2 | -    | 8.3     | 7.8    | 7.0    | 8.6    | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\*  $p<0.001$  öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.66'da görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde kök genişliği üzerine etkisinin N1(3 kg N da<sup>-1</sup>) dozu ile en yüksek (10.09 cm) değer elde edildiği, NxZn interaksyonu bakımından N1Zn3 (3 kg N da<sup>-1</sup> ve %45 ZnSO<sub>4</sub>) dozu ile en yüksek (12.93 cm) değer elde edildiği belirlenmiştir. En düşük değerler ise N3Zn0 ve N3Zn2 uygulamalarından sırasıyla 5.3 ve 5.2 cm olarak belirlenmiştir.

#### 4.5.6 Susam bitkilerinde kapsül sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) ölçüm değerleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kapsül sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve kapsül sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.67 ve 4.68’de verilmiştir.

**Çizelge 4.67.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam kapsül sayısı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |           |
|------------|----|---------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 1.551öd | Azot (N)   | 3  | 21.197*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.460öd | Çinko (Zn) | 3  | 3.458*    |
| N xZn      | 9  | 0.865öd | N xZn      | 9  | 2.188*    |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.67’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kapsül sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi 2022 yılında istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında %0.1 (p<0.001) düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksiyonları ise 2022 yılında önemsiz istatistiksel olarak, 2023 yılında %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.68’de görüldüğü üzere 2023 yılında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkisinin kapsül sayısı üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamaları bakımından en yüksek değer 75.67 adet bitki<sup>-1</sup> ile N1 (% 0.15 ZnSO<sub>4</sub>) dozundan elde edildiği belirlenmiştir. Denemenin ikinci yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarında en yüksek Zn3(% 0.45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozu ile en yüksek (63.1 adet bitki<sup>-1</sup>) kapsül sayısı değeri elde edilmiştir. NxZn interaksiyonu bakımından en yüksek değer (112.1 adet bitki<sup>-1</sup>) N1Zn3 dozlarından elde edildiği belirlenmiştir.

**Çizelge 4.68.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında kapsül sayısı değerlerine etkisi (adet)<sup>1</sup>

| Kapsül sayısı | 2022 |      |      |      |      | 2023     |          |          |         |       |
|---------------|------|------|------|------|------|----------|----------|----------|---------|-------|
|               | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  | Zn0      | Zn1      | Zn2      | Zn3     | Ort   |
| <b>N0</b>     | 33.4 | 34.7 | 35.5 | 46.5 | 37.5 | 34.6 c-f | 28.6 def | 25.3 ef  | 23.5 f  | 28.0C |
| <b>N1</b>     | 41.2 | 42.7 | 44.1 | 31.7 | 39.9 | 75.7 b   | 57.9 bc  | 57.3 bc  | 112.1a  | 75.7A |
| <b>N2</b>     | 40.3 | 40.0 | 28.8 | 33.3 | 35.6 | 64.5 c   | 52.9 b-e | 51.7 b-e | 59.7 bc | 57.2B |
| <b>N3</b>     | 47.6 | 46.9 | 36.6 | 49.1 | 45.0 | 57.7 bc  | 51.5 b-e | 53.4 bcd | 56.9 bc | 54.9B |
| <b>Ort</b>    | 40.6 | 41.1 | 36.2 | 40.1 | -    | 58.1(AB) | 47.7(B)  | 46.9(B)  | 63.1(A) | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerrüt ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.5.7 Susam bitkilerinde 1000 dane ağırlığı ölçüm değerleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde 1000 dane ağırlığı (g) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve 1000 dane ağırlığı (adet bitki<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.69 ve 4.70’te verilmiştir.

**Çizelge 4.69.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam 1000 dane ağırlığı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022              |    |         | 2023              |    |         |
|-------------------|----|---------|-------------------|----|---------|
| Kaynak            | SD | f       | Kaynak            | SD | f       |
| <b>Azot (N)</b>   | 3  | 0.012öd | <b>Azot (N)</b>   | 3  | 0.467öd |
| <b>Çinko (Zn)</b> | 3  | 0.499öd | <b>Çinko (Zn)</b> | 3  | 0.874öd |
| <b>N xZn</b>      | 9  | 1.214öd | <b>N xZn</b>      | 9  | 0.457öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.69’da görüldüğü üzere farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında susam bitkisinde 1000 dane ağırlığı üzerine olan etkileri ve NxZn interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.70.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında 1000 dane ağırlığı değerlerine etkisi (g)<sup>1</sup>

| 1000<br>dane<br>ağırlığı | 2022 |      |      |      |      | 2023 |      |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                          | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  |
| N0                       | 3.93 | 3.00 | 3.53 | 3.80 | 3.57 | 3.73 | 3.60 | 3.47 | 3.67 | 3.62 |
| N1                       | 3.33 | 3.80 | 3.53 | 3.53 | 3.55 | 3.93 | 3.80 | 3.53 | 3.53 | 3.70 |
| N2                       | 3.53 | 3.60 | 3.53 | 3.53 | 3.55 | 3.53 | 3.60 | 3.53 | 3.53 | 3.55 |
| N3                       | 3.80 | 3.33 | 3.67 | 3.33 | 3.53 | 3.80 | 3.33 | 3.67 | 3.33 | 3.53 |
| Ort                      | 3.65 | 3.43 | 3.57 | 3.55 | -    | 3.75 | 3.58 | 3.55 | 3.52 | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.70’de görüldüğü üzere 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde 1000 dane ağırlığı üzerine azot ve çinko uygulamalarının etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ve 1000 dane ağırlıkları 3.00 ile 3.93 g arasında değişim göstermiştir. Benzer şekilde 2023 yılında da 1000 dane ağırlıkları uygulamalarla önemli etkileşimde bulunmamış ve 3.33 ile 3.93 g arasında değişim göstermiştir.

Shehu vd. (2010) susamda dört farklı N’lu gübre uygulamasıyla (0, 37.5, 75, 112.5 kg N ha<sup>-1</sup>) optimum kapsül sayısı ve tohum verimi 75 kg N ha<sup>-1</sup>, kuru madde oranında en yüksek 112.5 kg N ha<sup>-1</sup> uygulamasından elde ettiklerini belirlemişlerdir. İbrahim (2014) susamda azot ve fosfor uygulamalarıyla bin dane ağırlığını 3.91 g olarak belirlemiştir. Kithan ve Singh (2017) azot seviyesinin 0 kg N da<sup>-1</sup>’den 6 kg N da<sup>-1</sup>’e çıkarıldığı bir araştırmada susamda verim özelliklerini önemli ölçüde artırdığı ve maksimum verim artışının 6 kg N da<sup>-1</sup> olarak verilen azot dozundan elde edildiğini, besin maddelerinin yeterli düzeyde mevcudiyeti nedeniyle bitki canlılığındaki genel iyileşmeye ve yeterli fotosentez üretimine atfedilebilmesi ve böylece verim özelliklerinin daha iyi ortaya çıkmasıyla sonuçlanması ihtimalinin mümkün olduğunu bildirmişler ve bu sonuçlar Sarkar ve Pal (2005)’in elde ettiği bulgularla da uyumludur.

Ahmadu vd. (2022) iki susam çeşidinde artan azotlu gübre oranlarıyla (0, 5, 10 ve 15 kg N da<sup>-1</sup>) yürütülen bir çalışmada azotlu gübrenin büyüme kriterleri üzerinde önemli etkisinin olduğu, azotlu gübre uygulama oranının artmasıyla bitki boyu, dal ve yaprak sayısı, tohum ağırlığı ve verimin arttığı, en yüksek tohum veriminin 15 kg N da<sup>-1</sup> uygulamasında ortaya çıktığı bildirmişlerdir.

Bakal (2020) Muganlı-57 susam çeşidine ait bazı tarımsal özelliklerin; iki karpelli, bitki boyunun 205.4 cm, dal sayısının 2.3 adet bitki<sup>-1</sup>, kapsül sayısının 81.2 adet bitki<sup>-1</sup>, 1000 dane ağırlığının 3.94 g, tohum veriminin 144.5 kg da<sup>-1</sup>, protein oranının % 21.3 ve yağ oranının % 48.6 olduğunu bildirmiştir. Dixit vd. (1997) susam bitkisine uygulama dozu olarak uygulanan 60 kg N ha<sup>-1</sup> uygulama dozu ile dane veriminin önemli ölçüde arttığını ve en yüksek net karı verdiğini belirlemişlerdir. Bassiem ve Anton (1998) azot dozlarının 71 kg ha<sup>-1</sup>'dan 142 kg ha<sup>-1</sup>'a yükseltilmesiyle verim bileşenlerinin arttığını, tohum veriminin ise 214 kg ha<sup>-1</sup>'a kadar yükseldiğini ve N (71 kg ha<sup>-1</sup>) dozunun en yüksek yağ içeriğini sağladığını bildirmişlerdir.

#### 4.5.8 Susam bitkilerinde dane verimi (g bitki<sup>-1</sup>) ölçüm değerleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde dane verimi (g bitki<sup>-1</sup>) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane verimi (g bitki<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.71 ve 4.72'de verilmiştir.

**Çizelge 4.71.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam dane verimi değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |           |
|------------|----|-----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 42.539*** | Azot (N)   | 3  | 75.963*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 4.056*    | Çinko (Zn) | 3  | 2.274öd   |
| N xZn      | 9  | 0.975öd   | N xZn      | 9  | 1.199öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.71'de görüldüğü üzere farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane verimi üzerine olan etkileri bakımından farklı dozlarda N uygulamalarının her iki deneme yılında etkilerinin istatistiksel olarak % 0.1(p<0.001) önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları bakımından 2022 yılında % 5 önemli, 2023 yılında önemsiz, NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.72.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane verimi değerlerine etkisi (g bitki<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

| Dane verimi | 2022     |           |         |         |       | 2023 |      |      |      |       |
|-------------|----------|-----------|---------|---------|-------|------|------|------|------|-------|
|             | Zn0      | Zn1       | Zn2     | Zn3     | ort   | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   |
| <b>N0</b>   | 7.4      | 8.8       | 6.4     | 9.7     | 8.1C  | 8.4  | 9.9  | 9.3  | 9.0  | 9.2D  |
| <b>N1</b>   | 11.1     | 12.4      | 10.6    | 12.4    | 11.6B | 13.7 | 14.5 | 11.5 | 11.9 | 12.9C |
| <b>N2</b>   | 10.7     | 12.3      | 12.5    | 13.7    | 12.3B | 16.1 | 14.6 | 14.5 | 15.1 | 15.1B |
| <b>N3</b>   | 14.6     | 14.9      | 14.0    | 14.3    | 14.5A | 19.7 | 18.3 | 16.7 | 18.9 | 18.4A |
| <b>Ort</b>  | 11.0(BC) | 12.10(AB) | 10.9(C) | 12.5(A) | -     | 14.5 | 14.3 | 13.0 | 13.7 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerrüt ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.72’da görüldüğü üzere 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane verimi üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (14.5 g bitki<sup>-1</sup>) ve 2023 yılında N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (18.4 g bitki<sup>-1</sup>) dane verimi değeri elde edilmiştir. Farklı dozlarda Zn uygulamaları ortalamalarında denemenin 1. yılında Zn3 (% 0.45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozu ile en yüksek (12.5 g bitki<sup>-1</sup>) değer elde edilmiştir.

Baysal (2014), farklı buğday çeşitlerine farklı zamanlarda ve farklı dozlarda çinko gübresi uygulamasında gübrelemeyi özellikle buğdayın başaklanma ve en önemlisi de tane dolum döneminde gerçekleştirmiş, verim ve protein oranları üzerine çinko uygulamasının pozitif etkisinin tespit edildiğini belirlemiştir. Buğday bitkisine ait bazı morfolojik özellikler bakımından başakta tane verimi, bin dane ağırlığı, metrekaşe başına başak sayısı, başak içerisindeki tane sayısı ve bitki boyu bakımından bu etkinin daha az olduğu bildirilmiştir. Eifediyi vd. (2021) Zn ve NPK gübresi oranlarının bitki boyu, yaprak sayısı, parsel başına verim ve hektar başına verim üzerine önemli etkiler gösterdiğini tespit etmişler, tohumlarda en yüksek sonucu 15 kg Zn ha<sup>-1</sup> ve 300 kg ha<sup>-1</sup> (15:15:15) NPK uygulamasından elde edildiği bildirmişlerdir.

Khaliq (2015), farklı susam çeşitlerinde yapılan N gübre uygulamasında, susam çeşitlerinde N gübre seviyesinin artması nedeniyle hektar başına verim önemli ölçüde arttığını, Hektar başına tohum veriminin N100 kg ha<sup>-1</sup> uygulama dozu ile arttığını, en yüksek N150 kg ha<sup>-1</sup> uygulama dozu ile bitki başına düşen kapsül sayısının artmasıyla tohum veriminden de buna bağlı olarak artış sağlandığını bildirmiştir.

Cengizer (2024) mısır bitkisinin farklı dozlarda azot uygulamasının mısır bitkisine ait bazı morfolojik ve verim parametrelerinde (bitki sap kalınlığı, koçan çapı, koçanda tane sayısı, koçanda tane ağırlığı, koçan uzunluğu ve tane verimi) istatistiksel bakımdan

önemli olduğunu, tane veriminin 25 kg da<sup>-1</sup> azot dozunun en yüksek verimi sağladığını bildirmiştir.

Mondal vd. (1997) susamın dallanma, çiçeklenme ve tohum tutumu dönemlerinde yeterince sulandığı ve azotun 0, 3, 6, 9 veya 12 kg N da<sup>-1</sup> uygulandığı bir araştırmada sulama sıklığı ve azotlu gübre oranının artırılmasının susam bitkisinin bitki boyu, kuru madde miktarı, bitkideki kapsül sayısı, kapsüldeki tohum sayısı, 1000 dane ağırlığı, tohum verimi, yağ ve protein verimleri gibi verim parametrelerinde artış sağladığını bildirmişlerdir.

Shilpi (2020), 3.0 kg Zn ha<sup>-1</sup> uygulama dozunun buğday tanesinde N, Zn ve Fe bakımından önemli ve pozitif bir etki yaptığını, bununla birlikte istatistiksel olarak (Zn 4.5) ve (Zn 6.0) uygulamaları ile de benzer olan en yüksek buğday tane verimini sağladığını bildirmiştir. Malakouti (2007), Zn eksikliği olan topraklarda 10 kg Zn ha<sup>-1</sup> uygulama dozuyla 819 kg ha<sup>-1</sup> verim ve %1.79 tane protein oranı sağladığını ve buğday danesinde biyozenginleşmenin önemli olduğunu bildirmiştir.

#### 4.5.9 Susam bitkilerinde kapsül uzunluğu (cm) ölçüm değerleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kapsül uzunluğu (cm) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve kapsül uzunluğu (cm) değerlerine etkisi Çizelge 4.73 ve 4.74'te verilmiştir.

**Çizelge 4.73.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam kapsül uzunluğu değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |           |
|------------|----|---------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 2.606öd | Azot (N)   | 3  | 13.603*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.347öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.913öd   |
| N xZn      | 9  | 0.815öd | N xZn      | 9  | 0.532öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.73 'de görüldüğü üzere farklı düzeylerde N ve Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde kapsül uzunluğu üzerine olan etkileri bakımından farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 yılında etkilerinin önemsiz, 2023 yılında etkilerinin istatistiksel olarak % 0.1(p<0.001) önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından etkilerinin her iki deneme yılında da önemsiz olduğu bulunmuştur.

**Çizelge 4.74.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında kapsül uzunluğu değerlerine etkisi (cm)<sup>1</sup>

| Kapsül<br>uzunluğu | 2022 |      |      |      |      | 2023 |      |      |      |        |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
|                    | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort    |
| <b>N0</b>          | 3,53 | 3,60 | 3,65 | 3,62 | 3,60 | 3,30 | 3,25 | 3,22 | 3,28 | 3,26C  |
| <b>N1</b>          | 3,62 | 3,66 | 3,67 | 3,75 | 3,68 | 3,63 | 3,49 | 3,55 | 3,54 | 3,55A  |
| <b>N2</b>          | 3,50 | 3,49 | 3,54 | 3,61 | 3,53 | 3,30 | 3,30 | 3,42 | 3,40 | 3,36BC |
| <b>N3</b>          | 3,82 | 3,50 | 3,64 | 3,75 | 3,68 | 3,43 | 3,38 | 3,51 | 3,42 | 3,44B  |
| <b>Ort</b>         | 3,62 | 3,56 | 3,62 | 3,68 | -    | 3,42 | 3,35 | 3,43 | 3,41 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.74'te görüldüğü üzere 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde kapsül uzunluğu üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında, N1 (3 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (3.55 cm) kapsül uzunluğu değeri elde edilmiştir.

#### 4.5.10 Susam bitkilerinde kapsüldeki dane sayısı (adet kapsül<sup>-1</sup>) ölçüm değerleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde kapsüldeki dane sayısı (adet kapsül<sup>-1</sup>) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve kapsüldeki dane sayısı (adet kapsül<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.75 ve 4.76'da verilmiştir.

Çizelge 4.75'de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulaması 2022 ve 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde kapsüldeki dane sayısı üzerine olan etkileri istatistiksel olarak 2022 yılında %5 düzeyinde önemli, 2023 yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı dozlarda Zn uygulamalarının etkisi her iki deneme yılında istatistiksel olarak önemsiz, NxZn interaksyonu bakımından etkileri 2022 yılında önemsiz, 2023 yılında %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.75.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında susam kapsüldeki dane sayısı değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |           |
|------------|----|---------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 3.804*  | Azot (N)   | 3  | 22.165*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.563öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.503öd   |
| N xZn      | 9  | 0.514öd | N xZn      | 9  | 2.909*    |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

Çizelge 4.76'da görüldüğü üzere 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde kapsüldeki dane sayısı üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N1(3 kg N da<sup>-1</sup>) ve N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (65.33 cm ve 65.67 cm) ve 2023 yılında N1 (3kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (84.67cm) değer elde edilmiştir. NxZn interaksiyonunun etkileri bakımından N1Zn1 uygulama dozu ile en yüksek (86.20 cm) değer elde edilmiştir.

**Çizelge 4.76.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında kapsüldeki dane sayısı değerlerine etkisi (adet)<sup>1</sup>

| Kapsüldeki dane sayısı | 2022 |      |      |      |       | 2023    |         |         |         |       |
|------------------------|------|------|------|------|-------|---------|---------|---------|---------|-------|
|                        | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3     | Ort   |
| N0                     | 56.7 | 60.7 | 62.0 | 62.7 | 60.5B | 71.4f   | 73.7def | 76.3c-f | 72.8ef  | 73.5C |
| N1                     | 66.0 | 64.3 | 65.0 | 66.0 | 65.3A | 85.5ab  | 86.2a   | 84.4a   | 82.5abc | 84.7A |
| N2                     | 61.0 | 61.7 | 57.7 | 63.7 | 61.0B | 73.2def | 77.1b-f | 71.1f   | 83.9ab  | 76.3C |
| N3                     | 67.7 | 64.3 | 64.3 | 66.3 | 65.7A | 82.3abc | 79.9a-d | 81.5abc | 79.5a-e | 80.8B |
| Ort                    | 62.8 | 62.8 | 62.3 | 64.7 | -     | 78.1    | 79.2    | 78.3    | 79.7    | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\*  $p < 0.001$  öd: önemli değil Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir. Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir. Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.6. Bakla-Susam Münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Dane Örneklerinin Besin Elementi Analiz Sonuçları ve Tartışması

##### 4.6.1. Susam danesinin toplam azot içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane azot değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane azot (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.77 ve 4.78’de verilmiştir.

Çizelge 4.77. ‘de görüldüğü üzere farklı farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda danede azot içeriği üzerine olan etkileri istatistiksel olarak % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.77.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane toplam N içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |           |
|------------|----|-----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 17.203*** | Azot (N)   | 3  | 11.516*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.035öd   | Çinko (Zn) | 3  | 0.841öd   |
| N xZn      | 9  | 1.109öd   | N xZn      | 9  | 0.706öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.78’de görüldüğü üzere her iki deneme yılında Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane azot içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında 2022 yılında N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile % 4.54 ve 2023 yılında ise yine N3 uygulama dozunda % 4.30 dane azot değeri elde edilmiştir. Bilindiği üzere azotlu gübreleme ile hem bitkide hem de danede azot içeriklerinin artışının sağlanması mümkün olabilmektedir. Bu durum vejetatif aksamın artışıyla doğru orantılı bir şekilde gerçekleşmektedir.

**Çizelge 4.78.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane N içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane<br>N | 2022 |      |      |      |       | 2023 |      |      |      |       |
|-----------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|
|           | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   |
| N0        | 3.14 | 3.01 | 3.52 | 3.32 | 3.25C | 2.79 | 2.79 | 2.71 | 2.56 | 2.71C |
| N1        | 3.50 | 4.28 | 4.12 | 3.83 | 3.93B | 3.59 | 3.14 | 3.71 | 3.86 | 3.57B |
| N2        | 4.25 | 4.09 | 4.04 | 4.12 | 4.13B | 3.65 | 3.23 | 4.40 | 3.56 | 3.71B |
| N3        | 4.32 | 4.21 | 4.63 | 4.99 | 4.54A | 3.95 | 4.33 | 4.26 | 4.68 | 4.30A |
| Ort       | 3.81 | 3.90 | 4.08 | 4.07 | -     | 3.50 | 3.37 | 3.77 | 3.66 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.6.2. Susam danesinin fosfor içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane fosfor değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane fosfor (%)<sup>1</sup>değerlerine etkisi Çizelge 4.79 ve 4.80’de verilmiştir.

Çizelge 4.79’da görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede fosfor üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından denemenin her iki yılında da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.79.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane P içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |          |
|------------|----|---------|------------|----|----------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f        |
| Azot (N)   | 3  | 1.216öd | Azot (N)   | 3  | 8.516*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.343öd | Çinko (Zn) | 3  | 1.147öd  |
| N xZn      | 9  | 1.136öd | N xZn      | 9  | 0.778öd  |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.80’de görüldüğü üzere 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane fosfor içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında kontrol dozuna kıyasla tüm N uygulama dozları dane fosfor değerlerinde artışa neden olmuştur.

**Çizelge 4.80.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane P içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane<br>P  | 2022 |      |      |      |      | 2023 |      |      |      |       |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|            | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   |
| <b>N0</b>  | 1.23 | 1.11 | 1.28 | 1.35 | 1.24 | 0.84 | 0.91 | 0.87 | 0.91 | 0.88B |
| <b>N1</b>  | 1.15 | 1.16 | 1.23 | 1.13 | 1.17 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.03 | 1.00A |
| <b>N2</b>  | 1.34 | 1.17 | 1.17 | 0.89 | 1.14 | 1.00 | 1.03 | 0.96 | 1.12 | 1.03A |
| <b>N3</b>  | 1.17 | 1.24 | 1.62 | 1.22 | 1.31 | 1.01 | 1.05 | 1.01 | 0.97 | 1.01A |
| <b>Ort</b> | 1.22 | 1.17 | 1.33 | 1.15 | -    | 0.97 | 1.00 | 0.96 | 1.01 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Bozkurt (2000); 0, 4, 8 ve 12 kg azot da<sup>-1</sup> düzeylerinin ayçiçeği bitkisinde tane, sap ve tablanın fosfor, kalsiyum, magnezyum ile çinko içeriklerinin azalmasına neden olduğunu, besin elementi içeriğine bitki çeşitlerinin etkisinin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

#### 4.6.3. Susam danesinin potasyum içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane potasyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane potasyum (%)<sup>1</sup> değerlerine etkisi Çizelge 4.81 ve 4.82’de verilmiştir.

Çizelge 4.81’de görüldüğü üzere farklı düzeylerde N uygulamalarının 2022 Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede potasyum üzerine olan etkileri istatistiksel olarak 2022 yılında %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, 2023 yılında istatistiksel olarak önemsiz, farklı dozlarda Zn uygulamaları her iki deneme yılında da istatistiksel olarak önemsiz, NxZn interaksyonu bakımından 2022 yılında %1(p<0.01) düzeyinde önemli, 2023 yılında istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.81.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane K içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |         |
|------------|----|-----------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 19.428*** | Azot (N)   | 3  | 0.439öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.263öd   | Çinko (Zn) | 3  | 1.217öd |
| N xZn      | 9  | 3.541**   | N xZn      | 9  | 1.821öd |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

Çizelge 4.82’de görüldüğü üzere 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane potasyum içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N0 (0kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 0.60) ayrıca NxZn interaksiyonunun etkilerinin ortalamaları bakımından N0Zn3 (0kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 0.75) dane potasyum değeri elde edilmiştir.

Gupta (2001) çinkolu gübre uygulamasıyla mercimek tanesinde protein içeriği ile azot, potasyum ve kalsiyum içeriklerinin arttığını, Tripathi vd. (2011) nohutta 5 kg Zn ha<sup>-1</sup> uygulamasıyla azot, potasyum, kükürt ve çinko alımının arttığını bildirmişlerdir.

**Çizelge 4.82.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane K içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane K | 2022   |         |         |         |       | 2023 |      |      |      |      |
|--------|--------|---------|---------|---------|-------|------|------|------|------|------|
|        | Zn0    | Zn1     | Zn2     | Zn3     | ort   | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  |
| N0     | 0.53bc | 0.52bcd | 0.62ab  | 0.75a   | 0.60A | 0.36 | 0.43 | 0.46 | 0.43 | 0.42 |
| N1     | 0.53bc | 0.52bcd | 0.32ef  | 0.34def | 0.43B | 0.38 | 0.48 | 0.46 | 0.48 | 0.45 |
| N2     | 0.32ef | 0.31ef  | 0.37c-f | 0.23f   | 0.31C | 0.54 | 0.36 | 0.38 | 0.51 | 0.45 |
| N3     | 0.34ef | 0.36c-f | 0.52bcd | 0.43cde | 0.41B | 0.41 | 0.45 | 0.45 | 0.49 | 0.45 |
| Ort    | 0.43   | 0.43    | 0.46    | 0.43    | -     | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.48 | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \*  $p < 0.001$  öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.6.4. Susam danesinin kalsiyum içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane kalsiyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane kalsiyum (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.83 ve 4.84'te verilmiştir.

**Çizelge 4.83.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Ca içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 6.473** | Azot (N)   | 3  | 0.830öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.466öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.959öd |
| N xZn      | 9  | 1.763öd | N xZn      | 9  | 0.821öd |

öd:  $p>0.05$  de önemsiz \*\*:  $p<0.01$  \*\*\*:  $p<0.001$

Çizelge 4.83'te görüldüğü üzere farklı düzeylerde N ve Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane kalsiyum içeriği üzerine olan etkileri bakımından farklı dozlarda N uygulamalarının etkilerinin 2022 yılında %1 ( $p<0.01$ ) düzeyinde önemli, 2023 yılında istatistiksel olarak önemsiz, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından, denemenin her iki yılında da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.84.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Ca içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane<br>Ca | 2022 |      |      |      |       | 2023 |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
|            | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  |
| N0         | 0.93 | 0.91 | 1.01 | 1.29 | 1.03A | 0.61 | 0.73 | 0.75 | 0.71 | 0.70 |
| N1         | 1.14 | 1.01 | 0.93 | 0.93 | 1.00A | 0.72 | 0.70 | 0.69 | 0.79 | 0.73 |
| N2         | 0.80 | 0.71 | 0.73 | 0.48 | 0.68B | 0.79 | 0.71 | 0.71 | 0.81 | 0.74 |
| N3         | 0.77 | 0.75 | 1.13 | 0.94 | 0.90A | 0.73 | 0.75 | 0.71 | 0.77 | 0.74 |
| Ort        | 0.91 | 0.85 | 0.95 | 0.91 | -     | 0.71 | 0.72 | 0.72 | 0.77 | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerr ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\*  $p<0.001$  öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.84'te görüldüğü üzere denemenin 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane kalsiyum içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N2 uygulama dozu hariç diğerlerinde en yüksek dane kalsiyum değerlerini sağladığı belirlenmiş, artan azot dozu uygulamalarının 2023 yılında önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür.

#### 4.6.5. Susam danesinin magnezyum içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane magnezyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane magnezyum (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.85 ve 4.86'da verilmiştir.

**Çizelge 4.85.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Mg içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |           |
|------------|----|-----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 41.773*** | Azot (N)   | 3  | 10.362*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.635öd   | Çinko (Zn) | 3  | 1.093öd   |
| N xZn      | 9  | 7.554***  | N xZn      | 9  | 4.129***  |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

**Çizelge 4.86.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Mg içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane<br>Mg | 2022   |        |        |        |       | 2023    |         |         |         |       |
|------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|---------|---------|---------|-------|
|            | Zn0    | Zn1    | Zn2    | Zn3    | ort   | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3     | Ort   |
| N0         | 0.30ab | 0.28ab | 0.31a  | 0.33a  | 0.31A | 0.16e   | 0.19cde | 0.19cde | 0.20bcd | 0.18C |
| N1         | 0.32a  | 0.30ab | 0.19d  | 0.18d  | 0.25B | 0.21a-d | 0.22abc | 0.23ab  | 0.24a   | 0.23A |
| N2         | 0.18d  | 0.16d  | 0.17d  | 0.18d  | 0.17D | 0.24a   | 0.19cde | 0.16e   | 0.18de  | 0.19B |
| N3         | 0.18d  | 0.19d  | 0.26bc | 0.22cd | 0.21C | 0.19cde | 0.22abc | 0.20bcd | 0.21a-d | 0.21B |
| Ort        | 0.24   | 0.23   | 0.23   | 0.23   | -     | 0.20    | 0.21    | 0.20    | 0.21    | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \*  $p < 0.001$  öd: önemli değil Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir. Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir. Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.85’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede magnezyum üzerine olan etkileri istatistiksel olarak 2022 ve 2023 yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları her iki uygulama yılında da istatistiksel olarak önemsiz, NxZn interaksiyonu bakımından denemenin her 2 yılında da % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.86’da görüldüğü üzere 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane kalsiyum içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N0 (0kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (%0.31), 2023 yılında en yüksek N1(3kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (%0.23) dane magnezyum değeri elde edildiği belirlenmiştir. NxZn interaksiyonu bakımından 2022 yılında N0Zn2, N0Zn3 ve N1Zn0 uygulama dozlarının en yüksek dane magnezyum değerlerine sahip olduğu, 2023 yılında ise N1Zn3 ve N2Zn0 uygulama dozlarının en yüksek değerleri sağladığı belirlenmiştir.

#### 4.6.6. Susam danesinin çinko içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane çinko değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane çinko (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>1</sup> değerlerine etkisi Çizelge 4.87 ve 4.88’de verilmiştir.

**Çizelge 4. 87.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Zn içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |           |
|------------|----|-----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 0.630öd   | Azot (N)   | 3  | 2.055öd   |
| Çinko (Zn) | 3  | 23.127*** | Çinko (Zn) | 3  | 45.334*** |
| N xZn      | 9  | 0.414öd   | N xZn      | 9  | 0.554öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.87’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede çinko üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin her iki yılında da istatistiksel olarak önemsiz, farklı dozlarda Zn uygulamaları denemenin her iki yılında da % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, NxZn interaksiyonu bakımından denemenin her iki yılında da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.88’de görüldüğü üzere 2022 yılında Zn uygulamalarının ortalamalarının etkisi bakımından Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane çinko değerlerinde Zn2 ve Zn3 uygulama dozları ile en yüksek danede çinko değerleri sırasıyla 72.6 ve 77.4 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. 2023 yılında Zn uygulamalarının

ortalamalarının etkisi bakımından yine Zn<sup>2</sup> ve Zn<sup>3</sup> uygulama dozları ile en yüksek danede çinko değerleri sırasıyla 71.3 ve 76.8 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.88.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Zn içeriği değerlerine etkisi (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

| Dane<br>Zn | 2022  |       |       |       |      | 2023    |         |         |         |      |
|------------|-------|-------|-------|-------|------|---------|---------|---------|---------|------|
|            | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort  | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3     | Ort  |
| N0         | 44.9  | 64.7  | 70.0  | 77.1  | 64.2 | 44.6    | 69.5    | 78.5    | 80.9    | 68.4 |
| N1         | 43.3  | 59.8  | 70.6  | 76.4  | 62.5 | 47.2    | 60.6    | 68.1    | 74.9    | 62.7 |
| N2         | 52.5  | 56.7  | 75.9  | 79.3  | 66.1 | 46.7    | 60.9    | 71.2    | 78.8    | 64.4 |
| N3         | 51.4  | 67.8  | 73.8  | 76.7  | 67.4 | 46.0    | 62.3    | 67.3    | 72.7    | 62.1 |
| Ort        | 48.0C | 62.3B | 72.6A | 77.4A | -    | 46.1(C) | 63.3(B) | 71.3(A) | 76.8(A) | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Tahıl üretimindeki en önemli tarımsal uygulamalardan biri olan azot (N), Zn ile biyofortifikasyon için umut verici bir agronomik strateji olarak görünmektedir. Bazı çalışmalar yeterli N arzının buğday tanelerinde Zn birikimini etkili bir şekilde artırabileceğini göstermiştir (Xue vd. 2012; Guo vd. 2013). Olesgun vd. (2014) mısır ve buğday gelişimi üzerine çinkonun toprak ve yaprak uygulamalarının etkisini saptamak için yaptıkları çalışmada topraktan Zn uygulamaları ile verim artarken, dane Zn içeriğinin ise yapraktan Zn uygulamalarının arttırdığını belirlemişlerdir. Nihai olarak artan Zn uygulamaları ile danede Zn miktarında artış sağlanmış ve susam danelerinde biyofortifikasyon amacı gerçekleştirilmiş görünmektedir.

#### 4.6.7. Susam danesinin mangan içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane mangan değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane mangan (mg kg<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.89 ve 4.90'da verilmiştir.

Çizelge 4.89'da görüldüğü üzere farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında susam bitkisinde danede mangan üzerine olan etkileri ve NxZn interaksyonu bakımından istatistiksel olarak denemenin her iki yılında önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4. 89.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Mn içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 1.058öd | Azot (N)   | 3  | 1.289öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.742öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.968öd |
| N xZn      | 9  | 0.771öd | N xZn      | 9  | 0.472öd |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

Çizelge 4.90'da görüldüğü üzere 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane mangan üzerine olan etkilerinde danede Mn içerikleri 17.83 ile 41.15 mg kg<sup>-1</sup> arasında, 2023 yılında ise 11.91 ile 32.98 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir.

Akça (2020) çinkonun farklı uygulama kompozisyonlarının araştırıldığı çalışmada, buğday tanesi Mn içeriği üzerine farklı gelişim dönemlerinde çinkonun tek başına (üresiz) ve üre ile birlikte verilmesinin birinci yıl, çinko kaynaklarının ise ikinci yıl istatistiki olarak önemli bulunduğunu bildirmiştir.

**Çizelge 4.90.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Mn içeriği değerlerine etkisi (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

| Dane<br>Mn | 2022  |       |       |       |       | 2023  |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort   | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort   |
| N0         | 29.13 | 36.97 | 38.95 | 35.37 | 35.11 | 16.55 | 16.83 | 13.11 | 13.54 | 15.01 |
| N1         | 32.98 | 29.22 | 39.11 | 41.35 | 35.67 | 15.93 | 22.58 | 19.62 | 32.98 | 22.78 |
| N2         | 29.35 | 33.49 | 36.43 | 17.83 | 29.27 | 12.82 | 22.32 | 12.51 | 11.91 | 14.89 |
| N3         | 36.14 | 34.37 | 37.07 | 36.47 | 36.01 | 15.54 | 22.23 | 12.18 | 18.99 | 17.24 |
| Ort        | 31.90 | 33.51 | 37.89 | 32.76 | -     | 15.21 | 20.99 | 14.36 | 19.36 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerrüt ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\*  $p < 0.001$  öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.6.8. Susam danesinin bakır içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamda dane bakır değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane bakır ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) değerlerine etkisi Çizelge 4.91 ve 4.92’de verilmiştir.

**Çizelge 4.91.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Cu içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |          | 2023       |    |           |
|------------|----|----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f        | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 7.807*** | Azot (N)   | 3  | 27.023*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.053öd  | Çinko (Zn) | 3  | 1.044öd   |
| N xZn      | 9  | 0.979öd  | N xZn      | 9  | 0.478öd   |

öd:  $p>0.05$  de önemsiz \*\*:  $p<0.01$  \*\*\*:  $p<0.001$

Çizelge 4.91’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 ve 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede bakır üzerine olan etkilerinin istatistiksel olarak  $\%0.1(p<0.001)$  düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu bakımından 2022 ve 2023 yılında istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.92.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane Cu içeriği değerlerine etkisi ( $\text{mg kg}^{-1}$ )<sup>1</sup>

| Dane<br>Cu | 2022  |       |       |       |        | 2023  |       |       |       |        |
|------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|            | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort    | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort    |
| N0         | 17.74 | 24.67 | 26.51 | 25.16 | 23.52A | 23.17 | 22.50 | 19.95 | 19.36 | 21.24A |
| N1         | 14.76 | 15.73 | 16.12 | 14.80 | 15.35B | 23.35 | 24.95 | 26.04 | 22.66 | 24.25A |
| N2         | 25.41 | 24.83 | 25.98 | 16.74 | 23.24A | 17.50 | 13.38 | 13.45 | 13.37 | 14.42B |
| N3         | 22.98 | 23.65 | 26.70 | 26.69 | 25.00A | 13.79 | 13.42 | 11.91 | 12.37 | 12.87B |
| Ort        | 20.22 | 22.22 | 23.82 | 20.85 | -      | 19.45 | 18.56 | 17.83 | 16.94 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\*  $p<0.001$  öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak  $\% 5$  düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir

Çizelge 4.92’de görüldüğü üzere 2023 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane bakır üzerine olan etkileri farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N1 uygulama dozu hariç tüm dozlar en yüksek dane bakır değerlerini sağlamış olup, 2023 yılında ise N0 ve N1 uygulama dozları ile en yüksek dane bakır değerleri (sırasıyla 21.24 ve 24.25 mg kg<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. Farklı dozlarda Zn uygulamaları istatistiksel olarak dane bakır içeriği üzerine önemli bir etki yaratmamıştır.

#### 4.7. Bakla-Susam Münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Dane Örneklerinin Analiz Sonuçları ve Tartışması

##### 4.7.1. Susam danesinin yağ içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamın dane yağ içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane yağ içeriği (%)<sup>1</sup> değerlerine etkisi Çizelge 4.93 ve 4.94’te verilmiştir.

Çizelge 4.93’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede yağ içeriğine üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin her iki yılında da % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları iki deneme yılında da %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında % 0. 1(p<0.001) düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4. 93.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane yağ içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |            | 2023       |    |            |
|------------|----|------------|------------|----|------------|
| Kaynak     | SD | f          | Kaynak     | SD | f          |
| Azot (N)   | 3  | 135.373*** | Azot (N)   | 3  | 114.817*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 42.304***  | Çinko (Zn) | 3  | 33.556***  |
| N xZn      | 9  | 15.514***  | N xZn      | 9  | 44.250***  |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.94’te görüldüğü üzere 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane yağ içeriği üzerine olan etkileri farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N0 (0 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 56.3), 2023 yılında N3 uygulama dozu ile en yüksek (% 53.8) değer elde edilmiştir. Farklı dozlarda Zn uygulamaları ortalamalarında Zn0 uygulama dozu hariç tüm uygulamalar ile en yüksek yağ içeriği değerleri elde edilirken, 2023 yılında Zn2 uygulama dozu ile en yüksek (%51.93) değer elde edilmiştir. 2022 yılında NxZn interaksyonu bakımından N0Zn2 ve N1Zn2 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %59.4 ve %58.6), 2023 yılında ise N3Zn1 uygulama dozu ile en yüksek (%59.2) değer elde edilmiştir. Kontrole göre çinko miktarının artması susam yağ içeriğinde artışa neden olmuştur.

**Çizelge 4.94.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane yağ içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane Yağ İçeriği | 2022    |         |         |         |       | 2023    |         |         |         |       |
|------------------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|-------|
|                  | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3     | Ort   | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3     | Ort   |
| <b>N0</b>        | 53.0cd  | 57.4ab  | 59.4a   | 55.5bc  | 56.3A | 34.0f   | 45.8d   | 53.0b   | 44.8d   | 44.4C |
| <b>N1</b>        | 52.2d   | 50.8d   | 58.6a   | 50.4d   | 53.0B | 43.0d   | 39.2e   | 52.4b   | 44.8d   | 44.8C |
| <b>N2</b>        | 45.0e   | 50.6d   | 44.6e   | 41.2f   | 45.3D | 54.4b   | 52.8b   | 53.6b   | 45.0d   | 51.4B |
| <b>N3</b>        | 42.0f   | 55.0bc  | 46.8e   | 44.8e   | 47.1C | 53.2b   | 59.2a   | 48.8c   | 54.0b   | 53.8A |
| <b>Ort</b>       | 48.1(B) | 53.4(A) | 52.3(A) | 48.0(A) | -     | 46.2(C) | 49.2(B) | 51.9(A) | 47.1(C) | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.7.2. Susam danesinin Protein içeriği

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susamın dane protein içeriği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve dane protein içeriği (%)<sup>1</sup> değerlerine etkisi Çizelge 4.95 ve 4.96'da verilmiştir.

**Çizelge 4.95.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane protein içeriği değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022              |    |           | 2023              |    |           |
|-------------------|----|-----------|-------------------|----|-----------|
| Kaynak            | SD | f         | Kaynak            | SD | f         |
| <b>Azot (N)</b>   | 3  | 17.209*** | <b>Azot (N)</b>   | 3  | 11.511*** |
| <b>Çinko (Zn)</b> | 3  | 1.037öd   | <b>Çinko (Zn)</b> | 3  | 0.841öd   |
| <b>N xZn</b>      | 9  | 1.109öd   | <b>N xZn</b>      | 9  | 0.705öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.95'de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde danede protein içeriğine üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin her iki yılında da % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı

dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu ise denemenin her iki yılında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.96.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında dane protein içeriği değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Dane Protein | 2022  |       |       |       |        | 2023  |       |       |       |        |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|              | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort    | Zn0   | Zn1   | Zn2   | Zn3   | Ort    |
| N0           | 50.26 | 48.14 | 56.25 | 53.16 | 51.95C | 44.63 | 44.59 | 43.42 | 40.97 | 43.40C |
| N1           | 56.03 | 68.40 | 65.86 | 61.29 | 62.89B | 57.43 | 50.21 | 59.33 | 61.75 | 57.18B |
| N2           | 68.03 | 65.47 | 64.59 | 65.89 | 65.99B | 58.45 | 51.69 | 70.43 | 56.94 | 59.38B |
| N3           | 69.17 | 67.35 | 74.11 | 79.80 | 72.61A | 63.14 | 69.28 | 68.19 | 74.82 | 68.86A |
| Ort          | 60.87 | 62.34 | 65.20 | 65.03 | -      | 55.91 | 53.94 | 60.34 | 58.63 | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.96’da görüldüğü üzere 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane protein içeriği üzerine olan etkileri farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (%72.61), 2023 yılında yine N3 uygulama dozu ile en yüksek (%68.86) değer elde edilmiştir.

#### 4.8. Bakla-Susam Münavebesinde Yetiştirilen Susam Bitkisine Ait Yaprak Örneklerinin Analiz Sonuçları ve Tartışması

##### 4.8.1.Susam yapraklarının toplam azot içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak azot (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak azot (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.97 ve 4.98’de verilmiştir.

Çizelge 4.97’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak toplam azot (%) değerleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak denemenin her iki yılında %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları ve NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.97.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak toplam N değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |           |
|------------|----|-----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 52.850*** | Azot (N)   | 3  | 10.500*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.130öd   | Çinko (Zn) | 3  | 1.101öd   |
| N xZn      | 9  | 0.161öd   | N xZn      | 9  | 0.922öd   |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

Çizelge 4.98’de görüldüğü üzere 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yapraklarında toplam azot değeri üzerine olan etkileri, farklı dozlarda N uygulamaları ortalamaları bakımından N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (%4.25), 2023 yılında ise N2 ve N3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %3.29 ve %3.49) değerler elde edilmiştir. Çizelge 4.98. görüldüğü üzere susam bitkisinde yaprak toplam azot değerlerinin denemenin 1.yılına kıyasla 2. yılında azaldığı belirlenmiştir. Yavaş (2017), iklimde ihtimallere göre 2-4 ° C’ lik sıcaklık artışı ve akabinde gelen kuraklığın baklagil bitkilerinde kök tüyü enfeksiyonuna neden olduğu, ayrıca nodüllerin sayısını ve ebatlarını olumsuz etkilediği, nodül gelişimini ve aktivitesinin azalmasına neden olduğu, bunun da biyolojik azot özümlemesini negatif yönde etkilediği yönünde bilimsel çalışmaların olduğunu yapmış olduğu derleme makalede ifade etmiştir. Denemenin yürütüldüğü Manavgat ilçesinde bakla ekiminin yapıldığı 2021 yılının Ekim ayında ortalama hava sıcaklığı 27.3 °C olarak gerçekleşirken, 2022 yılında ortalama hava sıcaklığı ekim ayında 33.4 °C olarak gerçekleştiği (MGM), bu nedenle sıcaklığının etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

**Çizelge 4.98.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak toplam N değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Yaprak<br>N | 2022 |      |      |      |       | 2023 |      |      |      |       |
|-------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|
|             | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | ort   | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   |
| N0          | 2.85 | 3.00 | 2.93 | 2.89 | 2.92D | 2.52 | 2.75 | 2.63 | 2.58 | 2.62B |
| N1          | 3.20 | 3.28 | 3.23 | 3.27 | 3.25C | 2.52 | 2.97 | 3.14 | 3.08 | 2.93B |
| N2          | 3.69 | 3.72 | 3.65 | 3.68 | 3.68B | 3.17 | 3.46 | 2.89 | 3.64 | 3.29A |
| N3          | 4.19 | 4.15 | 4.36 | 4.28 | 4.25A | 3.41 | 3.37 | 3.71 | 3.47 | 3.49A |
| Ort         | 3.48 | 3.54 | 3.54 | 3.53 | -     | 2.90 | 3.14 | 3.09 | 3.19 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerrüt ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\*  $p < 0.001$  öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.8.2.Susam yapraklarının fosfor içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak fosfor (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak fosfor (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.99 ve 4.100'de verilmiştir.

**Çizelge 4.99.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak P değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 3.558*  | Azot (N)   | 3  | 1.178öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 2.654öd | Çinko (Zn) | 3  | 3.171*  |
| N xZn      | 9  | 1.023öd | N xZn      | 9  | 1.318öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.99'da görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak fosfor değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak 2022 yılında %5 düzeyinde önemli, 2.yılında istatistiksel olarak önemsiz, farklı dozlarda Zn uygulamaları denemenin 1. yılında istatistiksel olarak önemsiz, 2. yılında %5(p<0.05) düzeyinde önemli, NxZn interaksiyonu denemenin her iki yılında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.100.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak P değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Yaprak P | 2022 |      |      |      |        | 2023    |         |          |         |      |
|----------|------|------|------|------|--------|---------|---------|----------|---------|------|
|          | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort    | Zn0     | Zn1     | Zn2      | Zn3     | Ort  |
| N0       | 0,30 | 0,27 | 0,34 | 0,32 | 0,31B  | 0,24    | 0,27    | 0,24     | 0,27    | 0,25 |
| N1       | 0,28 | 0,31 | 0,41 | 0,33 | 0,33AB | 0,24    | 0,22    | 0,27     | 0,26    | 0,25 |
| N2       | 0,38 | 0,35 | 0,35 | 0,36 | 0,36A  | 0,22    | 0,30    | 0,26     | 0,29    | 0,27 |
| N3       | 0,37 | 0,33 | 0,37 | 0,39 | 0,36A  | 0,23    | 0,25    | 0,24     | 0,25    | 0,24 |
| Ort      | 0,33 | 0,32 | 0,37 | 0,35 | -      | 0,23(B) | 0,26(A) | 0,25(AB) | 0,27(A) | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.100’de görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak fosfor değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N2(6 kg N da<sup>-1</sup>) ve N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 0.36) değer elde edildiği belirlenmiştir. 2023 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak fosfor değerleri üzerine olan etkileri bakımından ise uygulama ortalamaları dikkate alındığında Zn1 ve Zn3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %0.26 ve %0.27) değerler elde edildiği belirlenmiştir.

Marschner vd. (1990), Hu vd. (1996) ve Bukvicl vd. (2003) bitkide toksin birikimine yol açan Zn'nin yokluğu veya düşük konsantrasyonu nedeniyle sürgün ve yapraklarda fosfor alımının, konsantrasyonunun ve taşınmasının arttığına dair benzer sonuçlar gözlemlemiştir.

#### 4.8.3.Susam yapraklarının potasyum içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak potasyum (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak potasyum (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.101 ve 4.102’de verilmiştir.

**Çizelge 4.101.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak K değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |          |
|------------|----|---------|------------|----|----------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f        |
| Azot (N)   | 3  | 2.347öd | Azot (N)   | 3  | 6.914*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 0.256öd | Çinko (Zn) | 3  | 0.578öd  |
| N xZn      | 9  | 0.460öd | N xZn      | 9  | 2.322*   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.101’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak potasyum değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak 2022 yılında istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamaları denemenin her iki yılında da istatistiksel olarak önemsiz, NxZn interaksiyonu 2022 yılında istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında ise %5(p<0.05) düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.102.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak K değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Yaprak<br>K | 2022 |      |      |      |      | 2023    |         |        |         |       |
|-------------|------|------|------|------|------|---------|---------|--------|---------|-------|
|             | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort  | Zn0     | Zn1     | Zn2    | Zn3     | Ort   |
| <b>N0</b>   | 0.81 | 0.87 | 0.92 | 0.86 | 0,87 | 1,20be  | 1,16cde | 1,20be | 1,30a-d | 1,22B |
| <b>N1</b>   | 0.85 | 1.07 | 1.04 | 1.08 | 1,01 | 1,44abc | 1,24ae  | 1,46ab | 1,50a   | 1,41A |
| <b>N2</b>   | 1.11 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1,05 | 1,10de  | 1,42abc | 0,95e  | 1,09de  | 1,14B |
| <b>N3</b>   | 1.05 | 0.97 | 1.11 | 1.01 | 1,03 | 1,27ad  | 1,24 ae | 1,19bf | 1,22ae  | 1,23B |
| <b>Ort</b>  | 0.95 | 0.98 | 1.02 | 1.00 | -    | 1,25    | 1,26    | 1,20   | 1,28    | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerr ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.102’de görüldüğü üzere 2023 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak potasyum değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N2(6 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (%1.41) değer elde edildiği, NxZn interaksyonu bakımından N1Zn3 uygulama dozlarının en yüksek (%1.50) değer elde edildiği belirlenmiştir. Zenawi (2019), bitkilerin azot yönünden yeterli beslenmesi durumunda (46-100 kg N ha<sup>-1</sup> N) diğer besinlerin, özellikle P, K ve bazı mikro besinlerin alımını iyileştirmek için faydalı olduğunu bildirmiştir.

#### 4.8.4.Susam yapraklarının kalsiyum içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak kalsiyum (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak kalsiyum (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.103 ve 4.104’de verilmiştir.

**Çizelge 4.103.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Ca değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022              |    |           | 2023              |    |         |
|-------------------|----|-----------|-------------------|----|---------|
| Kaynak            | SD | f         | Kaynak            | SD | f       |
| <b>Azot (N)</b>   | 3  | 10.367*** | <b>Azot (N)</b>   | 3  | 2.994*  |
| <b>Çinko (Zn)</b> | 3  | 2.555öd   | <b>Çinko (Zn)</b> | 3  | 3.239*  |
| <b>N xZn</b>      | 9  | 0.877öd   | <b>N xZn</b>      | 9  | 1.159öd |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.103'te görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak kalsiyum değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak 2022 yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli bulunmuş, 2023 yılında ise %5(p<0.05) düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı dozlarda Zn uygulamaları denemenin 2022 yılında istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında ise %5(p<0.05) düzeyinde önemli bulunmuştur. NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.104'te görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak kalsiyum değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N2 ve N3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %3.02 ve %3.07) ve 2023 yılında yine N0 ve N1 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %2.31 ve %2.29) değerler elde edildiği belirlenmiştir. 2023 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak kalsiyum değerleri üzerine olan etkileri bakımından ise uygulama ortalamaları dikkate alındığında Zn2 uygulama dozu hariç tüm uygulama dozları en yüksek değerlerin elde edildiği grubu oluşturmuştur.

**Çizelge 4.104.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Ca değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Yaprak<br>Ca | 2022 |      |      |      |       | 2023    |         |         |         |        |
|--------------|------|------|------|------|-------|---------|---------|---------|---------|--------|
|              | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3     | Ort    |
| <b>N0</b>    | 2,66 | 2,44 | 2,33 | 2,37 | 2,45B | 2,28    | 2,49    | 2,06    | 2,41    | 2,31A  |
| <b>N1</b>    | 2,55 | 2,48 | 1,82 | 2,67 | 2,38B | 2,37    | 2,12    | 2,25    | 2,43    | 2,29A  |
| <b>N2</b>    | 3,40 | 2,74 | 2,80 | 3,14 | 3,02A | 2,03    | 2,23    | 1,80    | 2,14    | 2,05B  |
| <b>N3</b>    | 3,11 | 3,01 | 3,10 | 3,05 | 3,07A | 2,23    | 2,43    | 1,97    | 1,99    | 2,15AB |
| <b>Ort</b>   | 2,93 | 2,67 | 2,51 | 2,81 | -     | 2,23(A) | 2,32(A) | 2,02(B) | 2,24(A) | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerr ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.8.5.Susam yapraklarının magnezyum içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak magnezyum (%) değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak magnezyum (%) değerlerine etkisi Çizelge 4.105 ve 4.106'da verilmiştir.

**Çizelge 4.105.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Mg değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |           |
|------------|----|-----------|------------|----|-----------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f         |
| Azot (N)   | 3  | 19.314*** | Azot (N)   | 3  | 14.775*** |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.146öd   | Çinko (Zn) | 3  | 3.372*    |
| N xZn      | 9  | 1.032öd   | N xZn      | 9  | 1.867öd   |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.105. 'de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak magnezyum değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak 2022 ve 2023 yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı dozlarda Zn uygulamalarının yaprak Mg içeriklerine etkisi 2022 yılında istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında ise %5(p<0.05) düzeyinde önemli bulunmuştur. NxZn interaksiyonu denemenin her iki yılında da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.106.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Mg değerlerine etkisi (%)<sup>1</sup>

| Yaprak Mg | 2022    |         |          |         |       | 2023 |      |      |      |       |
|-----------|---------|---------|----------|---------|-------|------|------|------|------|-------|
|           | Zn0     | Zn1     | Zn2      | Zn3     | Ort   | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   |
| N0        | 0.18    | 0.15    | 0.14     | 0.17    | 0.16B | 0.27 | 0.33 | 0.27 | 0.33 | 0.30A |
| N1        | 0.19    | 0.18    | 0.20     | 0.15    | 0.18B | 0.25 | 0.21 | 0.23 | 0.24 | 0.23B |
| N2        | 0.28    | 0.19    | 0.21     | 0.20    | 0.22A | 0.20 | 0.22 | 0.15 | 0.16 | 0.19C |
| N3        | 0.23    | 0.24    | 0.24     | 0.20    | 0.23A | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.17C |
| Ort       | 0.22(A) | 0.19(B) | 0.20(AB) | 0.18(C) | -     | 0.23 | 0.24 | 0.20 | 0.22 | -     |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrerr ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\* \* p<0.001 öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çizelge 4.106’da görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak magnezyum değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N2 ve N3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %0.22 ve %0.23) değerler elde edildiği belirlenmiştir. 2023 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının N0 (0 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 0.30) değer elde edildiği belirlenmiştir. 2022 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak kalsiyum değerleri üzerine olan etkileri bakımından ise uygulama ortalamaları dikkate alındığında Zn0 uygulama en yüksek değer (%0.22) elde edildiği uygulama dozu olarak belirlenmiştir.

#### 4.8.6.Susam yapraklarının çinko içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak çinko değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak çinko (mg kg<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.107 ve 4.108’de verilmiştir.

Çizelge 4.107’de görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak çinko değeri üzerine olan etkileri 2022 yılında istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında ise %0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, farklı dozlarda Zn uygulamalarının etkisi her iki deneme yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, NxZn interaksiyonu 2022 yılında istatistiksel olarak önemsiz, 2023 yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.107.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Zn değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |           | 2023       |    |            |
|------------|----|-----------|------------|----|------------|
| Kaynak     | SD | f         | Kaynak     | SD | f          |
| Azot (N)   | 3  | 0.632öd   | Azot (N)   | 3  | 23.320***  |
| Çinko (Zn) | 3  | 59.098*** | Çinko (Zn) | 3  | 859.548*** |
| N xZn      | 9  | 0.176öd   | N xZn      | 9  | 18.992***  |

öd: p>0.05 de önemsiz \*\*: p<0.01 \*\*\*: p<0.001

Çizelge 4.108’de görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak çinko değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında Zn2 ve Zn3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla 437.0 ve 516.3 mg kg<sup>-1</sup>) değerler elde edilmiştir. 2023 yılında ise N uygulamaları ortalamaları bakımından N2 ve N3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla 471.2 ve 475.0 mg kg<sup>-1</sup>), farklı dozlarda Zn uygulama ortalamaları bakımından ise Zn3 (% 0.45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozu ile en yüksek (705.9

mg kg<sup>-1</sup>) değer elde edildiği belirlenmiştir. 2023 yılında NxZn interaksyonu bakımından N1Zn3, N2Zn3 ve N3Zn3 uygulama dozları ile en yüksek değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 4.108.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Zn değerlerine etkisi (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

| Yaprak | 2022    |          |          |          |       | 2023    |          |          |          |        |
|--------|---------|----------|----------|----------|-------|---------|----------|----------|----------|--------|
|        | Zn0     | Zn1      | Zn2      | Zn3      | Ort   | Zn0     | Zn1      | Zn2      | Zn3      | Ort    |
| N0     | 20.0    | 200.1    | 398.9    | 485.6    | 276.1 | 30.4f   | 529.8c   | 416.7de  | 552.6c   | 382.4B |
| N1     | 52.5    | 256.0    | 449.9    | 561.5    | 329.9 | 54.4f   | 378.1e   | 459.5d   | 736.1a   | 407.0B |
| N2     | 25.9    | 198.4    | 467.8    | 502.1    | 298.6 | 37.3f   | 444.1d   | 640.8b   | 762.5a   | 471.2A |
| N3     | 19.9    | 276.9    | 431.5    | 516.1    | 311.1 | 52.9f   | 422.9de  | 651.9b   | 772.4a   | 475.0A |
| Ort    | 29.6(C) | 232.8(B) | 437.0(A) | 516.3(A) | -     | 43.7(D) | 443.7(C) | 542.2(B) | 705.9(A) | -      |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

Çakmak (2010a), Zn'nin topraklara ve/veya yapraklara uygulanması ile buğday tanelerinin (özellikle endosperm ve dolayısıyla beyaz buğday unu) Zn ile zenginleştirilmesinde çok faydalı ve hızlı bir yöntem olduğunu, çinko eksikliğinin giderilmesi amacıyla danede Zn konsantrasyonunun yaprakdan Zn uygulaması ile 11 mg kg<sup>-1</sup>'den 22 mg kg<sup>-1</sup>'e, ZnSO<sub>4</sub>'ün toprağa ve yaprakdan kombine uygulanması ile 27 mg kg<sup>-1</sup>'e yükseldiğini bildirmişlerdir.

#### 4.8.7.Susam yapraklarının mangan içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak mangan değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak mangan (mg kg<sup>-1</sup>) değerlerine etkisi Çizelge 4.109 ve 4.110'da verilmiştir.

Çizelge 4.109'da görüldüğü üzere farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde yaprak mangan değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak 2022 yılında % 0.1(p<0.001) düzeyinde önemli, 2023 yılında istatistiksel olarak önemsiz, farklı dozlarda Zn uygulamalarının etkisi 2022 yılında önemsiz, 2023 yılında %5(p<0.05) düzeyinde önemli, NxZn interaksyonu denemenin her iki yılında da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.109.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Mn değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |          | 2023       |    |         |
|------------|----|----------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f        | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 7.995*** | Azot (N)   | 3  | 0.370öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 1.058öd  | Çinko (Zn) | 3  | 4.264*  |
| N xZn      | 9  | 1.774öd  | N xZn      | 9  | 1.453öd |

öd:  $p > 0.05$  de önemsiz \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

Çizelge 4.110'da görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak mangan değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N0 uygulama dozu hariç tüm uygulama dozları ile en yüksek değerlerin elde edildiği belirlenmiştir. 2023 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının Zn0 haricinde tüm uygulama dozlarının en yüksek değer grubunu oluşturduğu belirlenmiştir. Özdemir vd. (2011), Zn kaynağı olarak  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  formülasyonunu farklı üzüm çeşitlerinde uyguladığı çalışma sonucunda, Zn uygulamalarının asma genotiplerinin Zn, Fe, Cu ve Mn düzeyleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ve yapraktan Zn uygulamasının, topraktan uygulamaya kıyasla yaprakta daha yüksek Zn, Fe, Cu ve Mn konsantrasyonlarının elde edildiğini bildirmişlerdir.

**Çizelge 4.110.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Mn değerlerine etkisi ( $mg\ kg^{-1}$ )<sup>1</sup>

| Yaprak Mn | 2022 |      |      |      |       | 2023    |         |         |         |      |
|-----------|------|------|------|------|-------|---------|---------|---------|---------|------|
|           | Zn0  | Zn1  | Zn2  | Zn3  | Ort   | Zn0     | Zn1     | Zn2     | Zn3     | Ort  |
| N0        | 35.7 | 30.2 | 37.2 | 31.2 | 33.5B | 23.0    | 36.0    | 33.8    | 32.7    | 31.4 |
| N1        | 39.3 | 46.5 | 38.4 | 37.2 | 40.3A | 29.1    | 30.6    | 34.4    | 36.0    | 32.5 |
| N2        | 43.1 | 36.0 | 34.5 | 40.0 | 38.4A | 24.7    | 29.7    | 28.8    | 44.0    | 31.8 |
| N3        | 44.8 | 41.1 | 42.4 | 41.7 | 42.5A | 31.0    | 37.8    | 35.1    | 32.1    | 34.0 |
| Ort       | 40.7 | 38.4 | 38.1 | 37.5 | -     | 26.9(B) | 33.5(A) | 33.0(A) | 36.2(A) | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\*  $p < 0.001$  öd: önemli değil

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.

Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

#### 4.8.8.Susam yapraklarının bakır içerikleri

Farklı N-Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak bakır değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları ve yaprak bakır ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) değerlerine etkisi Çizelge 4.111 ve 4.112’de verilmiştir.

Çizelge 4.111’de görüldüğü üzere farklı N Bakla-Susam münavebe sisteminde yetiştirilen susam bitkilerinde yaprak bakır ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) değerlerine etkisi istatistiksel olarak 2022 yılında %1 ( $p<0.01$ ) düzeyinde önemli, 2. yılında ise istatistiksel olarak önemsiz, Zn uygulamaları 2022 yılında %1( $p<0.01$ ) düzeyinde önemli, 2023 yılında ise %5( $p<0.05$ ) düzeyinde önemli, NxZn interaksiyonu denemenin her iki yılında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.111.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Cu değerlerini içeren varyans analiz sonuçları

| 2022       |    |         | 2023       |    |         |
|------------|----|---------|------------|----|---------|
| Kaynak     | SD | f       | Kaynak     | SD | f       |
| Azot (N)   | 3  | 5,883** | Azot (N)   | 3  | 1,409öd |
| Çinko (Zn) | 3  | 5,674** | Çinko (Zn) | 3  | 3,471*  |
| N xZn      | 9  | 1,873öd | N xZn      | 9  | 0,574öd |

öd:  $p>0.05$  de önemsiz \*\*:  $p<0.01$  \*\*\*:  $p<0.001$

Çizelge 4.112’de görüldüğü üzere 2022 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak bakır değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında N0 uygulama dozu hariç tüm uygulama dozları en yüksek değer grubunu oluşturmuştur. 2022 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının Zn3(% 0.45  $\text{ZnSO}_4$ ) uygulama dozu ile en yüksek ( $13.23 \text{ mg kg}^{-1}$ ) değer, 2023 yılında ve Zn3 (% 0.45  $\text{ZnSO}_4$ ) uygulama dozları ile en yüksek ( $23.49 \text{ mg kg}^{-1}$ ) değer elde edilmiştir.

Yapraktan artan dozlarda Zn uygulamalarıyla yaprakta N ile P, K, Ca, Mg, Fe ve Zn içeriklerine ve yaprak ayasında Cu ile Mn içeriklerini olumlu yönde etki yaptığı bildirilmiştir (Aydın 2005).

**Çizelge 4. 112.** Bakla-Susam münavebesinde farklı dozlarda N ve Zn uygulamalarının 2022-2023 yıllarında yaprak Cu değerlerine etkisi (mg kg<sup>-1</sup>)<sup>1</sup>

|            | 2022     |          |          |         |       | 2023    |         |          |         |      |
|------------|----------|----------|----------|---------|-------|---------|---------|----------|---------|------|
|            | Zn0      | Zn1      | Zn2      | Zn3     | Ort   | Zn0     | Zn1     | Zn2      | Zn3     | Ort  |
| <b>N0</b>  | 10.0     | 10.0     | 9.1      | 11.1    | 10.0B | 17.2    | 21.0    | 18.9     | 21.6    | 19.7 |
| <b>N1</b>  | 11.4     | 13.0     | 13.6     | 12.8    | 12.7A | 17.7    | 18.5    | 21.3     | 24.9    | 20.6 |
| <b>N2</b>  | 12.0     | 9.0      | 12.3     | 14.9    | 12.1A | 20.4    | 23.1    | 22.4     | 23.9    | 22.4 |
| <b>N3</b>  | 11.6     | 10.1     | 14.0     | 14.1    | 12.4A | 21.3    | 19.3    | 21.1     | 23.6    | 21.3 |
| <b>Ort</b> | 11.2(BC) | 10.51(C) | 12.2(AB) | 13.2(A) | -     | 19.1(B) | 20.5(B) | 21.0(AB) | 23.5(A) | -    |

<sup>1</sup>Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. F değerleri esas alınmıştır. \*\*\* p<0.001 öd: önemli değil  
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemlidir.  
Büyük harfle gösterilen değerler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.  
Parantez içerisinde büyük harfle gösterilen değerler münavebe yöntemleri arasındaki farklılığı göstermektedir

## 5. SONUÇLAR

Antalya ili Manavgat ilçesinde gerçekleştirilen bu çalışma; topraktan farklı azot dozları ve yapraktan çinko biyofortifikasyon yönteminin birlikte uygulanması ile çinkonun susam danelerinde zenginleştirilmesi ve susam yetiştiriciliğinde büyüme ve verimle birlikte Buğday-Susam, Bakla-Susam şeklinde münavebeye tabi tutulan susam bitkisinde münavebe yönteminden dolayı oluşabilecek farklılıkların belirlenmesi amaçlanmıştır ve çalışma iki yıl süre ile yürütülmüştür. Bu doğrultuda; toprak, yaprak, dane analizleri ile susam bitkisine ait bazı morfolojik ölçümler yapılmış ve ikinci ürün olarak yetiştirilen susam bitkisinde farklı dozlarda topraktan azot ve yapraktan çinko uygulamaları ile büyüme parametreleri, verim, bitkilerde beslenme durumu ve susam danelerinde bazı kalite özellikleri incelenmiştir.

Bu amaçla denemeler 2022-2023 yıllarında Antalya ili Manavgat ilçe sınırlarında yer alan tarlalarda, farklı iki lokasyonda Buğday-Susam ve Bakla-Susam münavebesi şeklinde, tesadüf bloklarında faktöriyel deneme planına göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Buğday ve bakla hasadından sonra toprağa tabandan farklı dozlarda N (0, 3, 6, 9 kg N/da),  $P_2O_5$  ve  $K_2O$  gübresi ve çinko biyofortifikasyonu için susam bitkisine üstten  $ZnSO_4$  (%0, % 0.15, % 0.30, % 0.45) uygulaması yapılmıştır. Tabandan gübrelemeler için Amonyum Sülfat, Potasyum Sülfat ve TSP gübre çeşitleri kullanılmıştır. Çiftçi koşullarına göre yağmurlama şeklinde sulama yapılmış ve gerekli kültürel işlemler gerçekleştirilmiştir. Buğday-Susam ve Bakla-Susam ekim münavebesine göre yapılan azotlu gübre uygulamaları ve çinko biyofortifikasyonu uygulamaları 48+48 olmak üzere denemenin yürütüldüğü iki yıl süresinde toplamda 192 parselde gerçekleştirilmiştir.

Buğday-Susam ve Bakla-Susam münavebesi olmak üzere 1. ve 2. yılın sonunda toplamda 192 adet parseli temsil edecek şekilde bu parsellerden alınan 960 adet susam bitki örneklerinin; bitki boyu, kök uzunluğu ve kök genişliği, bitkide dal sayısı, bitkide ilk dal yüksekliği, bitkide kapsül sayısı, kapsülde dane sayısı, kapsül uzunluğu, 1000 dane ağırlığı ve dane verimi gibi vejetatif ve generatif ölçümler belirlenmiş, ayrıca her iki yıla ait toplamda 192 adet parselden alınan susam bitkisi yaprak ve tohumlarının N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn ve Cu içerikleri belirlenmiş ve nihayetinde susam örneklerinin yağ ve protein içeriği ölçülmüştür.

Çalışmanın yürütüldüğü buğday ve bakla tarlalarından, buğday ve bakla hasadı yapıldıktan ve toprak sürümü gerçekleştirildikten sonra, susam ekimi öncesi ve sonrası olmak üzere iki üretim yılı içerisinde 0-20 cm toprak derinliğinden toprak örnekleri alınmıştır. Alınan bu toprak örneklerinde; toplam azot, alınabilir fosfor, değişebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum, alınabilir çinko, mangan, demir ve bakır içerikleri, ayrıca pH,  $CaCO_3$  (kireç), elektriksel iletkenlik (EC), organik madde ve tekstür (bünye)'nin belirlenmesine yönelik analizler gerçekleştirilmiştir.

Bu doğrultuda toprak analiz sonuçlarına göre Buğday-Susam ve Bakla Susam münavebesinin uygulandığı toprakların pH bakımından nötr sınıfına dahil olduğu, tekstür bakımından killi tın ve killi toprak sınıfına girdiği, araştırma alanı toprakları EC bakımından birinci yılda her iki tarlada hafif tuzlu, ikinci yılda her iki tarlada orta tuzlu

sınıfında, her iki deneme alanı topraklarının da kireç bakımından aşırı kireçli, alınabilir P bakımından yüksek, değişebilir Mg bakımından iyi olduğu, alınabilir Mn ve Cu bakımından yeterli olduğu, Buğday-Susam münavebesinin uygulandığı toprakta organik madde bakımından az, toplam N bakımından çok fakir, K bakımından çok düşük, Zn bakımından noksanlık gösterebilir, Ca bakımından orta, Bakla-Susam münavebesinin uygulandığı toprakta organik madde bakımından yeterli, toplam N bakımından orta, K bakımından düşük, Zn bakımından noksan, Ca bakımından iyi olduğu belirlenmiştir.

Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisine artan dozlarda uygulanan N-Zn gübrelmesinin susam bitkisinin bazı morfolojik özelliklerine etkileri incelendiğinde, bitki boyu üzerine N uygulamaları ortalamasının 2022 yılında en yüksek N2 dozu uygulamasından (166.5 cm) elde edildiği, 2022 yılında N ve Zn uygulamalarının interaksiyonu bakımından N2Zn2 uygulama dozu olan 6 kg N da<sup>-1</sup> ve % 0.30 ZnSO<sub>4</sub> uygulama dozunda en yüksek bitki boyu değeri (177.3 cm) elde edilmiştir. İlk dal yüksekliği üzerine N ve Zn uygulamalarının interaksiyonu bakımından N1Zn0 (3 kg N da<sup>-1</sup> ve %0 ZnSO<sub>4</sub>) uygulamasından ilk dal yüksekliği en yüksek 44.0 cm olarak belirlenmiştir. Yan dal sayısı üzerine farklı dozlardaki azot uygulamalarından 2023 yılında en yüksek değer N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulamasıyla (4.12 adet bitki<sup>-1</sup>) olarak saptanmıştır. Farklı dozlarda N uygulamalarının 2022 yılında yetiştirilen susam bitkisinde kök genişliği üzerine etkisinin en yüksek N2(6 kg N da<sup>-1</sup>) dozundan elde edildiği, 2023 yılında ise N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) dozundan en yüksek değerlerin sırasıyla 13.78 cm ve 14.58 cm olduğu belirlenmiştir. 2022 yılında susam bitkisinin kapsül sayısı üzerine farklı dozlarda Zn uygulamalarının ortalamalarının en yüksek değer kontrol uygulaması olan N0 (%0 ZnSO<sub>4</sub>) dozundan elde edilmiş, 2023 yılında farklı dozlarda N uygulamalarında en yüksek N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (78.63 adet bitki<sup>-1</sup>) kapsül sayısı değeri ölçülmüştür. Susam bitkisinde dane verimi üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında 2022 yılında N2 (6 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (13.85 g bitki<sup>-1</sup>) ve 2023 yılında N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (15.41 g bitki<sup>-1</sup>) dane verimi değeri elde edilmiş, farklı dozlarda Zn uygulamaları ortalamalarında 2023 yılında Zn0, Zn1 ve Zn3 uygulama dozları en yüksek değerleri sağlamışlardır. 2023 yılında N\*Zn interaksiyonu bakımından N3Zn2 uygulama dozu olan 9 kg N da<sup>-1</sup> ve % 0.30 ZnSO<sub>4</sub> uygulama dozunda en yüksek dane verimi değeri (17.74 g bitki<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. Susam bitkisinde kapsül uzunluğu değerlerinde farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında 2023 yılında N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (3.38 cm) kapsül uzunluğu belirlenmiştir.

2022 ve 2023 yıllarında üretim yılı boyunca Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin danelerinde uygulanan gübre dozlarının bitki besin elementleri içeriği yönünden etkileri incelendiğinde; danede azot içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N3(9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile sırasıyla en yüksek (%3.69 ve % 4.52) dane azot değeri belirlenmiştir. 2022 yılında dane fosfor içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında N0 ve N1 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla % 1.22-1.23) dane fosfor değerleri belirlenirken 2023 yılında dane potasyum ve kalsiyum içeriği üzerine N0 uygulama dozu ile en yüksek değerler elde edilmiştir. Danede magnezyum üzerine uygulamaların etkilerinde 2023 yılında N0Zn0, N0Zn1 ve N0Zn2 uygulama dozlarıyla maksimum değerler sağlanmıştır. 2022 yılında dane çinko değerlerinde N0 ve N1 uygulama dozu ile en yüksek değerler elde edilmiş, Zn uygulamalarının ortalamalarının etkisi bakımından Zn3 (% 0.45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozu

ile en yüksek ( $71.69 \text{ mg kg}^{-1}$ ) danede çinko değeri elde edilmiştir. 2023 yılında Zn uygulamalarının ortalamalarının etkisi bakımından  $\text{Zn}_2$  ve  $\text{Zn}_3$  uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla  $79.08$  ve  $82.72 \text{ mg kg}^{-1}$ ) danede çinko değerleri elde edilmiştir. 2023 yılında dane bakır üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek ( $11.63 \text{ mg kg}^{-1}$ ) dane bakır değeri belirlenmiştir. 2022 yılında dane yağ içeriğinde farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında  $\text{N}_2$  ve  $\text{N}_3$  uygulama dozları ile en yüksek sırasıyla (%  $55.5$  ve % $56.2$ ), 2023 yılında  $\text{N}_2$  uygulama dozu ile en yüksek (% $56.5$ ) değer elde edilmiştir. Artan Zn dozlarının 2023 yılında danede yağ içeriğine etkisinde en yüksek yağ içeriği değeri  $\text{Zn}_3$  uygulamasından (% $55.6$ ) sağlanmıştır.  $\text{N} \times \text{Zn}$  interaksiyonu bakımından yapılan değerlendirmede ise 2022 yılında  $\text{N}_2\text{Zn}_1$  ve  $\text{N}_3\text{Zn}_1$  uygulamaları maksimum değerleri (sırasıyla % $58.0$  ile % $58.2$ ) sağlarken 2023 yılında ise danede yağ içeriklerinde en yüksek değerler  $\text{N}_2\text{Zn}_2$  ve  $\text{N}_2\text{Zn}_3$  uygulamalarından (sırasıyla % $59.2$  ve % $59.1$ ) elde edilmiştir. Dane protein içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında her iki üretim yılında da  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek değerler ölçülmüştür.

2022 ve 2023 yıllarında üretim yılı boyunca Buğday-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak analiz sonuçlarına uygulanan gübre dozlarının bitki besin elementleri içeriği yönünden etkileri incelendiğinde; yaprak azot içerikleri her iki üretim yılında da artan dozlarda N uygulamaları ortalamaları bakımından  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en maksimum değerleri sağlamıştır. 2023 yılında farklı dozlarda N uygulamalarının yaprak fosfor değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında  $\text{N}_1$  ( $3 \text{ kg N da}^{-1}$ ) ve  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek (%  $0.55$ ) değer elde edildiği belirlenmiştir. Yaprak potasyum değerleri üzerine olan etkileri bakımından uygulama ortalamaları dikkate alındığında  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek (%  $0.98$ ) ve 2023 yılında yine  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek (%  $1.26$ ) değer elde edilmiştir. Yaprak kalsiyum değerleri üzerine her iki yılda da  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek değer elde edilmesini sağlamıştır. Yaprak magnezyum değerleri üzerine 2022 yılında  $\text{N}_2$  ve  $\text{N}_3$  uygulama dozları ile en yüksek değerler elde edilirken, 2023 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının  $\text{Zn}_0$  ve  $\text{Zn}_1$  uygulama dozları ile en yüksek (%  $0.43$ ) değer elde edildiği belirlenmiştir. Yaprak çinko değerlerinde  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek ( $371.6 \text{ mg kg}^{-1}$ ), farklı dozlarda Zn uygulama ortalamaları dikkate alındığında ise  $\text{Zn}_3$  (%  $0.45 \text{ ZnSO}_4$ ) uygulama dozu ile en yüksek ( $587.0 \text{ mg kg}^{-1}$ ) değer elde edildiği belirlenmiştir. 2023 yılında ise N uygulamaları ortalamaları bakımından  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek ( $489.4 \text{ mg kg}^{-1}$ ), farklı dozlarda Zn uygulama ortalamaları bakımından ise  $\text{Zn}_3$  (%  $0.45 \text{ ZnSO}_4$ ) uygulama dozu ile en yüksek ( $714.8 \text{ mg kg}^{-1}$ ) değer elde edildiği belirlenmiştir.  $\text{N} \times \text{Zn}$  interaksiyonu bakımından  $\text{N}_3\text{Zn}_3$  uygulama dozu ile en yüksek ( $852.8 \text{ mg kg}^{-1}$ ) değer elde edilmiştir. Yaprak bakır değerlerinde 2022 yılında  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile maksimum ( $17.25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) değer belirlenmiştir.

Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisine artan dozlarda uygulanan N-Zn gübrelemesinin susam bitkisinin bazı morfolojik özelliklerine etkileri incelendiğinde, 2023 yılında susam bitkisinin bitki boyu üzerine N uygulamaları ortalamasında en yüksek değerler kontrol hariç tüm N dozlarından gözlemlenirken, ilk dal yüksekliğinde  $\text{N}_3$  ( $9 \text{ kg N da}^{-1}$ ) uygulama dozu ile en yüksek ( $26.43 \text{ cm}$ ) değer elde edilmiştir. 2023 yılında yan dal sayısı üzerine farklı dozlardaki azot uygulamalarından en yüksek değerlerin artan azot dozlarıyla, kök uzunluğu üzerine en etkili uygulamanın  $\text{N}_1$

(3 kg N da<sup>-1</sup>) uygulamasıyla (15.6 cm) elde edildiği belirlenmiştir. 2023 yılında NxZn interaksyonu bakımından en yüksek kök uzunluğu değeri N1Zn3 (16.8 cm) interaksyonundan belirlenmiştir. 2023 yılında kök genişliğinde N1(3 kg N da<sup>-1</sup>) dozu ile en yüksek (10.09 cm) değer elde edildiği, NxZn interaksyonu bakımından N1Zn3 (3 kg N da<sup>-1</sup> ve %45 ZnSO<sub>4</sub>) dozu ile en yüksek (12.93 cm) değer elde edilmiştir. Kapsül sayısında 2023 yılında N1 (% 0.15 ZnSO<sub>4</sub>) dozu en etkili doz olarak saptanmıştır. Her iki yılda da dane veriminde maksimum azot dozlarıyla maksimum değerler sağlanmıştır. 2023 yılında kapsül uzunluğunda N1 (3 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (3.55 cm) kapsül uzunluğu değeri elde edilmiştir. 2022 yılında kapsüldeki dane sayısında N1(3 kg N da<sup>-1</sup>) ve N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (65.33 cm ve 65.67 cm) ve 2023 yılında N1 (3kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (84.67cm) değer elde edilmiştir. NxZn interaksyonunun etkileri bakımından N1Zn1 uygulama dozu ile en yüksek (86.20 cm) kapsüldeki dane sayısı belirlenmiştir.

2022 ve 2023 yıllarında üretim yılı boyunca Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin danelerinde uygulanan gübre dozlarının bitki besin elementleri içeriği yönünden etkileri incelendiğinde; dane azot içeriği üzerine farklı dozlarda N uygulamaları ortalamalarında 2022 yılında N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile % 4.54 ve 2023 yılında ise yine N3 uygulama dozunda % 4.30 dane azot değeri elde edilmiştir. 2023 yılında dane fosfor içeriğinde tüm N uygulama dozları dane fosfor değerlerinde artışa neden olmuştur. Dane potasyum içeriğinde N0 (0kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 0.60) değer, ayrıca NxZn interaksyonunun etkilerinde N0Zn3 (0kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 0.75) dane potasyum değeri elde edilmiştir. 2022 yılında dane kalsiyum içeriğinde artan dozlarda N uygulamaları ortalamalarında kontrol uygulama dozu(N0) hariç diğerlerinde en yüksek dane kalsiyum değerlerini sağladığı belirlenmiştir. 2022 yılında Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinde dane magnezyum içeriğinde N0 uygulama dozu ile en yüksek (%0.31), 2023 yılında en yüksek N1(3kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (%0.23) dane magnezyum değeri elde edilmiştir. NxZn interaksyonu bakımından 2022 yılında N0Zn2, N0Zn3 ve N1Zn0 uygulama dozlarının en yüksek dane magnezyum değerlerine sahip olduğu, 2023 yılında ise N1Zn3 ve N2Zn0 uygulama dozlarının en yüksek değerleri sağladığı belirlenmiştir. 2022 yılında Zn uygulamalarının ortalamalarının etkisi bakımından dane çinko değerlerinde Zn2 ve Zn3 uygulama dozları ile en yüksek danede çinko değerleri belirlenmiş sırasıyla 72.6 ve 77.4 mg kg<sup>-1</sup> olarak, 2023 yılında Zn uygulamalarının ortalamalarının etkisinde yine Zn2 ve Zn3 uygulama dozları ile en yüksek danede çinko değerleri sırasıyla 71.3 ve 76.8 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Dane bakır içeriğinde N1 uygulama dozu hariç tüm dozlar en yüksek dane bakır değerlerini sağlamış olup, 2023 yılında ise N0 ve N1 uygulama dozları ile en yüksek dane bakır değerleri (sırasıyla 21.24 ve 24.25 mg kg<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. 2022 yılında dane yağ içeriğinde N0 (0 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 56.3), 2023 yılında N3 uygulama dozu ile en yüksek (% 53.8) yağ içerikleri elde edilmiştir. Farklı dozlarda Zn uygulamaları ortalamalarında Zn0 uygulama dozu hariç tüm uygulamalar ile en yüksek yağ içeriği değerleri elde edilirken, 2023 yılında Zn2 uygulama dozu ile en yüksek (%51.9) değer elde edilmiştir. 2022 yılında NxZn interaksyonu bakımından N0Zn2 ve N1Zn2 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %59.4 ve %58.6), 2023 yılında ise N3Zn1 uygulama dozu ile en yüksek (%59.2) değer elde edilmiştir. Dane protein içeriğinde maksimum azot dozu olan N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile her iki yılda da en yüksek değerler saptanmıştır.

2022 ve 2023 yıllarında üretim yılı boyunca Bakla-Susam münavebesinde yetiştirilen susam bitkisinin yaprak analiz sonuçlarına uygulanan gübre dozlarının bitki besin elementleri içeriği yönünden etkileri incelendiğinde; yapraklarda azot içeriklerinde 2022 yılında N3 uygulama dozu ile en yüksek (%4.25), 2023 yılında ise N2 ve N3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %3.29 ve %3.49) değerler elde edilmiştir. 2022 yılında yaprak fosfor içeriklerinde N2(6 kg N da<sup>-1</sup>) ve N3 (9 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (% 0.36) değer elde edilmiştir, 2023 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının yaprak fosfor değerleri üzerine olan etkilerinde ise uygulama ortalamaları dikkate alındığında Zn1 ve Zn3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %0.26 ve %0.27) değerler belirlenmiştir. Yaprak potasyum değerlerinde 2023 yılında N1(3 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (%1.41) değer elde edildiği, NxZn interaksyonu bakımından N1Zn3 uygulama dozlarının en yüksek (%1.50) değer elde edildiği belirlenmiştir. Yaprak kalsiyum değerlerinde 2022 yılında N2 ve N3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %3.02 ve %3.07) ve 2023 yılında yine N0 ve N1 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %2.31 ve %2.29) değerler elde edilmiştir. 2023 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının yaprak kalsiyum değerleri üzerine olan etkileri bakımından ise Zn2 uygulama dozu hariç tüm uygulama dozları en yüksek değerlerin elde edildiği grubu oluşturmuştur. Yaprak magnezyum değerlerinde 2022 yılında N2 ve N3 uygulama dozları ile en yüksek (sırasıyla %0.22 ve %0.23) değerler elde edilmiş, 2023 yılında farklı bir şekilde N0 uygulama dozu ile en yüksek değeri sağlamıştır. 2022 yılında farklı dozlarda Zn uygulamalarının yaprak çinko değerlerinde Zn2 ve Zn3 uygulama dozları ile en yüksek değerler elde edilmiş, 2023 yılında ise N2 ve N3 uygulama dozları ile en yüksek, farklı dozlarda Zn uygulama ortalamaları bakımından ise Zn3 (% 0.45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozu ile en yüksek (705.9 mg kg<sup>-1</sup>) değer elde edilmiştir. 2023 yılında NxZn interaksyonu bakımından N1Zn3, N2Zn3 ve N3Zn3 uygulama dozları ile en yüksek değerler elde edilmiştir. Ancak Zn3 (% 45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozu susam yapraklarında toksisiteye neden olduğundan, bitki gelişiminin zarar görebileceği düşünüldüğünden Zn2 (% 30 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozu, tavsiye dozu olarak tavsiye edilebilir. Yaprak mangan değerlerinde 2022 yılında N0 uygulama dozu hariç tüm uygulama dozları ile en yüksek değerlerin elde edilirken, 2023 yılında artan dozlarda Zn uygulamalarının Zn0 haricinde tüm uygulama dozlarının en yüksek değer grubunu oluşturduğu belirlenmiştir. Yaprak bakır değerlerinde 2022 yılında N1(3 kg N da<sup>-1</sup>) uygulama dozu ile en yüksek (12.70 mg kg<sup>-1</sup>) değer elde edilmiş, farklı dozlarda Zn uygulamalarının Zn3(% 0.45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozları ile en yüksek (13.2 mg kg<sup>-1</sup>) değer, 2023 yılında ve Zn3 (%0.45 ZnSO<sub>4</sub>) uygulama dozları ile en yüksek (23.5 mg kg<sup>-1</sup>) değer elde edildiği belirlenmiştir.

Bitkisel üretim sistemleri içerisinde baklagil bitkilerinin yer alması toprağın organik madde içeriği, azot ve fosfor elverişliliği gibi çeşitli özelliklerini iyileştirmektedir (Stagnari vd. 2017). Çalışmamızda yer alan bakla-susam münavebesinin uygulandığı deneme alanı toprağının analiz sonuçlarına göre azot bakımından orta, fosfor bakımından yüksek ve organik madde bakımından yeterli sınıfında yer alması, susam bitkisi gibi kısa vejetasyon süresine sahip, toprak seçiciliği olmayan ve yaz mevsiminin kurak koşullarının olumsuzluklarına direnç gösteren bir bitkinin bu münavebe sistemine dahil edilmesi, sürdürülebilir tarım açısından önemlidir.

Sonuç olarak farklı dozlarda uygulanan N-Zn gübresinin susam bitkisinde çinkonun susam danesinde miktarını arttırdığını, susamın protein içeriğine ve susam yağ

miktarına etkisinin pozitif etkisinin olması, ayrıca dane veriminin arttığının veriler ile desteklenmesi projenin nihai amacına ulaştığının göstergesi olarak kabul edilmelidir. Danede çinkonun miktarının en yüksek elde edildiği gübre dozlarının önerilmesi tavsiye edilebilir. Ancak yüksek doz uygulamalarının susam bitkisinde toksik etki yaptığı göz önüne alınmalı ve gübre doz ayarlanasına dikkat edilmelidir. Granny Smith elma çeşidinde yapraktan çinko sülfat gübrelemesinin farklı doz ve uygulama zamanlarında dahi meyve kabuğunda zarara yol açtığı ve meyve görünümünü olumsuz etkilediğini tespit ettiklerini bildirilmiştir ( Küçükyumuk ve Erdal 2014).

Çeşitli kaynaklara göre baklagil taneleri ortalama % 22-25 protein ve yüksek lizin içeriğine sahip olduklarından, tahıl tanelerinde eksik olan bu özellikleri tamamlayıcı nitelik taşımaktadır. Sapları yaklaşık % 14 protein içermekte ve hayvan besleme yönünden 1 ton baklagil sapı, 8 ton buğdaygil sapına denk geldiği bildirilmektedir (Çiftçi vd. 2020).

Baklagil bitkileri içerisinde, bazı araştırmacılar tarafından baklanın 25 kg/da (Akçin 1988), 5-33 kg/da (Peoples vd. 1995) ve 11.9-31.1 kg da<sup>-1</sup>'a kadar azot fikse edebildiği (Hasanuzzaman vd. 2020) bildirilmiştir. Baklagillerin azot fiksasyonu çeşit, bakteri, toprak, iklim, bitki sağlığı, yetiştirme tekniği gibi çok sayıda faktör ve kombinasyonlar tarafından etkilenmektedir (Akkaya 2023).

Toprak azotuna katkı yönünden baklagillerin toprak altı kısımları, muhtemelen toprak üstü biyomastan daha büyük öneme sahiptir. Çünkü baklagil taneleri % 20-40 protein içermekte olup, tane hasadı ile birlikte 100 kg ürün başına dekardan 6 kg kadar azot kaldırılmaktadır (Peoples vd. 1995). Tane baklagillerin toprak üstü biyomasındaki azotun % 45-75 kadarının hasatla beraber topraktan kaldırıldığı bildirilmektedir (Peoples ve Craswell, 1992; Ravuri ve Hume, 1993) Bu nedenle baklagillerin toprak azotuna katkısı, bitkisel artıkların topraktan kaldırılmadığı durumlarda daha fazla olmaktadır.

Büyük Zn konsantrasyonlarına sahip transgenik bitkiler tüm büyüme dönemi boyunca genellikle büyüme ortamında yeterli Zn bulunan kontrollü laboratuvar veya sera koşullarında test edildiğinden dolayı, çinkonun sınırlı kimyasal mevcudiyeti ve iklim değişikliğine bağlı olarak düzensiz yağış ve kuraklık gibi çeşitli stres faktörleri ile 'gerçek dünya' koşullarında her zaman aynı performansı göstermeyebilir. Bu nedenle tarla koşullarında toprak ve yaprak gübresi stratejisi bitkiler yeterli Zn sağlamak, biyofortifikasyon çabaları için kritik öneme sahiptir (Çakmak 2018).

Tarla ve çiftçi koşullarında iki yıl sürdürülen denemede, ikinci ürün susam yetiştiriciliğinde topraktan azot ve yapraktan çinko biyofortifikasyon yöntemi kullanarak yapılan çinko uygulamaları ve susam bitkisini iki farklı münavebeye tabi tutarak yetiştirme yöntemi şimdiye kadar biyofortifikasyon çalışmalarında denenmemiş bir yöntem olduğundan literatüre önemli bir temel oluşturacağı düşünülmektedir. Özellikle münavebe etkisinin daha iyi sonuçlar vermesi bakımından farklı lokasyonlarda farklı bitkilerle bu tür çalışmaların yapılması ürün verimliliği ve kalitesi bakımından önemlidir. Ayrıca susamın yetiştiriciliğinin ikinci ürün olarak gerçekleştirilmesinin verimlilik ve kaliteden ziyade tarlanın boş kalmasını engellemek ve ek gelir amacıyla yapılması nedeniyle susam potansiyeli maalesef geride kalmaktadır. Susamın ekonomik getirisinin yüksekliği dikkate alınarak verim ve kalite parametrelerinin artırılmasıyla ana ürün olarak yetiştirilen ürünlerden daha fazla gelir eldesinin mümkün olması susam yetiştiriciliğini

öne çıkarmalıdır. Bu nedenle nihai düşüncemiz biyofortifikasyon çalışmalarının, tarla koşullarında, biyozenginleştirmenin amaçlandığı ana ürünü çeşitli tarımsal ürünler ile münavebeye tabi tutarak yürütülmesinin, biyoçeşitlilik ve sürdürülebilir tarım açısından gerekli olduğudur.



## 6. KAYNAKLAR

- Abdalsalam, A.A. and Y.A. Al-Shebani, 2010. Phenological And Productivity Characteristics of Sesame (*Sesamum Indicum* L.) As Affected by Nitrogen Rates Under Sana'a Conditions. *J. of Plant Production*, Vol. 1 (2): 251 – 264.
- Abdel-Rahman, K. A., Allam, A. Y., Galal, A. H. and Bakry, B. A. 2003. Response of sesame to sowing dates, nitrogen fertilization and plant populations in sandy soil. *Assiut J. Agril Sci.*, 34(3): 1-13.
- Abdoli, M., Esfandiari, E., Sadeghzadeh, B. and Mousavi, S.B. 2016. Zinc Application Methods Affect Agronomy Traits and Grain Micronutrients in Bread and Durum Wheat under Zinc-Deficient Calcareous Soil. *Yyü Tar Bil Derg (Yyu J Agr Sci)* , 26(2): 202-214.
- Ahmadu, R., Law-Ogbomo, K.E. and Sunday, P. 2022. Response of two Sesame (*Sesamum indicum* L.) Varieties to Nitrogen fertilizer in Wukari, Taraba State. *Journal of Agriculture and Environment*, 18(2): 57-63.
- Akça, H. 2020. Ekmeklik buğdayda çinko ile zenginleştirme stratejilerinin geliştirilmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Ankara.
- Akçin, A. 1988. Yemeklik Tane Baklagiller. Selçuk Üniversitesi Yayınları, 43, Ziraat Fakültesi Yayınları, 8, 377s, Konya.
- Akhter, S., Rasool, R. Nabi, A., Yousuf, V. Dar, N. A., Sofi, K.A. Munshi, R. and Nadeem, M. 2020. Agronomic Bio fortification in Rice with Zn. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* ISSN: 2319-7706 Volume 9 Number 10.
- Akkaya, A. 2022. Buğday ve Azot. Stratejik Sektör: Tarım, IKSAD Publications, ISBN: 978-625-8405-49-1, 3-40.
- Akkaya, A.2023. Baklagillerin Tarla Tarımındaki Önemi. Stratejik Sektör: Tarım-2. ISBN: 978-625-6404-81-6.
- Akram, M.A., Depar, N. and Irfan, M. 2019. Agronomic zinc biofortification of wheat to improve accumulation, bioavailability, productivity and use efficiency. / *Eurasian J Soil Sci* 2020, 9 (1) 75 – 84.
- Alloway. B.J., 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Second edition, published by IZA and IFA, Brussels, Belgium and Paris, France.
- Amare, M., Fisseha, D. and Andreasen, C. 2019. The Effect of N and P Fertilizers on Yield and Yield Components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) in Low-Fertile Soil of North-Western Ethiopia, *Agriculture* , 9, 227.

- Anilakumar K.R., Pal A., Khanum F., Bawa A.S. 2010. Nutritional, Medicinal and Industrial Uses of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds An Overview. *Agric. Consp. Sci*, vol. 75, pp. 159-168.
- Anonymous, 1982. *Methods of Soil Analysis* (Ed. A.L. Page). Number 9, Part 2, Madison, Wisconsin, USA, 1159 pp.
- AOAC Int. 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists* 16th Edition, Kenneth Arlington, Virginia, USA.
- Arroyo, J.1967. *Agron Trop. Venezuela*, 17:123-127.
- Ashfaq, A., Abid, H., Mahboob, A. and Ehsanullah, M. M. 2001. Yield and quality of two sesame varieties as affected by different rates of nitrogen and phosphorus. *Pakistan J. Agril, Sci.*, 38(1/2): 4-7
- Ashri, A. 1998. Sesame breeding. In: J. Janick (Editor). *Plant Breeding Reviews*. 16:179-228.
- Arioğlu, H., Bakal, H., Güllüoğlu, L., Kurt, C., ve Onat, B. 2016. Ana ürün koşullarında yetiştirilen bazı yerfıstığı çeşitlerinin önemli agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi.
- Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(Özel sayı-2): 24-29.
- Atak, M. Kaya, Cemalettin, M. ve Çiftçi, Y. 2004. Çinko ve Humik Asit Uygulamalarının Makarnalık Buğday (*Triticum Durum* L.)’da Verim ve Verim Ögelerine Etkileri. *Anadolu, J. of AARI* 4 (2) 2004, 49-66.
- Ay, H. ve İbrikçi, H. 2020. Farklı Dozlardaki Azotlu ve Fosforlu Gübrelerin Çukurova Bölgesinde Yetiştirilen 2. Ürün Susamda Verim Ve Verim Parametreleri Üzerine Etkileri. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt*: 39-5.
- Aydeniz, A., Brohi A.R. ve Danışman S. 1985. Effect of zinc fertilization on nutrient status of rice plant grown at different level of lime. *C. Ü., Zir. Fak. Dergisi, Cilt*: 1, Sayı 1-2, Ankara.
- Aydın, Ş., Çoban, H., Yağmur, B. ve Mordoğan, N. 2005. Bağda Yapraktan Zn Uygulamalarının Yapraktaki Besin Element İçeriklerine Etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 42(2):131-142
- Aydın, Ş., B. Yağmur, H. Hakerlerler ve H. Çoban. 2007. Effects of different types and levels of zinc sulphate application in vineyards (*vitis vinifera* L.) in a semiarid environment. *Asian Journal of Chemistry*. 19(1), 555-563.
- Akyıldız, A.R.1984.Yemler Bilgisi ve Laboratuar Klavuzu.Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:895, Ankara.
- Bağcı, S. ve Sade, A.B. 2004. Konya şartlarında Sulama ve Çinko Uygulamalarının, Farklı Tahıl Türlerinde Verim, Verim Unsurları ve Tanedeki Çinko

Konsantrasyonu Üzerine Etkileri. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim 2004, 563-572, Tokat.

BAİB.2022. Batı Akdeniz İhracatçılar Birliği.<https://www.baib.gov.tr>.

Balasubramanian, P.1996. Effect of time of nitrogen application on irrigated sesame (*Sesamum indicum*) Indian J. Agron. 41 (I) : 108-110 (March 1996)

Bakal, H. ve Arnoğlu, H.2020. Tescil Edilmiş Susam (*Sesamum indicum* L.) Çeşitlerinin Çukurova Bölgesi İkinci Ürün Koşullarında Bazı Önemli Tarımsal ve Tohum Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Ziraat Fakültesi Dergisi Türkiye 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı:218-225, 2020 ISSN 1304-9984.

Barut, H., Aykanat, S., Eker, S. ve Çakmak, İ. 2017. Ekmeklik Buğdaya Yapraktan Farklı Doz ve Zamanlarda Uygulanan Çinko ve Azotun Tanenin Besin Elementi İçeriğine Etkisi.Çukurova Tarım Gıda Bil. Der. Çukurova J. Agric. Food Sci.32(2): 1-14, 2017.

Bassiem, M. M. and Anton, N. A. 1998. Effect of nitrogen and potassium fertilizers and foliar spray with ascorbic acid on sesame plant in sandy soil. Annls. Agril. Sci., 36(1): 95-103.

Baysal, Z. (2014). Aydın ekolojik koşullarında çinko uygulamasının buğdayın (*Triticum aestivum* L.) tane verimi ve kalitesi üzerine etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.

Bedigian D. and Vander L.J.G. 2003. Maesen. Slimy leaves and oily seeds; Distribution and Use of *Sesamum* spp. And *Ceratotheca sesamoides* (Pedaliaceae) in Africa. International Workshop, Nairobi, Prota Foundation Wageningen, the Netherlands, pp. 271-274.

Bedigian, D. and J.R. Harlan. 1986. Evidence for cultivation of sesame in the ancient world. Econ. Bot. 40:137–154.

Bhatt, S., Yakadri, M., Sivalashmi, Y. and Vilaykumar, B. 2011. Production potencial of sweet corn (*Zea mays*) as influenced by varying plant densities and nitrogen levels. ASA, CSSA, SSSA International Annual Meetings October, 16-19.

Binh, N.T. and Lieu, N.T. T. 2016. Response of Sesame (*Sesamum indicum* L.) to Inorganic Nitrogen Application Rates and Organic Fertilizers on Grey Soil in Hochiminh City, Vietnam. Asian Research Journal of Agriculture 2(4): 1-9.

Black, C. A. 1957. Soil-Plant Relationships. John Wiley and Sons, Inc., Newyork.

Black, C. A. 1965. Methods of Soil Analysis Part 2, Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madisson, Wilconsin, U.S.A., 1372-1376.

Bouis H.E. and Saltzman A.2017.Improving nutrition through biofortification: a review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. Global Food Security, 12: 49–58.

- Boonchuay, P. Cakmak, İ., Rerkasem, B. and Prom-U-Thai, C.2013.Effect of different foliar zinc application at different growth stages on seed zinc concentration and its impact on seedling vigor in rice. *Soil science and plant nutrition*. Volume 59.
- Bouyoucos, G.J. 1955. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils, *Agronomy Journal* 4 (9): 434.
- Bozkurt, M.A. ve Karaçal, İ. 2000. Farklı Azotlu Gübre Doz ve Formlarının Ayçiçeğinde Besin Elementi İçeriğine Etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6 (1), 99-105.
- Brentrup, F., Palliere, C.2010. Nitrogen Use Efficiency as an Agro Environmental Indicator. <https://www.researchgate.net/publication/312595805>.
- Broadley M.R., White P.J., Hammond J.P., Zelko I., and Lux A. 2007. Zinc in plants. *New Phytologist* 173: 677–702.
- Brohi, A.R., Karaata, H., Özcan, S. ve Demir, M.2000.Topraktan ve Yapraktan Çinko Uygulamalarının Ekmeklik Buğday Bitkisinin Verimine ve Bazı Besin Maddesi Alımına Etkisi. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(1), 123-128.
- Bukvič, G, Antunovi, M., Popovi, S. Rastija M. 2003. Effect of P and Zn fertilisation on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L.), *Plant Soil Environ*, 49(11):505-510.
- Cakmak, I., Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H.J., Kilinc, Y., Yilmaz, A., 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-Science for Stability Project. *Field Crops Res.* 60, 175-188.
- Cakmak, I. 2000. Possible Roles of Zinc in Protecting Plant Cells from Damage by Reactive Oxygen Species. *New Phytologist*, 146, 185-205. *Plant Soil* 302:1–17
- Cakmak, İ. (2008) Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil* 302:1–17.
- Cakmak, İ., Kalaycı, M., Kaya, Y., Torun, A.A., Aydın, N., Wang, Y., Arsoy, Z., Erdem, H., Yazıcı, A., Gökmen, O., Öztürk, L., and Horst, WJ. 2010a. Biofortification and localization of zinc in wheat grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(16): 9092-9102.
- Cakmak, İ., 2010b. Biofortification of durum wheat with zinc: agronomic or genetic biofortification. <https://www.researchgate.net>.
- Cakmak, İ. 2012a. Harvest plus zinc fertilizer project: Harvest zinc. *Better Crops*, 96(2): 17-19.
- Cakmak, İ. and Lyons, G. 2012b. Agronomic Biofortification of Food Crops with Micronutrients. *Fertilizing Crops to Improve Human Health: a Scientific Review*.

- Cakmak, İ., Zou, C.Q., Zhang, Y.Q., Rashid, A., Ram, H., Savaşlı, E., Arısoy, R.Z., Ortiz, Simunji, S., Wang, Z. H., Sohu, V., Hassan, M., Kaya, Y., Önder, O., Lungu, O., Mujahid, M.Y., Joshi, A.K., Zelenskiy, Y., Zhang, F. S. 2012c. Biofortification of wheat with zinc through zinc fertilization in seven countries. *Plant Soil* 361:119
- Cakmak, İ. ve Kutman, U.B. 2018. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review, *European Journal of Soil Science*, January 2018, 69, 172-180
- Cao, L., Geng, W. and Wei Y.S. 2012. Determination of 18 mineral elements of (*Sesamum indicum* L.) by microwave digestion-ICPOES. *Appl Chem Ind* 5:910-913.
- Caputo, C. and Barneix, A. J. 1997. Export of amino acids to the phloem in relation to N supply in wheat. *Physiologia Plantarum* 101(4), 853-860. doi:10.1111/j.1399-3054.1997.tb01073.x.
- Cengizer, Z.2024 Farklı Doz ve Dönemlerde Uygulanan Yavaş Salımlı Azotlu Gübrenin Atıdığı Mısırdaki (*Zea Mays* L. Var. *İndentata*) Verim Ve Verim Unsurlarına Etkisi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ceylan, Ş. Mordoğan, N., Yoldaş, F., ve Yağmur, B.2001. Azotlu Gübrelemenin Domates Bitkisinde Verim, Azot Birikimi ve Besin Element İçeriği Üzerine Etkisi. *EgeÜniv. Ziraat Fak., Derg.*, 2001, 38(2-3):103-110.
- Chapman, N.D., Pratt, P.F. and Parker, F. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. Univ. of Calif. Div. Agriculture Science, Riverside.
- Chen PR., Tsai CE, Chang H., Liu TL., Lee CC. Sesamol induces nitric oxide release from human umbilical vein endothelial cells.2005. *Lipids*, 40:955–961.
- Couch, A., Gloaguen, R. M., Langham, D. R., Hochmuth, J., Bennett, J. M. and Rowland, D. L.2017. Non-dehiscent sesame (*Sesamum indicum* L.): its unique production potential and expansion into the southeastern USA. *Journal of Crop Improvement*, 31(2), 101-172.
- Creamer, N. G., and Baldwin, K. R. (2000). An evaluation of summer cover crops for use in vegetable production systems in North Carolina. *HortScience*, 35(4), 600–603.
- Cürat, D. 2010. Kilis Yöresinde Yetiştirilen Yerel Susam (*Sesamum indicum* L.) Popülasyonlarının Biyolojik ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Çağlar, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi. A.Ü.Z.F.Yayınları. No:10.
- Çiftçi, C.Y., Önder, M., Ceyhan, E., Kaya, M., Karaköy, T., Akdoğan, G., Benlioğlu, B., Özaktan, H. 2020. Yemelik Baklagiller Üretiminde Mevcut Durum ve Gelecek. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, 395-417, 13-17 Ocak, Ankara.

- Deme, T., Haki, G. D., Retta, N., Woldegiorgis, A. and Geleta, M. 2017. Mineral and Anti-Nutritional Contents of Niger Seed (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass., Linseed (*Linum usitatissimum* L.) and Sesame (*Sesamum indicum* L.) Varieties Grown in Ethiopia. *Foods*, 6, 27.
- Dhaliwal, S. S., Vivek, S., Arvind, K. S., Janpriya, K., Vibha, V., Manmeet, K. 2022. Biofortification-A Frontier Novel Approach to Enrich Micronutrients in Field Crops to Encounter the Nutritional Security. *Molecules*, 27, 1340.
- Dixit, J. P., Rao, V. S. N. and Ambabatiya, G. R. and Khan, R. A. 1997. Productivity of sesame cultivars sown as semi-rabi under various plant densities and nitrogen levels. *Crop Res.*, Hisar. 13(1): 27-31.
- Dossa, K., Konteye, M., Niang, M., Doumbia, Y., & Cissé, N. 2017. Enhancing sesame production in West Africa' Sahel : A comprehensive insight into the cultivation of this untapped crop in Senegal and Mali. *Agriculture & Food Security*, 6(1), 1–15.
- Duraisamy, E. and Aivukkarasu, K. 2022. Response of Zinc and Manganese with Fortified Organics for Increasing Yield, Quality and Economics of Sesame under Coastal Saline Sandy Soil. *Indian Journal of Natural Sciences*, Vol.13, Issue 74.
- Eifediyi, E.K., Ilori, G.A.2021. Henry Emeka Ahamefule and Imam, A.Y. The Effects Of Zinc Biofortification Of Seeds And NPK Fertilizer Application On The Growth And Yield Of Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Acta agriculturae Slovenica*, 117/1, 1–11.
- El Habbasha, E. S. 2007. Response of Two Sesame Varieties (*Sesamum indicum* L.) to Partial Replacement of Chemical Fertilizers by Bio-organic Fertilizers. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(6): 563-571.
- El-Habbasha S.F. and Magda H.M. 2013. Effect of combined zinc and nitrogen on yield, chemical constituents and nitrogen use efficiency of some chickpea cultivars under sandy soil conditions. *World J Agricult Sci* 9:354-360.
- El Mahdi A.R.A. 2008. Response of sesame to nitrogen and phosphorus fertilization in Northern Sudan. *Journal of Applied Biosciences* (2008), Vol. 8(2): 304 – 308.
- Erdal, İ. 1998. Orta Anadolu Bölgesinde Farklı Çinko Uygulamalarının Değişik Tahıl Türleri ve Buğday Çeşitlerinde Tanede Çinko ve Fitin Asidi Konsantrasyonuna Etkisi. *Ankara Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*.
- Erdal, İ., Yılmaz, A., Taban, S., Eker, S., & Çakmak, İ. (2002). Phytic acid and phosphorus concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. *J, Plant Nutr*, 25 (1),13-127.
- Esfandıria, E. ve Abdoli, M. 2016. Wheat Biofortification Through Zinc Foliar Application and Its Effects on Wheat Quantitative and Qualitative Yields under Zinc Deficient Stress.Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 26 (4): 529-537.

- Evliya, H. 1964. Kültür bitkilerinin beslenmesi. Ankara. Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Yayın no:36, 292- 294, Ankara.
- Falk, M. C., Chassy, B. M., Harlander, S. K., Hoban, T. J., McGloughlin, M. N. 2002. Food biotechnology: Benefits and concerns. *Journal of Nutrition* 132: 1384–1390.
- FAO,2022. <https://www.fao.org/faostat>.
- Fard, A. P. M. and Bahrani, M. J. 2005. Effect of nitrogen fertilizer rates and plant density on some agronomic characteristics, seed yield, oil and protein percentage in two sesame cultivars. *Iranian J. Agril. Sci.*, 36(1): 129-135.
- Farooq M, Ullah A, Rehman A, Nawaz A, Nadeem A, Wakeel A, Nadeem F, Siddique KHM .2018. Application of zinc improves the productivity and biofortification of fine grain aromatic rice grown in dry seeded and puddled transplanted production systems. *Field Crop Res* 216:53–62.
- Frank, K. J. 2005. Beyond vitamin E supplementation: An alternative. strategy to improve vitamin E status. *Journal of Plant Physiology*, 162: 834-843.
- Guo, J.X., Liao, W.Q., Ling, N., Hu, X., Sui, B., Shang, Q. and Guo, S. 2013. Effects of combination use of N and Zn fertilizers on the yield and N, Zn concentrations in wheat. *J. Nanjing Agric. Univ.*, 36(2), 77–82.
- Gupta, S.K. 2001. Effect of Zinc Fertilization on Yield and Quality of Lentil (*Lens culinaris* L.) Grown on Vertisols of Kota Terrain. 66<sup>th</sup> Annual Convention, National Seminar on Development in Soil Science, 108.
- Graham, R.D., Ascher, J.S. and Hynes, S.C. 1992. Selecting zinc-efficient cereal genotypes for soils of low zinc status. *Plant and Soil*, 146 (1-2), 241-250.
- Graham, R.D., Welch, R.M., Saunders D.A., Ortiz-Monasterio I., Bouis H.E., Bonierbale M., de Haan, S., Burgos, G., Thiele, G., Liria, R., Meisner, C.A., Beebe, S.E., Potts, M.J., Kadian, M., Hobbs, P.R., Gupta, R.J.K., Twomlow, S. 2007. Nutritious subsistence food systems. *Advances in Agronomy* 92: 1-74.
- Grusak, M. A., Pearson, J.N., Marentes, E. 1999. The physiology of micronutrient homeostasis in field crops. *Field Crop. Res.* 60: 41-56.
- Gutu.T., Debel, C. 2023. Effect of NPS and N Fertilizer Rates on Growth and Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) at Western Oromiya, Ethiopia *American Journal of Plant Biology*, 8(2): 43-48.
- Haas, J.D., Luna, S.V., Lung'aho, M.G., Wenger, M.J., Murray Kolb, L.E., Beebe, V., Gahatu, J.B. & Egli, I.M. 2016. Consuming iron biofortified beans increases iron status of Rwandan women after 128 days in a randomized controlled feeding trial. *Journal of Nutrition*, 146, 1586–1592.
- Hafeez, B., Y.M. Khanif and Saleem, M. 2013. Role of Zinc in Plant Nutrition- A Review. *Ame. Exp. Agric.*, 3 (2): 374-391.

- Han, Ş., Sönmez, I., Qureshi, M., Güden, B., Gangurde, S. and Yol, E. 2024. The effects of foliar amino acid and Zn applications on agronomic traits and Zn biofortification in soybean (*Glycine max* L.). *Front. Plant Sci.*, Volume 15.
- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., Yunas, M. 2008. 'On-farm' seed priming with zinc in chickpea and wheat in Pakistan. *Plant Soil* 306, 3–10.
- Hasan, MD. M. 2015. Effect Of Nitrogen And Sulphur On The Growth And Yield Of Sesame. A Thesis Submitted to the Faculty of Agriculture, Sher-e-Bangla Agricultural University, Dhaka, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master Of Science In Agronomy.
- Hasanuzzaman, M., Araújo, S., Gill, S.S. 2020. The Plant Family Fabaceae Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses. ISBN 978-981-15- 4751-5, ISBN 978-981-15-4752-2, (e-Book). Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Hassan, M.U., Chattha, M.U., Ullah, A., Khan, I., Qadeer, A., Aamer, M., Khan, A.U., Nadeem, F. and Khan, T.A. 2019. Agronomic Biofortification to Improve Productivity and Grain Zn Concentration of Bread Wheat. *International Journal of Agriculture & Biology*, 21(3), 615-620.
- Haug, A., R.D. Graham, O.A. Christopherson, and G.H. Lyons. 2008. How to use the world's scarce selenium resources efficiently to increase the selenium concentration in food. *Microb. Ecol. Health Dis.* 19:209–228.
- Haider MU, Farooq M, Nawaz A, Hussain M .2018. Foliage applied zinc ensures better growth, yield and grain biofortification of mungbean. *Int J Agric Biol* 20:2817-2822.
- Herdem, E., 1999. Bazı Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinde Azot (N) Dozlarının Verim ve Verim Unsurlarına Tepkisi. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Tekirdağ.
- Hess, D. E., and Dodo, H. 2004. Potential for sesame to contribute to integrated control of *Striga hermonthica* i the West African Sahel. *Crop Protection*, 23(6), 515–522.
- Hiltebrandt, V.M. 1932. *Sesamum indicum* L. *Bulletin of Applied Botany of Genetics and Plant Breeding Series IX*, 2: 103-107.
- Hlusek, J., Juzl, M., and Zrust, J. 1997. Potato yields and cadmium, nickel and zinc contents in tubers. *Rostlinna Vyroba* 43, 263–267.
- Hossain, M.A., Jahiruddin, M., Islam, M. R. and Mia, M. H. 2008. The requirement of zinc for improvement of crop yield and mineral nutrition in the maize–mungbean–rice system. *Plant Soil*, 306:13–22.
- Hossein, M. A., Hamid, A. and Nasreen, S. 2007. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizer on N/P uptake and yield performance of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Agriculture Research* 45 (2), 119-127.

- House, W.A., and Welch, R.M. 1989. Bioavailability of and interactions between zinc and selenium in rats fed wheat grain intrinsically labeled with <sup>65</sup>Zn and <sup>75</sup>Se. J. Nutr. 119:916–921.
- Hu, D., Bell, R.W., Xie, Z. 1996. Zinc and phosphor responses in transplanted oilseed rape. Soil Science and Plant Nutrient, 42:333-344.
- Hussain, I., Singh, N. B., Singh, A., & Singh, H. 2017. Allelopathic potential of sesame plant leachate against *Cyperus rotundus* L. Annals of Agrarian Science, 15(1), 141-147.
- Hussein, H., Darwesh, O.M., Mekki, B. B., and El-Hallouty, S. M. 2019. Evaluation of cytotoxicity, biochemical profile and yield components of groundnut plants treated with nano-selenium. Biotech. Rep. 24, e00377.
- Ibrahim M., Hussain M., Khan, A., Jamal, Y., Ali, M., Malik, M.F.A. 2014. Effect of Nitrogen and Phosphorus on Yield and Yield Components of Sesame (*Sesamum indicum* L.). International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR), Volume 18, No 1, pp 95-101.
- Ibrahim, M., Jamal, Y., Basir, A., Adnan, M., Rahman, I., Ali khan, I. and Attaullah, X. 2016. Response of Sesame (*Sesamum indicum* L.) to various levels of Nitrogen and Phosphorus in agro-climatic condition of Peshawar. Pure Appl. Biol., 5(1): 121-126.
- Ijoyah, M.O., Anyogo, J.O. and Ugehe, F. D. 2016. Yield response of maize (*Zea mays* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) intercrop as influenced by planting densities and varieties of sesame at Makurdi, Nigeria. World Scientific News, 37,25-49.
- Irmak, S., Cil, A.N., Yücel, H., Kaya, Z. 2016. Effects of Zinc Application on Yield and Some Yield Components in Peanut (*Arachis hypogaea*) in the Eastern Mediterranean Region. Journal of Agricultural Sciences, 22, 109-116.
- Işık, Muhammet ve Sinan, N. S. 2020. Leonardit Ve Azot Uygulamasının İkinci Ürün Koşullarında Susam Bitkisinin Verim Ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 39-5.
- İskender, R. 2020. Farklı Şeker Mısır Tiplerinde Azotlu Gübrelemenin Verim, Verim Ögeleri ve Kalite Üzerine Etkisi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Jackson, M. L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Jiang, W., Struik, P.C., Lingna, J., Van Keulen, H., Ming, Z., Stomph, T.J. 2007. Uptake and distribution of root-applied or foliar applied <sup>65</sup>Zn after flowering in aerobic rice. Annals of Applied Biology, 150(3): 383-391.

- Joshi, A., Crossa, J., Arun, B., Chand, R. and Trethowan, R. 2010. Genotype  $\times$  environment interaction for zinc and iron concentration of wheat grain in eastern Gangetic plains of India. *Field Crops Research* 116: 268–277.
- Joy, E.J.M., Alexander, J.S., Young, S.D., Ander, E.L., Watts, M.J. and Broadley, M.R. 2015. Zinc-enriched fertilisers as a potential public health intervention in Africa. *Plant Soil* 389, 1-24.
- Kabata-Pendias A. 2011. Trace elements in soils and plants, 4th edn. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Kacar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III, Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara.
- Kacar, B. ve İnal, A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları. Yayın no:1241 (63).
- Kacar, B. 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayınları, Ankara.
- Kalaiselvan, P., Subrahmaniyan, K. and Balasubramanian, T.N. 2001. Effect Of Nitrogen On The Growth And Yield Of Sesame-A Review. *Agric. Rev.*, 22(2); 137-140.
- Kankam F., E.N.K. Sowley and Mohammed, A. 2015. Management of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) on okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) with aqueous sesame seed extract. *International Journal of Agricultural Research*, 6 (4): 24-31.
- Kanatti, A., Rai, K.N., Radhika, K., Govindaraj, M., Sahrawat, K.L., Srinivasu, K. and Shivade, H. 2014. Relationship of grain iron and zinc content with grain yield in pearl millet hybrids. *Crop Improv.*, 41: 91-96.
- Kapadia, G.J., Azuine, M.A., Tokuda, H., Takasaki, M., Mukainaka, T., Konoshima, T. and Nishino, H. 2002. Chemopreventive effect of resveratrol, sesamol, sesame oil and sunflower oil in the epstein–barr virus early antigen activation assay and the mouse skin two-stage carcinogenesis. *Pharmacological Research*, 45: 500-505.
- Kara, B. 2006. Çukurova Koşullarında Değişik Bitki Sıklıkları ve Farklı Azot Dozlarında Değişik Bitki Sıklıkları ve Farklı Azot Dozlarında Mısırın Verim ve Verim Özellikleri ile Azot Alım ve Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi, Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi FBE, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Adana.
- Kasap, Y., 1994. Ayçiçeğinde (*Helianthus annuus* L.) Farklı Azot Düzeylerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 Nisan.
- Kassab, O.M. 2005. Soil moisture stress and micronutrients foliar application effects on the growth and yield of mungbean plants. *J Agricult Sci Mansoura Univ* 30:247-256.
- Kaur, I.P. ve Saini, A. 2000. Sesamol Exhibits Antimutagenic Activity Against Oxygen Species Mediated Mutagenicity. *Mutation Research*, 470: 71-76.

- Kaya, M., Zeliha, K. and Albrahin, E. 2009. Phytase activity, phytic acid, zinc, phosphorus and protein contents in different chickpea genotypes in relation to nitrogen and zinc fertilization. *Afr. J. Biotechnol.*, 8 (18), 4508-4513.
- Kennedy, G., Nantel, G. & Shetty, P. 2003. The scourge of “hidden hunger”: Global dimensions of micronutrient deficiencies. *Food Nutrition and Agriculture*, 32, 8-16.
- Khan, M., Umar, S., Qasim, M., Jamil, M. 2002. Effect of different levels of zinc on the extractable zinc content of soil and chemical composition of rice. *Asian J Plant Sci* 1:20–21.
- Khaliq, Q., A. Nahar, Z., Mistry, K.K., Saha, A.K. 2015. Response of nitrogen levels on yield of sesame . <https://www.researchgate.net/publication/265976147>
- Kithan, L. And Singh, R. 2017. Effect of nipping, crop geometry and different levels of nitrogen on the growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4): 1089-109
- Kumar, A. and Prasad, T.N. 1993. Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation and nitrogen in calcareous soil. *Indian J. Agron.* 38 (1) : 145-147.
- Köse, M., and Kardeş, Y.M. 2021. Baklanın (*Vicia faba* L.) Besinsel İçeriği ve Tıbbi Açılardan Yararları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11 (3), 2371-2379.
- Kurt, C., Kızıldağ, Ö.N. ve Arioğlu, H. 2018. Determination of content of micronutrients in some sesame (*Sesamum indicum* L.) *Fresenius environmental bulletin* 27(12):8456-8462.
- Kurt, C., Demirbas, A., Nawaz, M.A., Chung, G., Baloch, F.S. and Altunay, N. 2020. Determination of Se content of 78 sesame accessions with different geographical origin. *Journal of Food Composition and Analysis*, 94, p.103621.
- Kurt, C. 2024. Some Effects of Sesame (*Sesamum indicum*) on Health. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 12(7): 1231-1237.
- Kutman, Ü. B. 2010a. Roles Of Nitrogen And Zinc Nutrition In Biofortification Of Wheat Grain. *Biological Sciences and Bioengineering*, PhD Thesis.
- Kutman, Ü.B., Yıldız, B. and Cakmak, İ. 2010b. Effect of nitrogen on uptake, remobilization and partitioning of zinc and iron throughout the development of durum wheat. *Plant Soil* (2011) 342:149–164.
- Kutman, U.B., Yıldız, B. and Cakmak, I. 2011. Effect of nitrogen on uptake, remobilization and partitioning of zinc and iron throughout the development of durum wheat. *Plant Soil*, 342:149-164.

- Küçükyumuk, Z. ve Erdal, İ. Yapraktan çinko sülfat uygulamasının granny smith elma çeşidine olumsuz etkisi.2014. Yüzüncü Yıl Üniversitesi tarım bilimleri dergisi. 24(2):140- 147.
- Lasztity, B.1983. Development and nutrient turnover during the vegetation period as affected by fertilization in sunflower, I. Dry matter accumulation and nutrient content. *Novenytermeles* 32 (2), 137-148.
- Lindsay, W.L., Norwell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper, *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 42, 421-428.
- Liu, J. R., Zheng, Y. Z. and Xu, R. Q. 1992. Analysis of nutrient quality of seed and screening for prominent germplasm in sesame. *Oil Crops of China*, 1: 24-26.
- Loue, A. 1968. Diagnostis Petiolaire de Prospection. Etudes Sur la Nutrition et al Fertilisation Potassiques de la Vigne. Societe Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agronomiques, 31-41.
- Mabesa, R. L., Impa, S. M., Grewal, D., and Johnson-Beebout, S. E. 2013. Contrasting grain-zn response of biofortification rice (*Oryza sativa* L.) breeding lines to foliar Zn application. *Field Crop Res.* 149, 223-233.
- Maiti D. and Jana P.K.1985. Effect of different levels of nitrogen and phosphorus on yield and yield attributes of sesame. *Journal of Oilseeds Research*, 3(1): 252-259.
- Makinde, F. M. and Akinoso, R. 2014. Physical, nutritiona and sensory qualities of bread samples made with wheat and black sesame (*Sesamum indicum* Linn) flours. *International Food Research Journal*, 21(4), 1635.
- Malakouti, M.J. 2000. Balanced nutrition of wheat: an approach towards self-sufficiency and enhancement of national health- a compilation of papers. Ministry of Agriculture, Karaj, Iran, p 544p.
- Malakouti, M.J. 2007. Zinc is a Neglected Element in the Life Cycle of Plants. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*.
- Malakouti, M.J. 2008. The Effect of Micronutrients in Ensuring Efficient Use of Macronutrients. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32, 215-220.
- Malik, M. A., Farrukh Saleem, M., Akhtar Cheema M. And Ahmed, S. 2003. Influence of Different Nitrogen Levels on Productivity of Sesame (*Sesamum indicum* L.) under Varying Planting Patterns. *International Journal Of Agriculture & Biology* 1560-8530/2003/05-4-490-492.
- Malewar, G.V., Mangale, M.M. and Malewar, V. 1990. Chemical composition mung genotype as influenced by zinc fertilisation. *Legume Research*, 13(2), 59-64.

- Mandai, S.S., D. Verma and S. Kuila. 1992. Effect of organic and inorganic sources of nutrients on growth and seed yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Indian J. Agric. Sci.* 62: 258-262.
- Maralian, H. 2009. Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality. *African J Biotechnol* 8(24): 6795-6798.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Harcourt Brace Jovonic, Publishers.
- Marschner H, Oberle H, Cakmak L, Romheld V. 1990. Growth enhancement by silicon in cucumber (*cucumis sativus*) plants depends on imbalance in phosphorus and zinc supply. *Plant and Soil*, 124:211-219.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants secon edition. Academic Press Limited, 24-28. Oval Road, NW1 7DX. 96, London.
- Martens, D.C., Westermann, D.T. 1991. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: Mortvedt JJ, Cox FR, Shuman LM, Welch RM (eds) *Micronutrients in Agriculture*. SSSA Book Series No. 4. Madison, WI. pp. 549-592.
- MATSO, 2021. Manavgat Ticaret ve Sanayi Odası. <https://matso.tr>.
- Miller, G.W., Pushnik, J.C. and Welkie, G.W., 1984. Iron Chlorosis, a World Wide Problem, the Relation of Chlorophyll Biosynthesis to Iron. *Journal of Plant Nutrition*, 7(15): 1-22.
- Miningou, A., Golane, V., Sy Traore, A. and Kambire, H. 2020. Determination of the optimal dose and date of application of mineral manure on sesame (*sesamum indicum* L.) in Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(9): 2992-3000.
- Mitchell, G.A., Bingham, F.T. and Yermanos, D.M. 1974. Growth, mineral composition and seed characteristics of sesame as affected by nitrogen, phosphorus, and potassium Nutrition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 38 (6), 925–931.
- Mitra, S. and Pal, A. K. 1999. Water use and productivity of summer sesame as influenced by irrigation and nitrogen. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 47(3): 400-404.
- Mondal, D.K., Sounda, G., Panda, P.K., Ghosh, P., Maitra, S., Roy, D.K., 1997. Effect of different irrigation levels and nitrogen doses on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Indian Agriculturist* 41(1), 15-21.
- Monsant, A. C., Tang, C., and Baker, A. J. M. 2008. The effect of nitrogen form on rhizosphere soil pH and zinc phytoextraction by *Thlaspi caerulescens*. *Chemosphere* 73(5), 635-642.
- Moran, K. 2004. Micronutrient product types and their development. *Proceedings No. 545, International Fertiliser Society*, 1-24, York, UK.

- Morini, M. S. C., Bueno, O. C., Bueno, F. C., Leite, A. C. Hebling, M. J. A., Pagnocca, F. C., Fernandes, J. B., Vieira P. C. and Silva, M. F. G. F. 2005. Toxicity of sesame seed to leaf-cutting ant *atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 45(1), 195-204.
- Mortvedt, J. J. and Gilkes, R.J. 1993. Zinc Fertilizers. In: Robson AD (ed) *Zinc in soils and plants*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp 33–44
- Munir, Z., Ashraf, I, Khan, M.I., Shahzad, B., Cheema, A.S. 2022. Zinc Bio-fortification of Wheat through Zinc Application Methods and Nitrogen Rates. *Journal of Plant and Environmental Sciences*.
- Nahar, Z., Mistry, K.K., Saha, A.K. and Khaliq, Q.A. 2008. Response Of Nitrogen Levels On Yield Of Sesame (*Sesamum indicum* L.). *SAARC Jn. of Agri.*, 6(1).
- Nalini, P., Bhavana, G. and Girish, C.P. 2013. Enhanced yield and nutritional enrichment of seeds of *Pisum sativum* L. through foliar application of zinc. *Scientia Horti.*, 164: 474-483.
- Narimani, H., M.M. Rahimi, A. Ahmadikhah and B. Vaezi, 2010. Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield components of durum wheat. *Arch. Appl. Sci. Res.*, 2(6): 168-176.
- Nasim, W., Ahmad, A., Bano, A., Olatinwo, R., Usman, M., Khaliq, T., Wajid, A., Hammad, H.M., Mubeen, M. ve Hussain, M., 2012. Effect of Nitrogen on Yield and Oil Quality of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Hybrids under Sub Humid Conditions of Pakistan. *American Journal of Plant Sciences*, 3, 243-251.
- Ngozi, U. F. 2013. The role of biofortification in the reduction of micronutrient food insecurity in developing countries. Vol. 12(37), pp. 5559-5566, 11 September 2013.
- Noorka, I.R., S. Rehman, J.R. Haidry, I. Khaliq, S. Tabassam and M. Din. 2009. Effect of water stress on physico-chemical properties of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. J. Bot.*, 41(6): 2917-2924.
- Obreza, T. A. and Vavrina, C. S. 1993. Production of Chinese cabbage in relation to nitrogen Source, Rate and Leaf nutrient concentration in *Soil Science and Plant Analysis*. 24: 13-14. Cited from *Hort. Abstr.*, 64 (4): 2751.
- Ogundere, S. K., Ayodele, F. G., and Oloniruha, J. A. 2015. “Effect of time of sowing and urea application rate on the growth and yield of two varieties of sesame (*Sesamum indicum*) in Ejiba Kogi state, Nigeria, *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, 11 (4), 118–123.
- Ohya, T. and Sueyoshi, K. 2010. Nitrogen as a major essential element of plants. *Nitrogen Assimilation in Plants*. (pp.1-18)
- Okpara, D.A., Muoneke, C.O. and Ojikpong, T.O. 2007. Effects of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Rates on the Growth And Yield of Sesame (*Sesamum*

- Indicum L.*) in the Southheastern Rainforest Belt of Nigeria. Cross River University of Technology, Obubra Campus, Cross River State, Nigeria.
- Olowe, V. I. O. and Adeyemo, A. Y. 2009. Enhanced crop productivity and compatibility through intercropping of se and sunflower varieties. *Annals of Applied Biology*, 155(2), 285–291.
- Olesegun A., Yerokun A. and Chirwa M. 2014. Soil and foliar application of zinc to maize and wheat grown on a Zambian Alfisol. *African Journal of Agricultural Research*, 9(11):963-970.
- Olsen, S.R. and Sommers, E.L., 1982. Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonate, *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*. Edit: A.L. Page, P.H. Miller, D.R. Keeney, 404-430.
- Orman, Ş. 2016. Kültür Bitkileri Yetiştiriciliğinde Biyofortifikasyon. *Çukurova Tarım Gıda Bil. Der.* 31(3): 221-227.
- Öngören, Ç.S. ve Kahramanoğulları, T.C. 2024. Sürdürülebilir Yem Bitkileri Yetiştiriciliğinde Biyofortifikasyon Uygulamaları. *Ziraat ve Temel Bilimler Alanında Sürdürülebilir Yaklaşımlar*. Sayfa No:15-38.
- Ören, G. ve Çelik, H.2018. Toprağa Artan Dozlarda Uygulanan Azot Ve Potasyumun High-Oleik Ve Normal Ayçiçeği Çeşitlerinin Gelişimi Ve Kaldırılan Kimi Besin Elementi Miktarları Üzerine Etkisi. *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Öz, M. 2022. XI-XX Yüzyıllar Arasında Manavgat’ın Sosyo-Ekonomik Gelişimi. *Dionysos yayınları*:9346.
- Özdemir, G., Erdem, H. ve Ekbiç Bilir, H. 2011.Effect of different zinc application methods on leaf Zn, Fe, Cu and Mn concentrations of ungrafted and grafted Flame Seedless grapevine cultivar and rootstocks (*Vitis sp.*). *Journal of Food Agriculture and Environment*. Vol.9 (2): 217-222.
- Parwar P.R., Pathi, R.A., Khanvilkar, S.A., Mahadkar, U.N. and Bhagat, S.B. 1993. Effect of different levels of nitrogen and phosphorous on yield and quality of sesamum. *J. Maharashtra Agric. Univ.*, 18: 310-1.
- Pathak, N., Rai, A. K., Kumari, R., and Bhat, K. V.2014. Value addition in sesame: A perspective on bioactive component enhancing utility and profitability. *Pharmacognosy Reviews*, 8(16), 147-155.
- Peck, N.H., Grunes, D.L., Welch, R. M. and MacDonald, G.E. 1980. Nutritional quality of vegetable crops as affected by phosphorus and zinc fertilizers. *Agron. J.*, 72, 528-534.
- Pfeiffer, W.H. and McClafferty, B. 2007. HarvestPlus: Breeding crops for better nutrition. *Crop Sci.*, 47: S88–S105.

- Radwan M.A., E.K. El-Maadawy, S.I. Kassem and M.M. Abu-Elamayem. 2009. Oil cakes soil amendment effects on *Meloidogyne incognita*, root-knot nematode infecting tomato. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 42 (1): 58-64.
- Pahlavan RMR & Pessarakli M 2009. Response of wheat plants to Zinc, Iron and manganese applications and uptake and concentration of zinc, iron and manganese in wheat grains. *Commun. Soil Sci Plant Anal* 40: 1322-1332.
- Ramakrishnan, A., Sundaramand, A. and Appavoo, K. 1994. Influence of fertilization on yield and components of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Madras. Agric. J.*, 81: 696-8.
- Ramanathan, S.P. and B. Chandrasekaran, 1998. Effect of Nipping, Plant Geometry and Fertilizer on Summer Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Indian J. Agron.* 43(2): 329-332.
- Rashid, A., Ram, H., Zou, C.Q., Rerkasem, B., Duarte, A.P, Simunji, S., Yazici, A., Guo, S., Rizwan, M., Bal, R.S. and et.al.2019. Effect of zinc-biofortified seeds on grain yield of wheat, rice, and common bean grown in six countries. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*1-14
- Rehman, A., Farooq, M. 2016. Zinc seed coating improves the growth, grain yield and grain biofortification of bread wheat. *Acta Physiol Plant* 38:238.
- Rehman, A., Farooq, M., Ozturk, L., Asif, M., Siddique, K.H. 2018. Zinc nutrition in wheat-based cropping systems. *Plant Soil* 422:283-315.
- Palmgren, M. G., Clemens, S., Williams, L. E., Krämer, U. and Borg, S. 2008. Zinc biofortification of cereals: problems and solutions. *Trends in Plant Science* 13: 464–473.
- Peoples, M.B. and Craswell, E.T. 1992. Biological nitrogen fixation: Investments, expectations and actual contributions to agriculture. *Plant Soil*, 141:13-39.
- Peoples, M.B. and Herridge, D.E., Ladha, J.K. 1995. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant and Soil*, 174:3-28.
- Phattarakul, N., Rerkasem, B., Li, L. J., Wu, L. H., Zou, C. Q., Ram, H., Sohu V.S., Kang, B. S., Surek, H., Kalayci, M., Yazici, A., Zhang, F. S. and Cakmak, I. 2012. Biofortification of rice grain with zinc through zinc fertilization in different countries. *Plant Soil* 361:131-141.
- Qureshi, M.T., Ahmad, M.F., Iqbal, N., Waheed, H., Hussain, S., Brestič, M., Anjum, A. and Noorka, I.R. 2021. Agronomic bio-fortification of iron, zinc and selenium enhance growth, quality and uptake of different sorghum accessions. *Plant, Soil and Environment*, 67(10):549-557.

- Robinson, R. G. 1973. Elementel composition and response to nitrogen of sunflower and corn. *Agronomy J* 65, 318-320.
- Ravuri, V. and Hume, D.J. 1993. Soybean stover nitrogen affected by dinitrogen fixation and cultivar. *Agron J.* 85:328-333.
- Ryu, S.N., Kim, K.S. and Kang, S.S. 2003. Growth inhibitory effects of sesamol from sesame seeds on human leukemia HL-60 cells. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 34: 237-241.
- Sabancı, S.2012. Alanya ve Manavgat’ın İklim Özellikler İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı.Yüksek Lisans Tezi.
- Saharia, P. and Bayan, N.C. 1996. Production potential of sesamum (*Sesamum indicum* L.) as influenced by weeds management and nitrogen level. *J. Agric. Sci. Society of N.E.*, 9: 199-01.
- Saedi, G.H. 2002. The investigation of seed yield genetic variation and other agronomy properties in linum genotypes with edible oil in Esfahan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 5, 107–109.
- Salama, A.M. and Buzas, I. 1987. Effect of growth regulators and NPK fertilizers on the trace element contents of sunflower in calcareous soils. *Acta Agronomica Hungarica*, Vol. 36, No. 1-2, 37-42 ref. 11.
- Sanchez-Palacios, J.T., Henry, D., Penrose, B. and Bell, R. 2023. Formulation of zinc foliar sprays for wheat grain biofortification: a review of current applications and future perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1247600.
- Santos M. G. Souza, E.G.F., Souza, L.V., Pereira, L.A.F., Souza, A.R.E., Barros J. A. P., Neto, F.B. and Silveira, L.M. 2020. Nitrogen fertilization on the agro-economic performance of sesame in the Brazilian semiarid. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.56, e01928,
- Sanya, D.R.A. and Amadji, L.G.2018.Application of cow manure and inorganic fertilizer in one season and carryover of effects in sesame on tropical ferruginous soils. *African Journal of Agricultural Research* ,Vol. 13(41), pp. 2207-2223.
- Sarkar, R.K. and Pal, P.K. 2005. Effect of crop geometry, fertility level and nipping on physiological parameters in relation to productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 75(3):143-6.
- Sarwar, M. 2011. Effects of zinc fertilizer application on the incidence of rice stem borers (*Scirpophaga* species) (Lepidoptera: Pyralidae) in rice (*Oryza sativa* L.) crop. *J Cereals Oilseeds* 2:61–65.
- Savaşlı E, Önder Ö, Çekiç C, Kalaycı HM, Dayıoğlu R, Karaduman K, Gökmen F, Dursun N. and Gezgın S. 2017. The Effects of Foliar Nitrogen Treatments at Heading Stage on Grain Protein Contents of Bread Wheat Cultivars. *Selcuk J Agr Food Sci*, 31(1): 42-47.

- Savaşlı, E., Önder, Ö., Çekiç, C., Kalaycı, H.M., Dayıoğlu, R., Karaduman, K., Gökmen, F., Dursun, N. ve Gezgın, S. 2018. Sulu Şartlarda Ekmeklik Buğdayda Başaklanma Döneminde Yaprak Solüsyon Uygulamasının Tane Protein Kapsamı Üzerine Etkisi. Türk Tarım-Gıda Bil ve Tek.Der. 6(1): 84- 90.
- Sayyad, A.P. and Ehsanzadeh, P. 2008. The Effect of Nitrogen on Seed and Oil Yield of Seven Sesame (*Sesamum indicum* L.) Genotypes in Isfahan. International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, 2008. p:581-586.
- Schwartz, C., Echevarria, G. and Morel, J. L. 2003. Phytoextraction of cadmium with *Thlaspi caerulescens*. Plant and Soil 249, 27-35.
- Shah, A. N., Iqbal, J., Ullah, A., Yang, G., Yousaf, M., Fahad S., Tanveer, M., Hassan, W., Tung, S. A., Wang, L., Khan and Wu, Y. 2016. Allelopathic potential of oil seed crops in production of crops: A review. Environmental Science and Pollution Research, 23(15), 14854-14867.
- Shehu, H.E., Kwarı, J.D. and Sandabe, M.K. 2010. Effects of N, P and K Fertilizers on Yield, Content and Uptake of N, P and K by Sesame (*Sesamum indicum*) International Journal of Agriculture & Biology 12 (6): 845-850.
- Shilpi, S., Islam, M.N., Sutradhar, G.N.C., Husna, A. and Akter, F. 2012. Effect of Nitrogen and Sulfur on the Growth and Yield of Sesame. International Journal of Bio-resource and Stress Management, 3(2):177-182
- Shilpi, S.M., 2014. Response of Nitrogen and Sulfur on the Oil Content of Sesame and Nutrient Status of Soil, International Journal of Bio-resource and Stress Management, 5(1):041-046.
- Shilpi, D., Jahiruddin, M., Rafiqul Islam, M., Al Mahmud, A., Hossain, A., M. Laing, A. 2020. Zinc Biofortification in the Grains of Two Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties Through Fertilization. Acta Agrobotanica, Article ID: 7312.
- Shirazy, B.J., Islam, M.M., Haque, M.A., Mahbub, M.M. and Somee, T.A. 2015. Influence of Combined Effect of Nitrogen and Micronutrients on Yield and Yield Contributing Characters of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Botany Research International 8 (4): 73-76.
- Shivay, Y.S., Kumar, D. and Prasad, R. 2008. Effect of zinc enriched urea on productivity, zinc uptake and efficiency of an aromatic rice-wheat cropping system. Nutrient Cycling in Agroecosystems 81, 229-243.
- Shukla, A.K., Behera, S.K., Pakhre, A., Chaudhari, S.K. 2018. Micronutrients in soils, plants, animals and humans. Indian J Fertilisers 14:30–54.
- Sinharoy, A., Samui, R.C., Ahsan, A.K. and Roy, B. 1990. Effect of different sources and levels of nitrogen on yield attributes and yield of sesame varieties. Environment and Ecology 8: 211- 215.

- Singh A. L., Sushmita Chaudhari, V. and Patel, C. B. 2020. High Zinc Density Groundnut Cultivars: A Solution To Zn Malnutrition. *Journal Of Oilseeds Research* 37(1):105.
- Singh, K. 1986. The critical level of zinc in soil and plant for predicting response of cluster bean to zinc fertilization. *Plant and Soil* 94, 285-288.
- Smith, S., Read, D.J., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*, Third Edition (Hardcover). Academic Press is an imprint of Elsevier, New York, 800 p.
- Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., Pisante, M. 2017. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Biol. Technol. Agric.* 4(2):1-13.
- Storsdieck gennant Bonsmann, S. and R.F. Hurrell. 2008. The impact of trace elements from plants on human nutrition: a case for biofortification. In G. Banuelos and Z-Q Lin (eds.). *Development and uses of biofortified agricultural products*. Boca Raton, USA: CRC Press.
- Subramanian, A., Sankaran, S. and Kulandaiveiv, R. 1979. Yield of sesamum (*Sesamum indicum* L.) to nitrogen fertilizer application. *Indian Agriculturist*, 23: 43-8.
- Sumathi, V. and Jaganadham, A. 1994. Effect of nitrogen levels on yield, dry matter and nitrogen uptake by sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties. *J. Res. Agron.*, 27: 63-6.
- Tan, A. Ş. 2012. *Susam Tarımı*. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları, No: 146.
- Taşan, M. ve Geçgel, Ü. 2007. Karışım Sıvı Yağların Yağ Asiti Bileşimlerinin İncelenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1):1.
- Tenyang, N., Ponka, R., Tiencheu, B., Djikeng, F. T., Azmeera, T., Karuna, M. S. L., Prasad, R. B. N. and Womeni, H. M. 2016. Effects of boiling and roasting on proximate composition, lipid oxidation, fatty acid profile and mineral content of two sesame varieties commercialized and consumed in Far-North Region of Cameroon. *Food Chemistry*, 221, 1308-1316.
- Thomison, P. R., Geyer, A. B., Bishop, B. L., Young, J. R. and Lentz, E. 2004. Nitrogen fertility effects on grain yield, protein, and oil of corn hybrids with enhanced grain quality traits. By: Crop Management, (November), St. Paul: Plant Management Network, 1-7.
- Thun, R., Hermann, R. and Knickman, E. 1955. *Die Untersuchung Von Boden*. Neuman Verlag, Radelbeul und Berlin, s: 48-48.
- Tian, X., Li, Y. 2024. Theory and technology of zinc and selenium biofortification of wheat grain on calcareous soil and the challenges for extension[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 30(7): 1295-1306.
- Tripathi, H.C., Pathak, R.K., Kumar, A. and Dimree, S. 2011. Effect of sulphur and zinc on yield attributes, yield and nutrient uptake in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Annals of Plant and Soil Research*, 13(2), 134-136.

- Turan, M. ve Horuz A.2012. Bitki beslemenin temel ilkeleri. Bitki Besleme, Ankara: Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi).
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Tarımsal Veriler. 2022-2023.<https://www.tuik.gov.tr>.
- Tong, Y., Gabriel–Neumann, E., Krumbein, A., Ngwene, B., Geor E. and Schreiner, M. 2015. Interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and intercropping with sesame (*Sesamum indicum*) on the glucosinolate profile in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Environmental and Experimental Botany*, 10 288–295.
- Ullah, A., Farooq, M., Rehman, A., Hussain, M., Siddique, K.H.M. 2020. Zinc nutrition in chickpea: a review. *Crop Pasture Sci*.
- Umar, U.A., Mahmud, M., Abubakar, I.U., Babaji, B.A. and Idris, U.D. 2012. Performance of Sesame (*Sesamum indicum* L) Varieties as Influenced by Nitrogen Fertilizer Level and Intra Row Spacing. *The Pacific Journal of Science and Technology*, Volume 13. Number 2.
- Von, Wiren N., Klair, S., Bansal, S., Briat, JF., Khodr, H., Shioiri, T., Leigh, RA. and Hider, RC. 1999. Nicotianamine chelates both Fe-III and Fe-II. Implications for metal transport in plants. *Plant Physiology* 119: 1107-1114.
- Wacal, C., Basalirwa, D., Okello–Anyanga, W., Murongo, F., Namirembe, C. And Malingumu, R. 2021. Analysis o sesame seed production and export trends; challenges and strategies towards increasing production in Uganda. *Oilseeds and Fats Crops and Lipids*, 28, 4.
- Wacal, C., Musinguzi, SP., Ewaju, E., Atibo, C., Alowo, D., Alipa, J. and Waters, D.B. 2024. Unravelling the potential benefits of sesame (*Sesamum indicum* L.) in cropping systems, nutritional, health, and industrial uses of its seeds – a review, *Cogent Food & Agriculture*, 10:1, 2360766.
- Waters, B.M. and Grusak, M.A. 2008. Whole-plant mineral partitioning throughout the life cycle in *Arabidopsis thaliana* ecotypes Columbia, Landsberg erecta, Cape Verde Islands, and the mutant line. *New Phytologist*, 177(2): 389-405.
- Wei, P., Zhao, F., Wang, Z., Wang, Q., Chai, X., Hou, G. and Meng Q. 2022. Sesame (*Sesamum indicum* L.): A Comprehensive Review of Nutritional Value, Phytochemical Composition, Health Benefits, Development of Food, and Industrial Applications. *Nutrients* 14, 4079.
- Welch, R.M., W.A. House, and W.H. Allaway. 1974. Availability of zinc from pea seeds to rats. *J. Nutr.* 104:733–740.
- White, P.J. and Broadley M.R. 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends Plant Sci* 10:586–593.
- White P.J. and Broadley M.R. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol* 182:49–84.

- White, P. J. and Broadley, M. R. 2011. Physiological limits to zinc biofortification of edible crops. The James Hutton Institute, Dundee, UK 2 Plant and Crop Sciences Division, University of Nottingham, Loughborough, UK.
- WHO. 2022. Codex Alimentarius Commission. Joint Fao/Who foods Standards Programme. <https://www.fao.org>
- WHO. 2023. Levels and trends in child malnutrition. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/368038/9789240073791>. [Son erişim tarihi: 12.10.2024].
- Wissuwa, M., Islam, A. M. and Graham, R. D. 2008. Rice grain zinc concentrations as affected by genotype, native soil-zinc availability, and zinc fertilization. *Plant and Soil*, The Hague, v. 306, n. 1-2, p. 37-48.
- Xue, Y., Yue, S. C., Zhang, Y. Q., Cui, Z. L., Chen, X. P., Yang, F. C., Cakmak, I., Mcgrath, S. P., Zhang, F. S. and Zou, C. Q. 2012. Grain and shoot Zn accumulation in winter wheat as affected by nitrogen management. *Plant and Soil*, The Hague, v. 261, n.1-2, p. 153-163.
- Yalın, S.B. 2016. Antalya İlinde Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Kışlık Ekmeklik Buğday Bitkilerinin Besin Elementi Konsantrasyonları İle Bazı Kalite Unsurları Arasındaki İlişkilerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi.
- Yağmur, B. ve Aydın, Ş. 2021. Çinko (Zn) uygulamalarının marul (*Lactuca Sativa* L.) bitkisinin bazı yaprak besin element içeriklerine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 9(1):57 – 63.
- Yavaş, İ. ve Ünay A. 2017. Baklagillerde Kök, Nodül Oluşumu ve Azot Fiksasyonu Üzerine Bazı Küresel İklim Değişikliği Parametrelerinin Etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 2018, 4(2): 270 – 278.
- Yermanos, D. M., Hemstreet, S., Salieb, W. and Huszar, C. K. 1972. Oil content and composition of the seed in the world collection of sesame introductions. *Jour. Amer. Oil. Chem. Soc.*, 49: 20-25.
- Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gultekin, I., Karanlik, S., Bagci, S.A., Cakmak, I. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat grown on zinc-deficient calcareous soils in Central Anatolia. *J Plant Nutr* 20:461–471.
- Yilmaz, A., Ekiz, H., Gultekin, I., Torun, B., Barut, H., Karanlik, S. and Cakmak, I. 1998. Effect of seed zinc content on grain yield and zinc concentration of wheat grown in zinc-deficient calcareous soils. *J Plant Nutr* 21:2257–2264.
- Yogranjan, S., G. K., Marabi, R. S., Mishra, M. K. and Mishra, S. P. 2014. Global resurgence of sesame (*Sesamum indicum* L.) Utilization: a current scenario. *Indo-America Journal of Agricultural and Veterinary Sciences*, 2(3), 2321– 9602.

- Yol, E. 2011. Dünya Susam Koleksiyonunun Agro-morfolojik ve Kalite Özellikleri Bakımından Karakterizasyonu ve Genetik Çeşitliliğin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Yoshida, S., Ahn, J.S. and Forno, D.A. 1973. Occurrence, Diagnosis, And Correction Of Zinc Deficiency Of Lowland Rice. *Soil Science and Plant Nutrition*, 19:2, 83-93,
- Yoshida, H. and Takagi, S. 1997. Effects of seed roasting temperature and time on quality characteristics of sesame (*Sesamum indicum*). *Oil. J. Sci. Food Agric.*, 75: 19-26.
- Yoshizawa, T. C. H. M and Roan, Y. C. 1981. Management of Summer Pulse in Taiwan. AVRDC, Shanhua, Taiwan, p. 125.
- Zenawi, G. and Mizan. 2019. Effect of Nitrogen Fertilization on the Growth and Seed Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Hindawi International Journal of Agronomy* Volume 2019, Article ID 5027254, 7 pages.
- Zhang Y.Q., Deng, Y., Chen, R.Y., Cui, Z.L., Chen, X.P., Yost, R., Zhang, F.S. and Zou, C.Q. 2012. The reduction in zinc concentration of wheat grain upon increased phosphorus-fertilization and its mitigation by foliar zinc application. *Plant Soil*, 361(1):143-152.
- Zhang, H., Miao, H., Wang, L., Qu, L., Liu, H., Wang, Q. and Yue, M. 2013. Genome sequencing of the important oilseed crop *Sesamum indicum* L. *Genome Biology*, 14:401.
- Zhao, F.J., Su, Y.H., Dunham, S.J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S.P., Shewry, P.R. 2009. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *J Cereal Sci* 49:290–295.
- Zou C.Q., Zhang Y.Q., Rashid A., Ram H., Savasli E., Arisoy R.Z., Ortiz-Monasterio I., Simunji S., Wang Z.H., Sohu V., Hassan M., Kaya Y., Onder O., Lungu O., Mujahid M.Y., Joshi A.K., Zelenskiy Y., Zhang F.S., Cakmak I. 2012. Biofortification of wheat with zinc through zinc fertilization in seven countries. *Plant and Soil*, 361: 119–130.

## ÖZGEÇMİŞ

Şule HAN

### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

|                            |                                                                                                        |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doktora<br>2018-2024       | Akdeniz Üniversitesi<br>Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya |
| Yüksek Lisans<br>2013-2016 | Akdeniz Üniversitesi<br>Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya |
| Lisans<br>1995-2000        | Atatürk Üniversitesi<br>Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Erzurum                          |

### MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

|                                       |                                                               |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ziraat Mühendisi<br>2012-Devam Ediyor | Tarım ve Orman Bakanlığı<br>Manavgat İlçe Müdürlüğü, Antalya  |
| Ziraat Mühendisi<br>2004-2012         | Tarım ve Orman Bakanlığı<br>Refahiye İlçe Müdürlüğü, Erzincan |

## **ESERLER**

### **Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler**

1. Han, Ş., Sönmez, İ., Qureshi, M., Güden, B., Gangurde, S.S., Yol, E. (2024). The effects of foliar amino acid and Zn applications on agronomic traits and Zn biofortification in soybean (*Glycine max* L.). *Frontiers in Plant Science*, 15:1-12. [Doi: 10.3389/fpls.2024.1382397](https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1382397)

### **TR-Dizin tarafından indekslenmiş dergilerde yayımlanmış özgün araştırma / derleme makalesi**

1. HAN, Ş., SÖNMEZ, İ. 2019. Manavgat Yöresinde Örtüaltı Domates (*Solanum lycopersicum*) Yetiştiriciliğinde Beslenme Durumlarının Değerlendirilmesi. *DERİM*, 36(1), 88-98.

### **Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler**

1. Han, Ş., Sönmez, İ. 2019. Manavgat yöresinde domates yetiştirilen sera topraklarının tuzluluğunun dönemsel değişiminin izlenmesi. 8. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 12-15 Mart 2019, Antalya, s.47 (Özet Bildiri)