TÜRKİYE 4TH INTERNATIONAL (16TH NATIONAL)

FIELD CROPS CONGRESS

16-18 / SEPTEMBER / 2026 / AYDIN / TÜRKİYE

Field Crops Department, Aydın Adnan Menderes University



FULL TEXTS BOOK

TÜRKİYE 4th INTERNATIONAL (16th NATIONAL) FIELD CROPS CONGRESS

September 16 – 18, 2026 / Aydin, Türkiye

20.10.2026

Liberty Publishing House

Water Street Corridor New York, NY 10038

www.libertyacademicbooks.com

+1 (314) 597-0372

ALL RIGHTS RESERVED NO PART OF THIS BOOK MAY BE REPRODUCED IN ANY FORM, BY PHOTOCOPYING OR BY ANY ELECTRONIC OR MECHANICAL MEANS, INCLUDING INFORMATION STORAGE OR RETRIEVAL SYSTEMS, WITHOUT PERMISSION IN WRITING FROM BOTH THE COPYRIGHT OWNER AND THE PUBLISHER OF THIS BOOK.

© Liberty Academic Publishers 2026

The digital PDF version of this title is available Open Access and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 license (http://creativecommons. org/licenses/by-nc/4.0/) which permits adaptation, alteration, reproduction and distribution for noncommercial use, without further permission provided the original work is attributed. The derivative works do not need to be licensed on the same terms.

adopted by Mariam Rasulan

FULL TEXTS BOOK

ISBN: 979-8-89695-578-8

ORGANIZING INSTITUTION

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE
TÜRKİYE 4th INTERNATIONAL (16th NATIONAL) FIELD CROPS CONGRESS

DATE
September 16 – 18, 2026

DATE
Aydin, Türkiye
Face-to-face & Online (Zoom)

PARTICIPANT COUNTRIES (38)

TÜRKİYE, AZERBAIJAN, MOROCCO, INDIA, NIGERIA, PAKISTAN, ALGERIA, ROMANIA, GEORGIA, MALAYSIA, SERBIA, BANGLADESH, INDONESIA, TUNISIA, BOTSWANA, BULGARIA, ALBANIA, ETHIOPIA, MEXICO, LITHUANIA, IRAN, UKRAINE, NORTH MACEDONIA, GERMANY, SOUTH KOREA, JORDAN, ISRAEL, CHINA, CAMEROON, ITALY, BRAZIL, AUSTRIA, VIETNAM, OMAN, SAUDI ARABIA, LEBANON, HUNGARY, ARMENIA

378	53	180	198
TOTAL ACCEPTED PAPERS	TOTAL REJECTED PAPERS	PAPERS FROM TURKIYE	INTERNATIONAL PARTICIPANTS

EVALUATION PROCESS & PRESENTATION
All applications have undergone a double-blind peer review process · Oral Presentations

FULL TEXTS BOOK

ISBN: 979-8-89695-578-8

EDITORS

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN
Prof. Dr. Olcay ARABACI

COORDINATOR

Samet KUŞKIRAN

HONORARY PRESIDENTS

Prof. Dr. Bülent KENT
Rector of Aydın Adnan Menderes University

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN
Dean of the Faculty of Agriculture, Aydın Adnan Menderes University

HEAD OF CONGRESS ORGANIZING COMMITTEE

Assoc. Prof. Dr. Olcay ARABACI
Head of Field Crops Department, Aydın Adnan Menderes University

CONGRESS SECRETARIAT

Assoc. Prof. Dr. Uğur TAN
Assoc. Prof. Dr. Hatice Kübra GÖREN
Assoc. Prof. Dr. Emre KARA
Assist. Prof. Dr. Ali YİĞİT

SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE

Prof. Dr. Olcay ARABACI
Prof. Dr. Mustafa Ali KAYNAK
Prof. Dr. Aydın ÜNAY
Prof. Dr. Osman EREKUL
Prof. Dr. Öner CANAVAR
Assoc. Prof. Dr. Yakup Onur KOCA
Assoc. Prof. Dr. Feride ÖNCAN SÜMER
Assoc. Prof. Dr. Uğur TAN
Assoc. Prof. Dr. Hatice Kübra GÖREN
Assoc. Prof. Dr. Emre KARA
Assist. Prof. Dr. Ali YİĞİT

AYDIN BEY SALONU / OTURUM / SESSION S2-O05 • Tahıl ve Baklagiller / Cereals and Legumes

Oturum Başkanı	Prof. Dr. Hatice BOZOĞLU
Saat / Time	**Bildiri Başlığı ve Yazarlar / Paper Title and Authors**
17.09.2026 PERŞEMBE / THURSDAY 11:30–11:40	**Farklı Arpa Genotiplerinin Çimlenme Ve Fide Döneminde Tuza Dayanıklılığının Belirlenmesi Özet** *1.Melda Kırlı* *2.Yakup Onur Koca* *3.Osman Erekul*
17.09.2026 PERŞEMBE / THURSDAY 11:40–11:50	**Tritikalede Tuzluluğun Çimlenme Ve Erken Fide Gelişimi Üzerine Etkisi Özet** *1.Melda Kırlı* *2.Yakup Onur Koca* *3.Osman Erekul*
17.09.2026 PERŞEMBE / THURSDAY 11:50–12:00	**Kuru Ve Sulu Koşullarda Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinde Fizyolojik Özellikler İle Tane Verimi Arasındaki İlişkiler** *1. Remzi Özkan* *2. Merve Bayhan* *3. Mehmet Yıldırım*
17.09.2026 PERŞEMBE / THURSDAY 12:00–12:10	**Yield Performance and Stress Susceptibility of Bread Wheat Genotypes under Rainfed and Irrigated Field Conditions** *1. Nisa Nur Fidan* *2. Huseyn Baghırlı* *3. Volkan Yeşil* *4. Gülsüm Boztaş* *5. Mustafa Özgür Tatar*
17.09.2026 PERŞEMBE / THURSDAY 12:10–12:20	**Türkiye'de Arpa, Buğday Ve Mısır Üretiminde Yoğunlaşma Analizi (2011–2025)** *1. Erdal Erkan* *2. Altuğ Özden*
*12*17.09.2026 PERŞEMBE / THURSDAY 12:20–12:30	**The Effect of Different Sowing Densities on Yield and Certain Quality Traits of Buckwheat** *1. Şaziye Dökülen* *2. Çiğdem Uslu*
12.30-12.40	***Soru–Cevap / Değerlendirme (Q&A / Discussion)***

ÖĞLE ARASI / LUNCH BREAK • 60 dk / min (12:30–13:30)

AYDIN BEY SALONU / OTURUM / SESSION S2-O06 • Tahıl ve Baklagiller / Cereals and Legumes

Oturum Başkanı	Prof. Dr. Mustafa Özgür TATAR
Saat / Time	**Bildiri Başlığı ve Yazarlar / Paper Title and Authors**
17.09.2026 PERŞEMBE / THURSDAY 13:30–13:40	**Evaluation of Vegetative Growth in Maize Hybrid Combinations Using Uav-Based Multispectral Camera Imagery** *1. Hatice Tuğcu* *2. Fatma İnci* *3. Aliye Yildirim Keskinoglu* *4. Emre İlker*
17.09.2026 PERŞEMBE / THURSDAY 13:40–13:50	**"B" Chromosomes in *Aegilops* Species** *1. Solmaz Najafı* *2. Mina Najafı*
17.09.2026 PERŞEMBE / THURSDAY 13:50–14:00	**Determination of Field Reactions of National Durum and Bread Winter Wheat Lines against Root Rot Pathogens (*Fusarium culmorum* and *Bipolaris sorokiniana*)** *1. Sumeyye Erdogmus Bagceci* *2. Orhan Büyük* *3. Nilüfer Akci* *4. Melis Seidi Arslan* *5. Ümran Küçüközdemir* *6. Bayram Özdemir* *7. İrfan Öztürk* *8. Lütfü Demir* *9. Savaş Belen*
17.09.2026 PERŞEMBE / THURSDAY	**Bioinformatics Mapping and Genome Dynamics of Transposable Elements in Field Crops: A Legume Perspective on Agriculture**

RELATIONSHIPS BETWEEN PHYSIOLOGICAL TRAITS AND GRAIN YIELD IN BREAD WHEAT (*Triticum aestivum* L.) GENOTYPES UNDER RAINFED AND IRRIGATED CONDITIONS

KURU VE SULU KOŞULLARDA EKMEKLİK BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.) GENOTİPLERİNDE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLER İLE TANE VERİMİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Remzi ÖZKAN

Dr. Öğr. Üyesi, Hakkari Üniversitesi, Yüksekova Meselek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Hakkari-Türkiye

ORCID: 0000-0002-6457-5802

Merve BAYHAN

Dr., Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır-Türkiye

ORCID: 0000-0002-3220-4548

Mehmet YILDIRIM

Prof. Dr., Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır-Türkiye

ORCID: 0000-0003-2421-4399

Özet

Bu çalışma, kuru (yağmura dayalı) ve sulu (ilave sulama) koşullarda yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerinin fizyolojik özellikleri ile tane verimi arasındaki ilişkilerini belirlemek ve farklı yetiştirme ortamlarında öne çıkan genotipleri ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada 5 ticari çeşit (Ceyhan-99, Dinç, Empire, Lucilla ve Wafia) ile 4 adet ileri kademe ekmeklik buğday hattı (DZ17-1, DZ7-59, TBT16-1 ve TBT16-5) kullanılmıştır. Çalışma, 2018 yılında Diyarbakır'da Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama alanında tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kuru ve sulu koşullarda kurulmuştur. Çalışmada bayrak yaprak klorofil içeriği (SPAD), normalleştirilmiş vejetasyon fark indeksi (NDVİ), bitki örtüsü sıcaklığı (BÖS), yaprak alan indeksi (YAİ) ve tane verimi özellikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler varyans analizi ile Pearson korelasyon ve temel bileşenler analizine dayalı biplot yöntemi ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, SPAD, NDVİ, YAİ ve tane veriminin genotip, çevre ve genotip × çevre interaksiyonundan önemli düzeyde etkilendiğini, BÖS'ün ise yalnızca çevre koşullarına bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Sulama uygulaması NDVİ, YAİ ve tane verimini artırırken, SPAD ve BÖS değerini azaltmıştır. Genotiplerin farklı ortamlara verdikleri tepkiler, genotip × çevre interaksiyonunun önemini ortaya koymuş ve fizyolojik özelliklerin çevresel değişimlere duyarlı olduğunu göstermiştir. Kuru koşullarda ortalama tane verimi 114.79 kg da^{-1}, sulu koşullarda ise 130.95 kg da^{-1} olarak belirlenmiş ve sulama ile verimde yaklaşık %14'lük bir artış sağlanmış olmakla birlikte, genotiplerin sulamaya verdikleri tepkilerin farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Korelasyon ve biplot analizleri, kuru koşullarda NDVİ ve YAİ'nin, sulu koşullarda ise SPAD'ın genotip performansını açıklamada etkili fizyolojik göstergeler olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, NDVİ, SPAD ve YAİ'nin farklı yetiştirme ortamlarında yüksek verimli ve çevresel değişimlere uyum sağlayabilen buğday genotiplerinin belirlenmesinde güvenilir dolaylı seleksiyon kriterleri olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Triticum aestivum* L., Diyarbakır, fizyolojik, sulama, verim.

ABSTRACT

This study was conducted to determine the relationships between physiological traits and grain yield in bread wheat genotypes grown under rainfed and irrigated conditions and to identify genotypes that performed well across different growing environments. Five commercial cultivars (Ceyhan-99, Dinç, Empire, Lucilla, and Wafia) and four advanced bread wheat lines (DZ17-1, DZ7-59, TBT16-1, and TBT16-5) were evaluated. The experiment was conducted in 2018 at the experimental field of the Faculty of Agriculture, Dicle University, Diyarbakır, using a randomized complete block design with four replications under rainfed and irrigated conditions. Flag leaf chlorophyll content (SPAD), normalized difference vegetation index (NDVI), canopy temperature (CT), leaf area index (LAI), and grain yield were evaluated. The data were analyzed using analysis of variance, Pearson correlation analysis, and biplot analysis based on principal component analysis (PCA). The results showed that SPAD, NDVI, LAI, and grain yield were significantly affected by genotype, environment, and genotype × environment interaction, whereas CT varied only in response to environmental conditions. Irrigation increased NDVI, LAI, and grain yield, while decreasing SPAD and CT values. The differential responses of genotypes across environments highlighted the significance of genotype × environment interaction and demonstrated the sensitivity of physiological traits to environmental variation. Mean grain yield was 114.79 kg da^{-1} under rainfed conditions and 130.95 kg da^{-1} under irrigated conditions, corresponding to an approximately 14% increase in grain yield with irrigation; however, genotypes differed in their responses to irrigation. Correlation and biplot analyses revealed that NDVI and LAI were effective physiological indicators for explaining genotype performance under rainfed conditions, whereas SPAD was more informative under irrigated conditions. Overall, NDVI, SPAD, and LAI were identified as reliable indirect selection criteria for identifying high-yielding wheat genotypes with greater adaptability to environmental variation across different growing conditions.

Keywords: *Triticum aestivum* L., Diyarbakir, physiological, irrigation, yield.

Giriş

Buğday (*Triticum aestivum* L.), dünya nüfusunun yaklaşık üçte ikisinin temel besin kaynaklarından biri olup, sağladığı karbonhidrat ve protein içeriği ile küresel gıda güvenliğinde stratejik bir role sahiptir (Shewry, 2009). Geniş adaptasyon yeteneği sayesinde farklı iklim ve toprak koşullarında yetiştirilebilmesi, buğdayı hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde vazgeçilmez bir tarım ürünü haline getirmiştir. Uluslararası Hububat Konseyi (IGC, 2025) verilerine göre dünya buğday üretimi 795 milyon ton düzeyinde gerçekleşmiş olup, bu üretimin önemli bir kısmı kurak ve yarı kurak bölgelerden sağlanmaktadır.

Türkiye'de buğday, ekim alanı ve üretim miktarı bakımından ilk sırada yer almakta; ekmeklik buğday üretimi, hem kırsal ekonomi hem de toplumsal beslenme açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak son yıllarda iklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıklar, düzensiz yağış dağılımı ve kuraklık olaylarının sıklığındaki artış, Türkiye'de buğday veriminde dalgalanmalara neden olmaktadır (Türkeş, 2020). 2024 yılında buğday üretiminin bir önceki yıla göre %5,5 oranında azalarak 20,8 milyon ton olarak gerçekleştiği belirlenmiştir (TÜİK, 2025). Özellikle yağışa dayalı üretim yapılan bölgelerde, çevresel stresler verimi sınırlandıran temel faktörler arasında yer almaktadır. Buğday üretiminde ekonomik düzeyde verim, yıllık yaklaşık 450 mm yağış alan ve yağışın yetişme dönemi boyunca düzenli dağıldığı bölgelerde sulama yapılmaksızın sağlanabilmektedir. Ancak yüksek verim ve kaliteye ulaşılabilmesi için yıllık yağış miktarının 500–600 mm seviyesinde olması ya da eksik kalan suyun sulama uygulamalarıyla tamamlanması gerekmektedir (Aykanat & Barut, 2018). İklim değişikliği senaryoları, buğdayın yetişme döneminde sıcaklık artışlarının ve su stresinin daha belirgin hale geleceğini göstermektedir (Asseng ve ark., 2015; Trnka ve ark., 2019). Yüksek sıcaklık ve kuraklık stresi, fotosentetik kapasitenin azalmasına, yaprak yaşlanmasının hızlanmasına ve tane dolum süresinin kısalmasına neden olarak tane verimini olumsuz yönde etkilemektedir (Blum, 2011; Farooq ve ark., 2014; Akter & Islam, 2017). Bu nedenle stres koşullarına toleranslı genotiplerin belirlenmesi ve bu özelliklerin ıslah programlarına entegre edilmesi sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır.

Bitkilerin stres koşullarına verdikleri tepkilerin değerlendirilmesinde fizyolojik özellikler önemli göstergeler olarak kullanılmaktadır. Bayrak yaprak klorofil içeriğini yansıtan SPAD ölçümleri, bitkinin

azot durumu ve fotosentetik etkinliği hakkında hızlı ve güvenilir bilgiler sunmakta olup, tane verimi ile pozitif ilişki göstermektedir (Uddling ve ark., 2007; Gholamin & Khayatnezhad, 2011). Özellikle tane dolum döneminde ölçülen SPAD değerleri, genotiplerin verim potansiyelinin belirlenmesinde etkili bir kriter olarak değerlendirilmektedir. Normalleştirilmiş Vejetasyon Fark İndeksi (NDVİ), bitki örtüsünün canlılığı, yeşil aksam yoğunluğu ve biyokütle durumu hakkında bilgi vermekte olup, buğdayda verim tahmini ve stres tespiti çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Aparicio ve ark., 2000; Marti ve ark., 2007; Araus ve ark., 2008; Araus & Cairns, 2014). NDVİ ölçümlerinin tahribatsız ve hızlı olması, özellikle çok sayıda genotipin değerlendirildiği ıslah çalışmalarında önemli avantajlar sağlamaktadır.

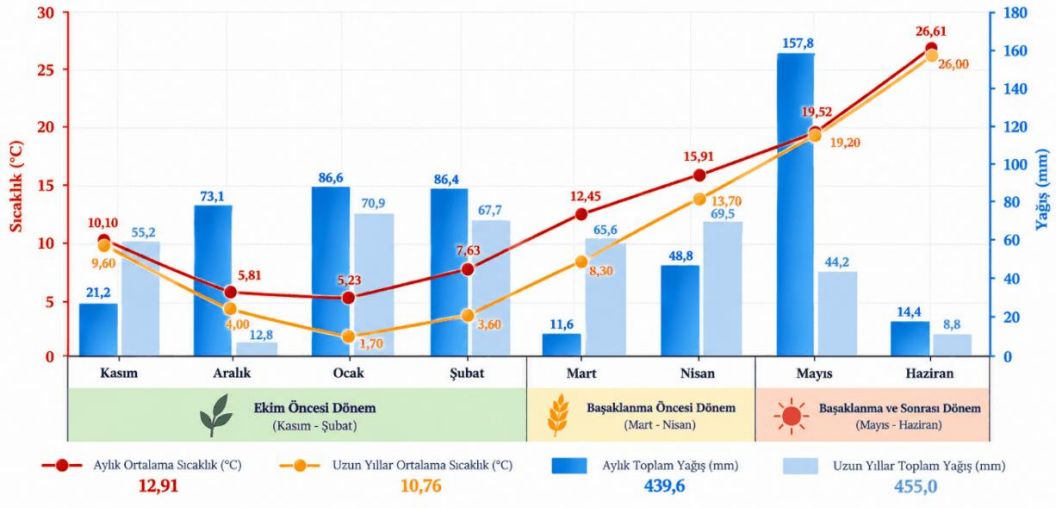
Bitki örtüsü sıcaklığı (BÖS), bitkinin su durumu ve transpirasyon etkinliği ile yakından ilişkili olup, kuraklık stresinin erken tespitinde önemli bir fizyolojik parametre olarak öne çıkmaktadır (Blum, 2009; Reynolds ve ark., 2012). Düşük bitki örtüsü sıcaklığına sahip genotiplerin, genellikle daha iyi su kullanımına ve daha yüksek verim potansiyeline sahip olduğu bildirilmektedir. Yaprak alan indeksi (YAİ) ise bitkinin fotosentetik yüzey alanını ifade etmekte olup, ışık kullanım etkinliği ve biyokütle üretimi ile doğrudan ilişkilidir (Liu ve ark., 2008; Tripathi ve ark., 2018). Yüksek YAİ değerleri, uygun çevre koşullarında daha yüksek tane verimi ile ilişkilendirilmektedir. Bu özelliklerin çevre koşullarına bağlı olarak farklı tepkiler göstermesi, genotip × çevre etkileşiminin buğday verimi üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Aynı genotip, farklı yetiştirme koşullarında farklı performanslar sergileyebilmekte; bu durum, genotiplerin adaptasyon yeteneklerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır (Yan & Kang, 2003; Kaya ve ark., 2006). Bu nedenle farklı yetiştirme koşullarında yapılan çalışmalar, genotiplerin çevresel streslere karşı tepkilerinin daha kapsamlı bir şekilde ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada, bazı ekmeklik buğday genotiplerinin kuru (yağmura dayalı) ve sulu (ilave sulama) koşullarda tane verimi ile bazı fizyolojik özellikler bakımından varyasyon yapısı, özellikler arası korelasyon ilişkileri ve çok değişkenli dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bulguların, buğday ıslah programlarında etkin seleksiyon stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Materyal and Metot

Araştırma yeri ve iklim özellikleri

Bu çalışma, 2018 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait araştırma alanında yürütülmüştür. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin orta kısmında yer alan Diyarbakır ili 37° 30' ve 38° 43' kuzey enlemleri ile 40° 37' ve 41° 20' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Denizden yüksekliği 670 m'dir. Bölge sert karasal iklime sahiptir. Yazlar sıcak, kurak ve uzun, kışlar soğuk ve daha az yağışlıdır. Araştırmanın yürütüldüğü 2107-18 yılına ve uzun yıllara ait bazı iklim verileri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Araştırma yılına ve uzun yıllara ait bazı iklim verileri

Araştırmada uzun yıllar yağış ortalaması 455.0 mm iken, yetiştirme sezonunda 439.6 mm'dir. Bitki çıkışından sapa kalkma dönemine kadar geçen dönemi kapsayan Mart ve Nisan aylarında düşen toplam

yağış miktarı uzun yıllar ortalamasının altında kalmıştır. Başaklanmanın gerçekleştiği Mayıs ayında ise aylık toplam yağış miktarı uzun yıllar toplamından yüksektir. Her ne kadar başaklanma öncesi dönemde ciddi bir sıcaklık artışı ve yağış kuraklığı görülse de başaklanma ve sonrası dönemde bu etki hissedilmemiştir. Ayrıca yetiştirme dönemi (Mart-Haziran) boyunca gerçekleşen aylık ortalama sıcaklık değeri uzun yıllar ortalamasından yüksek olmuştur.

Araştırma alanı toprak özellikleri

Araştırma yerinin toprak özelliklerini belirlemek için farklı derinliklerden alınan toprak örnekleri analiz edilmiştir. Sonuçlara göre, deneme alanı topraklarının pH değerinin hafif alkali olduğu, tuz stresinin olmadığı, orta derecede kireç içeriğine sahip olduğu ve organik madde içeriğinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, deneme alanındaki toprakların azot ve fosfor bakımından eksik, potasyum bakımından ise zengin olduğu görülmüştür. Deneme yerinin toprak içeriğine ait bazı kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma alanının toprak içeriğine ait bazı kimyasal ve fiziksel özellikler

Saturasyon (%)	% Tuz TS 8334	pH (0-14)	Kireç (%)	Organik madde (%)	Azot (%)	Fosfor (ppm)	Potasyum (ppm)
63.20	0.042	8.15	10.59	0.77	0.04	6.00	493.26
Killi Tınlı	Tuzsuz	Hafif alkali	Orta	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek

Araştırma materyali ve deneme deseni

Çalışmada 5 ticari ekmeklik buğday çeşidi (Ceyhan-99, Dinç, Empire, Lucilla, Wafia) ile Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafından geliştirilen 4 adet ileri kademe ekmeklik buğday hattı (DZ17-1, DZ7-59, TBT16-1, TBT16-5) bitki materyali olarak kullanılmıştır. Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kuru (yağmura dayalı) ve sulu koşullarda (ilave sulama) kurulmuştur.

Denemenin kurulması ve uygulanan tarımsal işlemler

Denemenin ekim işlemi 9 Mart 2018 tarihinde parsel mibzeri ile metrekareye 500 tohum hesabıyla yapılmıştır. Her bir parsel 5 m uzunluğunda, 0.2 m sıra aralığında ve 6 sıra olarak belirlenmiştir. Denemede ekimle birlikte saf olarak 6 kg da^{-1} N ve 6 kg da^{-1} P_2O_5 uygulanırken, sapa kalkma döneminde de 6 kg da^{-1} N uygulanmıştır. Yabancı ot mücadelesi mekanik yollarla yapılmıştır. Sulama işlemi damla sulama sistemi kullanılarak sapa kalkma, başaklanma ve tane dolum dönemi olmak üzere üç kez yapılmıştır. Denemeler arasında yeterli bir izolasyon mesafesi (30 m) bırakılmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü Mart-Temmuz ayları boyunca toplam 232.6 mm yağış düşerken, sulu koşullarda ilave olarak 148.5 mm sulama suyu verilmiştir. Hasat 1 Temmuz 2018 de, parsel biçerdöveri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada incelenen özellikler

- **Bayrak yaprak klorofil içeriği (SPAD):** Bitkiler tane dolum döneminde iken rastgele seçilen 10 bitkinin bayrak yaprağının orta damara gelmeyecek şekilde tam orta kısımları, bitkilerin klorofil miktarını ölçmeye yarayan SPAD-502 Plus klorofil metre (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) cihazı ile ölçülmüştür.
- **Normalleştirilmiş vejetasyon fark indeksi (NDVİ):** Bitkiler tane dolum döneminde iken 0.00-0.99 değerleri aralığında ölçüm yapan Trimple Greenseeker (Trimble Navigation Limited, Sunnyvale, CA, ABD) ile ölçülmüştür.
- **Bitki örtüsü sıcaklığı (BÖS):** Bitkiler tane dolum döneminde iken taşınabilir Rothenbenger hassas- kızılötesi termometre (Termal kamera) ile santigrat derece (^oC) cinsinden ölçülmüştür.
- **Yaprak alan indeksi (YAİ):** Bitkiler tane dolum döneminde iken YAİ-2000 (LI-COR, Lincoln, NE) ile ölçülmüştür. YAİ değeri, cihaz ile parseldeki bitkilerin üzerinden bir ölçüm ve daha sonra toprak seviyesinden alınan iki ölçüm sonucu belirlenmiştir. Cihazlarla yapılan ölçümler açık havada rüzgârın olmadığı 11:00-14:00 saatleri arasında yapılmıştır.

- **Tane verimi (TV):** Parsel biçerdöveri ile yapılan hasat harman sonunda, her parselden elde edilen tane ürünü 0.01 g hassas terazide tartılmış ve elde edilen değerler kg da^{-1} cinsinden hesaplanmıştır.

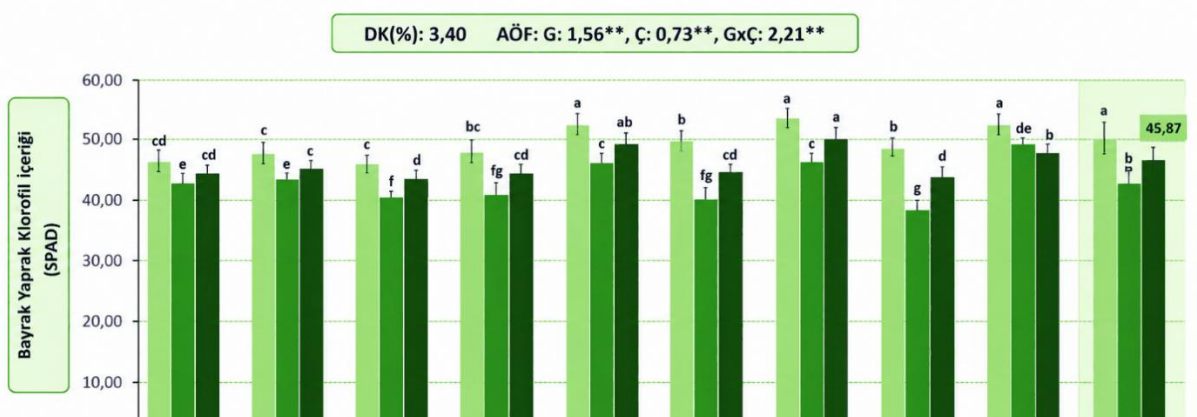
İstatistiksel analiz

Araştırmadan elde edilen veriler JMP 17 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Genotip, yetiştirme koşulu ve genotip × çevre etkileşiminin etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem düzeyinde AÖF (Asgari önemli farklılık) testi ile karşılaştırılmıştır. Özellikler arasındaki doğrusal ilişkiler Pearson korelasyon katsayıları ile belirlenmiştir. Çok değişkenli yapının ortaya konulması amacıyla temel bileşenler analizine (PCA) dayalı biplot grafikleri oluşturulmuştur.

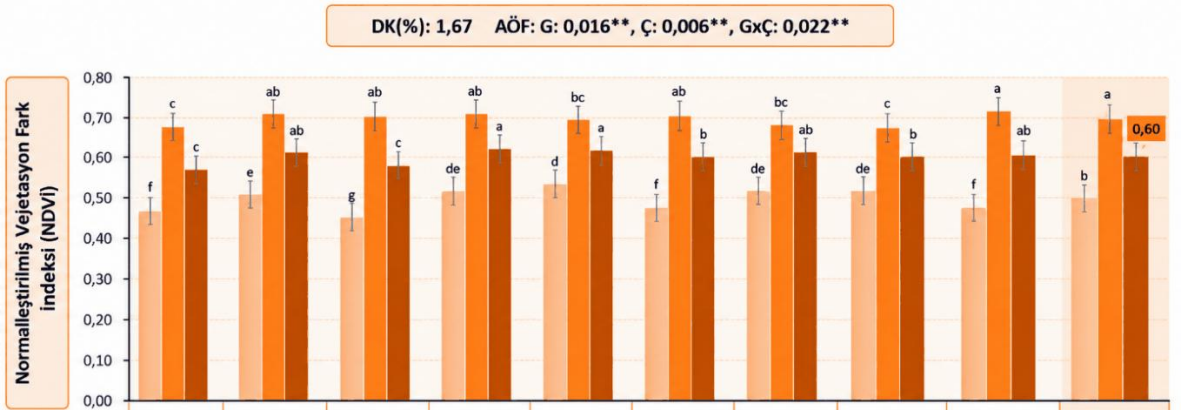
Bulgular ve Tartışma

Varyans analiz sonuçları

Araştırmada incelenen SPAD, NDVİ, YAİ ve tane verimi özelliklerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları incelendiğinde genotip, çevre ve genotip × çevre interaksiyonları önemli bulunurken, BÖS değeri bakımından ise yalnızca çevre etkisi önemli olmuştur (Şekil 2 ve 3). SPAD değerleri genotipler ve çevreler arasında belirgin farklılıklar göstermiştir (Şekil 2). Kuru koşullarda ortalama SPAD değeri 49,27 iken, sulu koşullarda bu değer 42,48'e düşmüştür. Bu düşüş, sulama koşullarında bitkilerin daha hızlı büyümesiyle birlikte klorofil yoğunluğunun yaprak dokusunda seyrelmesi ile açıklanabilir. Monneveux ve ark. (2012)'da su mevcudiyetinin artmasıyla yaprak büyümesinin hızlanabileceğini ve bazı durumlarda klorofil yoğunluğunun birim yaprak alanında azalabileceğini belirtmektedir.



	Ceyhan-99	Dinç	DZ17-1	DZ-759	Empire	Lucilla	TBT16-1	TBT16-5	Wafia	Ortalama
Kuru	46,10	47,03	46,20	47,78	51,95	49,63	53,48	49,28	52,00	49,27
Sulu	43,00	43,65	40,63	40,28	46,28	40,13	46,25	38,15	48,93	42,48
Ortalama	44,55	45,34	43,41	44,03	49,11	44,88	49,86	43,71	47,96	45,87



	Ceyhan-99	Dinç	DZ17-1	DZ-759	Empire	Lucilla	TBT16-1	TBT16-5	Wafia	Ortalama
Kuru	0,47	0,51	0,45	0,52	0,54	0,48	0,52	0,52	0,48	0,50
Sulu	0,68	0,71	0,71	0,71	0,70	0,71	0,69	0,68	0,72	0,70
Ortalama	0,57	0,61	0,58	0,62	0,62	0,60	0,61	0,60	0,60	0,60

*Şekil 2. Kuru (yağmura dayalı) ve sulu (ilave sulama) koşullarda ekmeklik buğday genotiplerinde incelenen SPAD ve NDVİ özelliklerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar. *:%5 ve **: %1 seviyesinde önemli, öd.: Önemli değil, DK.: Değişim katsayısı, AÖF: Asgari önemli farklılık, G: Genotip, Ç: Çevre. *Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur.*

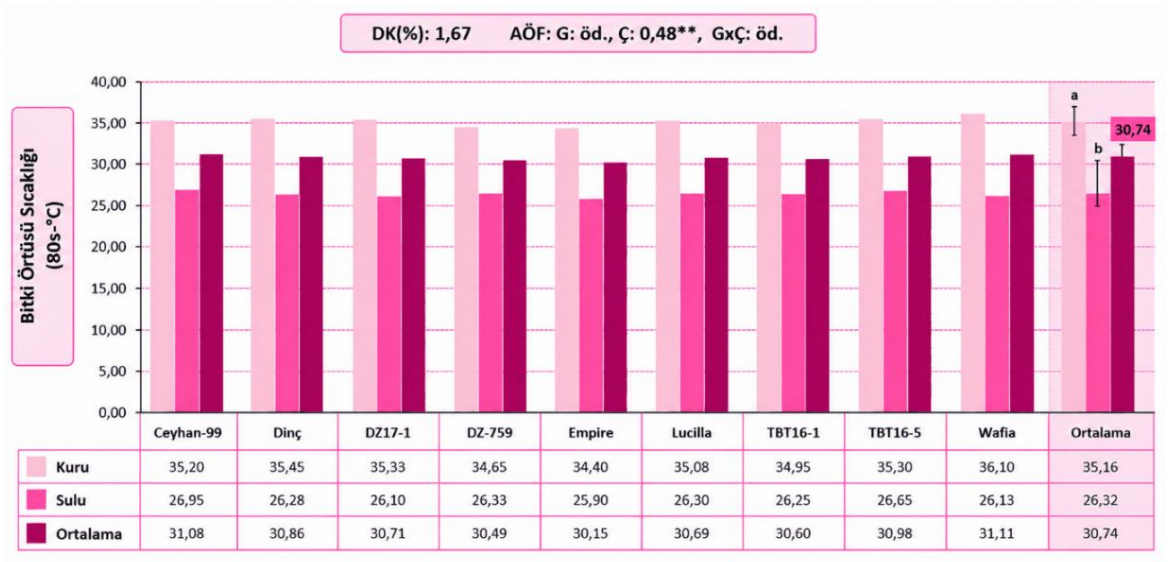
Genotip bazında değerlendirildiğinde, kuru koşullarda TBT16-1, Wafia ve Empire genotipleri yüksek SPAD değerleriyle öne çıkmıştır. Bu genotiplerin sınırlı su koşullarında dahi klorofil içeriğini koruyabilmesi, daha güçlü bir fotosentetik dayanıklılığa sahip olduklarını düşündürmektedir (Araus ve ark., 2008; Pinto ve ark., 2010; Monneveux ve ark., 2012). Sulu koşullarda ise Empire ve TBT16-1 genotipleri yüksek SPAD değerlerini sürdürmüştür. Buna karşılık TBT16-5 genotipinde sulu koşullarda belirgin bir düşüş gözlenmiş, bu durum genotipin yüksek su koşullarında klorofil stabilitesini koruyamadığını göstermiştir. Uddling ve ark. (2007) SPAD değerlerinin yaprak klorofil içeriğinin güvenilir bir göstergesi olduğunu ve fotosentetik kapasite ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

NDVİ değerleri çevresel koşullardan güçlü biçimde etkilenmiştir (Şekil 2). Kuru koşullarda ortalama NDVİ değeri 0,49 iken, sulu koşullarda bu değer 0,70'e yükselmiş ve sulama ile yaklaşık %41'lik bir artış gerçekleşmiştir. Bu artış, su mevcudiyetinde bitki örtüsü yoğunluğunun, yeşil biyokütlenin ve fotosentetik aktivitenin belirgin biçimde arttığını göstermektedir. Benzer bir çalışmada Aparicio ve ark. (2000), spektral yansıtma indekslerinin, yağmurla beslenen koşullara göre sulanan koşullar altında daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Sulu koşullarda en yüksek NDVİ değeri Wafia genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipin NDVİ bakımından öne çıkması, yoğun bitki örtüsü ve yüksek yaprak alanı oluşturabildiğini göstermektedir. Ortalama NDVİ değerleri incelendiğinde ise DZ7-59 ve Empire genotipleri üst grupta yer almıştır. Buna karşılık kuru koşullarda DZ17-1 genotipinin düşük NDVİ değeri, bu genotipte sınırlı biyokütle oluşumuna işaret etmektedir. NDVİ, bitki örtüsü ve canlılığının yanı sıra biyotik ve abiyotik stres seviyelerinin bir göstergesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca araştırmacılar NDVİ'ın verimle ilgili bitki özelliklerinin değerlendirilmesinde (Hassan ve ark., 2018, Thapa ve ark., 2019) ve besin eksikliğine verilen tepkinin test edilmesinde umut verici sonuçlar gösterdiğini bildirmişlerdir. Sinha ve ark. (2018), NDVİ'nin farklı gelişme dönemlerinde tane verimi ile pozitif ilişki gösterdiğini ve özellikle kuraklık ile sıcaklık stresinin etkili olduğu ortamlarda genotip performansının belirlenmesinde güvenilir bir fizyolojik gösterge olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmalar, mevcut bulguları destekleyerek, NDVİ'nin bitki sağlığı, verim ve çevresel etkileşimlerin önemli bir göstergesi olarak rolünü pekiştirmektedir.

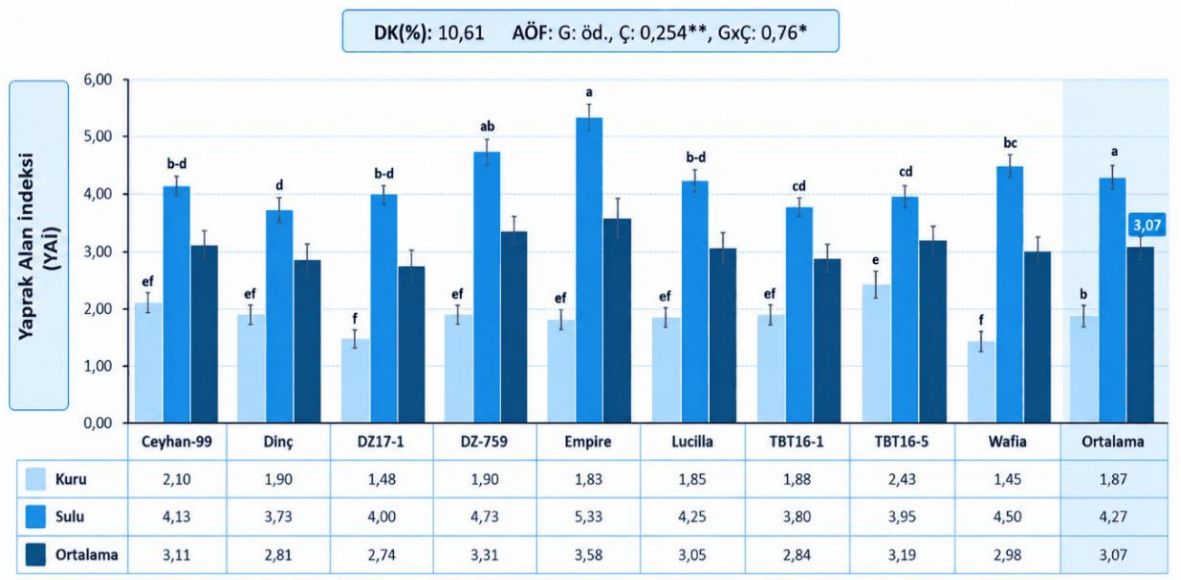
Bitki örtüsü sıcaklığı, bitkinin su durumu ve terleme kapasitesi hakkında bilgi veren önemli fizyolojik göstergelerden biridir. Çalışmada BÖS değeri yalnızca çevre koşullarından etkilenmiştir (Şekil 3). Kuru koşullarda ortalama BÖS değeri 35.16 °C, sulu koşullarda ise 26.32 °C olarak ölçülmüş ve sulama ile yaklaşık 9 °C'lik bir düşüş gerçekleşmiştir. Bu düşüş, sulama koşullarında artan transprasyon ve

stomatal açıklıkla doğrudan ilişkilidir. Düşük BÖS değerleri, sulama koşullarında yüksek stoma iletkenliği ve fotosentetik aktivitenin devamlılığı ile ilişkilendirilirken, kuraklık koşullarında ise daha iyi hidrasyon düzeyine sahip genotiplerin göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Pinto ve ark., 2010). Genotipler arasında BÖS değerleri oldukça dar bir aralıkta değişmiştir (Şekil 3). Kuru koşullarda en yüksek BÖS değeri Wafia, en düşük değer ise Empire genotipinde belirlenmiştir. Ancak bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, BÖS'ün bu çalışmada genotip ayırım gücünün sınırlı olduğunu, daha çok çevresel su stresinin şiddetini yansıtan bir parametre olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Çünkü sulama koşullarında artan transprasyon ve buharlaşma yoluyla soğuma etkisi canopy sıcaklığının düşmesine neden olmaktadır (Ayeneh ve ark., 2002). Özellikle kuraklık ve yüksek sıcaklık stresinin etkili olduğu ortamlarda düşük canopy sıcaklığı, bitkinin daha iyi su durumunu koruyabildiğini göstermekte ve yüksek verim performansı ile ilişkilendirilmektedir (Lopes & Reynolds, 2010; Rebetzke ve ark., 2013; Li ve ark., 2019).

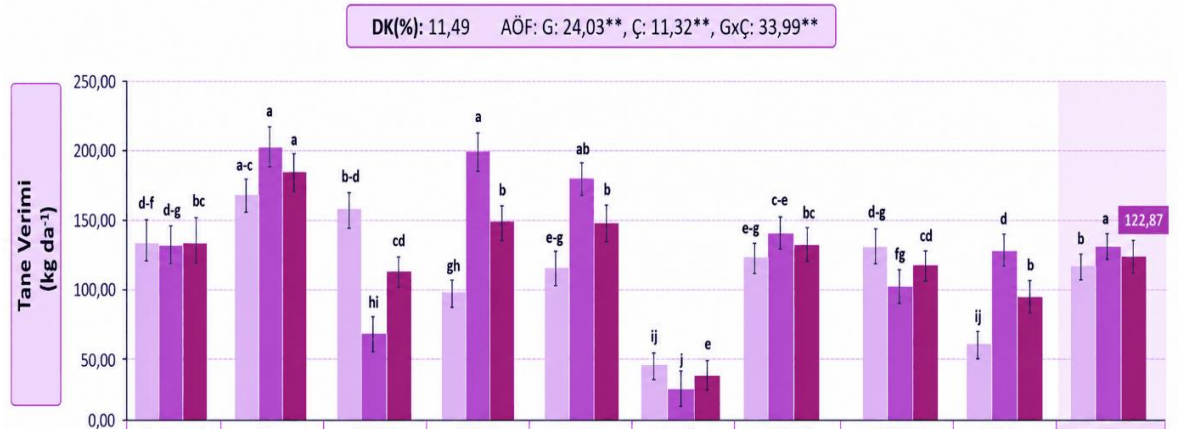
YAİ değerleri çevre koşullarına oldukça duyarlı bulunmuştur (Şekil 3). Kuru koşullarda ortalama YAİ değeri 1,87 iken, sulu koşullarda bu değer 4,27'ye yükselmiş ve yaprak alanının sulama ile yaklaşık 2,3 kat arttığı belirlenmiştir. Bu artış, sulama koşullarında fotosentetik yüzey alanının önemli ölçüde genişlediğini göstermektedir. Sulu koşullarda en yüksek YAİ değeri Empire genotipinde ölçülmüştür. Bu genotipin yüksek YAİ değerine sahip olması, NDVİ ve tane verimi bakımından da üst grupta yer almasıyla uyum göstermektedir. Buna karşılık kuru koşullarda genotipler arasında YAİ bakımından belirgin farklılıklar görülmemiştir. Bu durum, YAİ'nin bu çalışmada genotip etkisinden çok çevre koşullarına duyarlı bir özellik olduğunu göstermektedir. Nitekim önceki çalışmalarda da yaprak alan indeksinin su mevcudiyeti, yetiştirme koşulları ve iklim faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği; genotipik farklılıkların ise çevresel etkiler altında sınırlı kalabildiği bildirilmiştir (Lazauskas ve ark., 2012; Szabó ve ark., 2022).



	Ceyhan-99	Dinç	DZ17-1	DZ-759	Empire	Lucilla	TBT16-1	TBT16-5	Wafia	Ortalama
Kuru	35,20	35,45	35,33	34,65	34,40	35,08	34,95	35,30	36,10	35,16
Sulu	26,95	26,28	26,10	26,33	25,90	26,30	26,25	26,65	26,13	26,32
Ortalama	31,08	30,86	30,71	30,49	30,15	30,69	30,60	30,98	31,11	30,74



	Ceyhan-99	Dinç	DZ17-1	DZ-759	Empire	Lucilla	TBT16-1	TBT16-5	Wafia	Ortalama
Kuru	2,10	1,90	1,48	1,90	1,83	1,85	1,88	2,43	1,45	1,87
Sulu	4,13	3,73	4,00	4,73	5,33	4,25	3,80	3,95	4,50	4,27
Ortalama	3,11	2,81	2,74	3,31	3,58	3,05	2,84	3,19	2,98	3,07



	Ceyhan-99	Dinç	DZ17-1	DZ7-59	Empire	Lucilla	TBT16-1	TBT16-5	Wafia	Ortalama
Kuru	134,28	168,65	158,38	98,41	114,75	46,25	122,25	130,03	60,09	114,79
Sulu	131,52	202,43	67,01	199,40	180,38	27,76	139,95	102,86	127,26	130,95
Ortalama	132,90	185,54	112,69	148,90	147,56	37,00	131,10	116,44	93,68	122,87

*Şekil 3. Kuru (yağmura dayalı) ve sulu (ilave sulama) koşullarda ekmeklik buğday genotiplerinde incelenen BÖS, YAİ ve TV özelliklerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar. *:%5 ve **: %1 seviyesinde önemli, öd.: Önemli değil, DK.: Değişim katsayısı, AÖF: Asgari önemli farklılık, G: Genotip, Ç: Çevre. *Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur.*

Genotip × çevre interaksiyonunun önemli bulunması, bazı genotiplerin sulama koşullarında yaprak alanlarını daha etkin artırabildiğini ve bu özelliğin verim oluşumunda dolaylı rol oynadığını ortaya koymaktadır (Şekil 3). Benzer şekilde Petcu ve ark. (2003)'da buğdayda ölçülen YAİ değeri ile tane verimi arasında pozitif ilişkiler olduğunu ve YAİ'nin verim tahmininde kullanılabileceğini belirtmiştir. Buğdayda yaprak alanı göz önüne alındığında, stres altında sağlıklı yeşil yaprakların korunması, kuraklık veya sıcaklık koşullarına karşı stres toleransı olarak yorumlanabilmektedir (Tao ve ark., 2000; Olivares-Villegas ve ark., 2007).

Tane verimi bakımından genotip, çevre ve genotip × çevre interaksiyonunun önemli bulunması (Şekil 3), verim oluşumunun yalnızca su mevcudiyetine değil, aynı zamanda genotiplerin çevresel koşullara verdikleri farklı tepkilere bağlı olduğunu göstermektedir. Kuru koşullarda ortalama tane verimi 114,79 kg da^{-1}, sulu koşullarda ise 130,95 kg da^{-1} olarak belirlenmiş ve sulama ile verimde yaklaşık %14'lük bir artış sağlanmış olmakla birlikte, genotiplerin sulamaya verdikleri tepkilerin aynı olmadığı görülmüştür. Nitekim bazı genotiplerde verim artışı sınırlı düzeyde gerçekleşirken, bazı genotiplerde sulama ile çok daha yüksek verim artışları elde edilmiştir. Bu durum, genotiplerin su kullanım

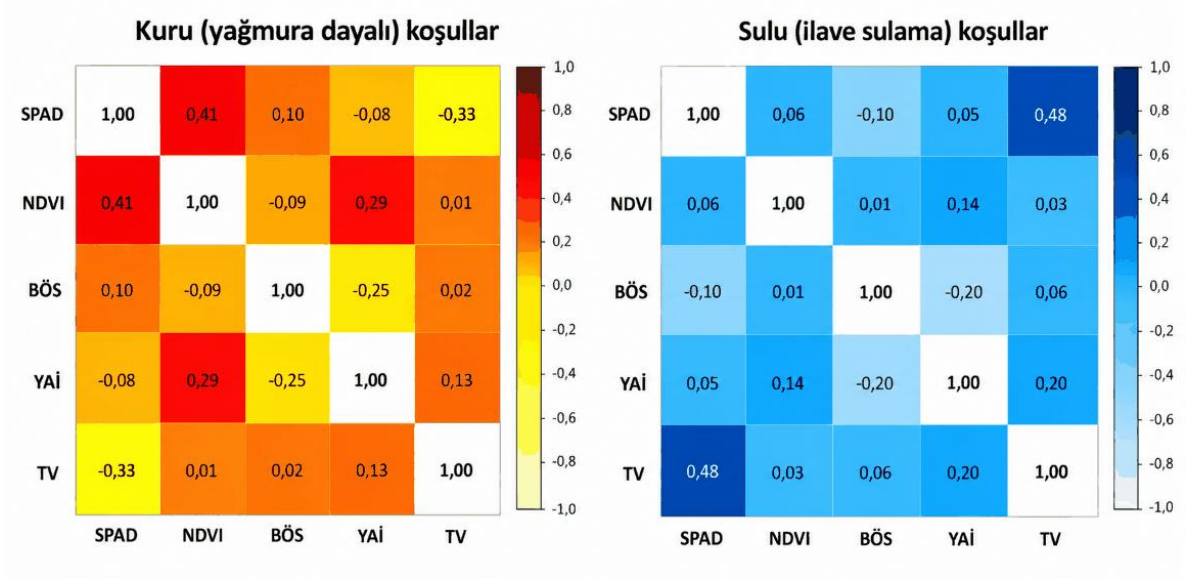
kapasitesi, fotosentetik aktiviteyi sürdürme yeteneği ve kaynak kullanım etkinliği bakımından farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır (Blum, 2011; Reynolds ve ark., 2009).

Sulu koşullarda Dinç ve DZ7-59 genotiplerinin en yüksek tane verimlerine ulaşması, bu genotiplerin artan su mevcudiyetinden daha etkin yararlanabildiğini göstermektedir. Özellikle DZ7-59 genotipinde kuru koşullara göre verimin yaklaşık iki kat artması, bu genotipin yüksek çevresel tepki yeteneğine sahip olduğunu düşündürmektedir. Benzer şekilde Empire ve Wafia genotiplerinde de sulama ile belirgin verim artışları meydana gelmiştir. Çalışmamızla uyumlu olarak farklı araştırmacılarda genotiplerin uygun çevre koşullarında farklı düzeylerde performans artışı gösterebildiğini ve bu durumun genotip × çevre interaksiyonunun temel nedenlerinden biri olduğunu bildirmiştir (Voss-Fels ve ark., 2019; Reynolds ve ark., 2020).

Sulu koşullarda yüksek verim gösteren genotiplerin aynı zamanda yüksek NDVİ ve yaprak alan indeksi değerlerine sahip olması, artan yeşil biyokütle ve fotosentetik yüzey gelişiminin verim oluşumuna katkı sağladığını göstermektedir. NDVİ ve yaprak alan indeksinin tane verimi ile pozitif ilişkili olduğu birçok çalışmada bildirilmiştir (Babar ve ark., 2006; Lopes & Reynolds, 2012; Xing ve ark., 2022). Kuru koşullarda Dinç ve DZ17-1 genotiplerinin öne çıkması ise bu genotiplerin sınırlı su koşullarına daha iyi uyum sağlayabildiğini göstermektedir. Özellikle Dinç genotipinin hem kuru hem de sulu koşullarda yüksek verim göstermesi, geniş adaptasyon yeteneğine sahip olabileceğini düşündürmektedir. Buna karşılık Lucilla genotipinin her iki çevrede de düşük verim göstermesi ve sulama koşullarında dahi beklenen verim artışını sağlayamaması, bu genotipin araştırma koşullarına daha zayıf uyum gösterdiğini ortaya koymuştur. Gupta ve ark. (2022) ile Khare ve ark. (2024), farklı çevrelerde üstün performans gösteren genotiplerin belirlenmesinde yalnızca ortalama verimin değil, çevresel değişimlere verilen tepkinin de dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Elde edilen sonuçlar, tane veriminin yalnızca su mevcudiyetinden etkilenmediğini, verim oluşumunun genotiplerin fizyolojik özellikleri ve çevresel koşullara uyum yetenekleri ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Özellikler arası ilişkiler (korelasyon analizi)

Kuru ve sulu koşullarda incelenen özellikler arasındaki doğrusal ilişkilerin ortaya konulması amacıyla Pearson korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar yetiştirme ortamlarının özellikler arasındaki ilişkileri önemli ölçüde değiştirdiğini göstermiştir (Şekil 4). Özellikle kuru koşullarda SPAD ve NDVİ gibi fizyolojik göstergeler ile tane verimi arasındaki ilişkilerin zayıf veya anlamsız bulunması, kuraklık stresinin fotosentetik kapasite ile verim arasındaki bağlantıyı sınırladığını göstermektedir. Nitekim stres koşullarında bitkilerin fotosentetik ürünleri tane gelişimine aktarmak yerine hayatta kalma mekanizmalarına yönlendirdiği, bunun da kaynak–sink dengesini bozarak verim artışını sınırlandırdığı daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Blum, 2005; Araus ve ark., 2008). Bu durum, yüksek klorofil içeriği veya vejetatif büyümenin kurak koşullarda her zaman yüksek tane verimiyle sonuçlanmadığını açıklamaktadır.

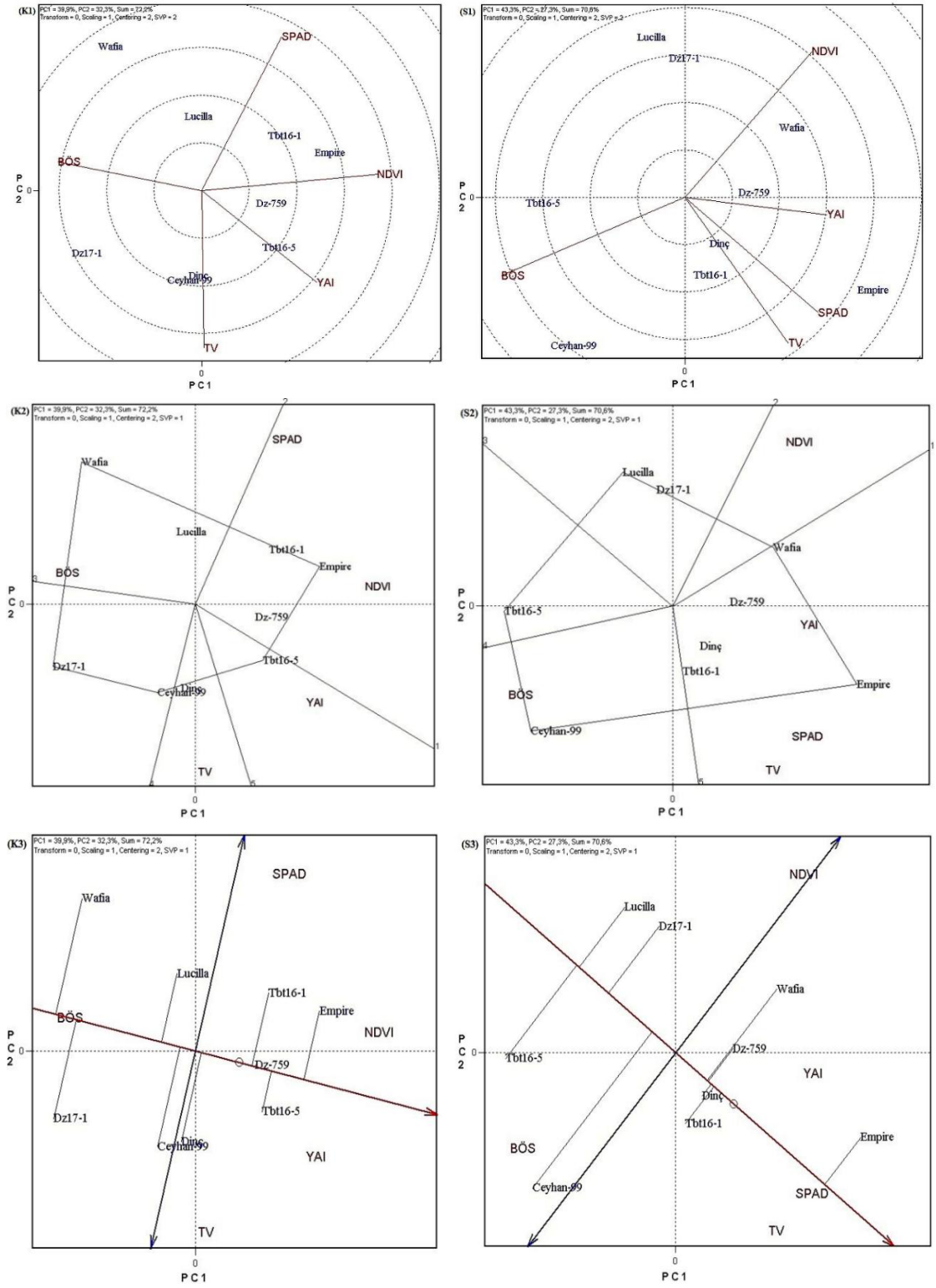


*Şekil 4. Ekmeklik buğday genotiplerinde incelenen özellikler arasındaki ilişkiler. *:%5 ve **: %1 seviyesinde önemli, SPAD: Bayrak yaprak klorofil içeriği, NDVİ: Normalleştirilmiş vejetasyon fark indeksi, BÖS: Bitki örtüsü sıcaklığı, YAİ: Yaprak alan indeksi, TV: Tane verimi.*

Sulu koşullarda ise SPAD ile tane verimi arasında belirlenen pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı ilişki, yeterli su mevcudiyetinde klorofil içeriğinin fotosentetik etkinliği artırarak tane dolum sürecini desteklediğini göstermektedir. Benzer şekilde, önceki araştırmalarda SPAD ölçümlerinin özellikle stresin sınırlayıcı olmadığı koşullarda verimle güçlü ilişkiler gösterdiği ve dolaylı seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır (Cabrera-Bosquet ve ark., 2011; Islam ve ark., 201; Monostori ve ark., 2016). Bu bulgu, SPAD'ın sulu koşullarda genotiplerin verim potansiyelini ayırt etmede daha güvenilir bir gösterge olduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşılık, NDVİ ve YAİ'nin tane verimi ile olan ilişkilerinin her iki çevrede de zayıf kalması, vejetatif büyümenin verimi belirleyen tek başına yeterli bir faktör olmadığını göstermektedir. Özellikle yoğun vejetatif gelişimin, fotosentetik ürünlerin tane yerine vegetatif dokularda tutulmasına yol açabileceği ve bu durumun verim artışını sınırlayabileceği literatürde sıklıkla belirtilmiştir (Fischer, 2007; Reynolds ve ark., 2012). Ayrıca her iki ortamda da BÖS ile NDVİ ve YAİ arasındaki ilişkilerin negatif olması, düşük canopy sıcaklığının daha iyi bitki gelişimi ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Ancak bu ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olmaması, söz konusu eğilimin genotipler arasında yeterince güçlü olmadığını göstermektedir (Şekil 4).

Temel bileşenler analizi ve biplot dağılımı

Genotipler ile incelenen özellikler arasındaki ilişkilerin daha ayrıntılı ortaya konulabilmesi amacıyla temel bileşenler analizine (PCA) dayalı biplot grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 5). Çalışmaya ait K1-S1 grafikleri özellikler ve genotipler arasındaki ilişki modeline göre değerlendirilmiştir (Şekil 5). Bu model, genotiplerin incelenen özelliklerle olan ilişkisini ve özellikler arasındaki korelasyon yapısını ortaya koymak amacıyla kullanılmaktadır. Kuru koşullarda K1 biplotu, NDVİ ile YAİ arasında pozitif, BÖS ile bu özellikler arasında ise negatif ilişki olduğunu göstermiştir. Sulu koşullarda S1 biplotu ise SPAD ile tane verimi arasındaki ilişkinin belirginleştiğini ve sulama altında yüksek klorofil içeriğinin verimle daha yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, kuru koşullarda yeşil aksamın korunması ve düşük canopy sıcaklığının, sulu koşullarda ise fotosentetik kapasitenin genotip performansını açıklamada daha belirleyici olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Kuru (yağmura dayalı (K1-K2- K3)) ve sulu (ilave sulama (S1-S2-S3)) koşullarda ekmeklik buğday genotipleri ile incelenen özelliklere ilişkin PCA tabanlı biplot analizleri. SPAD: Bayrak yaprak klorofil içeriği, NDVİ: Normalleştirilmiş vejetasyon fark indeksi, BÖS: Bitki örtüsü sıcaklığı, YAİ: Yaprak alan indeksi, TV: Tane verimi.

K2-S2 biplotları hangisi nerede kazanır (which-won-where) yaklaşımına göre değerlendirilmiştir (Şekil 5). Grafikte özellikler farklı bölgeler oluşturmuş ve genotipler bu bölgeler içerisinde dağılım göstermiştir. Bu modelde çokgenin köşelerinde yer alan genotipler ilgili bölgelerde üstün performans gösteren genotipleri temsil etmektedir. Kuru koşullarda (K2) Empire genotipi NDVİ bakımından,

TBT16-5 YAİ bakımından ve Dinç ile Ceyhan-99 genotipleri tane verimi bakımından öne çıkarken, DZ17-1 genotipi ise yüksek bitki örtüsü sıcaklığı ile ilişkilendirilmiştir. Sulama koşullarında (S2) ise Empire SPAD ve tane verimi bakımından üstün performans göstermiş, Wafia genotipi ise yüksek NDVİ ile ilişkilendirilmiştir. Buna karşılık Ceyhan-99 ve TBT16-5 yüksek bitki örtüsü sıcaklığı ile aynı bölgede yer almıştır. Polygon görünümü, genotiplerin farklı fizyolojik özellikler bakımından üstünlük gösterdiklerini ve yetiştirme ortamının bu üstünlüklerin yönünü değiştirdiğini ortaya koymuştur.

K3-S3 grafikleri genotiplerin ortalama verimlerini ve çevrelere göre stabilitesini gösteren ranking biplot grafiğine göre değerlendirilmiştir (Şekil 5). Bu modelde genotiplerin özellik vektörleri üzerindeki izdüşümleri dikkate alınarak hangi genotiplerin hangi fizyolojik veya agronomik özellikler bakımından öne çıktığı belirlenmektedir. Kuru koşullarda K3 biplotu, NDVİ ve YAİ'nin aynı yönde, BÖS'ün ise bu özelliklerin karşı yönünde yer aldığını göstermiştir. Bu durum, yağmura dayalı koşullarda yüksek bitki örtüsü sıcaklığının yeşil alan gelişimiyle ters ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Sulu koşullarda S3 biplotu ise SPAD ile tane veriminin aynı yönde yer aldığını ve sulama altında yüksek klorofil içeriğinin verimle daha yakından ilişkili olduğunu göstermiştir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, kuru ve sulu koşulların ekmeklik buğday genotiplerinin fizyolojik özellikleri ve tane verimi üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Sulama uygulaması NDVİ, YAİ ve tane verimini artırırken, SPAD ve BÖS değerini azaltmış; buna karşılık fizyolojik özelliklerdeki değişimin büyük ölçüde çevre koşullarına bağlı olduğu belirlenmiştir.

Genotiplerin farklı ortamlara verdikleri tepkiler, genotip × çevre interaksiyonunun önemini ortaya koymuş ve fizyolojik özelliklerin çevresel değişimlere duyarlı olduğunu göstermiştir. Korelasyon ve PCA-biplot analizleri, kuru koşullarda özellikle NDVİ ve YAİ'nin, sulu koşullarda ise SPAD değerlerinin genotip performansının değerlendirilmesinde daha etkili fizyolojik göstergeler olduğunu ortaya koymuştur.

Elde edilen sonuçlar, NDVİ, SPAD ve YAİ gibi fizyolojik karakterlerin yüksek verimli ve çevresel değişimlere uyum sağlayabilen buğday genotiplerinin belirlenmesinde güvenilir dolaylı seleksiyon kriterleri olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca Dinç, Empire, Wafia ve DZ7-59 genotiplerinin, farklı yetiştirme koşullarında sergiledikleri üstün performans nedeniyle ileri ıslah çalışmaları ve kuraklık/sulama odaklı adaptasyon programları açısından umut verici genetik materyaller olarak değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

Kaynaklar

Akter, N., & Rafiqul Islam, M. (2017). Heat stress effects and management in wheat. *A review. Agronomy for Sustainable Development, 37,* 37. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0443-9

Aparicio, N., Villegas, D., Casadesus, J., Araus, J. L., & Royo, C. (2000). Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agronomy Journal, 92*(1), 83-91. https://doi.org/10.2134/agronj2000.92183x

Araus, J. L., & Cairns, J. E. (2014). Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. *Trends Plant Science*, *19*(1):52-61. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.09.008

Araus, J. L., Slafer, G. A., Royo, C., & Serret, M. D. (2008). Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Reviews in Plant Sciences, 27*(6), 377-412. https://doi.org/10.1080/07352680802467736

Asseng, S., Foster, I., & Turner, N. C. (2011). The impact of temperature variability on wheat yields. *Global Change Biology*, *17,* 997-1012.

Ayeneh, A., Van Ginkel, M., Reynolds, M., & Ammar, K. (2002). Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Research*, *79*(2-3), 173-184. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00138-7

Aykanat, S., & Barut, H. (2018). Buğday tarımında farklı ekim yöntemleri ve sulamanın teknik yönden karşılaştırılması. *Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *1*(1), 131-142.

Babar, M. A., Reynolds, M. P., van Ginkel, M., Klatt, A. R., Raun, W. R., & Stone, M. L. (2006). Spectral reflectance indices as a potential indirect selection criteria for wheat yield under irrigation. *Crop Science*, *46*(2), 578–588. https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0059

Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. *Australian Journal of Agricultural Research 56*, *1159*-1168. https://doi.org/10.1071/AR05069

Blum, A. (2009). Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*, *112*(2-3), 119-123. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.03.009

Blum, A. (2011). Plant breeding for water-limited environments. New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4

Cabrera-Bosquet, L., Molero, G., Stellacci, A. M., Bort, J., & Araus, J. L. (2011). NDVI as a potential tool for predicting biomass, plant nitrogen content and yield in wheat. *Journal of Integrative Plant Biology*, *53*, 924–934.

Farooq, M., Hussain, M., & Siddique, K. H. M. (2014). Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *33*(4), 331-349. https://doi.org/10.1080/07352689.2014.875291

Gholamin, R., & Khayatnezhad, M. (2011). The effect of end-season drought stress on the chlorophyll content, chlorophyll fluorescence parameters, and yield in maize cultivars. *Scientific Research*, *6*, 5351-5357. https://doi.org/10.5897/AJMR11.964

Gupta, V., Kumar, M., Singh, V., Chaudhary, L., Yashveer, S., Sheoran, R., Dalal, M. S., Nain, A., Lamba, K., Gangadharaiah, N., Sharma, R., & Nagpal, S. (2022). Genotype by environment interaction analysis for grain yield of wheat (*Triticum aestivum* (L.) em. *Thell) genotypes. Agriculture*, *12*(7), 1002. https://doi.org/10.3390/agriculture12071002

Hassan, M. A., Yang, M., Rasheed, A., Jin, X., Xia, X., Xiao, Y., & He, Z. (2018). Time-series multispectral indices from unmanned aerial vehicle imagery reveal senescence rate in bread wheat. *Remote Sensing*, *10*(6), 809. https://doi.org/10.3390/rs10060809

Islam, M. R., Haque, S., Akter, N., & Karim, M. A. (2014). Leaf chlorophyll dynamics in wheat based on SPAD meter reading and its relationship with grain yield. *Journal of Scientia Agriculture*, *8*(1), 13-18.

Kaya, Y., Akçura, M., & Taner, S. (2006). GGE-Biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *30*(5), 325 - 337. https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol30/iss5/3

Khare, V., Shukla, R. S., Pandey, S., Singh, S. K., & Singh, C. (2024). Exploring the genotype-environment interaction of bread wheat in ambient and high-temperature planting conditions: a rigorous investigation. *Scientific Reports*, *14*(1), 2402. https://doi.org/10.1038/s41598-024-53052-w

Lazauskas, S., Povilaitis, V., Antanaitis, Š., Sakalauskaitė, J., Sakalauskienė, S., Pšibišauskienė G., Auškalnienė, O., Raudonius, S., & Duchovskis, P. (2012). Winter wheat leaf area index under low and moderate input management and climate change. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *10*(1), 588-593.

Li, X., Ingvordsen, C. H., Weiss, M., Rebetzke, G. J., Condon, A. G., James, R. A., & Richards, R. A. (2019). Deeper roots associated with cooler canopies, higher normalized difference vegetation index, and greater yield in three wheat populations grown on stored soil water. *Journal of Experimental Botany*, *70*, 4963-4974, https://doi.org/10.1093/jxb/erz232

Liu, G., Xie, Y., Gao, X. F., & Duan, X. W. (2008). Application of SunScan canopy analysis system in measuring leaf area index of soybean. *Chinese Journal of Ecology*, *27*, 862-866.

Lopes, M. S., & Reynolds, M. P. (2010). Partitioning of assimilates to deeper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat. *Functional Plant Biology*, *37*, 147-156, https://doi.org/10.1071/FP09121

Marti, J., Bort, J., Slafer, G. A., & Araus, J. L. (2007). Can wheat yield be assessed by early measurements of normalized difference vegetation index? Annals of Applied Biology, 150, 253-257. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00126.x.

Monneveux, P., Jing, R., & Misra, S. C. (2012). Phenotyping for drought adaptation in wheat using physiological traits. *Frontiers in Physiology*, *3*, 429. https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00429

Monostori, I., Árendás, T., Hoffman, B., Galiba, G., Gierczil, K., Szira, F., & Vágujfalvi, A. (2016). Relationship between SPAD value and grain yield can be affected by cultivar, environment and soil nitrogen content in wheat. *Euphytica*, *211*, 103-112. https://doi.org/10.1007/s10681-016-1741-z

Olivares-Villegas, J. J., Reynolds, M. P., & McDonald, G. K. (2007). Drought-adaptive attributes in the Seri/Babax hexaploid wheat population. *Functional Plant Biology*, *34*, 189-203.

Petcu, E., Petcu, G., Lazăr, C., & Vintilă, R. (2003). Relationship between leaf area index, biomass and winter wheat yield obtained at Fundulea, under conditions of 2001 year. *Romanian Agricultural Research*, *19*-20, 21-29.

Pinto, R. S., Reynolds, M. P., Mathews, K. L., McIntyre, C. L., Olivares-Villegas, J. J., & Chapman, S. C. (2010). Heat and drought adaptive QTL in a wheat population designed to minimize confounding agronomic effects. *Theoretical and Applied Genetics*, *121*(6), 1001. https://doi.org/10.1007/s00122-010-1351-4

Rebetzke, G. J., Rattey, A. R., Farquhar, G. D., Richards, R. A., & Condon, A. T. G. (2012). Genomic regions for canopy temperature and their genetic association with stomatal conductance and grain yield in wheat. *Functional Plant Biology.*, *40*(1), 14-33. https://doi.org/10.1071/FP12184

Reynolds, M., Chapman, S., Crespo-Herrera, L., Molero, G., Mondal, S., Pequeno, D. N. L., Pinto, F., Pinera-Chavez, F. J., Poland, J., Rivera-Amado, C., Saint Pierre, C., & Sukumaran, S. (2020). Breeder friendly phenotyping. *Plant Sciences*, *295*, 110396. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110396

Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Parry, M., & Slafer, G. (2012). Achieving yield gains in wheat. *Plant Cell Environment*, *35*(10), 1799-823. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02588.x

Reynolds, M., Foulkes, M. J., Slafer, G. A., Berry, P., Parry, M. A. J., Snape, J. W., & Angus, W. J. (2009). Raising yield potential in wheat. *Journal of Experimental Botany*, *60*(7), 1899-1918. https://doi.org/10.1093/jxb/erp016

Shewry, P. R. (2009). Wheat. *Journal of Experimental Botany*, *60*(6), 1537-1553. https://doi.org/10.1093/jxb/erp058

Sinha, N., Priyanka, V., Ramya, K. T., Leena, T., Bhat, J. A., Harikrishna, Jain, N., Singh, P. K., Singh, G. P., & Prabhu, K. V. (2018). Assessment of marker-trait associations for drought and heat tolerance in bread wheat. *Cereal Research Communications*, *46*, 639-649. https://doi.org/10.1556/0806.46.2018.049

Szabó, A., Huzsvai, L., & Pepó P. (2022). Analysis of nutrient-specific response of maize hybrids in terms of leaf area index and yield formation. *Plants*, *11*(9), 1197. https://doi.org/10.3390/plants11091197

Tao, Y. Z., Henzell, R. G., Jordan, D. R., Butler, D. G., Kelly, A. M., & McIntyre, C. L. (2000). Identification of genomic regions associated with stay green in sorghum by testing RILs in multiple environments. *Theoretical and Applied Genetics*, *100*, 1225-1232.

Thapa, S., Rudd, J. C., Xue, Q., Bhandari, M., Reddy, S. K., Jessup, K. E., Liu, S., Devkota, R. N., Baker, J., & Baker, S. (2019). Use of NDVI for characterizing winter wheat response to water stress in a semi-arid environment. *Journal of Crop Improvement*, *33*, 633-648.

Tripathi, A. M., Pohanková, E., Fischer, M., Orság, M., Trnka, M., Klem, K., & Marek, M. V. (2018). The evaluation of radiation use efficiency and leaf area index development for the estimation of biomass accumulation in short rotation poplar and annual field crops. *Forests*, *9*(4), 168. https://doi.org/10.3390/f9040168

Trnka, M., Olesen, J. E., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A. O., Eitzinger, J., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rötter, R., Iglesias, A., Orlandini, S., Dubrovský, M., Hlavinka, P., Balek, J., Eckersten, H., Cloppet, E., Calanca, P., Gobin, A., Vučetić, V., Nejedlik, P., Kumar, S., Lalic, B., Mestre, A., Rossi, F., Kozzyra, J., Alexandrov, V., Semeradova, D., & Žalud, Z. (2011). Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology*, *17*(7), 2298-2318. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02396.x

Türkeş, M. (2020). İklim değişikliğinin tarımsal üretim ve gıda güvenliğine etkileri: bilimsel bir değerlendirme. *Ege Coğrafya Dergisi*, *29*(1), 125-149. https://izlik.org/JA85GS85CX

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2025). Bitkisel üretim 2. *tahmini*, *2024* (Haber Bülteni No: 53448). https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-2.-Tahmini-2024-53448

Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K., & Pleijel, H. (2007). Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis Research*, *91*(1), 37–46. https://doi.org/10.1007/s11120-006-9077-5

Uluslararası Hububat Konseyi (IGC). (2025). Uluslararası Hububat Konseyi (International Grains Council) Tahıl Piyasası Raporu (Grain Market Report). https://www.igc.int

Voss-Fels, K. P., Stahl, A., & Hickey, L. T. (2019). Q&A: Modern crop breeding for future food security. *BMC Biology*, *17*, 18. https://doi.org/10.1186/s12915-019-0638-4

Xing, N., Huang, W., Ye, H., Dong, Y., Kong, W., Ren, Y., & Xie, Q. (2022). Remote sensing retrieval of winter wheat leaf area index and canopy chlorophyll density at different growth stages. *Big Earth Data*, *6*(4), 580-602. https://doi.org/10.1080/20964471.2021.1918909

Yan, W., & Kang, M. S. (2002). GGE biplot analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists (1st ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420040371