T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YAZLIK BUĞDAYDA FARKLI GELİŞİM DÖNEMLERİNDE UYGULANAN SULAMALARIN VE AZOT DOZLARININ BUĞDAY VERİMİ VE KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Hazırlayan
Mahmood ESHAQZAI

Danışman
Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

Yüksek Lisans Tezi

Temmuz 2024
KAYSERİ

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YAZLIK BUĞDAYDA FARKLI GELİŞİM DÖNEMLERİNDE UYGULANAN SULAMALARIN VE AZOT DOZLARININ BUĞDAY VERİMİ VE KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Hazırlayan
Mahmood ESHAQZAI

Danışman
Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

Temmuz 2024
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Mahmood ESHAQZAI

İmza

“Yazlık Buğdayda Farklı Gelişim Dönemlerinde Uygulanan Sulamaların ve Azot Dozlarının Buğday Verimi ve Kalitesi Üzerindeki Etkileri” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Mahmood ESHAQZAI	Prof. Dr. Mahmut KAPLAN
İmza	İmza

Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Satı UZUN

İmza

TEŞEKKÜR

Akademik yolculuğum boyunca aileme sonsuz teşekkürlerimi sunmak isterim. Onların cesaretlendirmeleri ve anlayışları benim için çok değerli oldu.

Tezimdeki şekillenmesinde yol gösterici olan danışmanım Prof. Dr. Mahmut KAPLAN'a derin bir minnettarlık duyuyorum. Onun rehberliği, uzmanlığı ve sabrı, sadece araştırma becerilerimi geliştirmekle kalmadı, aynı zamanda mükemmeliyet için çabalamamı da teşvik etti.

Ayrıca, Dr. Öğr. Üyesi İhsan Serkan VAROL ve Dr. Rıdvan TEMİZGÜL 'e içten teşekkürlerimi sunarım. Onların değerli geri bildirimleri ve yapıcı eleştirileri, bu çalışmanın geliştirilmesine önemli katkılarda bulundu. Akademik titizlikleri ve zihinsel merakları beni her zaman etkilemiştir.

Dahası, araştırma çalışmalarında sağladıkları kıymetli yardım ve sürekli desteği için dostlarım Dr. Beyza ÇİFTCİ'ye ve Abdullah ÜNAL'a derin şükranlarımı sunuyorum.

Son olarak, beni büyük ve küçük her türlü destekleriyle yanımda olan herkese minnettarım. İnançları, benim için sürekli bir motivasyon kaynağı olmuştur.

Mahmood ESHAQZAI

Temmuz 2024, KAYSERİ

YAZLIK BUĞDAYDA FARKLI GELİŞİM DÖNEMLERİNDE UYGULANAN SULAMALARIN VE AZOT DOZLARININ BUĞDAY VERİMİ VE KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Mahmood ESHAQZAI

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2024
Danışman: Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

ÖZET

Buğday, küresel gıda güvenliğinde, verim ve kaliteyi etkileyen faktörler arasında önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, buğdayın farklı büyüme dönemlerinde uygulanan farklı sulama zamanları ve azot dozlarının etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, dokuz farklı sulama dönemi (tam sulama, kardeşlenme+çiçeklenme, sapa kalkma, gebecik, başaklanma, çiçeklenme, süt olum, çiçeklenme+hamur olum ve yağmur) ve dört farklı azot dozu (8, 12, 16 ve 20 kg/da) uygulaması yapılarak yürütülmüştür. Kardeş sayısı, tane verimi, biyolojik verim, bitki boyu, yüz tane ağırlığı ve başaktaki tanesayısı gibi morfolojik parametreler ve gluten içerikleri ele alınarak sulama ve azot dozunun bitki gelişimi ve içerdiği gluten miktarları açısından kıyaslanması yapılmıştır. Sonuçlar, tam sulamanın, özellikle en yüksek azot dozu (N20) ile birlikte uygulandığında, incelenen çoğu parametrede en yüksek değerleri sağladığını göstermiştir. Bu durum, buğdayın büyüme mevsimi boyunca yeterli su ve besin kaynağının önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, sulama dönemi ve azot dozlarının etkileşiminin, özellikle yüksek ve düşük moleküler ağırlıklı glutenlerin birikimi olmak üzere, tane protein bileşimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Bu bulgular, buğday verimini ve kalitesini en üst düzeye çıkarmak için sulama ve azot yönetimi stratejilerinin hassas bir şekilde ayarlanması gerektiğini göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçları, buğday yetiştiriciliğinde optimum verim ve kalite elde etmek için sulama ve azot uygulamalarının optimize edilmesine yönelik pratik öneriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Buğday verimi, sulama zamanlaması, azot dozu, tahıl proteini bileşimi, gluteninler, sürdürülebilir buğday üretimi**.**

THE EFFECTS OF IRRIGATION AND NITROGEN DOSAGES APPLIED AT DIFFERENT DEVELOPMENT STAGES OF SUMMER WHEAT ON GRAIN YIELD AND QUALITY

Mahmood ESHAQZAI

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, July 2024
Supervisor: Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

ABSTRACT

Wheat plays a crucial role in global food security, and factors influencing its yield and quality are of great importance. This study investigated the effects of different irrigation timings and nitrogen doses applied during various growth stages of wheat. The study involved nine different irrigation timings (full irrigation, tillering + flowering, stem elongation, booting, heading, flowering, milk stage, flowering + dough stage, and rain-fed) and four different nitrogen doses (8, 12, 16, and 20 kg/da). Morphological parameters such as tillering, grain yield, biomass, plant height, hundred-grain weight, and seeds per spike were evaluated, along with gluten content, to compare the effects of irrigation and nitrogen dose on plant growth and gluten levels. The results indicated that full irrigation, especially when combined with the highest nitrogen dose (N20), yielded the highest values in most of the examined parameters. This highlights the importance of adequate water and nutrient supply throughout the wheat growing season. Furthermore, the interaction between irrigation timing and nitrogen dose was found to have a significant impact on grain protein composition, particularly the accumulation of high and low molecular weight glutens. These findings suggest that irrigation and nitrogen management strategies need to be fine-tuned to maximize wheat yield and quality. The results of this study provide practical recommendations for optimizing irrigation and nitrogen applications to achieve optimum yield and quality in wheat cultivation.

Keywords: Wheat yield, irrigation timing, nitrogen dose, grain protein composition, glutenins, sustainable wheat production.

İÇİNDEKİLER

BUĞDAYDA FARKLI GELİŞİM DÖNEMLERİNDE UYGULANAN SULAMALARIN VE AZOT DOZLARININ BUĞDAY VERİMİ VE KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

KABUL VE ONAY iii

TEŞEKKÜR iv

ÖZET v

ABSTRACT vi

İÇİNDEKİLER vii

KISALTMALAR ix

TABLOLAR LİSTESİ x

ŞEKİLLER LİSTESİ xi

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Literatür Taraması 4

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. MATERYAL 10

2.1.1. Deneme Alanı ve Toprak Özellikleri 10

2.1.2. Bitki Ekimi 10

2.1.3. Sulama Dönemi ve Azot Dozları 11

2.2. YÖNTEM 12

2.2.1. Bitki Morfolojik Gözlemleri ve Hasadı.....12

2.2.2. Protein ve Glüten İçerik Analizi.....13

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Sulama ve Bitki Su Tüketimi 14

3.2. Kardeşlenme (adet).....16

3.3. Başakta tane ağırlığı (gr).....22

3.4. Biyolojik verim (kg/da).....23

3.5. Bitki boyu (cm).....27

3.6. Yüz dane ağırlığı (gr).....30

3.7. Başakta tane sayısı 32

3.8. Bant profillerine bağlı olarak yorumlar 36

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma.....49

4.2. Sonuç ve Öneriler.....68

KAYNAKÇA.....70

KISALTMALAR

CWP : Bitki Su Üretkenliği (Crop Water Productivity)

DAP : Diamonyum fosfat (Diamonium phosphate)

EC : Elektron iletkenliği (Electron conductivity)

ET : Evapotranspirasyon (Evapotranspiration)

FAO : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of United Nations)

GS : Büyüme dönemi (Growth Stage)

GY : Tane Verimi (Grain Yield)

HI : Hasat İndeksi (Harvest Index)

HMW – GS : Yüksek Moleküler Ağırlıklı Glutenin Alt Birimleri (High Molecular Weight Glutenin Subunits)

I : Sulama (Irrigation)

IWP : Sulama suyu verimliliği (Irrigation water productivity)

LAI : Yaprak alan indeksi (Leaf area index)

LMW – GS : Düşük Moleküler Ağırlıklı Glutenin Alt Birimleri (Low Molecular Weight Glutenin Subunits)

N: Azot

NF : Azotlu Gübre (Nitrogen Fertilizer)

NHI : Azot Hasat İndeksi (Nitrogen Harvest Index)

NUE : Azot kullanım verimliliği (Nitrogen Use Efficiency)

NutE : Besin kullanım verimliliği (Nutrient Use Efficiency)

PSMD : Bitkiye özgü moleküler dinamikler (Plant specific molecular dynamics)

SDS – Page : Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Elektroforezi (Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis)

WP: Su verimliliği (Water Productivity)

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Deneme alanının toprak özellikleri 11
Tablo 2. Sulama Uygulamalarına Göre Bitki Su Tüketimi 15
Tablo 3. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yetiştirilen buğdayın ortalama kardeş sayısı değerleri 16
Tablo 4. Farklı sulama-azot kombinasyonlarında buğday verimi 19
Tablo 5. Farklı sulama zamanları ve azot başakta tane ağırlığı 22
Tablo 6. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yetiştirilen buğdayın biyolojik verim değerleri 24
Tablo 7. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yetiştirilen buğdayın ortalama bitki boyu değerleri 27
Tablo 8. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yüz dane ağırlığı 30
Tablo 9. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile başakta tane sayısı 33
Tablo 10. Tam sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi 36
Tablo 11. Kardeşlenme-çiçeklenme döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi 38
Tablo 12. Sapa kalkma döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi 40
Tablo 13. Gebecik döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi 42
Tablo 14. Başaklanma döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi 44
Tablo 15. Çiçeklenme döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi 45
Tablo 16. Süt olum döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi 46
Tablo 17. Çiçeklenme-hamur olum döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi 47
Tablo 18. Yağmur sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi 48

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Farklı sulama zamanları ile kardeşlenme....17
Şekil 2 .Farklı azot dozları ile kardeşlenme....18
Şekil 3. Farklı sulama zamanları ile tane verimi....20
Şekil 4. Farklı azot dozları ile tane verimi....21
Şekil 5. Farklı sulama zamanları başakta tane ağırlığı....23
Şekil 6. Farklı azot dozları başakta tane ağırlığı....23
Şekil 7. Farklı sulama zamanları ile biyolojik verim....25
Şekil 8. Farklı azot dozları ile biyolojik verim....26
Şekil 9. Farklı sulama zamanları ile bitki boyu....28
Şekil 10. Farklı azot dozları ile bitki boyu....29
Şekil 11. Farklı sulama zamanları ile yüz dane ağırlığı....31
Şekil 12. Farklı azot dozları ile yüz dane ağırlığı....32
Şekil 13. Farklı sulama zamanları ile başakta tane sayısı....34
Şekil 14. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile başakta tane sayısı....34
Şekil 15. Farklı sulama ve farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin SDS-PAGE bant profilleri (S1×N8 - S6×N8)....37
Şekil 16. Farklı sulama ve farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin SDS-PAGE bant profilleri (S7×N8 - S3×N12)....39
Şekil 17. Farklı sulama ve farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin SDS-PAGE bant profilleri (S4×N12 - S6×N16)....41
Şekil 18. Farklı sulama ve farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin SDS-PAGE bant profilleri (S7×N16 - S9×N20)....43

GİRİŞ

Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.), tarımın gelişiminde ve insan uygarlığının ilerlemesinde hayati bir rol oynayan ve büyük bir öneme sahip bir tahıl türü olarak bilinmektedir. Dünya nüfusunun önemli bir bölümünü yüzyıllar boyunca besleyen birincil gıda kaynağı olarak hizmet veren buğday, bu kritik rolünü günümüzde de sürdürmektedir (Turaev vd., 2023; Verma vd., 2018). Buğdayın insanlık tarihindeki önemi, sadece yüksek besin değeri ile ilgili değil, aynı zamanda çeşitli iklim ve toprak koşullarına uyum sağlama yeteneğinden de kaynaklanmaktadır. Bu adaptasyon kabiliyeti, buğdayın dünya genelinde farklı coğrafyalarda ve kültürlerde temel bir gıda haline gelmesini sağlamıştır (Giraldo vd., 2019; Roumia vd., 2023)

Küresel nüfusun sürekli artması ve buna bağlı olarak gıda ihtiyacının da yükselmesi, buğday verimi ve kalitesinin optimize edilmesini tarım araştırmacıları ve paydaşları için öncelikli bir hedef haline getirmiştir (El Jarroudi vd., 2014; Guo vd., 2019). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), artan nüfusu besleyebilmek için 2050 yılına kadar küresel gıda üretiminde yaklaşık %60'lık bir artış öngörmektedir (Alexandratos ve Bruinsma, 2012). Bu öngörü, buğday başta olmak üzere tarımsal, ürünlerin verimliliğini artırmak için yenilikçi tarım uygulamalarının ve sürdürülebilir kaynak yönetiminin benimsenmesinin aciliyetini vurgulamaktadır

Bu bağlamda, sulama ve azot dozlarının buğday yetiştiriciliği üzerindeki etkilerinin anlaşılması büyük önem kazanmıştır. Sulama ve azot gübrelemesi, buğdayın büyüme, gelişme ve verim potansiyelini doğrudan etkileyen iki kritik faktör olarak bilinmektedir. Etkin sulama uygulamaları, fotosentez, besin alımı ve tane dolumu gibi fizyolojik süreçler için gerekli olan optimum su miktarının bitkiye ulaşmasını sağlamaktadır. Azot ise, bitki metabolizmasında hayati bir rol oynayan ve bitki büyümesi ile tane gelişiminde kritik öneme sahip amino asitlerin, proteinlerin ve klorofilin sentezi için temel bir besin maddesi olarak tanımlanmaktadır (Yousaf vd., 2014).

Buğday verimliliğinin artırılması ve gıda güvenliğinin sağlanması, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi ve azotlu gübrelerin etkin kullanımı ile yakından ilişkilidir (Hatfield ve Beres, 2019). Özellikle yağışın yetersiz veya düzensiz olduğu bölgelerde, sulama yoluyla mahsullerin su ihtiyacının karşılanması kritik öneme sahiptir (Nikolaou vd., 2020). Azotlu gübrelerin uygulanması, buğday tanelerinin büyümesi, gelişimi ve kalitesi üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Ancak, aşırı veya yetersiz azot uygulaması; yatma, düşük tane kalitesi ve çevre kirliliği gibi olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir (J. Liu vd., 2024; M. Sainju vd., 2020). Bu nedenle, buğday verimini en üst düzeye çıkarmak ve çevresel etkileri en aza indirmek için azot uygulama oranlarının ve zamanlamasının optimize edilmesi gerekmektedir.

Sulama ve azot uygulamasının buğday verimi ve kalitesi üzerindeki etkileri arasındaki karmaşık etkileşimin, değişen çevresel koşullar ve buğdayın farklı büyüme dönemlerindeki etkileşiminin derinlemesine araştırılması gerektiğinin düşünülmesini ortaya çıkarmaktadır. Araştırmalar, sulama ve azot uygulamasının dönem ve miktarının, sadece buğday verimini değil, aynı zamanda protein içeriği, gluten gücü ve pişirme özellikleri gibi kalite parametrelerini de etkileyebileceğini ortaya koymuştur (Zhang vd., 2017). Bu bulgular, optimum verim ve kalite elde etmek için sulama ve azot uygulamasının hassas bir şekilde yönetilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

İklim değişikliğinin neden olduğu artan sıcaklıklar, değişen yağış modelleri ve düzensiz hava olayları, buğday üretimi üzerinde ek baskılar oluşturarak potansiyel verim kayıplarına yol açmaktadır. Bu zorluklar karşısında, sulama ve azot kullanım verimliliğini entegre eden uyarlanabilir yönetim stratejileri, buğday üretiminin sürdürülebilirliği açısından hayati önem taşımaktadır. Bu iki faktörün sinerjik etkilerinin araştırılması, değişen iklim koşulları altında yüksek verimliliği sürdürebilen dayanıklı tarım sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır (Lei vd., 2024; Sahoo vd., 2022; Tan vd., 2021)

Bu çalışmada, yazlık buğdayın verimi ve kalitesi üzerinde, özellikle gelişimin belirli aşamalarında uygulanan sulama ve azot dozlarının etkilerini araştırmayı amaçlamaktır. Sulama, azot ve buğday büyümesi arasındaki ilişkilerin incelenmesiyle, bu çalışma tarım tekniklerinin optimize edilmesine ve çiftçilik sistemlerinde buğday verimliliğinin artırılmasına katkı sağlayacak değerli bilgiler sunmayı hedeflemektedir. Bu araştırmanın

bulgularının, buğday üretim verimliliğini artırmaya yönelik pratik önerilerle çiftçilere, araştırmacılara ve politika yapıcılara yol göstermesi ve gelecekte istikrarlı ve yeterli gıda arzının sağlanmasına destek olması beklenmektedir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Literatür Taraması

Buğday, Orta Doğu'da 10.000 yıldan uzun bir süre önce ekilmeye başlanan en eski tarım ürünlerinden biridir. Buğdayın, ticaret ve insan göçü yoluyla dünyanın farklı bölgelerine yayıldığı düşünülmektedir (Jones ve Janssen, 2021).

Buğday, küresel olarak milyarlarca insan için temel bir gıda kaynağıdır. Karbonhidrat, protein ve lif gibi temel besin öğelerinin yanı sıra demir, çinko ve magnezyum gibi önemli vitamin ve mineralleri de içermektedir (Shewry ve Hey, 2015).

Buğday, ekmek, makarna, erişte, kahvaltılık gevrekler ve unlu mamuller gibi çok çeşitli gıda ürünlerinin üretiminde kullanılan çok yönlü bir tahıldır Ayrıca hayvan yemi üretiminde ve biyoyakıt kaynağı olarak da kullanılmaktadır (Tse vd., 2022).

Buğday, küresel ölçekte 120'den fazla ülkede yetiştirilmekte olup, Çin, Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya ve Ukrayna başlıca üretici ülkeler arasında yer almaktadır (Singh vd., 2022).

uğday gelişiminin çeşitli evreleri organ farklılaşması ile belirlenmektedir. Fizyolojik açıdan, sonraki evreler tipik olarak çimlenme, çıkış, kardeşlenme, çiçeklenme başlangıcı veya çift çıkıntı, terminal başakcık, birinci boğum veya gövde uzamasının başlangıcı, başaklanma, başak çıkışı, çiçeklenme ve olgunlaşma olarak tanımlanır.

Bu evreler şu şekilde sınıflandırılabilir: çimlenmeden çıkışa kadar; çıkıştan çift çıkıntıya kadar büyüme evresi 1 (GS1); çift çıkıntıdan çiçeklenmeye kadar büyüme evresi 2 (GS2); ve çiçeklenmeden olgunlaşmaya kadar tane dolum dönemini kapsayan büyüme evresi 3

(GS3) Fizyolojik olgunluk genellikle bayrak yaprağı ve başakların sarı renk aldığı nokta olarak tanımlanır (FAO, 2003; Hanft & Wych, 1982).

Buğdayın gelişim evreleri, büyüme ve verim potansiyelini anlamak için önemlidir. Çeşitli çalışmalar bu evrelerin önemini vurgulamıştır. Buğdayın büyüme dönemi, taç kök başlangıcı, kardeşlenme, uzama, çiçeklenme, tane gelişimi ve olgunlaşma gibi önemli aşamalara ayrılır. Bu aşamaların farklı su gereksinimleri vardır, en çok su tüketen uzama aşaması, ardından çiçeklenme ve tane gelişimi gelmektedir (Verma ve Das, 2004). Buğday genotiplerindeki amino asit seviyeleri de farklı büyüme evrelerinde değişiklik göstermekte, kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde daha yüksek seviyeler gözlemlenmektedir (Ardiç, 2022). Gövde uzama evresindeki çiçek gelişimi tane tutumu için kritik öneme sahiptir ve bu evredeki dinamik bitki ve çiçek gelişimi tane verimi özellikleri ile bağlantılıdır (Guo vd., 2018). Genel olarak, buğdayın gelişim evrelerinin anlaşılması, su gereksinimlerinin yönetilmesi, verimin optimize edilmesi ve bitkinin çevresel faktörlere tepkisinin incelenmesi için çok önemlidir.

Sulama ve azot yönetimi buğday üretiminde kritik bir rol oynamaktadır. Rasyonel sulama ve azot azaltımının değiştirilmesi, ürün verimini, su verimliliğini (WP) ve azot kullanım verimliliğini (NUE) artırırken azot kaybını ve toprak ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirebilir (Shen vd., 2023a). Artan azot oranları ve sulama seviyeleri, toprak suyu kullanımını iyileştirebilir ve bitkinin sulama ve yağışa bağımlılığını azaltarak su tüketimini ve tane verimini artırabilir (Ye vd., 2022). Azotlu gübre ve tam sulama uygulaması, buğdayın toprak üstü biyokütlesini ve tane verimini önemli ölçüde artırır (Jemal vd., 2022a). Ek sulama, kışlık buğdayda azot durumunu iyileştirerek tane verimini ve azot kullanım verimliliğini (NUtE) artırabilir (Liu vd., 2022). Su tasarrufu sağlayan sulama altında optimum azot uygulaması, çevre kirliliğine neden olmadan azot mobilizasyonunu, N kullanımını ve tane verimini artırabilir (Zheng vd., 2020). Genel olarak, uygun sulama ve azot yönetimi, çevresel etkileri en aza indirirken buğday verimini, su verimliliğini ve azot kullanım verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için gereklidir.

Buğdayın verimi ve kalitesi, azot dozlarından önemli ölçüde etkilenmektedir. Yüksek azot dozları, buğdayın agronomik performansını artırarak verimde ve morfolojik özelliklerde iyileşmelere yol açabilmektedir. Uygun miktar ve zamanda uygulanan azot,

stoma iletkenliği, fotosentez hızı ve klorofil içeriği gibi fotosentetik ve fizyolojik özellikleri teşvik ederek çiçeklenme sonrası fotosentetik kapasiteyi artırmakta, yaprak yaşlanmasını geciktirmekte ve kuru madde birikimini artırarak daha yüksek tane verimine katkı sağlamaktadır (Santos vd., 2023). Ayrıca, azotlu gübre uygulaması, başak başına tane sayısı, başak başına tane ağırlığı, bin tane ağırlığı ve birim alan başına verimde artış sağlayabilmektedir (Yıldız ve Dogan, 2022). Kubar vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, artan azot gübrelemesinin kışlık buğdayın verimi ve kalitesi üzerinde olumlu etkileri olduğu ve 225 kg/ha azot uygulamasının fotosentetik özellikleri ve klorofil içeriğini önemli ölçüde artırdığı gösterilmiştir. Sonuç olarak, azot dozlarının optimizasyonu, buğday yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi artırmak için kritik bir faktördür.

Buğdayın protein içeriğinin artırılmasında azot uygulaması kritik bir rol oynamaktadır. Araştırmalar, artan azot seviyelerinin genellikle toplam amino asit içeriğini artırdığını ve özellikle hamur gücü ve pişirme kalitesi için önemli olan gluten oluşturucu proteinlerin oranını yükselttiğini göstermektedir. Ancak, aşırı sulamanın protein içeriğini azaltma etkisinden kaçınmak için dikkatli bir yönetim gerekmektedir. Özellikle bitkinin artan büyüme ihtiyaçlarını karşılayacak yeterli azot bulunmadığı durumlarda, yüksek sulama seviyeleri daha düşük protein konsantrasyonuna yol açabilmektedir (Peng vd., 2022; Shen vd., 2023a; Zhang vd., 2017).

Araştırmalar, buğdayın kritik büyüme aşamalarına denk gelecek şekilde zamanlanmış bölünmüş azot uygulamalarının etkinliğini desteklemektedir. Bu strateji, azot kullanım verimliliğini optimize ederken, tane kalitesini iyileştirmeye ve pişirme kalitesi üzerindeki olası olumsuz etkileri minimize etmeye yardımcı olur. Özellikle, kardeşlenme ve çiçeklenme aşamalarında bölünmüş dozlarda azot uygulamasının, verimi düşürmeden tane protein içeriğini ve gluten kalitesini artırabildiği çalışmalarla gösterilmiştir (Shen vd., 2023; Zhang vd., 2017).

Sulama yönetimi, su verimliliğini (WP) artırmada ve buğday yetiştiriciliği için su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamada kritik bir rol oynamaktadır (Si vd., 2023). Sınırlı potansiyel toprak nem açığı (PSMD) rejimleri altında organik ve inorganik kaynakların eşit oranlarda kombine kullanımı, tane verimi ve kalitesini optimize edebilir (Zulfiqar vd., 2023). Tuzlu suyun sulamada kullanılması, su emilimini, gelişme süresini,

çökelmeyi, yaş gluten içeriğini ve kışlık buğdayın protein içeriğini iyileştirebilir, ancak yüksek tuzluluk seviyeleri başak sayısını ve tane verimini düşürebilir (Ma vd., 2022). Büyüme aşamasına dayalı kısıntılı sulama stratejileri, tane verimi ve kalitesini korurken sera gazı emisyonlarını azaltabilir; ancak kışlık buğdayın başaklanma ve dolum aşamalarında yeterli sulama yapılması önerilmektedir (Cao ve Cai, 2022).

Sulama ve azot yönetimi, buğday tanesi kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir. Özellikle protein içeriği, gluten gücü ve öğütme kalitesi gibi parametreler üzerinde belirleyici rolleri vardır. Uygun sulama uygulamaları, yeterli tane dolumunu sağlayarak test ağırlığını ve tane boyutunu iyileştirir. Optimum sulama seviyeleri, bitkilerdeki stresi azaltır ve tutarlı toprak nemini koruyarak genel buğday kalitesini artırır (Si vd., 2023; Zhang vd., 2017).

Zhang ve Pei (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, simülasyon sonuçlarına göre yağışlı yıllarda bir kez, normal yıllarda iki kez ve kurak yıllarda üç kez sulama yapmanın maksimum kar sağladığı belirlenmiştir. Sulama zamanlamaları ise şöyledir: tek sulama için kardeşlenme döneminden başaklanma dönemine kadar, iki sulama için kardeşlenme döneminden süt olum dönemine kadar ve üç sulama için kışlamadan önce, kardeşlenme döneminde ve başaklanma döneminden süt olum dönemine kadar.

Shirazi vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, dört farklı sulama rejimi ve dört farklı azot seviyesi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, en yüksek verimin, maksimum sulamanın uygulandığı gövde ve başaklanma dönemlerinde azot gübresi uygulandığında elde edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca, 200 mm sulama ve 120 kg/ha azot gübresi kombinasyonunun en yüksek verimi sağladığı belirtilmiştir.

Çin'de gerçekleştirilen üç yıllık bir deneyde, 4 yapraklı dönemde yapılan sulamanın kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerindeki su tüketimini artırarak tane sayısını yükselttiği gözlemlenmiştir. Bu durumun, kuraklık stresinin azaltılması, yaprak yaşlanmasının geciktirilmesi gibi faktörlere bağlı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, 5 yapraklı ve 6 yapraklı dönemlerde yapılan sulamanın, sulamadan önceki kuraklık stresinin etkilerini artırarak Yaprak Alan İndeksini (LAI) azalttığı tespit edilmiştir (Bao vd., 2022).

Si vd. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, ekim sonrası sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde uygulanan sulamanın buğday tane verimi ve başaktaki tane sayısını daha iyi koordine ettiği tespit edilmiştir. Bu sulama rejimlerinin hem verim hem de kalite açısından elverişli olduğu ve yüksek kalite ve yüksek verim elde etmek için temel bir yöntem haline geldiği görülmüştür.

Sulama rejimlerinin un kalitesi ve hamur stabilitesi üzerinde belirleyici etkisi bulunmaktadır. çiçeklenme sonrası sulama miktarının artırılması buğdayın uzama kabiliyeti, gerilme direnci ve maksimum gerilme direnci gibi özelliklerini azaltırken, kardeşlenme döneminden olgunlaşma dönemine kadar sulama miktarının azaltılması hamur mukavemetini artırır ve hamur uzayabilirliğini azaltır. Bu bulgular, sulama rejimlerinin buğdayın endüstriyel kullanım özellikleri üzerindeki önemli etkisini vurgulamaktadır (Rajala vd., 2009).

Liu vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, kışlama döneminde yeterli toprak neminin buğday kalitesi için kritik olduğu bulunmuştur. Kışlama döneminde yeterli başlangıç toprak suyu depolama ile kardeşlenme ve çiçeklenme aşamalarında sulama yapılmadan yaş gluten ve hamur reolojik özelliklerinin iyileştirilebileceği gösterilmiştir.

Azot uygulamasının zamanlaması ve dozajı, buğday üretimini önemli ölçüde etkileyerek tane büyüklüğünü, metrekareyi ve başak başına tane sayısını etkiler. Azotlu gübre aynı zamanda fırıncılık için gerekli olan tane protein yüzdesini de etkiler. Buğdayın büyümesi sırasında hassas bir azot dozu, hızlı büyümeyi, yaprak gelişimini, yeşil yaprak süresini, kardeşlenme oluşumunu ve genel tane kalitesini etkileyerek ürün kalitesini ve verimini belirler. Literatür, azotun buğday mahsulleri üzerindeki etkisini analiz etmeyi amaçlamaktadır (Roman vd., 2018).

Muhammad vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, azotlu gübrelemenin üç ila dört ayrı dozda uygulanmasının buğday tane verimini ve kalitesini iyileştirmeye yardımcı olduğu bulunmuştur. Erken vejetatif büyüme aşamalarında yeterli azot gübre uygulaması kardeşlenmeyi artırırken, sezon ortasında tane ağırlığını artırmış, geç dönem azot gübre bulunabilirliği ise tane protein içeriğini iyileştirmiştir.

Reussi Calvo ve Echeverría (2006) yaptığı bir çalışmada, çeşitli buğday gelişim aşamalarında azot uygulamasının etkinliğini nasıl etkilediği incelenmiştir.

Çalışmalarında, su mevcudiyetinin azot gübrelemesinin başarısı için önemli bir belirleyici olduğu vurgulanmıştır. Bir bölgede, ekim, geç kardeşlenme ve sapa kalkma aşamalarında azot uygulamasının etkili olduğu, başka bir bölgede ise ekimde azot gübrelemesinin en başarılı strateji olduğu tespit edilmiştir. Üçüncü bölgede ekim, geç kardeşlenme ve sapa kalkma aşamalarında azot uygulaması uygulanabilirken, sapa kalkma aşamasında ilk bölgeye göre daha düşük bir tepki olasılığı bulunmaktadır.

Kuzey Çin Ovası'nda iki yıllık bir arazi deneyinde, kışlık buğday üzerinde çeşitli azot uygulama oranları ve sulama yöntemleri değerlendirilmiştir. Çalışmada, damla ve yağmurlama sulama gibi verimli sulama yöntemleri ile birleştirildiğinde, yaklaşık 200 kg N ha^{-1} optimum azot oranının, tahıl verimini, su kullanım verimliliğini ve yerel çiftçiler için ekonomik getiriyi en üst düzeye çıkardığı sonucuna varılmıştır. Bu bulgular, bölgede sürdürülebilir buğday üretimi elde etmek için verimli sulama tekniklerinin uygun azot uygulama oranlarıyla bütünleştirilmesinin önemini vurgulamaktadır (Yuan vd., 2022).

Sulama ve azot yönetimi arasındaki etkiyi daha da vurgulayan bir çalışmada, damla sulama ile yetiştirilen kışlık buğday üzerinde farklı sulama zamanlama seviyeleri ve azot uygulama şekilleri incelenmiştir. Topraktaki su tüketiminin 35 mm'ye ulaştığı zaman yapılan sulamanın, tahıl verimini ve su kullanım verimliliğini önemli ölçüde iyileştirdiği bulunmuştur. Ayrıca, taban gübresi ile üst gübre arasındaki oranın 25:75 olduğu bir azot uygulama şekli (N25:75) verimi ve verimliliği artırmada özellikle etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırma, buğday üretimini optimize etmede hassas sulama zamanlaması ve azot uygulama zamanlamasının kritik rolünü vurgulamaktadır (Zain vd., 2021).

Journal of Agricultural Science'da yayınlanan bir başka önemli çalışma, kışlık buğdayda azot uygulaması ve ek sulamanın gölgelik sıcaklığı ve fotosentetik özellikler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırma, uygun sulama ve azot yönetiminin su stresini azaltabileceğini, fotosentezi optimize edebileceğini ve nihayetinde verimi ve azot kullanım verimliliğini artırabileceğini göstermiştir. Bu çalışma, değişen çevre koşulları altında buğday performansını artırmak için su ve besin kaynağını dengeleyen entegre yönetim uygulamalarının önemini pekiştirmektedir (Yang vd., 2018).

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. MATERYAL

2.1.1. Deneme Alanı ve Toprak Özellikleri

Çalışma, 8 Mart 2023'ten 16 Temmuz 2023'e kadar, buğdayı yetiştirme sezonu boyunca, 38.7152420 enlem ve 35.5518690 boylamda bulunan Erciyes Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezinde (ERÜTAM) gerçekleştirilmiştir. Çalışma tesadüf bloklarında bölünmüş parseller (Split plot design) deneme desenine göre 4 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır Denemenin ekimi 500 adet m^{-2} bitki olacak şekilde elle 6 sıra olarak yapılmıştır. Ekimde parsel alanı 6.0 m^2 (1.2 m × 5 m) olarak düzenlenmiştir.

2.1.2. Bitki Ekimi

Çalışmada, bölgede yaygın olarak kullanılan buğdayı çeşidi olan Ceyhan-99 buğday tohumları kullanılmıştır. Ekim aşamasında, her bir parsele 15.2 kg/da oranında, her bir parsele 61 gr olacak şekilde Diamonyum fosfat (DAP) gübresi verilmiştir.

2.1.3. Sulama Dönemi ve Azot Dozları

Sulama konuları şunlardı: Tam sulama, kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde iki kez, sapa kalkma, gebecik, başaklanma, çiçeklenme, süt olum, çiçeklenme ve hamur olum dönemlerinde iki kez ve yağışa dayalı (sulama yok).

Denemede, N8, N12, N16 ve N20 azot dozları dikkate alınarak, her bloğa uygulama yapılmıştır. Azot doz uygulamaları üç dönemde tüm bloklarda yapılmıştır. Ekim ile birlikte, kardeşlenme sonrası, sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde uygulama yapılmıştır.

Tablo 1. Deneme alanının toprak özellikleri

Özellikler	**Derinlik**	
	0-30 cm	**30-60 cm**
Kil (%)	13.22	9.02
Silt (%)	4.38	11.21
Kum (%)	82.40	79.77
Sınıf	Kumlu-tınlı	Kumlu-tınlı
pH	7.89	7.74
Organik Madde (%)	1.09	1.14
$CaCO_3$ (%)	0.31	0.29
K_2O (kg ha^{-1})	1184.30	826.40
P_2O_5 (kg ha^{-1})	91.36	65.48
EC (mmhos/cm^{-1})	0.62	0.49
Tarla Kapasitesi (P_w) (%)	24.08	12.46
Solma Noktası (P_w) (%)	23.76	11.23
Hacim Ağırlığı (g/cm^3)	1.27	1.24

Kaynak: Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi Bölümü

a. N8 Uygulaması:

- Oran: 8 kg/da

b. N12 Uygulaması:

- Oran: 12 kg/da

c. N16 Uygulaması:

- Oran: 16 kg/da

d. N20 Uygulaması:

- Oran: 20 kg/da

2.2. YÖNTEM

2.2.1. Bitki Morfolojik Gözlemleri ve Hasadı

Hasat zamanında, alınan gözlemler aşağıda belirtilmiştir.

1. Kardeşlenme Sayısı (adet): Kardeşlenme sayısı, her parselde rasgele seçilen 10 bitkide ana bitkiden çıkan kardeşlerin sayısı sayılarak belirlenmiştir.

2. Tane Verimi (kg/da): Tane verimi, her parselde kenar iki sıra ve sıra başlarındaki 50 cm'lik kısım atıldıktan sonra geriye kalan alan hasat edilen bitkilerin harmanlanmasıyla elde edilen tanelerin ağırlığı ölçülerek ve dekara düşen miktar hesaplanarak belirlenmiştir.

3. Başakta Tane Ağırlığı (gr): Başakta tane ağırlığı, her parselde rastgele seçilen 10 başaktaki taneler tartılarak belirlenmiştir.

4. Biyolojik Verim (kg/da): Biyolojik verim, her parselde kenar iki sıra ve sıra başlarındaki 50 cm'lik kısım atıldıktan sonra geriye kalan alan hasat edilen bitkilerin tamamının toplam ağırlığı ölçülerek ve dekara düşen miktar hesaplanarak belirlenmiştir.

5. Bitki Boyu (cm): Hasat döneminde tüm parsellerden rastgele seçilen 10 adet bitkinin topraktan başağın ucuna kadar olan bölümü ölçülerek belirlenmiştir.

6. Yüz Dane Ağırlığı (gr): Yüz dane ağırlığı, her parselden rastgele seçilen tohumlar dört defa 100 tane sayılıp tartılıp ortalaması alınarak belirlenmiştir.

7. Başakta Tane Sayısı (adet): Başakta tane sayısı, her parselde rastgele seçilen 10 başaktaki taneler sayılarak belirlenmiştir.

2.2.2. Protein ve Glüten İçerik Analizi

Tohum örneklerindeki gluten içeriğini belirlemek için SDS-PAGE yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak, tohumlar ince bir toz haline getirilmiş ve proteinler, belirli bir tampon kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Protein ekstraktları, proteinleri denatüre etmek ve onlara uniform bir negatif yük kazandırmak için SDS ve bir indirgeme ajanı ile muamele edilmiştir. Proteinlerin moleküler ağırlıklarına göre ayrılmasını sağlamak amacıyla bir üst üste bindirme jeli ve bir ayırma jeli hazırlanmıştır. Örnekler ve moleküler ağırlık belirteçleri, jel kuyucuklarına yüklenmiş ve sabit bir voltajda elektroforez gerçekleştirilmiştir. Elektroforez işleminin ardından jel, protein bantlarını görselleştirmek için Coomassie Brilliant Blue ile boyanmış ve ardından jel, bantların görüntülenmesi amacıyla boyası çıkarılmıştır. Protein bantları, moleküler ağırlık belirteçleri ile karşılaştırılarak gluten proteinleri tanımlanmış ve örneklerdeki içerikleri değerlendirilmiştir

2.2.3. İstatistiki Analizler

Araştırma sonucu elde edilen bulgular, SAS (SAS Institute Inc, 1999) programından yararlanılarak bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Bulunan ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığı LSD testi ile belirlenmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

Kardeş sayısı, tane verimi, bitki boyu, biylojik verim ve başaktaki tane sayısı gibi temel morfolojik özellikler analiz kapsamında değerlendirilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, farklı su ve besin yönetimi uygulamalarının buğday performansını nasıl etkilediğinin anlaşılması açısından kritik öneme sahiptir

Çalışmada yer alan, farklı uygulamalar altında gözlemlenen sonuçları vurgulayarak, sulama ve azotun buğdayın büyüme aşamaları üzerindeki etkisine dair bütüncül bir bakış açısı sunmaktadır. Uygulamalar arasındaki örüntülerin ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların tespit edilmesi amacıyla analiz edilen veriler, buğday verimi ve verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için optimal agronomik uygulamaların belirlenmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, protein içeriği ve gluten seviyeleri ile ilgili sonuçların ilerleyen bölümlerde tartışılmasıyla, bu agronomik değişkenlerin buğday kalitesi ve besin değeri üzerindeki etkileri daha detaylı bir şekilde ortaya konacaktır.

3.1. Sulama ve Bitki Su Tüketimi

Araştırmada tüm sulama konularına çıkışların sağlıklı gerçekleşebilmesi amacıyla 13 mm su verilmiştir. Tam sulama konusuna her hafta yapılan toprak nem gözlemlerine göre eksik nem tarla kapasitesine kadar çıkarılmıştır. Konulara verilen sulama suyu miktarları Tablo 2’de sunulmuş

Tablo 2. Sulama uygulamalarına göre bitki su tüketimi

Sulama Konuları	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Sulama (mm)	374.23	85.92	51.06	49.54	56.86	61.65	73.68	112.63	13.00
Yağış (mm)	104.50	104.50	104.50	104.50	104.50	104.50	104.50	104.50	104.50
ET (mm/sezon)	475.83	270.17	250.62	248.57	254.34	255.83	268.64	278.07	228.47
CWP N8 (kg/da/mm)	0.78	0.93	0.70	0.93	0.78	0.82	0.83	0.86	0.67
CWP N12 (kg/da/mm)	1.06	1.23	0.91	1.01	0.88	0.93	0.91	1.17	0.74
CWP N16 (kg/da/mm)	1.18	1.45	1.00	1.23	1.10	1.09	1.19	1.37	0.84
CWP N20 (kg/da/mm)	1.21	1.46	1.00	1.24	1.11	1.15	1.28	1.38	1.01
IWP N8 (kg/da/mm)	0.99	2.93	3.45	4.66	3.49	3.42	3.04	2.13	0.00
IWP N12 (kg/da/mm)	1.35	3.87	4.44	5.06	3.93	3.87	3.33	2.90	0.00
IWP N16 (kg/da/mm)	1.51	4.57	4.90	6.17	4.92	4.54	4.33	3.39	0.00
IWP N20 (kg/da/mm)	1.54	4.59	4.90	6.22	4.98	4.75	4.68	3.41	0.00

Tablo 1’de görüldüğü gibi deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça sezonluk bitki su tüketimi (ET) değerlerinin de buna paralel olarak arttığı görülmektedir. Kayseri gibi yarı-kurak bir iklim bölgesinde yetiştirilen yazlık buğdayın bitki su tüketimi değeri tam sulama konusunda 475.83 mm değerinde hesaplanmıştır. Bu değerler S2 konusunda 270.17mm, S3 konusunda 250.62 mm, S4 konusunda 248.57 mm, S5 konusunda 254.34 mm, S6 konusunda 255.83 mm, S7 konusunda 268.64 mm, S8 konusunda 278.07 mm ve S9 konusunda 228.47 mm’dir (Tablo 2).

3.2. Kardeşlenme Sayısı (adet)

Tablo 3'da, farklı sulama dönemleri ve azot dozlarının buğdayın kardeş sayıları üzerine etkisi incelenmiştir; sulamanın, azot dozlarının ve sulama × azot dozu interaksiyonunun buğdayın kardeş sayıları üzerindeki etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$). Tablo 2'ye göre kardeş sayısı açısından sulama dönemi ve azot dozları incelendiğinde, tam sulama dönemi için azot dozları arttıkça kardeş sayısında da artış olduğu gözlemlenmiştir. Ancak N16 (7.50 kardeş) ve N20 (7.50 kardeş) azot dozlarında değerlerin aynı olduğu tespit edilmiştir.

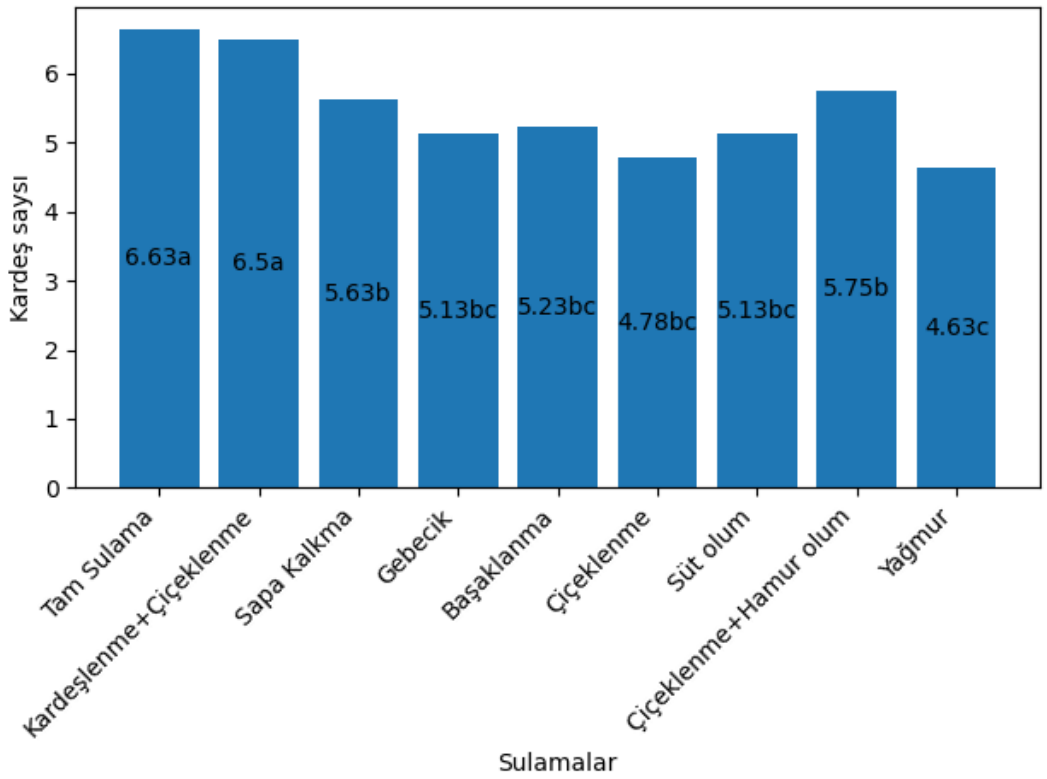
Tablo 3. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yetiştirilen buğdayın ortalama kardeş sayısı değerleri

Sulamalar	Azot				Ortalama
	N8	N12	N16	N20	
Tam sulama	5.00^{cdefg}	6.50^{abc}	7.50^{ab}	7.50^{a}	6.63^{a}
Kardeşlenme+Çiçeklenme	4.50^{defg}	6.50^{abcd}	7.50^{ab}	7.50^{ab}	6.50^{a}
Sapa Kalkma	4.50^{efg}	5.50^{cdefg}	6.00^{abcde}	6.50^{abcd}	5.63^{b}
Gebecik	4.00^{efg}	5.00^{cdefg}	5.50^{bcdef}	6.00^{abcde}	5.13^{bc}
Başaklanma	3.90^{g}	5.00^{cdefg}	6.00^{bcdef}	6.00^{abcde}	5.23^{bc}
Çiçeklenme	3.60^{fg}	4.50^{defg}	5.00^{cdefg}	6.00^{abcde}	4.78^{bc}
Süt olum	5.00d^{efg}	4.50d^{efg}	5.00^{cdefg}	6.00^{abcde}	5.13^{bc}
Çiçeklenme+Hamur Olum	5.00d^{efg}	5.00cd^{efg}	6.00^{abcde}	7.00^{abc}	5.75^{b}
Yağmur	3.50^{g}	5.00d^{efg}	5.00^{cdefg}	5.00^{cdefg}	4.63^{c}
Ortalama	4.33^{d}	5.28^{c}	5.94^{b}	6.39^{a}	

Tablo 3'ye göre kardeş sayısı açısından sulama dönemi ve azot dozları incelendiğinde, tam sulama dönemi için azot dozları arttıkça kardeş sayısında da artış olduğu gözlemlenmiştir. Ancak N16 (7.50 kardeş) ve N20 (7.50 kardeş) azot dozlarında değerlerin aynı olduğu tespit edilmiştir.

Kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde de benzer bir eğilim gözlenmiş olup, kardeş sayısı 4.50 (N8) ile 7.50 (N16 ve N20) arasında değişmiştir.

Çiçeklenme ve süt olum dönemlerinde en yüksek kardeş sayısı (6.00 kardeş) N20 gübre dozunda kaydedilmiştir. Benzer şekilde, çiçeklenme ve hamur olum döneminde de en yüksek kardeş sayısına (7.00 kardeş) yine N20 dozunda ulaşılmıştır.

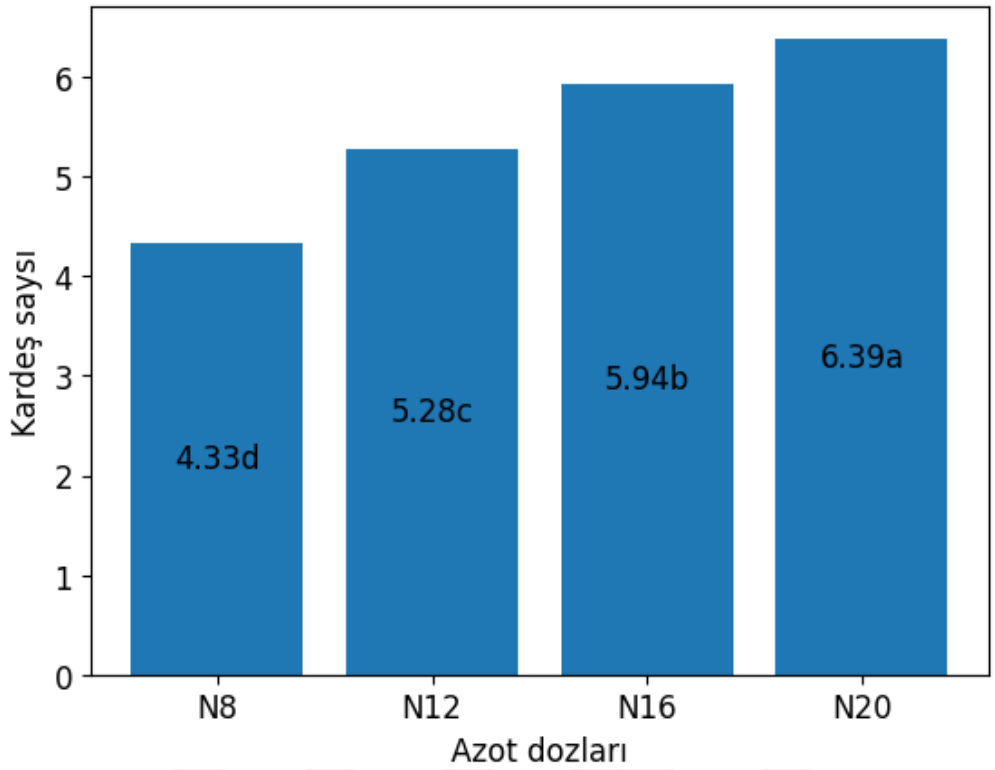


Şekil 1. Farklı sulama zamanları ile kardeşlenme

Tablo 3'ye göre kardeş sayısı açısından sulama dönemi ve azot dozları incelendiğinde, tam sulama dönemi için azot dozları arttıkça kardeş sayısında da artış olduğu gözlemlenmiştir. Ancak N16 (7.50 kardeş) ve N20 (7.50 kardeş) azot dozlarında değerlerin aynı olduğu tespit edilmiştir.

Kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde de benzer bir eğilim gözlenmiş olup, kardeş sayısı 4.50 (N8) ile 7.50 (N16 ve N20) arasında değişmiştir.

Çiçeklenme ve süt olum dönemlerinde en yüksek kardeş sayısı (6.00 kardeş) N20 gübre dozunda kaydedilmiştir. Benzer şekilde, çiçeklenme ve hamur olum döneminde de en yüksek kardeş sayısına (7.00) yine N20 dozunda ulaşılmıştır.



Şekil 2 .Farklı azot dozları ile kardeşlenme

Farklı azot seviyelerinde (N8 - N20) yağmur sulama konusuna kardeş sayısı üzerine etkisi incelenmiş ve ilginç bir şekilde, uygulama grupları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir (3.50-5.00 kardeş).

Azot dozları (N8-N20) arasında yapılan değerlendirmede, ortalama kardeş sayısı N8'den (4.33 kardeş) başlayarak N12 (5.28 kardeş) ve N16'ya (5.94 kardeş) doğru kademeli olarak artmış ve en yüksek değer N20 uygulamasında (6.39 kardeş) elde edilmiştir. Bu bulgular, artan azot miktarının kardeşlenme üzerine pozitif etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Büyüme evrelerine göre kardeş sayılarının incelenmesiyle bazı ilgi çekici örüntüler ortaya çıkmaktadır. Kardeşlenme, gövde uzaması evresinde N16 dozunda (6.00 kardeş), N20 dozuna (6.50 kardeş) kıyasla daha erken maksimum seviyeye ulaşmıştır. Bununla birlikte, başaklanma, çiçeklenme, süt olum dönemi ve çiçeklenme + hamur olum dönemi gibi sonraki evrelerin çoğunda en yüksek kardeş sayılarına N20 (7.50 kardeş) dozu uygulamasıyla ulaşılmıştır. Tam sulama, kardeşlenme + çiçeklenme ve yağış gibi özellikler bakımından N16 ve N20 uygulamaları arasındaki farklılıkların nispeten küçük

olması, belirli bir azot seviyesinden sonra kardeşlenme yeteneğinde artış olduğu belirlenmiştir.

Veriler, her bir azot uygulaması içerisinde büyüme evreleri boyunca önemli varyasyonların olduğunu göstermektedir. Örneğin, N8 uygulamasında kardeşlenme sayıları tam sulama evresinde en yüksek seviyeye (5.00) ulaşmış, ancak çiçeklenme evresinde (3.60) düşüş gösterdikten sonra çiçeklenme + hamur olum evresinde (5.00) tekrar yükselmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler genel olarak değerlendirildiğinde, tam sulama koşulları altında yetiştirilen buğdayda, yüksek azotlu gübre dozlarının, özellikle N20 dozunun, çoğu büyüme aşamasında kardeşlenmeyi teşvik ettiği görülmüştü.

3.3. Tane Verimi (kg/da)

Tablo 4'da, farklı sulama dönemleri ve azot dozlarının buğdayın tohum verimi üzerine etkisi incelenmiştir; sulamanın, azot dozlarının ve sulama × azot dozu interaksiyonunun buğdayın tane verimi üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

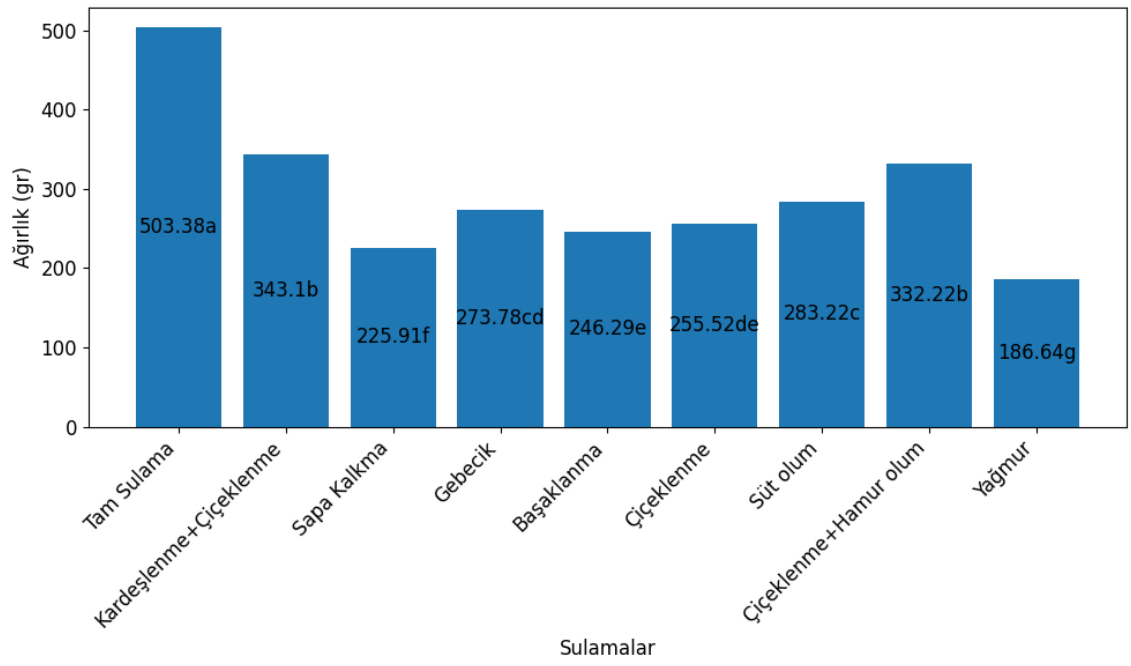
Elde edilen veriler incelendiğinde, en yüksek tohum veriminin (575.46 gr) tam sulama ve N20 azot dozunun birlikte uygulandığı denemelerde elde edildiği görülmüştür. En düşük tohum verimi (153.79 gr) ise yalnızca yağmur suyu ile sulanan ve N8 azot dozunun uygulandığı denemelerde kaydedilmiştir.

Tablo 4. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yetiştirilen buğdayın ortalama tane verimi değerleri

Sulamalar	Azot				Ortalama
	N8	N12	N16	N20	
Tam sulama	369.12cde	505.59b	563.35a	575.46a	503.38a
Kardeşlenme+Çiçeklenme	251.68Jkl	332.93efg	393.02c	394.75c	343.10b
Sapa Kalkma	176.00op	226.84lmn	250.41jkl	250.38jkl	225.91f
Gebecik	230.77lmn	250.77jkl	305.56fghi	308.03fghi	273.78cd
Başaklanma	198.53mnop	223.70lmn	279.78ijk	283.16hijk	246.29e
Çiçeklenme	210.67lmno	238.68klm	279.75ijk	292.97ghij	255.52de
Süt olum	224.00lmn	245.11kl	318.71fghi	345.04def	283.22c
Çiçeklenme+Hamur Olum	239.62klm	326.43efgh	381.51cd	384.20cd	332.94b
Yağmur	153.79p	169.89op	191.03nop	231.86lmn	186.64g
Ortalama	228.24d	279.99c	329.24b	340.65a	

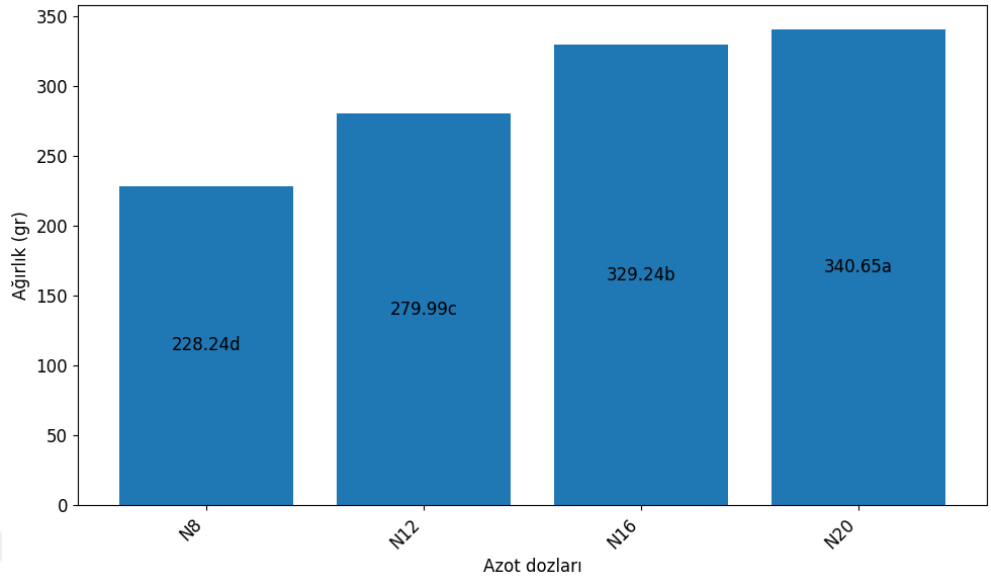
Genel olarak, daha yüksek azot dozlarının ve tam sulama, kardeşlenme-çiçeklenme dönemi sulaması ile çiçeklenme-hamur olum dönemi sulamasının, daha düşük azot dozlarına ve sadece yağmur suyu ile sulamaya kıyasla daha yüksek tohum verimi sağladığı tespit edilmiştir.

Sulama uygulamaları incelendiğinde, tüm azot dozlarında en yüksek tohum verimlerinin sürekli olarak tam sulama koşullarında elde edildiği ve bu değerlerin 369.12 gr (N8) ile 575.46 gr (N20) arasında değiştiği görülmüştür. Genel olarak, en yüksek verimler kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulamalarda, bunu takiben çiçeklenme ve hamur olumu dönemlerinde yapılan sulamalarda elde edilmiştir.



Şekil 3. Farklı sulama zamanları ile tane verimi

En düşük verim değerleri, farklı azot dozlarına bakılmaksızın, sürekli olarak sadece yağmur suyu ile sulanan denemelerde elde edilmiştir. Bu durum, buğday yetiştiriciliğinde sadece yağışa dayalı sulama yönteminin, optimal verim için yetersiz olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Farklı azot dozları ile tane verimi

Azot dozlarının etkilerinin incelenmesiyle, açık bir eğilim ortaya çıkmıştır. Çoğu sulama uygulamasında, daha yüksek azot seviyelerinin daha yüksek tohum verimi ile sonuçlandığı görülmüştür. N20 dozunun maksimum verimleri sağladığı, buna karşılık N8 dozunun minimum verimleri sağladığı tespit edilmiştir.

Sulama dönemleri ve azot dozları arasındaki etkileşimin verim üzerindeki belirgin etkisi, yağmurlama ve tam sulama koşulları altında yapılan denemeler de ortaya konmuştur. Yağmurlama koşullarında, azot seviyesinin N8'den N20'ye çıkarılmasıyla sağlanan verim artışı yaklaşık %50'de kalırken, tam sulama koşullarında aynı miktarda azot artışı %55'in üzerinde bir verim artışına yol açmıştır.

Veriler, buğday tohumu verimliliğinin en üst düzeye çıkarılmasında bol sulama ve yüksek azot gübrelemesinin birleşik olumlu etkilerinin bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Veriler, yüksek buğday tohumu verimleri elde etmek için uygun sulama yönetimi ve yeterli azot gübrelemesinin gerekli olduğunu göstermektedir Tablo 4’te, farklı sulama ve azot seviyelerinin buğday verimliliği üzerindeki etkileri hakkında değerli bilgiler sunmaktadır.

3.3. Başakta tane ağırlığı (gr)

Tablo 5'da, farklı sulama ve azot uygulamalarının buğday başağındaki tane ağırlığına etkisi incelenmiş ve bu faktörlerin tümünün önemli olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0.01$).

Tam sulama koşullarında, en yüksek dane ağırlığının 1.69 gr ile N20 azot dozunda olduğu tespit edilmiş olup, bunu sırasıyla 1.48 gr ile N16, 1.29 gr ile N12 ve 1.13 gr ile N8 dozları izlemiştir. Bu bulgular, artan azot dozlarının tam sulama koşullarında daha yüksek dane ağırlıklarına yol açtığını göstermektedir.

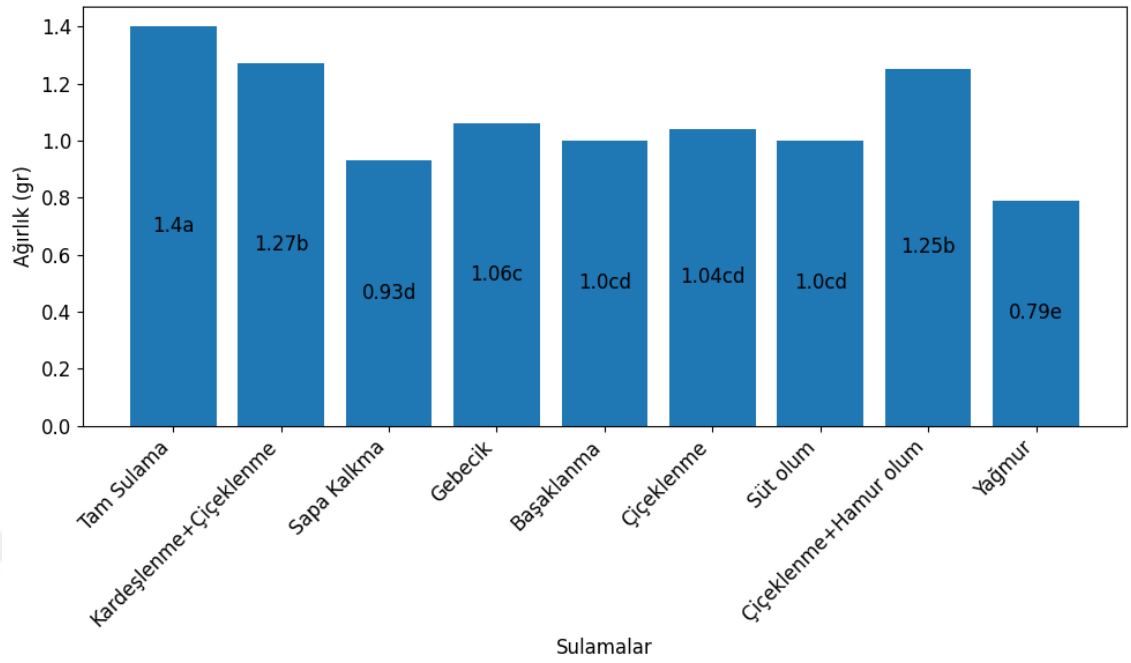
"kardeşlenme ve çiçeklenme" döneminde de benzer bir eğilim gözlenmiştir. N20 (1.53 gr) ve N16 (1.41 gr) dozlarının, N12 (1.21 gr) ve N8 (0.95 gr) dozlarından anlamlı olarak daha yüksek dane ağırlıklarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yetiştirilen buğdayın ortalama başakta tane ağırlığı değerleri.

Sulamalar	Azot Dozlari				Ortalama
	N8	N12	N16	N20	
Tam sulama	$1.13d^{efgh}$	1.29^{bcdef}	1.48^{ab}	1.69^{a}	1.40^{a}
Kardeşlenme+Çiçeklenme	0.95^{ghijk}	1.21^{cdefg}	1.41^{bc}	1.53^{ab}	1.27^{b}
Sapa Kalkma	0.73^{jkl}	0.74^{jkl}	1.00^{ghij}	1.27^{bcdef}	0.93^{d}
Gebecik	0.72^{kl}	0.88^{hijkl}	1.28^{bcdef}	1.37^{bcd}	1.06^{c}
Başaklanma	0.75^{jkl}	0.82^{ijkl}	1.08^{efghi}	1.35^{bcde}	1.00^{cd}
Çiçeklenme	0.90^{hijkl}	0.75^{jkl}	1.19^{cdefg}	1.32^{bcde}	1.04^{cd}
Süt olum	0.76^{jkl}	0.83^{ijkl}	1.05^{fghi}	1.36^{bcd}	1.00^{cd}
Çiçeklenme+Hamur Olum	0.91^{hijkl}	1.19^{cdefg}	1.38^{bcd}	1.49^{ab}	1.25^{b}
Yağmur	0.69^{kl}	0.64^{l}	0.88^{hijkl}	0.94^{ghijk}	0.79^{e}
Ortalama	0.84^{d}	0.93^{b}	1.19^{c}	1.37^{d}	

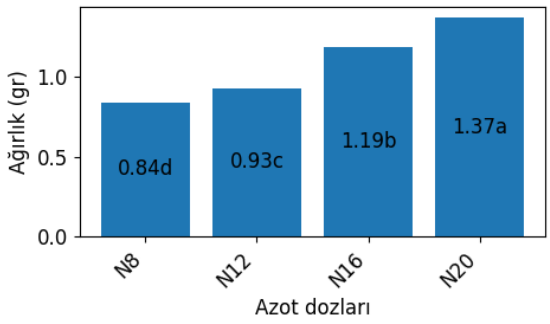
"sapa kalkma" ve "gebecik" gelişim dönemlerinde, dane ağırlıklarının önceki dönemlere kıyasla daha düşük olduğu, ancak artan azot dozlarıyla birlikte yükselme eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir.

Tablo 5'e göre, "Çiçeklenme" ve "Süt olum" döneminde, farklı azot dozları arasında net bir eğilim sergilemediği ve önemlilik gruplarının çakıştığı görülmüştür.



Şekil 5. Farklı sulama zamanları başakta tane ağırlığı

Çiçeklenme ve hamur olum evresinde, N20 (1.49 gr) ve N16 (1.38 gr) uygulamalarında, N12 (1.19 gr) ve N8 (0.91 gr) uygulamalarına göre anlamlı derecede daha yüksek tohum ağırlıkları elde edilmiştir. "yağmur" koşulunda, tüm azot dozlarında (N8 0,69 gr, N12 0,64 gr, N16 0,88 gr ve N20 0,94 gr) tohum ağırlıklarının diğer sulama koşullarına kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. Farklı azot dozları başakta tane ağırlığı

3.4. Biyolojik verim (kg/da)

Tablo 6'da, farklı sulama dönemleri ve azot dozlarının buğdayın biyolojik verimi üzerine etkisi incelenmiştir; sulamanın, azot dozlarının ve sulama × azot dozu interaksiyonunun buğdayın biyolojik verimi üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$).Tablo 6'da, tam sulama koşullarında en yüksek biylojik verim miktarı (1574.19

gr) N20 dozunda gözlenirken, en düşük biyolojik verim miktarı (1350.13 gr) N8 dozunda kaydedilmiştir.

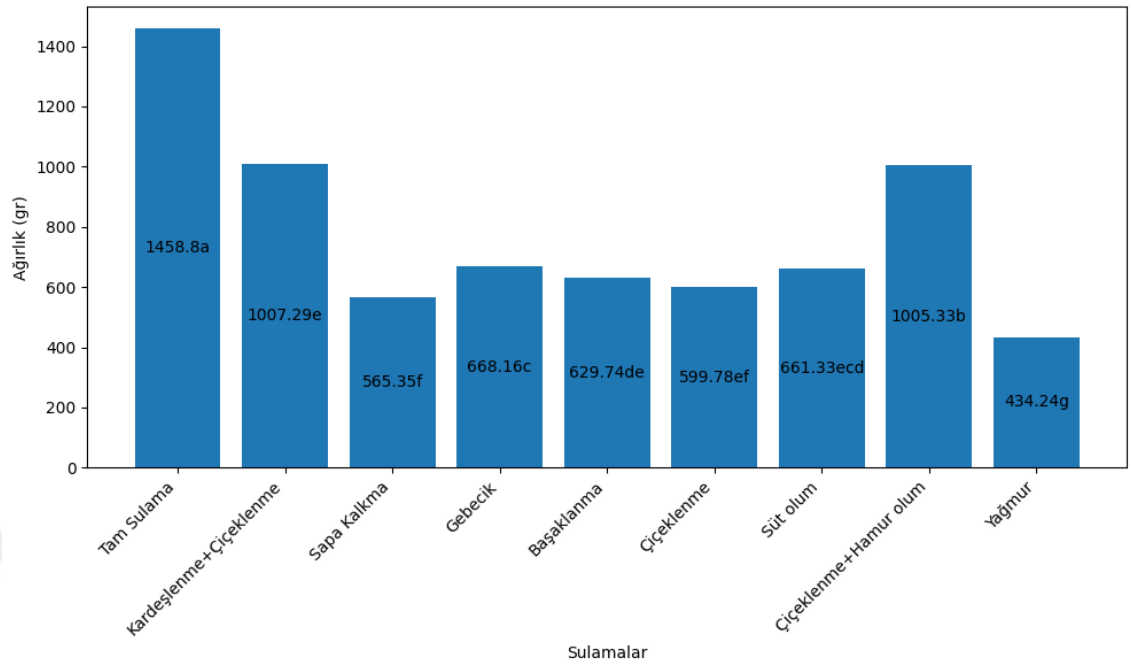
Tablo 6. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yetiştirilen buğdayın biyolojik verim değerleri

Sulamalar	Azot Dozları				Ortalama
	N8	N12	N16	N20	
Tam sulama	1350.13^{b}	1379.17^{b}	1531.71^{a}	1574.19^{a}	1458.80^{a}
Kardeşlenme+Çiçeklenme	847.87^{e}	987.63^{d}	1038.58^{d}	1155.06^{c}	1007.29^{b}
Sapa Kalkma	484.92^{rs}	559.89^{klmn}	594.92^{ijklm}	621.65^{ijkl}	565.35^{f}
Gebecik	545.58^{lmn}	599.46^{ijklm}	740.51^{fgh}	787.09^{ef}	668.16^{c}
Başaklanma	533.98^{lmno}	567.49^{klmn}	665.50^{ghij}	752.00^{fg}	629.74^{de}
Çiçeklenme	493.01^{nop}	568.23^{klmn}	652.46^{hijk}	685.45^{ghi}	599.78^{ef}
Süt olum	525.01^{mno}	575.24^{jklmn}	739.79^{fgh}	805.28^{ef}	661.33^{ecd}
Çiçeklenme+Hamur Olum	963.63^{d}	974.13^{d}	1024.49^{d}	1057.88^{d}	1005.03^{b}
Yağmur	368.62^{u}	399.63T^{u}	442.83st	525.88^{lmn}	434.24^{g}
Ortalama	679.19^{d}	734.54^{c}	825.64^{b}	884.94a	

Genel olarak, birçok sulama koşulunda daha yüksek azot dozlarının kullanılmasıyla biylojik verim miktarında artış gözlenmiştir.

Kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerindeki sulama uygulaması, 847.87 gr (N8) ile 1155.06 gr (N20) arasında değişen biylojik verim değerleriyle benzer bir eğilim sergilemiştir. Bu durum, söz konusu büyüme aşamasında yeterli nem ve azot varlığının önemini ortaya koymaktadır.

Sapa kalkma dönemindeki sulama uygulaması dikkate alındığında, N16 uygulaması 594.92 iken N20 de bu değer 594.92 olduğu tespit edilmiştir Bu durum, söz konusu büyüme aşaması için potansiyel bir optimal azot seviyesinin varlığına işaret etmektedir.



Şekil 7. Farklı sulama zamanları ile biyolojik verim

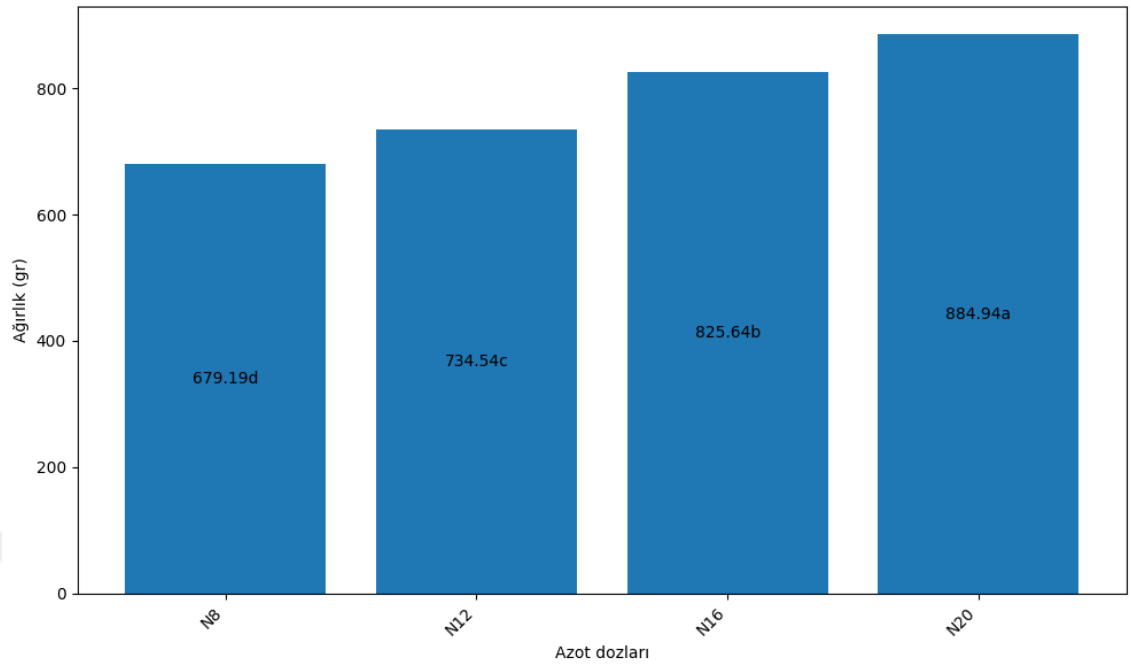
Tablo 6'da, tam sulama koşullarında en yüksek biylojik verim miktarı (1574.19 gr) N20 dozunda gözlenirken, en düşük biyolojik verim miktarı (1350.13 gr) N8 dozunda kaydedilmiştir.

Genel olarak, birçok sulama koşulunda daha yüksek azot dozlarının kullanılmasıyla biylojik verim miktarında artış gözlenmiştir.

Kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerindeki sulama uygulaması, 847.87 gr (N8) ile 1155.06 gr (N20) arasında değişen biylojik verim değerleriyle benzer bir eğilim sergilemiştir. Bu durum, söz konusu büyüme aşamasında yeterli nem ve azot varlığının önemini ortaya koymaktadır.

Sapa kalkma dönemindeki sulama uygulaması dikkate alındığında, N16 uygulaması 594.92 iken N20 de bu değer 594.92 olduğu tespit edilmiştir Bu durum, söz konusu büyüme aşaması için potansiyel bir optimal azot seviyesinin varlığına işaret etmektedir.

Tüm azot dozlarında (368.62 N8 - 525.88 N20) yağmurla beslenen uygulamanın en düşük biylojik verim değerlerini sergilemesi, ek sulamanın biylojik verim birikimi üzerindeki olumlu etkisini açıkça ortaya koymuştur.



Şekil 8. Farklı azot dozları ile biyolojik verim

Tablo 6'da, tam sulama koşullarında en yüksek biylojik verim miktarı (1574.19 gr) N20 dozunda gözlenirken, en düşük biyolojik verim miktarı (1350.13 gr) N8 dozunda kaydedilmiştir.

Genel olarak, birçok sulama koşulunda daha yüksek azot dozlarının kullanılmasıyla biylojik verim miktarında artış gözlenmiştir.

Kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerindeki sulama uygulaması, 847.87 gr (N8) ile 1155.06 gr (N20) arasında değişen biylojik verim değerleriyle benzer bir eğilim sergilemiştir. Bu durum, söz konusu büyüme aşamasında yeterli nem ve azot varlığının önemini ortaya koymaktadır.

Sapa kalkma dönemindeki sulama uygulaması dikkate alındığında, N16 uygulaması 594.92 iken N20 de bu değer 594.92 olduğu tespit edilmiştir Bu durum, söz konusu büyüme aşaması için potansiyel bir optimal azot seviyesinin varlığına işaret etmektedir.

Tüm azot dozlarında (368.62 N8 - 525.88 N20) yağmurla beslenen uygulamanın en düşük biylojik verim değerlerini sergilemesi, ek sulamanın biylojik verim birikimi üzerindeki olumlu etkisini açıkça ortaya koymuştur.

Sapa kalkma döneminde yapılan sulamada biylojik verim değerlerinin 484.92 gr (N8)'den 621.65 gr (N20)'ye düzenli artışı, yüksek azot seviyelerinin bu dönemdeki olası nem stresini hafifleterek biylojik verim birikimini artırabileceğini göstermektedir.

Süt olum sulama uygulamasında biylojik verim belirgin bir artış gözlemlenmiştir (N8: 525.01 gr N20: 805.28 gr). Bu durum, dane dolum aşamasında daha yüksek azot bulunabilirliğinin biyokütle üretimi üzerindeki olumlu etkisini vurgulamaktadır.

3.5. Bitki boyu (cm)

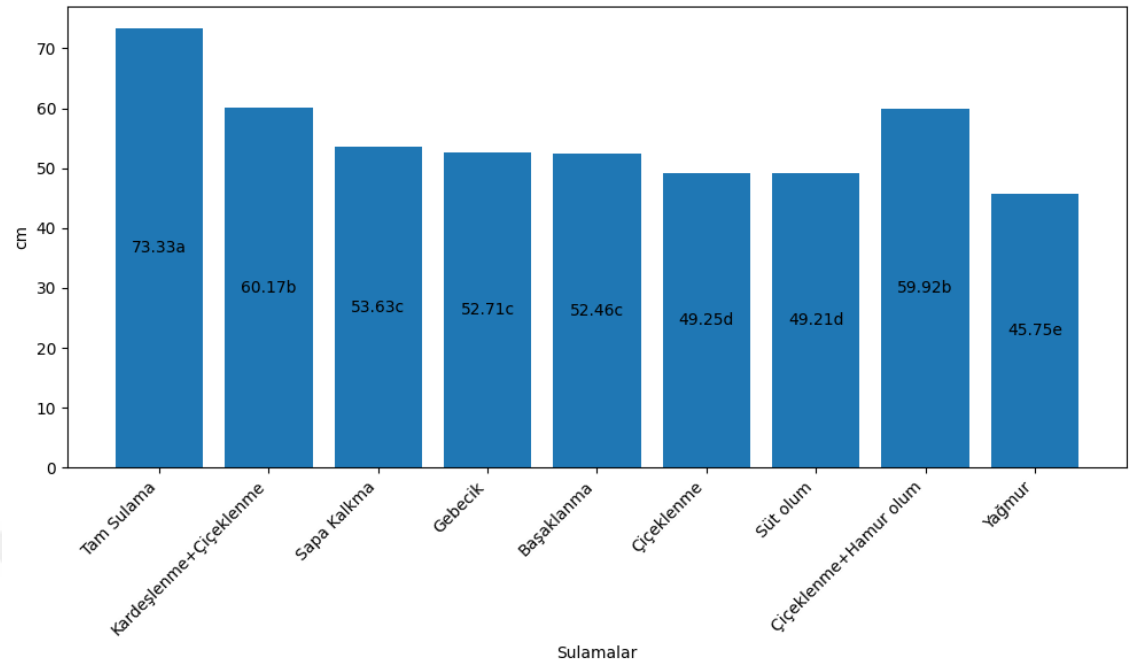
Tablo 7'de, farklı sulama dönemleri ve azot dozlarının buğdayın bitki boyu üzerine etkisi incelenmiştir; sulamanın, azot dozlarının ve sulama × azot dozu interaksiyonunun buğdayın bitki boyu üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tam sulama uygulaması altında, en yüksek bitki boyu (78,33 cm) N20 azot dozu ile elde edilirken, en düşük bitki boyu (66,67 cm) N8 azot dozunda kaydedilmiştir. Bitki boyunun artan azot dozlarıyla birlikte yükselme eğilimi gösterdiği, diğer birçok sulama uygulamasında da benzer şekilde gözlemlenmiştir.

Tablo 7. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yetiştirilen buğdayın ortalama bitki boyu değerleri

Sulama	Azot dozalari				Ortalama
	N8	N12	N16	N20	
Tam sulama	66.67^{bc}	71.17^{b}	77.17^{a}	78.33^{a}	73.33^{a}
Kardeşlenme+Çiçeklenme	56.50^{efgh}	60.50^{de}	61.83^{d}	61.83^{cd}	60.17^{b}
Sapa Kalkma	47.50^{mno}	54.50^{fghi}	$55.00f^{ghij}$	57.50^{defg}	53.63^{c}
Gebecik	48.17^{lmno}	53.83^{ghijk}	54.33^{ghij}	54.50^{fghi}	52.71^{c}
Başaklanma	46.33^{mno}	53.33^{hijk}	55.00^{fghij}	55.17^{fghij}	52.46^{c}
Çiçeklenme	44.33^{op}	49.33^{ijklm}	51.00^{ijklm}	52.33^{klmn}	49.25^{d}
Süt olum	43.67^{op}	48.17^{lmno}	52.67^{hijkl}	52.33^{hijkl}	49.21^{d}
Çiçeklenme+Hamur Olum	55.00^{fghij}	59.17^{def}	62.83^{cd}	62.67^{de}	59.92^{b}
Yağmur	41.00^{p}	45.17^{nop}	$48.17l^{mno}$	48.67^{jklm}	45.75^{e}
Ortalam	49.91^{c}	55.02^{b}	57.56^{a}	58.15^{a}	

Kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde uygulanan sulama miktarının, bitki boyunu 56,50 cm (N8) ile 61,83 cm (N16 ve N20) arasında etkilediği gözlemlenmiştir. Bu bulgu, bitkinin boyunun uzamasında, bahsi geçen büyüme aşamalarında yeterli nem ve azotun sağlanmasının ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

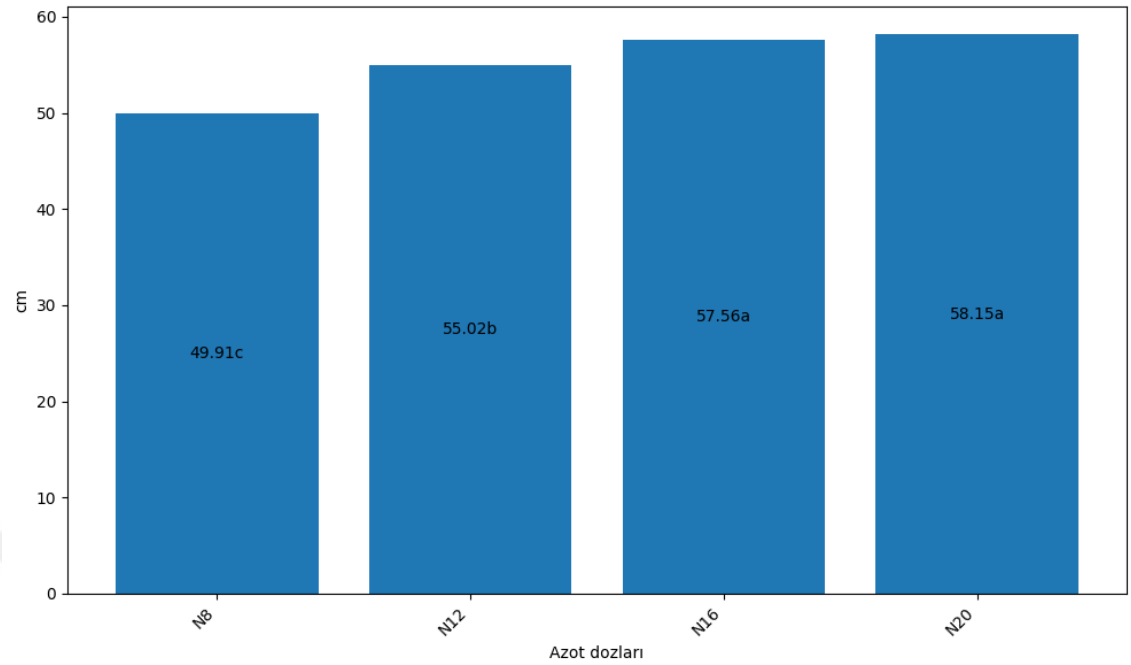


Şekil 9. Farklı sulama zamanları ile bitki boyu

Gövde uzaması döneminde yapılan sulama uygulamalarında, en yüksek bitki boyu 57,50 cm ile N20 dozunda elde edilirken, bunu 55,00 cm ile N16 dozu izlemiştir. Bu sonuçlar, gövde uzaması aşamasında optimal azot seviyesinin N20 dozuna yakın olabileceğini göstermektedir.

Yağmurla beslenen uygulamada, tüm azot dozları boyunca en düşük bitki boyları (41.00 cm - N8 ile 48.67 cm - N20 arası) tutarlı bir şekilde gözlemlenmiştir. Bu bulgu, bitki boyu üzerinde destekleyici sulamanın pozitif etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Belirli sulama yöntemleri incelendiğinde, tüm azot dozlarında en yüksek bitki boylarının tam sulama yöntemi ile elde edildiği ve N20 dozunda maksimum 78.33 cm'ye ulaşıldığı görülmüştür. Bu bulgu, bitki boyu ve genel vejetatif büyümenin maksimize edilmesi için ürünün yaşam döngüsü boyunca yeterli toprak neminin sağlanmasının önemini açıkça göstermektedir. Kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde uygulanan sulama işlemi, 56.50 cm (N8) ile 61.83 cm (N16 ve N20) arasında değişen bitki boylarıyla olumlu sonuçlar vermiştir. Bu bulgu, bitkinin kritik büyüme aşamalarında uygun nem koşullarının sağlanmasının boy uzamasına önemli ölçüde katkı sağlayabileceğini göstermektedir.



Şekil 10. Farklı azot dozları ile bitki boyu

Sap kalkma sulaması altında bitki boylarının 47.50 cm'den (N8) 57.50 cm'ye (N20) istikrarlı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Bu gözlem, daha yüksek azot seviyelerinin bitkinin bu kritik gelişim aşamasında muhtemel nem stresini telafi edebileceği ve gövde uzaması ile bitki boyunu olumlu yönde etkileyebileceği şeklinde yorumlanmaktadır.

Verilere göre, belirli sulama yöntemleri incelendiğinde, başaklanma ve sapa kalkma dönemlerinde yapılan sulamaların diğer bazı sulama yöntemlerine kıyasla bitki boyunu önemli ölçüde artırmadığı görülmektedir. Örneğin, sapa kalkma döneminde yapılan sulamalarda bitki boyları 48.17 cm ile 54.50 cm arasında değişirken, başaklanma döneminde yapılan sulamalarda bitki boyları 46.33 cm ile 55.17 cm arasında değişmiştir. Bu değerler, tam sulama koşullarında gözlemlenen (66.67 cm ile 78.33 cm arasında) bitki boylarından daha düşüktür ve yağışa dayalı koşullarda (41.00 cm ile 48.67 cm arasında) gözlemlenen değerlerle benzer veya biraz daha yüksektir. Bu durum, başaklanma ve sapa kalkma dönemlerinin bitki boyunu maksimize etmediğini ve bunun çeşit özellikleri, çevresel koşullar veya sulama olaylarının spesifik zamanlaması ve sıklığı gibi faktörlere bağlanabileceğini göstermektedir.

Süt olum dönemindeki sulama uygulamasının, 43.67 cm (N8) ile 52.33 cm (N16 ve N20) arasında nispeten dar bir bitki boyu aralığına neden olması, azotun bitki boyu üzerindeki etkisinin daha erken büyüme dönemlerinde daha belirgin olduğunu göstermektedir.

3.6. Yüz dane ağırlığı (gr)

Tablo 8'de, farklı sulama dönemleri ve azot dozlarının buğdayın yüz dane üzerine etkisi incelenmiştir; sulamanın, azot dozlarının ve sulama × azot dozu interaksiyonunun buğdayın yüz dane üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

Tam sulama koşullarında, en yüksek yüz tane ağırlığı (3,59 gr) N20 azot dozunda elde edilirken, en düşük değer (3,18 gr) N8 dozunda gözlemlenmiştir. Yüz tane ağırlığının artan azot dozları ile birlikte yükselme eğilimi, çoğu sulama uygulamasında benzer şekilde görülmüştür.

Kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerindeki sulama uygulamalarında elde edilen 3.01 gr (N8) ile 3.20 gr (N20) arasındaki verim değerleri, bu kritik büyüme evrelerinde yeterli nem ve nitrojen sağlanmasının tane dolumu ve tane ağırlığı üzerindeki belirleyici etkisini ortaya koymaktadır.

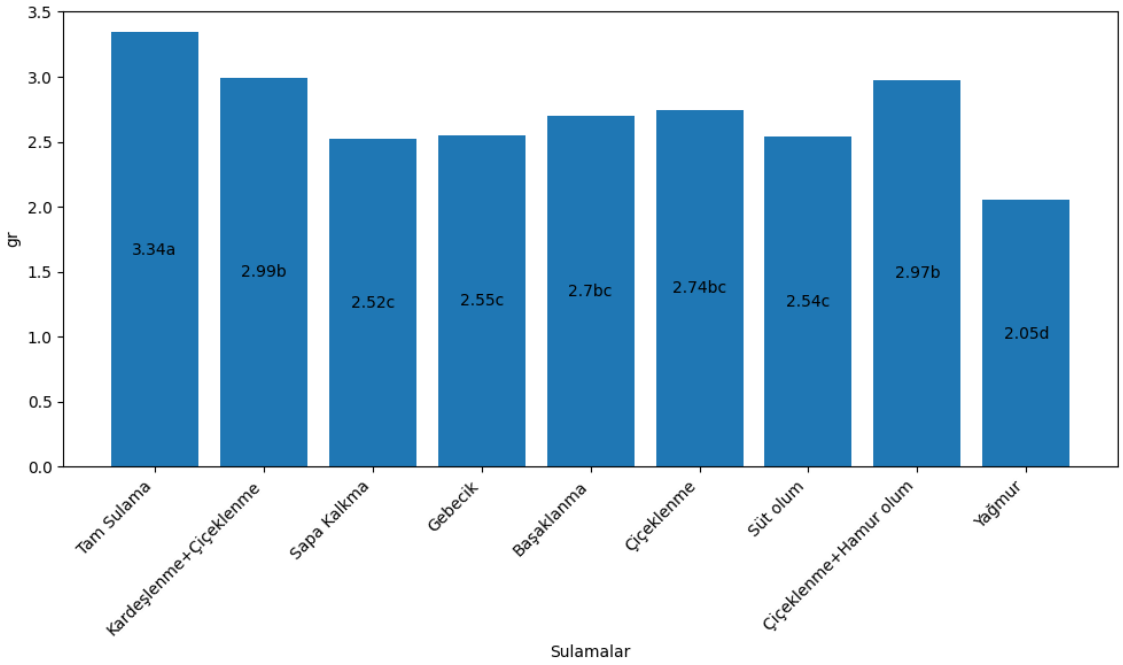
Tablo 8. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yetiştirilen buğdayın ortalama yüz dane ağırlığı değerleri

Sulama	Azot dozları				Ortalama
	N8	N12	N16	N20	
Tam sulama	3.18^{ab}	3.28^{abc}	3.34^{abc}	3.59^{a}	3.34^{a}
Kardeşlenme+Çiçeklenme	3.01^{abcdef}	$2.76^{bcdefgh}$	$2.98^{abcdefg}$	3.20^{abcde}	2.99^{b}
Sapa Kalkma	2.35^{fghi}	2.45^{efghi}	$2.60^{cdefghi}$	$2.69^{bcdefgh}$	2.52^{c}
Gebecik	2.24^{ghi}	2.26^{fghi}	$2.75^{bcdefgh}$	$2.97^{abcdefg}$	2.55^{c}
Başaklanma	2.39^{fghi}	$2.80^{bcdefgh}$	$2.87^{abcdefgh}$	$2.73^{bcdefgh}$	2.70^{bc}
Çiçeklenme	2.53^{defghi}	$2.65^{bcdefghi}$	$2.89^{abcdefg}$	$2.90^{abcdefg}$	2.74^{bc}
Süt olum	2.25^{ghi}	2.32^{fghi}	$2.66^{bcdefghi}$	$2.92^{abcdefg}$	2.54^{c}
Çiçeklenme+Hamur Olum	$2.97^{abcdefg}$	$2.78^{bcdefgh}$	$2.91^{abcdefg}$	3.22^{abcd}	2.97^{b}
Yağmur	1.91^{I}	2.13^{hi}	2.23^{ghi}	1.92^{i}	2.05^{d}
Ortalama	2.54^{b}	2.60^{b}	2.80^{a}	2.90^{a}	

Sapa kalkma dönemindeki sulama uygulamalarında en yüksek yüz dane ağırlığının 2,69 gr ile N20 dozunda elde edildiği, bunu 2,60 gr ile N16 dozunun takip ettiği görülmüştür. Bu durum, söz konusu büyüme dönemi için optimal azot seviyesinin bu aralıkta olabileceğini düşündürmektedir.

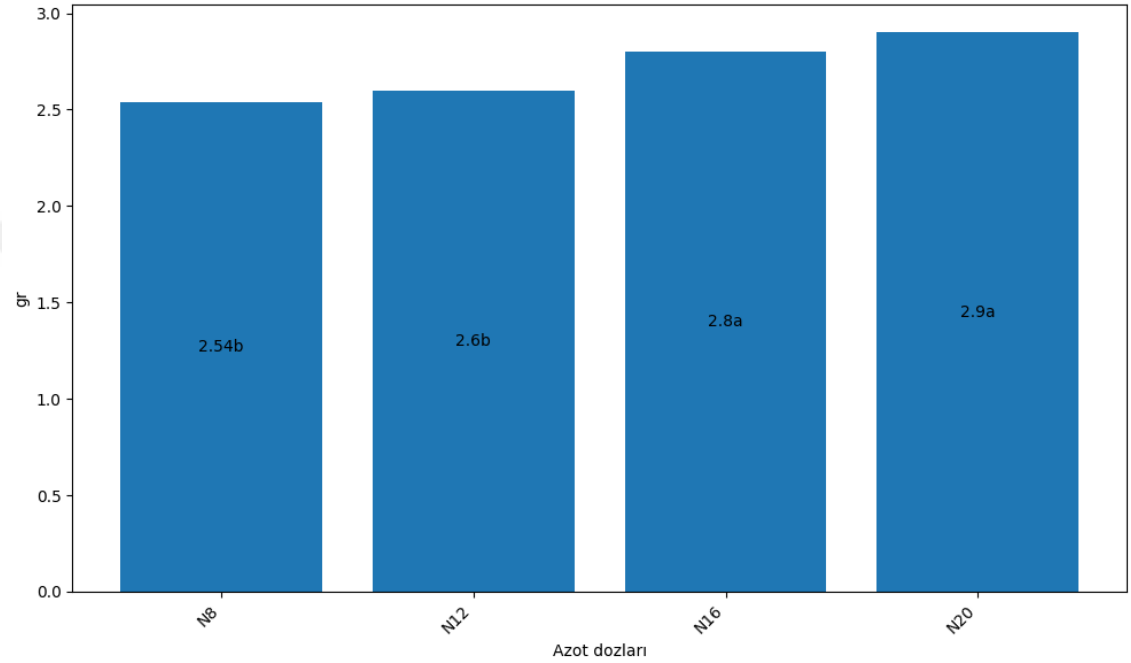
Sadece yağmur suyuyla beslenen uygulamalarda, farklı azot dozlarına (N8-N20) rağmen en düşük yüz dane ağırlığı değerleri (1.91-1.92 gr) elde edilmiştir. Bu durum, tane dolumu ve dane ağırlığı üzerinde tamamlayıcı sulamanın önemini açıkça ortaya koymaktadır.
Bireysel sulama işlemlerine bakıldığında, tam sulama işleminin genellikle tüm nitrojen dozlarında en yüksek yüz tane ağırlığına neden olduğu ve N20 dozu altında maksimum 3.59 gr gözlemlendiği görülmüştür. Bu durum, tane gelişimini ve ağırlığını en üst düzeye çıkarmak için, özellikle tane dolum aşamalarında, ürünün yaşam döngüsü boyunca yeterli toprak neminin korunmasının önemini vurgulamaktadır.

Kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde uygulanan sulama işlemi de görece başarılı bulunmuş, yüz tane ağırlıkları N8 dozunda 3.01 gramdan N20 dozunda 3.20 grama kadar değişiklik göstermiştir. Bu bulgu, söz konusu büyüme dönemlerinde zamanında sağlanan nemin daha iyi bir dane dolumu ve tane ağırlığı gelişimine katkıda bulunabileceğini ortaya koymaktadır.
Sapa kalkma sulaması altında, yüz tane ağırlıklarının 2.35 gr'dan (N8) 2.69 gr'a (N20) istikrarlı bir şekilde artması, daha yüksek azot seviyelerinin bu aşamada potansiyel nem stresini telafi etmeye ve daha iyi tane dolumu ve ağırlığına destek olabileceğini göstermektedir.



Şekil 11. Farklı sulama zamanları ile yüz dane ağırlığı

Gebecik ve başaklanma sulama uygulamalarının, bitkinin üreme dönemindeki kritik aşamalarda uygulanmasına rağmen, yüz tane ağırlığı üzerinde diğer bazı uygulamalara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, kullanılan çeşit özelliklerine, çevresel koşullara veya sulama zamanı ve sıklığı gibi faktörlere bağlanabilir.



Şekil 12. Farklı azot dozları ile yüz dane ağırlığı

Süt dönemi sulama uygulamasında, yüz tane ağırlığının 2,25 gr (N8) ile 2,92 gr (N20) arasında nispeten dar bir aralıkta olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, azotun, tane ağırlığı üzerindeki etkisinin daha çok bitkinin erken büyüme dönemlerinde veya tane dolum döneminde belirginleştiği şeklinde yorumlanabilir.

Çiçeklenme ve hamur dönemlerinde uygulanan sulama, yüz tane ağırlığının 2.97 gr (N8) ile 3.22 gr (N20) arasında değiştiği yüksek performansıyla, bitkinin üreme döneminin ilerleyen aşamalarında ideal tane gelişimi için toprak neminin korunmasının önemini ortaya koymuştur.

3.7. Başakta tane sayısı (adet)

Tablo 9'da, farklı sulama dönemleri ve azot dozlarının buğdayın başakta tane sayısı üzerine etkisi incelenmiştir; sulamanın, azot dozlarının ve sulama × azot dozu

interaksiyonunun buğdayın başakta tane sayısı üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$).

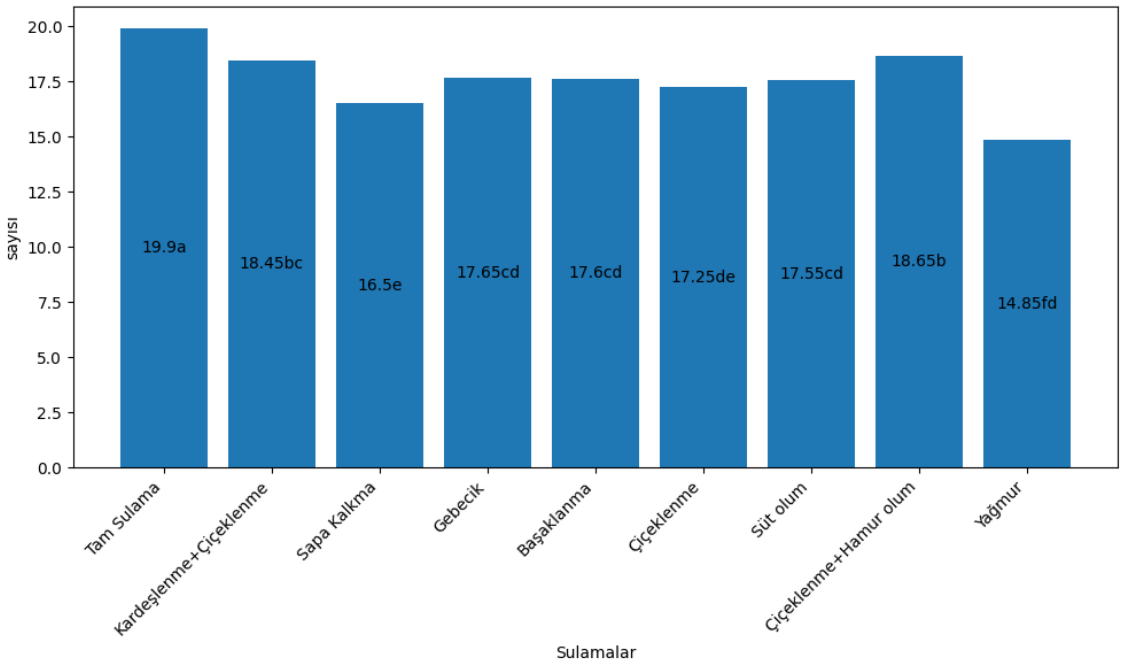
Tam sulama koşullarında en yüksek başak başına tohum sayısı 22.60 ile N20 azot dozunda elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 21.20 ile N16, 19.60 ile N12 ve 16.20 ile N8 izlemiştir. Bu bulgular, tam sulama koşullarında artan azot dozlarının genellikle başak başına daha yüksek tohum sayısına yol açtığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 9. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile yetiştirilen buğdayın ortalama başakta tane sayısı değerleri

Sulama	Azot dozalari				Ortalama
	N8	N12	N16	N20	
Tam sulama	16.20^{gh}	19.60^{cde}	21.20^{abcd}	22.60^{a}	19.90^{a}
Kardeşlenme+Çiçeklenme	14.00^{hij}	19.00^{def}	19.60^{cde}	21.20^{abcd}	18.45^{bc}
Sapa Kalkma	13.00^{ij}	17.20^{fg}	17.80^{efg}	18.00^{efg}	16.50^{e}
Gebecik	13.20^{ij}	17.60^{efg}	18.60^{ef}	21.20^{abcd}	17.65^{cd}
Başaklanma	13.20^{ij}	17.60^{efg}	18.60^{ef}	21.00^{abcd}	17.60^{cd}
Çiçeklenme	12.20^{ij}	17.60^{efg}	18.20^{efg}	21.00^{abcd}	17.25^{de}
Süt olum	12.40^{ij}	18.00^{efg}	18.40^{efg}	21.40^{abc}	17.55^{cd}
Çiçeklenme+Hamur Olum	13.60^{ij}	19.20^{cdef}	19.80^{bcde}	22.00^{ab}	18.65^{b}
Yağmur	11.80^{ij}	14.20^{hi}	16.20^{gh}	17.20^{fg}	14.85^{fd}
Ortalama	13.2^{d}	17.78^{c}	18.71^{b}	20.62^{a}	

"Kardeşlenme + Çiçeklenme" evresinde, N20 (21.20) ve N16 (19.60) uygulamalarında tohum sayısının, N12 (19.00) ve N8 (14.00) uygulamalarına göre anlamlı derecede yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, yüksek azot dozlarının erken dönemde generatif gelişimi teşvik ettiğini göstermektedir. "Sapa Kalkma" evresinde ise, artan azot dozları ile başak başına tohum sayısı 13.00 (N8)'den 18.00 (N20)'ye kadar yükselmiştir.

"Gebecik", "Başaklanma" ve "Çiçeklenme" evrelerinde, başak başına tohum sayısının önceki evrelere göre daha düşük olduğu, ancak yüksek azot dozlarıyla artış eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir.

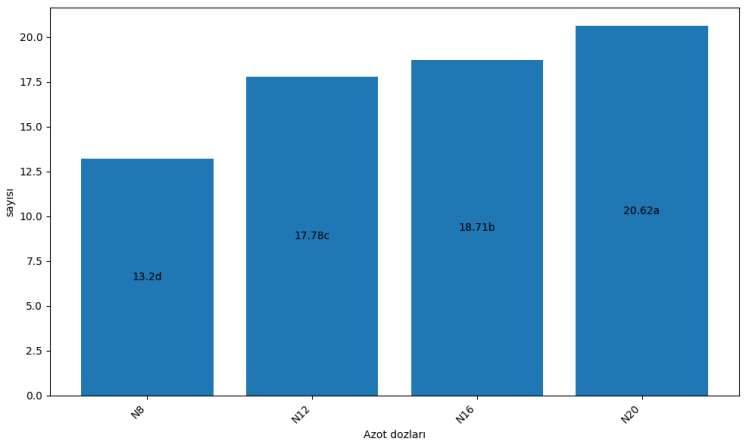


Şekil 13. Farklı sulama zamanları ile başakta tane sayısı

"Süt olum", daha düşük azot dozlarına kıyasla önemli ölçüde daha fazla başakta tohum sayısına sahip olan N20 (21.40) ile benzer bir model sergiledi.

"Çiçeklenme ve hamur olumu" aşaması için, N12 (19.20) ve N8 (13.60) dozlarına kıyasla N20 (22.00) ve N16 (19.80) dozlarında başakta daha fazla tohum sayısı elde edilmiştir.

"Yağmur" koşulu altında, tüm azot dozlarında başakta tohum sayısı, diğer sulama koşullarına kıyasla genellikle daha düşük bulunmuş olup, bu sayı 11.80 (N8) ile 17.20 (N20) arasında değişmiştir.



Şekil 14. Farklı sulama zamanları ve azot dozları ile başakta tane sayısı

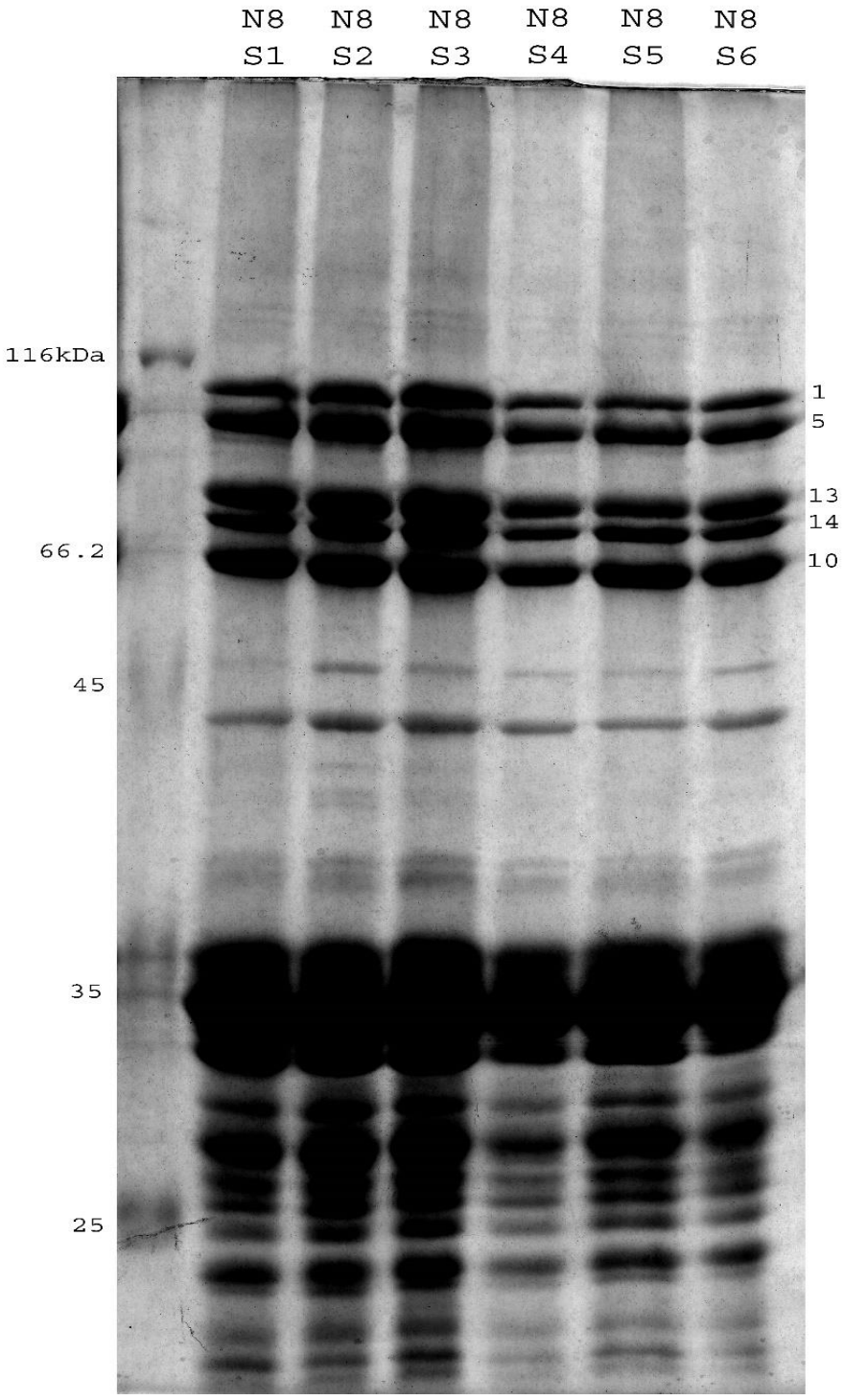
Genel olarak, elde edilen sonuçlar, özellikle N20 ve N16 gibi yüksek azot dozlarının, "Tam Sulama" ve "Kardeşlenme ve Çiçeklenme" gibi optimal sulama koşullarıyla birlikte uygulandığında, buğdayda başakta tohum sayısında belirgin bir artışa neden olduğunu göstermektedir.

3.8. Bant profillerine bağlı olarak yorumlar

Tam sulamada 16 kg/da azot uygulaması yüksek moleküler ağırlıklı glütenlerin miktarında artışa neden olurken 12 kg/da azot uygulaması düşük moleküler ağırlıklı glütenlerin miktarını artırmaktadır. 20 kg/da azot uygulamasında ise genel olarak 20 kDa altındaki diğer küçük moleküler ağırlıklı depo proteinlerinin miktarlarında artış gözlenmektedir (Tablo 10).

Tablo 10. Tam sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi

Uygulamalar-S1	0.3 mikrogram depo proteini içerisinde gluten alt ünite proteinlerinin SDS-PAGE ayrımına bağlı olarak miktarsal dağılımı (nanogram protein)																		
	102 kDa	88 kDa	76 kDa	74 kDa	67 kDa	47.2 kDa	43.6 kDa	40,9 kDa	40,1 kDa	35,2 kDa	30,3 kDa	25,2 kDa	23,4 kDa	22,6 kDa	21,3 kDa	20,8 kDa	16,7 kDa	15,9 kDa	14,5 kDa	13,8 kDa
	Yüksek moleküler ağırlıklı glutenler					Düşük moleküler ağırlıklı glutenler										Diğer depo proteinleri				
N8	15	18	24	21	30	3	6	3	3	12	18	36	36	30	9	15	6	6	3	6
N12	10,71	14,28	28,56	21,42	35,7	3,57	7,14	3,57	3,57	17,85	10,71	53,55	28,56	35,7	3,57	7,14	3,57	3,57	3,57	3,57
N16	28,14	37,52	46,9	23,45	37,52	0	4,69	0	4,69	9,38	9,38	9,38	37,52	18,76	4,69	9,38	4,69	4,69	4,69	4,69
N20	14	28	21	16,8	21	1,4	4,2	1,4	1,4	11,2	14	28	42	28	8,4	21	14	8,4	14	2,8

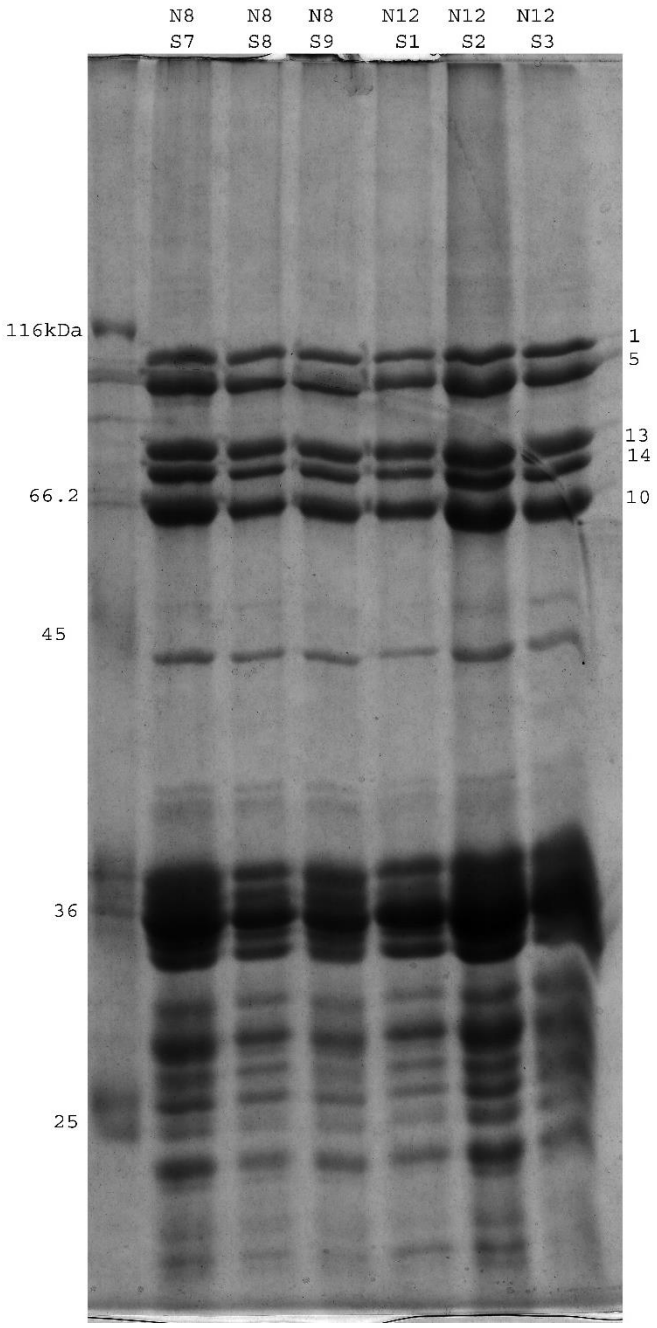


Şekil 15. Farklı sulama ve farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin SDS-PAGE bant profilleri (S1×N8 - S6×N8)

Kardeşlenme çiçeklenme döneminde de yine tam sulamaya benzer şekilde 16 kg azot uygulaması yüksek moleküler ağırlıklı glütenlerin, 12 kg azot uygulaması da düşük moleküler ağırlıklı glütenlerin miktarında artışa neden olmaktadır.20,8 ve 16,7 kDa moleküler ağırlıklı proteinlerin konsantrasyonu 20 kg azot uygulaması ile artış gösterirken 15,9 ve 14,5 kDa moleküler ağırlıklı proteinlerin konsantrasyonları 8 kg azot uygulaması ile en yüksek seviyeye çıkmaktadır (Tablo 11).

Tablo 11. Kardeşlenme-çiçeklenme döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi

Uygulamalar-S2	0.3 mikrogram depo proteini içerisinde gluten alt ünite proteinlerinin SDS-PAGE ayrımına bağlı olarak miktarsal dağılımı (nanogram protein)																			
	102 kDa	88 kDa	76 kDa	74 kDa	67 kDa	47.2 kDa	43.6 kDa	40,9 kDa	40,1 kDa	35,2 kDa	30,3 kDa	25,2 kDa	23,4 kDa	22,6 kDa	21,3 kDa	20,8 kDa	16,7 kDa	15,9 kDa	14,5 kDa	13,8 kDa
	Yüksek moleküler ağırlıklı glutenler					Düşük moleküler ağırlıklı glutenler										Diğer depo proteinleri				
N8	18,13	25,9	25,9	20,72	31,08	5,18	5,18	2,59	2,59	10,36	15,54	31,08	25,9	25,9	10,36	18,13	5,18	7,77	7,77	5,18
N12	9,45	18,9	22,68	18,9	37,8	1,89	7,56	1,89	1,89	15,12	18,9	47,25	28,35	28,35	5,67	11,34	5,67	7,56	3,78	7,56
N16	27,6	34,5	41,4	20,7	34,5	0	6,9	0	3,45	6,9	6,9	27,6	34,5	20,7	6,9	13,8	0	3,45	3,45	6,9
N20	18,1	27,15	27,15	18,1	27,15	1,81	5,43	1,81	0	10,86	18,1	36,2	36,2	27,15	3,62	21,72	9,05	3,62	5,43	1,81



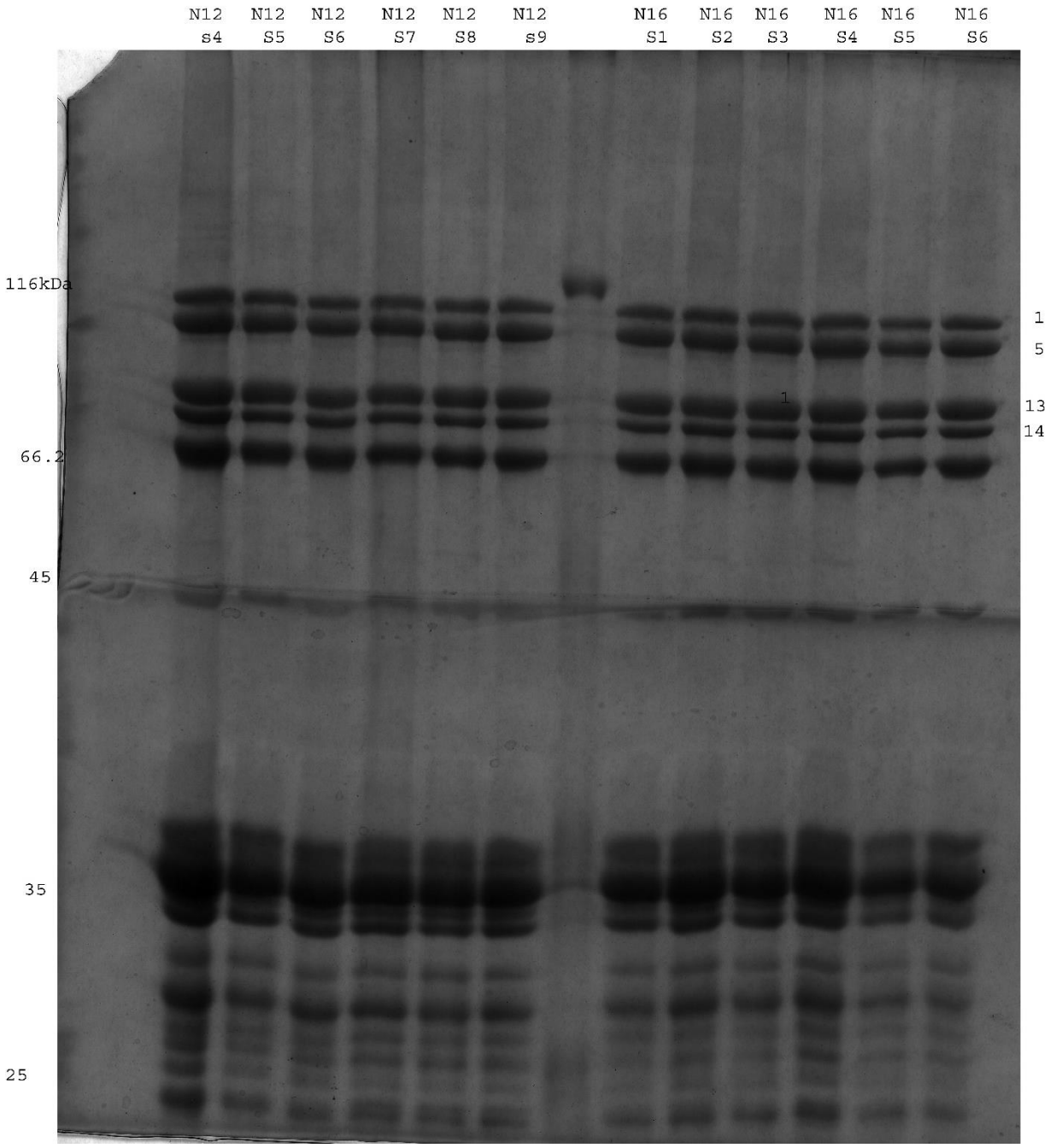
Şekil 16. Farklı sulama ve farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin SDS-PAGE bant profilleri (S7×N8 - S3×N12)

Sapa kalkma döneminde 16 kg azot uygulaması yüksek moleküler ağırlıklı glütenlerin içeriğinde artışa neden olurken daha düşük miktarlardaki azot uygulamaları (8 ve 12 kg) düşük moleküler ağırlıklı glütenlerin miktarlarında artışa neden olmaktadır. Bununla birlikte 16 ve 20 kg azot uygulamaları bazı düşük moleküler ağırlıklı glütenlerin ifadelerini de engellemektedir (örneğin 47.2, 40.9 ve 40.1 kDa proteinler). Ancak yüksek azot uygulamaları çok düşük moleküler ağırlıklı glütenlerde (23 kDa'dan düşük olanlar) yüksek oranda ifade artışına neden olmaktadır (Tablo 12)

Tablo 12. Sapa kalkma döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi

Uygulamalar-S3	0.3 mikrogram depo proteini içerisinde gluten alt ünite proteinlerinin SDS-PAGE ayrımına bağlı olarak miktarsal dağılımı (nanogram protein)																		
	102 kDa	88 kDa	76 kDa	74 kDa	67 kDa	47.2 kDa	43.6 kDa	40,9 kDa	40,1 kDa	35,2 kDa	30,3 kDa	25,2 kDa	23,4 kDa	22,6 kDa	21,3 kDa	20,8 kDa	16,7 kDa	15,9 kDa	14,5 kDa	13,8 kDa
	Yüksek moleküler ağırlıklı glutenler					Düşük moleküler ağırlıklı glutenler										Diğer depo proteinleri				
N8	18,88	23,6	23,6	23,6	23,6	2,36	4,72	2,36	4,72	9,44	14,16	35,4	35,4	28,32	9,44	18,88	7,08	4,72	4,72	4,72
N12	13,9	22,24	22,24	16,68	33,36	2,78	5,56	2,78	2,78	16,68	27,8	41,7	41,7	27,8	5,56	5,56	2,78	2,78	2,78	2,78
N16	28,88	36,1	43,32	21,66	36,1	0	7,22	0	3,61	7,22	7,22	21,66	36,1	21,66	3,61	10,83	0	3,61	3,61	7,22
N20	15,52	23,28	29,1	19,4	23,28	0	5,82	1,94	0	11,64	19,4	23,28	38,8	38,8	3,88	23,28	9,7	3,88	7,76	1,94

.

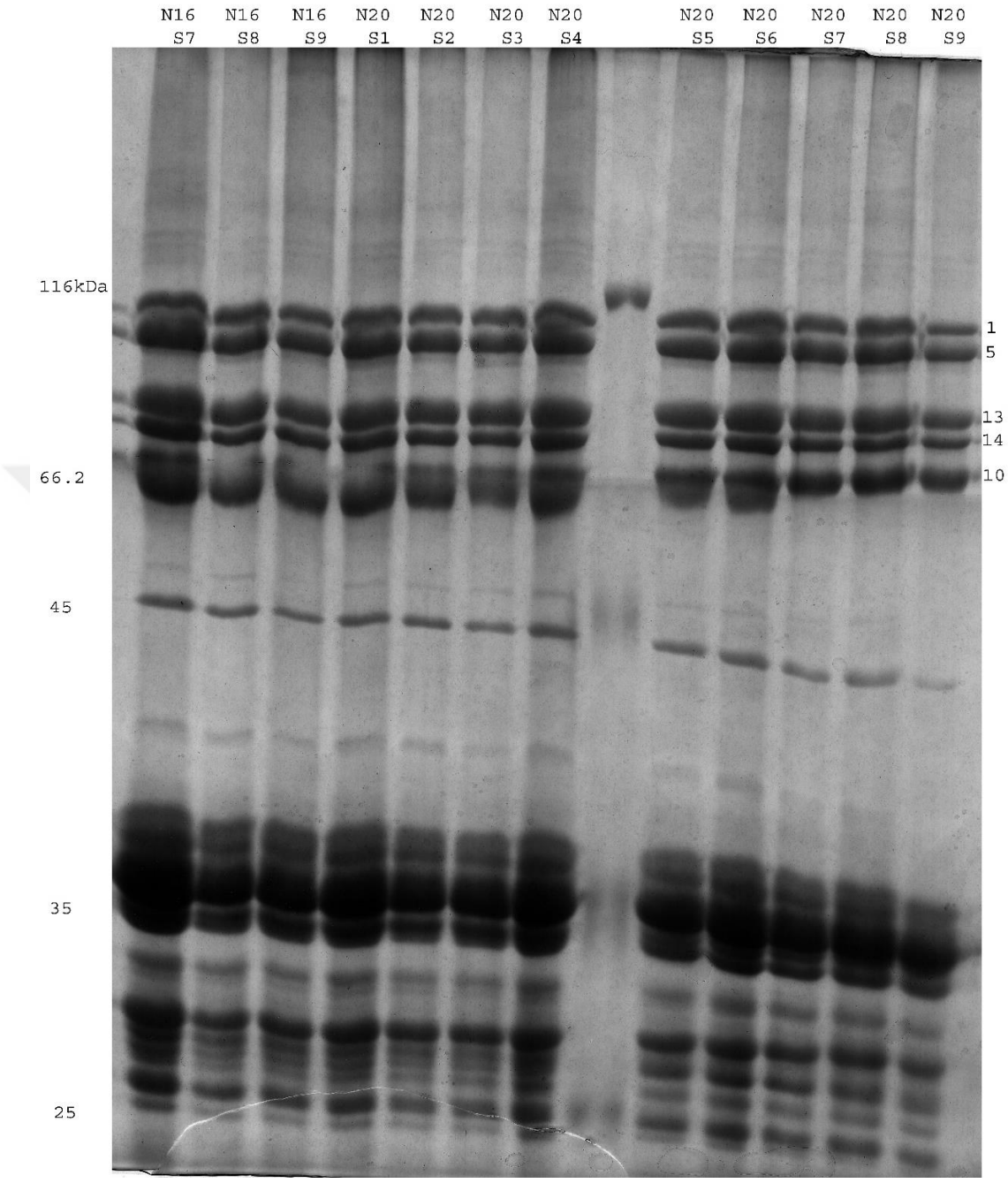


Şekil 17. Farklı sulama ve farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin SDS-PAGE bant profilleri (S4×N12 - S6×N16)

Gebecik döneminde de diğer dönemlerde olduğu gibi 16 kg azot uygulaması yüksek moleküler ağırlıklı glütenlerin ifadelerinde artışa neden olmaktadır. Bununla birlikte 16 kg azot uygulaması 43.6 ve 35.2 kDa proteinlerin ifadelerini artırmasına rağmen genel olarak düşük moleküler ağırlıklı glütenlerin ifadesini kısıtlamaktadır. 20 kg azot uygulaması çok düşük moleküler ağırlıklı depo proteinlerini ifadelerinde yaklaşık iki kat artış sağlamaktadır (Tablo 13).

Tablo 13. Gebecik döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi

Uygulamalar-S4	0.3 mikrogram depo proteini içerisinde gluten alt ünite proteinlerinin SDS-PAGE ayrımına bağlı olarak miktarsal dağılımı (nanogram protein)																		
	102 kDa	88 kDa	76 kDa	74 kDa	67 kDa	47.2 kDa	43.6 kDa	40,9 kDa	40,1 kDa	35,2 kDa	30,3 kDa	25,2 kDa	23,4 kDa	22,6 kDa	21,3 kDa	20,8 kDa	16,7 kDa	15,9 kDa	14,5 kDa	13,8 kDa
	Yüksek moleküler ağırlıklı glutenler					Düşük moleküler ağırlıklı glutenler										Diğer depo proteinleri				
N8	19,36	19,36	29,04	19,36	33,88	4,84	4,84	4,84	4,84	9,68	24,2	48,4	14,52	14,52	4,84	9,68	4,84	9,68	9,68	9,68
N12	18,1	27,15	27,15	21,72	36,2	0	3,62	0	3,62	3,62	7,24	27,15	45,25	36,2	7,24	10,86	5,43	5,43	5,43	9,05
N16	24	30	36	24	30	0	6	0	3	9	9	24	36	24	6	15	6	6	3	9
N20	12,4	24,8	24,8	18,6	24,8	1,24	4,96	1,24	1,24	12,4	18,6	24,8	37,2	24,8	7,44	18,6	12,4	12,4	14,88	3,72



Şekil 18. Farklı sulama ve farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin SDS-PAGE bant profilleri (S7×N16 - S9×N20)

Başaklanma döneminde 12 veya 16 kg azot uygulamaları yüksek moleküler ağırlıklı glütenlerin protein ifadelerini yaklaşık iki kat artırmaktadır. Gebecik döneminde olduğu gibi başaklanma döneminde de yüksek azot uygulamaları genel olarak düşük moleküler ağırlıklı glütenlerin protein ifadelerini düşürmektedir. Bununla birlikte 20 kg azot uygulamaları çok düşük moleküler ağırlıklı depo proteinlerin miktarında artışa neden olmaktadır (Tablo 14).

Tablo 14. Başaklanma döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi

Uygulamalar-S5	0.3 mikrogram depo proteini içerisinde gluten alt ünite proteinlerinin SDS-PAGE ayrımına bağlı olarak miktarsal dağılımı (nanogram protein)																			
	102 kDa	88 kDa	76 kDa	74 kDa	67 kDa	47.2 kDa	43.6 kDa	40,9 kDa	40,1 kDa	35,2 kDa	30,3 kDa	25,2 kDa	23,4 kDa	22,6 kDa	21,3 kDa	20,8 kDa	16,7 kDa	15,9 kDa	14,5 kDa	13,8 kDa
	Yüksek moleküler ağırlıklı glutenler					Düşük moleküler ağırlıklı glutenler										Diğer depo proteinleri				
N8	13,48	16,85	20,22	20,22	33,7	3,37	3,37	3,37	3,37	10,11	16,85	50,55	26,96	33,7	6,74	13,48	6,74	6,74	6,74	3,37
N12	21,66	36,1	36,1	28,88	36,1	0	3,61	0	0	7,22	10,83	28,88	36,1	21,66	7,22	7,22	3,61	3,61	3,61	7,22
N16	29,52	39,36	49,2	24,6	34,44	0	9,84	0	4,92	9,84	4,92	9,84	29,52	9,84	4,92	14,76	4,92	4,92	4,92	9,84
N20	20,1	30,15	24,12	20,1	30,15	2,01	6,03	2,01	2,01	10,05	10,05	30,15	30,15	30,15	4,02	20,1	12,06	4,02	10,05	2,01

Çiçeklenme döneminde de yine 16 kg azot uygulaması yüksek molekül ağırlıklı glütenlerin protein ifadesini artırırken genel olarak düşük molekül ağırlıklı glüten proteinlerinin ifadesini düşürmektedir. Çiçeklenme döneminde 8 kg azot uygulaması düşük molekül ağırlıklı gluten proteinlerinin protein ifadelerinde genel olarak artış sağlamaktadır. Çiçeklenme döneminde azot uygulamalarının çok düşük moleküler ağırlığa sahip diğer depo proteinlerinin protein ifadelerinde genel olarak bariz bir etkisi gözükmemektedir (Tablo 15).

Tablo 15. Çiçeklenme döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi

Uygulamalar-S6	0.3 mikrogram depo proteini içerisinde gluten alt ünite proteinlerinin SDS-PAGE ayrımına bağlı olarak miktarsal dağılımı (nanogram protein)																		
	102 kDa	88 kDa	76 kDa	74 kDa	67 kDa	47.2 kDa	43.6 kDa	40,9 kDa	40,1 kDa	35,2 kDa	30,3 kDa	25,2 kDa	23,4 kDa	22,6 kDa	21,3 kDa	20,8 kDa	16,7 kDa	15,9 kDa	14,5 kDa	13,8 kDa
	Yüksek moleküler ağırlıklı glutenler					Düşük moleküler ağırlıklı glutenler										Diğer depo proteinleri				
N8	16,2	24,3	32,4	24,3	40,5	8,1	4,05	4,05	4,05	8,1	20,25	40,5	16,2	8,1	8,1	12,15	8,1	8,1	8,1	4,05
N12	20,46	34,1	34,1	27,28	34,1	0	3,41	0	0	6,82	10,23	27,28	40,92	27,28	6,82	10,23	3,41	3,41	3,41	6,82
N16	32,88	41,1	49,32	24,66	32,88	0	8,22	0	4,11	12,33	8,22	8,22	32,88	12,33	4,11	8,22	4,11	4,11	4,11	8,22
N20	15	30	22,5	15	30	1,5	6	1,5	1,5	7,5	15	30	45	22,5	6	18	15	4,5	12	1,5

Süt olum olum aşamasından itibaren bitkiye 16 veya 20 kg azot vermek genel olarak yüksek moleküler ağırlıklı gluten proteinlerin ifadesinde bir azalmaya neden olmaktadır. 8 veya 12 kg azot uygulaması ise yüksek moleküler ağırlıklı gluten proteinlerin protein ifadesini artırmaktadır. Düşük molekülr ağırlıklı glutenler de 8 kg azot uygulamasında yüksek protein bant ifadesine sahiptir. Bunların aksine çok düşük moleküler ağırlıklı proteinler (20 kDa'dan düşük proteinler) süt olum aşamasında yüksek azot uygulamasında artan protein ifadesi ile karakterize olmaktadır (Tablo 16).

Tablo 16. Süt olum döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi

Uygulamalar-S7	0.3 mikrogram depo proteini içerisinde gluten alt ünite proteinlerinin SDS-PAGE ayrımına bağlı olarak miktarsal dağılımı (nanogram protein)																			
	102 kDa	88 kDa	76 kDa	74 kDa	67 kDa	47.2 kDa	43.6 kDa	40,9 kDa	40,1 kDa	35,2 kDa	30,3 kDa	25,2 kDa	23,4 kDa	22,6 kDa	21,3 kDa	20,8 kDa	16,7 kDa	15,9 kDa	14,5 kDa	13,8 kDa
	Yüksek moleküler ağırlıklı glutenler					Düşük moleküler ağırlıklı glutenler										Diğer depo proteinleri				
N8	11,55	23,1	23,1	23,1	34,65	2,31	9,24	2,31	2,31	23,1	23,1	46,2	23,1	23,1	4,62	11,55	2,31	4,62	2,31	4,62
N12	21,42	35,7	35,7	21,42	35,7	0	7,14	0	0	7,14	7,14	28,56	42,84	28,56	3,57	7,14	3,57	3,57	3,57	7,14
N16	10,7	21,4	21,4	21,4	21,4	1,07	4,28	1,07	1,07	12,84	21,4	26,75	32,1	26,75	8,56	21,4	16,05	10,7	16,05	4,28
N20	18,32	27,48	27,48	22,9	27,48	2,29	4,58	0	2,29	4,58	18,32	34,35	34,35	27,48	4,58	18,32	11,45	4,58	6,87	2,29

Hamur olum aşamasında da yine süt olum aşamasında olduğu gibi yüksek azot uygulamaları yüksek moleküler ağırlıklı proteinlerin ifadelerinin azalmasına neden olmaktadır. 8 kg azot uygulaması düşük moleküler ağırlıklı glutenlerde en yüksek protein ifadesi vermektedir. 20 kDa'dan düşük proteinlerin ifadesi hamur olum aşamasında 16 kg azot uygulamasında en yüksek seviyeye çıkmaktadır (Tablo 17).

Tablo 17. Çiçeklenme-hamur olum döneminde sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi

Uygulamalar-S8	0.3 mikrogram depo proteini içerisinde gluten alt ünite proteinlerinin SDS-PAGE ayrımına bağlı olarak miktarsal dağılımı (nanogram protein)																		
	102 kDa	88 kDa	76 kDa	74 kDa	67 kDa	47.2 kDa	43.6 kDa	40,9 kDa	40,1 kDa	35,2 kDa	30,3 kDa	25,2 kDa	23,4 kDa	22,6 kDa	21,3 kDa	20,8 kDa	16,7 kDa	15,9 kDa	14,5 kDa	13,8 kDa
	Yüksek moleküler ağırlıklı glutenler					Düşük moleküler ağırlıklı glutenler										Diğer depo proteinleri			
N8	13,96	20,94	27,92	27,92	34,9	3,49	10,47	3,49	3,49	17,45	27,92	41,88	20,94	20,94	3,49	6,98	3,49	3,49	3,49	3,49
N12	20,7	41,4	41,4	27,6	34,5	0	6,9	0	0	6,9	10,35	27,6	34,5	20,7	6,9	6,9	3,45	3,45	0	6,9
N16	16,7	25,05	25,05	16,7	20,04	1,67	6,68	1,67	0	16,7	25,05	33,4	36,74	25,05	6,68	16,7	10,02	5,01	10,02	1,67
N20	19	28,5	28,5	22,8	28,5	1,9	3,8	0	1,9	3,8	19	30,4	38	22,8	5,7	22,8	11,4	3,8	5,7	1,9
N20	17,46	29,1	23,28	23,28	29,1	2,91	2,91	0	2,91	2,91	17,46	34,92	43,65	29,1	2,91	17,46	8,73	2,91	5,82	2,91

Yağmur sulamada 8 ve 12 kg azot uygulaması HMW glutenlerin ifadesinde en yüksek artışı verirken, LMW glutenlerin protein ifadesi 8 kg azot uygulamasında en yüksek seviyede olmaktadır. Çok düşük moleküler ağırlığa sahip diğer depo proteinlerin ifadeleri ise 16 kg azot uygulamasında en yüksek seviyede olmaktadır (Tablo 18).

Tablo 18. Yağmur sulama yapıldığında farklı azot uygulamalarının buğdayın depo proteinlerinin birikimi üzerine etkisi

Uygulamalar-S9	0.3 mikrogram depo proteini içerisinde gluten alt ünite proteinlerinin SDS-PAGE ayrımına bağlı olarak miktarsal dağılımı (nanogram protein)																			
	102 kDa	88 kDa	76 kDa	74 kDa	67 kDa	47.2 kDa	43.6 kDa	40,9 kDa	40,1 kDa	35,2 kDa	30,3 kDa	25,2 kDa	23,4 kDa	22,6 kDa	21,3 kDa	20,8 kDa	16,7 kDa	15,9 kDa	14,5 kDa	13,8 kDa
	Yüksek moleküler ağırlıklı glutenler					Düşük moleküler ağırlıklı glutenler										Diğer depo proteinleri				
N8	11,76	14,7	29,4	23,52	35,28	2,94	8,82	2,94	2,94	17,64	23,52	44,1	35,28	23,52	2,94	5,88	2,94	2,94	2,94	5,88
N12	20,7	34,5	34,5	20,7	34,5	0	6,9	0	0	6,9	10,35	27,6	41,4	27,6	6,9	10,35	3,45	3,45	3,45	6,9
N16	12,48	23,4	18,72	15,6	18,72	0	4,68	1,56	1,56	15,6	31,2	31,2	39	31,2	4,68	18,72	12,48	4,68	12,48	1,56
N20	17,46	29,1	23,28	23,28	29,1	2,91	2,91	0	2,91	2,91	17,46	34,92	43,65	29,1	2,91	17,46	8,73	2,91	5,82	2,91

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma

Çalışmamızda, farklı sulama uygulamalarının ve azot dozlarının buğday verimliliği ve kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, uygulanan sulama stratejisi ve azot seviyesinin kombinasyonuna bağlı olarak kardeş sayısı, tane verimi, başak başına tane ağırlığı, biylojik verim, bitki boyu, yüz tane ağırlığı ve başak başına tane sayısında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Tam sulama ile birlikte en yüksek azot dozunun (N20) sürekli olarak maksimum tohum üretimi ve biylojik verim sağladığı, bu durumun hem yeterli su temininin hem de yeterli azotun buğday verimliliğini en üst düzeye çıkarmadaki kritik rolünü gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşılık, en düşük verimlerin en düşük azot dozu (N8) ile yağmurla beslenen koşullar altında gözlemlenmesi, yalnızca doğal yağışa güvenmenin optimal büyüme için yetersizliğini vurgulamıştır.

Çalışma ayrıca, sulama zamanlaması ve azot dozlarının buğday tanelerinin protein bileşimi, özellikle de glutenin fraksiyonu üzerindeki etkisini de incelemiştir. Sulama zamanlaması ve uygulanan azot miktarının, ekmek gibi nihai kullanım ürünlerinin kalitesini belirleyen önemli unsurlar olan yüksek ve düşük moleküler ağırlıklı gluteninlerin birikimini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. Örneğin, 16 kg/da azot uygulaması ile tam sulama, yüksek moleküler ağırlıklı gluteninlerde artışa yol açarken, 12 kg/da azot düşük moleküler ağırlıklı gluteninleri desteklemiştir. İlginç bir şekilde, 20 kg azot uygulaması, moleküler ağırlıkları 20 kDa'nın altında olan diğer depo proteinlerinin birikiminde bir artışla sonuçlanmıştır. Bu bulgular, sulama, azot yönetimi ve buğdaydaki protein kalitesi arasındaki karmaşık ilişkiyi vurgulayarak, istenen tane özelliklerini elde etmek için yetiştirme uygulamalarını optimize etmek adına değerli bilgiler sağlamaktadır.

Shirazi vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı sulama uygulamaları ve azot dozlarının buğdayın tane verimi, bitki boyu ve kardeş sayısı gibi verim bileşenleri üzerinde önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada, en yüksek tane verimi, bitki boyu ve kardeş sayısına daha yüksek sulama ve azot oranları ile ulaşıldığı belirtilmiş olup, bu bulgular mevcut çalışmamızın sonuçlarıyla da uyumluluk göstermektedir.

Etiyopya'da yürütülen bir başka çalışmada, buğday tane veriminin hem sulama seviyeleri hem de azotlu gübre oranlarından önemli ölçüde etkilendiği bulunmuştur. En yüksek tane verimi %100 (tam) sulama ve 92 kg/ha (en yüksek azot uygulaması) ile elde edilirken, en düşük verim sulama yapılmayan ve %50 sulama ile gözlenmiştir. Çalışmada, bitki boyu ve kardeş sayısı gibi özellikler için farklı azot uygulamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı açıklanmaktadır. Ancak başak başına tohum sayısı, biyokütle, tane verimi ve diğer faktörlerde anlamlı bir fark bulunmaktadır. Özellikle, sulama uygulamalarındaki tüm özellikler için önemli bir fark olduğu belirtilmektedir (Jemal vd., 2022b). Çalışmamızda, tam sulama ve en yüksek azot dozu (N20) kombinasyonunun en yüksek tane verimiyle sonuçlandığı, yağmurla beslenen koşullar ve en düşük azot dozu (N8) altında ise en düşük verimin elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, farklı azot uygulamaları arasında kardeş sayısı ve bitki boyu bakımından önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, bu farklılıklar Jemal vd. (2022) tarafından bildirilen çalışmada gözlemlenmemiştir.

Eissa vd. (2016) tarafından Assiut, Mısır'da yürütülen bir çalışmada, farklı sulama seviyeleri ve azotlu gübre oranlarının buğday verimi ve büyümesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, en yüksek tane, sap ve biyolojik verimin, bitkinin su ihtiyacının %100'ünü karşılayan normal sulama (I100) ve en yüksek azot oranı olan 240 kg/ha (N240) ile birlikte elde edildiğini bulmuşlardır. Buna karşılık, en düşük verim, bitki su ihtiyacının sadece %75'ini karşılayan su stresli sulama (I75) ve en düşük azot seviyesi olan 120 kg/ha (N120) altında gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, bizim çalışmamızda da en yüksek tane, sap ve biyokütle verimi, tam sulama ve en yüksek azot dozu olan (N20) ile elde edilmiştir. Tüm ölçümler için en düşük verimlilik, yağmurla beslenen koşullar ve en düşük azot (N8) ile gözlemlenmiştir. İki çalışma arasındaki bu tutarlı eğilimler, optimum sulama yönetimi ve azot gübrelemesinin buğday verimini belirleyen kritik faktörler olduğunu göstermektedir. Farklı coğrafi bölgelerde yürütülen her iki deney de,

sulama ve azotun birlikte uygulanmasının güvenilir faydalarını ortaya koymuştur. Sulama, bitkinin tam su ihtiyacını karşıladığında ve azot beslemesi en yüksek seviyede olduğunda, buğday büyümesi ve verimliliği en üst düzeye çıkarılmıştır. Mısır çalışması ve bizim bulgularımız, büyüme mevsimi boyunca yeterli toprak nem seviyelerinin korunmasının yanı sıra gübreleme yoluyla yüksek azot mevcudiyetinin önemini göstermektedir. Yeterli su temini ve artan azot arasındaki etkileşim, buğday verimini önemli ölçüde artırmıştır. Bu durum, farklı yetiştirme ortamlarında buğday üretimini optimize etmek için sulama ve azot uygulama oranlarının hassas yönetiminin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Mısır'da yapılan bir çalışmada, normal sulama koşullarında 70 günlük buğdayın bitki boyu ve kuru ağırlığı üzerinde azot uygulamalarının anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Ancak, su stresli koşullar altında azot uygulamalarının besin alımı, tane verimi, saman verimi, biyolojik verim ve su kullanım etkinliği üzerinde önemli farklılıklar yarattığı gözlemlenmiştir. Özellikle, azot uygulamasının su stresinin buğday üzerindeki olumsuz etkilerini hafiflettiği belirtilmiştir. Yüksek azot oranlarının, sınırlı sulama kaynaklı verim ve büyüme kayıplarını telafi ettiği ifade edilmiştir. Bu nedenle, çalışmada azot gübrelemesinin Mısır'da damla sulama ile yetiştirilen buğday üzerindeki su stresinin olumsuz etkilerini azalttığı sonucuna varılmıştır (Rekaby, 2019).

Rekaby (2019) ile benzer şekilde, yüksek azot dozlarının ve tam sulamanın verim, büyüme, biylojik verim ve diğer parametreleri olumlu etkilediği tarafımızca da tespit edilmiştir. Bununla birlikte, çalışmamızın sonuçları, farklı sulama rejimleri altında bazı ürün tepkilerine (örneğin, belirli koşullarda N16 ve N20 arasındaki potansiyel plato etkisi) dair ek bilgiler sunmaktadır.

Waraich vd. (2007) tarafından buğdayın tane verimi ve verim unsurları üzerinde dört farklı sulama uygulaması ve dört farklı azot seviyesinin etkileri incelenmiştir. Sulama uygulamaları bir, iki, üç ve dört sulama şeklinde olup, azot seviyeleri ise 0, 50, 100 ve 150 kg N/ha olarak belirlenmiştir. Her iki yetiştirme sezonunda da tane verimi, sulama uygulamalarına göre önemli ölçüde değişiklik göstermiştir. Verim, azalan sulama sayısıyla birlikte azalmış ve en yüksek verim dört sulama uygulamasında elde edilmiştir. Tek sulama uygulamasına kıyasla ortalama verim, dört, üç ve iki sulama uygulamalarında sırasıyla %68, %53 ve %16 daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, sınırlı su kaynağının tane verimi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Azot uygulaması

da verimi önemli ölçüde etkilemiştir. Her iki yılda da en yüksek verimler 150 kg N/ha'da elde edilmiş olup, verimin azot mevcudiyetinden güçlü bir şekilde etkilendiği belirtilmiştir. Verimler, sıfır azot ilavesine kıyasla 150, 100 ve 50 kg N/ha'da ortalama olarak sırasıyla %38, %25 ve %13 daha fazla olmuştur.

Hem mevcut çalışmamızda hem de daha önce bahsedilen çalışmada, sulama uygulamalarının sayısının veya miktarının artırılmasının (4 sulamaya karşı 1 sulama; tam sulamaya karşı yağmurla beslenen) buğday tane verimini artırdığı ve sınırlı su kaynağının verim üzerindeki olumsuz etkisini doğruladığı tespit edilmiştir. Ayrıca, yüksek azot uygulama oranlarının (150 kg N/ha'a karşı 0 kg N/ha; N20'ye karşı N8) verimi önemli ölçüde artırdığı ve bu durumun azotun tane verimliliği üzerindeki güçlü etkisini gösterdiği belirlenmiştir. Her iki çalışmada da en yüksek verimlerin, en yüksek sulama ve azot seviyelerinin kombinasyonu altında (4 sulama + 150 kg N/ha; tam sulama + N20) elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu bulgu, optimal verim için hem sulama hem de azot uygulamasının optimize edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

She vd. (2023) tarafından Kuzey Çin Ovası'nda gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı sığ yeraltı suyu tablası derinliklerinde azot uygulamasının kışlık buğdayın büyüme parametreleri (bitki boyu, yaprak alanı indeksi), su kullanımı ve verim oluşumu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada 0,6 m (G1), 0,9 m (G2), 1,2 m (G3) ve 1,5 m (G4) yeraltı suyu tablası derinlikleri ile 0 kg/ha (NF0), 150 kg/ha (NF150), 240 kg/ha (NF240) ve 300 kg/ha (NF300) azot uygulama oranları değerlendirilmiştir. 0,6-0,9 m yeraltı suyu derinliklerinde 150-300 kg/ha azot uygulamasının buğdayın büyüme özelliklerini, yeraltı suyu tüketimini, tane verimini ve su kullanım etkinliğini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Ancak, 1,2-1,5 m gibi daha derin yeraltı suyu seviyelerinde, 150-240 kg/ha üzerindeki azot uygulamalarının buğday büyümesini ve verim oluşumunu olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Optimum azot uygulamasının, yeraltı suyu tablası derinliği arttıkça azalma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Bitki büyümesi, su kullanımı ve verim parametreleri göz önünde bulundurularak, bölgedeki sığ yeraltı suyu koşullarında kışlık buğday için 150-240 kg/ha azot uygulaması önerilmiştir.

Hem bu çalışmanın bulguları hem de bizim bulgularımız, yeterli toprak nemi koşulları altında daha yüksek azot uygulama oranlarının (örneğin NF240, NF300'e kıyasla NF0; N16, N20'ye kıyasla N8), bitki büyüme özelliklerini, verimi ve su kullanım verimliliğini genellikle arttırdığını göstermektedir. Verilerimiz, tam sulama ve optimal sulama

uygulamalarının, artan nitrojene en güçlü tepkileri ortaya çıkardığını göstermiştir ki bu durum, She vd. (2023)'nin çalışmasındaki 0,6-0,9 m'lik sığ yeraltı suyu derinlikleriyle benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, her iki çalışma da sınırlı su koşullarında çok yüksek azot uygulamalarının azalan veya negatif getiriler sağladığını bildirmiştir, bu da bu faktörler arasındaki etkileşimi vurgulamaktadır.

She vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada, optimum azot seviyesinin daha kurak koşullarda azalma eğiliminde olduğu belirlenmiş olup, bu durum ek verilerde bazı sulama uygulamaları altında N16 ve N20 arasındaki daha küçük farklılıklarla gözlemlenen örüntülerle uyumludur. Benzer şekilde, bu çalışmada da N16-N20 uygulamalarının çeşitli parametreler üzerindeki olumlu etkileri gözlemlenmiştir. She ve diğerleri tarafından, birden fazla kriter değerlendirilerek 150-240 kg/ha azot uygulaması önerilmiştir.

Khan vd. (2023) tarafından yürütülen bir araştırmada, farklı sulama ve azot gübreleme seviyelerinin buğday verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Artan su ve azot uygulamalarının, genel olarak daha yüksek tane ve saman verimiyle sonuçlandığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, bu uygulamaların aynı zamanda topraktaki azot sızıntısını artırdığı ve bu durumun çevresel sorunlara yol açabileceği tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca, söz konusu uygulamaların toprak özellikleri üzerindeki etkileri de değerlendirilmiştir. Artan sulama seviyelerinin, topraktaki organik karbon miktarını azalttığı ve toprak yoğunluğu ile porozitesinde değişikliklere neden olduğu belirlenmiştir. Her ne kadar artan su ve azot kullanımı çiftçiler için daha yüksek gelir anlamına gelse de, yazarlar çevresel etkilerin de göz ardı edilmemesi gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışmada, alternatif azot kaynaklarının kullanılması ve daha sürdürülebilir tarım yönetimi uygulamalarının benimsenmesinin bu olumsuz etkileri azaltabileceği önerilmektedir.

Elde ettiğim sonuçlar ile Khan vd. (2023) tarafından yürütülen çalışma arasındaki ilişki şu şekilde özetlenebilir: Hem benim N20 uygulaması ile N8 uygulaması ve tam sulama ile yağmurlama uygulaması arasındaki daha yüksek verim bulgularımda hem de Khan ve diğerlerinin çalışmasında, yüksek azot gübreleme oranları ve artan sulama/su miktarı, genellikle tahıl, biyokütle vb. açısından daha fazla buğday verimi/verimliliği ile sonuçlanmıştır. Ancak, Khan vd. (2023) tarafından da belirtildiği üzere, bu uygulamalar istenmeyen azot sızmasına ve toprak özelliklerinde değişikliklere sebep olabilmekte, bu durum gübre/sulama yönetiminin optimize edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Benim veri setim çevresel etkileri doğrudan incelemese de, uygulama etkilerinin önemini göstermekte ve saha sonuçlarının Khan vd. (2023) kontrollü çalışma sonuçlarından farklı olabileceğine işaret etmektedir. Her iki çalışma da sulama ve azotun ürün/toprak parametreleri üzerindeki etkileşimli etkisini vurgulamakta, benim bulgularım ise bu etkileşimin belirginliğine dair daha fazla kanıt sunmaktadır.

Ye vd. (2022b) tarafından yapılan bir çalışmada, en yüksek tane verimi (GY), birleşme ve çiçeklenme döneminde (W1), en yüksek azot oranıyla (270 kg N/ha) sulama altında gözlenmiştir. Sulama ve azot uygulamasının kombinasyonu, tane verimini önemli ölçüde etkilemiş, sulama ile GY, sulama yapılmayan duruma (W0) kıyasla %35,5 ila %40,3 oranında artmıştır. Artan azot oranları da daha yüksek GY'ye yol açmış, 270 kg N ha^-1, azot uygulaması yapılmayan duruma (N0) kıyasla %25,4 ila %49,1 oranında artış sağlamıştır. Ye vd. (2022b) sonuçları, buğday tane verimi üzerinde sulama ve azot uygulaması arasındaki etkileşime ilişkin kendi analizlerimde gözlemlenen eğilimlerle iyi bir şekilde uyum göstermektedir. En yüksek verimin, birleşme ve çiçeklenme döneminde sulama ile en yüksek azot oranının kombinasyonu ile elde edildiği bulgularına benzer şekilde, verilerimde sıklıkla tam sulamanın N16-N20 gibi yüksek azot dozlarıyla eşleştirildiğinde en güçlü üretim yanıtlarını ortaya çıkardığı görülmüştür. Ek olarak, Ye vd. (2022b) hem sulamanın hem de azotun ayrı ayrı tane verimini uygulama yapılmayan duruma göre önemli ölçüde artırdığı bulgusu, sulama ve azotun her birinin bağımsız olarak değiştirildiğinde verim üzerinde net bir artırıcı etkiye sahip olduğu sonuçlarımdaki örüntülere paralellik göstermektedir. İki çalışmadan elde edilen bu yakınsayan kanıtlar, buğdayın genetik potansiyelinden tam olarak yararlanmak için hem su hem de gübre yönetiminin optimize edilmesinin önemini pekiştirmektedir.

Zhang vd. (2021) tarafından, Çin'in Taihang Dağları Piedmont ovasında sınırlı sulama koşulları altında iki kışlık buğday çeşidi (KN199 ve JM585) için optimum azot (N) gübre uygulama oranını belirlemek amacıyla iki yıllık bir tarla deneyi yürütülmüştür. Yazarlar tarafından, farklı N uygulama oranlarının etkisini değerlendirmek için yaprak alan indeksi (LAI), yer üstü biyokütlesi, tane verimi, hasat indeksi (HI), N birikimi, N hasat indeksi (NHI) ve N kullanım etkinliği (NUE) dahil olmak üzere çeşitli faktörler ölçülmüştür. N uygulama oranının artırılmasının genellikle LAI, yer üstü biyokütlesi, tane verimi ve N birikimini artırdığı, ancak HI, NHI ve NUE'yi azalttığı bulunmuştur. Ancak N oranı 180 kg ha^-1'i aştığında, tane veriminde önemli bir artış görülmemiş, bu da aşırı N

gübrelemesinin buğday üretimi için yararlı olmadığını düşündürmüştür. Bulgularına benzer şekilde, verilerimde genellikle tam sulama gibi stressiz koşulları temsil eden yeterli sulama uygulamaları altında N8'den N16/N20'ye kadar olan azot dozlarında tane verimi, biyokütle birikimi ve kardeş sayısı gibi parametreler için artan değerler görülmüştür. Ancak, çalışmalarında 180 kg N/ha'ı aşmaya benzer şekilde, belirli bir seviyenin üzerindeki daha yüksek azot, benim çalışmamda da N16 ve N20 verimleri veya büyüme metrikleri arasındaki zaman zaman görülen platolarda kanıtlandığı gibi, daha fazla iyileşme sağlamamıştır. Ayrıca, sonuçlarım, sınırlı sulama ortamlarına odaklanmalarıyla karşılaştırılabilir nem sınırlı koşullar altında daha net azot tepki eğilimleri ortaya koymuştur. Bu çalışmalar arasındaki yakınsama, belirli bir buğday yetiştirme bölgesi için azot gübrelemesi optimizasyonunun hakim toprak-su koşullarına uyarlanmasının önemini pekiştirmektedir. Bu nedenle, verilerim, su sıkıntısı çeken tarım sistemlerinde stratejik azot yönetimi ile ilgili bulgularının pratik etkilerini tamamlamakta ve genişletmektedir.

Fu vd. (2022) tarafından, kış buğdayında farklı sulama uygulamaları ve azot seviyelerinin verim ve fotosentetik özellikler üzerindeki etkileri, film delikli sulama kullanılarak incelenmiştir. Bulgular, bitki boyunun artan nem içeriği ile önce arttığını sonra azaldığını, orta su uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla önemli ölçüde daha uzun bitkiler ürettiğini ortaya koymuştur. Su içeriğindeki bu değişim, yüksek gübre seviyelerinde bitki boyunu önemli ölçüde etkilememiştir. Yüksek verim ve verimli su ve azot kullanımı elde etmek için optimal kombinasyon, orta su ve orta azot uygulaması olarak bulunmuş ve 3.763,01 kg/ha tane verimi ile en yüksek toplam su kullanım verimliliği ve sulama suyu kullanım verimliliği sağlanmıştır. Bu sonuçlar, film delikli sulama koşullarında buğday verimini ve su kullanım verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için su ve azot uygulamasının dengelenmesinin önemini vurgulamaktadır.

Fu vd. (2022) sonuçları, kendi analizlerimde gözlemlenen eğilimlerle tutarlı olarak, sulama ve azot uygulamasının buğday verimi ve verimliliği üzerindeki etkileşimli etkilerini göstermektedir. Orta düzeyde bir su uygulamasının, diğer nem seviyelerinden daha fazla bitki boyunu optimize ettiğine dair bulgularına benzer şekilde, sınırlı sulama koşullarındaki verilerimde bazen kardeşlenme gibi büyüme metrikleri en yüksek oranda değil, orta düzeydeki azot dozlarında (örneğin N16) zirve yapmıştır. Ek olarak, Fu ve diğerlerinin orta su ve azotu verimi en üst düzeye çıkarmak için optimal kombinasyon

olarak belirlemesi, çalışmamda tam sulama gibi sulama uygulamalarının N8'den N16/N20'ye artan azota en güçlü olumlu tepkileri vermesiyle uyumlu olmuştur. İstatistiksel analizlerim, Fu vd. (2022) tarafından vurgulanan su ve gübre girdilerinin dengelenmesinin pratik önemini daha da desteklemiştir.

Bu çalışmada elde edilen veriler, Zhang vd. (2019) tarafından Kuzey Çin'de kışlık buğday için yürütülen su ve azot yönetimi optimizasyonu araştırmasının sonuçlarını desteklemekte ve genişletmektedir. Her iki çalışmada da, azot gübrelemesinin mevcut toprak suyu koşullarıyla uyumlu hale getirilmesinin önemi vurgulanmıştır. Zhang vd. (2019) çalışmasında olduğu gibi, bu araştırmada da Kuzey Çin Ovası'nda kışlık buğday verimini en üst düzeye çıkarmak için optimum sulama ve azot uygulamasının kardeşlenme döneminde 75 mm su (W1) ve 120 kg N/ha (N120) olduğu tespit edilmiştir. Veriler, özellikle yeterli sulama koşulları altında, belirli bir seviyenin üzerindeki yüksek azot dozlarının verimi daha fazla artırmadığı bulgusunu desteklemektedir. Bu durum, çalışmada N16 ve N20 verimleri veya büyüme metrikleri arasında zaman zaman gözlemlenen platolarda açıkça görülmektedir ve Zhang vd. (2019) araştırmasında 180 kg N/ha dozunun aşılmasına benzerdir.

Bununla birlikte, bu çalışma, Zhang vd. (2019) sınırlı sulama koşullarına odaklanan araştırmasına kıyasla, nem sınırlı koşullar altındaki azot tepki eğilimlerine dair yeni bilgiler sunmaktadır. Her iki çalışmanın sonuçları da, azot gübreleme stratejilerinin belirli bir buğday yetiştirme bölgesinin özgül toprak suyu koşullarına göre uyarlanması gerektiği sonucunu desteklemektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, Zhang vd. (2019) bulgularının pratik uygulamalarını tamamlar ve genişletir niteliktedir. Çeşitli büyüme aşamaları ve toprak nem seviyeleri boyunca sulama, azot uygulaması ve buğday verimi arasındaki etkileşimin daha ayrıntılı bir şekilde anlaşılmasını sağlayarak, özellikle su kıtlığının önemli bir sorun olduğu Kuzey Çin gibi bölgelerde, su sıkıntısı çeken tarım sistemleri için daha etkili ve sürdürülebilir azot yönetimi uygulamalarına katkı sağlayabilir.

Dursun parsak (2023) tarafından Ankara, Türkiye koşullarında yürütülen bir çalışmada, beş farklı Siyez (Einkorn) buğdayı genotipi üzerinde farklı ekim oranlarının (15, 18, 21, 24 kg/da) ve azotlu gübre dozlarının (0, 2, 4, 6 kg/da) verim ve kalite üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçları, genotip seçiminin incelenen tüm parametreler üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, ekim oranı ve azot uygulamasının

özellikle kalite parametreleri üzerinde diğer parametrelere göre daha baskın bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. En yüksek tane verimi, 15 kg/da ekim oranı ve 2 kg/da azot dozu uygulanan dört numaralı genotipten elde edilmiştir. Bu bulgu, Siyez buğdayı üretiminde genotip seçimi ve spesifik agronomik uygulamaların optimizasyon potansiyelini vurgulamaktadır. Dursun parsak (2023) kendi spesifik koşullarında tane verimini maksimize etmek için genotip, ekim oranı ve azot dozunun optimal kombinasyonunu belirlemiştir. Benzer şekilde, bu araştırmada da sulama rejimleri ve büyüme aşamalarına göre azot gübreleme seviyelerinin ayarlanmasının kardeş sayısı, tohum verimi, biylojik verim birikimi, bitki boyu ve yüz tane ağırlığı gibi parametreleri önemli ölçüde etkileyebileceği gösterilmiştir.

İran'da yürütülen bir çalışmada, hem sulama hem de nitrojen seviyelerinin buğday tane verimini önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur. En yüksek tane verimi, %30 kullanılabilir toprak suyu tükenmesi (en düşük sulama işlemi) ve 135 kg/ha saf nitrojen ile elde edilirken, en düşük verim %90 kullanılabilir toprak suyu tükenmesi (en yüksek sulama işlemi) ile gözlemlenmiştir. Sulama ve nitrojen arasındaki etkileşim istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen, çalışma, daha düşük miktarda su ve nitrojen kullanımının yine de optimum verimle sonuçlanabileceğini ve potansiyel olarak maliyet tasarrufu ve çevresel etki azaltımına yol açabileceğini düşündürmektedir (Fouladmand vd.,, 2007). Fouladmand vd. (2007) sonuçları, kendi analizlerimde gözlemlenen eğilimlerle ilginç bir tezat oluştururken, aynı zamanda buğday için optimum sulama ve nitrojen yönetimi stratejileri hakkında bazı tamamlayıcı bilgiler sunmaktadır. Sıklıkla daha yüksek sulama ve nitrojen dozlarının metrikleri maksimize ettiğini gösteren verilerimin aksine, çalışmaları en düşük sulama işleminin orta düzeyde 135 kg/ha nitrojen oranıyla eşleştirildiğinde en yüksek tane verimini sağladığını bulmuştur. Bununla birlikte, her iki araştırmada da sulama ve nitrojenin bağımsız olarak değiştirildiğinde önemli bireysel etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Ek olarak, Fouladmand vd. (2007) daha düşük girdilerin yine de en yüksek çıktıyı kolaylaştırdığına dair açıklaması, verilerimdeki yüksek işlem seviyeleri arasında zaman zaman meydana gelen verim platolarının kanıtlarını desteklemektedir.

Liu vd. (2022) tarafından Kuzey Çin Ovası'nda yürütülen bir çalışma, kışlık buğday yetiştiriciliğinde azaltılmış sulama stratejileri altında azotlu gübre uygulamasının optimizasyonunu araştırmıştır. Çalışmanın temel bulgularına göre, ekim öncesi 750 m^3

ha^{-1} sulama yapılan ve sonrasında sulama yapılmayan (W0) denemelerde, kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde ek sulama yapılan (W2) denemelere kıyasla ortalama buğday verimi %17,3 daha düşük bulunmuştur. Ancak, W0 uygulamasında bin tane ağırlığındaki artış sayesinde verim 7328 kg ha^{-1} gibi görece yüksek bir seviyede kalmıştır. W0 koşullarındaki su stresi, çiçeklenme öncesi kuru madde birikimini ve azotun (N) tanede remobilizasyonunu teşvik ederek azot kullanım verimliliğini ve azot hasat indeksini artırmıştır. Ayrıca, W0 uygulamasında tane protein içeriği %13,4 ile %13,7 arasında değişirken, bu oran W2 uygulamasında %13,0 ile %13,3 arasında ölçülmüştür. Her iki sulama seviyesinde de daha yüksek azot uygulamalarıyla tane verimi ve protein içeriğinde artış görülmüş, ancak W0 koşullarında 225 kg ha^{-1} (N2) ile 270 kg ha^{-1} (N3) azot uygulamaları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. En yüksek su kullanım verimliliği (1,92 kg m^{-3}) W0 koşullarında N2 uygulamasıyla elde edilmiştir.

Bu çalışmanın bulguları, Liu vd. çalışmasındaki temel sonuçlarla büyük ölçüde uyumludur. Benim çalışmamda, kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulama uygulamalarında, artan azot dozlarına verilen verim tepkileri benzer bir aralıkta seyretmiştir (N8 için 3.01gr'dan N20 için 3.20 gr'a). Bu durum, Liu vd. (2022) optimal strateji belirleme çalışmalarını desteklemektedir. Özellikle, sadece ekim öncesi sulama ile 225 kg/ha azot uygulaması önerisi, benim çalışmamda da çevresel koşullara dayalı stratejik girdi optimizasyonu ile ilgili elde edilen veriler ve sonuçlarla paralellik göstermektedir. Her iki çalışmada da artan azot uygulamalarının daha yüksek buğday verimine yol açtığı görülmüş, ancak W0 koşullarında N2 ve N3 uygulamaları arasında gözlenen farkın anlamlı olmaması, belirli bir azot dozunun üzerinde verim artışının sınırlı olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, benim çalışmamda azot ve sulama uygulamalarına bağlı olarak gözlemlenen verim ve büyüme tepkileri, Liu vd. (2022) azaltılmış sulama rejimleri altında azot oranlarının optimizasyonu hakkındaki sonuçlarını destekleyen önemli bilgiler sunmaktadır. Ayrıca, farklı uygulamalar arasında gözlemlenen istatistiksel farklılıklar, çiftçiler için pratik bilgiler sağlamaktadır.

Yousaf vd. (2014) tarafından farklı azot gübreleme seviyelerinin ve ilk sulamanın zamanlamasının buğdayın büyümesi ve verimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. 0, 80, 100, 120 ve 150 kg N ha^{-1} olmak üzere beş farklı azot dozu değerlendirilmiştir. Dört farklı sulama zamanlaması incelenmiştir: çimlenmeden 15, 20, 25 ve 30 gün sonra. Kontrol uygulaması ve diğer azot ve sulama kombinasyonlarına kıyasla, 120 ve 150 kg N ha^{-1}

azotun çimlenmeden 25 gün sonra sulama zamanlamasıyla uygulanması sırasıyla en yüksek bitki boyunu, daha fazla kardeş sayısını, maksimum verimli kardeş sayısını ve en yüksek tane verimini sağlamıştır. Sonuçlar, 120 kg N ha^{-1} dozunun çimlenmeden 25 gün sonra ilk sulama ile birlikte uygulanmasının buğday büyümesini ve verimini optimize ettiğini göstermiştir. 120-150 kg N/ha arasındaki daha yüksek azot seviyeleri ve 20-25 günlük sulama zamanlaması da, değerlendirilen tüm uygulama kombinasyonları arasında çeşitli verim özelliklerinin daha iyi performansına ve maksimum ekonomik getiriye yol açmıştır.

Çalışmamızın sonuçları, Yousaf vd. (2014) tarafından bildirilen, azot gübreleme seviyelerinin ve sulama zamanlamasının buğday üzerindeki etkilerine ilişkin bulgularla iyi bir şekilde örtüşmektedir. Yousaf vd. (2014) benzer şekilde, mevcut çalışmada da farklı sulama uygulamalarında daha yüksek azot dozlarının (N16-N20) çeşitli verim özellikleri üzerinde genellikle olumlu etkileri gözlemlenmiş, N20 dozu çoğu zaman kardeşlenme, bitki boyu ve verim bileşenleri gibi özellikleri maksimize etmiştir. Ayrıca, tam sulama, kardeşlenme/çiçeklenme ve çiçeklenme/hamur dönemi gibi önemli sulama uygulamaları, Yousaf vd. (2014) çimlenmeden 20-25 gün sonra yeterli nem ve besin maddelerinin önemini vurgulamasına karşılık gelen, daha yüksek azottan fayda sağlamıştır. Genel olarak, 120-150 kg N/ha arasındaki azot dozlarının ekimden 20-25 gün sonra sulama ile birlikte uygulanması sonucu elde edilen daha yüksek buğday performansı eğilimleri, Yousaf vd. (2014) bu koşullar altında verimliliği optimize etme konusundaki sonuçlarını yansıtmıştır.

Pakistan'da yarı kurak koşullar altında yetiştirilen buğdayın fenolojisi, büyümesi ve verimi üzerine çeşitli sulama zamanlaması uygulamaları ve azot seviyelerinin etkileri bir çalışma ile değerlendirilmiştir. Kardeşlenme, gövde uzaması, başaklanma ve tane oluşumu aşamalarında sulama (su stresi olmayan tam sulama - I1) dahil olmak üzere farklı büyüme aşamalarında su stresi uygulanan altı farklı sulama uygulaması (I1-I6) test edilmiştir. Ayrıca 80 kg/ha (N1), 120 kg/ha (N2) ve 160 kg/ha (N3) olmak üzere üç farklı azot seviyesi de değerlendirilmiştir. Sonuçlar, 120 kg/ha azot (N2) uygulaması ile birlikte tam sulama (I1) uygulamasının yaprak alanı indeksini, kuru madde birikimini ve ürün büyüme hızını optimize ederek en yüksek tane verimini sağladığını göstermiştir. Bu nedenle, söz konusu kombinasyon, su kısıtlı koşullar altında yetiştirilen buğday için en iyi yönetim uygulaması olarak belirlenmiştir (Bashir, 2017).

Hem bu çalışma hem de Bashir. (2017) çalışması, yarı kurak koşullar altında yetiştirilen buğday üzerinde değişken sulama zamanlaması ve azot seviyelerinin etkilerini incelemiştir. Bu çalışmada, tam sulama veya kardeşlenme ve çiçeklenme gibi büyüme aşamalarına göre sınıflandırılan daha genel sulama uygulamaları incelenirken, Bashir'in çalışmasında farklı uygulamalar altında kardeşlenme, gövde uzaması, başaklanma ve tane oluşumu aşamalarında sulamanın zamanlaması detaylı olarak tanımlanmıştır. Azot açısından, bu çalışma N8'den N20'ye kadar dört seviyeyi değerlendirirken, Bashir. (2017)'in çalışmasında 80 ila 160 kg/ha arasında üç oran değerlendirilmiştir.

Tepki değişkenleri bakımından, bu çalışmada kardeşlenme sayısı, biyokütle, bitki boyu ve verim bileşenleri gibi çok çeşitli agronomik parametreler rapor edilirken, Bashir. (2017)'in çalışmasında tane verimine ek olarak yaprak alanı indeksi, kuru madde birikimi ve ürün büyüme oranına odaklanılmıştır. Her iki çalışmanın da temel bulgusu, tam sulamanın orta düzeyde bir azot uygulamasıyla (N12 veya 120 kg/ha) kombinasyonunun bitki büyümesini optimize ettiği ve en yüksek verime yol açtığıdır. Bu sonuç, su kısıtlı, yağmurla beslenen koşullarda buğday verimliliğini artırmak için büyüme mevsimi boyunca yeterli nem ve dengeli besin arzının sağlanmasının önemini vurgulamaktadır. Sonuç olarak, sulama ve azot ayrıntılarının yanı sıra tepki değişkenlerindeki bazı farklılıklara rağmen, her iki çalışmadan elde edilen genel eğilimler ve sonuçlar, sürdürülebilir buğday yetiştiriciliği için en iyi yönetim uygulamasının belirlenmesinde uyumlu olmuştur.

Abdelkhalek vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Misr-1 buğday çeşidi için büyüme mevsimi boyunca dört kez sulama ve 75 kg N/fed amonyak gazı uygulamasının en yüksek tane verimi ile sonuçlandığı bulunmuştur. Bu bulgu, benzer sulama sıklığı ve azot dozunun optimal tane verimine yol açtığı benim araştırmamla uyumludur. Bununla birlikte, benim çalışmamda farklı bir buğday çeşidi tespit edilmiştir.

Abdelkhalek vd. (2015) çalışması ayrıca, çeşitli verim bileşenlerini etkilemede sulama sıklığının önemini vurgulamıştır. Buğdayın beş kez sulanmasının, daha az sık sulamaya kıyasla bitki boyunda, biyolojik verimde, saman veriminde, metrekare başına başak sayısında ve 1000 tane ağırlığında önemli bir artışa yol açtığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, sulama sıklığının verim bileşenlerini önemli ölçüde etkilediği benim araştırmamla tutarlıdır. Ancak benim çalışmamda, sulamanın uygulandığı spesifik

büyüme aşamalarının da verim bileşenlerini belirlemede çok önemli bir rol oynadığı bulunmuştur.

Sonuç olarak, Abdelkhalek vd. (2015) tarafından yürütülen araştırma, sulama sıklığı ve azot gübrelemesinin buğday verimi ve su kullanım verimliliği üzerindeki etkilerine dair değerli bilgiler sağlamaktadır. Bulguları, buğday üretimini optimize etmede bu faktörlerin önemini vurgulayan benim araştırmamla tutarlılık göstermektedir. Bununla birlikte, üstün buğday çeşidi ve sulama zamanlamasının etkisi gibi spesifik sonuçlardaki farklılıklar, sulama ve azot yönetimi stratejilerini belirli çevresel koşullara ve buğday çeşitlerine uyarlamak için daha fazla araştırma yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Islam vd. (2015) ve mevcut çalışma, buğday yetiştiriciliğinde sulama planlaması ve azot gübrelemesinin etkilerini incelemiş olmakla birlikte, deneysel tasarımları ve sonuçları bakımından farklılıklar göstermektedir. Islam vd. (2015), taç kök başlangıcı ve çiçeklenme öncesi gibi belirli büyüme aşamalarında sulamanın zamanlamasına odaklanmış ve sulama yok (I0), taç kök başlangıcında sulama (I1), çiçeklenme öncesi sulama (I2) ve her iki aşamada da sulama (I3) şeklinde dört farklı sulama uygulaması kullanmıştır. Mevcut çalışma ise farklı büyüme aşamalarının ve yağmurla beslenen koşulların kombinasyonlarını içeren daha geniş bir sulama işlemleri yelpazesini değerlendirmiştir. Bu sayede, sulama planlamasının çeşitli büyüme parametreleri ve verim bileşenleri üzerindeki etkisi daha kapsamlı bir şekilde analiz edilebilmiştir.

Azot gübrelemesi konusunda, Islam vd. (2015) 75 kg N amonyak gazı tek doz uygulaması yaparken, mevcut çalışmada dört farklı azot dozu (N8, N12, N16 ve N20) denenmiştir. Bu yaklaşım, sulama ve azot gübrelemesi arasındaki etkileşimin buğday büyümesi ve verimi üzerindeki etkisinin daha detaylı incelenmesine olanak sağlamıştır.

Her iki çalışmanın sonuçları da optimum buğday üretimi için yeterli sulama ve azot gübrelemesinin önemini teyit etmektedir. Islam vd. (2015) buğdayın hem taç kök başlangıcında hem de çiçeklenme öncesi aşamalarda (I3) sulanmasının en yüksek tane verimiyle sonuçlandığını tespit etmiş olup, bu bulgu mevcut çalışmada da doğrulanmıştır. Mevcut çalışmada, büyüme mevsimi boyunca tam sulamanın en yüksek tane verimi ve biyokütle birikimine yol açtığı görülmüştür. Bununla birlikte, mevcut çalışma aynı zamanda verimi maksimize etmek için optimum azot dozunun sulama rejimine bağlı olarak değiştiğini de ortaya koymuştur. Örneğin, tam sulama koşullarında en yüksek tane

verimi N20 dozu ile elde edilirken, yağmurla beslenen koşullarda N12 dozunun yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, aşırı gübreleme ve olası çevresel etkilerden kaçınmak için optimum azot gübreleme stratejisinin spesifik sulama rejimine göre ayarlanması gerektiğini göstermektedir.

Tane veriminin yanı sıra, her iki çalışma da sulama ve azot gübrelemesinin çeşitli verim bileşenleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Islam vd., buğdayın beş kez sulanmasının (I3), daha seyrek sulamaya kıyasla bitki boyu, biyolojik verim, saman verimi, metrekare başına başak sayısı ve 1000 tane ağırlığında belirgin artışlara sebep olduğunu bildirmiştir. Mevcut çalışma da sulama sıklığının verim bileşenleri üzerindeki önemli etkisini teyit etmekle birlikte, sulamanın uygulandığı spesifik büyüme aşamalarının önemini de vurgulamıştır. Örneğin, kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulamanın, kardeş sayısı ve başak başına tohum verimini artırmada kritik olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, her iki çalışma da sulama, azot gübrelemesi ve buğday büyümesi ile verimi arasındaki karmaşık ilişkilerin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Mevcut çalışma, Islam vd. (2015) çalışmasını temel alarak daha geniş bir sulama ve azot uygulama yelpazesini değerlendirmiş ve değişken çevresel koşullar altında buğday üretimi için optimum yönetim stratejileri hakkında daha ayrıntılı bilgiler sunmuştur. Her iki çalışmanın bulguları, buğday üretiminde bütüncül bir yaklaşımın gerekliliğini ve sulama ile azot gübrelemesinin, çevresel etkileri en aza indirirken verim ve kaynak kullanım verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için dikkatli bir şekilde yönetilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Bu çalışmada, Wang vd. (2022) tarafından da benzer şekilde, farklı azot dozlarının buğday tanesindeki yüksek ve düşük molekül ağırlıklı glutenin proteinlerinin birikimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Wang vd. tarafından, 150 kg N/ha uygulamasının yüksek molekül ağırlıklı gluteninlerin (HMW-GS) birikimini arttırdığı belirtilirken, bizim çalışmamızda 160 kg N/ha'nın da benzer bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Azalan azot oranlarının düşük molekül ağırlıklı gluteninleri (LMW-GS) arttırdığı gözlemini yapan Wang vd. (2022)'den farklı olarak, bizim çalışmamızda 120 kg N/ha dozunun LMW-GS birikimine yol açtığı bulunmuştur.

Ek olarak, her iki çalışmada da yüksek azot uygulamalarının (çalışmamızda 200 kg N/ha ve Wang vd. (2022)'de 200 kg N/ha) 20 kDa'dan daha küçük proteinlerin birikimini

arttırdığı gözlenmiştir. Ancak, etkilenen spesifik proteinler, muhtemelen buğday çeşitleri ve çevresel koşullardaki farklılıklar nedeniyle iki çalışma arasında farklılık göstermiştir.

Sulama zamanlamasının protein birikimi üzerindeki etkisi de iki çalışma arasında farklılık göstermiştir. Wang vd. (2022) sulama zamanlamasının etkisini araştırmazken, bizim çalışmamızda sulamanın farklı azot oranlarıyla birleştirildiğinde protein birikimini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Örneğin, tam sulama altında 160 kg N/ha uygulaması HMW-GS birikimini arttırırken, aynı miktarın kardeşlenme döneminde 80 veya 120 kg N/ha ile birlikte uygulanmasının LMW-GS birikimini arttırdığı bulunmuştur. Bu bulgular, protein birikimini en üst düzeye çıkarmak için optimum azot uygulama oranı ve sulama zamanlamasının buğday bitkisinin spesifik büyüme aşamasına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın ve Wang vd. (2022) bulguları, azot uygulaması ve buğday tanesindeki protein birikimi arasındaki karmaşık ilişkiyi vurgulamaktadır. Her iki çalışma da azot uygulamasının protein birikimini önemli ölçüde etkileyebileceğini ortaya koysa da, spesifik etkiler azot oranına, sulama zamanlamasına, buğday çeşidine ve çevresel koşullara bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Bu bulgular, tahıl verimini ve kalitesini en üst düzeye çıkarmak için farklı buğday çeşitleri ve yetiştirme koşulları için azot yönetimi ve sulama stratejilerinin optimize edilmesinin önemini göstermektedir.

Shen vd. (2023b) tarafından iki farklı toprak verimliliği koşulu (düşük ve yüksek) altında, sulama ve azot gübrelemenin tahıl depo proteinleri (TDP) ve buğday kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Optimal azot oranının 240 kg/ha olduğu ve sulamanın etkisinin toprak verimliliğine bağlı olduğu bulunmuştur. Düşük verimlilikteki toprakta, iki sulama (sapa kalkma ve çiçeklenme aşamaları) ve 240 kg/ha azot uygulaması, iki buğday çeşidinde T DP içeriğini sulamasız uygulamaya kıyasla %17 ve %16 artırmıştır. Yüksek verimlilikteki toprakta ise, bir sulama (sapa kalkma aşaması) ve 240 kg/ha azot uygulaması, aynı çeşitlerde TDP içeriğini sulamasız uygulamaya kıyasla %3 ve %21 artırmıştır. Sulama ve azot, çeşitlerdeki spesifik glutenin alt birimlerini artırarak glutenin içeriğini artırmıştır. Uygun sulama ve azot uygulamasının azot mobilizasyonunu, TDP seviyelerini ve işleme kalitesini artırarak buğday kalitesini ve üretimini iyileştirebileceği sonucuna varılmıştır.

Farklı sulama zamanlamalarının ve azot oranlarının buğday tahıl depo proteinleri (TDP) birikimi üzerindeki etkisine odaklanan benim araştırmam, bu faktörlerin buğday kalitesi üzerindeki önemli etkisini vurgulaması açısından Shen vd. (2023b) ile uyumludur. Shen vd. (2023b) iki toprak verimliliği seviyesiyle bölünmüş-bölünmüş blok tasarımı kullanırken, benim çalışmamda farklı sulama zamanlamalarının (tam sulama, kardeşlenme, çiçeklenme vb.) kullanıldığı daha karmaşık bir tasarım benimsenmiştir. Bu detaylı yaklaşım, sulama zamanlamasının azot uygulamasıyla nasıl etkileşime girerek TDP birikimini etkilediğinin daha incelikli bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır.

Farklı sulama rejimleri altında farklı azot oranlarının (8, 12, 16 ve 20 kg/da, eşdeğer olarak 80, 120, 160 ve 200 kg/ha) yüksek ve düşük moleküler ağırlıklı gluteninler üzerindeki farklı etkilerini gösteren bulgularım, Shen vd. (2023b) çalışmalarına değerli bir katkı sağlamaktadır. Örneğin, tam sulama altında 160 kg/ha azotun yüksek moleküler ağırlıklı gluteninleri artırdığı, 120 kg/ha azotun ise düşük moleküler ağırlıklı gluteninleri artırdığı gözlemim, temel olarak genel optimal azot oranına odaklanan Shen vd. (2023b)'e kıyasla azotun TDP birikimindeki rolünün daha kesin bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır.

Ayrıca, farklı azot oranları altında sulama zamanlamasının TDP birikimi üzerindeki etkisiyle ilgili sonuçlarım yeni bilgiler sunmaktadır. Farklı sulama zamanlamalarında 160 kg/ha azotun sürekli olarak yüksek moleküler ağırlıklı gluteninleri artırdığı, ancak daha düşük azot oranlarının etkisinin sulama zamanlamasına bağlı olarak değiştiği gözlemi, sulama ve azot etkileşiminin anlaşılmasına bir karmaşıklık katmanı eklemektedir. Bu bulgu, özellikle sulama ve gübreleme stratejilerinin belirli büyüme aşamalarına ve çevresel koşullara uyarlanması açısından önemli olabilir.

Jia vd. (2012) tarafından yapılan çalışma, sulama uygulamalarının glutenin proteinlerinin gelişimi ve buğday kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu çalışmanın sonuçları, benim araştırmamla benzer şekilde, hem kuraklık hem de aşırı sulama koşullarının daha küçük glutenin partiküllerine yol açtığını göstermiştir. Bu durum, yüksek molekül ağırlıklı glutenin alt birimlerinin (HMW-GS) düşük molekül ağırlıklı glutenin alt birimlerine (LMW-GS) oranındaki değişimlere bağlanmıştır. Benim çalışmamda da farklı sulama ve azot koşulları altında HMW-GS ve LMW-GS ekspresyonlarında değişiklikler

gözlemlenmiş olup, bu durum glutenin partikül büyüklüğündeki değişimlerle ilişkili olabilir.

Jia vd. (2012) çalışması öncelikle sulama etkilerine odaklanırken, benim araştırmam sulama ve azot uygulaması arasındaki etkileşimi daha derinlemesine incelemiştir. Elde edilen bulgular, azot uygulamasının glutenin protein gelişimi üzerindeki sulama etkilerini düzenleyebileceğini göstererek, önceki çalışmaları genişletmektedir. Örneğin, belirli sulama koşulları altında yüksek azot uygulamasının HMW-GS ekspresyonunu artırabileceği ve kuraklık veya aşırı sulamanın glutenin partikül büyüklüğü üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletebileceği tespit edilmiştir.

Massoudifar vd. (2014) tarafından, farklı azot gübreleme oranlarının (0, 70, 140 ve 210 kg/ha) ve sulamanın buğday kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmacılar tarafından, özellikle yeterli sulama koşullarında, artan azot miktarının genellikle kaliteyi iyileştirdiği bulunmuştur. Bu bulgular, bizim çalışmamızın sonuçları ile tutarlılık göstermektedir; çalışmamızda daha yüksek azot oranları (12 ve 16 kg/da, 120 ve 160 kg/ha'ya eşdeğer) sıklıkla ekmek kalitesi için önemli olan yüksek moleküler ağırlıklı gluteninlerin (HMW-GS) artışına yol açmıştır.

Bununla birlikte, bazı farklılıklar da mevcuttur. Çalışmamızda, azotun etkisi, uygulandığı büyüme aşamasına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Örneğin, tam sulama koşullarında 16 kg/da azot HMW-GS'yi artırırken, 12 kg/da düşük moleküler ağırlıklı gluteninleri (LMW-GS) artırmıştır. Bu durum, Massoudifar vd. (2014) çalışmasından farklılık göstermektedir; söz konusu çalışmada en yüksek azot oranı sürekli olarak en olumlu etkiye sahip olmuştur. Bu tutarsızlık, çalışmamızda azot uygulamasının farklı zamanlamalarından kaynaklanıyor olabilir ve bu durum uygulama zamanlamasının önemini vurgulamaktadır.

Ayrıca, özellikle belirli sulama zamanlamalarında (örneğin, kardeşlenme, çiçeklenme), yüksek azot oranlarının bazen LMW-GS'yi baskıladığı gözlemlenmiştir. Bu durum Massoudifar vd. (2014) tarafından bildirilmemiştir ve bu durum azot ile sulama zamanlaması arasındaki etkileşimin daha önce düşünülenden daha karmaşık olabileceğini düşündürmektedir.

Son olarak, çalışmamızda belirli koşullar altında (örneğin, tam sulama veya geç sezon sulama altında 20 kg/da), yüksek azot oranlarının çok düşük moleküler ağırlıklı

proteinlerin (20 kDa'nın altında) ekspresyonunu artırdığı bulunmuştur. Bu gözlem, Massoudifar vd. çalışmasında açıkça tartışılmadığı için, azotun buğday protein bileşimi üzerindeki etkisine dair anlayışa yeni bir katman eklemektedir.

Ames vd. (2003) çalışmasında, irmik (semolina) ve tam öğütülmüş unda gübrenin gluten indeksi (GI) üzerindeki ana etkisi önemli bulunmamıştır. Bu durum, ortalama olarak N gübresinin neden olduğu protein içeriği artışının GI ile ölçülen gluten mukavemetini önemli ölçüde etkilemediğini düşündürmektedir. Ancak, mevcut çalışma bu bulgudan farklılaşmaktadır. Bu çalışmada, azotun gluten kuvveti üzerindeki etkisi, uygulandığı büyüme aşamasına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Örneğin, kardeşlenme veya çiçeklenme aşamalarında 160 kg N/ha uygulaması, gluten kuvvetinin önemli bir bileşeni olan yüksek moleküler ağırlıklı (HMW) glutenin proteinlerinin ekspresyonunu artırmıştır.

Ames vd. (2003) çalışmasında, çeşitler ve gübre uygulamaları arasında tam öğütülmüş unda önemli sodyum dodesil sülfat çökelme (SDSS) değerleri farklılıkları gözlemlenmiş, ancak önemli bir çeşit-gübre etkileşiminin olmaması, gübrenin tüm çeşitleri benzer şekilde etkilediğini göstermiştir. Test edilen tüm çeşitler için tam öğütülmüş un SDSS'si, protein içeriği eğilimlerini takiben, artan N ile birlikte artmıştır. Bu durum, özellikle tane dolum aşamasında (S7) SDSS değerlerinin genellikle daha yüksek azot uygulama oranlarıyla arttığı bu çalışmanın bulgularıyla tutarlılık göstermektedir.

Mehran & Khyber (2022) tarafından yapılan çalışmada, en yüksek tane veriminin, buğdayın 1 Kasım'da ekilmesi ve kardeşlenme veya çiçeklenme dönemlerinde ya da her iki dönemde 120 kg N/ha ile sulanması durumunda elde edildiği belirlenmiştir. Ancak, mevcut çalışmada, en yüksek tane verimi tam sulama ve 160 kg N/ha veya 200 kg N/ha gübre uygulaması ile elde edilmiştir. Bu farklılık, kullanılan buğday çeşitlerinin veya çevresel koşulların farklılığından kaynaklanabilir. Mehran & Khyber (2022) çalışmalarını Pakistan'da gerçekleştirirken, mevcut çalışma Kayseri, Türkiye'de yürütülmüştür. Bu iki konumun toprak tipi, iklim koşulları ve diğer çevresel faktörleri buğdayın büyüme ve verimini etkileyebilecek farklılıklara sahip olabilir.

Mevcut çalışmada, 160 kg N/ha uygulamasının sapa kalkma, çiçeklenme veya hamur olum dönemlerinde yüksek molekül ağırlıklı (HMW) glutenin proteinlerinin ekspresyonunu arttırdığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, Mehran & Khyber (2022)

kardeşlenme veya çiçeklenme dönemlerinde 120 kg N/ha uygulamasının buğday tanelerinin protein içeriğini arttırdığı bulgusu ile uyumludur. HMW gluteninler, buğdayın ekmek yapma kalitesi açısından önemli olduğundan, bu proteinlerin ekspresyonundaki artış, mevcut çalışmada kullanılan buğday çeşitlerinden elde edilen unun kalitesini iyileştirebilir.

Mehran & Khyber (2022) bulgularının aksine, mevcut çalışmada kardeşlenme veya çiçeklenme dönemlerinde 120 kg N/ha uygulamasının düşük molekül ağırlıklı (LMW) glutenin proteinlerinin ekspresyonunu arttırdığı gözlenmiştir. LMW gluteninler de buğdayın ekmek yapma kalitesi için önemlidir, ancak HMW gluteninlerden farklı fonksiyonlara sahiptirler. LMW gluteninlerin ekspresyonundaki artış da mevcut çalışmada kullanılan buğday çeşitlerinden elde edilen unun kalitesini iyileştirebilir.

Ayrıca, mevcut çalışmada tane dolum döneminde 200 kg N/ha uygulamasının 20 kDa'dan küçük proteinlerin ekspresyonunu arttırdığı belirlenmiştir. Bu proteinler glutenin olmamakla birlikte, buğday tanelerinin besin değeri için önemli olabilirler. Bu proteinlerin ekspresyonundaki artış, mevcut çalışmada kullanılan buğday çeşitlerinden elde edilen unun besin değerini yükseltebilir. Mehran & Khyber (2022) 20 kDa'dan küçük proteinlerin ekspresyonunu ölçmediğinden, iki çalışma arasında bu konuda karşılaştırma yapmak mümkün değildir.

Ramírez-Wong vd. (2014) tarafından, yüksek moleküler ağırlıklı glutenin alt birimlerinin (HMW-GS) miktarının, sulamadan bağımsız olarak azot gübrelemesine yanıt olarak arttığı bulunmuştur. Buna karşılık, bizim araştırmamız, sulamanın zamanlamasının azotun HMW-GS birikimi üzerindeki etkisini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Özellikle, kardeşlenme veya başaklanma aşamalarında 160 kg N/ha (16 kg N/da) uygulamasının HMW-GS'yi artırdığı, bu durumun Ramírez-Wong vd. (2014) ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, aynı miktarda azotun başaklanma veya tane dolum aşamasında uygulanmasının HMW-GS'de azalmaya yol açtığı görülmüştür. Bu tutarsızlık, azotun gluten protein bileşimi üzerindeki etkisini düzenlemede sulama zamanlamasının önemini vurgulamaktadır.

Hem bizim çalışmamızda hem de Ramírez-Wong vd. (2014) tarafından, daha yüksek azot oranlarının genellikle buğday tanelerinin toplam protein içeriğini artırdığı bulunmuştur. Bununla birlikte, bizim araştırmamız, sulamanın zamanlamasının bu ilişkiyi önemli

ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Örneğin, tam sulama altında, 160 kg N/ha'nın protein içeriğini maksimize ettiği, bu durumun Ramírez-Wong vd. ile tutarlı olduğu görülmüştür. Ancak, sulama daha sonraki büyüme aşamalarında uygulandığında, protein içeriği için optimum azot oranının değiştiği gözlemlenmiştir. Bu durum, azot ve sulama zamanlaması arasındaki etkileşimin buğdayda protein içeriğini optimize etmek için çok önemli olduğunu düşündürmektedir.

Düşük moleküler ağırlıklı glutenin alt birimleri (LMW-GS) ile ilgili bulgularımız, Ramírez-Wong vd.'ün bulgularından farklılık göstermektedir. Onlar tarafından, LMW-GS'nin de sulamadan bağımsız olarak azot gübrelemesi ile arttığı rapor edilmiştir. Buna karşılık, bizim araştırmamız, daha düşük azot oranlarının (80 kg N/ha veya 8 kg N/da), özellikle sulama belirli büyüme aşamalarında (örneğin, kardeşlenme, başaklanma veya çiçeklenme) uygulandığında, genellikle daha yüksek LMW-GS'ye yol açtığını göstermiştir. Bu durum, LMW-GS birikiminin azot oranlarına ve sulama zamanlamasına HMW-GS'den daha duyarlı olabileceğini ve belirli koşullar altında LMW-GS'yi optimize etmek için daha düşük azot girdilerinin yeterli olabileceğini düşündürmektedir.

4.2. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, farklı sulama zamanları ve azot dozlarının buğday verimi ve kalite özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; tam sulama uygulaması, kardeş sayısı, tane verimi, biylojik verim ve bitki boyu gibi parametrelerde diğer sulama zamanlarından daha yüksek değerler sağlamıştır. Bu durum, bitkinin tüm büyüme dönemleri boyunca yeterli su ihtiyacının karşılanmasının önemini göstermektedir. Artan azot dozları (N8'den N20'ye), genel olarak kardeşlenme, tohum verimi, biyokütle ve bitki boyunda bir artışa neden olmuştur. Ancak, bazı durumlarda N16 ve N20 dozları arasında önemli bir fark görülmemiş, bu da belirli bir azot seviyesinden sonra verimin plato yapabileceğini göstermiştir.

Sulama zamanı ve azot dozu arasındaki etkileşim, verim ve kalite parametreleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin, tam sulama koşullarında N20 dozu en yüksek verimi sağlarken, yağmurlama koşullarında N12 dozu yeterli olmuştur. Bu durum, optimum verim için sulama ve azot uygulamasının birlikte optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir. Sulama zamanlaması ve azot dozu, buğday tanelerinin protein ve gluten içeriğini etkilemiştir. Özellikle, 16 kg/da azot uygulaması yüksek moleküler ağırlıklı

gluteninlerin miktarında artışa neden olurken, 12 kg/da azot uygulaması düşük moleküler ağırlıklı gluteninlerin miktarını artırmıştır.

Bu sonuçlar doğrultusunda, buğday yetiştiriciliğinde optimum verim ve kalite elde etmek için şu önerilerde bulunulabilir: Bitkinin tüm büyüme dönemleri boyunca su ihtiyacını karşılamak için tam sulama uygulaması önerilmektedir. Ancak, su kaynaklarının sınırlı olduğu durumlarda, kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde sulama verim üzerinde olumlu etkilere sahip olabilir. Azot dozu, sulama uygulamasına ve toprak özelliklerine göre ayarlanmalıdır. Genel olarak, 16-20 kg/da azot dozları yüksek verim potansiyeli sunar, ancak aşırı azot uygulamasından kaçınılmalıdır. Yüksek moleküler ağırlıklı gluteninleri artırmak için 16 kg/da azot dozu ve tam sulama uygulaması önerilirken, düşük moleküler ağırlıklı gluteninleri artırmak için 12 kg/da azot dozu tercih edilebilir.

Bu çalışma, buğday yetiştiriciliğinde sulama ve azot yönetimi konusunda önemli bilgiler sağlamaktadır. Ancak, farklı buğday çeşitleri ve farklı çevre koşulları altında bu etkileşimleri daha iyi anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

Abdelkhalek, A. A., Darwesh, R. Kh., & El-Mansoury, M. A. M. 2015. Response of some wheat varieties to irrigation and nitrogen fertilization using ammonia gas in North Nile Delta region. **Annals of Agricultural Sciences, 60**(2), 245-256. https://doi.org/10.1016/j.aoas.2015.10.012

Abdelwhahab Rekaby, S. 2019. Wheat Response to Nitrogen and Irrigation under Semi-Arid Conditions. **World Journal of Agriculture and Soil Science, 1**(3). https://doi.org/10.33552/WJASS.2019.01.000515

Alexandratos, N., & Bruinsma, J. 2012. World agriculture towards 2030/2050*:* The 2012 revision. ESA Working paper (3. bs, C. 12). http://www.fao.org/economic/esa/esag/en/

Ames, N. P., Clarke, J. M., Dexter, J. E., Woods, S. M., Selles, F., & Marchylo, B. 2003. Effects of nitrogen fertilizer on protein quantity and gluten strength parameters in durum wheat (Triticum turgidum L. var. durum) cultivars of variable gluten strength. **Cereal Chemistry, 80**(2), 203-211. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.2.203

Ardiç, M. 2022. Alteratıon ın amıno acıd contents ın dıfferent genotypes of bread wheat at dıfferent developmental stages. **Pakistan Journal of Botany, 54**(5), 1741-1748. https://doi.org/10.30848/PJB2022-5(17)

Bao, X., Liu, X., Hou, X., Yin, B., Duan, W., Wang, Y., Ren, J., Gu, L., & Zhen, W. 2022. Single irrigation at the four-leaf stage in the spring optimizes winter wheat water consumption characteristics and water use efficiency. **Scientific Reports, 12**(1), 14257. https://doi.org/10.1038/s41598-022-18446-8

Bashır, m. U. 2017. Irrigatıon scheduling of wheat at different nitrogen levels in semi-arıd region. **Turkish Journal Of Field Crops**. https://doi.org/10.17557/tjfc.303880

Cao, Y., & Cai, H. 2022. Effects of Growth Stage-Based Limited Irrigation Management on Soil CO2 and N2O Emissions, Winter Wheat Yield and Nutritional Quality. **Agronomy, 12**(4), 952. https://doi.org/10.3390/agronomy12040952

Parsak, P., 2023. Bazı siyez buğday (triticum monococcum l.) Genotiplerinde farklı ekim sıklıkları ile azot uygulamalarının verim ve kaliteye etkileri [phd thesis, ankara üniversitesi]. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=j_Fjwp4JS4mk97Puqti8rodTdV-Kn4ylqnL_O-CckxDXvrWMPkv9GM_VOMtQnNfw

Eissa, M. A., Rekaby, S. A., & Hegab, S. A. 2016. Effect of Nitrogen Fertilization Rates on Wheat Grown under Drip Irrigation System. https://www.researchgate.net/publication/337889660

El Jarroudi, M., Kouadio, L., Giraud, F., Delfosse, P., & Tychon, B. 2014. Brown rust disease control in winter wheat: II. Exploring the optimization of fungicide sprays through a decision support system. **Environmental Science and Pollution Research, 21**(7), 4809-4818. https://doi.org/10.1007/s11356-014-2557-9

Food, & of the United Nations, A. O. 2003. Bread wheat: Improvement and production. Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Fouladmand, H. R., Niazi, J. A., Keshavarzi, S., & Joukar, L. 2007. The interaction effect between different levels of irrigatıon water and nitrogen on wheat yield. **Journal of Agriculture Sciences, 12**(4), 779-786. https://sid.ir/paper/7787/en

Fu, Y., Cui, Z., Yao, J., Ji, F., Lu, W., He, Z., Gao, Z., & Wang, S. 2022. Effects of water and nitrogen coupling on photosynthetic characteristicand yield of winter wheat in film hole irrigation fields. **Desalination and Water Treatment**, *268*, 273-284. https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28699

Giraldo, P., Benavente, E., Manzano-Agugliaro, F., & Gimenez, E. 2019. Worldwide Research Trends on Wheat and Barley: A Bibliometric Comparative Analysis. **Agronomy, 9**(7), 352. https://doi.org/10.3390/agronomy9070352

Guo, B.-B., Liu, B.-C., He, L., Wang, Y.-Y., Feng, W., Zhu, Y.-J., Jiao, N.-Y., Wang, C.-Y., & Guo, T.-C. 2019. Root and nitrate-N distribution and optimization of N input in winter wheat. **Scientific Reports, 9**(1), 18018. https://doi.org/10.1038/s41598-019-54641-w

Guo, Z., Chen, D., & Schnurbusch, T. 2018. Plant and Floret Growth at Distinct Developmental Stages During the Stem Elongation Phase in Wheat. **Frontiers in Plant Science, 9**. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00330

Hanft, J. M., & Wych, R. D. 1982. Visual Indicators of Physiological Maturity of Hard Red Spring Wheat. **Crop Science, 22**(3), 584-588. https://doi.org/10.2135/cropsci1982.0011183X002200030036x

Hatfield, J. L., & Beres, B. L. 2019. Yield Gaps in Wheat: Path to Enhancing Productivity. **Frontiers in Plant Science, 10**. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01603

Islam, S., Islam, M. S., Uddin, M. J., Mehraj, H., & Uddin, A. J. 2015. *Islam et al. Growth and yield response of wheat to irrigation at different growing stages* **International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR). 6**(1), 70-76. http://www.innspub.net

J. Tse, T., Chicilo, F., J. Wiens, D., & J.T. Reaney, M. 2022. Beyond Bread and Beer: Value-Added Products from Wheat. Içinde *Wheat*. **IntechOpen**. https://doi.org/10.5772/intechopen.102603

Jemal, M. H., Fikadu, R. B., Kebede, N. T., Wondimu, T. A., Nigusie, A. S., & Tesema, M. T. 2022. Effects of irrigation levels and nitrogen fertilizer rate on grain yield of wheat (Triticum aestivum) at Amibara, Middle Awash, Ethiopia. **Journal of Soil Science and Environmental Management, 13**(1), 11-16. https://doi.org/10.5897/JSSEM2021.0903

Jemal, M. H., Fikadu, R. B., Kebede, N. T., Wondimu, T. A., Nigusie, A. S., & Tesema, M. T. 2022. Effects of irrigation levels and nitrogen fertilizer rate on grain yield of wheat (Triticum aestivum) at Amibara, Middle Awash, Ethiopia. **Journal of Soil Science and Environmental Management, 13**(1), 11-16. https://doi.org/10.5897/JSSEM2021.0903

Jia, D., Dai, X., & He, M. 2012. Polymerization of glutenin during grain development and quality expression in winter wheat in response to irrigation levels. **Crop Science, 52**(4), 1816-1827. https://doi.org/10.2135/cropsci2011.08.0444

Jones, R. A. C., & Janssen, D. 2021. plants Global Plant Virus Disease Pandemics and Epidemics. https://doi.org/10.3390/plants10

Khan, A. G., Niaz, A., Mahpara, S., Ullah, R., Tahir, M., Qazi, M. A., Ahmed, A., Koçyiğit, N., Shah, S. A. H., Rauf, A., Muneer, M., Akram, M. Z., Gaafar, A. R. Z., Elshikh, M. S., & Sayed Fouad, M. 2023. Impact of various irrigation levels and nitrogen rates on wheat (Triticum aestivum L.) yield and nitrate leaching. **Journal of King Saud University - Science, 35**(10). https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102940

Kubar, M. S., Wang, C., Noor, R. S., Feng, M., Yang, W., Kubar, K. A., Soomro, K., Yang, C., Sun, H., Hasan, M. E., & Mosa, W. F. A. 2022. Nitrogen fertilizer application rates and ratios promote the biochemical and physiological attributes of winter wheat. **Frontiers in Plant Science, 13**. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1011515

Lei, Q., Tao, W., Lin, S., Su, L., Deng, M., Wang, Q., Yang, F., Zhu, T., & Ma, L. 2024. The Synergistic Production Effect of Water and Nitrogen on Winter Wheat in Southern Xinjiang. **Plants, 13**(10), 1391. https://doi.org/10.3390/plants13101391

Liu, J., Chen, Z., Wu, S., Sun, H., Xing, J., & Zhang, Z. 2024. Interaction of Biochar Addition and Nitrogen Fertilizers on Wheat Production and Nutrient Status in Soil Profiles. **Plants, 13**(5), 614. https://doi.org/10.3390/plants13050614

Liu, J., Wiberg, D., Zehnder, A. J. B., & Yang, H. 2007. Modeling the role of irrigation in winter wheat yield, crop water productivity, and production in China**. Irrigation Science, 26**(1), 21-33. https://doi.org/10.1007/s00271-007-0069-9

Liu, S., Lin, X., Wang, W., Zhang, B., & Wang, D. 2022. Supplemental irrigation increases grain yield, water productivity, and nitrogen utilization efficiency by improving nitrogen nutrition status in winter wheat. **Agricultural Water Management,** *264*, 107505. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107505

Liu, Y., Han, M., Zhou, X., Li, W., Du, C., Zhang, Y., Zhang, Y., Sun, Z., & Wang, Z. 2022. Optimizing nitrogen fertilizer application under reduced irrigation strategies

for winter wheat of the north China plain. **Irrigation Science, 40**(2), 255-265. https://doi.org/10.1007/s00271-021-00764-w

M. Sainju, U., Ghimire, R., & P. Pradhan, G. 2020. Nitrogen fertilization I: Impact on crop, soil, and environment. Içinde E. C. Rigobelo & A. P. Serra (Ed.), **Nitrogen Fixation. IntechOpen**.

Ma Y.-Z., Dang H.-K., Li K.-J., Zheng C.-L., Cao C.-Y., Zhang J.-P., & Li Q.-Q. 2022. Effects of brackish water irrigation on grain quality characteristics and yield of winter wheat. **Ying Yong Sheng Tai Xue Bao, 33**(4), 1063-1068.

Massoudifar, O., Darvish Kodjouri, F., Noor Mohammadi, G., & Mirhadi, M. J. 2014. Effect of nitrogen fertilizer levels and irrigation on quality characteristics in bread wheat (Triticum aestivum L.). **Archives of Agronomy and Soil Science, 60**(7), 925-934. https://doi.org/10.1080/03650340.2013.856004

Mehran, M., & Khyber, M. A. 2022. Deficit irrigation as sustaiable practice with varying sowing windows for enhancing wue, grain quality and biochemical characterıstics of chinese wheat hybrid lines in comparison. https://www.researchgate.net/publication/362699176

Muhammad, S., Hussain, I., Tanveer, S., Abbas, S., Maqsood, Q., Ahmed, M., & Waqar, S. 2018. Effect of Nitrogen Fertilizer Application Methods on Wheat Yield and Quality. 37, 82-89. https://doi.org/10.3923/std.2018.89.92

Nikolaou, G., Neocleous, D., Christou, A., Kitta, E., & Katsoulas, N. 2020. Implementing Sustainable Irrigation in Water-Scarce Regions under the Impact of Climate Change. **Agronomy, 10**(8), 1120. https://doi.org/10.3390/agronomy10081120

Peng, Y., Zhao, Y., Yu, Z., Zeng, J., Xu, D., Dong, J., & Ma, W. 2022. Wheat Quality Formation and Its Regulatory Mechanism**. Frontiers in Plant Science, 13.** https://doi.org/10.3389/fpls.2022.834654

Rajala, A., Hakala, K., Mäkelä, P., Muurinen, S., & Peltonen-Sainio, P. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. **Field Crops Research, 114**(2), 263-271. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.08.007

Ramírez-Wong, B., Rodríguez-Félix, F., Torres-Chávez, P. I., Medina-Rodríguez, C. L., Matus-Barba, E. A., & Ledesma-Osuna, A. I. 2014. Effects of nıtrogen and ırrıgatıon on gluten proteın composıtıon and theır relatıonshıp to “yellow berry” dısorder ın wheat (trıtıcum aestıvum). Içinde *Pak. J. Bot* (C. 46, Sayı 5).

Reussi Calvo, N., & Echeverría, H. E. 2006. Wheat nitrogen fertilization strategy: Water balance for the south of Buenos Aires province**. Ciencia del Suelo, 24**, 115-122.

Roman, M., Noushahi, H., Ali, M., Rehman, A., Yaseen, M., & Muhammad, Y. 2018. Impact of Nitrogen Application on Wheat (Triticum Aestivum L.) Growth Stages and Yield. 2, 31-34.

Roumia, H., Kókai, Z., Mihály-Langó, B., Csobod, É. C., & Benedek, C. 2023. Ancient Wheats—A Nutritional and Sensory Analysis Review. **Foods, 12**(12), 2411. https://doi.org/10.3390/foods12122411

Sahoo, S., Mukhopadhyay, P., Sinha, A. K., Bhattacharya, P. M., Rakesh, S., Kumar, R., Padbhushan, R., Bijay-Singh, Parmar, B., Vishwakarma, A., Kumar, A., Yadav, B. K., Bhushan, S., Kumar, A., Kaviraj, M., & Kumar, U. 2022. Yield, nitrogen-use efficiency, and distribution of nitrate-nitrogen in the soil profile as influenced by irrigation and fertilizer nitrogen levels under zero-till wheat in the eastern Indo-Gangetic plains of India. **Frontiers in Environmental Science, 10**. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.970017

Santos, I. J., Carvalho, I. R., Pradebon, L. C., Loro, M. V., Port, E. D., Mallmann, G., Maciel, D. G., Lopes, P. F., & Carioli, G. 2023. Agronomic performance of wheat genotypes and the use of nitrogen doses. **Agronomy Science and Biotechnology, 9**, 1-10. https://doi.org/10.33158/ASB.r193.v9.2023

SAS Institute Inc. 1999. SAS User’s Guide: Statistics. SAS Institute Inc.

She, Y., Li, P., Qi, X., Rahman, S. U., & Guo, W. 2023. Effects of nitrogen application on winter wheat growth, water use, and yield under different shallow groundwater depths**. Frontiers in Plant Science, 14**. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1114611

Shen, Y., Han, X., Feng, H., Han, Z., Wang, M., Ma, D., Jin, J., Li, S., Ma, G., Zhang, Y., & Wang, C. 2023. Wheat GSPs and Processing Quality Are Affected by Irrigation and Nitrogen through Nitrogen Remobilisation. **Foods, 12**(24), 4407. https://doi.org/10.3390/foods12244407

Shen, Y., Han, X., Feng, H., Han, Z., Wang, M., Ma, D., Jin, J., Li, S., Ma, G., Zhang, Y., & Wang, C. 2023. Wheat GSPs and Processing Quality Are Affected by Irrigation and Nitrogen through Nitrogen Remobilisation. **Foods, 12**(24), 4407. https://doi.org/10.3390/foods12244407

Shewry, P. R., & Hey, S. J. 2015. The contribution of wheat to human diet and health. **Food and Energy Security, 4**(3), 178-202. https://doi.org/10.1002/fes3.64

Shirazi, S. M., Yusop, Z., Zardari, N. H., & Ismail, Z. (2014). Effect of Irrigation Regimes and Nitrogen Levels on the Growth and Yield of Wheat. **Advances in Agriculture, 2014**, 1-6. https://doi.org/10.1155/2014/250874

Si, Z., Qin, A., Liang, Y., Duan, A., & Gao, Y. 2023. A Review on Regulation of Irrigation Management on Wheat Physiology, Grain Yield, and Quality. **Plants, 12**(4), 692. https://doi.org/10.3390/plants12040692

Singh, R. P., Juliana, P., Huerta-Espino, J., Govindan, V., Crespo-Herrera, L. A., Mondal, S., Bhavani, S., Singh, P. K., He, X., Ibba, M. I., Randhawa, M. S., Kumar, U., Joshi, A. K., Basnet, B. R., & Braun, H.-J. 2022. Achieving Genetic Gains in Practice. Içinde **Wheat Improvement** (ss. 97-123). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90673-3_7

Tan, Y., Chai, Q., Li, G., Zhao, C., Yu, A., Fan, Z., Yin, W., Hu, F., Fan, H., Wang, Q., Guo, Y., & Tian, X. 2021. Improving wheat grain yield via promotion of water and nitrogen utilization in arid areas. **Scientific Reports, 11**(1), 13821. https://doi.org/10.1038/s41598-021-92894-6

TURAEV, O. S., BABOEV, S. K., ZIYAEV, Z. M., NORBEKOV, J. K., ERJIGITOV, D. SH., BAKHADIROV, U. SH., TURSUNMURODOVA, B. T., DOLIMOV, A. A., TURAKULOV, KH. S., ERNAZAROVA, D. K., & KUSHANOV, F. N. 2023. Present status and future perspectıves of wheat (trıtıcum aestıvum l.) Research ın

uzbekıstan. **SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 55**(5), 1463-1475. https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.5.2

verma, G., Singh, S. P., Singh, S. K., Pal, C., Varma, S., & Singh, N. 2018. Effect of Different Nitrogen Doses on Various Characters against Foliar Blight of Wheat (Triticum aestivum L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7**(11), 1918-1924. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.711.217

VERMA, I. J., & DAS, H. P. (2004). A study on available soil water during the growth of wheat (Triticum aestivum.L.) at New Delhi. **MAUSAM, 55**(3), 469-474. https://doi.org/10.54302/mausam.v55i3.1193

Wang, R., Wang, H., Jiang, G., Yin, H., & Che, Z. 2022. Effects of Nitrogen Application Strategy on Nitrogen Enzyme Activities and Protein Content in Spring Wheat Grain. **Agriculture, 12**(11), 1891. https://doi.org/10.3390/agriculture12111891

Waraich, E. A., Ahmad, R., Ali, A., & Ullah, S. 2007. Irrıgatıon and nıtrogen effects on graın development and yıeld ın wheat (triticum aestivum L.). Içinde *Pak. J. Bot* (C. 39, Sayı 5).

Yang, D. Q., Dong, W. H., Luo, Y. L., Song, W. T., Cai, T., Li, Y., Yin, Y. P., & Wang, Z. L. 2018. Effects of nitrogen application and supplemental irrigation on canopy temperature and photosynthetic characteristics in winter wheat. **The Journal of Agricultural Science, 156**(1), 13-23. https://doi.org/10.1017/S0021859617000946

Ye, T., Ma, J., Zhang, P., Shan, S., Liu, L., Tang, L., Cao, W., Liu, B., & Zhu, Y. 2022a. Interaction effects of irrigation and nitrogen on the coordination between crop water productivity and nitrogen use efficiency in wheat production on the North China Plain. **Agricultural Water Management, 271**, 107787. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107787

Ye, T., Ma, J., Zhang, P., Shan, S., Liu, L., Tang, L., Cao, W., Liu, B., & Zhu, Y. 2022b. Interaction effects of irrigation and nitrogen on the coordination between crop water productivity and nitrogen use efficiency in wheat production on the North China Plain. **Agricultural Water Management, 271**, 107787. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107787

Yıldız, C. F., & Dogan, R. 2022. Nusrat Ekmeklik Buğday Çeşidinde Farklı Azot Dozları ve Ekim Sıklıklarının Tane Verimi, Verim Öğeleri ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkileri. **Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36**(2), 285-299. https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1073230

Yousaf, M., Shaaban, M., Ali, S. A. I., Fahad, S., Khan, M. J., Wang, Y., Shah, A. N., Sabiel, S. A. I., & Osman, K. A. 2014. The Effect of Nitrogen Application Rates and Timings of First Irrigation on Wheat Growth and Yield. Içinde **International Journal of Agriculture Innovations and Research** (C. 2).

Yuan, Y., Lin, F., Maucieri, C., & Zhang, Y. 2022. Efficient Irrigation Methods and Optimal Nitrogen Dose to Enhance Wheat Yield, Inputs Efficiency and Economic Benefits in the North China Plain. **Agronomy, 12**(2), 273. https://doi.org/10.3390/agronomy12020273

Zain, M., Si, Z., Li, S., Gao, Y., Mehmood, F., Rahman, S.-U., Mounkaila Hamani, A. K., & Duan, A. 2021. The Coupled Effects of Irrigation Scheduling and Nitrogen Fertilization Mode on Growth, Yield and Water Use Efficiency in Drip-Irrigated Winter Wheat. **Sustainability, 13**(5), 2742. https://doi.org/10.3390/su13052742

Zhang, J.-T., Lyu, L.-H., Dong, Z.-Q., Zhang, L.-H., Yao, Y.-R., Shen, H.-P., Yao, H.-P., & Jia, X.-L. 2019. Yield-increasing effect of supplementary irrigation at winter wheat flowering and its influencing factors based on water and nitrogen coupling in north China; [华北冬小麦开花期补灌的增产效应及其影响因素]. **Acta Agronomica Sinica(China), 45**(11), 1746 – 1755. https://doi.org/10.3724/SP.J.1006.2019.81060

Zhang, P., Ma, G., Wang, C., Lu, H., Li, S., Xie, Y., Ma, D., Zhu, Y., & Guo, T. 2017. Effect of irrigation and nitrogen application on grain amino acid composition and protein quality in winter wheat. **PLOS ONE, 12**(6), e0178494. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178494

Zhang, P., Qi, Y., Wang, H., He, J., Li, R., & Liang, W. 2021. Optimizing nitrogen fertilizer amount for best performance and highest economic return of winter wheat

under limited irrigation conditions. **PLOS ONE, 16**(11), e0260379. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260379

Zhang, X., & Pei, D. 2002. Management of supplemental irrigation of winter wheat for maximum profit. Deficit Irrigation Practices*;* **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 57-65.

Zheng, X., Yu, Z., Zhang, Y., & Shi, Y. 2020. Nitrogen supply modulates nitrogen remobilization and nitrogen use of wheat under supplemental irrigation in the North China Plain. **Scientific Reports, 10**(1), 3305. https://doi.org/10.1038/s41598-020-59877-5

Zulfiqar, U., Ahmad, M., Valipour, M., Ishfaq, M., Maqsood, M. F., Iqbal, R., Ali, M. F., Roy, R., & El Sabagh, A. 2023. Evaluating Optimum Limited Irrigation and Integrated Nutrient Management Strategies for Wheat Growth, Yield and Quality. **Hydrology, 10**(3), 56. https://doi.org/10.3390/hydrology10030056