



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KONYA KOŞULLARINDA FARKLI SULAMA
PROGRAMI UYGULAMALARININ
EKMEKLİK BUĞDAYIN (*Triticum Aestivum* L.)
VERİM VE KALİTESİNE ETKİSİ

Mehmet Ali DÜNDAR

DOKTORA TEZİ

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Aralık-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Mehmet Ali DÜNDAR

22/12/2021

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KONYA KOŞULLARINDA FARKLI SULAMA PROGRAMI UYGULAMALARININ EKMEKLİK BUĞDAYIN (*Triticum Aestivum* L.) VERİM VE KALİTESİNE ETKİSİ

Mehmet Ali DÜNDAR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ramazan TOPAK

2021, 130 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Nizamettin ÇİFTÇİ

Prof. Dr. Ramazan TOPAK

Prof. Dr. Zeki GÖKALP

Doç. Dr. Sevim Seda YAMAÇ

Dr. Öğr. Üyesi İlknur KUTLAR YAYLALI

Bu çalışma ekmeklik buğdayda uygulanan geleneksel tam sulama ve bitki gelişme dönemlerine dayalı farklı tamamlayıcı sulama stratejilerinin ürün verimi ve kalitesine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bunun için 2018-2020 döneminde Konya’da Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü arazisinde tarla denemeleri yürütülmüştür. Denemede geleneksel tam sulama, tamamlayıcı sulama ve sulamasız (yağışa bağlı) olmak üzere üç farklı strateji altında 14 farklı sulama programı uygulanmıştır. Geleneksel tam sulamada toprak nemi baz alınarak, bitki kök bölgesi Faydalı Su Kapasitesi (FSK)’nin %60’ı tüketilince sulama yenilenmiş ve toprağın mevcut nemi tarla kapasitesine ulaştırılmıştır. Tamamlayıcı sulama grubunda ise iki farklı planlama yapılmıştır. Birincisinde, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprak nemine bağlı dönemsel tam sulama yapılmış ve bu kapsamda 3 farklı tamamlayıcı sulama programı oluşturulmuştur. İkincisinde ise, buğdayın mevsimlik bitki su tüketimi (ETc) ile buğdayın yetiştirme dönemine ait (Ekim-Temmuz arası) uzun yıllar (1986-2016) ortalaması yağış miktarı, ortalama üstü yağış alan yıllar ortalaması ve ortalama altı yağış alan yıllar ortalaması yağış değerleri farkı dikkate alınarak üç farklı mevsimlik sulama suyu ihtiyacı tahmin edilmiştir. Tahmin edilen sulama suyu ihtiyaç değerleri hassas gelişme dönem sayısına (3 adet) bölünerek, her dönem için eşit miktarda sulama suyu ihtiyaçları kestirilmiştir. Bu kapsamda 9 adet tamamlayıcı sulama programı oluşturulmuştur. Çalışmada en yüksek ürün verimi toprak faydalı su kapasitesinin %60’ı tüketilince sulamaların yenilediği geleneksel tam sulama konusundan elde edilmiştir. Buğdayın su stresine hassas olduğu gelişme dönemlerine dayalı tamamlayıcı sulama uygulamaları arasında en iyi performansı, üç gelişme döneminde tam sulanan (toplam 321 mm) konu ile her bir gelişme döneminde sabit 90 (toplam 270 mm), 70 (toplam 210 mm) ve 50 (toplam 150 mm) mm sulama suyu uygulanan konular göstermiştir. Çalışmadan elde edilen sulamanın üretkenliğine ilişkin göstergeler analiz edildiğinde, Konya gibi su kaynakları kısıtlı olan bölgelerde, optimum verimin tam sulama yerine, kısıntılı tamamlayıcı sulanan daha geniş bir alandan temin edilebileceği görülmektedir. Bu yolla üründe bir azalış olmadan, buğday tarımında tüketilen sulama suyu miktarında %28.3 ile %45.3 tasarruf sağlanabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel Tam Sulama, Tamamlayıcı Sulama, Buğday, Verim, Kalite, Konya

ABSTRACT

Ph.D THESIS

THE EFFECTS OF DIFFERENT IRRIGATION SCHEDULE APPLICATIONS ON BREAD WHEAT (*Triticum Aestivum* L.) YIELD AND QUALITY IN KONYA CONDITIONS

Mehmet Ali DÜNDAR

**Selcuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation**

Advisor: Prof. Dr. Ramazan TOPAK

2021, 130 Pages

Jury

Prof. Dr. Nizamettin ÇİFTÇİ

Prof. Dr. Ramazan TOPAK

Prof. Dr. Zeki GÖKALP

Doç. Dr. Sevim Seda YAMAÇ

Dr. Öğr. Üyesi İlknur KUTLAR YAYLALI

This study was carried out to determine the effects of conventional full irrigation and different supplemental irrigation strategies based on plant growth stages on crop yield and quality in bread wheat. For this, field experiment were carried out on the land of the Soil, Water and Combating Desertification Research Institute in Konya during the 2018-2020 seasons. In the experiment, 14 different irrigation programs were applied under three different strategies as conventional full irrigation, supplemental irrigation and no irrigation (rainfield). Based on soil moisture in conventional full irrigation, when 60% of the plant root zone's Available Water Capacity (AWC) was consumed, irrigation was renewed and the current moisture of the soil was brought to the field capacity. In the supplemental irrigation group, two different plans were made. In the first, periodic full irrigation was carried out depending on soil moisture during the the stem extension, heading and milk stages, and within this scope, 3 different supplemental irrigation programs were created. In the second, the difference in seasonal Evapotranspiration (ET_c) of wheat and the average precipitation amount of the wheat growing period (October-July) for many years (1986-2016), the average of years with above average precipitation and the average precipitation values of years with below average precipitation are taken into account. Three different seasonal irrigation water needs were estimated. Equal amount of irrigation water needs were estimated for each stage by dividing the estimated irrigation water requirement values by the number of sensitive development stages (3 units). In this context, 9 supplemental irrigation programs have been established. In the study, the highest yield was obtained from the conventional full irrigation, where the irrigations were renewed when 60% of the soil available water capacity was consumed. Among the supplemental irrigation applications based on the development stages when wheat is sensitive to water stress, the best performance was achieved with the subject fully irrigated (321 mm in total) in the three growth stages, with a constant 90 (270 mm in total), 70 (total 210 mm) and 50 (total) 90 (total) irrigation in each growth stage. 150 mm) mm of irrigation water applied subjects. When the indicators related to the productivity of irrigation obtained from the study are analyzed, it is seen that in regions with limited water resources such as Konya, the optimum yield can be obtained from a wider area with limited supplemental irrigation instead of full irrigation. In this way, 28.3% to 45.3% savings will be achieved in the amount of irrigation water consumed in wheat farming without a decrease in the product.

Keywords: Conventional Full Irrigation, Supplemental Irrigation, Wheat, Yield, Quality, Konya

ÖNSÖZ

Gıda insanların temel ihtiyaç maddesidir. Günümüzde nüfus artışı ve küresel iklim değişikliği gibi faktörlerin de etkisi ile toplumların gıda ihtiyacı ve gıda güvenliği ön plana çıkmaktadır. Gıdanın ham maddesi olan tarım ürünlerinin üretimi de nüfus artışı, kuraklık ve su kaynaklarındaki azalış gibi nedenlerden dolayı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Buğday insanların beslenmesinde önemli bir tarım ürünü ve gıda hammaddesi olmasının yanında, ülkelerin stratejik ürün olarak stoklarında bulundurduğu önemli bir emtiadır. Ülkemizde ana ürün olan buğday, büyük oranda yağışa dayalı olarak üretilse de sulama ile yüksek verim değerlerine ulaşılmaktadır. Ülkemizin buğday ihtiyacı ve gün geçtikçe kritik seviyelere ulaşan su kaynaklarının durumu değerlendirildiğinde, buğday bitkisinde optimum sulama programlarının araştırılarak, sonuçlarının üreticilerin kullanımına sunulması, su kaynaklarının ve bitkisel üretimin sürdürülebilirliği için gereklidir. Bu amaçla yürütülen tez çalışmamın sonuçlarının kullanıcılarına fayda sağlamasını dilerim.

Tez çalışmamın her aşamasında yardımlarını ve desteğini gördüğüm başta danışman hocam sayın Prof. Dr. Ramazan TOPAK olmak üzere, Tez İzleme Komitesi üyesi sayın Prof. Dr. Nizamettin ÇİFTÇİ hocama ve arazi çalışmalarımda bana yardımcı olan Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca vermiş oldukları desteklerinden dolayı kıymetli aileme teşekkür ederim.

Mehmet Ali DÜNDAR

KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1. Materyal	28
3.1.1. Araştırma yeri	28
3.1.2. İklim özellikleri.....	29
3.1.3. Tarımsal Yapı	29
3.1.4. Su kaynakları potansiyeli.....	32
3.1.5. Toprak özellikleri.....	32
3.1.6. Su kaynağı ve sulama sistemi	33
3.1.7. Kullanılan buğday çeşidinin özellikleri	33
3.2. Yöntem.....	34
3.2.1. Araştırma konuları ve deneme deseni.....	34
3.2.2. Toprak hazırlığı ve ekim	42
3.2.3. Buğdayın gelişme dönemlerinin belirlenmesi	42
3.2.4. Tarımsal uygulamalar	43
3.2.5. Toprak su içeriği ölçümü	45
3.2.6. Sulama suyunun hesaplanması ve sulama	46
3.2.7. Bitki su tüketiminin hesaplanması	47
3.2.8. Bitki katsayısının belirlenmesi.....	48
3.2.9. Su- verim ilişkileri	49
3.2.10. Su kullanım ve sulama suyu kullanım randımanının belirlenmesi	50
3.2.11. Verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi	51
3.2.11.1. Tane verimi	51
3.2.11.2. Biyolojik verim	51
3.2.11.3. Hasat indeksi.....	51
3.2.11.4. Un verimi	51
3.2.11.5. Bin tane ağırlığı	51
3.2.11.6. Hektolitre ağırlığı.....	52
3.2.11.7. Protein oranı.....	52
3.2.11.8. Yaş ve Kuru Glüten	52
3.2.11.9. Zeleny Sedimentasyon.....	52
3.2.11.10. Tane iriliği.....	52
3.2.12. Toprak örneklerinin analiz yöntemleri	53

3.2.12.1. Toprağın fiziksel analiz yöntemleri	53
3.2.12.2. Toprağın kimyasal analiz yöntemleri	54
3.2.13. Sulama suyu analiz yöntemleri	54
3.2.14. İstatistik analiz	55
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	56
4.1. Toprak ve Su Örneklerinin Analizlerine İlişkin Sonuçlar	56
4.2. Fenolojik Gözlem Sonuçları	58
4.3. 2018-2020 Dönemi Yağış Verileri ve Araştırma Konuları İlişkisi.....	59
4.4. Sulama Suyu Miktarları ve Bitki Su Tüketimleri	60
4.5. Bitki katsayısı	63
4.6. Tane verimi	64
4.7. Biyolojik verim	68
4.8. Hasat indeksi.....	71
4.9. Un verimi	74
4.10. Kalite göstergeleri.....	76
4.10.1. Bin tane ağırlığı	76
4.10.2. Hektolitre ağırlığı.....	78
4.10.3. Protein oranı.....	81
4.10.4. Kuru glüten	85
4.10.5. Yaş glüten	88
4.10.6. Zeleny Sedimentasyon.....	91
4.10.7. Tane iriliği.....	94
4.11. Su- Verim ve Kalite İlişkileri.....	97
4.11.1. Sulama suyu- tane verimi ilişkisi.....	97
4.11.2. Sulama suyu- un verimi ilişkisi	99
4.11.3. Sulama suyu- kalite göstergeleri ilişkisi	102
4.12. Su- Üretim Fonksiyonları	104
4.12.1. Su tüketimi- tane verimi ilişkisi.....	104
4.12.2. Su tüketimi- un verimi ilişkisi	108
4.12.3. Su tüketimi- kalite göstergeleri ilişkisi	111
4.13. Su kullanım ve sulama suyu kullanım randımanı	113
4.14. Hiyerarşik Kümeleme Analizi	116
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	119
5.1 Sonuçlar	119
5.2 Öneriler	122
KAYNAKLAR	124

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

atm	: Atmosfer
da	: Dekar
ha	: Hektar
g	: Gram
kg	: Kilogram
ml	: Mililitre
L	: Litre
h	: Saat
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
m ²	: Metrekare
cm ³	: Santimetreküp
m ³	: Metreküp
dS	: Desisiemens
me	: Miliekivalan
sn	: Saniye
°C	: Santigrat Derece
γ	: Toprak Hacim Ağırlığı
%	: Yüzde
$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	: Ortalama ve Standart Hata

Kısaltmalar

TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TEPGE	: Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü
TSÇMAE	: Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü
USDA	: United States Department of Agriculture
MBM	: Meteoroloji Bölge Müdürlüğü
DSİ	: Devlet Su İşleri
WUE	: Water Use Efficiency
IWUE	: Irrigation Water Use Efficiency
WP	: Water Productivity
IWP	: Irrigation Water Productivity
ET _c	: Evapotransprasyon
ET ₀	: Referans Bitki Su Tüketimi
FAO	: Food and Agriculture Organization
Kc	: Bitki Katsayısı
Pw	: Ağırlık Cinsinden Toprak Nemi
FSK	: Faydalı Su Kapasitesi
SN	: Solma Noktası
TK	: Tarla Kapasitesi
MN	: Mevcut Nem

1. GİRİŞ

Buğday, Ülkemiz ve Dünya’da yetiştirilen en eski, en yaygın tahıldır. Bilimsel verilere göre insanlık tarihinde kültüre alınan bitkilerin başında yer alır. Buğdayın ilk kez kültüre alındığı dönem aynı zamanda tarımın da başlangıç tarihi sayılır (Mızrak, 2021). Buğday, insanların beslenmesinde ve hayvan yemi olarak kullanılan önemli bir tarım ürünüdür. Değişik iklim ve toprak şartlarında yetiştirilebilmesi, ucuz besin kaynağı olması, taşıma, depolama ve işleme kolaylığından dolayı, buğday dünyada en çok tarımı yapılan ürünlerden biridir.

Doğal kaynakların azalması, dünya nüfusunun artması ve iklim değişikliği gibi olaylar tarım alanlarını, tarımsal üretimi, dolayısıyla gıda güvencesini tehdit etmektedir. Yedi milyarı aşan dünya nüfusunun gıda güvenliği açısından yaşamsal öneme sahip tahıl bitkisi buğday, aynı zamanda yeryüzündeki biyolojik çeşitliliğin en değerli yapı taşlarından biridir. Buğday milyonlarca insanın geçim kaynağıdır ve çok sayıda sanayi ürününün de hammaddesidir. Bugün insanlığın karşı karşıya bulunduğu en temel sorunlardan biri gıda güvenliği; sağlıklı ve aktif bir yaşam sürdürebilmek için herkesin her an ekonomik ve fiziki açıdan yeterli ve sağlıklı gıdaya ulaşabilmesi olarak tanımlanır (Anonim, 2016). Gıda güvencesi konusu, ülkelerin nüfus yapıları ve özellikle bu yapıda ortaya çıkan değişme ve gelişmelerle yakından bağlantılıdır. Dünya nüfusu her yıl giderek artmakta, ancak, bu nüfusa yetecek, insan hayatının kalitesini yükseltecek, yoksulluğu ortadan kaldıracak doğal kaynakların miktarı sınırlı kalmaktadır. Türkiye de nüfusu hızla artan ülkelerden birisidir. Bu artış gıda maddeleri ve tarımsal üretim artışı hızı ile bir yarış içindedir. Türkiye’de halkın beslenme durumu bölgelere, mevsimlere, sosyo-ekonomik düzeye ve kentsel-kırsal yerleşime göre önemli farklılıklar göstermektedir. Bunun yanında, ülke genelinde beslenme alışkanlıkları incelendiğinde, tahıl ve tahıl ürünleri tüketimi ilk sırada yer almaktadır. Tahıl grubundan buğday, genellikle, ekmek, makarna ve bulgur şeklinde tüketilmektedir (Demirbaş ve Atış, 2005).

Dünyada en fazla ticareti yapılan tarım ürünlerinden birisi olma özelliği gösteren buğdayda, başlıca dış satımcı ülkelerin aynı zamanda üretici ülkeler olduğu görülmektedir. Ayrıca birtakım ülkelerin reeksport şeklinde uluslararası ticarete dahil olması buğdayın önemli bir mal olduğunu göstermektedir (Serpi ve ark., 2011). Dünyada 2019-2020 üretim sezonunda yaklaşık 216 milyon ha tarım alanında buğday tarımı yapılmış ve 763 milyon ton buğday üretilmiştir (USDA, 2021). Aynı dönemde dünya buğday ekim alanının %54.8'ini Hindistan, Rusya, AB, Çin ve ABD'den oluşan 5 ülke oluştururken, bu ülkeler dünya buğday üretiminin de yaklaşık %65.1'ini üretmektedirler. Türkiye'de 2019-2020 üretim sezonunda yaklaşık 6.84 milyon ha tarım alanında 19.0 milyon ton buğday üretimi gerçekleştirilmiştir. Ülkemizdeki buğday ekim alanının yaklaşık %42'sini sırasıyla; Konya, Şanlıurfa, Ankara, Diyarbakır, Yozgat, Sivas, Tekirdağ, Çorum, Kayseri ve Mardin'den oluşan 10 il oluşturmaktadır (TEPGE, 2021).

Türkiye'de buğday üretiminin hem alan olarak ve hem de üretim miktarı olarak yaklaşık %10'u tek başına Konya ilinde gerçekleşmektedir. Konya ilinde 2019-2020 üretim sezonunda yaklaşık 620 bin ha alanda 1.92 milyon ton buğday üretimi gerçekleştirilmiştir (TEPGE, 2021; TÜİK, 2021). Buğday, Konya bölgesinde ana tarım ürünü olup, kısmen sulu tarımı ve geniş bir alanda yağışa dayalı tarımı yapılmaktadır. Bölgede, Konya ovalarının yer aldığı çok büyük bir bölümde, yıllık yağış miktarı 300 mm civarında olup, Türkiye'de en düşük yağış alan, yarı kurak iklime sahip bir bölgedir. Bu nedenle yağışa dayalı olarak yetişebilen ürün çeşidi oldukça az olup, buğday, arpa, yulaf, çavdar, nohut, mercimek, fiğ vb. bitkilerle sınırlıdır. Bu ürünlerin de mevcut yağış şartlarında verimleri düşük seviyede gerçekleşmektedir. Bölgede tarımı yaygın olarak yapılan buğdayın büyük bir bölümü yağışa dayalı olarak üretilmekte, dolayısıyla verim düşük gerçekleşmektedir. Dünyada buğdayın yetiştiği alanlarda, yıllık yağış 250-1750 mm arasında değişir. Bununla birlikte, asıl buğday kuşağı yılda 350-1000 mm yağış alır. Buğdayın gelişme dönemlerine uygun dağılmış 600-700 mm'lik bir yağış maksimum verim için yeterlidir (Kün, 1988). Diğer bir ifade ile buğdayda kaliteli ve yüksek ürün verimi yıllık yağışı 500-600 mm olan yerlerde veya toprakta bu nemi sağlayacak sulamalarda alınabilmektedir (Aykanat ve Barut, 2018). Buğday, yıllık yağışı 450 mm ve yıl içindeki dağılışı düzenli olan bölgelerde sulanmaksızın ekonomik seviyede tarımı yapılabilir. Kurak ve yarı kurak alanlarda, yağışa dayalı buğday tarımında ürün verimini sınırlayan en önemli faktörlerin başında yağışların düşük ve

düzensizliği nedeniyle ortaya çıkan kuraklık gelmektedir. Konya bölgesinde kışlık buğday için tahmin edilen mevsimlik su tüketimi 502 mm ile 587 mm arasında değişirken (Anonim, 2017), gerçekleşen yağışların; uzun dönem (1985-2020) ortalamasının 326 mm civarında olması (MBM, 2021) ve düşen yağışların yıl içindeki dağılımının düzensiz olması yüksek verim için sulamayı gerekli kılmaktadır. Türkiye için 2050'lerde Hadley Center Model (HADCM)'inin öngördüğü iklim değişikliğinin etkilerinin incelendiği çalışma sonuçlarına göre buğdayın başlangıç, büyüme ve olgunlaşma dönemlerinde yağışların azalacağı, sıcaklıkların artmasıyla verim kayıplarına neden olacağı tahmin edilmiştir (Dellal ve ark., 2011). Bu nedenle bitkinin gelişme dönemlerinde etkili yağışlardaki olası azalma, kışlık buğdayın sulamaya ihtiyacı olacağını göstermektedir.

Su, insanoğlu için yaşamsal öneme sahip olan doğal bir kaynaktır. Hızlı nüfus artışı, kirlenme ve yanlış kullanım gibi nedenlerden dolayı su kaynakları dünyanın birçok bölgesinde artık stratejik bir doğal kaynak durumuna gelmiştir. Ülkemizde artan nüfus ve sanayileşmeye rağmen toplam kullanılan suyun %77 (44 milyar m³)'si tarımda kullanılmaktadır (DSİ, 2021a). Bu yüzden tarımsal sulamada verimliliğinin artırılması ve kayıpların azaltılması büyük öneme sahiptir. Zira artan nüfus ve sanayileşme ile şehir içme-kullanma suyu ve sanayinin kullandığı su miktarının toplam kullanımdaki payı artmakta ve tarımın kullandığı su payı düşürülmeye çalışılmaktadır.

Konya'nın 1.3 milyar m³'ü yerüstü, 1.5 milyar m³'ü yeraltı olmak üzere toplam 2.8 milyar m³ kullanılabilir su potansiyeli vardır. Konya'nın toplam tarım alanının 1.86 milyon ha olduğu ve tamamına yakınının sulamaya uygun olmasına karşın, ancak %32'sinin (590.765 ha) sulanabildiği göz önünde bulundurulduğunda, su kaynakları varlığının çok kısıtlı olduğu görülmektedir (DSİ, 2021b). Bu da Konya yöresi için sulu tarımın bölge ve ülke ekonomisi için önemini ortaya koymaktadır. Konya'da sulanan tarım arazilerinin yaklaşık %35 (207.188 ha)'inde buğday tarımı yapılmaktadır (TÜİK, 2021). Dolayısıyla, buğday gerek su kullanımında gerekse de ekonomik olarak Konya tarımında önemli bir yere sahiptir.

Kışlık buğdayda sulama konusunda yakın geçmişte yapılan bazı araştırmaların tamamlayıcı ve kısıntılı sulama (Wang ve ark., 2013; Guo ve ark., 2014; Guo ve ark., 2015; Liu ve ark., 2016; Tarı, 2016; Çap, 2017; Memon ve ark., 2021) uygulamalarının ürün verimi, kalitesi ve su kullanım etkinliği üzerine etkileri konusuna yoğunlaşmış çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu çalışmalarda sulama konuları oluşturulurken, toprak nemini dikkate alan çalışmalar, büyüme dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan çalışmalar, uzun yıllar iklim verilerinden hesapla sulama suyu miktarı belirlenen çalışmalar, yağış rejimlerine göre sulama suyu miktarı belirlenen çalışmalar ve buharlaşma kabından hesapla sulama suyu miktarı belirlenen çalışmalar olmak üzere çok farklı yaklaşımlarla sulama zamanı ve sulama suyu miktarları belirlenmiştir. Yürütülen bu tez çalışmasında bu yaklaşımlardan farklı olarak uzun yıllar iklim verilerinden hesaplanan buğdayın mevsimlik bitki su tüketimi (ET_c) ile buğdayın yetiştirme dönemine ait uzun yıllar ortalaması yağış miktarı, ortalama üstü yağış alan yıllar ortalaması ve ortalama altı yağış alan yıllar ortalaması yağış değerleri farkı dikkate alınarak üç farklı mevsimlik sulama suyu ihtiyacı tahmin edilmiştir. Tahmin edilen sulama suyu ihtiyaç değerleri hassas gelişme dönem sayısına (3 adet) bölünerek, her dönem için eşit miktarda sulama suyu ihtiyaçları kestirilmiştir. Ayrıca çalışmada diğer benzer çalışmalarda olduğu gibi geleneksel tam sulama ve tamamlayıcı sulama konuları da yer almıştır. Geleneksel tam sulamada toprak nemi baz alınarak, bitki etkili kök bölgesi Faydalı Su Kapasitesi (FSK)'nin %60'ı tüketilince sulamalar yinelenmiş ve sulama ile mevcut nem tarla kapasitesine ulaştırılmıştır. Tamamlayıcı sulama konularında ise, buğdayın su stresine en hassas olduğu; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemleri dikkate alınarak toprak nemine bağlı dönemsel tam sulama yapılmıştır.

Kısacası, Konya havzasının yıllık yağışı düşük, su kaynakları sınırlıdır; ancak Ova, Türkiye'deki en önemli buğday üretim alanıdır ve yüksek tane verimi elde etmek için buğdayın sulanması gerekir. Dolayısıyla, Konya havzasında kısıtlı su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı vazgeçilemez bir zorunluluktur. Bu nedenle havzada sulamalı bitkisel üretimde; suyun etkin kullanımını sağlayan, yenilikçi sulama programlarının uygulanması yoluyla, hem üretimin ve çiftçi gelirinin artırılması ve hem de su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının korunması gerekmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, su kaynaklarının oldukça kısıtlı olduğu Konya bölgesinde, tarımda suyun daha etkin kullanımına katkı sunmaktır. Konya koşullarında yürütülen bu çalışmada,

ekmeklik buğdaya farklı sulama programları uygulanarak, tane verimine ve kalitesine etkileri araştırılmıştır.

Girişle birlikte beş bölümden oluşan bu tez çalışmasında, ikinci bölümde konuya ilişkin kaynak araştırması verilmiş, üçüncü bölümde materyal ve kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlar ve bunların tartışılması dördüncü bölümde yer almış, sonuçlar ve öneriler ise beşinci bölümde verilmiştir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Buğdayın bazı büyüme dönemlerinde; toprak su içeriği veya iklim verileri dikkate alınarak ya da sabit miktarlarda sulama suyu uygulanarak oluşturulan birçok tamamlayıcı veya kısıntılı sulama çalışması yürütülmüş ve araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Ertaş (1980) Konya koşullarında Lizimetrede yürüttüğü dört yıllık bir çalışmada, farklı bitki gelişme dönemlerinde farklı tamamlayıcı sulama uygulamalarının bitki su tüketimi ve verime etkilerini araştırmıştır. Çalışma kapsamında; tohum ekiminde 1 su, sapa kalkmada 1 su, ekimde ve sapa kalkmada olmak üzere 2 su ve ekimde +sapa kalkmada+süt olum döneminde olmak üzere 3 sulamayı içeren toplam dört tamamlayıcı sulama programı uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, en yüksek bitki su tüketimi 519 mm ile 3 kez sulama yapılan konudan elde edilirken, en yüksek ürün verimi ise 563 kg/da ile tohum ekimi ve sapa kalkma dönemlerinde olmak üzere 2 kez sulama yapılan konudan elde edilmiştir.

Zhang ve Oweis (1999) Akdeniz bölgesinde buğdayın su-verim ilişkileri ve optimal sulama planlaması üzerine yürüttükleri çalışmada, ekmeklik buğday ve makarnalık buğday için su-verim ilişkilerini değerlendirmek amacı ile kuzey Suriye'de on yıllık tamamlayıcı sulama çalışması yürütmüşlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, Akdeniz bölgesindeki buğday veriminin, sadece yetiştirme mevsimi boyunca tüketilen toplam su miktarına değil, aynı zamanda bitki gelişme dönemlerindeki su kullanımına da bağlı olduğunu, bu bağlamda buğdayın su stresine tepkisinin, sapa kalkma döneminden tane doldurma dönemine kadar olan dönemde diğer büyüme dönemlerine göre daha hassas olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sulama-verim ilişkileri dikkate alındığında, bu bölgede mevcut toprak suyu ve yağış olasılığı düşük olduğunda, buğdayın tane doldurmaya kadar olan süreçte sulanması gerektiği bildirilmiştir.

Wang ve ark. (2013) yürütmüş oldukları çalışmada Zadoks skalasına göre buğdayın; sapa kalkma başlangıcı (Z31) ve çiçeklenme başlangıcı (Z60) (W1), sapa kalkma (Z34) ve çiçeklenme sonu (Z69) (W2), bayrak yaprak çıkışı (Z39) ve geç süt olum (Z77) (W3) dönemlerinde, toprak profilinin 0-140 cm derinliğindeki mevcut nemi tarla kapasitesinin %75'ine tamamlayacak miktarda sulama suyu uyguladıkları tamamlayıcı sulama konularının ve yağışa bağlı (W0) konunun olduğu arazi denemesi yürütmüşlerdir. Çalışmanın iki yıl ortalama verileri değerlendirildiğinde; konuların tane verimleri sırasıyla; 8959, 9453, 9222 ve susuz konuda 7237 kg/ha olarak belirlenirken,

su kullanım etkinliği ise (WUE); 22.05, 23.7, 23.0 ve 19.5 kg/ha/mm olarak tespit edilmiştir.

Ayranci ve ark. (2014) Konya’da yürütmüş oldukları çalışmada, İç Anadolu Bölgesi’nde farklı bitki büyüme dönemlerinde görülen kuraklık tiplerine benzeyen kontrollü tarla koşullarında verim potansiyeli ve stabilitesi yüksek ekmeklik buğday genotiplerini belirlemek için beş kuraklık uygulaması ve on ekmeklik buğday genotipi denenmiştir. Tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak bölünmüş parsel düzenlemesi kullanılarak yürütülen çalışmada, ana parselleri beş kuraklık uygulaması; D₁: bölgenin uzun yıllar ortalamasını temsil eden genel kuraklığı test etmek amacıyla, sapa kalkma başlangıcından (ZD:30) itibaren tüm bitki gelişim dönemlerinde, her dönemin uzun yıllar ortalamasına paralel seviyede (ZD:30’da, 35 mm; ZD: 50’de, 50 mm; ZD:70’de, 25 mm) sulama, D₂: Sapa kalkma başlangıcı – başaklanma başlangıcı dönem kuraklığı (ZD: 30-50); ilkbahar erken dönem kuraklığını test etmek amacıyla, sapa kalkmadan başaklanma başlangıcına kadarki dönemde (ZD: 30-50) kuraklık uygulanmış (Nisan kuraklığı); takip eden başaklanma başlangıcı – çiçeklenme sonu (ZD: 50-70) döneminde 50 mm ve tane doldurma (ZD: 70-94) döneminde 25 mm olacak şekilde, uzun yıllar ortalaması seviyesinde sulama, D₃: Başaklanma başlangıcı – Çiçeklenme sonu dönemi kuraklığı (ZD: 50-70); generatif dönem kuraklığını test etmek amacıyla, başaklanma başlangıcından çiçeklenme dönemi sonuna kadar (ZD: 50-70) kuraklığa maruz bırakılmış (Mayıs kuraklığı); sapa kalkma başlangıcı – başaklanma başlangıcı (ZD: 30-50) döneminde 35 mm ve tane doldurma (ZD: 70-94) döneminde 25 mm olacak şekilde, uzun yıllar ortalaması seviyesinde sulama, D₄: Tane doldurma dönemi kuraklığı (ZD: 70-94); geç dönem kuraklığını test etmek amacıyla, tane doldurma döneminde (ZD: 70-95) kuraklığa maruz bırakılmış (Haziran kuraklığı); sapa kalkma başlangıcı – başaklanma başlangıcı (ZD:30-50) döneminde 35 mm ve başaklanma başlangıcı – çiçeklenme sonu (ZD: 50-70) döneminde 50 mm olacak şekilde, uzun yıllar ortalaması seviyesinde sulama, D₅: Tam sulama; sapa kalkma başlangıcı – başaklanma başlangıcı (ZD: 30-50) döneminde 50 mm, başaklanma başlangıcı – çiçeklenme sonu (ZD: 50-70) döneminde 80 mm ve tane doldurma (ZD:70-94) döneminde 50 mm olacak şekilde sulama yapılmış; ayrıca yağmur korunağı altına alınmayarak yağıştan da yararlanması sağlanan çalışmanın alt parsellerini ise on ekmeklik buğday genotipi (Karahan 99, Bayraktar 2000, Gerek 79, Dağdaş) 94, Bezostaja 1, Göksu 99, Konya 2002, BDME 09/1 K, BDME 09/2 K ve 08-09 KEBVD 24) oluşturmuştur. Ekmeklik buğday genotiplerinin kuraklık stresine verdiği verim

tepkileri, kuraklık duyarlılık indeksi (DSİ) ve verim stabilite parametrelerinin değerlendirildiği çalışma sonuçlarına göre; genotipler arasında tane verim değerlerinin kuraklık uygulamaları ile 5771 (D₃) ile 8111 kg/ha (D₅) arasında ve 5686 (Göksu 99) ile 7552 kg/ha (Konya 2002) arasında değiştiğini ve D₁, D₂, D₃ ve D₄ uygulamalarına göre genotiplerin tane verimlerinin sırasıyla % 15.3, 16.6, 28.8 ve % 23.7 azaldığını bildirmişlerdir.

Guo ve ark. (2014) ve Guo ve ark. (2015) iki sezon yürütmüş oldukları çalışmada, buğdayın kardeşlenme ve başaklanma dönemlerinde, toprağın üç farklı derinliğini (20, 40 ve 60 cm) dikkate alarak, toprağın mevcut nemini tarla kapasitesinin %70'ine tamamlamışlardır. Çalışma neticesinde konulara göre buğdayın bitki su tüketimini (ET_c) sırasıyla; 397.7, 459.7, 445.7 ve susuz konuda 344.7 mm olarak belirlemişler, su kullanım etkinliğini (WUE) ise 21.6, 21.5, 20.3 ve 18.9 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Deneme sonuçlarına göre konu verimleri; 8554, 9840, 9028 ve 6529 kg/ha, kuru madde miktarları; 17.3, 19.5, 18.8 ve 14.2 T/ha, hasat indeksi ise 0.5, 0.51, 0.48 ve 0.47 olarak tespit edilmiştir.

Iqbala ve ark. (2014) FAO AquaCrop modelinin Kuzey Çin Ovası'nda kısıntılı sulama koşullarında kışlık buğday için tarla denemelerinden bölgesel verim simülasyonuna kadar değerlendirilen çalışmalarında; buğdayın kış dormansi döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı, sapa kalkma, başaklanma ve tane dolum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesinin %80'ine tamamlandığı konuda denemenin 3 yıl ortalama değerleri dikkate alındığında; 255.8 mm sulama suyu uygulanmış, bitki su tüketimi (ET) 386.6 mm olarak belirlenirken, 10.6 Mg/ha biomas ve 5.4 Mg/ha tane verimi elde edilmiştir. Buğdayın kış dormansi döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı, kardeşlenme, başaklanma ve tane dolum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesinin %80'ine tamamlandığı konuda, 264.4 mm sulama suyu uygulanmış, bitki su tüketimi 405.5 mm olarak belirlenirken, 10.8 Mg/ha biomas ve 5.3 Mg/ha tane verimi elde edilmiştir. Buğdayın kış dormansi döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı, kardeşlenme, sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesinin %80'ine tamamlandığı konuda, 222.3 mm sulama suyu uygulanmış, bitki su tüketimi 393.5 mm olarak belirlenirken, 11 Mg/ha biomas ve 5.4 Mg/ha tane verimi elde edilmiştir. Buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı konuda ise denemenin 2 yıl ortalama değerleri dikkate alındığında; 363.4 mm sulama suyu uygulanmış, bitki su

tüketimi 453.1 mm olarak belirlenirken, 11.6 Mg/ha biomas ve 5.4 Mg/ha tane verimi elde edilmiştir. Buğdayın kış dormansi döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı ve diğer büyüme dönemlerinde yağışa bağlı olan konuda denemenin 3 yıl ortalama değerleri dikkate alındığında; 73.3 mm sulama suyu uygulanmış, bitki su tüketimi 236.2 mm olarak belirlenirken, 7.2 Mg/ha biomas ve 3.1 Mg/ha tane verimi elde edildiği bildirilmiştir.

Liu ve ark. (2016) Çin’de yürütmüş oldukları çalışmada, iki farklı buğday çeşidinde olmak üzere, buğdayın farklı büyüme dönemlerinde (sapa kalkma başlangıcı, sapa kalkma-çiçeklenme ve tane dolum) tarla kapasitesinin belirli oranlarında (%40-45, 55-60, 65-70, 75-80) sulama suyu uygulaması yapmışlardır. Deneme sonuçlarına göre; bitki su tüketimleri (ET) 411 ile 532 mm arasında değişirken, tane verimleri 5375 ile 8450 kg/ha arasında, su kullanım etkinliği (WUE) ise 13 ile 18.4 kg ha⁻¹ mm⁻¹ değiştiği rapor edilmiştir.

Çap (2017) Harran Ovası koşullarında yürüttüğü bir çalışmada kışlık buğday için en uygun tamamlayıcı sulama programını araştırmıştır. Araştırmada, bitkinin üç farklı büyüme dönemi (sapa kalkma, başaklanma ve süt olum) dikkate alınarak; her üç dönemde sulama, iki dönemde sulama ve sadece bir dönem sulaması olmak üzere 7 farklı tamamlayıcı sulama programı uygulanmıştır. Araştırmanın sonucunda, her üç büyüme döneminde de tamamlayıcı sulama yapılan uygulama en yüksek verimi sağlamıştır. Bu konun sulama suyu miktarı 240 mm, su tüketimi 388 mm ve verimi 341.1 kg/da olmuştur. Yetiştirme dönemi boyunca sadece bir kez sulanan konulardan en yüksek verim 204.5 kg/da ile sapa kalkma döneminde sulanan konudan, yetiştirme dönemi boyunca iki defa sulanan konulardan ise en yüksek verim 298 kg/da ile sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sulanan konudan elde edilmiştir. Bu iki konuya sırasıyla 80 ve 160 mm sulama suyu uygulaması yapılmıştır.

Dar ve ark. (2017) Kuzey-batı Hindistan’da farklı ekim tarihi ve toprak nemi koşullarında damla sulama ile sulanan buğdayın su kullanımı ve su kullanım etkinliğini, tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre yürüttükleri çalışmada; ana parsellerde dört ekim tarihi (D₁-25 Ekim, D₂-10 Kasım, D₃-25 Kasım ve D₄-10 Aralık) alt parsellerde ise; 0-40 cm toprak derinliğinde tarla kapasitesinden %15 azalma, %25 azalma, %35 azalma ve %45 azalma olduğunda toprak neminin tarla kapasitesine tamamlandığı sulama konuları ve geleneksel uygulama olarak buğdayın büyüme dönemlerine veya toprak nemi azalmasına bakılmaksızın, her 4-5 haftada bir 75 mm sulama suyu uygulaması, denemenin sulama konularını oluşturmuştur. Beş sulama

konusu için uygulama başına sulama suyu miktarları sırasıyla; 15 mm, 25 mm, 35 mm, 45 mm ve 75 mm olup ilk dört sulama konusu damla sulama ile beşinci sulama konusu ise salma sulama yöntemi ile uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarının iki yıl ortalama değerleri dikkate alındığında; sulama konularına verilen sulama suyu 375 mm ile 45 mm arasında değişirken, buğdayın bitki su tüketimi (ET) 334.2 mm ile 220.8 mm, tane verimleri 5363 kg/ha ile 3765 kg/ha, su üretkenliği (WP) 1.71 kg/m³ ile 1.51 kg/m³, sulama suyu üretkenliği (IWP) 4.98 kg/m³ ile 1.45 kg/m³ ve bin tane ağırlıkları ise 42.6 g ile 37.0 g arasında değiştiği bildirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, buğdayın tarla kapasitesinin %15 azalmasıyla damla sulama yöntemi kullanılarak sulanmasının, geleneksel uygulamaya (salma sulama) kıyasla daha yüksek verime (%10) ek olarak sulama suyundan (%50) tasarruf sağladığını ortaya koyduğu rapor edilmiştir.

Jha ve ark. (2017) Kuzey Çin Ovası'nda halihazırda kullanılan başlıca sulama yöntemleri ile sulanan kışlık buğdayın kök dağılımını ve toprak suyu bileşenlerini incelemek için yürüttükleri çalışmada; üç sulama metodu (yağmurlama, damla sulama ve salma sulama) ve tarla kapasitesinin oranları %70, %60 ve %50 şeklinde oluşturulan sulama programlarının sonuçlarına göre; toplam sulama suyu, 105 ile 270 mm arasında değişirken, bitki su tüketimleri (ET); 261 ile 330 mm arasında değişmiş, tane verimlerinin ise 8.3 ile 9.5 t/ha arasında değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca, çalışmanın yapıldığı benzer toprak koşullarında, yüzey üstü damla sulama sistemi kullanılarak, tarla kapasitesinin %60'ında (sulama başına 30 mm) sulama yapılmasının, yalnızca köklerin su alımını değil aynı zamanda sulama suyu verimliliğini artırarak daha yüksek tane verimi elde edileceğini bildirmişlerdir.

Wang (2017) buğdayın su kullanım etkinliği ve optimum tamamlayıcı sulama çalışmasında; buğdayın, sapa kalkma ve çiçeklenme dönemlerinde, denemenin ilk üç yılında 0-140 cm toprak katmanında mevcut nemin tarla kapasitesinin %65, 70, 75 ve %80'ine ulaştıracak miktarda sulama suyu, denemenin son altı yılında ise 10, 20, 30 ve 40 cm toprak katmanında mevcut nemi tarla kapasitesine tamamlayacak miktarda sulama suyu uygulamıştır. Bunun yanında yağışa bağlı konu da çalışmada yer almıştır. Sonuç olarak; tamamlayıcı su konusunun tane verimleri deneme yıllarına göre 10103.8 kg/ha ile 8972.1 kg/ha arasında değişirken, su kullanım etkinliği (WUE) 24.7 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ile 20.3 kg ha⁻¹ mm⁻¹ arasında değişmiş, yağışa bağlı susuz konuda ise tane verimi 8047 kg/ha ile 5018.4 kg/ha arasında değişirken, su kullanım etkinliğinin (WUE) 23.5 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ile 18.2 kg ha⁻¹ mm⁻¹ arasında değiştiği rapor edilmiştir.

Fang ve ark. (2018) kışlık buğdayda tamamlayıcı sulama üzerine yaptıkları bir araştırmada, farklı sulama yöntemleri ile farklı seviyede sulama uygulamalarının ürün verimi ve ekonomik kazanç etkisini araştırmışlardır. Çalışmada; tava, su yastığı, yağmurlama ve damla sulama yöntemleriyle buğdaya sapa kalkma ve çiçeklenme dönemleri baz alınarak tamamlayıcı sulama programları uygulamışlardır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre kısıtlı su kaynağı koşulları için; yağmurlama, damla ve su yastığı yöntemiyle her iki dönemde de eşit şekilde 45 mm (toplamda 90 mm) sulama suyu uygulaması ürün verimini etkilememiş olup, en iyi net gelir yağmurlama yönteminde sağlanmıştır. Yeterli su kaynağı koşulları için; tava yönteminde sapa kalkma 90 mm ve çiçeklenme döneminde 70 mm (toplam 160 mm), su yastığı ve yağmurlama yönteminde ise sapa kalkma 60 mm, başaklanma 50 mm ve dane dolum döneminde 50 mm (Toplamda 160 mm) sulama suyu uygulaması, verim yönünden bu üç yöntem arasında bir fark oluşturmazken, tava sulama en yüksek net geliri sağlamıştır. Üç yetiştirme dönemini kapsayan bu araştırmaya göre, kısıtlı su kaynağı koşullarında tava sulama yöntemi ile sapa kalkma döneminde bir kez 90 mm sulama ile karşılaştırıldığında, damla yöntemiyle sapa kalkmada 45 mm ve çiçeklenme döneminde 45 mm (toplam 90 mm) sulama suyu uygulaması ürün verimini önemli ölçüde (%10.9) arttırmaktadır.

Xu ve ark. (2018) Kuzey Çin Ovası'ndaki sulamaları optimize ederek kışlık buğdayın su kullanım etkinliğini ve tane verimini artırmak üzere yürüttükleri çalışmada; yüzey sulama yöntemi kullanılarak, 0–200 cm toprak tabakasının hedef nispi toprak suyu içeriği tarla kapasitesinin ortalama %80'i olacak şekilde, buğdayın, geç kardeşlenme ve gebecik dönemlerinde (TB) sulama , geç kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinde (TA), geç kardeşlenme ve orta süt olum dönemlerinde (TM), sapa kalkma ve çiçeklenme dönemlerinde (JA), sapa kalkma ve orta süt olum dönemlerinde (JM), gebecik ve orta süt olum dönemlerinde (BM) sulama ile yağışa bağlı (W_0) konunun denendiği çalışmanın üç yıllık ortalama verileri dikkate alındığında; konuların bitki su tüketimleri (ET) sırasıyla; 482.6 mm, 475.2, 468.6, 460.3, 451.5, 443.8 ve 385.6 mm olarak tespit edilirken, tane verimleri; 9046.5 kg/ha, 8849.9, 8632.8, 9267.6, 8968.1, 8819.4 ve 7219.8 kg/ha, su kullanım etkinliği (WUE); 18.8 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 18.6, 18.5, 20.2, 19.9, 19.9 ve 18.8 kg ha⁻¹ mm⁻¹, bin tane ağırlığı; 47.4 g, 47.4, 47.0, 46.6, 46.1, 49.3 ve 47.2 g, hasat indeksi ise 0.473, 0.473, 0.466, 0.495, 0.486, 0.491 ve 0.488 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, buğdayın sapa kalkma ve çiçeklenme dönemlerinde sulamanın, çiçeklenme sonrası biyokütleyi, hasat indeksini ve metrekaresindeki tane

sayısını artırarak tane verimini ve su kullanım etkinliğini (WUE) artırabileceğini, bu nedenle ekimden önce yeterli toprak nemi koşullarında, sapa kalkma ve çiçeklenme dönemlerinde toplamda 150 mm sulama suyu uygulamasının buğday üretimi için optimal sulama uygulaması olduğunu bildirmişlerdir.

Jha ve ark. (2019) Kuzey Çin Ovası'nda kışlık buğdayın farklı sulama yöntemlerine ve zamanına göre; büyüme, verim ve su kullanım etkinliğini belirlemek üzere yürüttükleri çalışmada; toprağın faydalı su kapasitesinin %50, %40 ve %30'unun tüketildiğinde mevcut nemi tarla kapasitesine tamamlayacak miktarda sulama suyu, yağmurlama sulama (S), toprak üstü damla sulama (D) ve salma sulama (F) yöntemleri ile uygulamışlar, denemenin iki yıl ortalama verileri dikkate alındığında; konulara uygulanan sulama suları; S₅₀ 193 mm, S₄₀ 237 mm, S₃₀ 268 mm, D₅₀ 220.5 mm, D₄₀ 253, D₃₀ 276.5, F₅₀ 230.5, F₄₀ 263 ve F₃₀ 290.5 mm olurken, bitki su tüketimleri (ET) sırasıyla; 434.5 mm, 460, 478, 437, 465, 477, 448, 467.5 ve 484.5 mm, tane verimleri; 7.96 T/ha, 8.86, 8.52, 8.04, 9.27, 8.93, 7.89, 8.65 ve 8.42 T/ha, saman verimi; 7.04 T/ha, 7.74, 8.65, 6.48, 7.51, 8.22, 7.17, 8.03 ve 9.12 T/ha, hasat indeksi; %53.2, 53.4, 49.8, 55.5, 55.4, 52.1, 52.6, 51.8 ve %47.9, su kullanım etkinliği (WUE); 1.84 kg/m³, 1.93, 1.79, 1.85, 1.99, 1.88, 1.76, 1.86 ve 1.74 kg/m³, sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ise; 5.98 kg/m³, 4.19, 2.66, 6.08, 5.03, 3.53, 4.44, 3.38 ve 2.44 kg/m³ olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca, kışlık buğdayın kullandığı toplam suyun (ET), sulama suyunun artmasıyla artış gösterdiğini ve hem tane verimini hem de su kullanım etkinliğini yüksek seviyelerde tutmak için optimum sulama zamanlaması ve sulama yönteminin 144 mm–180.3 mm sulama suyunu karşılaması gerektiğini, kışlık buğday için, topraktaki su içeriği tarla kapasitesinin %60'ına düştüğünde 30 mm'lik suyun uygulanması için yüzey üstü damla sulama sisteminin kullanılmasını, böylece maksimum verim ve su kullanım etkinliği (WUE) elde etmenin yanı sıra yüksek sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) sağlamak için en iyi sulama yönteminin damla sulama sistemi olduğunu, yüzey üstü damlama sulama sistemi kullanılamadığı durumlarda ise yağmurlama sulama sistemi ile 30 mm sulama suyu uygulanmasını veya toprak su içeriği tarla kapasitesinin %60'ına düştüğünde 60 mm sulama suyunun salma sulama ile uygulanmasını önermişlerdir.

Li ve ark. (2005) Kuzey Çin Ovası'nda kışlık buğday için sulama planlamasının optimize etmek amacıyla 3 üretim sezonu yürüttükleri çalışmada, buğdayın; çimlenme-çıkış, sapa kalkma, başaklanma, çiçeklenme ve süt olum dönemlerinde, dönem atlamalı olmak üzere 75'er mm tamamlayıcı sulama uygulamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre bitki su tüketimi (ET) 333.6 ile 556.9 mm arasında değişirken, su kullanım etkinliği (WUE) 1.23 ile 1.75 kg/m³, sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) 0.47 ile 1.86 kg/m³ arasında değişirken, konuların tane verimleri ise 5462 ile 8240 kg/ha arasında değişmiştir. Ayrıca, yaklaşık 75 mm'lik ekim öncesi sulama suyu uygulandığında, sapa kalkma döneminden önce belirgin bir su açığı görülmediği için, kışlama veya çimlenme dönemlerindeki sulamaların buğdayın sonraki büyüme dönemlerinde uygulanabileceğini, sapa kalkma veya başaklanma dönemlerinde sulama yapılan konularda çiçeklenme öncesi toprak su içeriğini iyileştirdiğini ve daha yüksek tane verimi ve su kullanım etkinliği (WUE) değeri elde edildiğini, çiçeklenme veya süt olum dönemlerinde sulama yapılan konularda hasatta toprağın kuraklığını hafiflettiğini ve daha yüksek tane verimiyle sonuçlandığını, ancak daha yüksek su kullanım etkinliği (WUE) değeri elde edilemediğini, Sulama suyu miktarı arttıkça sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE)'nin doğrusal olarak azaldığını bildirmişlerdir.

Li ve ark. (2010) Kuzey Çin'de farklı büyüme dönemlerinde uygulanan farklı sulama programlarının kışlık buğdayın kök gelişimi, mevcut toprak suyu ve su kullanım etkinliğini araştırdıkları çalışmada; buğdayın sapa kalkma döneminde 120 mm (T₁), başaklanma döneminde 120 mm (T₂), süt olum döneminde 120 mm (T₃), sapa kalkmada 60 mm ve başaklanmada 60 mm (T₄), sapa kalkmada 60 mm ve süt olumda 60 mm (T₅), başaklanmada 60 mm ve süt olumda 60 mm (T₆), sapa kalkmada 40 mm, başaklanmada 40 mm ve süt olumda 40 mm (T₇) olmak üzere 7 sulama konusu oluşturulmuştur. Denemenin iki yıl sonuçlarının ortalaması dikkate alındığında sulama konularının sırasına göre Evapotranspirasyon (ET) değerleri; 342.35 mm, 328.83, 280.81, 337.50, 319.53, 308.89 ve 320.47 mm olarak belirlenirken, konulardan elde edilen tane verimleri sırasıyla; 628.53 g/m², 620.83, 514.92, 723.73, 689.37, 650.66 ve 557.57 g/m² olarak gerçekleşmiş ve konulara göre bin tane ağırlıkları sırasıyla; 39.63 g, 41.18, 41.32, 38.61, 40.57, 39.76 ve 40.88 g olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca kışlık buğday üretim sezonunda 1 ve 3 kez sulama ile karşılaştırıldığında, 2 kez sulamanın tane verimini artırdığı ve sapa kalkma ve başaklanmada 2 kez sulama yapılan konuda en yüksek su kullanım etkinliği (WUE) değeri elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Gao ve ark. (2014) kardeşlenme döneminden sonra yaptıkları her sulamada 45, 37.5 ve 30 mm sulama suyu uygulamışlardır. Üç yıllık arazi denemesi sonuçlarına göre, bitki su tüketimini (ET_c) sırasıyla; 439.7, 425.4 ve 393.4 mm olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre buğdayın su kullanım etkinliğini (WUE); 1.73, 1.83 ve 1.83 kg/m³, konu verimlerini ise 7605, 7780 ve 7209 kg/ha olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca buğdayın başlangıç, orta ve son dönem bitki katsayısını (k_c) 0.25, 1.06 ve 0.34 olarak belirlemişlerdir.

Man ve ark. (2014) kışlık buğdayın mikro yağmurlama ile tamamlayıcı sulamanın topraktaki su dağılımı ve tane verimine etkilerini araştırdıkları çalışmada; mikro yağmurlama başlıklarının suyu dağıtma açıları (T₀: Susuz T₁: 35°, T₂: 50°, T₃: 65°, T₄: 80°) deneme konularını oluşturmuştur. Sonuç olarak, buğdayın sapa kalkma döneminde denemenin ilk yılında 75 mm sulama suyu uygulanmış ve sapa kalkma-başaklanma döneminde konulara göre bitki su tüketimi (ET) sırasıyla; 93.5, 128.8, 121.1, 116.4 ve 104.5 mm olarak hesaplanırken, denemenin ikinci yılında 21.3 mm sulama suyu uygulanmış ve bu dönemde konulara göre bitki su tüketimleri (ET) sırasıyla; 103, 97.0, 91.9, 84.5 ve 81.0 mm olarak hesaplanmıştır. Denemede buğdayın başaklanma döneminde denemenin ilk yılında konulara göre sırasıyla; 0, 43.4, 37.9, 33.7 ve 22.1 mm sulama suyu uygulanmış ve başaklanma-olgunlaşma döneminde konulara göre bitki su tüketimi (ET) sırasıyla; 146.6, 182.0, 177.7, 174.3 ve 171.9 mm olarak hesaplanırken, denemenin ikinci yılında konulara göre sırasıyla; 0, 56.2, 51.9, 44.8 ve 41.3 mm sulama suyu uygulanmış ve bu dönemde konulara göre bitki su tüketimi (ET) sırasıyla; 79.3, 155.3, 146.1, 136.1 ve 133.3 mm olarak hesaplanmıştır. Deneme konularının iki yıl ortalama değerleri dikkate alındığında toplam bitki su tüketimleri sırasıyla; 370.7, 441.0, 427.9, 415.2 ve 404.9 mm olmuştur. Deneme konularının tane verimleri iki yıl ortalama değerleri dikkate alındığında sırasıyla; 7818, 8351, 8618, 8875 ve 9178 kg/ha olurken, su kullanım etkinliği (WUE); 21.2, 18.9, 20.2, 21.4 ve 22.7 kg ha⁻¹ mm⁻¹, bin tane ağırlıkları ise; 37.3, 38.0, 39.4, 41.1 ve 42.7 g olarak belirlenmiştir.

Li ve ark. (2015) Kuzey Çin Ovası'nda kısıntılı sulama ve farklı ekim modelinde kışlık buğdayın tane verimi ve su kullanım etkinliği üzerine yürüttükleri çalışmada; buğdayın sapa kalkma döneminde 60 mm olmak üzere 1 kez, buğdayın sapa kalkma döneminde 60 mm ve başaklanma döneminde 60 mm olmak üzere 2 kez sulama suyu uygulamışlardır. Çalışma sonucunda buğdayın sapa kalkma döneminde 1 sulama yapılan konudan deneme yıllarına göre sırasıyla 876.4 ve 768.4 g/m² verim elde

edilirken, bin tane ağırlığını 47.2 ve 36.3 g olarak tespit etmişler, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde 2 sulama yapılan konudan ise deneme yıllarına göre sırasıyla; 896.2 ve 804.1 g/m² verim elde edilirken, bin tane ağırlığını; 49.6 ve 36.2 g olarak tespit etmişlerdir.

Attia ve ark. (2016) Teksas High Plains'de sulama yönetiminin kışlık buğdayın tane, biyokütle verimleri ve su kullanım etkinliği (WUE)'ne etkilerinin doğru tahmini için DSSAT-CERES-Wheat modelini kullanarak yürüttükleri çalışmada; susuz konudan tam sulamaya kadar değişen dokuz sulama uygulaması (buğdayın sapa kalkma döneminde bir kez 100 mm sulama, gebecik döneminde bir kez 100 mm sulama, çiçeklenme döneminde bir kez 140 mm sulama, tane dolum döneminde 140 mm sulama, sapa kalkma döneminde 100 mm ve çiçeklenme döneminde 120 mm sulama, gebecik döneminde 100 mm ve tane dolum döneminde 120 mm sulama, sapa kalkma, gebecik ve çiçeklenme dönemlerinde 100'er mm sulama, sapa kalkma, gebecik, çiçeklenme ve tane dolum dönemlerinde 100'er mm sulama) yapılmıştır. Geçmiş 32 yıl iklim verileri kullanılarak yapılan simülasyonların sonuçları, sapa kalkma veya gebecik dönemlerinde 100 mm'lik tek bir sulamanın, susuz konuya göre %35 daha yüksek tane verimi elde edileceğini, çiçeklenme veya tane dolum dönemlerinde ise 140 mm'lik bir sulamanın, susuz konuya göre %68 daha yüksek tane verimi elde edileceğini gösterdiğini, biyokütle verimi simülasyonu ise, çiçeklenme veya tane dolum dönemlerinde 140 mm'ye kıyasla sapa kalkma veya gebecik aşamasında 100 mm sulamanın önemli bir avantaj sağladığını, sapa kalkma döneminde 100 mm ve çiçeklenme döneminde 140 mm (toplamda 240 mm) sulamanın, tam sulama (400 mm) ile benzer tane ve biyokütle verimi elde edildiğini, tane doldurma döneminde kısıntılı sulamanın, tam sulamaya kıyasla su kullanım etkinliğini (WUE) önemli ölçüde artırdığını, kısıntılı sulamanın avantajının, ortalamanın altında yağış olan mevsimlerde daha belirgin olduğunu, bu sonuçların, Teksas High Plains'de sınırlı su koşullarında kışlık buğday üretiminde sulama zamanlamasının önemini gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Xu ve ark. (2016) Çin'de iki üretim sezonu yürüttükleri çalışmada; üç farklı sulama uygulaması (susuz konu, sapa kalkma döneminde 60 mm sulama, kardeşlenme sonu, sapa kalkma ve çiçeklenme dönemlerinde 60'ar mm, toplam 180 mm sulama) yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, toplam sulama suyu sırasıyla; 329, 357 ve 425 mm, tane verimi 5967, 8086 ve 8517 kg/ha ve su kullanım etkinliği ise (WUE); 18.1, 22.7 ve 20.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Li ve ark. (2019) Kuzey Çin Ovası'nda kışlık buğdayın tane verimi ve su kullanım etkinliği üzerine farklı sulama suyu miktarları ile mikro yağmurlamanın etkilerini araştırdıkları çalışmada; mikro yağmurlama sulama sistemi ile buğdayın sapa kalkma döneminde 15 mm, gebecik döneminde 15 mm, çiçeklenme döneminde 15 mm ve tane doldurma döneminde 15 mm olmak üzere toplam 60 mm sulama suyu uygulaması (MI₆₀), mikro yağmurlama sulama sistemi ile buğdayın sapa kalkma döneminde 22.5 mm, gebecik döneminde 22.5 mm, çiçeklenme döneminde 22.5 mm ve tane doldurma döneminde 22.5 mm olmak üzere toplam 90 mm sulama suyu uygulaması (MI₉₀), mikro yağmurlama sulama sistemi ile buğdayın sapa kalkma döneminde 30 mm, gebecik döneminde 30 mm, çiçeklenme döneminde 30 mm ve tane doldurma döneminde 30 mm olmak üzere toplam 120 mm sulama suyu uygulaması (MI₁₂₀), mikro yağmurlama sulama sistemi ile buğdayın sapa kalkma döneminde 37.5 mm, gebecik döneminde 37.5 mm, çiçeklenme döneminde 37.5 mm ve tane doldurma döneminde 37.5 mm olmak üzere toplam 150 mm sulama suyu uygulaması (MI₁₅₀) ve denemede kontrol konusu da olan geleneksel sulama uygulaması olarak salma sulama yöntemi ile buğdayın sapa kalkma döneminde 60 mm ve çiçeklenme döneminde 60 mm olmak üzere toplam 120 mm sulama suyu uygulaması (TI₁₂₀) yapılan çalışma sonuçlarının iki yıl ortalama verileri dikkate alındığında; buğdayın bitki su tüketimi (ET) değerleri sırasıyla; 408.7 mm, 421.8, 423.9, 440.4 ve 436.1 mm, tane verimleri; 6976.9 kg/ha, 7648.7, 8748.6, 8788.1 ve 7721.9 kg/ha, bin tane ağırlıkları; 44.2 g, 44.5, 46.1, 46.3 ve 43.2 g, hasat indeksleri; 0.416, 0.417, 0.436, 0.432 ve 0.418, su kullanım etkinliği (WUE) ise; 1.71 kg/m³, 1.81, 2.1, 1.99 ve 1.77 kg/m³ olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, geleneksel sulama konusu olan ve salma sulama yöntemi ile 120 mm sulama suyu uygulanan konu ile karşılaştırıldığında, mikro yağmurlama sulama sistemi kullanılarak 120 mm sulama suyu uygulanan konunun, artan sulama sıklığıyla kışlık buğdayın tane verimi ve su kullanım etkinliğini (WUE) önemli ölçüde artırdığını, mikro yağmurlama sulama sistemi ile sulama miktarının daha da artırılmasının (MI₁₅₀), tane verimini artırmayacağını ve MI₁₂₀'ye kıyasla su kullanım etkinliğini (WUE) önemli ölçüde azaltacağını, sulama suyu miktarının %25 (MI₉₀) azaltılmasının TI₁₂₀'ye benzer tane verimi ve su kullanım etkinliği (WUE) sağladığını, sulama suyu miktarının %50 (MI₆₀) azaltılmasının ise TI₁₂₀'ye kıyasla tane verimi ve su kullanım etkinliğini (WUE) önemli ölçüde düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

Zhao ve ark. (2020a) farklı sulama uygulamalarının kışlık buğdayda su kullanım etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında; buğdayın sapa kalkma döneminde 60 mm

sulama suyu kısıntılı sulama konusu, buğdayın kardeşlenme başlangıcı, sapa kalkma ve çiçeklenme dönemlerinde 60'ar mm, toplam 180 mm sulama suyu tam su konusu ve yağışa bağlı susuz konu olmak üzere yürütülen arazi çalışmasının iki yıl ortalama verileri dikkate alındığında; konuların toplam su tüketimleri; susuz konuda 329.8 mm, kısıntılı sulama konusunda 357.3 mm ve tam sulama konusunda ise 426.2 mm olarak tespit edilirken, deneme konularından elde edilen tane verimleri sırasıyla; 5967.2 kg/ha, 8086.6 kg/ha ve 8517.5 kg/ha, hasat indeksi; %45.1, %43.9 ve %41.5 ve su kullanım etkinli (WUE) ise; 18.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 22.7 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 20.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre buğdayda kısıntılı sulama, yani sapa kalkma döneminde 60 mm'lik tek bir sulamanın, tam su konusuna kıyasla nihai verimde küçük bir düşüşe neden olduğu ve daha yüksek su kullanım etkinliği (WUE) sağladığı, buna göre, kurak ve yarı kurak bölgelerde su tasarrufu stratejisi olarak kısıntılı sulamanın kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Zhai ve ark. (2021) Kuzey Çin Ovası'nda kışlık buğday üretimi için mikro yağmurlama sulama kullanmanın su tasarrufu potansiyelinin araştırıldığı çalışmada; kışlık buğday üretimi için mikro yağmurlama sulama (MSI) kullanmanın su tasarrufu potansiyelini belirlemek için üç yıl süreyle yürüttükleri arazi çalışmasında sulama konuları; geleneksel salma sulama yöntemi ile buğdayın sapa kalkma döneminde 75 mm ve çiçeklenme döneminde 75 mm olmak üzere toplam 150 mm sulama uyu uygulaması (TFI), mikro yağmurlama sulama sistemi ile buğdayın sapa kalkma döneminde 30 mm, çiçeklenme döneminde 30 mm ve tane doldurma döneminde 30 mm olmak üzere toplam 90 mm sulama suyu uygulaması (MSI₁), mikro yağmurlama sulama sistemi ile buğdayın sapa kalkma başlangıcı döneminde 30 mm, sapa kalkma döneminde 30 mm, çiçeklenme döneminde 30 mm ve tane doldurma döneminde 30 mm olmak üzere toplam 120 mm sulama suyu uygulaması (MSI₂), mikro yağmurlama sulama sistemi ile buğdayın sapa kalkma başlangıcı döneminde 30 mm, sapa kalkma döneminde 30 mm, gebecik döneminde 30 mm, çiçeklenme döneminde 30 mm ve tane doldurma döneminde 30 mm olmak üzere toplam 150 mm sulama suyu uygulaması (MSI₃) ve mikro yağmurlama sulama sistemi ile buğdayın erken ilkbahar döneminde 30 mm, sapa kalkma başlangıcı döneminde 30 mm, sapa kalkma döneminde 30 mm, gebecik döneminde 30 mm, çiçeklenme döneminde 30 mm ve tane doldurma döneminde 30 mm olmak üzere toplam 180 mm sulama suyu uygulaması (MSI₄) yapılan çalışmanın üç yıl ortalama verileri dikkate alındığında, tane verimleri sırasıyla;

8832.9 kg/ha, 8904.8, 9186.1, 9241.9 ve 8976.2 kg/ha olarak gerçekleşirken, hasat indeksi ise; 0.410, 0.404, 0.397, 0.394 ve 0.383 olarak belirlenmiştir.

Shen ve ark. (2021) tamamlayıcı sulamada kışlık buğdayın büyüme dönemleri için sulama karar yöntemi üzerine yürüttükleri çalışmada; uzun yıllar iklim verileri kullanılarak (1970–2017) DSSAT modeli ile kışlık buğday için tasarruflu bir sulama programı ve bir genetik algoritma optimize edilmiştir. Buna göre, kışlık buğdayın erken dönemindeki yağış miktarı ve sulama miktarına dayalı bir destek vektör algoritması kullanılarak kışlık buğdayın büyüme döneminde sulanıp sulanmayacağına karar verme yöntemi geliştirilmiştir. Sonuçlar, kışlama döneminde, kardeşlenme döneminde ve sapa kalkma döneminde karar verme doğruluğunun sırasıyla %89,4, %95,7 ve %93,6 olduğunu göstermiştir. Böylece önerilen yöntemin, kışlık buğdayın farklı büyüme aşamalarına karşılık gelen sulama programlarını etkin bir şekilde belirleyebileceğini ve tamamlayıcı sulama alanında kışlık buğdayın tasarruflu sulama için optimum kararı vermeyi kolaylaştırabileceğini, ancak yağış belirsizliğinin, gerçek tarihlerle karşılaştırıldığında belirli sulama tarihlerinde farklılıklara yol açtığını bildirmişlerdir.

Ali ve ark. (2007) yaptıkları bir çalışmada kısıntılı sulamanın buğday verimi, su üretkenliği ve ekonomik getirileri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, buğdayın; kardeşlenme başlangıcı, sapa kalkma, gebecikten başaklanmaya, çiçeklenmeden sarı olum dönemlerinde tam veya kısıntılı sulama yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; kısıntılı sulama ve tam sulama konuları arasında tane ve saman verimindeki farklılıkların küçük ve çoğu durumda istatistiksel olarak önemsiz olduğu, bir dönemde kısıntı uygulanan konularda tane verimindeki azalma; kardeşlenme başlangıcı > tam kardeşlenme > gebecikten başaklanmaya > çiçeklenme-sarı olum dönemleri su kısıntısı sırasını takip ettiği, iki dönemde kısıntı uygulanan konular içinde, kardeşlenme başlangıcı döneminde alternatif sulama ve gebecikten başaklanmaya büyüme dönemi sulama konusunun daha iyi performans gösterdiği, hem arazi hem de sınırlı su koşullarında en yüksek net gelir, kardeşlenme başlangıç evresinde ve gebecikten başaklanmaya olan evrede sulanan konudan elde edildiği, verim, sulama suyu miktarı, sulama suyu kullanım etkinliği, nispi su tasarrufu, nispi verim kaybı ve net gelir değerlendirildiğinde, öncelikle kardeşlenme başlangıcında, daha sonra başaklanma-çiçeklenme evresinde ve daha sonra büyümenin maksimum kardeşlenme aşamasında sulama yapılması gerektiğini, en yüksek net finansal gelir için ise, buğday kardeşlenme başlangıcında ve başaklanma-çiçeklenme aşamalarında sulanması gerektiğini bildirmişlerdir.

Xiangxiang ve ark. (2013) kısıntılı sulamanın ve farklı sulama rejimlerinin Çin'in Loess Platosunda yetiştirilen kışlık buğdayın biokütlesi ve verimi üzerindeki etkisini simüle etmek için AquaCrop modelini kullandıkları çalışmada, buğdayın; kışlama döneminde 75 mm, kışlama ve kardeşlenme dönemlerinde 75'er mm (2 sulama 150 mm) , kışlama, kardeşlenme ve kök uzaması dönemlerinde 75'er mm (3 sulama 225 mm), kışlama, kardeşlenme, kök uzaması ve çiçeklenme dönemlerinde 75'er mm (4 sulama 300 mm) ve sulama yapılmayan konu olmak üzere 5 yıl yürütülen çalışmada; buğdayın kışlama döneminde 1 sulama yapılan ve 75 mm sulama suyu uygulanan konudan deneme yılları ortalaması dikkate alındığında 5.87 t/ha tane verimi elde edilirken, buğdayın kışlama ve kardeşlenme dönemlerinde 2 sulama yapılan ve 150 mm sulama suyu uygulanan konudan 6.93 t/ha, buğdayın kışlama, kardeşlenme ve kök uzaması dönemlerinde 3 sulama yapılan ve 225 mm sulama suyu uygulanan konudan 7.67 t/ha, buğdayın kışlama, kardeşlenme, kök uzaması ve çiçeklenme dönemlerinde 4 sulama yapılan ve 300 mm sulama suyu uygulanan konudan 7.98 t/ha ve susuz konudan ise 4.49 t/ha tane verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca nemli, normal ve kurak yıllarda yüksek su kullanım etkinliği (WUE) elde etmek için gereken minimum sulama suyu miktarlarını sırasıyla; 225, 150 ve 150 mm olarak belirlemişlerdir.

Tarı (2016) Konya koşullarında, toprağın faydalı su kapasitesini dikkate alarak, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde; %35, %65 ve %100 su uygulama seviyelerinin olduğu yirmi iki sulama programından oluşan bir arazi denemesi yürütmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma döneminde yapılan su kısıtı veriminde önemli düzeyde düşüslere neden olmuştur. Buna karşın, sapa kalkma döneminde %35'lik su kısıtı ile en yüksek bin dane ağırlığı ve protein oranı elde edilmiştir. Deneme sonucunda; buğdayın sezonluk su tüketimi 206 ile 571 mm arasında, tane verimi 288 ile 682 kg/da, bin tane ağırlığı 33.9 ile 52.2 g, su kullanım etkinliği (WUE) 1.02 ile 1.30 kg/m³, sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ise 0.51 ile 1.17 kg/m³ arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Alghory ve Yazar (2018) Akdeniz iklim koşullarında çeşitli sulama stratejileri ile buğdayın verim ve tane kalite özelliklerini inceledikleri çalışmada; geleneksel sulama, buğdayın çiçeklenme döneminde, tane doldurma döneminde ve çiçeklenme-tane doldurma dönemlerinde olmak üzere bitki su ihtiyacının %100, 75, 50, %25'lik dört sulama seviyesi ve yağışa bağlı olmak üzere farklı sulama stratejileri oluşturmuşlardır. Geleneksel tam sulama stratejisinde uygulanan sulama suyu miktarı, kök bölgesi nem açığının (90 cm'lik etkin kök bölgesi derinliğinde mevcut suyun %50'si tükendiğinde)

tarla kapasitesine tamamlanmasına, diğer sulama uygulamalarına ise tam sulama konusunun doğrusal olarak azalan oranlarını (0,75, 0,50 ve 0,25) uygulamışlardır. Tamamlayıcı sulama stratejilerinde ise buğdayın büyüme dönemlerinde (çiçeklenme, tane doldurma) 90 cm toprak derinliğindeki toprak suyu açığı tarla kapasitesine tamamlanmıştır. Denemenin iki yıl ortalama değerleri dikkate alındığında bitki su tüketimi (ET) değerleri 565 mm ile 383 mm arasında değişirken, konuların tane verimleri 7063 kg/ha ile 4107 kg/ha, bin tane ağırlıkları 52.2 g ile 38.5 g, protein oranı % 15.2 ile % 11.3, yaş glüten oranı % 37 ile % 24.7, sedimantasyon hacmi 48.8 mm/L ile 29 mm/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmada geleneksel tam sulama konusundan en yüksek tane verimi elde edilse de, % 4.45'lik verim düşüşüne karşın % 23.3'lük su tasarrufu sağlanan ve geleneksel tam sulama konusunun %75'inin sulama suyu olarak uygulandığı sulama konusu, kısıtlı su koşullarında en uygun konu olarak önerilmiştir.

Meena ve ark. (2019) su kaynaklarının tükendiği bölgelerde verimli su kullanımı için buğdayda sulama yönetimi stratejileri üzerine yürüttükleri çalışmalarında; salma sulama yöntemi kullanılarak, buğdayın; kök boğazı oluşumu, kardeşlenme başlangıcı, sapa kalkma, çiçeklenme ve süt olum dönemlerinde, tam sulama (her bir dönemde 60 mm sulama) konusu, %50 ve %25 kısıtlı sulama konularından oluşan üç yıllık deneme sonuçlarının ortalama verilerine göre; konulara verilen sulama suyu miktarları 150 mm ile 300 mm arasında değişirken, tane verimleri 5127 kg/ha ile 5372 kg/ha, su kullanım etkinliği (WUE) 1.84 kg/m³ ile 2.66 kg/m³, biyolojik verim 10.69 Ton/ha ile 12.48 Ton/ha, hasat indeksinin ise 0.43 ile 0.46 arasında değiştiğini, bu sonuçlara göre, buğdayın tüm büyüme aşamalarında 45 mm (toplam 225 mm) sulama suyu uygulamasının benimsenmesinin, hem sulama suyu kullanım verimliliğini herhangi bir verim kaybı olmadan artırabileceğini, hem de su kaynaklarının tükenmekte olduğu bölgelerde su tasarrufu mekanizması olarak kullanılabileceğini bildirilmişlerdir.

Memon ve ark. (2021) Sindh (Pakistan)'in yarı kurak ikliminde kısıtlı sulama stratejilerinin kışlık buğdaya etkisini araştırdıkları çalışma, kışlık buğdayın uygun kritik büyüme dönemlerinde uygulanan kısıtlı sulamanın etkisini kontrole uygulanan suyun %50'sini azaltarak değerlendirmek üzere yürütülmüş, sulama konuları; buğdayın altı büyüme döneminin (kök boğazı oluşumu, kardeşlenme, gebecik, başaklanma, süt olum ve tane olgunluk) her birinde 75 mm sulama suyu uygulanan (Ick₁₀₀) tam sulama konusu (450 mm), kök boğazı oluşumu başlangıç döneminde %50 eksik sulama (ICRS₅₀, 412.5 mm), kardeşlenme döneminde %50 eksik sulama (ITS₅₀), gebecik

döneminde %50 kısıntılı sulama (IBS₅₀), başaklanma döneminde %50 kısıntılı sulama (IHS₅₀), süt olum döneminde %50 kısıntılı sulama (IMS₅₀), tane olgunluk döneminde %50 kısıntılı sulama (IGMS₅₀) şeklinde planlanmıştır. Araştırmanın iki yıllık sonuçlarına göre; deneme konularının tane verimleri sırasıyla, 4513.25 kg/ha, 3897.35, 3745.80, 4300.75, 4206.15, 4270.80 ve 4442.90 kg/ha olarak gerçekleşirken, biyolojik verim; 11283.5 kg/ha, 9968.5, 9533.0, 10753.0, 10516.0, 10951.5 ve 11108.0 kg/ha ve su kullanım etkinliği (WUE); 1.01 kg/m³/ha, 0.96, 0.91, 1.05, 1.03, 1.05 ve 1.09 kg/m³/ha olarak tespit edilen çalışmada, buğdayın tane olgunluk döneminde %50 kısıntılı sulama uygulamanın, tam sulama konusuna neredeyse benzer tane verimi ve daha yüksek su kullanım etkinliği (WUE) elde edildiğini bildirmişlerdir.

Bazı araştırmacılar ise buharlaşma kabı kullanarak hesapladıkları sulama suyu ihtiyacını ve oranlarını uygulayarak farklı sulama programları oluşturmuşlardır.

Sezen ve Yazar (2006) Harran Ovası koşullarında 3 yetiştirme dönemini kapsayan bir araştırmada buğdayın su-verim ilişkilerini araştırmışlardır. Denemede iki farklı sulama programı ve her bir sulama programında 5 farklı sulama suyu düzeyinin verim ve verim unsurları üzerine etkileri tespit edilmiştir. Denemede bitkiler 7 günlük sulama aralığında gerçekleşen kap buharlaşması miktarı ve 14 günlük sulama aralığında 90 cm'lik bitki kök bölgesi derinliğinin mevcut nemini dikkate alarak farklı seviyelerde sulama (tam ve kısıntılı) yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, iki sulama aralığında verim ve bitki su tüketimi açısından önemli farklılıklar görülmemiştir. Bu bakımdan bölge koşullarında buğdayın sulanmasında, iki haftada bir Class A pandan iki haftalık yığışlımlı buharlaşma değerine eşdeğer suyun uygulanması önerilmiştir. Çalışmada en yüksek verimin tam sulama konusundan elde edildiği, bu konuya yıllara göre 300-393 mm arasında değişen sulama suyu uygulaması yapıldığı bildirilmiştir.

Liu ve ark. (2011) Pan (Model ADM7, Çin) buharlaşma kabı kullanarak hesapladıkları buğdayın su ihtiyacını, yağmurlama sulama ile uyguladıkları çalışmada; toprak nem içeriği 0-60 cm'lik toprak tabakasında belirgin bir şekilde değişirken, 80 cm'den derin olan toprak tabakasında çok az değişiklik gösterdiğini, pan katsayısı 0.50'den az olan uygulamalarda yaprak alan indeksi, biyokütle, bin tane ağırlığı ve tane veriminin su stresinden önemli ölçüde etkilendiğini, en yüksek tane veriminin pan katsayısı 0.625-0.75 aralığında sulama yapılan konulardan elde edildiğini, 3 yıllık denemede kışlık buğdayın mevsimsel Evapotranspirasyon (ET)'unun 207-499 mm aralığında olduğunu, pan katsayısı 0.75'den düşük olan sulama konularının su kullanım etkinliği (WUE)'nin arttığı veya sabit kaldığını, daha sonra sulama miktarının

artmasıyla azaldığını, en yüksek su kullanım etkinliği değerin pan katsayısı 0.50-0.75 aralığındaki sulama konularından elde edildiğini, sulama suyu kullanım etkinliğinin ise genellikle sulama miktarındaki artışla azaldığını tespit etmişlerdir.

Liu ve ark. (2013) Pan kabı (Ep, E601 tipi) buharlaşması ve yağış arasındaki farkın 1.5, 1.25, 1, 0.75 ve 0.5 katını sulama suyu olarak uygulamışlardır. Deneme sonuçlarının dört yıllık ortalama verilerine göre konulara uygulanan sulama suyu miktarları sırasıyla; 332 mm, 273, 292, 166 ve 107 mm, bitki su tüketimleri (ET) ise 503 mm, 453, 408, 364 ve 324 mm olarak belirlenmiştir. Denemede buğdayın su kullanım etkinliği (WUE) 1.33 kg/m^3 , 1.49, 1.61, 1.68 ve 1.82 kg/m^3 olarak tespit edilirken konuların tane verimleri; 6712 kg/ha, 6754, 8781, 6173 ve 5906 kg/ha olmuştur. Sonuçlar, 1.25 katsayılı uygulamanın dört mevsimden üçünde maksimum tane verimi verdiğini ve sulama miktarının artmasıyla genel olarak su kullanım etkinliğinin azaldığını göstermiştir. Optimize edilmiş sulama uygulaması, kışlık buğdayda maksimum verim için 1.25 katsayısı kullanılarak belirlenebileceği bildirilmiştir.

Yapılan çalışmalar arasında buğdayın bitki su tüketimi (ET), su kullanım etkinliği (WUE) ve su üretkenliği (WP) arasındaki ilişkileri irdeleyen, buğdayın Evapotranspirasyon (ET) bileşenlerini ve derine sızma kayıplarını (DP) da ortaya koyan çalışmalar yürütülmüştür.

Zhang ve ark. (2004) Kuzey Çin Ovası'nda toprak suyu açığının Evapotranspirasyon (ET), tane verimi ve su kullanım etkinliği (WUE) üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında buğdayın; dormansi döneminde toprağın mevcut nemini Tarla Kapasitesine tamamlama, sapa kalkma (%80 TK), başaklanma (%80 TK) ve tane dolumu döneminde (%80 TK) sulama konusu (A), dormansi döneminde (%100 TK), erken ilkbahar (%80 TK), başaklanma (%80 TK) ve tane dolumu döneminde (%80 TK) sulama konusu (B), dormansi döneminde (%100 TK), erken ilkbahar (%100 TK), sapa kalkma (%80 TK) ve başaklanma döneminde (%80 TK) sulama konusu (C), dormansi (%100 TK), erken ilkbahar (%100 TK), sapa kalkma (%100 TK), başaklanma (%100 TK), ve tane dolumu döneminde (%100 TK) sulama konusu (D) ve son olarak buğdayın dormansi döneminde (%100 TK) sulama konusu (E) olmak üzere 5 farklı sulama programı uygulanmıştır. Araştırma sonucunda; bitki su tüketiminin sulama miktarlarına bağlı olduğu, dolayısıyla tane verimini önemli ölçüde düşürmeden ET'yi bir miktar azaltmanın mümkün olduğunu ve kışlık buğday için optimum ET'nin yaklaşık 447 mm olduğu, buğdayın dormansi dönemi, erken ilkbahar, sapa kalkma,

başaklanma ve tane dolumu dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı sulama konusunda maksimum tane veriminin elde edildiğini bildirmiştir.

Sun ve ark. (2006) Kuzey Çin Ovası'nda yaptıkları bir çalışmada, sulamanın kışlık buğdayın, tane verimi ve su kullanım etkinliği (WUE) üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, buğdayın kış dormansi dönemi, kardeşlenme sonu, sapa kalkma, başaklanma ve tane dolum dönemlerinde veya dönem atlamalı olarak, toprağın mevcut nemini tarla kapasitesine veya %80'ine tamamlayacak miktarda sulama suyu uygulanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, maksimum buğday verimi için 300 mm sulama suyu uygulanan ve 426 mm'lik bir su tüketimi (ET) gerçekleşen araştırma konusu, en uygun sulama programı olarak bildirilmektedir. Ayrıca araştırmacılar artan ET ile kışlık buğdayın sulama gereksinimlerinin toprak buharlaşmasıyla birlikte arttığını ancak aşırı miktarda sulamanın tane verimini ve su kullanım etkinliği (WUE)'ni azaltabileceğini, aşırı sulamanın daha fazla verim veya optimum ekonomik fayda sağlamayabileceğini, bu nedenle uygun sulama programlarının oluşturulması gerektiğini bildirmişlerdir.

Qiu ve ark. (2008) farklı sulama programlarının kışlık buğdayın su kullanım etkinliği (WUE) ve Evapotranspirasyon (ET)'una etkisini araştırdıkları ve buğdayın; dormansi, sapa kalkma, başaklanma, çiçeklenme ve süt olum dönemlerinde olmak üzere farklı sulama programları oluşturdukları çalışmada; buğdayın sapa kalkma ve süt olum dönemlerinde maksimum su kullanım etkinliği (WUE) değeri elde edildiğini bildirmişlerdir.

Li ve ark. (2008) Kuzey Çin Ovası'ndaki kışlık buğdayın su tüketimi (ET) ve su üretkenliği (WP)'nin uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak tahmini çalışmasında; 83 ilçe için hesaplanan kışlık buğdayın ortalama ve maksimum bitki su tüketimleri (ET) sırasıyla; 424 mm ve 475 mm olduğu, bölge genelinde en yüksek su üretkenliği değerinin (WP)'in 1.67 kg/m^3 , en düşük su üretkenliği değerinin ise 0.5 kg/m^3 'ten daha düşük olduğunu, su üretkenliği (WP) ile verim arasında yakın bir doğrusal ilişki gözlemlediklerini, Ayrıca, bitki su tüketimi (ET)'nin devam eden artışının, su üretkenliğinde bir zirveye ve ardından düşüşe yol açtığını gözlemlediklerini, bunun da daha yüksek su tüketiminin mutlaka daha yüksek bir verime yol açmadığını gösterdiğini bildirmişlerdir.

Yu ve ark. (2009) yağmurlama sulama ile sulanan kışlık buğdayın Evaporasyon (Es) ve Evapotranspirasyon (ET)'nu inceledikleri çalışmada; 0-40 cm toprak derinliğinde nispeten büyük bir toprak su içeriği değişiminin meydana geldiğini, kışlık

buğdayın mevsimsel ET 'sinin genel olarak artan sulama miktarı, toprak suyunun mevsimsel kullanımı ile sulama miktarı arasında negatif bir ilişki olduğunu, Evaporasyon (Es)'nun çimlenme-çıkıştan olgunluğa kadar geçen süre boyunca kışlık buğday ET 'sinin yaklaşık %25'i olduğunu ve artan sulama suyu miktarı ile Es/ET oranı azalırken Evaporasyon (Es)'nun arttığını tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2010) Kuzey Çin Ovası'ndaki kışlık buğday çeşitlerinde su kullanım etkinliği (WUE)'nin araştırıldığı çalışmada, tüm çeşitler için tane verimi ile su kullanım etkinliği arasında pozitif bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Kheir ve ark. (2021) kısıntılı sulamaya dayalı Evapotransprasyon (ET) modellemesi ile kurak bölgelerde buğday verimini ve su üretkenliğini optimize etmek üzere yürüttükleri çalışmada; tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme deseninde ana konuları ekim tarihleri (erken ekim-1 Kasım, önerilen-15 Kasım ve geç ekim-30 Kasım) alt konuları ise toprağın faydalı su kapasitesinin %50'si tüketildiğinde %80, %100 ve %120 ETc olarak oluşturulan çalışmanın üç üretim sezonu sonuçları ile DSSAT'ın (sürüm v. 4.7.5) üç Buğday modeli (Ceres, Cropsim ve N-Wheat) kalibre edilmiş ve modeller daha sonra Nil deltasını temsil eden 10 lokasyon için buğday tane verimi (GY), biyokütle verimi (BY), sulama suyu, Evapotransprasyon (ET), su kullanım etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE)'ni tahmin etmek için kullanılmıştır. Uzun vadeli (1991–2020) simülasyonda, ETc'den %50, %60, %70, %80, %90 ve %100'lük farklı sulama programları uygulanmış ve sonuçlar; %90 ETc'ye dayalı kısıntılı sulamanın tüm lokasyonlarda en yüksek tane verimi ve su üretkenliği (WP) değerine ulaşıldığını göstermiştir. Tüm lokasyonlardaki çiftçi uygulamalarıyla karşılaştırıldığında, simüle edilmiş sulamaya dayalı %90 ETc, tane verimini ve su üretkenliğini (WP) sırasıyla %1,7 ve % 63 oranında artırdığını, bu da kurak bölgelerde buğday verimini ve su üretkenliğini en üst düzeye çıkarmada %90 ETc'ye dayalı sulama planlamasının önemini doğruladığını bildirmişlerdir.

Er-Raki ve ark. (2021) Fas'ın yarı kurak bölgesinde farklı su yönetimleri altında sulanan kışlık buğdayın su dengesi bileşenlerini değerlendirmek üzere HYDRUS-1D modelini kullandıkları araştırmanın temel amacı, farklı derinliklerde toprak nemini (θ), gerçek bitki su tüketimini (ETa) ve bileşenlerini (Transprasyon, Ta ve Evaporasyon, Ea) tahmin etmek için HYDRUS-1D sayısal modelinin potansiyelini değerlendirmek olan araştırmada, derine sızma kayıplarının (DP) HYDRUS-1D simülasyonları, iki büyüme mevsimi boyunca günlük olarak, damla ve salma sulama yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş, beklendiği gibi simülasyon sonuçları, salma sulama için mevsimsel

derine sızma kaybının (yaklaşık 347 mm), damla sulamadan (93 mm) daha fazla olduğunu, bunun su kaynağının (sulama ve yağış) yaklaşık %56 ve %20'sini temsil ettiğini, ayrıca, derine sızma simülasyonları ile damla sulama arazisinde yapılan iki derinlikteki (30 ve 90 cm) ölçümlerin karşılaştırıldığını ve 90 cm derinlikte ölçülen derine sızmanın neredeyse sıfıra yakın olduğunu, bu da sulama suyunun derinlere sızmadığını gösterdiğini, bunun ağır toprak yapısı (kil) ile ilgili olabileceğini, diğer derinlik (30 cm) için ise ıslanma sırasında hem ölçülen hem de simüle edilen derine sızmanın dikkat çekici olduğunu bildirmişlerdir.

Yürütülen bazı çalışmalarda uzun yıllar yağış verileri değerlendirilerek kategorize edilmiş ve yağış rejimleri dikkate alınarak sulama programları oluşturulmuştur.

Dong ve ark. (2011) farklı su rejimleri altında iki farklı kışlık buğday çeşidinin tane verimi ve su kullanım etkinliğini araştırdıkları çalışmada; iki çeşidin de toplam su kullanımı (TWU)'nın sulama ile arttığını, artışın kuru yılda, normal veya nemli yıllara göre daha belirgin olduğunu, bununla birlikte iki çeşidin toplam su kullanımı (TWU)'nda önemli bir farkın olmadığını, sulamanın her iki buğday çeşidinin de tane verimini önemli ölçüde artırdığını, tane verim tepkisinin en yüksek kuru yılda olduğunu, bunu normal ve yağışlı yılların izlediğini, sulama programlarının belirli bir yıldaki yağış miktarına uyarlanması gerektiğini, kuru bir yılda buğday tane verimi ve su kullanım etkinliği (WUE)'nin sulama ile önemli ölçüde arttığını ve buğdayın, kardeşlenme-sapa kalkma, çiçeklenme-olgunlaşma dönemlerinde iki kez sulama yapılması gerektiğini, normal bir yılda ise daha yüksek verim ve en yüksek su kullanım etkinliği değeri elde etmek için buğdayın kardeşlenme-sapa kalkma döneminde bir kez sulamanın yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

Zhao ve ark. (2020b) Kuzey Çin Ovası'nda yıllık yağış değişkenliğinde kışlık buğdayın verimini ve su verimliliğini iyileştirmek için sulama stratejileri optimizasyonu çalışmasında; yıllık yağış değişkenliğinin kışlık buğdayın su ihtiyacını etkilediğini ve kardeşlenme-sapa kalkma aşamasından sapa kalkma-çiçeklenme aşamasına geçerek su tüketim yoğunluğu eğilimine katkıda bulunduğunu, suyun buğday verimini etkileyen en sınırlayıcı faktör olduğunu ve su açığının farklı seviyelerinde verim üzerinde farklı etkilerinin olduğunu, yağışa bağlı koşullar altında potansiyel buğday veriminin çok yıllık ortalamasının 2.82 T/ha olduğunu ve verim potansiyelinin su eksikliği olan sulama koşullarında 7.79 T/ha'a ulaşabileceğini, buğdayda iki sulama yapıldığında, herhangi bir yağış koşulunda tam sulama ile karşılaştırılabilir bir verim elde

edilebileceğini, ayrıca, yağışlı geçen yıllarda, buğdayın çiçeklenme döneminde bir kez sulamanın, 6,95 T/ha tane verimi, 1,1,49 kg/m³ su üretkenliği (WP)'ne ve 1,73 kg/m³ sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerine ulaşabileceğini, normal yağış alan yıllarda, buğdayın sapa kalkma ve çiçeklenme dönemlerindeki iki sulamanın, optimum buğday verimi ve su üretkenliği değeri elde edilebileceğini, kurak geçen yıllarda ise buğday verimi ve su üretkenliği açısından kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde iki sulama uygulamasının en iyi sonucu verdiğini, özetle, yıllık yağış değişkenliği altında istikrarlı buğday üretimi ve suyun korunmasını sürdürmek için yağış kategorisi yıllarına göre bir sulama stratejisi optimizasyonunun benimsenmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Davarpanah ve Ahmadi (2021) iklim değişikliği ve su dağıtım sistemlerine karşılık olarak su yönetimi senaryolarının, kışlık buğday verimi ve su kullanım göstergeleri üzerindeki etkilerinin modellenmesi çalışmasında; AquaCrop modeli kullanılarak İran'ın güneybatısındaki ılıman ve yarı kurak bir bölgede kışlık buğdayın gözlemlenen tane verimine dayalı olarak program kalibre edilmiştir. Model, rotasyonlu ve isteğe bağlı sulama planlaması, tam sulamaya kıyasla suda %70'e varan azalma, su stresinden yoksun sulama senaryoları, kurak, normal ve yağışlı koşullar dahil olmak üzere farklı iklim koşulları altında çalıştırılmıştır. Sonuç olarak buğdayın su stresine duyarlılığı göz önüne alındığında, hemen hemen her koşulda buğdayın sapa kalkma döneminde yapılan sulamanın en kritik sulama olduğunu bildirmişlerdir.

Zeng ve ark. (2021) Kuzey Çin Ovası'nda yağış ve sulamanın kışlık buğday verimi ve su üretkenliğine (WP) etkilerinin değerlendirilmesi çalışmasında; farklı sulama programları (yağışa bağlı, kısıntılı sulama, tam sulama ve otomatik sulama) ve üç yağış kategorisi (yağışlı, normal ve kuru yıllar) altında tane verimi, su üretkenliği (WP) ve sulama suyu üretkenliğini (IWP) simüle etmek için CERES-Buğday modelini kullanmışlardır. Sonuçlar, yağış miktarının lokasyon ve yıl bazında önemli ölçüde dalgalandığını ve bunun da önemli ölçüde çeşitli sulama suyu gereksinimlerine yol açtığını göstermiştir. Yağışlı yılda buğdayın kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde kısıntılı iki sulama, su stresini azaltarak; biyokütle, verim, su üretkenliği ve sulama suyu üretkenliğinin artmasına önemli katkıda bulunmuştur. Ancak, sulama miktarı %50 azaltıldığında, Fengqiu ve Shangqiu lokasyonlarında su üretkenliğinde önemli bir artış sağlanırken, verimde fark önemsiz bulunmuştur. İki sulama uygulaması ile normal ve kurak yıllarda (aşırı kurak koşullar hariç) yüksek su üretkenliği ve sulama suyu üretkenliği elde edilirken, biyokütle ve buğday verimi iyileştirmiştir. Bulgular ayrıca,

büyüme mevsimi yağış dağılımının sulama zamanı üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Üretim sezonu başında yağış düşükse, çiçeklenme öncesi su ihtiyacının sağlanması için sulamanın daha erken bir zamana kaydırılmasının, su üretkenliğinin artırılması ve daha yüksek verim hedefine eşzamanlı olarak ulaşılmasını sağlayacağı, sonuç olarak, sulama stratejilerinin çeşitli yağış koşullarına göre optimize edilmesinin, buğday üretimi ve su tasarrufu için umut verici ve etkili bir uygulama olacağını bildirmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

Araştırma, Tarım ve Orman Bakanlığı, Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü merkez deneme arazisinde yürütülmüştür. Çalışma, deneme arazisi üzerinde 50 m × 80 m boyutlarında 4 dekarlık bir alan üzerine kurulu parsellerde yapılmıştır (Şekil 3.1). Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Konya İl sınırları içerisinde olup Konya – Karaman yolu üzerinde, il merkezine 9 km mesafede bulunmaktadır. İç Anadolu Bölgesinde yer alan Konya ili 36° 41' ve 39° 16' kuzey enlemleri ve 31° 14' ve 34° 26' doğu boylamları arasında yer almakta olup ortalama yükselti 1016 m'dir (Anonim, 2021a).



Şekil 3. 1. Deneme alanından bir görünüş

3.1.2. İklim özellikleri

Araştırma arazisinin bulunduğu Konya Ovası kurak-yarı kurak karasal iklim özelliklerine sahiptir. Konya Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü'nden alınan uzun yıllar (1985-2020) ortalamalarına göre; yıllık ortalama sıcaklık 11.8 °C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay -0.3°C ile Ocak ayı, en sıcak ay ise 24 °C ile Temmuz ayıdır. Yıllık ortalama toplam buharlaşma 1352.5 mm, ortalama toplam yağış miktarı ise 325.6 mm olup yağışların %25.9'u sonbahar, %31.3'ü kış, %30.9'u ilkbahar ve %11.9'u yaz mevsiminde düşmektedir. Ortalama nispi nem %59.5 olup, nispi nem miktarları %40.1 ile %79.8 arasında değişmektedir. En düşük nispi nem Temmuz ve Ağustos aylarında, en yüksek nispi nem ise Aralık ayında gerçekleşmektedir. Araştırmanın yapıldığı arazide bulunan meteoroloji istasyonundan alınan 2018, 2019 ve 2020 yıllarının bazı meteorolojik verileri ile Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğünden alınan uzun yıllar (1985-2020)'a ait bazı meteorolojik veriler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

3.1.3. Tarımsal Yapı

Araştırmanın yapıldığı Konya İli 4.083.800 ha yüzölçümü ile ülkemizin en geniş arazi varlığına sahip ilidir. Bu arazinin 1.859.079 hektarında tarım yapılmakta olup, bu alan Türkiye'nin tarım yapılabilir arazi varlığının yaklaşık %8'ini oluşturmaktadır (Anonim, 2021b). Topoğrafik açıdan; doğu-kuzey ve batı bölgelerinde düz ve büyük ovalar yer alırken güney bölgesinde engebeli araziler bulunmaktadır. İlçelerin konumlarına göre deniz seviyesinden yüksekliği, 850 ile 1500 m arasında değişmektedir (Anonim, 2021c). Geniş alanlar ve rakımdaki farklılıklar, İlde farklı ekolojik yapıların oluşmasına sebep olmuştur. Bu farklılıklar neticesinde yıllık yağış miktarı 280-760 mm arasında değişmektedir (MBM, 2021). Konya bölgesinde kışlık buğday için tahmin edilen mevsimlik su tüketimi 502 mm ile 587 mm arasında değişirken (Anonim, 2017), gerçekleşen yağışların; uzun yıllar (1985-2020) ortalamasının 326 mm civarında olması (MBM, 2021) ve yıl içindeki dağılımının düzensiz olması buğday tarımında yüksek verim için sulamayı gerekli kılmaktadır.

Çizelge 3. 1. Araştırma alanının uzun yıllar ve deneme yıllarına ait aylık bazı meteorolojik veriler

Yıllar	Meteorolojik Verileri	Aylar												Yıllık Ortalama/Toplam
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1985-2020*	Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.3	1.2	5.8	11.1	15.7	20.4	24.0	23.9	19.3	13.1	6.0	1.5	11.8
	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.6	6.8	12.2	17.8	22.6	27.3	30.8	30.8	26.8	20.2	12.6	6.4	18.2
	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.0	-3.4	0.1	4.6	8.9	13.5	17.0	17.0	12.0	6.6	0.6	-2.3	5.9
	Toplam Yağış (mm)	34.6	23.5	27.3	33.6	39.6	25.9	7.2	5.9	15.3	30.7	38.5	43.6	325.7
	Toplam Buharlaşma (mm)	-	-	-	94.7	166.3	225.3	286.9	266.7	186.1	107.6	19.0	-	1352.5
	Ortalama Nispi Nem (%)	79.1	73.1	63.6	58.4	56.4	48.0	40.1	40.1	45.0	58.7	71.1	79.8	59.5
	Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)	2.0	2.3	2.7	2.7	2.5	2.9	3.2	3.0	2.5	2.1	1.9	1.9	2.5
2018**	Ortalama Sıcaklık (°C)	1.3	5.8	9.9	13.5	16.9	20.7	24.5	27.3	19.3	12.9	7	3.1	13.5
	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.9	18.8	24.8	27	28.8	32.9	34.4	34.1	33.3	25.4	19.9	13.5	25.5
	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-10.3	-7.5	-3.1	-1.4	5.3	9.3	13.1	11.2	5.4	-2.2	-4.6	-10.9	0.4
	Toplam Yağış (mm)	33.8	8.6	25.2	7.6	54.8	56	4.8	1.8	7.4	29.8	22.6	53.8	306.2
	Toplam Buharlaşma (mm)	-	-	-	124.7	144.4	191.7	261	238.1	160.5	88.4	-	-	1208.8
	Ortalama Nispi Nem (%)	86.6	76.4	64.1	55.85	66.2	59	47.6	45.3	52.2	70.3	76.1	86.4	65.5
	Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)	0.9	0.8	1.1	0.9	0.7	0.8	1.3	1.0	0.5	0.3	0.3	0.5	0.8
2019**	Ortalama Sıcaklık (°C)	0.5	4.1	6.4	11	18.5	21.2	22.4	22.7	18.5	15.1	7.9	2.9	12.6
	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.5	14.4	20.1	24.1	34.1	33	34.9	34.8	31.6	28.4	21.9	13.1	25.1
	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-16.8	-4	-6.4	-0.4	2.9	8.2	10.1	10.9	2.3	2.4	-3.2	-3.9	0.2
	Toplam Yağış (mm)	56.6	22	14.4	27.3	13.2	30.4	6.2	7.8	9.6	14	39.6	89.2	330.3
	Toplam Buharlaşma (mm)	-	-	-	79.9	151.9	190.4	219.9	216.6	164.4	109.5	3.6	-	1136.2
	Ortalama Nispi Nem (%)	86.3	72.5	60.1	64.8	50.1	58.5	49.9	51.8	56.7	62.8	78.6	88.6	65.1
	Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)	0.9	1.2	1.3	0.7	1.6	1.8	1.9	1.9	1.3	1.1	0.7	1.3	1.3
2020**	Ortalama Sıcaklık (°C)	0.6	3.3	7.4	11	16.1	20.3	25.1	22.8	21.5	16.1	5.6	4.7	12.9
	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.8	18.8	21	24.3	33.8	33.2	35.8	35.5	37.3	30.7	17.5	14.4	26.1
	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-9.8	-10.3	-6.1	-0.7	2.9	7	13.2	9.4	9.7	4.6	-6.7	-6.5	0.6
	Toplam Yağış (mm)	53	30.4	19.8	13.6	17	19.4	0	19.2	7.8	8.8	16.6	11.4	217.0
	Toplam Buharlaşma (mm)	-	-	-	76.7	170.1	193.7	281.3	257.1	192.8	123.5	24.7	-	1319.9
	Ortalama Nispi Nem (%)	81.6	75.8	71.6	64.8	57.5	54.2	44.4	45.5	54.4	59.8	76.7	82.4	64.1
	Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)	1.8	2.1	2	1.9	1.7	1.7	1.9	1.6	1.3	0.9	1.2	0.8	1.6

*: (MBM, 2021), **: (TSCMAE, 2020)

Konya İlinde halen 590.765 hektar arazi sulanmakta olup bu alan toplam kültür arazisinin yaklaşık %32'sini oluşturmaktadır. Sulanan arazinin 377.470 hektarı devlet sulaması, 213.295 hektarı ise halk sulaması şeklindedir (DSİ, 2021b). Konya İl'indeki tarım arazilerinin mevcut kullanım durumuna göre dağılımı Çizelge 3.2'de, 2020 yılında ekimi yapılan önemli tarla bitkilerinin ekiliş miktarları ve hasat edilen ürün miktarları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3. 2. Konya İli tarım arazilerinin kullanım durumu (TÜİK, 2021)

Kullanım Şekli	Alan (ha)	%
Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler	Ekilen Alan	1.473.258
	Nadas Alan	331.608
	Sebze	30.881
	Meyve	47.698
	Süs Bitkileri	84
	Çayır Mera	812.414
	Toplam Tarım Alanı	2.695.943
		100

Çizelge 3. 3. Konya İlinde 2020 yılında tarımı yapılan önemli tarla ürünlerinin ekiliş alanları ve üretim değerleri (TÜİK, 2021)

Ürün adı	Ekilen Alan (ha)	Üretim (ton)
Buğday (Ekmeklik)	423.402	1.301.497
Buğday (Makarnalık)	196.858	619.203
Arpa (Diğer)	315.443	1.027.276
Arpa (Maltlık)	69.938	239.086
Şekerpancarı	91.475	7.228.473
Mısır (Dane)	103.399	1.070.626
Mısır (Silaj)	41.709	2.570.984
Ayçiçeği (Yağlık)	66.805	278.546
Ayçiçeği (Çerezlik)	4.070	11.572
Patates	15.180	638.171
Nohut	36.672	50.112
Fasulye (Kuru)	18.590	62.408
Çavdar	8.114	24.853
Yulaf	8.907	21.602
Yonca (Yeşil Ot)	35.991	1.774.504
Fiğ (Yeşil Ot)	16.240	285.073

Çizelge 3.2’den görüleceği gibi ekilen arazi 1.473.258 ha olup toplam tarım alanının %54.6’sını oluşturmaktadır. Ekilen arazilerin ardından en büyük payı 812.414 ha ve %30.1 oranı ile çayır mera alanlar almakta olup bunu 331.608 ha ve %12.3 oranı ile nadas alanları izlemektedir. Çizelge 3.3’te görüldüğü gibi bölgede bitkisel üretimde en önemli tarla bitkileri; buğday, arpa, dane mısır, yağlık ayçiçeği ve şeker pancarıdır.

3.1.4. Su kaynakları potansiyeli

Konya Ovasının (Konya, Niğde, Aksaray ve Karaman) kullanılabilir su potansiyeli; 2.404 milyar m³/yıl yer altı ve 1.630 milyar m³/yıl yerüstü olmak üzere toplam 4.034 milyar m³/yıl’dır. Sulanabilir arazi varlığı 1.2 milyon hektar olup bunun 937.456 hektarı sulanmaktadır. Sulanan arazinin 580.986 hektarı devlet sulaması, 356.470 hektarı halk sulaması şeklindedir (DSİ, 2021b).

Konya Ovasında su kaynakları kısıtlı, buna karşılık toprak kaynakları oldukça geniştir. Bu arazilerin sulanabilmesi için DSİ tarafından kısa adı KOP olan Konya Ovası Projeleri yürütülmektedir. KOP’un toplam su potansiyeli 8.353 milyar m³/yıl olup bunun kullanılabilir miktarı 4.034 milyar m³/yıl’dır. KOP, 14 adet sulama projesi, 3 adet içme suyu projesi, 1 adet enerji projesi olmak üzere toplam 18 adet büyük proje demetidir. Bu projeler tamamlandığında bölgede yaşayan 3 milyon kişinin içme-kullanma ve sanayi suyu ihtiyacı karşılanırken 1.2 milyon hektar tarım arazisi sulanacak ve 3 milyar kWh/yıl enerji üretilcektir (DSİ, 2021b).

3.1.5. Toprak özellikleri

Ova, jeolojik devirlere ait formasyonların ayrışmasıyla teşekkül etmiş bir birikme alanıdır. Bu birikme alanındaki allüviyal materyalin büyük bir kısmı 4. zamana aittir. Genç bir yapıya sahip olan allüviyal toprakların horizonları yoktur ve derin topraklardır. Ova toprakları genellikle ağır bünyeli olup, orta ve hafif bünyeye sahip topraklar da mevcuttur (Ertaş, 1979). Ova toprakları genellikle orta ve yüksek infiltrasyon hızına sahiptir (Ertaş, 1979; Topak, 1996).

Araştırmanın yürütüldüğü, Konya’ya 9 km uzaklıktaki Karaaslan mevkiinde bulunan Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü arazisinin toprakları allüviyal büyük toprak grubundadır. Derin toprakların kireç yüzdesi yüksek,

organik maddece fakirdir. İkinci sınıf tarım arazisi, eğim % 0-1 arasında, taban suyu sorunu yoktur (Ertaş, 1984).

3.1.6. Su kaynağı ve sulama sistemi

Tarım ve Orman Bakanlığı, Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü merkez arazisinin sulanmasında 1 adet derin kuyu kullanılmaktadır. Kuyudan su dalgıç pompa ile alınmakta, yer altı boru sistemi ile parsel başlarına ulaştırılmaktadır. Parsel başında bulunan hidrattan alınan sulama suyu deneme parsellerine kurulan sulama sistemine verilmiştir.

Denemede damla sulama sistemi kullanılmıştır. Damla sulama sistemi; ana boru hattı, basınç ölçer, yan ana boru, yan boru, su sayacı, lateral hat ve mini vanalardan oluşturulmuştur. Kullanılan ana boru ve yan ana boru çapı 63 mm, yan boru çapı 32 mm olarak planlanmıştır. Sistemde çapı 16 mm, damlatıcı aralığı 30 cm ve 1 atm işletme basıncındaki damlatıcı debisi 2 lt/h olan lateral borular kullanılmıştır. Her parselde 7 adet lateral boru hattı kullanılmıştır. Bu lateraller bir yan boruya bağlanmış, yan borular da her bloğa uzanan yan ana boru hattına bağlanmıştır. Bu yan ana borular bir ana boruya bağlanmak suretiyle sistem kurulmuştur. Yan boruların yan ana borudan ayrıldığı yerlere su sayacı bağlanmış, parsellere verilen su bu su sayaçlarından ölçülerek parsellere verilmiştir.

3.1.7. Kullanılan buğday çeşidinin özellikleri

Araştırmada, Konya 2002 (*Triticum aestivum* L.) ekmeklik buğday çeşidi deneme materyali olarak kullanılmıştır. Konya 2002; beyaz başaklı, uzun kılçıklı, kırmızı orta sert taneli, 90–100 cm boyunda, sağlam saplı, orta geniş yapraklı bir çeşittir. Kışlık olan çeşidin soğuğa ve yatmaya dayanıklılığı iyidir. Ortalama verimi 400-800 kg/da arasında değişmektedir. Protein oranı %12–14, bin dane ağırlığı 40–49 g, hektolitre ağırlığı 78–82 kg olup ekmeklik kalitesi iyidir. Ayrıca; pas hastalıklarına, rastığa, sürmeye ve kök çürüklüğüne orta derecede dayanıklıdır. Orta Anadolu ve geçit bölgelerinde sulu alanlar için tavsiye edilmektedir (Ayrancı, 2012).

3.2. Yöntem

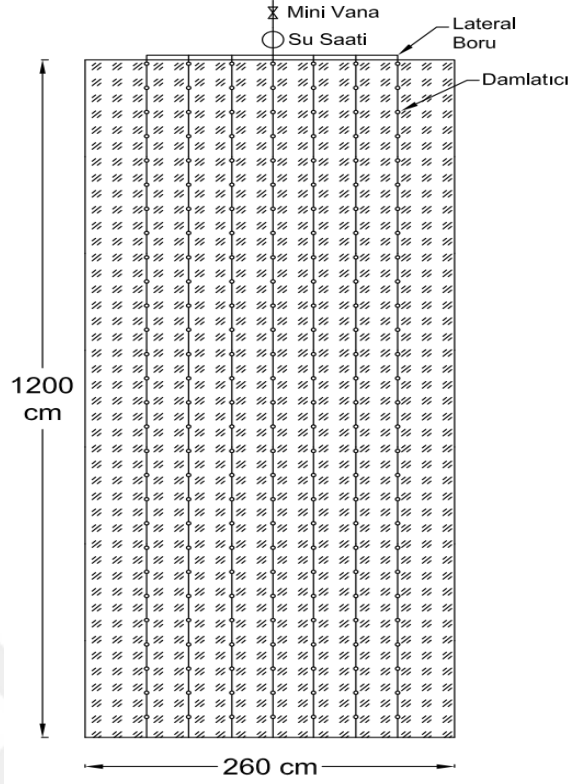
3.2.1. Araştırma konuları ve deneme deseni

Araştırma Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede geleneksel tam sulama, tamamlayıcı sulama ve sulamasız (yağışa dayalı) olmak üzere üç farklı strateji altında farklı sulama programları planlanmıştır. Bu kapsamda toplam 14 araştırma konusu oluşturulmuştur. Geleneksel tam sulamada toprak nemi baz alınarak, bitki etkili kök bölgesi Faydalı Su Kapasitesi (FSK)'nin %60'ı tüketilince sulamalar yinelenmiş ve sulama ile mevcut nem tarla kapasitesine ulaştırılmıştır. Tamamlayıcı sulama grubunda ise, buğdayın su stresine en hassas olduğu; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemleri dikkate alınarak sulama yapılması planlanmıştır. Bu kapsamda, iki farklı planlama yapılmıştır. Birincisinde, söz konusu bu gelişme dönemlerinde toprak nemine bağlı dönemsel tam sulama yapılmış ve bu kapsamda 3 farklı tamamlayıcı sulama programı oluşturulmuştur. İkincisinde ise, buğdayın mevsimlik bitki su tüketimi (ET_c) ile buğdayın yetiştirme dönemine ait (Ekim-Temmuz arası) uzun yıllar (1986-2016) ortalaması yağış miktarı (Çizelge 3.6), ortalama üstü yağış alan yıllar ortalaması (Çizelge 3.7) ve ortalama altı yağış alan yıllar ortalaması yağış değerleri (Çizelge 3.8) farkı dikkate alınarak üç farklı mevsimlik sulama suyu ihtiyacı tahmin edilmiştir. Tahmin edilen sulama suyu ihtiyaç değerleri hassas gelişme dönem sayısına (3 adet) bölünerek, her dönem için eşit miktarda sulama suyu ihtiyaçları kestirilmiştir. Bu kapsamda 9 adet tamamlayıcı sulama programı oluşturulmuştur. 1986-2016 dönemini kapsayan 31 yılın 15 yılında yağış miktarı uzun yıllar (1986-2016) ortalamasının (291.8 mm) üzerinde gerçekleşirken, 16 yılda ise ortalama altında yağış gerçekleşmiştir (MBM, 2017). Araştırma konuları Çizelge 3.4'de, deneme deseni Şekil 3.2'de ve deneme parseli ayrıntısı Şekil 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3. 4. Araştırma konuları

Konular	Sulama Zamanı/ Miktarı (mm)			Sulama Sayısı	Toplam Sulama Suyu Miktarı (mm)
Geleneksel Tam Sulama	S ₁	*FSK'nın %60'ı Tüketildiğinde Sulama			-
Tamamlayıcı Sulama Konuları		Sapa Kalkma	Başaklanma	Süt Olum	
	S ₂	**TK	TK	TK	3
	S ₃	TK	TK	-	2
	S ₄	TK	-	-	1
	S ₅	50	50	50	3
	S ₆	50	50	-	2
	S ₇	50	-	-	1
	S ₈	70	70	70	3
	S ₉	70	70	-	2
	S ₁₀	70	-	-	1
	S ₁₁	90	90	90	3
	S ₁₂	90	90	-	2
	S ₁₃	90	-	-	1
Sulamasız	S ₁₄	Yağışa Bağlı			-

*: FSK: Faydalı Su Kapasitesi, **: TK: Tarla Kapasitesi



Şekil 3. 3. Deneme parseli ayrıntısı

Denemenin S_1 konusu tam su konusu olup buğdayın ekiminden süt olum dönemine kadar (Vernalizasyon dönemi hariç) toprağın FSK'nin %60'ı tüketildiğinde sulamalar yenilenmiş ve toprak mevcut nemi tarla kapasitesine tamamlanmıştır. Denemede S_2 , S_3 ve S_4 konuları toprak nemine dayalı tamamlayıcı sulama konularıdır. S_2 konusunda buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde, S_3 konusunda sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde ve S_4 konusunda ise sapa kalkma döneminde toprağın mevcut nemi tarla kapasitesine tamamlanmıştır.

Denemenin S_5 , S_6 ve S_7 konularında (Anonim, 2017)'den alınan kışlık buğdayın sezonluk bitki su tüketimi ($ET_c=506$ mm) değerinden, kışlık buğday yetiştirme dönemini kapsayan uzun yıllar (1986-2016 dönemi) yağış ortalamasının (291.8 mm) üzerinde yağış alan yılların yağış ortalaması (356.5 mm) düşülerek hesaplanan toplam sulama suyu ihtiyacı ($506-356.5=150$ mm) gelişme dönem sayısı olan üçe bölünmüş ($150\text{mm}/3=50$ mm) ve dönem başına düşen sulama suyu miktarı (50 mm) belirlenmiştir. Bu grupta S_5 konusuna, sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde, S_6 konusunda sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde ve S_7 konusunda ise sadece sapa kalkma döneminde sulama uygulanmıştır. Denemenin S_8 , S_9 ve S_{10} konularında ise

mevsimlik su tüketiminden (506 mm), uzun yıllar yağış ortalaması miktarı (291.8 mm) düşülerek dönem başına düşen sulama suyu miktarı belirlenmiştir ($506-292/3=70$ mm). Belirlenen sulama suyu miktarı; S₈ konusunda buğdayın, sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde, S₉ konusunda sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde ve S₁₀ konusunda ise sadece sapa kalkma döneminde uygulanmıştır.

Denemenin S₁₁, S₁₂ ve S₁₃ konularında ise uzun yıllar yağış ortalamasının altında yağış düşen yılların yağış ortalaması (231 mm) düşülerek, dönem başına düşen sulama suyu miktarı 90 mm ($506-231/3=90$ mm) belirlenmiştir. Bu grup için belirlenen sulama suyu miktarı; S₁₁ konusunda buğdayın, sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde, S₁₂ konusunda sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde ve S₁₃ konusunda ise sadece sapa kalkma döneminde uygulanmıştır.

Denemede S₁₄ konusunda ise sulama yapılmamış, buğdayın yağışa bağlı verim ve kalite değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 3. 5. Buğdayın aylara göre bitki su tüketimi değerleri (mm) (Anonim, 2017)

Aylar	10	11	12	1	2	3	4	5	6	Toplam
ETc	20	17	13	17	30	66	106	147	90	506

Çizelge 3. 6. Uzun yıllar yağış ortalaması (mm) (MBM, 2017)

Yıllar	Aylar									
	1	2	3	4	5	6	10	11	12	Toplam
1986	33.1	30.0	12.1	39.9	83.3	20.8	0.0	60.5	48.6	328.3
1987	63.9	30.4	68.6	23.9	10.8	30.6	30.7	58.1	48.1	365.1
1988	4.3	34.7	26.7	75.6	56.1	18.1	49.5	65.1	11.8	341.9
1989	19.6	0.7	14.2	4.6	32.1	7.8	37.2	70.8	14.3	201.3
1990	9.2	24.9	3.0	17.1	41.4	8.0	27.3	22.5	51.7	205.1
1991	45.2	26.8	32.0	93.4	36.9	7.6	19.3	30.1	52.1	343.4
1992	6.9	23.3	7.7	16.9	47.2	37.0	2.8	12.4	32.8	187.0
1993	26.6	9.5	9.0	25.0	50.1	10.5	9.5	56.2	5.2	201.6
1994	43.0	15.9	33.6	35.2	35.5	7.1	38.0	39.8	39.0	287.1
1995	34.5	13.3	28.5	43.9	30.0	45.6	40.3	124.0	15.3	375.4
1996	28.6	16.4	88.4	48.1	26.7	3.7	44.8	0.0	75.1	331.8
1997	27.2	17.2	14.4	26.5	41.1	98.9	93.5	16.5	22.9	358.2
1998	8.7	17.6	37.5	27.6	59.4	17.5	47.7	19.6	114.2	349.8
1999	20.9	19.7	22.1	9.3	15.3	19.9	19.8	0.5	5.3	132.8
2000	30.1	15.2	11.2	38.7	56.2	17.6	32.3	26.2	22.1	249.6
2001	1.0	10.6	3.7	14.1	66.0	0.7	1.9	50.1	118.4	266.5
2002	27.8	12.9	24.2	70.0	22.9	15.3	24.6	15.3	48.0	261.0
2003	17.6	47.5	24.6	50.2	30.9	2.3	9.5	9.8	108.6	301.0
2004	34.1	31.1	3.1	40.6	17.2	56.9	0.0	51.3	2.8	237.1
2005	29.5	12.9	13.8	31.8	12.5	3.5	34.7	68.8	9.8	217.3
2006	21.2	23.8	18.4	53.4	17.9	9.9	66.1	51.9	0.1	262.7
2007	20.9	19.3	15.4	16.1	16.3	15.9	25.5	68.0	53.8	251.2
2008	23.0	21.2	38.1	20.5	23.4	7.5	20.6	22.8	59.3	236.4
2009	60.1	44.8	24.4	45.7	55.8	2.7	12.7	56.7	74.6	377.5
2010	44.2	28.1	12.6	41.4	18.8	39.8	75.2	2.8	85.2	348.1
2011	46.5	52.2	35.4	67.1	64.0	62.6	45.0	8.7	23.5	405.0
2012	86.1	39.5	15.1	10.2	56.8	19.8	31.5	39.1	60.8	358.9
2013	33.7	31.9	16.6	41.6	54.8	8.8	11.6	18.4	15.6	233.0
2014	100.9	22.1	32.2	15.5	38.3	41.2	84.2	54.9	35.2	424.5
2015	44.6	46.9	61.3	15.3	61.2	68.2	38.9	2.0	0.8	339.2
2016	36.0	4.4	34.2	6.1	58.3	17.3	0.4	17.2	93.8	267.7
Ortalama	39.2	28.1	23.3	33.7	38.4	23.3	30.2	33.6	49.4	291.8

Çizelge 3. 7. Uzun yıllar yağış ortalamasının üstündeki yıllık yağışlar (mm) (MBM, 2017)

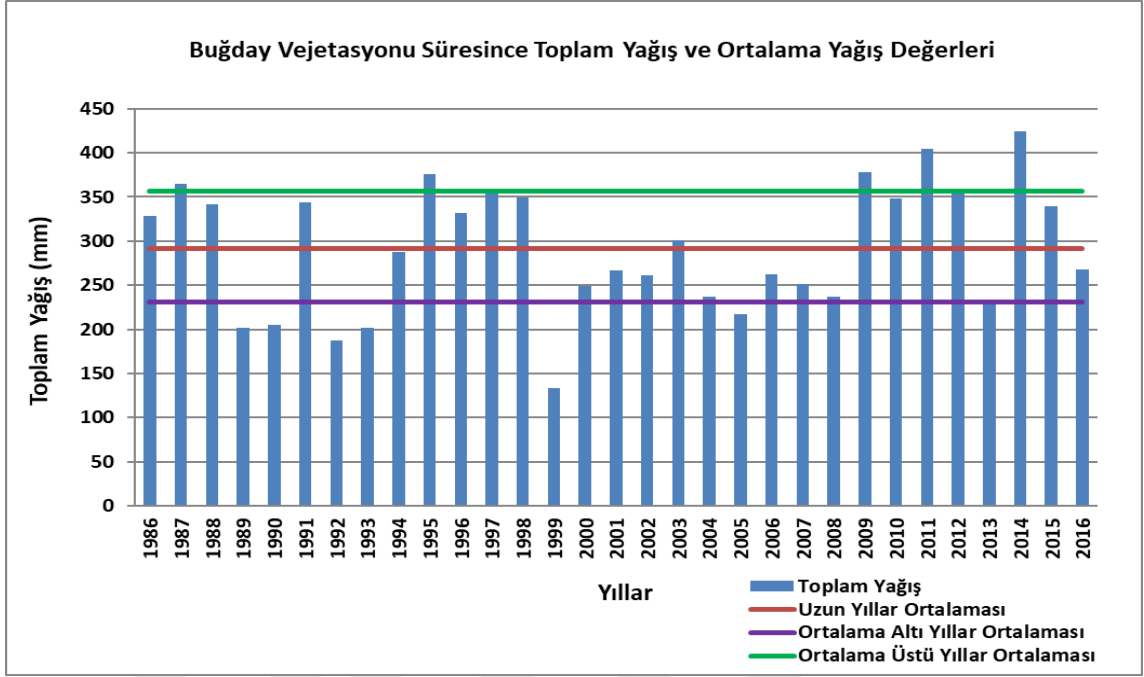
Yıllar	Aylar									
	1	2	3	4	5	6	10	11	12	Toplam
1986	33.1	30.0	12.1	39.9	83.3	20.8	0.0	60.5	48.6	328.3
1987	63.9	30.4	68.6	23.9	10.8	30.6	30.7	58.1	48.1	365.1
1988	4.3	34.7	26.7	75.6	56.1	18.1	49.5	65.1	11.8	341.9
1991	45.2	26.8	32.0	93.4	36.9	7.6	19.3	30.1	52.1	343.4
1995	34.5	13.3	28.5	43.9	30.0	45.6	40.3	124.0	15.3	375.4
1996	28.6	16.4	88.4	48.1	26.7	3.7	44.8	0.0	75.1	331.8
1997	27.2	17.2	14.4	26.5	41.1	98.9	93.5	16.5	22.9	358.2
1998	8.7	17.6	37.5	27.6	59.4	17.5	47.7	19.6	114.2	349.8
2003	17.6	47.5	24.6	50.2	30.9	2.3	9.5	9.8	108.6	301.0
2009	60.1	44.8	24.4	45.7	55.8	2.7	12.7	56.7	74.6	377.5
2010	44.2	28.1	12.6	41.4	18.8	39.8	75.2	2.8	85.2	348.1
2011	46.5	52.2	35.4	67.1	64.0	62.6	45.0	8.7	23.5	405.0
2012	86.1	39.5	15.1	10.2	56.8	19.8	31.5	39.1	60.8	358.9
2014	100.9	22.1	32.2	15.5	38.3	41.2	84.2	54.9	35.2	424.5
2015	44.6	46.9	61.3	15.3	61.2	68.2	38.9	2.0	0.8	339.2
Ortalama	40.4	29.3	32.3	39.3	42.2	30.3	39.6	34.9	49.3	356.5

Çizelge 3. 8. Uzun yıllar yağış ortalamasının altındaki yıllık yağışlar (mm) (MBM, 2017)

Yıllar	Aylar									
	1	2	3	4	5	6	10	11	12	Toplam
1989	19.6	0.7	14.2	4.6	32.1	7.8	37.2	70.8	14.3	201.3
1990	9.2	24.9	3.0	17.1	41.4	8.0	27.3	22.5	51.7	205.1
1992	6.9	23.3	7.7	16.9	47.2	37.0	2.8	12.4	32.8	187.0
1993	26.6	9.5	9.0	25.0	50.1	10.5	9.5	56.2	5.2	201.6
1994	43.0	15.9	33.6	35.2	35.5	7.1	38.0	39.8	39.0	287.1
1999	20.9	19.7	22.1	9.3	15.3	19.9	19.8	0.5	5.3	132.8
2000	30.1	15.2	11.2	38.7	56.2	17.6	32.3	26.2	22.1	249.6
2001	1.0	10.6	3.7	14.1	66.0	0.7	1.9	50.1	118.4	266.5
2002	27.8	12.9	24.2	70.0	22.9	15.3	24.6	15.3	48.0	261.0
2004	34.1	31.1	3.1	40.6	17.2	56.9	0.0	51.3	2.8	237.1
2005	29.5	12.9	13.8	31.8	12.5	3.5	34.7	68.8	9.8	217.3
2006	21.2	23.8	18.4	53.4	17.9	9.9	66.1	51.9	0.1	262.7
2007	20.9	19.3	15.4	16.1	16.3	15.9	25.5	68.0	53.8	251.2
2008	23.0	21.2	38.1	20.5	23.4	7.5	20.6	22.8	59.3	236.4
2013	33.7	31.9	16.6	41.6	54.8	8.8	11.6	18.4	15.6	233.0
2016	36.0	4.4	34.2	6.1	58.3	17.3	0.4	17.2	93.8	267.7
Ortalama	24.0	17.3	16.8	27.6	35.4	15.2	22.0	37.0	35.8	231.1

Çizelge 3. 9. Buğdayın büyüme dönemi başına düşen sulama suyu hesabı

Sulama Konuları	S ₅ , S ₆ , S ₇	S ₈ , S ₉ , S ₁₀	S ₁₁ , S ₁₂ , S ₁₃
ET _c (mm)	506	506	506
Yağış Ortalaması (mm)	356.5	291.8	231.1
Toplam Sulama Suyu (mm)	149.5	214.2	274.9
Dönem Başına Düşen Sulama Suyu (mm)	50	70	90



Şekil 3. 4. Buğday vejetasyonu süresince toplam yağış ve ortalama yağış değerleri (MBM, 2017)

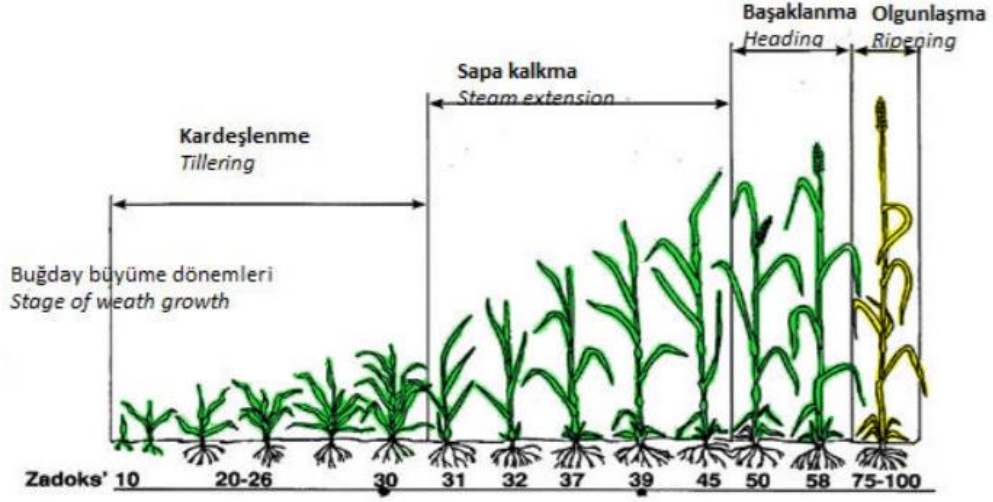
3.2.2. Toprak hazırlığı ve ekim

Denemenin kurulduğu arazi kulaklı pullukla sürülmüş, kazayağı, kombi kürüm ve merdane ile toprak işlenerek ekime hazır hale getirilmiştir. Ekim, kombine hububat ekim mibzeri ile ilk yıl 19.10.2018 tarihinde, ikinci yıl ise 24.10.2019 tarihinde yapılmıştır. Ekimde dekara 20 kg tohumluk kullanılmıştır. Tohum ekimi, ekim yönü 50 m ve parsel eni 80 m olan 4 da büyüklüğündeki alana bir bütün halinde yapılmıştır. Bir bütün halindeki deneme alanının yüzeyi bitkilerce örtüldüğü dönemde traktöre bağlanan rotovator aleti ile bölünerek bloklar ve deneme parselleri oluşturulmuştur. Deneme parseli boyutları; $2.60 \text{ m} \times 12 \text{ m} = 31.2 \text{ m}^2$ olmuş, hasatta ise her parselin iki yanından ikişer bitki sırası ile parsel uçlarından 1'er metre kenar tesiri olarak değerlendirme dışı bırakılarak $2.02 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 20.2 \text{ m}^2$ 'lik alan hasat edilmiştir. Ayrıca bloklar arasında 4 m, parseller arasında ise 2.60 m boşluk bırakılmıştır.

3.2.3. Buğdayın gelişme dönemlerinin belirlenmesi

Araştırmada çıkıştan olgunluğa kadar fenolojik gelişme dönemleri (Sapa kalkma, başaklanma, süt olum ve fizyolojik olgunluk) izlenmiştir. Gözlemler tahılların

büyüme ve gelişmelerini ölçmek için geliştirilen Zadoks skalası esas alınarak gelişme dönemleri belirlenmiştir (Şekil 3.5) (Zadoks ve ark., 1974).



Şekil 3. 5. Buğdayın Zadoks skalasına göre büyüme dönemleri

3.2.4. Tarımsal uygulamalar

Denemede toprağın kimyasal analiz sonuçları dikkate alınarak, denemede saf madde olarak; 16 kg/da Azot (N) ve 10 kg/da Fosfor (P_2O_5) hesabıyla gübreleme yapılmıştır. Fosforun tamamı Diamonyumfosfat (%18-46) gübresi ile ekimde tabana uygulanmıştır. Azotun bir kısmı ekimle birlikte tabana, kalan kısmı ise üst gübresi olarak buğdayın; kardeşlenme döneminde üre gübresi (%46), sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde ise sulamalarla birlikte Amonyumsülfat (%21) gübresi ile uygulanmıştır. Deneme konularından sadece sapa kalkma döneminde sulama yapılan konularda bu dönemde üst gübresinin tamamı sulama ile birlikte uygulanmıştır. Ayrıca, yağışa bağlı konuda (S_{14}) ekimle birlikte fosforun tamamı ve azotlu gübrenin bir kısmı tabana uygulanmış, yağış durumuna göre üst gübresinin tamamı üre gübresi (%46) olarak buğdayın kardeşlenme döneminde tek seferde uygulanmıştır. Uygulanan gübreler ve miktarları Çizelge 3.10'de verilmiştir.

Çizelge 3. 10. Uygulanan kimyasal gübreler ve miktarları

Gübreleme Zamanı	Gübre İçeriği	Miktarı (Kg/da)
Taban Gübresi	Diamonyum Fosfat (%18-46 DAP)	22
Üst Gübresi	Üre (%46)	15
	Amonyum Sülfat (%21)	25
Toplam Saf Madde (kg/da)	Azot(N)	16
	Fosfor (P ₂ O ₅)	10

Denemede yabancı ot mücadelesi için her iki yılda da mart ayı son haftasında; 452.42g/l (300 g.a.e./l) 2,4-D EHE + 6.25g/l Florasulam etken maddeli herbisit dekara 70 ml dozunda uygulanmıştır. Bunun yanında aynı dönemde hastalıklara karşı; 84 g/l Epoxiconazole ve 250 g/l Fenpropimorph etken maddeli Fungusit dekara 125 ml uygulanmıştır. Ayrıca, süne zararına karşı her iki yılda da süne ile mücadele için verilen erken uyarı dönemlerinde; 250 g/l Cypermethrin etken maddeli İnsektisit dekara 30 ml uygulanarak gerekli zirai mücadele çalışmaları yapılmıştır.

Hasat, birinci yıl 12 Temmuz'da, ikinci yıl ise 19 Temmuz tarihinde yapılmıştır. Her iki yılda da hasat başlamadan önce her parselde hasat parseli dışında kalan buğdaylar mastarlı ot biçme makinası ile biçilerek deneme alanı dışına çıkarılmıştır.

Hasat işlemi parsel biçerdöveri ile gerçekleştirilmiştir. Her parselden elde edilen buğday taneleri ayrı ayrı çuvallanmış ve her çuvala, ait olduğu parsel numarası yazılarak tartılmış ve alınan numuneler gerekli analizler yapılmak üzere laboratuvara gönderilmiştir.

3.2.5. Toprak su içeriği ölçümü

Toprak su içeriği, ölçüm sırasında toprakta bulunan rutubet miktarının yüzde (%) veya milimetre (mm) cinsinden ifadesidir. Toprak su içeriği toprak profilinin; 0-30 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinde CPN 503DR Hydroprobe model nötronmetre ile denemenin S_1 konusunda sulama zamanını ve bitki su tüketimini belirlemek amacıyla denemenin orta bloğundaki parselin ortasına yerleştirilen 50mm çapında, 1.50m uzunluğunda alüminyum borular vasıtasıyla tespit edilmiştir. Ayrıca diğer sulama konularında derine sızmaları kontrol etmek amacıyla toprak profilinin 90-120 cm derinliğinde nötronmetre ile toprak su içeriği tespit edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3. 6. Nötronmetre ile toprak su içeriği ölçümü

Nötronmetre denemenin kurulduğu arazide kalibre edilmiştir. Bu amaçla ağırlığa dayalı belirlenen toprak su düzeylerine karşın nötron probe sayımları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve her 30 cm toprak derinliği için regresyon denklemleri elde edilmiştir. Toprak su içeriği, kalibrasyon işlemi ile elde edilen regresyon denklemleri ve nötron probe sayım değerleri kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.6. Sulama suyunun hesaplanması ve sulama

Denemede S₁ konusunda üretim sezonu boyunca toprak nemi takibi nötronmetre ile yapılarak toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tüketildiğinde topraktan alınan gravimetrik örneklerde mevcut nem belirlenerek tarla kapasitesine tamamlanmıştır.

Ayrıca, S₂, S₃ ve S₄ konularına uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesinde toprak nem içeriği dikkate alınmıştır. Bu amaçla; S₂ konusunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde, S₃ konusunda sapa kalkma, başaklanma ve S₄ konusunda ise sapa kalkma döneminde, topraktan alınan gravimetrik örneklerde mevcut nem belirlenerek mevcut toprak nemi sulama ile tarla kapasitesine tamamlanmıştır.

S₁, S₂, S₃ ve S₄ konularında sulama suyu miktarının hesabında aşağıdaki eşitlikten (3.1) faydalanılmıştır (Kara, 2005).

$$dn = \frac{TK-MN}{100} \times \gamma \times D \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

dn: Net sulama suyu miktarı (mm),

TK: Tarla kapasitesi (%P_w),

MN: Mevcut nem (%P_w),

γ : Hacim ağırlığı (g/cm³),

D: Buğdayın etkili kök derinliği (mm).

Toprak nemine dayalı planlanmayan diğer sulama konularında (S₅-S₁₃) ise aşağıdaki eşitlik (3.2) kullanılarak belirlenen ve Çizelge 3.4 verilen sulama suyu miktarları uygulanmıştır.

$$I_d = \frac{ET_c - R}{3} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

I_d: Dönem başına düşen sulama suyu miktarı (mm),

ET_c: Bitki su tüketimi (mm),

R: Buğday yetiştirme dönemi yağış miktarı (mm).

Her parsele hacimsel olarak uygulanacak sulama suyu miktarı aşağıda verilen eşitlik (3.3) yardımı ile hesaplanmış ve su sayacından geçirilerek verilmiştir.

$$I = dn \times A \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

I: Parsele uygulanacak sulama suyu miktarı (litre),

dn: Net sulama suyu ihtiyacı (mm),

A: Parsel alanı (m²).

3.2.7. Bitki su tüketiminin hesaplanması

Deneme konuları için bitki su tüketimi, toprak su bütçesi esasına göre (James, 1988) aşağıdaki eşitlik (3.4) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ET_a = I + R - DP + CP - R_f \pm \Delta S \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

ETa: Bitki su tüketimi (mm),

I: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm),

R: Etkili yağış (mm),

Dp: Kök bölgesi altına derine sızma kayıpları (mm),

Cp: Kök bölgesi altından kapillar yükselme (mm),

Rf: Yüzey akış kayıpları (mm),

ΔS: Toprak profilindeki su içeriği değişimi (mm).

Eşitlikteki I değeri, uygulanan sulama suyu ölçümlerinden; R değeri, Enstitü arazisinde bulunan rasat parkındaki yağış ölçerden ve ΔS, tohum ekimi ve hasat sırasındaki toprak nem ölçümlerinden elde edilmiştir. Deneme alanı toprakları allüviyal ve killi bünyeye sahip olup derin, drenaj ve tuzluluk bakımından sorunsuz ve taban suyu sorunu bulunmamaktadır. Dolayısı ile kök bölgesine taban suyundan kaynaklanan bir kapillar su girişi ve damla sulama yöntemi ile sulama yapıldığından yüzey akışı söz konusu olmamıştır. Bu nedenle, su tüketimi hesaplamalarında Cp ve Rf değerleri dikkate alınmamıştır. Etkili kök bölgesine en fazla tarla kapasitesine getirecek kadar sulama suyu verildiğinden ve deneme süresince 90-120 cm toprak derinliğinde nötronmetre ile yapılan ölçümler sonucunda dikkate değer nem değişimi tespit edilmediğinden derine sızma kayıpları (Dp) da dikkate alınmamıştır. Bu durumda su tüketimi; $ETa = I + R \pm \Delta S$ şeklinde sadeleştirilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.8. Bitki katsayısının belirlenmesi

Buğday için bitki katsayısı (Kc), denemenin S₁ konusundan elde edilen bitki su tüketimi (ETa) ve deneme arazisinde bulunan meteoroloji istasyonunun FAO56 Penman Monteith metodu (Allen ve ark., 2006) ile iklim verilerinden otomatik olarak hesapladığı (3.5) referans bitki su tüketimi (ET₀) değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlikle (3.6) hesaplanmıştır (Allen ve ark., 1998).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + C_d u_2)} \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

ET_0 : Referans bitki su tüketimi (mm),

R_n : Bitki yüzeyi için hesaplanan net radyasyon ($MJ/m^2/g$),

G : Toprak ısı akısı ($MJ/m^2/g$),

T : Günlük ortalama hava sıcaklığı, 1.5 ile 2.5m arasında yükseklikte ölçülmüş, ($^{\circ}C$),

u_2 : Günlük ortalama rüzgar hızı, 2.0 m yükseklikte ölçülmüş, (m/s),

e_s : Doygun buhar basıncı, 1.5 ile 2.5m arasında yükseklik için hesaplanmış, (kPa),

e_a : Gerçek buhar basıncı, 1.5 ile 2.5m arasında yükseklik için hesaplanmış, (kPa),

Δ : Doygun buhar basıncı-sıcaklık eğrisinin eğimi ($kPa/^{\circ}C$),

γ : Psikrometrik sabite ($kPa/^{\circ}C$),

C_n : Referans bitki tipi ve hesaplamanın yapıldığı zaman dilimi için sabit pay katsayısı (kısa boylu bitki ve günlük hesaplama için $C_n = 900.0$),

C_d : Referans bitki tipi ve hesaplamanın yapıldığı zaman dilimi için sabit payda katsayısı, (kısa boylu bitki ve günlük hesaplama için $C_d = 0.34$).

$$K_c = \frac{ET_a}{ET_0} \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

K_c : Bitki katsayısı,

ET_a : Bitki su tüketimi (mm),

ET_0 : Referans bitki su tüketimi (mm).

3.2.9. Su- verim ilişkileri

Sulama sistemlerinin işletilmesi ve ekonomik yönden en uygun sulama programının belirlenmesinde; verim- bitki su tüketimi, verim- sulama suyu arasındaki ilişkilerin bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla, sonuçlar bölümünde bu değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemede Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmış ve

değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısını belirlemek amacıyla Doğrusal Regresyon analizi yapılarak su-verim ilişkileri tespit edilmiştir.

3.2.10. Su kullanım ve sulama suyu kullanım randımanının belirlenmesi

Sudan yararlanma oranı olarak da ifade edilen ve sulama programlarının değerlendirilebilmesi için kullanılan su kullanım randımanı aşağıdaki eşitlikle (3.7) hesaplanmıştır (Howell ve ark., 1995).

$$WUE = \frac{Y}{ETa} \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

WUE: Su kullanım randımanı (kg/mm/ha),

Y: Verim (kg/ha),

ETa: Sezonluk bitki su tüketimi (mm).

Ayrıca sulama suyu kullanım randımanının belirlenmesinde de aşağıdaki eşitlikten (3.8) yararlanılmıştır (Howell ve ark., 1995).

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.8)$$

Eşitlikte;

IWUE: Sulama suyu kullanım randımanı (kg⁻¹ mm⁻¹ ha⁻¹),

Y: Düzeltilmiş Verim (kg/ha),

I: Sulama suyu (mm).

Hesaplamalarda birim alandan (ha) elde edilen tane verim değeri kullanılmış olup sulama suyu kullanım randımanı hesabında konu verimlerinden, yağışa bağlı susuz (S₁₄) konu verimi düşülmüştür.

3.2.11. Verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi

Deneme konularının buğdayın verim ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek üzere aşağıdaki ölçüm ve analizler (Gusta ve Chen, 1987; Simmons, 1987; Yürür ve ark., 1987; Williams ve ark., 1988) yapılmıştır.

3.2.11.1. Tane verimi

Her parselden elde edilen tane ürünü 0.01 g hassas terazide tartılarak, kg/da olarak ifade edilmiştir.

3.2.11.2. Biyolojik verim

Her parselde 1m'lik sırada hasat edilen bitkiler tarlada 3 gün kurutulup tartılarak (tane + sap) toplam verim (biyolojik verim) kg/da cinsinden belirlenmiştir.

3.2.11.3. Hasat indeksi

Her parselde 1m'lik sırada hasat edilen bitkilerden elde edilen tane verimi, biyolojik verime (tane + sap) bölünerek % olarak hesaplanmıştır.

3.2.11.4. Un verimi

Laboratuvarda analize tabi tutulan buğday örnekleri, AACC metot 26-95'e göre (%14.5 rutubet olacak şekilde) tavlansak, AACC metot 26-50'ye göre Brabender Junnior değirmende öğütölerek belirlemiştir (Committee, 2000).

3.2.11.5. Bin tane ağırlığı

Her parselden elde edilen tane ürününden rastgele dört defa yüz tane sayılıp, tartılarak gram cinsinden hesap edilmiştir (Williams ve ark., 1988).

3.2.11.6. Hektolitre ağırlığı

Her parselde elde edilen tane ürününde 1 litrelik hektolitre ağırlık ölçme aleti ile tespit edilmiştir (Williams ve ark., 1988).

3.2.11.7. Protein oranı

Homojen şekilde öğütülen tane örneklerinde, protein oranı (azot oranı*5.70) AOAC 992.23 metoduyla (azot tayin cihazı LECO FP 528) belirlenmiştir (Anonymous, 2009).

3.2.11.8. Yaş ve Kuru Glüten

AACC 38-12A metoduna göre Glutomatic cihazı kullanılarak yapılmıştır. 10 g örnek, %2'lik 5 ml tuz çözeltisi ile 20 sn yoğurulup, 5 dk boyunca yıkanarak yaş glüten elde edilmiştir. Yaş glüten, 12 saat 105 °C'de kurutulup, desikatöre alınmış ve soğutulup tartılmıştır. Sonuç yüzde olarak kuru madde üzerinden belirtilmiştir (Committee, 2000).

3.2.11.9. Zeleny Sedimentasyon

ICC-Standart No:116/1 metoduna göre yapılmıştır. 3.2 g un üzerine 50 ml brom fenol mavisi ilave edilerek, 5 saniyede 12 defa hızla çalkalanmış ve hemen mekanik çalkalayıcıya konarak toplam 5 dakika çalkalanmıştır. Sonra üzerine 25 ml Zeleny sedimentasyon çözeltisi eklenerek 5 dakika daha çalkalanıp ve düz bir yüzeye konarak 5 dakika sonra çöken miktar okunmuştur (Williams ve ark., 2008).

3.2.11.10. Tane iriliği

100 gram temizlenmiş örnek 2.2-2.5-2.8 mm delik aralığı olan eleme sisteminde 3 dakika elenmiştir. Her elek üstü ayrı ayrı tartılıp yüzde olarak belirlenmiştir. 2.2 mm elek altında kalan kısım tartılıp elek altı olarak alınmıştır (Elgün ve ark., 2001).

3.2.12. Toprak örneklerinin analiz yöntemleri

Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi için denemeye başlanmadan önce 4 farklı yerden; 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm toprak derinliklerinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmamış toprak örneklerinde hacim ağırlığı, bozulmuş toprak örneklerinde ise; tarla kapasitesi, solma noktası, bünye sınıfı ve verimlilik analizleri yapılmıştır. Deneme alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır.

3.2.12.1. Toprağın fiziksel analiz yöntemleri

a) Toprak bünyesi: Hidrometre yöntemi ile toprağın bünyesini oluşturan kum, kil ve silt fraksiyonlarının yüzde oranları belirlenmiş ve bu yüzdelerle göre tekstür üçgeninden yararlanılarak toprak örneklerinin bünye sınıfları belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951).

b) Hacim ağırlığı: 100 cm³ hacime sahip silindirlerle alınan bozulmamış toprak örneği, ağırlığı sabitleninceye kadar 105°C'de kurutulduktan sonra soğutulup tartılmış ve silindirin iç hacmine bölünerek hesaplanmıştır (Kara, 2005).

c) Tarla kapasitesi: Poroz levhalı basınç cihazı kullanılarak 1/3 atmosferlik basınç altında, toprak örneğinde tutulan su miktarı olarak bozulmuş toprak örneklerinde belirlenmiştir (Richards, 1954).

d) Devamlı solma noktası: Membranlı basınç cihazı kullanılarak 15 atmosferlik basınç altında, toprakta tutulan su miktarı olarak bozulmuş toprak örneklerinde saptanmıştır (Richards, 1954).

e) Kullanılabilir su kapasitesi: Tarla kapasitesinde tutulan su ile solma noktasında tutulan su miktarlarının farkının hesaplanmasıyla belirlenmiştir (Kara, 2005).

3.2.12.2. Toprağın kimyasal analiz yöntemleri

a) Organik madde (%): (Jackson, 1958) tarafından belirtildiği şekilde Valkey – Black yöntemine göre toprak kromik ve sülfirik asit ile işleme tabi tutularak kapsadığı organik karbonun kromat ile oksitlenmesini sağlayarak ve bu oksidasyon için kullanılan miktardan arta kalan kromat standart demir sülfat ile titre edilerek toprakta bulunan karbon saptanmış, buradan organik madde miktarı hesaplanmıştır.

b) pH: Toprak örneklerinde hazırlanan saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (Richards, 1954).

c) EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$): Alınan toprak örneklerinden hazırlanan saturasyon çamurunda kondüktivimetre cihazı ile belirlenmiştir (Richards, 1954).

d) Kireç (%): Alınan toprak örneklerinde (Hızalan ve Ünal, 1966) tarafından tanımlanan şekilde, Scheibler kalsimetresi kullanılarak belirlenmiştir.

e) Yarayışlı fosfor (P_2O_5): (Olsen, 1954) tarafından geliştirilen yöntemle göre eksrakt çözeltisi olarak 0.5 M sodyum bikarbonat (pH:8.5) kullanılmış ve karışım 30 dakika çalkalanmıştır. Süzükteki fosfor miktarı, amonyum molibdat ve kalay klorür katılmasıyla oluşan mavi rengin intesitesinin spektrofotometre cihazında ölçülmesiyle belirlenmiştir.

f) Yarayışlı potasyum (K_2O): Alınan toprak örneklerinde Amonyum Asetat (pH=7) ile ekstrakte edilebilir potasyumun flamefotometre cihazında okunması ile belirlenmiştir (Richards, 1954).

3.2.13. Sulama suyu analiz yöntemleri

Denemede kullanılan sulama suyundan alınan örneklerde aşağıdaki yöntemler kullanılarak kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

a) pH: Sulama suyu örneklerinin pH değeri cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür.

b) EC (ds/cm): Alınan sulama suyu örneklerinin elektriksel iletkenlikleri kondüktivimetre cihazı ile ölçülmüştür.

c) Anyon- Katyonlar (me/l): Na^+ ve K^+ alev fotometresinde Ca^{+2} ve Mg^{+2} versenat yöntemi ile titrasyonla, CO_3^{-2} ve HCO_3^- sülfirik asit ile titrimetrik, Cl^- arjantinometrik olarak (Richards, 1954) de belirtilen esaslara göre belirlenmiştir.

3.2.14. İstatistik analiz

Sulama konularından elde edilen tane verimi, un verimi, biyolojik verim, hasat indeksi, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein, kuru glüten, yaş glüten, zeleny sedimentasyon ve tane iriliği özelliklerine ait parametrelerin, Sulama grupları (14 Muamele grubu) ve Yıl (2019 ve 2020) çevre faktörlerine göre değişim gösterip göstermediğini belirlemek için faktöriyel tesadüf blokları deneme planına dayalı varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizini takiben farklı grupları belirlemede Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Yurtsever, 1984; Düzgüneş ve ark., 1987). Değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmış ve değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısını belirlemek amacıyla Doğrusal Regresyon analizi yapılmıştır. Sulama gruplarından elde edilen verim özelliklerine göre sınıflandırılması Hiyerarşik Kümeleme analiz tekniği ile yapılmıştır. Hiyerarşik Kümeleme analizinde, Tek Bağlantı (Single) yöntemi ve Öklid (Euclidian) uzaklığı mesafe ölçüsü olarak kullanılmıştır. Tek Bağlantı yöntemi, uzaklıklar matrisini kullanarak birbirine en yakın birey ya da nesneleri birleştirmeye dayanmaktadır (Johnson ve Wichern, 2014). Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için SPSS (Versiyon 21) istatistik paket programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Toprak ve Su Örneklerinin Analizlerine İlişkin Sonuçlar

Denemenin yürütüldüğü araziden alınan toprak örneklerinde yapılan bazı fiziksel analiz sonuçları çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Sezon	Derinlik (cm)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye Sınıfı	TK (%P _w)	SN (%P _w)	Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	FSK (mm)
2018-2019	0-30	23.7	20.9	55.4	C	26.9	17.9	1.30	35.10
	30-60	21.6	18.8	59.6	C	32.3	20.0	1.27	46.86
	60-90	19.6	18.7	61.7	C	32.8	20.3	1.26	47.25
	90-120	21.6	18.8	59.6	C	33.0	20.8	1.27	46.48
2019-2020	0-30	26.4	20.8	52.8	C	28.9	18.0	1.34	43.82
	30-60	22.2	20.9	56.9	C	31.6	19.6	1.30	46.80
	60-90	20.1	23.0	56.9	C	32.2	19.9	1.29	47.60
	90-120	24.3	20.8	54.9	C	32.5	20.6	1.31	46.77

Çizelge 4.1 incelendiğinde, araştırmanın yürütüldüğü 2018-2019 üretim sezonunda deneme alanında 0-120 cm derinliğindeki her katmandaki toprak bünyesinin killi (C) olduğu, hacim ağırlığı değerlerinin ise 1.26 – 1.30 g/cm³ arasında değiştiği görülmektedir. 2019-2020 üretim sezonunda ise 0-120 cm derinlikte toprak katmanlarının killi bünyeye sahip olduğu, hacim ağırlığı değerlerinin ise 1.29 – 1.34 g/cm³ arasında değiştiği görülmektedir. Denemede buğdayın etkili kök derinliği olarak alınan 0-90 cm toprak derinliğinde toplam kullanılabilir su tutma kapasitesi 2018-2019 üretim sezonundaki deneme alanında 129.21 mm/90 cm, 2019-2020 üretim sezonundaki deneme alanında ise 138.22 mm/90cm olarak belirlenmiştir.

Araştırma alanı topraklarının farklı derinliklerinden alınan toprak örneklerinde pH, EC, organik madde, yarıyıllı fosfor ve potasyum, kireç ve tuz analizleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri

Sezon	Derinlik (cm)	pH	EC (dSm ⁻¹)	Tuz (%)	Kireç (%)	Organik Madde (%)	P ₂ O ₅ (kg/da)	K ₂ O (kg/da)
2018-2019	0-30	7.70	0.76	0.025	25.4	1.61	5.10	64.6
	30-60	7.88	0.71	0.028	28.2	0.66	0.72	38.0
	60-90	7.90	0.72	0.029	29.1	0.68	0.61	34.3
	90-120	8.00	0.70	0.030	30.1	0.67	0.53	32.2
2019-2020	0-30	7.75	0.84	0.032	20.4	1.96	5.40	101.2
	30-60	7.73	0.82	0.036	21.0	1.05	0.75	71.6
	60-90	7.57	0.88	0.042	21.1	0.96	0.42	59.1
	90-120	7.53	0.78	0.041	21.2	0.61	0.34	42.9

Çizelge 4.2’den görüleceği gibi 2018-2019 üretim sezonunda deneme alanı toprak profilinden alınan toprakların pH değerleri 7.70 – 8.00, EC değerleri 0.70 – 0.76 dS/m arasında değişmiştir. Kullanılabilir fosfor 0.53 – 5.10 kg/da, potasyum ise 32.2 – 64.6 kg/da değerleri arasında bulunmuştur. Organik madde içeriği ise % 0.67 – % 1.61 değerleri arasında değişmiştir. 2019-2020 üretim sezonunda ise pH değerleri 7.53 – 7.75, EC değerleri 0.78 – 0.88 dS/m arasında değişmiştir. Kullanılabilir fosfor 0.34 – 5.40 kg/da, potasyum ise 42.9 – 101.2 kg/da değerleri arasında bulunmuştur. Organik madde içeriği ise % 0.61 – % 1.96 değerleri arasında değişmiştir. Bu değerler, araştırma alanı topraklarının yüksek kireç ve düşük organik maddeye sahip olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.3’te deneme alanının sulanması için kullanılan derin kuyu suyunun bazı kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Çizelge 4.3.’den de görüleceği gibi denemede kullanılan sulama suyu T₂A₁ sınıfına girmektedir.

Çizelge 4. 3. Denemede kullanılan sulama suyunun bazı kimyasal özellikleri

pH	EC (dS/m)	Katyonlar (me/L)				Anyonlar (me/L)				Toplam Σ	SAR	Sulama Suyu Sınıfı
		Na	K	Ca	Mg	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄			
7.70	0.471	0.31	0.01	2.06	2.29	0.0	0.66	1.67	2.34	4.67	0.21	T ₂ A ₁

4.2. Fenolojik Gözlem Sonuçları

Denemenin yürütüldüğü 2018-2019 ve 2019-2020 üretim yıllarında Konya ekolojik koşullarında ekmeklik buğdayın ekim, hasat ve bazı fenolojik gözlem tarihleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4. 4. Denemeye ilişkin Buğdayın bazı bitki gözlem verileri

Gözlemler	2018-2019 Sezonu	2019-2020 Sezonu
Ekim	19.10.2018	24.10.2019
Bitki Çıkışı	1.11.2018	7.11.2019
Sapa Kalkma	7.04.2019	6.04.2020
Başaklanma	12.05.2019	13.05.2020
Çiçeklenme	18.05.2019	20.05.2020
Süt Olum	27.05.2019	26.05.2020
Hamur Olum	5.06.2019	6.06.2020
Fizyolojik Olum	14.06.2019	18.06.2020
Hasat	12.07.2019	19.07.2020

Çizelge 4.4'te görüleceği gibi 2018-2019 üretim sezonunda buğday tohumları 19 Ekim tarihinde ekilmiştir. Ekim sırasında toprak tavlı olduğundan ve sonrasındaki yağışlardan dolayı çimlenme ve çıkış sulaması yapılmamıştır. Ekim yapıldıktan 13 gün sonra bitki çıkışları gözlemlenmiştir.

2019-2020 üretim sezonunda deneme arazisi toprağını tava getirerek toprak işlemeyi kolaylaştırmak ve uygun tohum yatağı hazırlamak amacıyla yağmurlama sulama sistemi ile 0-30 cm derinliğinde toprağın mevcut nemini tarla kapasitesine tamamlayacak miktarda (29.9mm) sulama suyu uygulanmış, ardından toprak ekime hazır hale gelecek şekilde işlenerek buğday tohumları 24 Ekim tarihinde ekilmiştir. Ekim yapıldıktan 14 gün sonra bitki çıkışları gözlemlenmiştir.

Yine Çizelge 4.4'ün incelenmesinden görüleceği gibi ekmeklik buğdayın yetiştirme dönemi süresi 2018-2019 üretim sezonunda 267 gün, 2019-2020 üretim sezonunda ise 270 gün olmuş, çalışmada sulama konularının uygulanmasında dikkate alınan bitki büyüme dönemlerinin başlangıç tarihleri verilmiştir.

4.3. 2018-2020 Dönemi Yağış Verileri ve Araştırma Konuları İlişkisi

Tarla denemesinin yürütüldüğü 2018, 2019 ve 2020 yıllarında yıllık yağış miktarları ile buğday yetiştirme döneminde düşen yağış miktarları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi, 2018,2019 ve 2020 yıllarında toplam yağış sırasıyla 306, 330 ve 217 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu yılların aylık yağış verileri dikkate alındığında, 2018-2019 ve 2019-2020 üretim yıllarında buğdayın yetiştirme döneminde (10 Ekim-1 Temmuz) düşen yağış miktarları sırasıyla 260.3 ve 282 mm olmuştur. Her iki üretim yılında da buğday üzerine düşen yağış miktarı, uzun yıllar ortalamasının (292 mm) altında gerçekleşmiş olup, bölgede ortalama altı yağış alan yıllar (231 mm) grubunda yer almış olmakla birlikte, buğday için uzun yıllar yağış ortalaması (292 mm) miktarına da yakındır. Yani her iki üretim sezonu da, S₈, S₉ ve S₁₀ grubu ile S₁₁, S₁₂ ve S₁₃ grubunda yer alan sulama konularının planlamasına dayanak oluşturan yağış miktarlarına yakın seyretmiştir. Fakat uzun yıllar ortalaması üzerinde yağış alan yılların ortalaması (356 mm) dikkate alınarak planlanan S₅, S₆ ve S₇ konuları, 2018-2019 sezonunda yaklaşık 96 mm ve 2019-2020 sezonunda ise 74 mm daha az yağışa maruz kalmıştır. Bitki su tüketimi ve yağış miktarı dikkate alınarak oluşturulan tamamlayıcı sulama konularından her üç bitki gelişme döneminde de sulama uygulanan S₅, S₈ ve S₁₁ konuları yüksek seviyede ürün veren konulardır (Çizelge 4.11’den görülebilir). Bu üç konudan S₅, ortalama üstü yağışlı yıl konusu olmasına rağmen, ortalama altı yağışın gerçekleştiği koşullarda yüksek seviyede ürün sağlayabilmiştir. Bu durum, S₅ konusunun bölgeye her koşulda uygun olduğunu göstermektedir. Bu yüzden, grubunda en düşük sulama suyu uygulanan (150 mm) S₅ konusu ile daha yüksek sulama suyu uygulanan S₁, S₂, S₈ ve S₁₁ konuları verim ve su tasarrufu yönünden detaylı analizi ilgili bölümlerde verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Yıllık yağış miktarları ile buğday yetiştirme dönemlerinde düşen yağış miktarları (mm)

	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Uzun Yıllar (1985-2020)	34.6	23.5	27.3	33.6	39.6	25.9	7.2	5.9	15.3	30.7	38.5	43.6	325.7
Buğday Yetiştirme Dönemi	34.6	23.5	27.3	33.6	39.6	25.9	-	-	-	22.7	38.5	43.6	289.3
2018 Yılı	33.8	8.6	25.2	7.6	54.8	56.0	4.8	1.8	7.4	29.8	22.6	53.8	306.2
2019 Yılı	56.6	22.0	14.4	27.3	13.2	30.4	6.2	7.8	9.6	14.0	39.6	89.2	330.3
2020 Yılı	53.0	30.4	19.8	13.6	17.0	19.4	0.0	19.2	7.8	8.8	16.6	11.4	217.0
2018-2019 Buğday Yetiştirme Dönemi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.8/20.0	22.6	53.8	-
	56.6	22.0	14.4	27.3	13.2	30.4	-	-	-	-	-	-	260.3
2019-2020 Buğday Yetiştirme Dönemi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.0/0	39.6	89.2	-
	53.0	30.4	19.8	13.6	17.0	19.4	-	-	-	-	-	-	282.0

4.4. Sulama Suyu Miktarları ve Bitki Su Tüketimleri

Deneme konularına 2018-2019 ve 2019-2020 üretim sezonlarında uygulanan sulama suyu miktarları ve sulama tarihleri Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.6’den görüleceği gibi 2018-2019 üretim sezonunda uygulanan sulama suyu miktarları 50 mm ile 320.2 mm arasında değişmiştir. En fazla sulama suyu, buğdayın tüm büyüme dönemleri boyunca toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tüketildiğinde sulama yapılan S₁ parseline (320.2 mm), en az sulama suyu ise 50 mm ile S₇ konusuna uygulanmıştır. S₁ konusundan sonraki en fazla sulama suyu ise buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ parseline 318.5 mm olarak uygulanmıştır. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ parseline 200.4 mm sulama suyu uygulanırken, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ parseline 79.4 mm sulama suyu uygulanmıştır. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S₅, S₈, ve S₁₁ parsellerine sırasıyla; 150 mm, 210 mm ve 270 mm sulama suyu uygulanmıştır. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S₆, S₉, ve S₁₂ parsellerine sırasıyla; 100 mm, 140 mm ve 180 mm sulama suyu uygulanmıştır. Buğdayın sadece sapa kalkma döneminde 1 sulama yapılan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ parsellerine

sırasıyla; 50 mm, 70 mm ve 90 mm sulama suyu uygulanmıştır. 2018-2019 üretim sezonunda deneme boyunca toplam 260.3 mm yağış düşmüştür.

Çizelge 4.7 incelendiğinde, 2019-2020 üretim sezonunda uygulanan sulama suyu miktarları 50 mm ile 324.8 mm arasında değişmiştir. Denemenin ilk üretim sezonunda olduğu gibi en fazla sulama suyu 324.8 mm ile S₁ konusuna, en az sulama suyu ise 50 mm ile S₇ konusuna uygulanmıştır. S₁ konusundan sonraki en fazla sulama suyu denemenin ilk üretim sezonundaki gibi buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ parseline 323.5 mm olarak uygulanmıştır. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ parseline 201.9 mm sulama suyu uygulanırken, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ parseline 80.5 mm sulama suyu uygulanmıştır. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S₅, S₈, ve S₁₁ parsellerine sırasıyla; 150 mm, 210 mm ve 270 mm sulama suyu uygulanmıştır. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S₆, S₉, ve S₁₂ parsellerine sırasıyla; 100 mm, 140 mm ve 180 mm sulama suyu uygulanmıştır. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde 1 sulama yapılan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ parsellerine sırasıyla; 50 mm, 70 mm ve 90 mm sulama suyu uygulanmıştır. 2019-2020 üretim sezonunda deneme boyunca toplam 282 mm yağış düşmüştür. Bunun yanında, denemenin ilk üretim sezonundan farklı olarak bu üretim sezonunda ekimden önce toprağı tava getirerek işlemeyi ve ekimi kolaylaştırmak amacı ile 0-30cm toprak derinliğindeki mevcut nemi tarla kapasitesine tamamlayacak miktarda (29.9 mm) tav sulaması yapılmıştır.

Çizelge 4. 6. 2018-2019 Sezonu sulama tarihleri ve konulara verilen su miktarları (mm)

Sulama	Tarih	Konular													
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄
S ₁ /1	14.04.2019	80.7	81.5	81.6	79.4	50	50	50	70	70	70	90	90	90	0
S ₁	30.04.2019	78.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
S ₁ / 2	13.05.2019	80.5	117.6	118.8	-	50	50	-	70	70	-	90	90	-	0
S ₁	22.05.2019	80.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
3	28.05.2019	-	119.4	-	-	50	-	-	70	-	-	90	-	-	0
Toplam		320.2	318.5	200.4	79.4	150	100	50	210	140	70	270	180	90	0

Çizelge 4. 7. 2019-2020 Sezonu sulama tarihleri ve konulara verilen su miktarları (mm)

Sulama	Tarih	Konular													
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄
S ₁ /1	13.04.2020	80.3	78.3	79.6	80.5	50	50	50	70	70	70	90	90	90	0
S ₁	27.04.2020	81.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
S ₁	13.05.2020	81.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2	15.05.2020	-	121.8	122.3	-	50	50	-	70	70	-	90	90	-	0
S ₁	24.05.2020	81.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
3	27.05.2020	-	123.4	-	-	50	-	-	70	-	-	90	-	-	0
Toplam		324.8	323.5	201.9	80.5	150	100	50	210	140	70	270	180	90	0

Araştırma konularındaki bitki su tüketimlerine (ETa) ilişkin değerler Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4. 8. Konulara göre bitki su tüketimleri (ETa) (mm)

Üretim Sezonu	Konular													
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄
2018-2019	567.7	566.3	449.0	327.1	397.5	349.7	298.1	457.7	389.3	317.9	517.6	428.5	327.7	258.9
2019-2020	573.4	570.7	453.5	333.7	401.2	352.8	303.4	461.0	392.7	323.8	519.8	430.7	334.6	260.3

Çizelgeden de görüleceği gibi her iki yılda da bitki su tüketim değerleri konulara verilen sulama suyunun artan miktarıyla artış göstermiştir. 2018-2019 üretim sezonunda toplam bitki su tüketimi 258.9 mm ile 567.7 mm değerleri arasında değişmiştir. En yüksek bitki su tüketimi, buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusunda 567.7 mm, en az bitki su tüketimi ise kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusunda 258.9 mm olarak gerçekleşmiştir. Yine aynı üretim sezonunda S₁ konusundan sonraki en fazla bitki su tüketimi ise buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusunda 566.3 mm olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusunda 449.0 mm bitki su tüketimi gerçekleşirken, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusunda 327.1 mm bitki su tüketimi

gerçekleşmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S₅, S₈, ve S₁₁ konularında sırasıyla; 397.5 mm, 457.7 mm ve 517.6 mm bitki su tüketimi gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S₆, S₉, ve S₁₂ konularında sırasıyla; 349.7 mm, 389.3 mm ve 428.5 mm bitki su tüketimi gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde 1 sulama yapılan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ konularında sırasıyla; 298.1 mm, 317.9 mm ve 327.7 mm bitki su tüketimi gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.8'den de görüleceği gibi 2019-2020 üretim sezonunda konular arasında toplam bitki su tüketimi değerleri 260.3 mm ile 573.4 mm arasında değişmiştir. En yüksek bitki su tüketimi konu gereği S₁ konusunda (573.4 mm), en düşük bitki su tüketimi ise S₁₄ konusunda (260.3 mm) gerçekleşmiştir. S₁ konusundan sonraki en fazla bitki su tüketimi denemenin ilk üretim sezonunda olduğu gibi buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusunda 570.7 mm olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusunda 453.5 mm bitki su tüketimi gerçekleşirken, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusunda 333.7 mm bitki su tüketimi gerçekleşmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S₅, S₈, ve S₁₁ konularında sırasıyla; 401.2 mm, 461 mm ve 519.8 mm bitki su tüketimi gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S₆, S₉, ve S₁₂ konularında sırasıyla; 352.8 mm, 392.7 mm ve 430.7 mm bitki su tüketimi gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde 1 sulama yapılan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ konularında sırasıyla; 303.4 mm, 323.8 mm ve 334.6 mm bitki su tüketimi gerçekleşmiştir.

Deneme sezonları arasında, toprak nemi dikkate alınarak sulama yapılan; S₁, S₂, S₃ ve S₄ konularında ve sabit sulama suyu uygulanan konularda bitki su tüketimleri açısından benzerlik olduğu görülmektedir. Bu durum her iki üretim sezonunun da iklim ve toprak şartları bakımında benzerlik göstermesi ile açıklanabilir.

4.5. Bitki katsayısı

Denemede buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemleri boyunca toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tüketildiğinde sulama yapılan S₁ konusunun

bitki su tüketimi (ET_a) ve referans bitki su tüketimi (ET_0) değerlerinden hesaplanan (Çizelge 4.9) ve her iki üretim sezonu için ortalama; başlangıç dönemi, orta dönem ve son dönem bitki katsayıları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4. 9. Dönemlere göre bitki katsayısı (K_c) hesabı

	Dönemler		
	Başlangıç	Orta	Son
Dönem Uzunluğu (Gün)	30	35	30
ET_a (mm)	24.8	207.4	35.1
ET_0 (mm)	50.7	178.8	140.3
K_c	0.49	1.16	0.25

Çizelge 4. 10. Dönemlere göre bitki katsayıları (K_c)

	Dönemler			
	I	II	II	IV
K_c	0.49	0.49-1.16	1.16	1.16-0.25

Çizelge 4.10’dan görüleceği gibi buğdayın başlangıç dönemi bitki katsayısı (K_c) 0.49 olarak belirlenirken, orta dönem bitki katsayısı 1.16, son dönem bitki katsayısı ise 0.25 olarak tespit edilmiştir.

4.6. Tane verimi

Araştırma konularından elde edilen tane verim (kg/da) ortalamaları ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4. 11. Konuların tane verim ortalamaları (kg/da) ve standart hataları

Konular	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	826.7±10.10	837.8±10.10	832.3±7.14 ^a
S ₂	787.9±10.10	795.8±10.10	791.8±7.14 ^b
S ₃	715.1±10.10	716.2±10.10	715.7±7.14 ^{cd}
S ₄	623.3±10.10	627.3±10.10	625.3±7.14 ^{gh}
S ₅	722.6±10.10	734.5±10.10	728.5±7.14 ^c
S ₆	635.7±10.10	636.6±10.10	636.2±7.14 ^{fg}
S ₇	513.4±10.10	519.2±10.10	516.3±7.14 ⁱ
S ₈	764.7±10.10	767.2±10.10	766.0±7.14 ^b
S ₉	663.0±10.10	677.1±10.10	670.1±7.14 ^{ef}
S ₁₀	594.4±10.10	596.1±10.10	595.3±7.14 ^h
S ₁₁	768.0±10.10	769.5±10.10	768.8±7.14 ^b
S ₁₂	687.0±10.10	688.3±10.10	687.7±7.14 ^{de}
S ₁₃	621.7±10.10	624.6±10.10	623.2±7.14 ^{gh}
S ₁₄	348.9±10.10	352.7±10.10	350.8±7.14 ^j
Genel	662.3±2.70	667.4±2.70	
P _{Yıl} : 0.193 ; P _{Konu} : 0.001; P _{Yıl x Konu} : 1.000			

^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.11 incelendiğinde, tane verimi üzerine yıl çevre faktörünün istatistik olarak önemli olmadığı (P>0.05), sulama grupları arasındaki farkın ise önemli olduğu (P<0.05), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı (P>0.05) görülmektedir. Bu nedenle denemenin iki yıl ortalama verimleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında ortalama tane verimleri 350.8 ile 832.3 kg/da arasında değişmiştir. Denemede en yüksek tane verimi, buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan konuda (S₁), ortalama 832.3 kg/da olarak gerçekleşirken, en düşük tane verimi ise denemede kontrol konusu olarak sulama yapılmayan ve yağışa bağlı konu olan S₁₄ konusunda ortalama 350.8 kg/da olarak gerçekleşmiştir. S₁ konusundan sonraki en yüksek ortalama tane verimi ise buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusundan 791.8 kg/da ile elde edilmiştir. S₁ ve S₂ konularının sulama suyu miktarları birbirine eşit olmasına rağmen, S₂ konusunda ürün verimi yaklaşık %5 daha düşük gerçekleşmiştir. Bu nedenle S₁ konusu verim bakımından S₂ konusunun üstünüdür. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusundan ortalama 715.7 kg/da tane verimi elde edilirken, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine

tamamlandığı S₄ konusundan ortalama 625.3 kg/da tane verimi elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan ve sabit miktarlarda (150 mm, 210 mm ve 270 mm) sulama suyu uygulanan; S₅, S₈, ve S₁₁ konularından alınan ortalama tane verimleri sırasıyla; 728.5, 766.0 ve 768.8 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan ve sabit miktarlarda (100 mm, 140 mm ve 180 mm) sulama suyu uygulanan; S₆, S₉, ve S₁₂ konularından alınan ortalama tane verimleri sırasıyla; 636.2 670.1 ve 687.7 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde 1 sulama yapılan ve sabit miktarlarda (50 mm, 70 mm ve 90 mm) sulama suyu uygulanan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ konularından alınan ortalama tane verimleri sırasıyla; 516.3, 595.3 ve 623.2 kg/da olarak gerçekleşmiştir.

Araştırma konularından elde edilen tane verimleri arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4. 12. Araştırma konularından elde edilen tane verimlerine ilişkin Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	1496.7	748.4	2.45	0.096
Yıl	1	531.5	531.5	1.74	0.193
Konu	13	1212303.1	93254.1	304.79	0.001
Yıl x Konu	13	387.6	29.8	0.09	1.000
Hata	54	16521.8	306.0		
Genel	83	1231240.8			

Varyans analiz sonuçlarına göre, tane verimi üzerine yıl çevre faktörünün istatistik olarak önemli olmadığı ($P>0.05$), sulama grupları arasındaki farkın ise önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11’den görüleceği gibi buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan ve 4 sulamada toplam 322.5 mm sulama suyu uygulanan S₁ konusu 832.3 kg/da tane verimi ile en yüksek verim değerine ulaşılan konu olmuştur. S₁ konusunun ardından en iyi verim değerine ulaşılan;

buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı ve toplamda 321 mm sulama suyu uygulanan S₂ konusunda 791.8 kg/da tane verimine ulaşılırken, bu konu ile aynı verim grubuna giren, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda ve toplamda 270 mm sulama suyu uygulanan S₁₁ konusundan 768.8 kg/da, yine aynı dönemlerde toplamda 210 mm sulama suyu uygulanan S₈ konusundan ise 766.0 kg/da tane verimi elde edilmiştir. Buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda ve toplamda 150 mm sulama suyu uygulanan S₅ konusundan 728.5 kg/da tane verimi elde edilirken, bu konu ile aynı verim grubuna giren, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı ve toplamda 200.4 mm sulama suyu uygulanan S₃ konusundan 715.7 kg/da tane verimi elde edilmiştir. Buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda ve toplamda 180 mm sulama suyu uygulanan S₁₂ konusundan 687.7 kg/da tane verimi elde edilirken, bu konu ile aynı verim grubuna giren, sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda ve toplamda 140 mm sulama suyu uygulanan S₉ konusundan 670.1 kg/da tane verimi elde edilmiştir. Buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda ve toplamda 100 mm sulama suyu uygulanan S₆ konusundan 636.2 kg/da tane verimi elde edilirken, bu konu ile aynı verim grubuna giren, buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı ve 79.95 mm sulama suyu uygulanan S₄ konusundan 625.3 kg/da, buğdayın sapa kalkma döneminde 90 mm sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₃ konusundan 623.2 kg/da tane verimi elde edilmiştir. Buğdayın sapa kalkma döneminde 70 mm sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₀ konusundan 595.3 kg/da, buğdayın sapa kalkma döneminde 50 mm sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₇ konusundan 516.3 kg/da ve yağışa bağlı konu olan S₁₄ konusundan 350.8 kg/da tane verimi elde edilmiş ve ayrı ayrı verim grubunda yer almıştır.

Araştırma konularına uygulanan mevsimlik sulama suyu ve elde edilen ürün verim değerlerinin iki yetiştirme dönemi ortalaması birlikte dikkate alındığında, en çok sulama suyunun S₁ ve S₂ konularına uygulanmış olduğu görülmektedir. S₁ ve S₂ konularına toplamda 322 ve 321 mm sulama suyu verilmiş olup, bu konulardan S₁ 4 kez ve S₂ ise 3 kez sulanmıştır. S₁ ve S₂ konularının ürün verimleri ise sırasıyla 832.3 ve 791.8 kg/da olarak gerçekleşmiştir. S₁ ve S₂ konularının sulama suyu miktarları birbirine eşit olmasına rağmen, S₂ konusunda ürün verimi yaklaşık %5 daha düşük

gerçekleşmiştir. Yine Çizelge 4.11'den görülebileceği gibi, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinin her birinde sulamanın yapıldığı S₅, S₈ ve S₁₁ konularında da yüksek seviyede ürün verimleri elde edilmiştir. Bu konulardan S₅ konusuna 150 mm, S₈ konusuna 210 mm ve S₁₁ konusuna 270 mm sulama suyu uygulanmış ve sırasıyla 728.3, 766 ve 768.8 kg/da ürün değerleri sağlanmıştır. Diğer sulama konularında verim değerleri bu konuların (S₅, S₈ ve S₁₁) verimlerinden daha düşük gerçekleşmiştir.

Ürün veriminin yüksek olduğu grupta bulunan S₅, S₈ ve S₁₁ konuları en yüksek verim sağlayan S₁ konusu ile kıyaslandığında; sulama suyu bakımında S₅ konusu %53, S₈ konusu %34.8 ve S₁₁ konusu ise %16.1 tasarruf sağlarken, tane verimindeki azalış konulara göre sırasıyla % 12.5, %8.5 ve %7.6 civarındadır. Bu verileri şu şekilde açıklamak mümkündür. S₁ ve S₂ konularında birim alana (da) uygulanan sulama suyu ile S₅ konusundan 2 birim alan (2 da) sulamak mümkün olmakta ve yaklaşık 1457 kg tane elde edilebileceğini göstermektedir. Yine benzer şekilde S₁ konusu yerine S₈ ve S₁₁ konuları uygulaması ile sırasıyla 1.53 birim ve 1.19 birim alan sulanarak, sırasıyla 1172 ve 915 kg ürün elde edilebileceği anlamına gelmektedir.

Benzer bir değerlendirme yüksek verim sağlayan konularından (S₁, S₂, S₁₁ ve S₈) elde edilen ürün miktarlarının S₅ konusu uygulaması ile karşılanması ve ortaya çıkan su tasarrufu durumu yönüyle yapılabilir. S₁ konusundan elde edilen 832.3 kg/da ürün verimi, S₅ programı ile 1.14 birimlik alandan ($832.3/728.5 = 1.14$ birim alan) temin edilebilir. S₅ sulama programı ile 1.14 birimlik alanın sulama suyu ihtiyacı ise 171 mm ($150 \times 1.14 = 171$) olacaktır. Görüldüğü gibi 832.3 kg/da ürün elde etmek için S₁ uygulamasında 322 mm suya ihtiyaç varken, S₅ konusu uygulaması ile 171 mm sulama suyuna gereksinim duyulmaktadır. Ürün eşitliği dikkate alındığında S₅ sulama programı S₁ konusuna göre %46.9 $[(322-171/322) \times 100 = \%46.9]$ su tasarrufu sağlamaktadır. Benzer analizler S₁₁ ve S₈ konuları için yapıldığında, S₅ konusunun sağlayacağı su tasarrufları sırasıyla, %41.5 ve %24.8 olarak tespit edilmiştir.

4.7. Biyolojik verim

Araştırma konularından elde edilen biyolojik verim (kg/da) ortalamaları ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4. 13. Konuların biyolojik verim ortalamaları (kg/da) ve standart hataları

Konu	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	2286.7±80.61	2171.7±80.61	2229.2±57.00 ^a
S ₂	2223.3±80.61	2071.7±80.61	2147.5±57.00 ^{ab}
S ₃	2040.0±80.61	1905.0±80.61	1972.5±57.00 ^{a-d}
S ₄	1993.3±80.61	1621.7±80.61	1807.5±57.00 ^{c-f}
S ₅	2056.7±80.61	1821.7±80.61	1939.2±57.00 ^{b-e}
S ₆	1993.3±80.61	1671.7±80.61	1832.5±57.00 ^{c-f}
S ₇	1880.0±80.61	1438.3±80.61	1659.2±57.00 ^{ef}
S ₈	2073.3±80.61	1888.3±80.61	1980.8±57.00 ^{a-d}
S ₉	1996.7±80.61	1805.0±80.61	1900.8±57.00 ^{b-e}
S ₁₀	1923.3±80.61	1555.0±80.61	1739.2±57.00 ^{def}
S ₁₁	2123.3±80.61	1988.3±80.61	2055.8±57.00 ^{abc}
S ₁₂	2016.7±80.61	1855.0±80.61	1935.8±57.00 ^{b-e}
S ₁₃	1973.3±80.61	1588.3±80.61	1780.8±57.00 ^{c-f}
S ₁₄	1806.7±80.61	1305.0±80.61	1555.8±57.00 ^f
Genel	2027.6±21.54	1763.3±21.54	
P _{Yıl} : 0.001; P _{Konu} : 0.001; P _{Yıl x Konu} : 0.243			

^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.13 incelendiğinde, biyolojik verim üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu (P<0.05), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı (P>0.05) görülmektedir. Bu nedenle denemenin iki yıl ortalama biyolojik verimleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında ortalama biyolojik verimler 1555.8 ile 2229.2 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek biyolojik verim, buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan konuda (S₁), ortalama 2229.2 kg/da olarak gerçekleşirken, en düşük ortalama biyolojik verim yağışa bağlı konu olan S₁₄ konusunda 1555.8 kg/da olarak gerçekleşmiştir. S₁ konusundan sonraki en yüksek ortalama biyolojik verim ise buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusundan 2147.5 kg/da ile elde edilmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusundan ortalama 1972.5 kg/da biyolojik verim elde edilirken, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusundan

ortalama 1807.5 kg/da biyolojik verim elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S₅, S₈, ve S₁₁ konularından alınan ortalama biyolojik verimler sırasıyla; 1939.2, 1980.8 ve 2055.8 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S₆, S₉, ve S₁₂ konularından alınan ortalama biyolojik verimler sırasıyla; 1832.5, 1900.8 ve 1935.8 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde 1 sulama yapılan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ konularından alınan ortalama biyolojik verimler sırasıyla; 1659.2, 1739.2 ve 1780.8 kg/da olarak gerçekleşmiştir.

Araştırma konularından elde edilen biyolojik verimler arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4. 14. Araştırma konularından elde edilen biyolojik verimlerine ilişkin Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	129373.8	64686.9	3.32	0.044
Yıl	1	1466785.7	1466785.7	75.25	0.001
Konu	13	2627072.6	202082.5	10.37	0.001
Yıl x Konu	13	329072.6	25313.3	1.3	0.243
Hata	54	1052626.2	19493.1		
Genel	83	5604931.0			

Varyans analiz sonuçlarına göre, biyolojik verim üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu ($P < 0.05$), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı ($P > 0.05$) tespit edilmiştir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13’den görüleceği gibi buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu ve buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu aynı grupta yer almıştır. Buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₁ ve S₈ konuları ile buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut

neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusu aynı grupta yer almıştır. Buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₅ konusu ile buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₂ ve S₉ konuları aynı grupta yer almıştır. Buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₆ konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₃ ve S₁₀ konuları aynı grupta yer alırken buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₇ konusu ve yağışa bağlı konu olan S₁₄ konusu ise diğer konulardan ayrı ayrı grupta yer almıştır.

4.8. Hasat indeksi

Araştırma konularından elde edilen hasat indeksi (%) ortalamaları ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4. 15. Konuların hasat indeksi ortalamaları (%) ve standart hataları

Konular	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	36.4±1.64	38.6±1.64	37.5±1.16 ^{ab}
S ₂	35.5±1.64	38.5±1.64	37.0±1.16 ^{ab}
S ₃	35.2±1.64	38.0±1.64	36.6±1.16 ^{ab}
S ₄	31.4±1.64	38.7±1.64	35.1±1.16 ^{ab}
S ₅	35.2±1.64	40.5±1.64	37.9±1.16 ^a
S ₆	32.0±1.64	38.2±1.64	35.1±1.16 ^{ab}
S ₇	27.4±1.64	36.7±1.64	32.1±1.16 ^b
S ₈	36.9±1.64	40.9±1.64	38.9±1.16 ^a
S ₉	33.4±1.64	37.5±1.64	35.5±1.16 ^{ab}
S ₁₀	30.9±1.64	38.8±1.64	34.9±1.16 ^{ab}
S ₁₁	36.5±1.64	38.9±1.64	37.7±1.16 ^{ab}
S ₁₂	34.1±1.64	37.1±1.64	35.6±1.16 ^{ab}
S ₁₃	31.6±1.64	39.3±1.64	35.5±1.16 ^{ab}
S ₁₄	19.3±1.64	27.1±1.64	23.2±1.16 ^c
Genel	32.6±0.44	37.8±0.44	

P_{Yıl}: 0.001 ; P_{Konu}: 0.001 ; P_{Yıl x Konu}: 0.379

^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.15 incelendiğinde, hasat indeksi üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu ($P < 0.05$), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı ($P > 0.05$) görülmektedir. Bu nedenle denemenin iki yıl ortalama hasat indeksleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında ortalama hasat indeksi değerleri %23.2 ile %38.9 arasında değişmiştir. En yüksek hasat indeksi değeri S_8 konusundan (%38.9), en düşük hasat indeksi değeri ise ortalama %23.2 ile kontrol konusu olan ve yağışa bağlı S_{14} konusundan elde edilmiştir. S_8 konusundan sonraki en yüksek hasat indeksi değeri ise buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan S_5 konusundan ortalama %37.9 olarak elde edilmiştir. Buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S_1 konusunda ortalama %37.5 hasat indeksi elde edilirken, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_2 konusunda ortalama %37.0 olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusundan ortalama %36.6, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusundan ise ortalama %35.1 hasat indeksi değeri elde edilmiştir. Buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan S_{11} konusundan ortalama hasat indeksi %37.7 olarak elde edilirken, buğdayın, sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S_6 , S_9 , ve S_{12} konularından alınan ortalama hasat indeksleri sırasıyla; %35.1, %35.5 ve %35.6 olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde sulama yapılan; S_7 , S_{10} , ve S_{13} konularından alınan ortalama hasat indeksleri sırasıyla; %32.1, %34.9 ve %35.5 olarak gerçekleşmiştir.

Araştırma konularından elde edilen hasat indeksleri arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4. 16. Araştırma konularından elde edilen hasat indekslerine ilişkin Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	79.37	39.685	4.89	0.011
Yıl	1	567.85	567.854	70.01	0.001
Konu	13	1149.41	88.416	10.90	0.001
Yıl x Konu	13	116.00	8.923	1.10	0.379
Hata	54	437.98	8.111		
Genel	83	2350.61			

Varyans analiz sonuçlarına göre, tane verimi üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu ($P < 0.05$), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı ($P > 0.05$) tespit edilmiştir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15’den görüleceği gibi buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₈ ve S₅ konuları aynı grupta yer alırken, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₁ konusu, buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₂ konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₃ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₉ ve S₆ konuları, buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusu ve buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₀ konusu aynı grupta yer almıştır. Buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₇ konusu ve yağışa bağlı konu olan S₁₄ konusu ise ayrı ayrı gruplarda yer almıştır.

4.9. Un verimi

Araştırma konularından elde edilen un verimi (%) ortalamaları ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4. 17. Konuların un verimi ortalamaları (%) ve standart hataları

Konular	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	71.9±0.55	70.8±0.55	71.4±0.39 ^a
S ₂	71.7±0.55	70.8±0.55	71.2±0.39 ^a
S ₃	69.0±0.55	69.0±0.55	69.0±0.39 ^{bcd}
S ₄	68.7±0.55	68.0±0.55	68.3±0.39 ^{de}
S ₅	70.7±0.55	69.9±0.55	70.3±0.39 ^{abc}
S ₆	67.9±0.55	68.1±0.55	68.0±0.39 ^{de}
S ₇	66.7±0.55	67.8±0.55	67.2±0.39 ^{de}
S ₈	70.7±0.55	69.9±0.55	70.3±0.39 ^{abc}
S ₉	68.2±0.55	68.5±0.55	68.3±0.39 ^{de}
S ₁₀	67.6±0.55	67.6±0.55	67.6±0.39 ^{de}
S ₁₁	71.5±0.55	70.1±0.55	70.8±0.39 ^{ab}
S ₁₂	68.3±0.55	68.9±0.55	68.6±0.39 ^{cde}
S ₁₃	68.2±0.55	68.0±0.55	68.1±0.39 ^{de}
S ₁₄	66.5±0.55	67.3±0.55	66.9±0.39 ^e
Genel	69.1±0.15	68.9±0.15	

P_{Yıl}: 0.341 ; P_{Konu}: 0.001 ; P_{Yıl x Konu}: 0.534

^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.17 incelendiğinde, un verimi üzerine yıl çevre faktörünün istatistik olarak önemli olmadığı (P>0.05), sulama grupları arasındaki farkın ise önemli olduğu (P<0.05), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı (P>0.05) görülmektedir. Bu nedenle denemenin iki yıl ortalama un verimleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında ortalama un verimleri %66.9 ile %71.4 arasında değişmiştir. En yüksek un verimi S₁ konusundan ortalama %71.4 olarak elde edilirken, en düşük un verimi ortalama %66.9 olarak S₁₄ konusundan elde edilmiştir. S₁ konusundan sonraki en yüksek un verimi ise buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusundan ortalama %71.2 olarak elde edilmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusundan ortalama %69.0, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut

neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusundan ise ortalama %68.3 un verimi elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S₅, S₈, ve S₁₁ konularından ortalama un verimleri sırasıyla; %70.3, %70.3 ve %70.8 olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S₆, S₉, ve S₁₂ konularından alınan ortalama un verimleri sırasıyla; %68.0, %68.3 ve %68.6 olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde sulama yapılan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ konularından alınan ortalama un verimleri sırasıyla; %67.2, %67.6 ve %68.1 olarak gerçekleşmiştir.

Araştırma konularından elde edilen un verimleri arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4. 18. Araştırma konularından elde edilen un verimlerine ilişkin Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	1.085	0.5426	0.60	0.554
Yıl	1	0.840	0.8400	0.92	0.341
Konu	13	178.590	13.7377	15.10	0.001
Yıl x Konu	13	10.951	0.8424	0.93	0.534
Hata	54	49.142	0.9100		
Genel	83	240.608			

Varyans analiz sonuçlarına göre, un verimi üzerine yıl çevre faktörünün istatistik olarak önemli olmadığı ($P>0.05$), sulama grupları arasındaki farkın ise önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17’den görüleceği gibi buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₁, S₅ ve S₈ konuları aynı grupta yer almıştır. Buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın

mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₂ konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₉ konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₃ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₆ konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₀ ve S₇ konuları ile yağışa bağlı konu olan S₁₄ konusu aynı grupta yer almıştır.

4.10. Kalite göstergeleri

4.10.1. Bin tane ağırlığı

Araştırma konularından elde edilen bin tane ağırlığı (g) ortalamaları ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4. 19. Konuların bin tane ağırlığı ortalamaları (g) ve standart hataları

Konular	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	44.1±0.92	50.1±0.92	47.1±0.65 ^a
S ₂	42.6±0.92	48.8±0.92	45.7±0.65 ^{ab}
S ₃	35.0±0.92	45.3±0.92	40.1±0.65 ^{cd}
S ₄	33.4±0.92	40.3±0.92	36.9±0.65 ^{efg}
S ₅	38.7±0.92	46.5±0.92	42.6±0.65 ^{bc}
S ₆	32.5±0.92	43.0±0.92	37.7±0.65 ^{def}
S ₇	30.1±0.92	39.7±0.92	34.9±0.65 ^{fg}
S ₈	39.6±0.92	47.9±0.92	43.7±0.65 ^b
S ₉	34.0±0.92	45.2±0.92	39.6±0.65 ^{cde}
S ₁₀	31.5±0.92	39.8±0.92	35.6±0.65 ^{fg}
S ₁₁	41.3±0.92	48.0±0.92	44.6±0.65 ^{ab}
S ₁₂	34.6±0.92	45.2±0.92	39.9±0.65 ^{cde}
S ₁₃	32.6±0.92	40.0±0.92	36.3±0.65 ^{fg}
S ₁₄	29.6±0.92	39.1±0.92	34.4±0.65 ^g
Genel	35.7±0.25	44.2±0.25	

P_{Yıl}: 0.001 ; P_{Konu}: 0.001; P_{Yıl x Konu}: 0.063

^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.19 incelendiğinde, bin tane ağırlığı üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı ($P>0.05$) görülmektedir. Bu nedenle denemenin iki yıl ortalama bin tane ağırlıkları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında ortalama bin tane ağırlıkları 34.4 ile 47.1gr arasında değişmiştir. En yüksek bin tane ağırlığı S_1 konusundan ortalama 47.1gr olarak elde edilirken, en düşük bin tane ağırlığı ortalama 34.4gr olarak kontrol konusu da olan yağışa bağlı S_{14} konusundan elde edilmiştir. S_1 konusundan sonra en yüksek bin tane ağırlığı buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_2 konusundan ortalama 45.7gr olarak elde edilmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusundan ortalama 40.1gr, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusundan ise ortalama 36.9gr bin tane ağırlığı elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S_5 , S_8 , ve S_{11} konularından ortalama bin tane ağırlıkları sırasıyla; 42.6, 43.7 ve 44.6gr olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S_6 , S_9 , ve S_{12} konularından alınan ortalama bin tane ağırlıkları sırasıyla; 37.7, 39.6 ve 39.9gr olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde sulama yapılan; S_7 , S_{10} , ve S_{13} konularından alınan ortalama bin tane ağırlıkları sırasıyla; 34.9, 35.6 ve 36.3gr olarak gerçekleşmiştir.

Araştırma konularından elde edilen bin tane ağırlıkları arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4. 20. Araştırma konularından elde edilen bin tane ağırlıklarına ilişkin Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	0.27	0.14	0.05	0.947
Yıl	1	1525.34	1525.34	601.95	0.001
Konu	13	1381.37	106.26	41.93	0.001
Yıl x Konu	13	60.0	4.62	1.82	0.063
Hata	54	136.84	2.53		
Genel	83	3103.82			

Varyans analiz sonuçlarına göre, bin tane ağırlıkları üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19’dan görüleceği gibi buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S_1 konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_2 konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{11} konusu aynı grupta yer almıştır. Buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_8 ve S_5 konuları, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_{12} ve S_9 konuları aynı grupta yer almıştır. Buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_6 konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_{13} , S_{10} ve S_7 konuları ile yağışa bağlı konu olan S_{14} konusu aynı grupta yer almıştır.

4.10.2. Hektolitre ağırlığı

Araştırma konularından elde edilen hektolitre ağırlığı (kg) ortalamaları ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4. 21. Konuların hektolitreye ağırlığı ortalamaları (kg) ve standart hataları

Konular	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	80.1±0.48 ^{ab}	81.8±0.48 ^a	81.0±0.34
S ₂	79.9±0.48 ^{ab}	81.7±0.48 ^a	80.8±0.34
S ₃	77.2±0.48 ^{cde}	81.2±0.48 ^{ab}	79.2±0.34
S ₄	76.4±0.48 ^{de}	80.6±0.48 ^{ab}	78.5±0.34
S ₅	78.9±0.48 ^{bcd}	81.3±0.48 ^{ab}	80.1±0.34
S ₆	76.4±0.48 ^{de}	80.8±0.48 ^{ab}	78.6±0.34
S ₇	74.9±0.48 ^e	79.9±0.48 ^{ab}	77.4±0.34
S ₈	78.9±0.48 ^{bcd}	81.5±0.48 ^a	80.2±0.34
S ₉	76.5±0.48 ^{de}	81.0±0.48 ^{ab}	78.8±0.34
S ₁₀	75.8±0.48 ^e	80.3±0.48 ^{ab}	78.0±0.34
S ₁₁	79.7±0.48 ^{abc}	81.6±0.48 ^a	80.7±0.34
S ₁₂	76.9±0.48 ^{de}	81.0±0.48 ^{ab}	79.0±0.34
S ₁₃	76.1±0.48 ^e	80.5±0.48 ^{ab}	78.3±0.34
S ₁₄	74.7±0.48 ^e	79.8±0.48 ^{abc}	77.3±0.34
Genel	77.3±0.13	80.9±0.13	

P_{Yıl}: 0.001 ; P_{Konu}: 0.001; P_{Yıl x Konu}: 0.001^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.21 incelendiğinde, hektolitreye ağırlığı üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu (P<0.05), yıl ve sulama grupları arasında da interaksiyon olduğu (P<0.05) görülmektedir. Bu nedenle konuların hektolitreye ağırlıkları deneme sezonları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında ortalama hektolitreye ağırlıkları 81.8 ile 74.7kg arasında değişmiştir. En yüksek hektolitreye ağırlığı 2019-2020 üretim sezonunda S₁ konusundan ortalama 81.8 kg olarak elde edilirken, en düşük hektolitreye ağırlığı ise 2018-2019 üretim sezonunda ortalama 74.7kg olarak kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusundan elde edilmiştir. Buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusunda 2018-2019 üretim sezonunda ortalama 80.1kg hektolitreye ağırlığı elde edilirken, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusundan 2018-2019 üretim sezonunda 79.9kg, 2019-2020 üretim sezonunda ise 81.7kg olarak elde edilmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusundan üretim sezonları sırasıyla ortalama 77.2 ve 81.2kg, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın

mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusundan ise ortalama 76.4 ve 80.6kg hektolitre ağırlığı elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S₅, S₈, ve S₁₁ konularından ortalama hektolitre ağırlıkları üretim sezonlarına göre sırasıyla; 78.9, 81.3kg; 78.9, 81.5kg ve 79.7, 81.6kg olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S₆, S₉, ve S₁₂ konularından alınan ortalama hektolitre ağırlıkları sırasıyla; 76.4, 80.8kg; 76.5, 81.0kg ve 76.9, 81.0kg olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde sulama yapılan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ konularından alınan ortalama hektolitre ağırlıkları sırasıyla; 74.9, 79.9kg; 75.8, 80.3kg ve 76.1, 80.5kg olarak gerçekleşmiştir. Denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusunda 2019-2020 üretim sezonunda ortalama hektolitre ağırlığı 79.8kg olarak gerçekleşmiştir.

Araştırma konularından elde edilen hektolitre ağırlıkları arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4. 22. Araştırma konularından elde edilen hektolitre ağırlıklarına ilişkin Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	0.034	0.017	0.02	0.976
Yıl	1	276.243	276.243	406.44	0.001
Konu	13	119.726	9.210	13.55	0.001
Yıl x Konu	13	30.087	2.314	3.41	0.001
Hata	54	36.702	0.680		
Genel	83	462.791			

Varyans analiz sonuçlarına göre, hektolitre ağırlığı üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında da interaksiyon olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21’den görüleceği gibi 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu

uygulanan S₁₁, S₈ ve S₅ konuları, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₂, S₉ ve S₆ konuları, buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₃ ve S₁₀ konuları, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₇ konusu aynı grupta yer alırken, 2019-2020 üretim sezonunda yağışa bağlı konu olan S₁₄ konusu, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₁, S₈ ve S₅ konuları aynı grupta yer almıştır. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₂, S₉ ve S₆ konuları, buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusu aynı grupta yer alırken, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₃, S₁₀, S₇ ve S₁₄ konuları aynı grupta yer almıştır.

4.10.3. Protein oranı

Araştırma konularından elde edilen protein oranı (%) ortalamaları ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.23'de verilmiştir.

Çizelge 4. 23. Konuların protein oranı ortalamaları (%) ve standart hataları

Konular	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	13.0±0.23 ^g	13.5±0.23 ^{d-g}	13.2±0.16
S ₂	13.1±0.23 ^{fg}	13.7±0.23 ^{c-g}	13.4±0.16
S ₃	14.0±0.23 ^{b-g}	13.9±0.23 ^{c-g}	14.0±0.16
S ₄	14.6±0.23 ^{a-d}	14.1±0.23 ^{a-g}	14.3±0.16
S ₅	13.6±0.23 ^{d-g}	14.0±0.23 ^{b-g}	13.8±0.16
S ₆	14.4±0.23 ^{a-e}	14.2±0.23 ^{a-g}	14.3±0.16
S ₇	15.2±0.23 ^{ab}	14.5±0.23 ^{a-d}	14.9±0.16
S ₈	13.2±0.23 ^{efg}	13.9±0.23 ^{c-g}	13.6±0.16
S ₉	14.3±0.23 ^{a-f}	14.2±0.23 ^{a-g}	14.2±0.16
S ₁₀	14.9±0.23 ^{abc}	14.5±0.23 ^{a-e}	14.7±0.16
S ₁₁	13.1±0.23 ^{fg}	13.8±0.23 ^{c-g}	13.5±0.16
S ₁₂	14.2±0.23 ^{a-g}	13.9±0.23 ^{b-g}	14.1±0.16
S ₁₃	14.9±0.23 ^{abc}	14.2±0.23 ^{a-g}	14.6±0.16
S ₁₄	15.3±0.23 ^a	15.0±0.23 ^{abc}	15.1±0.16
Genel	14.1±0.06	14.1±0.06	
P _{Yıl} : 0.733 ; P _{Konu} : 0.001 ; P _{Yıl x Konu} : 0.011			

^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.23 incelendiğinde, protein oranı üzerine yıl çevre faktörünün istatistik olarak önemli olmadığı (P>0.05), sulama grupları arasındaki farkın ise önemli olduğu (P<0.05), yıl ve sulama grupları arasında da interaksiyon olduğu (P<0.05) görülmektedir. Bu nedenle konuların protein oranları deneme sezonları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında ortalama protein oranları %13.0 ile %15.3 arasında değişmiştir. En yüksek protein oranı kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusundan 2018-2019 üretim sezonunda ortalama %15.3 olarak elde edilirken, en düşük protein oranı ortalama %13.0 olarak 2018-2019 üretim sezonunda S₁ konusundan elde edilmiştir. Buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusunda 2019-2020 üretim sezonunda ortalama protein oranı %13.5 olarak elde edilirken, buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusundan 2018-2019 üretim sezonunda ortalama %13.1, 2019-2020 üretim sezonunda ise ortalama %13.7 protein oranı elde edilmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusundan üretim sezonu sırasıyla ortalama %14.0 ve %13.9, buğdayın sadece sapa

kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusundan ise ortalama %14.6 ve %14.1 protein oranı elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S₅, S₈, ve S₁₁ konularından ortalama protein oranları üretim sezonları sırasıyla; %13.6, %14.0; %13.2, %13.9 ve %13.1, %13.8 olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S₆, S₉, ve S₁₂ konularından alınan ortalama protein oranları sırasıyla; %14.4, %14.2; %14.3, %14.2 ve %14.2, %13.9 olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde sulama yapılan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ konularından alınan ortalama protein oranları sırasıyla; %15.2, %14.5; %14.9, %14.5 ve %14.9, %14.2 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusundan 2019-2020 üretim sezonunda ortalama protein oranı %15.0 olarak elde edilmiştir.

Araştırma konularından elde edilen protein oranları arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4. 24. Araştırma konularından elde edilen protein oranlarına ilişkin Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	1.0723	0.53617	3.29	0.045
Yıl	1	0.0192	0.01920	0.12	0.733
Konu	13	26.7096	2.05459	12.60	0.001
Yıl x Konu	13	5.1852	0.39886	2.45	0.011
Hata	54	8.8074	0.16310		
Genel	83	41.7938			

Varyans analiz sonuçlarına göre, protein oranı üzerine yıl çevre faktörünün istatistik olarak önemli olmadığı ($P>0.05$), sulama grupları arasındaki farkın ise önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında da interaksyon olduğu ($P<0.05$) görülmektedir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23’den görüleceği gibi 2018-2019 üretim sezonunda denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₇ konusu, 2019-2020 üretim sezonunda denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusu ve 2018-2019 üretim sezonunda

buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₁₀ ve S₁₃ konuları aynı gruba girmiştir. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₇ ve S₁₀ konuları, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₆ konusu aynı gruba girmiştir. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₉ konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₃ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₆ konusu, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₂ konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₉ konusu ve buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusu aynı gruba girmiştir. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusu, 2019-2020 üretim sezonlarında buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₅ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₂ konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₈ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₁ konusu ve buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu aynı gruba girmiştir. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₅ konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu ve 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₈ konusu aynı gruba girmiştir. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₁ konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut

neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu ve buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu aynı gruba girmiştir.

4.10.4. Kuru glüten

Araştırma konularından elde edilen kuru glüten (%) ortalamalarına ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4. 25. Konuların kuru glüten ortalamaları (%) ve standart hataları

Konular	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	11.4±0.22 ^{hi}	11.3±0.22 ⁱ	11.3±0.15
S ₂	11.5±0.22 ^{ghi}	11.5±0.22 ^{ghi}	11.5±0.15
S ₃	12.4±0.22 ^{b-i}	11.7±0.22 ^{e-i}	12.0±0.15
S ₄	13.0±0.22 ^{a-d}	11.9±0.22 ^{d-i}	12.5±0.15
S ₅	12.0±0.22 ^{d-i}	11.7±0.22 ^{e-i}	11.8±0.15
S ₆	12.8±0.22 ^{a-e}	11.9±0.22 ^{d-i}	12.3±0.15
S ₇	13.6±0.22 ^{ab}	12.2±0.22 ^{c-i}	12.9±0.15
S ₈	11.6±0.22 ^{e-i}	11.6±0.22 ^{e-i}	11.6±0.15
S ₉	12.7±0.22 ^{a-f}	11.8±0.22 ^{e-i}	12.3±0.15
S ₁₀	13.3±0.22 ^{abc}	12.2±0.22 ^{c-i}	12.7±0.15
S ₁₁	11.5±0.22 ^{ghi}	11.6±0.22 ^{f-i}	11.5±0.15
S ₁₂	12.6±0.22 ^{a-g}	11.7±0.22 ^{e-i}	12.2±0.15
S ₁₃	13.3±0.22 ^{abc}	11.9±0.22 ^{d-i}	12.6±0.15
S ₁₄	13.7±0.22 ^a	12.5±0.22 ^{a-h}	13.1±0.15
Genel	12.5±0.06	11.8±0.06	

P_{Yıl}: 0.001 ; P_{Konu}: 0.001 ; P_{Yıl x Konu}: 0.001

^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.25 incelendiğinde, kuru glüten üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu (P<0.05), yıl ve sulama grupları arasında da interaksiyon olduğu (P<0.05) görülmektedir. Bu nedenle konuların kuru glütenleri deneme sezonları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında ortalama kuru glüten miktarları %11.3 ile %13.7 arasında değişmiştir. En yüksek kuru glüten 2018-2019 üretim sezonunda denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusundan ortalama %13.7 olarak elde edilirken, en düşük kuru glüten ortalama %11.3 olarak 2019-2020 üretim sezonunda S₁ konusundan elde edilmiştir.

Buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusunda 2018-2019 üretim sezonunda ortalama kuru glüten %11.4 olarak elde edilirken, buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusundan her iki üretim sezonunda da ortalama %11.5 kuru glüten elde edilmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusundan üretim sezonu sırasıyla ortalama %12.4 ve %11.7, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusundan ise ortalama %13.0 ve %11.9 kuru glüten elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S₅, S₈, ve S₁₁ konularının ortalama kuru glütenleri üretim sezonu sırasıyla; %12.0, %11.7; %11.6, %11.6 ve %11.5, %11.6 olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S₆, S₉, ve S₁₂ konularının ortalama kuru glütenleri sırasıyla; %12.8, %11.9; %12.7, %11.8 ve %12.6, %11.7 olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde sulama yapılan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ konularının ortalama kuru glütenleri sırasıyla; %13.6, %12.2; %13.3, %12.2 ve %13.3, %11.9 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusundan 2019-2020 üretim sezonunda ortalama kuru glüten %12.5 olarak elde edilmiştir.

Araştırma konularından elde edilen kuru glüten değerleri arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4. 26. Araştırma konularından elde edilen kuru glütenlerine ilişkin Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	0.7019	0.3510	2.51	0.0910
Yıl	1	10.7555	10.7555	76.82	0.001
Konu	13	24.4122	1.8779	13.41	0.001
Yıl x Konu	13	5.8423	0.4494	3.21	0.001
Hata	54	7.5600	0.1400		
Genel	83	49.2720			

Varyans analiz sonuçlarına göre, kuru glüten üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında da interaksiyon olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25’den görüleceği gibi 2018-2019 üretim sezonunda denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S_{14} konusu ve buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_7 konusu aynı gruba girmiştir. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_{10} , S_{13} konuları ve buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusu aynı grupta yer almıştır. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_6 , S_9 , S_{12} konuları ve 2019-2020 üretim sezonunda denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S_{14} konusu aynı grupta yer almıştır. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_7 ve S_{10} konuları aynı gruba girmiştir. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_5 konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{13} konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_6 konusu aynı grupta yer almıştır. 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_9 ve S_{12} konuları, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_5 konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_8 konusu, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_8 konusu ve 2019-2020 üretim sezonunda , buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{11} konusu aynı grupta yer almıştır. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{11}

konusu, 2019 -2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu ve 2018 -2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu aynı grupta yer alırken, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu ve 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konuları ayrı ayrı grupta yer almıştır.

4.10.5. Yaş glüten

Araştırma konularından elde edilen yaş glüten (%) ortalamaları ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4. 27. Konuların yaş glüten ortalamaları (%) ve standart hataları

Konular	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	35.0±0.69 ^g	37.8±0.69 ^{b-g}	36.4±0.48
S ₂	35.3±0.69 ^{fg}	38.6±0.69 ^{a-g}	36.9±0.48
S ₃	37.8±0.69 ^{a-g}	39.2±0.69 ^{a-d}	38.5±0.48
S ₄	39.5±0.69 ^{a-d}	39.6±0.69 ^{abc}	39.5±0.48
S ₅	36.7±0.69 ^{c-g}	39.1±0.69 ^{a-e}	37.9±0.48
S ₆	38.9±0.69 ^{a-f}	39.6±0.69 ^{abc}	39.2±0.48
S ₇	41.1±0.69 ^{ab}	40.9±0.69 ^{ab}	41.0±0.48
S ₈	35.7±0.69 ^{d-g}	39.1±0.69 ^{a-f}	37.4±0.48
S ₉	38.7±0.69 ^{a-g}	39.5±0.69 ^{abc}	39.1±0.48
S ₁₀	40.3±0.69 ^{abc}	40.7±0.69 ^{ab}	40.5±0.48
S ₁₁	35.3±0.69 ^{efg}	38.9±0.69 ^{a-f}	37.1±0.48
S ₁₂	38.3±0.69 ^{a-g}	39.3±0.69 ^{a-d}	38.8±0.48
S ₁₃	40.1±0.69 ^{abc}	39.8±0.69 ^{abc}	40.0±0.48
S ₁₄	41.4±0.69 ^{ab}	41.6±0.69 ^a	41.5±0.48
Genel	38.1±0.18	39.6±0.18	

P_{Yıl}: 0.001 ; P_{Konu}: 0.001; P_{Yıl x Konu}: 0.029

^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.27 incelendiğinde, yaş glüten üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında da interaksiyon olduğu ($P<0.05$) görülmektedir. Bu nedenle konuların yaş glütenleri deneme sezonları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında yaş glüten miktarları ortalama %35.0 ile %41.6 arasında değişmiştir. En yüksek yaş glüten 2019-2020 üretim sezonunda denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S_{14} konusundan ortalama %41.6 olarak elde edilirken, en düşük yaş glüten 2018-2019 üretim sezonunda ortalama %35.0 olarak S_1 konusundan elde edilmiştir. Buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S_1 konusunda 2019-2020 üretim sezonunda ortalama yaş glüten %37.8 olarak elde edilirken, buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_2 konusundan 2018-2019 üretim sezonunda ortalama %35.3, 2019-2020 üretim sezonunda ise ortalama %38.6 yaş glüten elde edilmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusundan üretim sezonu sırasıyla ortalama %37.8 ve %39.2, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusundan ise ortalama %39.5 ve %39.6 yaş glüten elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S_5 , S_8 , ve S_{11} konularının ortalama yaş glütenleri sırasıyla; %36.7, %39.1; %35.7, %39.1 ve %35.3, %38.9 olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S_6 , S_9 , ve S_{12} konularının ortalama yaş glütenleri sırasıyla; %38.9, %39.6; %38.7, %39.5 ve %38.3, %39.3 olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde sulama yapılan; S_7 , S_{10} , ve S_{13} konularının ortalama yaş glütenleri sırasıyla; %41.1, %40.9; %40.3, %40.7 ve %40.1, %39.8 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S_{14} konusundan 2018-2019 üretim sezonunda ortalama yaş glüten %41.4 olarak elde edilmiştir.

Araştırma konularından elde edilen yaş glüten değerleri arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4. 28. Araştırma konularından elde edilen yaş glütenlerine ilişkin Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	23.67	11.836	8.40	0.001
Yıl	1	42.09	42.089	29.85	0.001
Konu	13	191.35	14.719	10.44	0.001
Yıl x Konu	13	38.42	2.955	2.10	0.029
Hata	54	76.13	1.410		
Genel	83	371.66			

Varyans analiz sonuçlarına göre, yaş glüten üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında da interaksiyon olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27’den görüleceği gibi 2019-2020 üretim sezonu ve 2018-2019 üretim sezonunda denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S_{14} konusu, 2018-2019 üretim sezonunda ve 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_7 konusu ve 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{10} konusu aynı grupta yer almıştır. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{10} konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{13} konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{13} konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_6 ve S_9 konuları aynı grupta yer almıştır. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{12} konusu ve buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusu aynı gruba girmiştir. 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_5 , S_8 ve S_{11} konuları, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_6 ve S_9 konuları, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum

dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₂ konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu aynı grupta yer almıştır. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S₅, S₈ ve S₁₁ konuları ve buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusu aynı gruba girerken, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu ayrı bir grupta yer almıştır.

4.10.6. Zeleny Sedimentasyon

Araştırma konularından elde edilen Zeleny sedimentasyon (ml) ortalamaları ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4. 29. Konuların Zeleny sedimentasyon ortalamaları (ml) ve standart hataları

Konular	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	41.0±1.99	47.0±1.99	44.0±1.41 ^f
S ₂	46.7±1.99	49.3±1.99	48.0±1.41 ^{ef}
S ₃	56.0±1.99	53.0±1.99	54.5±1.41 ^{a-e}
S ₄	58.3±1.99	56.0±1.99	57.2±1.41 ^{abc}
S ₅	51.3±1.99	52.0±1.99	51.7±1.41 ^{b-e}
S ₆	58.0±1.99	56.3±1.99	57.2±1.41 ^{abc}
S ₇	61.7±1.99	57.7±1.99	59.7±1.41 ^a
S ₈	49.7±1.99	51.3±1.99	50.5±1.41 ^{c-f}
S ₉	57.0±1.99	54.7±1.99	55.8±1.41 ^{a-d}
S ₁₀	60.7±1.99	57.0±1.99	58.8±1.41 ^a
S ₁₁	47.7±1.99	50.7±1.99	49.2±1.41 ^{def}
S ₁₂	55.7±1.99	54.3±1.99	55.0±1.41 ^{a-d}
S ₁₃	58.7±1.99	56.3±1.99	57.5±1.41 ^{ab}
S ₁₄	62.0±1.99	58.3±1.99	60.2±1.41 ^a
Genel	54.6±0.53	53.9±0.53	

P_{Yıl}: 0.331 ; P_{Konu}: 0.001 ; P_{Yıl x Konu}: 0.325

^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.29 incelendiğinde, Zeleny sedimantasyon üzerine yıl çevre faktörünün istatistik olarak önemli olmadığı ($P>0.05$), sulama grupları arasındaki farkın ise önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı ($P>0.05$) görülmektedir. Bu nedenle denemenin iki yıl ortalama Zeleny sedimantasyon miktarları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında ortalama Zeleny sedimantasyon değerleri 44.0ml ile 60.2ml arasında değişmiştir. En yüksek Zeleny sedimantasyon değeri yağışa bağlı S_{14} konusundan ortalama 60.2ml olarak elde edilirken, en düşük Zeleny sedimantasyon değeri ortalama 44.0ml olarak S_1 konusundan elde edilmiştir. S_{14} konusundan sonra en yüksek Zeleny sedimantasyon değeri ise S_7 konusundan ortalama 59.7ml olarak elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_2 konusunda Zeleny sedimantasyon değeri ortalama 48.0ml olarak elde edilmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusundan ortalama 54.5ml, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusundan ise ortalama 57.2ml Zeleny sedimantasyon değeri elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S_5 , S_8 , ve S_{11} konularının ortalama Zeleny sedimantasyon değerleri sırasıyla; 51.7, 50.5 ve 49.2ml olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S_6 , S_9 ve S_{12} konularında ortalama Zeleny sedimantasyon değerleri sırayla; 57.2, 55.8 ve 55.0ml olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde sulama yapılan; S_{10} ve S_{13} konularında ortalama Zeleny sedimantasyon değerleri sırayla; 58.8 ve 57.5ml olarak gerçekleşmiştir.

Araştırma konularından elde edilen Zeleny sedimantasyon değerleri arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4. 30. Araştırma konularından elde edilen Zeleny sedimantasyon Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	45.24	22.62	1.91	0.159
Yıl	1	11.44	11.44	0.96	0.331
Konu	13	1840.54	141.58	11.93	0.001
Yıl x Konu	13	180.73	13.90	1.17	0.325
Hata	54	640.76	11.87		
Genel	83	2718.70			

Varyans analiz sonuçlarına göre, Zeleny sedimantasyon üzerine yıl çevre faktörünün istatistik olarak önemli olmadığı ($P>0.05$), sulama grupları arasındaki farkın ise önemli olduğu ($P<0.05$), yıl ve sulama grupları arasında ise interaksiyon olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29’dan görüleceği gibi yağışa bağlı konu olan S_{14} konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_7 ve S_{10} konuları aynı grupta yer almıştır. Buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{13} konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_6 konusu, buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_9 ve S_{12} konuları, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusu aynı grupta yer almıştır. Buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_5 , S_8 ve S_{11} konuları, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_2 konusu aynı grupta yer alırken buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S_1 konusu diğer konulardan ayrı bir gruba girmiştir.

4.10.7. Tane iriliği

Araştırmada hasat edilen buğday tanelerinin 2.5-2.8 mm elekten elenerek yüzde olarak ifade edilen tane iriliği ortalamaları (%) ve standart hatalarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4. 31. Konuların tane iriliği ortalamaları (%) ve standart hataları

Konular	Yıl		Genel
	2018-2019	2019-2020	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
S ₁	93.1±1.93 ^{ab}	98.6±1.93 ^a	95.8±1.36
S ₂	91.3±1.93 ^{ab}	98.2±1.93 ^a	94.7±1.36
S ₃	72.7±1.93 ^c	96.3±1.93 ^{ab}	84.5±1.36
S ₄	65.8±1.93 ^{cde}	91.0±1.93 ^{ab}	78.4±1.36
S ₅	85.7±1.93 ^b	96.7±1.93 ^a	91.2±1.36
S ₆	68.6±1.93 ^{cd}	94.2±1.93 ^{ab}	81.4±1.36
S ₇	55.7±1.93 ^e	89.2±1.93 ^{ab}	72.5±1.36
S ₈	88.6±1.93 ^{ab}	97.3±1.93 ^a	92.9±1.36
S ₉	70.3±1.93 ^{cd}	95.2±1.93 ^{ab}	82.7±1.36
S ₁₀	60.9±1.93 ^{de}	89.5±1.93 ^{ab}	75.2±1.36
S ₁₁	90.8±1.93 ^{ab}	97.4±1.93 ^a	94.1±1.36
S ₁₂	71.7±1.93 ^c	95.8±1.93 ^{ab}	83.8±1.36
S ₁₃	65.5±1.93 ^{cde}	90.4±1.93 ^{ab}	77.9±1.36
S ₁₄	55.4±1.93 ^e	87.9±1.93 ^{ab}	71.7±1.36
Genel	74.0±0.52	94.1±0.52	

P_{Yıl}: 0.001 ; P_{Konu}: 0.001 ; P_{Yıl x Konu}: 0.001

^{a,b,c}: Aynı sütundaki farklı üst simgeler önemli farklılıklar göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.31 incelendiğinde, tane iriliği üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu (P<0.05), yıl ve sulama grupları arasında da interaksiyon olduğu (P<0.05) görülmektedir. Bu nedenle konuların tane irilikleri deneme sezonları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Konular arasında ortalama tane irilikleri %55.4 ile %98.6 arasında değişmiştir. En yüksek tane iriliği 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ının tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusundan ortalama %98.6 olarak elde edilirken, en düşük tane iriliği 2018-2019 üretim sezonunda ortalama %55.4 olarak kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusundan elde edilmiştir. Buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı

tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusunda 2018-2019 üretim sezonunda ortalama tane iriliği %93.1 olarak elde edilirken, buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusundan 2018-2019 üretim sezonunda ortalama %91.3, 2019-2020 üretim sezonunda ise ortalama %98.2 tane iriliği elde edilmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusundan üretim sezonu sırasıyla ortalama %72.7 ve %96.3, buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusundan ise ortalama %65.8 ve %91.0 tane iriliği elde edilmiştir. Buğdayın; sapa kalkma, başaklanma ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama yapılan; S₅, S₈, ve S₁₁ konularından ortalama tane irilikleri üretim sezonları sırasıyla; %85.7, %96.7; %88.6, %97.3 ve %90.8, %97.4 olarak gerçekleşmiştir. Yine buğdayın; sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde olmak üzere 2 sulama yapılan; S₆, S₉, ve S₁₂ konularından alınan ortalama tane irilikleri sırasıyla; %68.6, %94.2; %70.3, %95.2 ve %71.7, %95.8 olarak gerçekleşmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde sulama yapılan; S₇, S₁₀, ve S₁₃ konularından alınan ortalama tane irilikleri sırasıyla; %55.7, %89.2; %60.9, %89.5 ve %65.5, %90.4 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusundan 2019-2020 üretim sezonunda ortalama tane iriliği %87.9 olarak elde edilmiştir.

Araştırma konularından elde edilen tane irilikleri arasında değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizinin sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4. 32. Araştırma konularından elde edilen tane iriliklerine ilişkin Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	f	P
Blok	2	11.2	5.61	0.50	0.608
Yıl	1	8496.3	8496.27	761.26	0.001
Konu	13	5565.7	428.13	38.36	0.001
Yıl x Konu	13	1978.5	152.19	13.64	0.001
Hata	54	602.7	11.16		
Genel	83	16654.4			

Varyans analiz sonuçlarına göre, tane iriliği üzerine yıl çevre faktörünün ve sulama grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu ($P < 0.05$), yıl ve sulama

grupları arasında da interaksiyon olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Sulama alt grupları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.31’den görüleceği gibi 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S_1 konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_2 konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_{11} , S_8 ve S_5 konuları aynı grupta yer almıştır. 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusu, buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_{12} , S_9 ve S_6 konuları, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S_1 konusu, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_2 konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusu, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{11} konusu, 2019-2020 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_{13} , S_{10} ve S_7 konuları, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_8 konusu, 2019-2020 üretim sezonunda yağışa bağlı konu olan S_{14} konusu, 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_5 konusu aynı grupta yer almıştır. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_3 konusu ve buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{12} konusu aynı gruba girmiştir. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan S_9 ve S_6 konuları aynı grupta yer almıştır. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S_4 konusu ve buğdayın sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S_{13} konusu aynı gruba girmiştir. 2018-2019 üretim sezonunda buğdayın

sapa kalkma döneminde sabit miktarda sulama suyu uygulanan S₁₀, S₇ ve yağışa bağlı konu olan S₁₄ konusu ayrı ayrı grupta yer almıştır.

4.11. Su- Verim ve Kalite İlişkileri

4.11.1. Sulama suyu- tane verimi ilişkisi

Araştırma konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve konulardan elde edilen ortalama tane verimleri Çizelge 4.33’de ve grafiksel olarak Şekil 4.1.’de verilmiştir.

Çizelge 4. 33. Araştırma konularının sulama suyu ve tane verimleri

Konular	2018-2019 Üretim Sezonu		2019-2020 Üretim Sezonu	
	Sulama Suyu (mm)	Tane Verimi (kg/da)	Sulama Suyu (mm)	Tane Verimi (kg/da)
S ₁	320.2	826.7	324.8	837.8
S ₂	318.5	787.9	323.5	795.8
S ₃	200.4	715.1	201.9	716.2
S ₄	79.4	623.3	80.5	627.3
S ₅	150.0	722.6	150.0	734.5
S ₆	100.0	635.7	100.0	636.6
S ₇	50.0	513.4	50.0	519.2
S ₈	210.0	764.7	210.0	767.2
S ₉	140.0	663.0	140.0	677.1
S ₁₀	70.0	594.4	70.0	596.1
S ₁₁	270.0	768.0	270.0	769.5
S ₁₂	180.0	687.0	180.0	688.3
S ₁₃	90.0	621.7	90.0	624.6
S ₁₄	0.0	348.9	0.0	352.7

Çizelge 4.33’de görüleceği gibi her iki üretim sezonunda da en fazla sulanan konu buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu olmuş ve bu konuya üretim sezonlarına göre sırasıyla 320.2 mm ile 324.8 mm su verilmiştir. Ortalama tane verimlerine baktığımızda ise her iki üretim sezonunda da en yüksek verimin S₁ konusunda sırasıyla 826.7 kg/da ile 837.8 kg/da olduğu görülmektedir. En az tane verimi ise her iki üretim sezonunda da

denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S_{14} konusundan sırasıyla 348.9 kg/da ve 352.7 kg/da olarak elde edilmiştir.

Denemenin yürütüldüğü üretim sezonlarında uygulanan sulama suyu miktarları ile tane verimi arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 4.34’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi tane verimi ile sulama suyu arasında her iki üretim sezonunda da %0.001 önem seviyesinde pozitif yönde yüksek ilişki tespit edilmiştir. Sonuç olarak sulama suyu arttıkça tane veriminin de arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 4. 34. Sulama suyu tane verimi korelasyon katsayıları

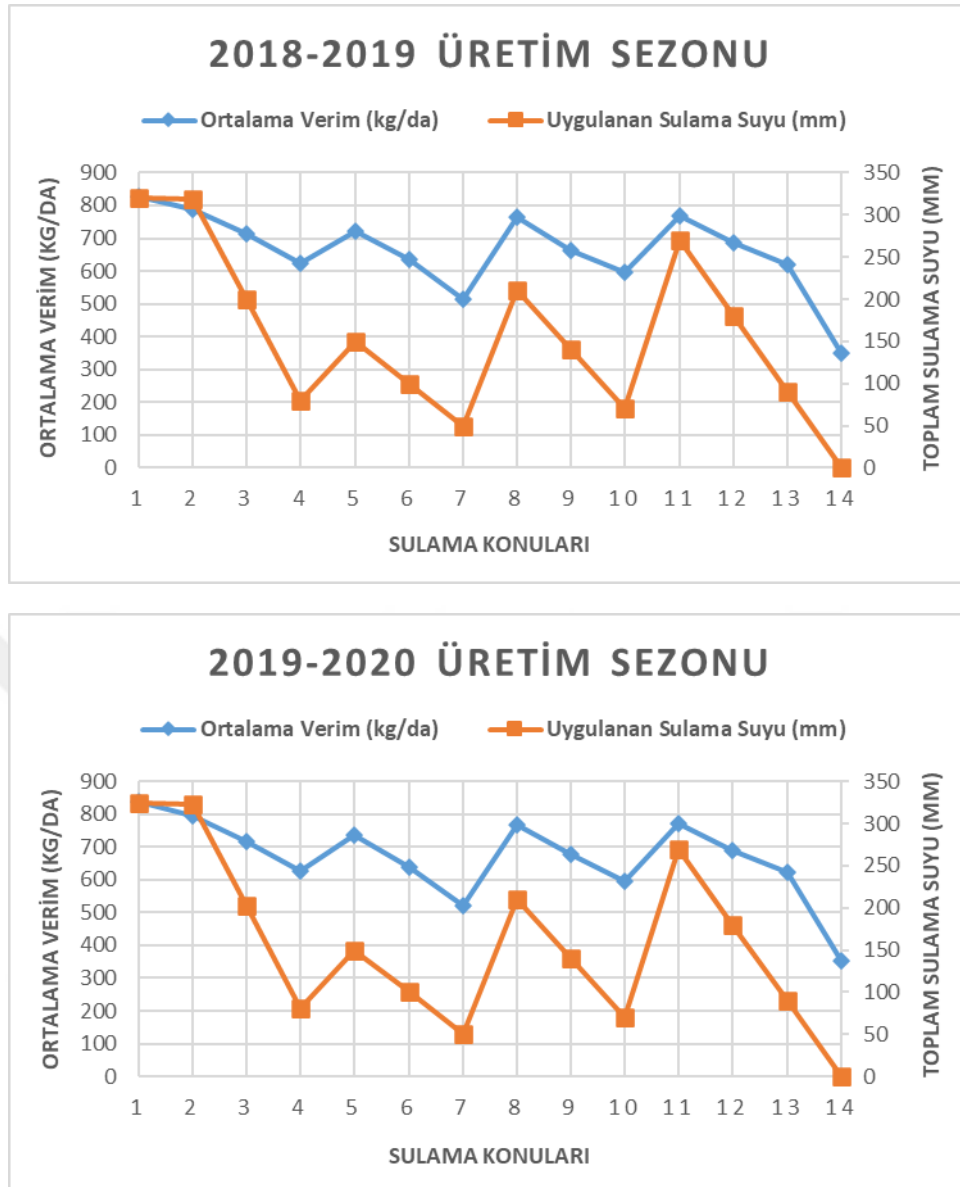
Değişken	Sulama Suyu	
	2018-2019	2019-2020
Tane Verimi (kg/da)	0.905 ***	0.904 ***

***: $P < 0.001$

Sulama suyu miktarı ve tane verimi değişkenleri arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısını belirlemek amacıyla Doğrusal Regresyon analizi yapılmış ve regresyon denklemleri ile R^2 , düzeltilmiş R^2 ve P değerleri Çizelge 4.35’de verilmiştir.

Çizelge 4. 35. Sulama suyu tane verimi regresyon denklemi

Üretim Sezonu	Değişken	Regresyon Denklemi	R^2	R^2 (adj)	P Değeri
2018-2019	Tane Verimi (kg/da)	$486.39523 + 1.13057 \times \text{Sulama Suyu}$	0.819	0.804	0.001
2019-2020		$491.34484 + 1.1248013 \times \text{Sulama Suyu}$	0.817	0.801	0.001



Şekil 4. 1. Araştırma konularının sulama suyu ve tane verimleri

4.11.2. Sulama suyu- un verimi ilişkisi

Araştırma konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve konulardan elde edilen ortalama un verimleri Çizelge 4.36'da ve grafiksel olarak Şekil 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 36. Araştırma konularının sulama suyu ve un verimleri

Konular	2018-2019 Üretim Sezonu		2019-2020 Üretim Sezonu	
	Sulama Suyu (mm)	Un Verimi (kg/da)	Sulama Suyu (mm)	Un Verimi (kg/da)
S ₁	320.2	594.7	324.8	593.4
S ₂	318.5	564.7	323.5	563.2
S ₃	200.4	493.1	201.9	494.2
S ₄	79.4	428.0	80.5	426.6
S ₅	150.0	510.6	150.0	513.6
S ₆	100.0	431.4	100.0	433.5
S ₇	50.0	342.2	50.0	351.9
S ₈	210.0	540.6	210.0	536.0
S ₉	140.0	452.0	140.0	463.8
S ₁₀	70.0	401.6	70.0	403.0
S ₁₁	270.0	549.3	270.0	539.7
S ₁₂	180.0	469.5	180.0	474.0
S ₁₃	90.0	423.9	90.0	424.7
S ₁₄	0.0	232.2	0.0	237.3

Çizelgeden de görüleceği gibi her iki üretim sezonunda da en fazla sulanan konu buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu olmuştur. Ortalama un verimlerine baktığımızda ise her iki üretim sezonunda da en yüksek verimin yine buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60'ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusunda sırasıyla 594.7 kg/da ile 593.4 kg/da olduğu görülmektedir. En az un verimi ise her iki üretim sezonunda da denemenin kontrol konusu da olan yağıza bağlı S₁₄ konusundan sırasıyla 232.2 kg/da ve 237.3 kg/da olarak elde edilmiştir.

Denemenin yürütüldüğü üretim sezonlarında uygulanan sulama suyu miktarları ile un verimi arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 4.37'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi un verimi ile sulama suyu arasında her iki üretim sezonunda da %0.001 önem seviyesinde pozitif yönde yüksek ilişki tespit edilmiştir. Sonuç olarak sulama suyu arttıkça un veriminin de arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 4. 37. Sulama suyu un verimi korelasyon katsayıları

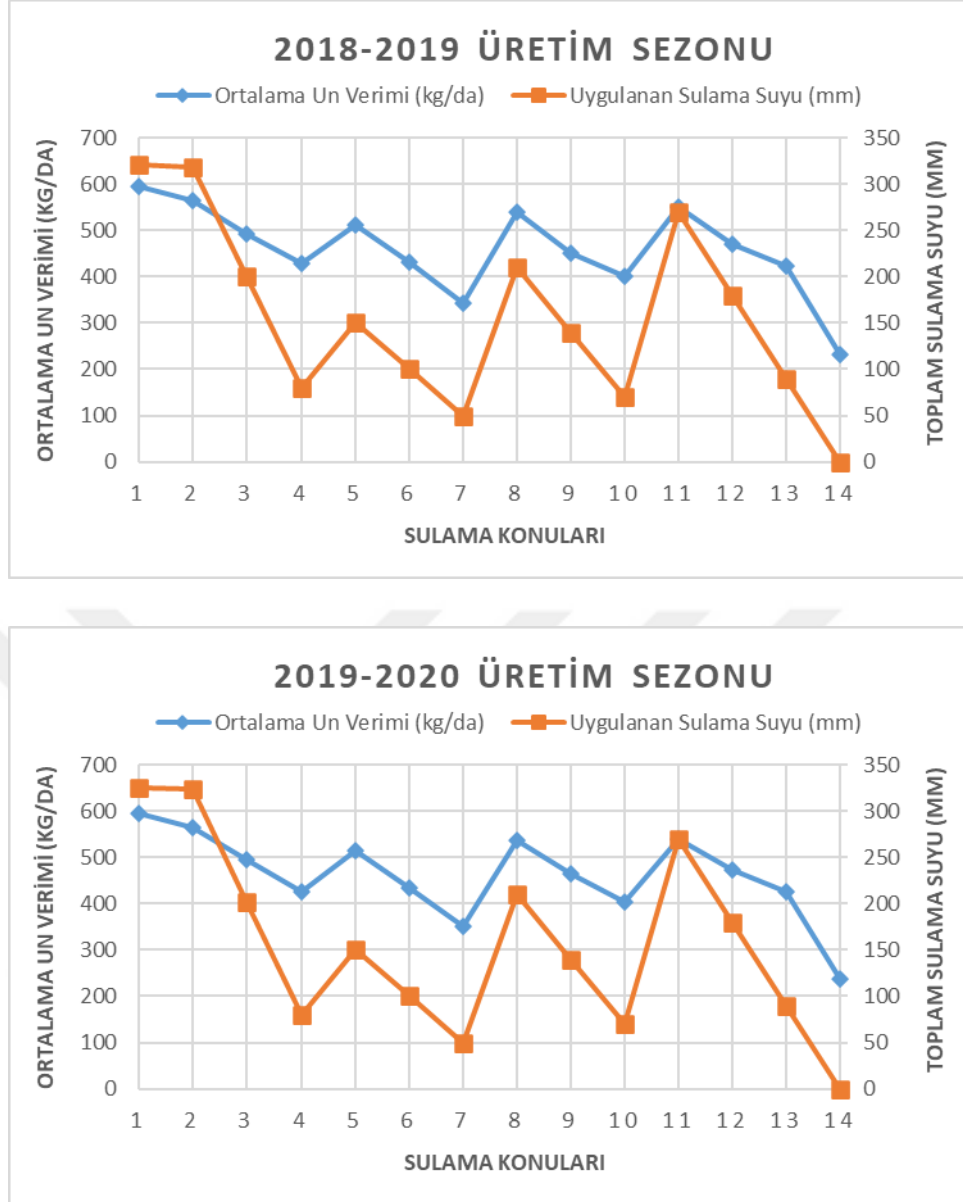
Değişken	Sulama Suyu	
	2018-2019	2019-2020
Un Verimi (%)	0.913 ***	0.950 ***

***: P<0.001

Sulama suyu miktarı ve un verimi değişkenleri arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısını belirlemek amacıyla Doğrusal Regresyon analizi yapılmış ve regresyon denklemleri ile R^2 , düzeltilmiş R^2 ve P değerleri Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Çizelge 4. 38. Sulama suyu un verimi regresyon denklemi

Üretim Sezonu	Değişken	Regresyon Denklemi	R^2	R^2 (adj)	P Değeri
2018-2019	Un Verimi (%)	66.459638 + 0.0169727xSulama Suyu	0.833	0.819	0.001
2019-2020		67.126703 + 0.0113508xSulama Suyu	0.902	0.894	0.001



Şekil 4. 2. Araştırma konularının sulama suyu ve un verimleri

4.11.3. Sulama suyu- kalite göstergeleri ilişkisi

Denemenin yürütüldüğü üretim sezonlarında uygulanan sulama suyu miktarları ile bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein, kuru glüten, yaş glüten, zeleny sedimantasyon ve tane iriliği arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 4.39'da verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve tane iriliği ile sulama suyu arasında her iki üretim sezonunda da %0.001 önem seviyesinde pozitif yönde yüksek ilişki tespit edilirken, protein, kuru glüten, yaş glüten ve zeleny sedimantasyon ile sulama suyu arasında her iki üretim sezonunda da %0.001 önem seviyesinde negatif yönde yüksek ilişki tespit

edilmiştir. Sonuç olarak sulama suyu arttıkça; bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve tane iriliği artarken, protein, kuru glüten, yaş glüten ve zeleny sedimantasyon değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 39. Sulama suyu kalite göstergeleri korelasyon katsayıları

Değişken	Sulama Suyu	
	2018-2019	2019-2020
Bin Tane Ağırlığı (gr)	0.945 ***	0.941 ***
Hektolitre Ağırlığı (kg)	0.932 ***	0.944 ***
Protein (%)	-0.944 ***	-0.913 ***
Kuru Glüten (%)	-0.945 ***	-0.925 ***
Yaş Glüten (%)	-0.945 ***	-0.909 ***
Zeleny Sedimantasyon (ml)	-0.937 ***	-0.962 ***
Tane İriliği (%)	0.922 ***	0.915 ***

***: P<0.001

Sulama suyu miktarı ve bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein, kuru glüten, yaş glüten, zeleny sedimantasyon ve tane iriliği değişkenleri arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısını belirlemek amacıyla Doğrusal Regresyon analizi yapılmış ve regresyon denklemleri ile R^2 , düzeltilmiş R^2 ve P değerleri Çizelge 4.40’da verilmiştir.

Çizelge 4. 40. Sulama suyu kalite göstergeleri regresyon denklemleri

Üretim Sezonu	Değişken	Regresyon Denklemi	R ²	R ² (adj)	P Değeri
2018-2019	Bin Tane Ağırlığı (g)	28.710266 + 0.0447814xSulama Suyu	0.893	0.884	0.001
2019-2020		38.570576 + 0.0359757xSulama Suyu	0.886	0.877	0.001
2018-2019	Hektolitire Ağırlığı (kg)	74.603062 + 0.0173363xSulama Suyu	0.869	0.858	0.001
2019-2020		79.970613 + 0.0061265xSulama Suyu	0.891	0.882	0.001
2018-2019	Protein (%)	15.345656 - 0.0078169xSulama Suyu	0.891	0.882	0.001
2019-2020		14.631087 - 0.0034168xSulama Suyu	0.833	0.819	0.001
2018-2019	Kuru Glüten (%)	13.748895 - 0.0078102xSulama Suyu	0.893	0.884	0.001
2019-2020		12.273685 - 0.0029085xSulama Suyu	0.855	0.843	0.001
2018-2019	Yaş Glüten (%)	41.43125 - 0.0211281xSulama Suyu	0.892	0.883	0.001
2019-2020		40.938838 - 0.0088254xSulama Suyu	0.826	0.811	0.001
2018-2019	Zeleny Sedimentasyon (ml)	63.899958 - 0.0597886xSulama Suyu	0.877	0.867	0.001
2019-2020		58.947134 - 0.0325329xSulama Suyu	0.926	0.92	0.001
2018-2019	Tane İriliği (%)	54.654389 + 0.1243555xSulama Suyu	0.85	0.838	0.001
2019-2020		88.829463 + 0.0338054xSulama Suyu	0.837	0.823	0.001

4.12. Su- Üretim Fonksiyonları

4.12.1. Su tüketimi- tane verimi ilişkisi

Araştırma konularının bitki su tüketimi (ETa) değerleri ile konulardan elde edilen ortalama tane verimleri Çizelge 4.41’de ve grafiksel olarak Şekil 4.3.’de verilmiştir.

Çizelge 4. 41. Araştırma konularının bitki su tüketimleri ve tane verimleri

Konular	2018-2019 Üretim Sezonu		2019-2020 Üretim Sezonu	
	Bitki Su Tüketimi (mm)	Tane Verimi (kg/da)	Bitki Su Tüketimi (mm)	Tane Verimi (kg/da)
S ₁	567.7	826.7	573.4	837.8
S ₂	566.3	787.9	570.7	795.8
S ₃	449.0	715.1	453.5	716.2
S ₄	327.1	623.3	333.7	627.3
S ₅	397.5	722.6	401.2	734.5
S ₆	349.7	635.7	352.8	636.6
S ₇	298.1	513.4	303.4	519.2
S ₈	457.7	764.7	461.0	767.2
S ₉	389.3	663.0	392.7	677.1
S ₁₀	317.9	594.4	323.8	596.1
S ₁₁	517.6	768.0	519.8	769.5
S ₁₂	428.5	687.0	430.7	688.3
S ₁₃	327.7	621.7	334.6	624.6
S ₁₄	258.9	348.9	260.3	352.7

Çizelge 4.41’de görüleceği gibi her iki üretim sezonunda da en yüksek bitki su tüketimi değeri, buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu olmuş ve bu konunun bitki su tüketimleri üretim sezonlarına göre sırasıyla 567.7 mm ve 573.4 mm olarak gerçekleşmiştir. Ortalama tane verimlerine baktığımızda ise her iki üretim sezonunda da en yüksek verimin S₁ konusunda sırasıyla 826.7 kg/da ile 837.8 kg/da olduğu görülmektedir. En az tane verimi ise her iki üretim sezonunda da denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusundan sırasıyla 348.9 kg/da ve 352.7 kg/da olarak elde edilmiştir.

Denemenin yürütüldüğü üretim sezonlarında bitki su tüketimleri ile tane verimi arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 4.42’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi tane verimi ile bitki su tüketimi arasında her iki üretim sezonunda da %0.001 önem seviyesinde pozitif yönde yüksek ilişki tespit edilmiştir. Sonuç olarak bitki su tüketimi arttıkça tane veriminin de arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 42. Bitki su tüketimi tane verimi korelasyon katsayıları

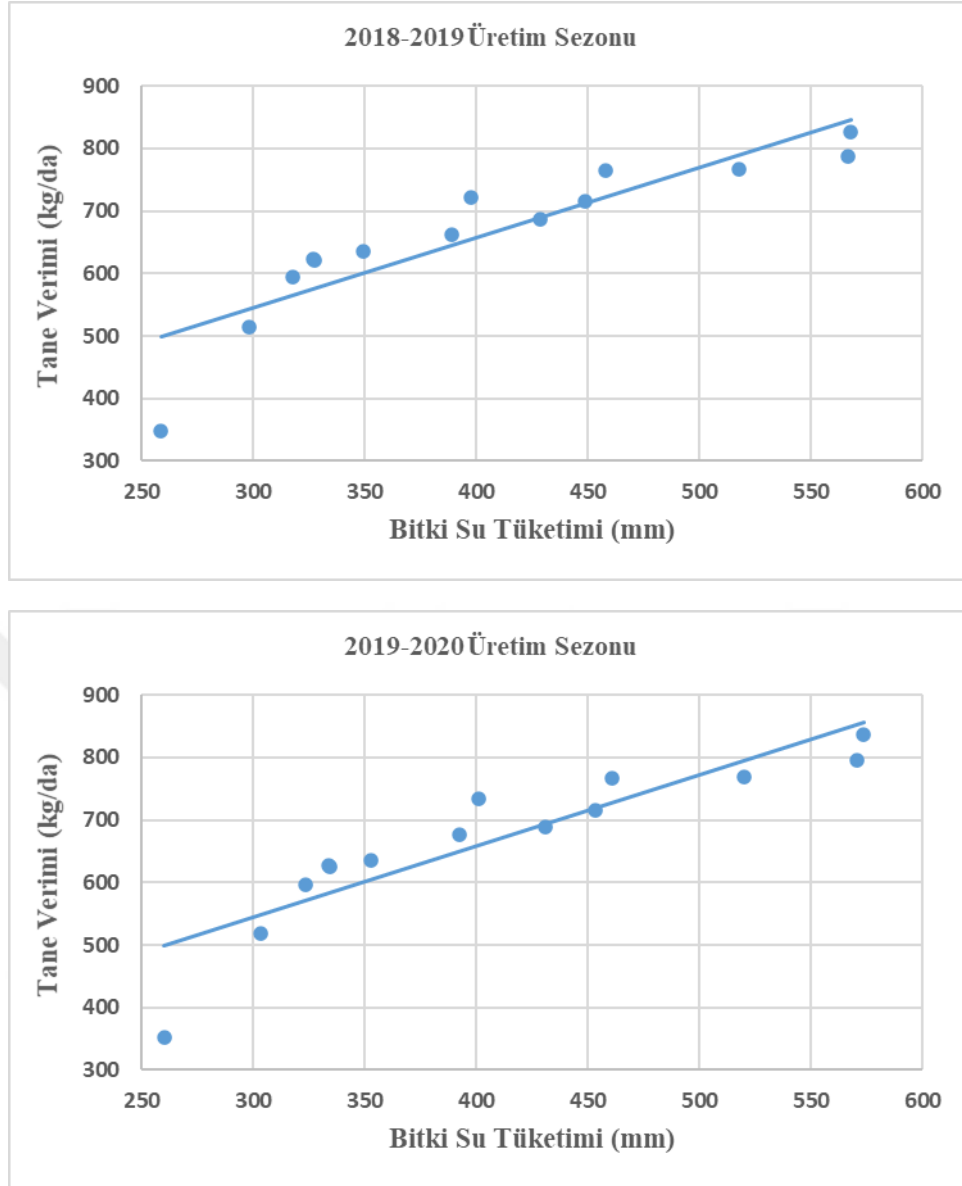
Değişken	Bitki Su Tüketimi	
	2018-2019	2019-2020
Tane Verimi (kg/da)	0.893 ***	0.897 ***

***: P<0.001

Bitki su tüketimi ve tane verimi değişkenleri arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısını belirlemek amacıyla Doğrusal Regresyon analizi yapılmış ve regresyon denklemleri ile R^2 , düzeltilmiş R^2 ve P değerleri Çizelge 4.43’de verilmiştir. Regresyon denklemi ile uygulamada, belirli bir su tüketimine karşılık elde edilebilecek tane verimi tahmin edilebilir.

Çizelge 4. 43. Bitki su tüketimi tane verimi regresyon denklemleri

Üretim Sezonu	Değişken	Regresyon Denklemi	R^2	R^2 (adj)	P Değeri
2018-2019	Tane Verimi (kg/da)	$207.86219 + 1.1254926 \times ETa$	0.798	0.781	0.001
2019-2020		$201.35117 + 1.1422392 \times ETa$	0.805	0.789	0.001



Şekil 4. 3. Bitki su tüketimi ile tane verimi ilişkisi

4.12.2. Su tüketimi- un verimi ilişkisi

Araştırma konularının bitki su tüketimi (ETa) değerleri ile konulardan elde edilen ortalama un verimleri Çizelge 4.44’de ve grafiksel olarak Şekil 4.4.’de verilmiştir.

Çizelge 4. 44. Araştırma konularının bitki su tüketimi ve un verimleri

Konular	2018-2019 Üretim Sezonu		2019-2020 Üretim Sezonu	
	Bitki Su Tüketimi (mm)	Un Verimi (kg/da)	Bitki Su Tüketimi (mm)	Un Verimi (kg/da)
S1	567.7	594.7	573.4	593.4
S2	566.3	564.7	570.7	563.2
S3	449.0	493.1	453.5	494.2
S4	327.1	428.0	333.7	426.6
S5	397.5	510.6	401.2	513.6
S6	349.7	431.4	352.8	433.5
S7	298.1	342.2	303.4	351.9
S8	457.7	540.6	461.0	536.0
S9	389.3	452.0	392.7	463.8
S10	317.9	401.6	323.8	403.0
S11	517.6	549.3	519.8	539.7
S12	428.5	469.5	430.7	474.0
S13	327.7	423.9	334.6	424.7
S14	258.9	232.2	260.3	237.3

Çizelge 4.44’de görüleceği gibi her iki üretim sezonunda da en yüksek bitki su tüketimi değeri, buğdayın tüm büyüme dönemlerinde toprağın faydalı su kapasitesinin %60’ı tükendiğinde sulama yapılan S₁ konusu olmuş ve bu konunun bitki su tüketimleri üretim sezonlarına göre sırasıyla 567.7 mm ve 573.4 mm olarak gerçekleşmiştir. Ortalama un verimlerine baktığımızda ise her iki üretim sezonunda da en yüksek verimin S1 konusunda sırasıyla 594.7 kg/da ile 593.4 kg/da olduğu görülmektedir. En az un verimi ise her iki üretim sezonunda da denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusundan sırasıyla 232.2 kg/da ve 237.3 kg/da olarak elde edilmiştir.

Denemenin yürütüldüğü üretim sezonlarında bitki su tüketimleri ile un verimi arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 4.45’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi un verimi ile bitki su tüketimi arasında her iki üretim sezonunda da %0.001 önem seviyesinde pozitif yönde yüksek ilişki tespit edilmiştir. Sonuç olarak bitki su tüketimi arttıkça un veriminin de arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 45. Bitki su tüketimi un verimi korelasyon katsayıları

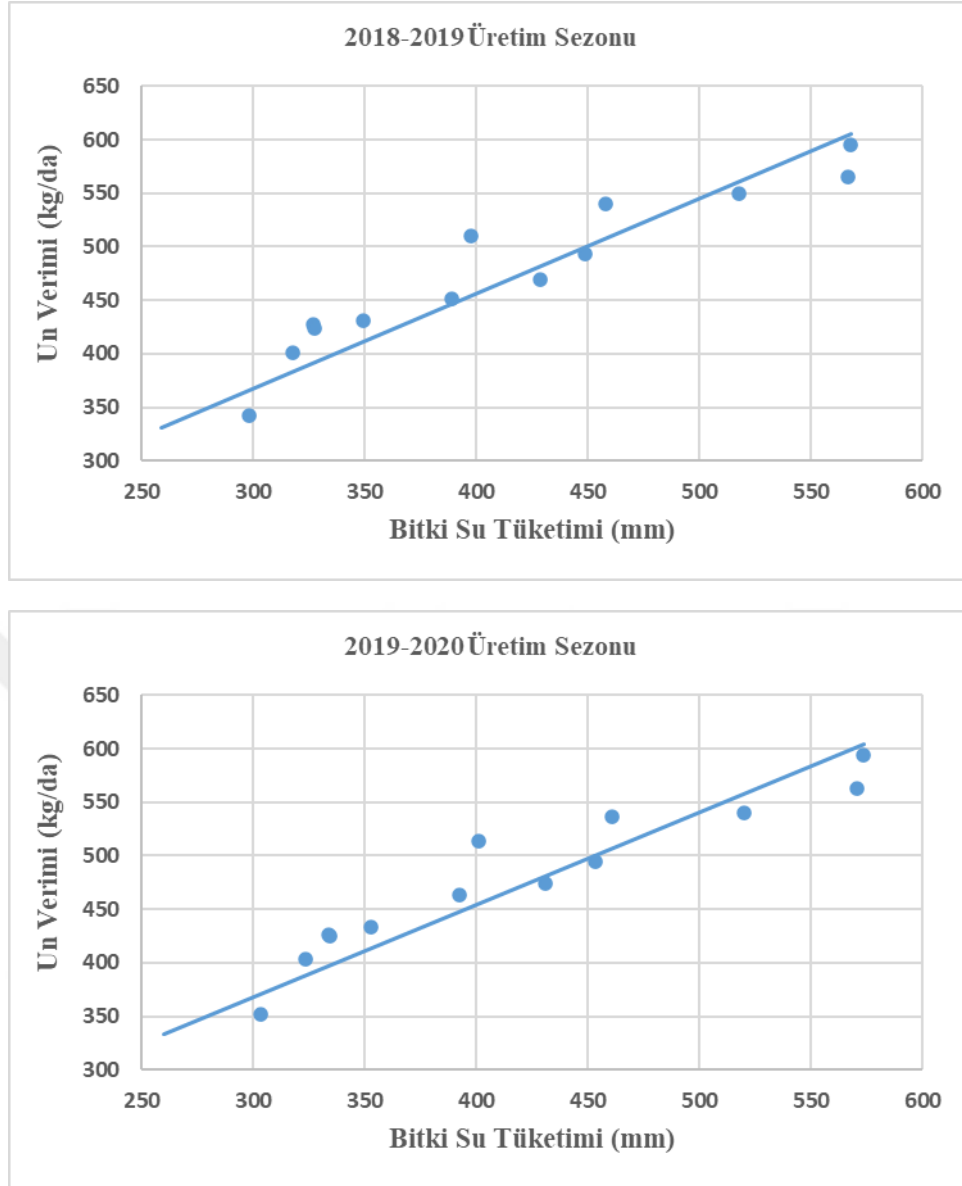
Değişken	Bitki Su Tüketimi	
	2018-2019	2019-2020
Un Verimi (%)	0.910	0.950
	***	***

***: P<0.001

Bitki su tüketimi ve un verimi değişkenleri arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısını belirlemek amacıyla Doğrusal Regresyon analizi yapılmış ve regresyon denklemleri ile R^2 , düzeltilmiş R^2 ve P değerleri Çizelge 4.46’da verilmiştir. Regresyon denklemi ile uygulamada, belirli bir su tüketimine karşılık elde edilebilecek un verimi tahmin edilebilir.

Çizelge 4. 46. Bitki su tüketimi un verimi regresyon denklemi

Üretim Sezonu	Değişken	Regresyon Denklemi	R^2	R^2 (adj)	P Değeri
2018-2019	Un verimi (%)	$62.20846 + 0.0170691 \times ET_a$	0.828	0.813	0.001
2019-2020		$64.16534 + 0.0116124 \times ET_a$	0.903	0.895	0.001



Şekil 4. 4. Bitki su tüketimi ile un verimi ilişkisi

4.12.3. Su tüketimi- kalite göstergeleri ilişkisi

Denemenin yürütüldüğü üretim sezonlarında konuların bitki su tüketimi (ETa) değerleri ile bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein, kuru glüten, yaş glüten, zeleny sedimantasyon ve tane iriliği arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 4.47’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve tane iriliği ile bitki su tüketimi arasında her iki üretim sezonunda da %0.001 önem seviyesinde pozitif yönde yüksek ilişki tespit edilirken, protein, kuru glüten, yaş glüten ve zeleny sedimantasyon ile bitki su tüketimi arasında her iki üretim sezonunda da %0.001 önem seviyesinde negatif yönde yüksek ilişki tespit edilmiştir. Sonuç olarak bitki su tüketimi arttıkça; bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve tane iriliği artarken, protein, kuru glüten, yaş glüten ve zeleny sedimantasyon değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 47. Bitki su tüketimi kalite göstergeleri korelasyon katsayıları

Değişken	Bitki Su Tüketimi	
	2018-2019	2019-2020
Bin Tane Ağırlığı (gr)	0.945 ***	0.945 ***
Hektolitre Ağırlığı (kg)	0.931 ***	0.943 ***
Protein (%)	-0.945 ***	-0.907 ***
Kuru Glüten (%)	-0.946 ***	-0.920 ***
Yaş Glüten (%)	-0.946 ***	-0.904 ***
Zeleny Sedimantasyon (ml)	-0.937 ***	-0.963 ***
Tane İriliği (%)	0.921 ***	0.916 ***

***: P<0.001

Bitki su tüketimi ve bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein, kuru glüten, yaş glüten, zeleny sedimantasyon ve tane iriliği değişkenleri arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısını belirlemek amacıyla Doğrusal Regresyon analizi yapılmış ve regresyon denklemleri ile R^2 , düzeltilmiş R^2 ve P değerleri Çizelge 4.48’de verilmiştir.

Çizelge 4. 48. Bitki su tüketimi kalite göstergeleri regresyon denklemleri

Üretim Sezonu	Değişken	Regresyon Denklemi	R^2	R^2 (adj)	P Değeri
2018-2019	Bin Tane Ağırlığı (g)	$17.439926 + 0.0451691xETa$	0.892	0.883	0.001
2019-2020		$29.132139 + 0.0369336xETa$	0.893	0.884	0.001
2018-2019	Hektolitre Ağırlığı (kg)	$70.245008 + 0.0174739xETa$	0.867	0.856	0.001
2019-2020		$78.375837 + 0.0062589xETa$	0.888	0.88	0.001
2018-2019	Protein (%)	$17.317848 - 0.0078967xETa$	0.894	0.885	0.001
2019-2020		$15.513865 - 0.0034744xETa$	0.823	0.809	0.001
2018-2019	Kuru Glüten (%)	$15.71967 - 0.0078906xETa$	0.895	0.887	0.001
2019-2020		$13.025325 - 0.0029579xETa$	0.846	0.833	0.001
2018-2019	Yaş Glüten (%)	$46.761994 - 0.021344xETa$	0.894	0.886	0.001
2019-2020		$43.219136 - 0.0089744xETa$	0.816	0.801	0.001
2018-2019	Zeleny Sedimantasyon (ml)	$78.972901 - 0.0603698xETa$	0.879	0.869	0.001
2019-2020		$67.445533 - 0.033309xETa$	0.928	0.922	0.001
2018-2019	Tane İriliği (%)	$23.397746 + 0.125332xETa$	0.849	0.836	0.001
2019-2020		$79.991895 + 0.0346284xETa$	0.84	0.826	0.001

4.13. Su kullanım ve sulama suyu kullanım randımanı

Buğdayın büyüme dönemleri dikkate alınarak oluşturulan sulama konularının su kullanım randımanları (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) her konu için hesaplanmış ve üretim sezonlarına göre Çizelge 4.49 ve Çizelge 4.50’de verilmiştir.

Çizelge 4. 49. Deneme konularının su kullanım randımanları (2018-2019)

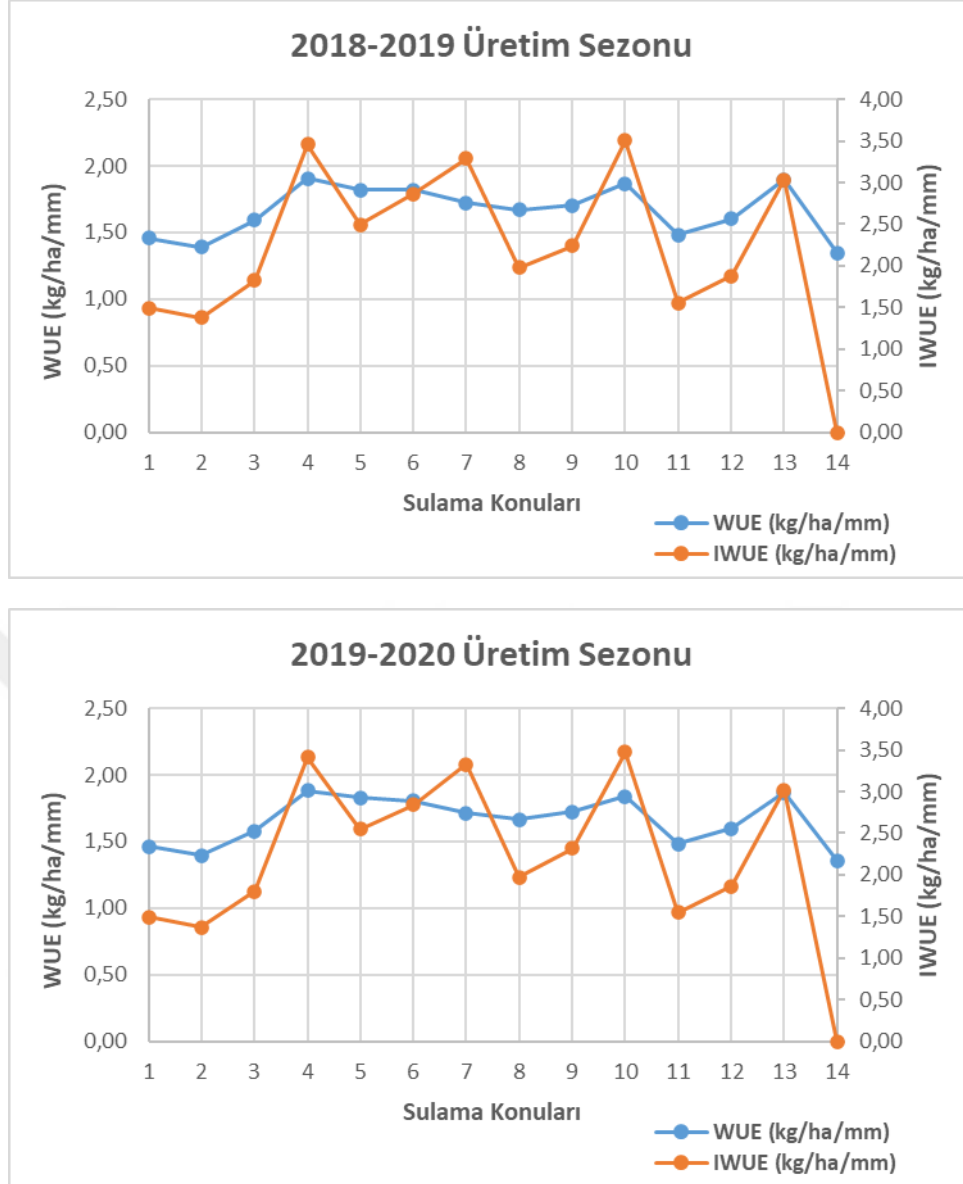
Konular	ETa (ha)	Sulama Suyu (ha)	Verim (ha)	WUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	IWUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
S ₁	5677	3202	8267	1.46	1.49
S ₂	5663	3185	7879	1.39	1.38
S ₃	4490	2004	7151	1.59	1.83
S ₄	3271	794	6233	1.91	3.46
S ₅	3975	1500	7226	1.82	2.49
S ₆	3497	1000	6357	1.82	2.87
S ₇	2981	500	5134	1.72	3.29
S ₈	4577	2100	7647	1.67	1.98
S ₉	3893	1400	6630	1.70	2.24
S ₁₀	3179	700	5944	1.87	3.51
S ₁₁	5176	2700	7680	1.48	1.55
S ₁₂	4285	1800	6870	1.60	1.88
S ₁₃	3277	900	6217	1.90	3.03
S ₁₄	2589	0	3489	1.35	-

Çizelge 4.49 incelendiğinde 2018-2019 üretim sezonunda su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) deneme konularına göre farklılık göstermiştir. Deneme konuları içinde en yüksek su kullanım randımanı (WUE) buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusunda 1.91 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak gerçekleşirken en düşük su kullanım randımanı ise denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusunda 1.35 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Deneme konuları içinde en yüksek sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) buğdayın sapa kalkma döneminde sabit 70mm sulama suyu uygulanan S₁₀ konusunda 3.51 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak gerçekleşirken en düşük sulama suyu kullanım randımanı ise buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusunda 1.38 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4. 50. Deneme konularının su kullanım randımanları (2019-2020)

Konular	ETa (ha)	Sulama Suyu (ha)	Verim (ha)	WUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	IWUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
S ₁	5734	3248	8378	1.46	1.49
S ₂	5707	3235	7958	1.39	1.37
S ₃	4535	2019	7162	1.58	1.80
S ₄	3337	805	6273	1.88	3.41
S ₅	4012	1500	7345	1.83	2.55
S ₆	3528	1000	6366	1.80	2.84
S ₇	3034	500	5192	1.71	3.33
S ₈	4610	2100	7672	1.66	1.97
S ₉	3927	1400	6771	1.72	2.32
S ₁₀	3238	700	5961	1.84	3.48
S ₁₁	5198	2700	7695	1.48	1.54
S ₁₂	4307	1800	6883	1.60	1.86
S ₁₃	3346	900	6246	1.87	3.02
S ₁₄	2603	0	3527	1.35	-

Çizelge 4.50 incelendiğinde ise 2019-2020 üretim sezonunda ilk üretim sezonunda olduğu gibi su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) deneme konularına göre farklılık göstermiştir. Deneme konuları içinde en yüksek su kullanım randımanı (WUE) buğdayın sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusunda 1.88 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak gerçekleşirken en düşük su kullanım randımanı ise denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusunda 1.35 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Deneme konuları içinde en yüksek sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) buğdayın sapa kalkma döneminde sabit 50mm sulama suyu uygulanan S₁₀ konusunda 3.48 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak gerçekleşirken en düşük sulama suyu kullanım randımanı ise buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusunda 1.37 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak gerçekleşmiştir.

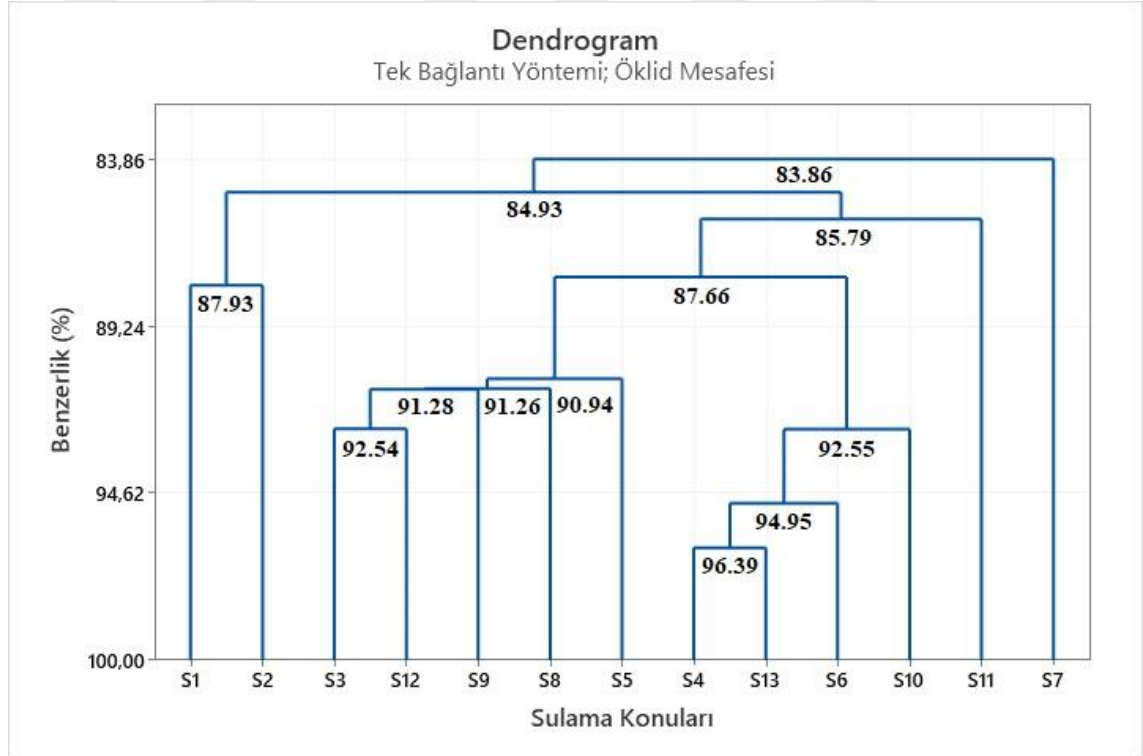


Şekil 4. 5. Konuların Su kullanım randımanları

Çizelge 4.49, Çizelge 4.50 ve Şekil 4.5’den görüldüğü üzere sulama suyunun en randımanlı kullanıldığı konu her iki yılda da S₁₀ konusu olmuştur. Bu deneme konusunda buğdayın sapa kalkma döneminde sabit 70mm sulama suyu uygulanmıştır. Bu durum, uygulanan sulama programının diğer sulama programlarına göre suyun daha etkin kullanıldığını göstermektedir.

4.14. Hiyerarşik Kümeleme Analizi

Sulama konuları arasındaki benzerliği tespit ederek optimum sulama programını belirlemede çok yönlü değerlendirme yapabilmek amacıyla Hiyerarşik Kümeleme Analizi yapılmıştır. Analizde deneme konularında elde edilen; bitki su tüketimi (ETa), sulama suyu, tane verimi, un verimi, biyolojik verim, hasat indeksi, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein, kuru glüten, yaş glüten, zeleny sedimantasyon, tane iriliği, su kullanım etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) sonuçlarının iki yıl ortalama değerleri kullanılmıştır. Analiz sonuçlarını gösteren Dendrogram Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4. 6. Hiyerarşik küme dendrogramı

Dendrogram incelendiğinde, sulama konularından elde edilen sonuçlara göre konular arasındaki benzerlik üç ana kümeye ayrılmıştır. Birinci küme; S4, S13, S6 ve S10 konularını, ikinci küme; S3, S12, S9, S8 ve S5 konularını, üçüncü küme ise S1 ve S2 konularını içine almıştır. Sulama konuları arasında benzerlik düzeyleri %83.86 ile %96.39 arasında değişmiştir. Sulama konuları arasında en yüksek benzerlik S4 ile S13

konuları arasında %96.39, en düşük benzerlik seviyesi ise S₁ ile S₇ konuları arasında %83.86 olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre S₆ konusu S₄ konusuna %94.95 benzerken, S₁₀ konusu S₄ konusuna %92.55 benzerlik göstermiştir. Deneme konularından S₃ ve S₁₂ konuları %92.54 benzerlik gösterirken, S₉ konusu S₃ konusuna %91.28, S₈ konusu S₃ konusuna %91.26 ve S₅ konusu S₃ konusuna %90.94 benzerlik göstermiştir. Deneme sonuçlarına göre S₁ ve S₂ konuları arasında %87.93 benzerlik tespit edilmiştir. Sulama konularından elde edilen sonuçlara göre S₄ konusu ile S₃ konusu %87.66, S₁₁ konusu ile S₃ konusu %85.79, S₁ konusu ile S₃ konusu %84.93 ve S₁ konusu ile S₇ konusu %83.86 benzerlik göstermiştir.

Araştırma konularının benzerlik seviyeleri ile bu konuların sulama suyu (mm), sulama sayısı ve tane verimleri (kg/da) Çizelge 4.51’de verilmiştir.

Çizelge 4. 51. Konuların benzerlik seviyeleri (%) ile sulama suyu miktarları ve tane verimleri

Konular	Sulama Suyu (mm)	Sulama Sayısı	Tane Verimi (kg/da)	Konular	Sulama Suyu (mm)	Sulama Sayısı	Tane Verimi (kg/da)	Benzerlik Seviyesi (%)
S ₄	79.95	1	625.3	S ₁₃	90.0	1	623.2	96.39
				S ₆	100.0	2	636.2	94.95
				S ₁₀	70.0	1	595.3	92.55
S ₃	201.2	2	715.7	S ₁₂	180.0	2	687.7	92.54
				S ₉	140.0	2	670.1	91.28
				S ₈	210.0	3	766.0	91.26
				S ₅	150.0	3	728.5	90.94
				S ₄	79.95	1	625.3	87.66
				S ₁₁	270.0	3	768.8	85.79
				S ₂	321.0	3	791.8	87.93
S ₁	322.5	4	832.3	S ₃	201.2	2	715.7	84.93
				S ₇	50.0	1	516.3	83.86

Çizelge 4.51 incelendiğinde araştırmada en yüksek tane veriminin elde edildiği S₁ konusu; verim, verim özellikleri ve kalite göstergeleri bakımından S₂ konusu ile %87.93 benzerlik göstermiştir. Ancak, Konya havzası gibi su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde, bitkisel üretimde maksimum ürün veriminin elde edileceği sulama programlarının yerine su tasarrufu sağlayan ve optimum ürün veriminin alınabileceği sulama programlarının uygulanması, kısıtlı su kaynakları ile bitkisel üretimin sürdürülebilirliği için gerekli bir yaklaşımdır. Bu nedenle, çalışma sonuçlarına göre S₁ konusu ile yüksek benzerlik gösteren ancak herhangi bir su tasarrufu sağlamayan S₂ konusuna alternatif olabilecek sulama konularını değerlendirmek gerekirse; S₁ konusu ile %84.93 benzerlik gösteren S₃ konusu S₁ konusuna göre %37.61'lik su tasarrufu sağlarken, %14.16 verim azalışı meydana gelmiştir. S₃ konusunun verim, verim özellikleri ve kalite göstergeleri bakımından diğer konularla olan benzerliğine ve bu konuların da denemenin en yüksek verim değerine ulaşılan S₁ konusu ile olan tane verimi ve sağladığı su tasarrufu açısından değerlendirildiğinde; S₅ konusu S₃ konusu ile %90.94 benzerlik gösterirken, S₁ konusuna göre %53.49 su tasarrufu sağlamış ve %12.47 verim azalışı meydana gelmiştir. Yine S₈ konusu S₃ konusu ile %91.26 benzerlik gösterirken, S₁ konusuna göre %34.88 su tasarrufu sağlamış ve %7.97 verim azalışı meydana gelmiştir. Denemenin S₁₁ konusu S₃ konusu ile %85.79 benzerlik gösterirken, S₁ konusuna göre %16.28 su tasarrufu sağlamış ve %7.63 verim azalışı meydana gelmiştir. Yine denemenin S₁₂ konusu S₃ konusu ile %92.54 benzerlik gösterirken, S₁ konusuna göre %44.19 su tasarrufu sağlamış ve %17.37 verim azalışı meydana gelmiştir. Son olarak denemenin S₉ konusu S₃ konusu ile %91.28 benzerlik gösterirken, S₁ konusuna göre %56.59 su tasarrufu sağlamış ve %19.49 verim azalışı meydana gelmiştir. Konuların sağladığı su tasarrufu ve verim azalışlarının yanında buğday kalite değerleri de göz önünde bulundurulduğunda, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde 50 (Toplamda 150 mm) mm sulama suyu uygulanan S₅ konusu ve buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde 70 (Toplamda 210 mm) mm sulama suyu uygulanan S₈ konusu ön plana çıkmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu araştırmada, geleneksel tam sulama, tamamlayıcı sulama ve sulamasız (yağışa bağlı) olmak üzere farklı sulama konuları oluşturarak, ekmeklik buğdayın Konya Ovası koşullarında su – verim ilişkilerini belirlemek ve optimum sulama programları oluşturmak, birim sudan daha fazla yararlanmak amacı ile Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü merkez arazisinde 2018-2019 ve 2019-2020 üretim sezonlarında yürütülmüştür.

Denemede geleneksel tam sulama konusu olan S₁ konusunda 2018-2019 üretim sezonunda 320.2 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 324.8 mm sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik su tüketimleri sırasıyla; 567.7 mm ve 573.4 mm olarak belirlenmiştir. Geleneksel tamamlayıcı sulama konusu olan ve buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₂ konusunda 2018-2019 üretim sezonunda 318.5 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 323.5 mm sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik su tüketimleri sırasıyla; 566.3 mm ve 570.7 mm olarak belirlenmiştir. Yine buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₃ konusunda 2018-2019 üretim sezonunda 200.4 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 201.9 mm sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik su tüketimleri sırasıyla; 449.0 mm ve 453.5 mm olarak belirlenmiştir. Son olarak buğdayın sadece sapa kalkma döneminde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S₄ konusunda 2018-2019 üretim sezonunda 79.4 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 80.5 mm sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik su tüketimleri sırasıyla; 327.1 mm ve 333.7 mm olarak belirlenmiştir. Diğer sulama konularından farklı olarak buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama yapılan ve bu üç büyüme döneminde 50’şer mm sulama suyu uygulanan ve toplamda her iki üretim sezonunda da 150 mm sulama suyu uygulanan S₅ konusunda mevsimlik su tüketimleri 2018-2019 üretim sezonunda 397.5 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 401.2 mm olarak belirlenmiştir. Buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde 50’şer mm sulama suyu uygulanan ve toplamda her iki üretim sezonunda da 100 mm sulama suyu uygulanan S₆ konusunda mevsimlik su tüketimleri 2018-2019 üretim sezonunda 349.7 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 352.8 mm olarak belirlenmiştir. Her iki üretim

sezonunda da buğdayın sadece sapa kalkma döneminde 50 mm sulama suyu uygulanan S₇ konusunda mevsimlik su tüketimleri 2018-2019 üretim sezonunda 298.1 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 303.4 mm olarak belirlenmiştir. Buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama yapılan ve bu üç büyüme döneminde 70'er mm sulama suyu uygulanan ve toplamda her iki üretim sezonunda da 210 mm sulama suyu uygulanan S₈ konusunda mevsimlik su tüketimleri 2018-2019 üretim sezonunda 457.7 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 461.0 mm olarak belirlenmiştir. Buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde 70'er mm sulama suyu uygulanan ve toplamda her iki üretim sezonunda da 140 mm sulama suyu uygulanan S₉ konusunda mevsimlik su tüketimleri 2018-2019 üretim sezonunda 389.3 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 392.7 mm olarak belirlenmiştir. Her iki üretim sezonunda da buğdayın sadece sapa kalkma döneminde 70 mm sulama suyu uygulanan S₁₀ konusunda mevsimlik su tüketimleri 2018-2019 üretim sezonunda 317.9 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 323.8 mm olarak belirlenmiştir. Buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde sabit miktarlarda sulama yapılan ve bu üç büyüme döneminde 90'ar mm sulama suyu uygulanan ve toplamda her iki üretim sezonunda da 270 mm sulama suyu uygulanan S₁₁ konusunda mevsimlik su tüketimleri 2018-2019 üretim sezonunda 517.6 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 519.8 mm olarak belirlenmiştir. Buğdayın sapa kalkma ve başaklanma dönemlerinde 90'ar mm sulama suyu uygulanan ve toplamda her iki üretim sezonunda da 180 mm sulama suyu uygulanan S₁₂ konusunda mevsimlik su tüketimleri 2018-2019 üretim sezonunda 428.5 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 430.7 mm olarak belirlenmiştir. Her iki üretim sezonunda da buğdayın sadece sapa kalkma döneminde 90 mm sulama suyu uygulanan S₁₃ konusunda mevsimlik su tüketimleri 2018-2019 üretim sezonunda 327.7 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 334.6 mm olarak belirlenmiştir. Denemede kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusunda mevsimlik su tüketimleri 2018-2019 üretim sezonunda 258.9 mm, 2019-2020 üretim sezonunda ise 260.3 mm olarak belirlenmiştir.

Denemenin iki yıllık tane verimleri değerlendirildiğinde, geleneksel tam sulama konusu olan S₁ konusunda ortalama 832.3 kg/da tane verimi elde edilmiştir. Geleneksel tamamlayıcı sulama konusu olan S₂ konusunda ortalama 791.8 kg/da tane verimi elde edilirken, S₃ konusunda ortalama 715.7 kg/da, S₄ konusunda ise ortalama 625.3 kg/da tane verimi elde edilmiştir. Diğer sulama konularından farklı olarak buğdayın büyüme dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan; S₅ konusunda ortalama 728.5 kg/da, S₆ konusunda ortalama 636.2 kg/da, S₇ konusunda ortalama 516.3 kg/da, S₈

konusunda ortalama 766.0 kg/da, S₉ konusunda ortalama 670.1 kg/da, S₁₀ konusunda ortalama 595.3 kg/da, S₁₁ konusunda ortalama 768.8 kg/da, S₁₂ konusunda ortalama 687.7 kg/da, S₁₃ konusunda ortalama 623.2 kg/da tane verimi elde edilirken denemede kontrol konusu da olan yağışa bağlı S₁₄ konusunda ortalama 350.8 kg/da tane verimi elde edilmiştir.

Geleneksel tam sulama konusu olan S₁ konusunda her iki üretim sezonunda da su kullanım etkinliği (WUE) 1.46 kg ha⁻¹ mm⁻¹, sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ise 1.49 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak belirlenmiştir. Geleneksel tamamlayıcı sulama konusu olan S₂ konusunda her iki üretim sezonunda da su kullanım etkinliği (WUE) 1.39 kg ha⁻¹ mm⁻¹, sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ise 2018-2019 üretim sezonunda 1.38 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 1.37 kg ha⁻¹ mm⁻¹, S₃ konusunda su kullanım etkinliği 2018-2019 üretim sezonunda 1.59 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 1.58 kg ha⁻¹ mm⁻¹, sulama suyu kullanım etkinliği 2018-2019 üretim sezonunda 1.83 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 1.80 kg ha⁻¹ mm⁻¹, S₄ konusunda su kullanım etkinliği 2018-2019 üretim sezonunda 1.91 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 1.88 kg ha⁻¹ mm⁻¹, sulama suyu kullanım etkinliği ise 2018-2019 üretim sezonunda 3.46 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 3.41 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak belirlenmiştir. Diğer sulama konularından farklı olarak buğdayın büyüme dönemlerinde sabit miktarlarda sulama suyu uygulanan; S₅ konusunda su kullanım etkinliği (WUE) 2018-2019 üretim sezonunda 1.82 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 1.83 kg ha⁻¹ mm⁻¹, sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ise 2018-2019 üretim sezonunda 2.49 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 2.55 kg ha⁻¹ mm⁻¹, S₆ konusunda su kullanım etkinliği 2018-2019 üretim sezonunda 1.82 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 1.80 kg ha⁻¹ mm⁻¹, sulama suyu kullanım etkinliği ise 2018-2019 üretim sezonunda 2.87 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 2.84 kg ha⁻¹ mm⁻¹, S₇ konusunda su kullanım etkinliği 2018-2019 üretim sezonunda 1.72 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 1.71 kg ha⁻¹ mm⁻¹, sulama suyu kullanım etkinliği ise 2018-2019 üretim sezonunda 3.29 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 3.33 kg ha⁻¹ mm⁻¹, S₈ konusunda su kullanım etkinliği 2018-2019 üretim sezonunda 1.67 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 1.66 kg ha⁻¹ mm⁻¹, sulama suyu kullanım etkinliği ise 2018-2019 üretim sezonunda 1.98 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 1.97 kg ha⁻¹ mm⁻¹, S₉ konusunda su kullanım etkinliği 2018-2019 üretim sezonunda 1.70 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 1.72 kg ha⁻¹ mm⁻¹, sulama suyu kullanım etkinliği ise 2018-2019 üretim sezonunda 2.24 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 2019-2020 üretim sezonunda 2.32 kg

$\text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, S_{10} konusunda su kullanım etkinliği 2018-2019 üretim sezonunda $1.87 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, 2019-2020 üretim sezonunda $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, sulama suyu kullanım etkinliği ise 2018-2019 üretim sezonunda $3.51 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, 2019-2020 üretim sezonunda $3.48 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, S_{11} konusunda su kullanım etkinliği her iki üretim sezonunda da $1.48 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, sulama suyu kullanım etkinliği ise 2018-2019 üretim sezonunda $1.55 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, 2019-2020 üretim sezonunda $1.54 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, S_{12} konusunda her iki üretim sezonunda da su kullanım etkinliği $1.60 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, sulama suyu kullanım etkinliği ise 2018-2019 üretim sezonunda $1.88 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, 2019-2020 üretim sezonunda $1.86 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, S_{13} konusunda su kullanım etkinliği 2018-2019 üretim sezonunda $1.90 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, 2019-2020 üretim sezonunda $1.87 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, sulama suyu kullanım etkinliği ise 2018-2019 üretim sezonunda $3.03 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, 2019-2020 üretim sezonunda $3.02 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, denemenin kontrol konusu da olan yağışa bağlı S_{14} konusunda su kullanım etkinliği her iki üretim sezonunda da $1.35 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Denemenin S_1 konusundan elde edilen bitki su tüketimi (ETa) ve kıyas bitki su tüketimi (ET₀) değerler ile hesaplanan, buğdayın başlangıç dönemi bitki katsayısı (Kc) 0.49 olarak belirlenirken, orta dönem bitki katsayısı 1.16, son dönem bitki katsayısı ise 0.25 olarak tespit edilmiştir.

5.2 Öneriler

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, geleneksel tam sulama ile her kritik dönemde de (sapa kalkma, başaklanma ve süt olum) toprak nemine dayalı tam sulama uygulaması hemen hemen aynı miktar sulama suyunu gerektirmiştir. Fakat geleneksel tam sulama uygulaması verim bakımından daha üstün bulunmuştur. Bu nedenle su kaynaklarının yeterli olduğu durumlarda, kışlık buğdaya geleneksel tam sulama uygulaması daha avantajlıdır.

Her şeyden önce bu çalışma sonuçları, Konya havzası gibi su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde, buğday üretiminde optimum ürün veriminin tam sulamalı birim alandan sağlanması yerine, kısıntılı tamamlayıcı sulama ile buğday üretim alanının biraz daha artırılması ile elde edilebileceğini göstermiştir. Bu kapsamda iki farklı kısıntılı tamamlayıcı sulama uygulaması ile buğday üretiminden bir kayıp olmaksızın, buğday sulamasında tüketilen sulama suyundan %28.3 (S_8 konusu) veya %45.3 (S_5 konusu) oranında tasarruf sağlanabilecektir. Bu bağlamda, Konya havzası ve

benzer özellik gösteren alanlarda, buğday tarımında tam sulama yerine, buğday üretim alanını %10-17 oranında artırarak, bitkinin sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinin her birinde 50 (Toplamda 150 mm) mm veya 70 (Toplamda 210 mm) mm sabit sulama suyu miktarı ile sulanması en akılcı yaklaşımdır. Böylece Konya havzasında, kısıtlı su kaynakları ve bitkisel üretimin sürdürülebilirliğine önemli katkı sağlanmış olacaktır.



KAYNAKLAR

- Alghory, A. ve Yazar, A., 2018, Evaluation of net return and grain quality characteristics of wheat for various irrigation strategies under the Mediterranean climatic conditions, *J. Agricultural Water Management*, 203, 395-404.
- Ali, M., Hoque, M., Hassan, A. ve Khair, A., 2007, Effects of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat, *J. Agricultural Water Management*, 92 (3), 151-161.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. ve Smith, M., 1998, Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56, *FAO, Rome*, 300 (9), D05109.
- Allen, R. G., Pruitt, W. O., Wright, J. L., Howell, T. A., Ventura, F., Snyder, R., Itenfisu, D., Steduto, P., Berengena, J. ve Yrisarry, J. B., 2006, A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method, *J. Agricultural Water Management*, 81 (1-2), 1-22.
- Anonim, 2016, Türkiye'nin Buğday Atlası, WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı), ISBN: 978-605-9903-07-3.
- Anonim, 2017, Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü web sayfası. https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Menu/28/Yayinlar_veriler [Ziyaret 10.10.2021].
- Anonim, 2021a, Konya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü web sayfası. https://www.konyakultur.gov.tr/index.php?route=pages/pages&page_id=2 [Ziyaret 10.10.2021].
- Anonim, 2021b, Konya Ekonomi Raporu, Konya Ticaret Odası, ISBN: 978- 605- 137- 823-7, Haziran 2021, Konya. <http://www.konyadayatirim.gov.tr/images/dosya/Konya%20Ekonomi%20Raporu-KTO.pdf> [Ziyaret 10.10.2021].
- Anonim, 2021c, Konya Haritası web sayfası. <https://www.haritatr.com/konya-ilceleri-s2a> [Ziyaret 10.10.2021].
- Anonymous, 2009, Approved Methods, Leco Corporation web sitesi. <https://www.leco.com/resources/approved-methods> [Ziyaret 10.10.2021].
- Attia, A., Rajan, N., Xue, Q., Nair, S., Ibrahim, A. ve Hays, D., 2016, Application of DSSAT-CERES-Wheat model to simulate winter wheat response to irrigation management in the Texas High Plains, *J. Agricultural Water Management*, 165, 50-60.
- Aykanat, S. ve Barut, H., 2018, Buğday Tarımında Farklı Ekim Yöntemleri ve Sulamanın Teknik Yönden Karşılaştırılması, *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 1 (1), 131-142.
- Ayrancı, R., Bayram, S. ve Soylu, S., 2014, The Respons of Bread Wheat Genotypes in Different Drought Types I. Grain Yield, Drouhgt Tolerance and Grain Yield Stability, *J. Turkish Journal of Field Crops*, 19 (2), 183-188.
- Ayrancı, R., 2012, Farklı Kuraklık Tiplerinde Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Fizyolojik, Morfolojik, Verim ve Kalite Özellikleri Yönüyle İslahta Kullanılabilecek Uygun Parametrelerin Belirlenmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya*.

- Bouyoucos, G. J., 1951, A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1, *Agronomy Journal*, 43 (9), 434-438.
- Committee, A. A. o. C. C. A. M., 2000, Approved methods of the American association of cereal chemists, Amer Assn of Cereal Chemists, p.
- Çap, Y., 2017, Tamamlayıcı sulamanın buğdayın verim ve kalitesine etkisi, Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Şanlıurfa.
- Dar, E. A., Brar, A. ve Singh, K., 2017, Water use and productivity of drip irrigated wheat under variable climatic and soil moisture regimes in North-West, India, *J. Agriculture, Ecosystems Environment*, 248, 9-19.
- Davarpanah, R. ve Ahmadi, S. H., 2021, Modeling the effects of irrigation management scenarios on winter wheat yield and water use indicators in response to climate variations and water delivery systems, *J. Journal of Hydrology*, 598, 126269.
- Dellal, İ., McCarl, B. A. ve Butt, T., 2011, The economic assessment of climate change on Turkish agriculture, *Journal of Environmental Protection Ecology*, 12 (1), 376-385.
- Demirbaş, N. ve Atış, E., 2005, Türkiye tarımında gıda güvencesi sorununun buğday örneğinde irdelenmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42 (1), 179-190.
- Dong, B., Shi, L., Shi, C., Qiao, Y., Liu, M. ve Zhang, Z., 2011, Grain yield and water use efficiency of two types of winter wheat cultivars under different water regimes, *J. Agricultural Water Management*, 99 (1), 103-110.
- DSİ, 2021a, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Web sayfası, Toprak ve Su Kaynakları, <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754> [Ziyaret 10.10.2021].
- DSİ, 2021b, DSİ IV. Bölge Müdürlüğü Web sayfası, Toprak ve Su Kaynakları, <https://bolge04.dsi.gov.tr/> [Ziyaret 10.10.2021].
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F., 1987, Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları-II), Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 1021, *Ders kitabı*, 295.
- Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N., 2001, Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü. Selçuk Üniv. Ziraat Fak, *Gıda Müh. Bölümü. Yay* (2).
- Er-Raki, S., Ezzahar, J., Merlin, O., Amazirh, A., Hssaine, B. A., Kharrou, M. H., Khabba, S. ve Chehbouni, A., 2021, Performance of the HYDRUS-1D model for water balance components assessment of irrigated winter wheat under different water managements in semi-arid region of Morocco, *J. Agricultural Water Management*, 244, 106546.
- Ertaş, M., 1980, Konya Ovasında Buğdayın ve Şeker Pancarının Lizimetrede Saptanan Su Tüketimleri, *Konya Bölge Topraksu Araşt. Enst. Genel yayın*, 71.
- Ertaş, M., 1984, Konya Ovası Koşullarında sulama suyu miktarında yapılan kısıntının şeker pancarı verimine etkileri, *Konya Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel yayın* (100).
- Ertaş, M. R., 1979, Konya ovası sulama şebekesi sulama rehberi, Konya Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları, No:60, p.
- Fang, Q., Zhang, X., Shao, L., Chen, S. ve Sun, H., 2018, Assessing the performance of different irrigation systems on winter wheat under limited water supply, *J. Agricultural Water Management*, 196, 133-143.
- Gao, Y., Yang, L., Shen, X., Li, X., Sun, J., Duan, A. ve Wu, L., 2014, Winter wheat with subsurface drip irrigation (SDI): Crop coefficients, water-use estimates, and effects of SDI on grain yield and water use efficiency, *J. Agricultural Water Management*, 146, 1-10.

- Guo, Z., Yu, Z., Wang, D., Shi, Y. ve Zhang, Y., 2014, Photosynthesis and winter wheat yield responses to supplemental irrigation based on measurement of water content in various soil layers, *J. Field Crops Research*, 166, 102-111.
- Guo, Z., Shi, Y., Yu, Z. ve Zhang, Y., 2015, Supplemental irrigation affected flag leaves senescence post-anthesis and grain yield of winter wheat in the Huang-Huai-Hai Plain of China, *J. Field Crops Research*, 180, 100-109.
- Gusta, L. ve Chen, T., 1987, The physiology of water and temperature stress, *J. Wheat wheat improvement*, 13, 115-150.
- Hızalan, E. ve Ünal, H., 1966, Topraklarda önemli kimyasal analizler, *AÜ Ziraat Fakültesi Yayınları*, 278, 5-7.
- Howell, T., Yazar, A., Schneider, A., Dusek, D. ve Copeland, K., 1995, Yield and water use efficiency of corn in response to LEPA irrigation, *Transactions of the ASAE*, 38 (6), 1737-1747.
- Iqbal, M. A., Shen, Y., Stricevic, R., Pei, H., Sun, H., Amiri, E., Penas, A. ve del Riod, S., 2014, Evaluation of the FAO AquaCrop model for winter wheat on the North China Plain under deficit irrigation from field experiment to regional yield simulation, *J. Agricultural Water Management*, 135, 61-72.
- Jackson, M., 1958, Soil chemical analysis prentice Hall, Inc., *Englewood Cliffs, NJ*, 498, 183-204.
- James, L. G., 1988, Principles of farm irrigation systems design, John Wiley and Sons Limited, p.
- Jha, S. K., Gao, Y., Liu, H., Huang, Z., Wang, G., Liang, Y. ve Duan, A., 2017, Root development and water uptake in winter wheat under different irrigation methods and scheduling for North China, *J. Agricultural Water Management*, 182, 139-150.
- Jha, S. K., Ramatshaba, T. S., Wang, G., Liang, Y., Liu, H., Gao, Y. ve Duan, A., 2019, Response of growth, yield and water use efficiency of winter wheat to different irrigation methods and scheduling in North China Plain, *J. Agricultural Water Management*, 217, 292-302.
- Johnson, R. A. ve Wichern, D. W., 2014, Applied multivariate statistical analysis, Pearson London, UK:, p.
- Kara, M., 2005, Sulama ve sulama tesisleri, *SÜ Ziraat Fakültesi Ders Kitabı*, 268s., Konya.
- Kheir, A. M., Alrajhi, A. A., Ghoneim, A. M., Ali, E. F., Magrashi, A., Zoghdan, M. G., Abdelkhalik, S. A., Fahmy, A. E. ve Elnashar, A., 2021, Modeling deficit irrigation-based evapotranspiration optimizes wheat yield and water productivity in arid regions, *J. Agricultural Water Management*, 256, 107122.
- Kün, E., 1988, Serin iklim tahılları, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1032, 322.
- Li, H., Zheng, L., Lei, Y., Li, C., Liu, Z. ve Zhang, S., 2008, Estimation of water consumption and crop water productivity of winter wheat in North China Plain using remote sensing technology, *J. Agricultural Water Management*, 95 (11), 1271-1278.
- Li, J., Inanaga, S., Li, Z. ve Eneji, A. E., 2005, Optimizing irrigation scheduling for winter wheat in the North China Plain, *J. Agricultural Water Management*, 76 (1), 8-23.
- Li, J., Zhang, Z., Liu, Y., Yao, C., Song, W., Xu, X., Zhang, M., Zhou, X., Gao, Y. ve Wang, Z., 2019, Effects of micro-sprinkling with different irrigation amount on grain yield and water use efficiency of winter wheat in the North China Plain, *J. Agricultural Water Management*, 224, 105736.

- Li, Q., Dong, B., Qiao, Y., Liu, M. ve Zhang, J., 2010, Root growth, available soil water, and water-use efficiency of winter wheat under different irrigation regimes applied at different growth stages in North China, *J. Agricultural Water Management*, 97 (10), 1676-1682.
- Li, Q., Bian, C., Liu, X., Ma, C. ve Liu, Q., 2015, Winter wheat grain yield and water use efficiency in wide-precision planting pattern under deficit irrigation in North China Plain, *J. Agricultural Water Management*, 153, 71-76.
- Liu, E., Mei, X., Yan, C., Gong, D. ve Zhang, Y., 2016, Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes, *J. Agricultural Water Management*, 167, 75-85.
- Liu, H., Yu, L., Luo, Y., Wang, X. ve Huang, G., 2011, Responses of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) evapotranspiration and yield to sprinkler irrigation regimes, *J. Agricultural Water Management*, 98 (4), 483-492.
- Liu, X., Shao, L., Sun, H., Chen, S. ve Zhang, X., 2013, Responses of yield and water use efficiency to irrigation amount decided by pan evaporation for winter wheat, *J. Agricultural Water Management*, 129, 173-180.
- Man, J., Yu, J., White, P. J., Gu, S., Zhang, Y., Guo, Q., Shi, Y. ve Wang, D., 2014, Effects of supplemental irrigation with micro-sprinkling hoses on water distribution in soil and grain yield of winter wheat, *J. Field Crops Research*, 161, 26-37.
- MBM, 2017, Uzun yıllar (1985-2016) ortalaması bazı meteorolojik veriler, Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü kayıtları, Konya.
- MBM, 2021, Uzun yıllar (1985-2020) ortalaması bazı meteorolojik veriler, Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü kayıtları, Konya.
- Meena, R. P., Karnam, V., Tripathi, S., Jha, A., Sharma, R. ve Singh, G., 2019, Irrigation management strategies in wheat for efficient water use in the regions of depleting water resources, *J. Agricultural Water Management*, 214, 38-46.
- Memon, S. A., Sheikh, I. A., Talpur, M. A. ve Mangrio, M. A., 2021, Impact of deficit irrigation strategies on winter wheat in semi-arid climate of sindh, *J. Agricultural Water Management*, 243, 106389.
- Mızrak, G., 2021, Yağışın Düşük Olduğu Yörelerde Buğday Tarımı, p.
- Olsen, S. R., 1954, Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, 939, US Department of Agriculture, p.
- Qiu, G. Y., Wang, L., He, X., Zhang, X., Chen, S., Chen, J. ve Yang, Y., 2008, Water use efficiency and evapotranspiration of winter wheat and its response to irrigation regime in the north China plain, *J. Agricultural Forest Meteorology*, 148 (11), 1848-1859.
- Richards, L. A., 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, 2, LWW, p.
- Serpi, Y., A., T., Sade, B., Öğüt, H., Soylu, S., Boyraz, N., Bilgiçli, N. ve Direk, M., 2011, Buğday Raporu, Ulusal Hububat Konseyi, Ankara.
- Sezen, S. M. ve Yazar, A., 2006, Wheat yield response to line-source sprinkler irrigation in the arid Southeast Anatolia region of Turkey, *J. Agricultural Water Management*, 81 (1-2), 59-76.
- Shen, H., Jiang, K., Sun, W., Xu, Y. ve Ma, X., 2021, Irrigation decision method for winter wheat growth period in a supplementary irrigation area based on a support vector machine algorithm, *J. Computers Electronics in Agriculture*, 182, 106032.
- Simmons, S. R., 1987, Growth, development, and physiology, *J. Wheat wheat improvement*, 13, 77-113.

- Sun, H.-Y., Liu, C.-M., Zhang, X.-Y., Shen, Y.-J. ve Zhang, Y.-Q., 2006, Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain, *J. Agricultural Water Management*, 85 (1-2), 211-218.
- Tarı, A. F., 2016, The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions, *J. Agricultural Water Management*, 167, 1-10.
- TEPGE, 2021, Buğday Durum ve Tahmin Raporu-2021. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü web sayfası, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge> [Ziyaret 12.10.2021].
- Topak, R., 1996, Konya çumra ovasındaki yağmurlama sulamalarında uygulama sorunları, *Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, Konya*.
- TSCMAE, 2020, Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü, Meteoroloji İstasyonu kayıtları, Konya.
- TÜİK, 2021, Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri (2020 yılı), <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> [Ziyaret 12.10.2021].
- USDA, 2021, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery> [Ziyaret 11.11.2021]. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery> [Ziyaret 11.11.2021].
- Wang, D., Yu, Z. ve White, P., 2013, The effect of supplemental irrigation after jointing on leaf senescence and grain filling in wheat, *J. Field Crops Research*, 151, 35-44.
- Wang, D., 2017, Water use efficiency and optimal supplemental irrigation in a high yield wheat field, *J. Field Crops Research*, 213, 213-220.
- Williams, P., El-Haramain, F. J., Hani, N. ve Safouh, R., 1988, Crop quality evaluation methods and guidelines, *Crop quality evaluation methods guidelines*. (14, Ed. 2.).
- Williams, P., Lindhauer, M. G., Poms, R. E., Wehling, R. L., Bergthaller, W. ve Gaines, C. S., 2008, The joint AACC international-ICC methods harmonization project.
- Xiangxiang, W., Quanjia, W., Jun, F. ve Qiuping, F., 2013, Evaluation of the AquaCrop model for simulating the impact of water deficits and different irrigation regimes on the biomass and yield of winter wheat grown on China's Loess Plateau, *J. Agricultural Water Management*, 129, 95-104.
- Xu, C., Tao, H., Tian, B., Gao, Y., Ren, J. ve Wang, P., 2016, Limited-irrigation improves water use efficiency and soil reservoir capacity through regulating root and canopy growth of winter wheat, *J. Field Crops Research*, 196, 268-275.
- Xu, X., Zhang, M., Li, J., Liu, Z., Zhao, Z., Zhang, Y., Zhou, S. ve Wang, Z., 2018, Improving water use efficiency and grain yield of winter wheat by optimizing irrigations in the North China Plain, *J. Field Crops Research*, 221, 219-227.
- Yu, L.-p., Huang, G.-h., Liu, H.-j., Wang, X.-p. ve Wang, M.-q., 2009, Experimental investigation of soil evaporation and evapotranspiration of winter wheat under sprinkler irrigation, *J. Agricultural Sciences in China*, 8 (11), 1360-1368.
- Yurtsever, N., 1984, Deneysel istatistik metotları, *Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın* (121).
- Yürür, N., Turan, Z. M. ve Çakmakçı, S., 1987, Bazı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin Bursa koşullarında verim ve adaptasyon yeteneği üzerine araştırmalar, *Türkiye Tahıl Sempozyumu*, 59-69.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. ve Konzak, C. F., 1974, A decimal code for the growth stages of cereals, *J. Weed research*, 14 (6), 415-421.

- Zeng, R., Yao, F., Zhang, S., Yang, S., Bai, Y., Zhang, J., Wang, J. ve Wang, X., 2021, Assessing the effects of precipitation and irrigation on winter wheat yield and water productivity in North China Plain, *J. Agricultural Water Management*, 256, 107063.
- Zhai, L.-c., Lü, L.-h., Dong, Z.-q., Zhang, L.-h., Zhang, J.-t., Jia, X.-l. ve Zhang, Z.-b., 2021, The water-saving potential of using micro-sprinkling irrigation for winter wheat production on the North China Plain, *Journal of Integrative Agriculture*, 20 (6), 1687-1700.
- Zhang, H. ve Oweis, T., 1999, Water yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region, *J. Agricultural Water Management*, 38 (3), 195-211.
- Zhang, X., Chen, S., Sun, H., Wang, Y. ve Shao, L., 2010, Water use efficiency and associated traits in winter wheat cultivars in the North China Plain, *J. Agricultural Water Management*, 97 (8), 1117-1125.
- Zhang, Y., Kendy, E., Qiang, Y., Changming, L., Yanjun, S. ve Hongyong, S., 2004, Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China Plain, *J. Agricultural Water Management*, 64 (2), 107-122.
- Zhao, H.-x., Zhang, P., Wang, Y.-y., Ning, T.-y., Xu, C.-l. ve Pu, W., 2020a, Canopy morphological changes and water use efficiency in winter wheat under different irrigation treatments, *Journal of Integrative Agriculture*, 19 (4), 1105-1116.
- Zhao, J., Han, T., Wang, C., Jia, H., Worqlul, A. W., Norelli, N., Zeng, Z. ve Chu, Q., 2020b, Optimizing irrigation strategies to synchronously improve the yield and water productivity of winter wheat under interannual precipitation variability in the North China Plain, *J. Agricultural Water Management*, 240, 106298.