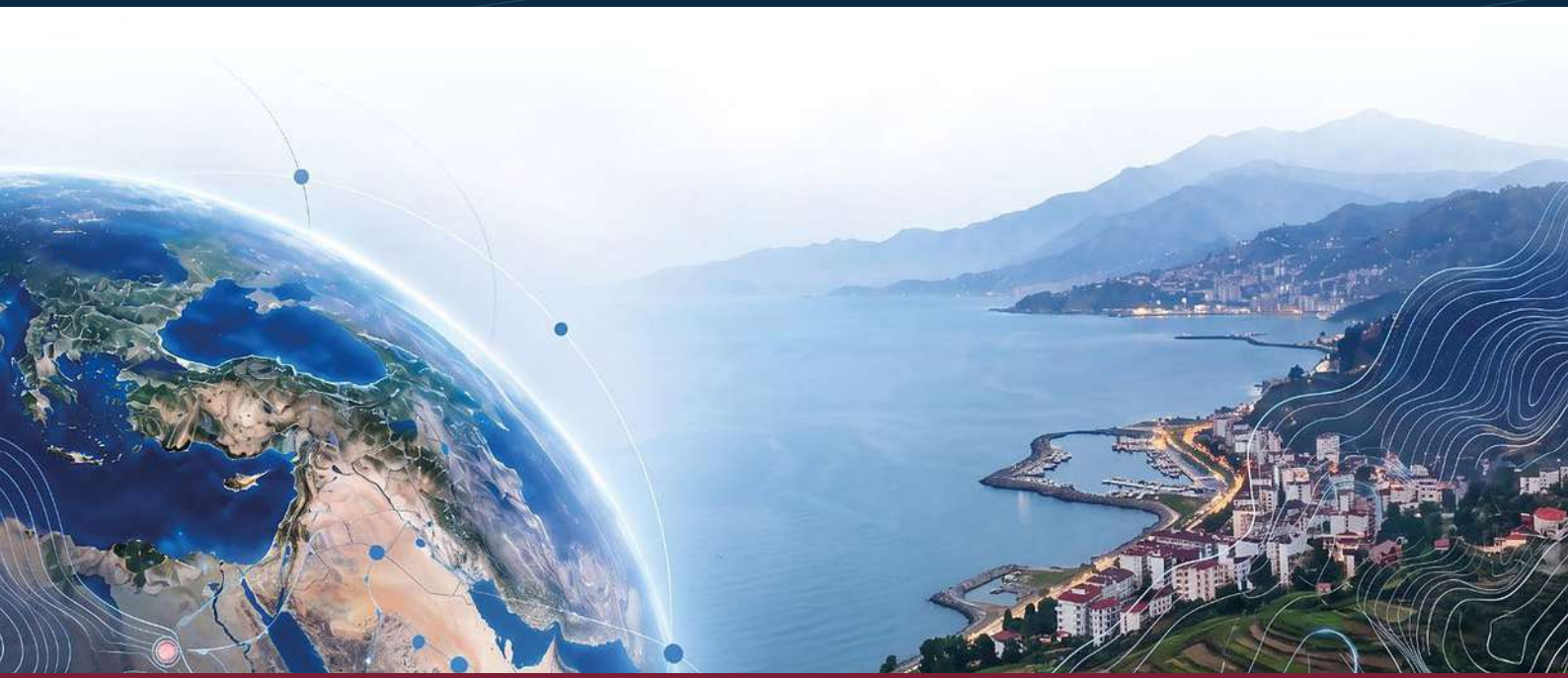
X. UZAKTAN ALGILAMA VE
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ SEMPOZYUMU

TAM METİN

BİLDİRİLER KİTABI

15–17 EKİM 2026

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

UZAL-CBS 2026

X. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu

Tam Metin Bildiriler Kitabı

15–17 Ekim 2026 · Trabzon

KTÜ Prof. Dr. Osman Turan Kültür ve Kongre Merkezi

DÜZENLEYEN KURUMLAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
İstanbul Teknik Üniversitesi

EV SAHİBİ BÖLÜM

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Harita Mühendisliği Bölümü

www.ktu.edu.tr/uzalcbs2026

MAKARNALIK BUĞDAYDA VERİM VE STABİLİTEYE DAYALI SELEKSİYON İÇİN ÇOKLU SENSÖRLÜ YÜKSEK VERİMLİ FENOTİPLEME

Remzi ÖZKAN [1], Merve BAYHAN[2], Yunus AKTAR[3], Shawn C. KEFAUVER[4],

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Hakkâri Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 30000, Yüksekova, Hakkâri, rmziozkan@hakkari.edu.tr
[2]Dr., Dicle Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 21280, Sur, Diyarbakır, merve.bayhan@dicle.edu.tr
[3]YL Öğr., Dicle Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 21280, Sur, Diyarbakır, aktaryunus@gmail.com
[4]Doç. Dr., Barselona Üniversitesi, Bitki Fizyolojisi Bölümü, 08028, Les Corts, Barselona, sckefauver@ub.edu

ÖZET

İklim değişikliğine dayanıklı buğday çeşitleri geliştirmek için sadece yüksek verimli genotipleri seçmek yeterli değildir. Aynı zamanda bu genotiplerin farklı çevre koşullarında verimini koruyabilmesi, yani verim stabilitesinin de yüksek olması gerekir. Bu durum, özellikle yağışların düzensizleştiği ve sıcaklıkların arttığı günümüz koşullarında daha da önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, 62 adet makarnalık buğday çeşidi incelenmiştir. Denemeler, İspanya'da Akdeniz iklimine sahip iki farklı lokasyonda yürütülmüştür. Çeşitler hem sulu hem de yağışa dayalı koşullarda değerlendirilmiştir. Araştırmada, genotiplerin seçimini kolaylaştırmak amacıyla verim ve verim stabilitesine dayalı bir sınıflandırma sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemde genotipler, verim düzeyleri ve farklı çevrelerde gösterdikleri stabiliteye göre gruplandırılmıştır. Düşük verime veya düşük stabiliteye sahip genotipler, seleksiyon açısından uygun olmayan materyaller olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada sezon boyunca yüksek verimli fenotipleme yöntemleri kullanılmıştır. Bunun için yer sensörlerinden elde edilen RGB ve multispektral vejetasyon indeksleri ile İHA'dan elde edilen RGB, multispektral ve termal-kızılötesi veriler kullanılmıştır. Başaklanma ve tane dolum dönemlerinde alınan bu veriler, bitkilerin gelişim durumunu, yeşil kalma süresini ve yaşlanma sürecini değerlendirmek için kullanılmıştır. Ayrıca bu veriler Random Forest modelleriyle analiz edilerek verim ve stabilite tahminleri yapılmıştır.

Verim tahmin modellerine su miktarı ve referans evapotranspirasyon gibi çevresel faktörler de eklenmiştir. Bu sayede güçlü tahmin sonuçları elde edilmiştir. Verim tahminlerinde R^2 değerinin 0.31'in üzerinde, hata oranının ise %15.8'in altında olduğu belirlenmiştir. Stabilite tahminleri ise vejetasyon indekslerinin stabilitesine dayandırılmıştır. Bu tahminlerin başarısı orta düzeyde olmasına rağmen, önceki çalışmalara göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Çalışmanın önemli sonuçlarından biri, seçilecek genotiplerin erken dönemde güçlü gelişim göstermesi gerektiğidir. Orta veya yüksek verime ve stabiliteye sahip genotipler, sezon başında daha güçlü bir bitki gelişimi göstermiştir. Ancak bu genotipler tane dolumunun sonunda daha düşük yeşil kalma eğilimi sergilemiştir. Buna karşılık düşük verimli veya düşük stabiliteli genotipler, sezon başında zayıf gelişmiş ancak daha uzun süre yeşil kalma, yani "stay-green" özelliği göstermiştir.

Bu çalışma, buğday ıslahında sadece uzun süre yeşil kalan genotiplerin değil, erken dönemde güçlü gelişen ve tane dolum döneminde uygun zamanda yaşlanma gösteren genotiplerin daha önemli olabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışma, buğday seleksiyonunda yalnızca yüksek verime odaklanmak yerine, verim ve stabilitenin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Buğday, verim stabilitesi, iklim dayanıklılığı, yüksek verimli fenotipleme, makine öğrenimi

ABSTRACT

MULTI-SENSOR HIGH-THROUGHPUT PHENOTYPING FOR YIELD AND STABILITY-BASED SELECTION IN DURUM WHEAT

Developing wheat varieties that are resilient to climate change requires more than just the selection of high-yielding genotypes. These genotypes must also maintain their yield performance across different environmental conditions; in other words, they should exhibit high yield stability. This issue has become increasingly important under current conditions, where precipitation patterns are becoming increasingly irregular and temperatures are rising.

In this study, we evaluated 62 post-Green Revolution durum wheat cultivars. The experiments were conducted at two different Mediterranean locations in Spain. The cultivars were assessed under both irrigated and rainfed conditions. To facilitate genotype selection, a classification system based on the grain yield and yield stability was developed. Within this system, genotypes were grouped according to their yield performance and stability across different environments. Genotypes with low yield or stability were considered unsuitable for selection.

High-throughput phenotyping approaches were used during the growing season. RGB and multispectral vegetation indices obtained from ground-based sensors, together with UAV-derived RGB, multispectral, and thermal-infrared data, were used. Data collected at the anthesis and grain-filling stages were used to evaluate plant growth status, green retention, and senescence dynamics. In addition, these data were analyzed using Random Forest models to predict yield and yield stability.

Environmental factors, such as water input and reference evapotranspiration, were also incorporated into the yield prediction models. Consequently, robust prediction outcomes were obtained. For yield prediction, the R^2 value was above 0.31, whereas the error rate remained below 15.8%. Stability predictions were based on the vegetation indices. Although the predictive performance for stability was moderate, it was superior to that reported in previous studies.

One of the key findings of this study was that the genotypes selected for breeding should exhibit strong early season vigor. Genotypes with moderate or high yield and stability showed stronger plant development at the beginning of the season. However, these genotypes displayed lower green retention toward the end of grain filling period. In contrast, genotypes with low yield or low stability showed weaker early development but maintained greenness for a longer period, indicating a "stay-green" phenotype.

Overall, this study demonstrates that in wheat breeding, genotypes with strong early vigor and timely senescence during grain filling may be more valuable than genotypes that simply remain green for a longer period. The findings also highlight the need to evaluate yield and yield stability together, rather than focusing solely on yield maximization in wheat selection.

Keywords: Wheat, yield stability, climate resilience, high-throughput phenotyping, machine learning