*ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*
*5(2): 426-438, 2021*
*© Telif hakkı ISPEC'e aittir*
***Araştırma Makalesi***

**E-ISSN:2717-7238**
**www.ispecjournal.com**

*ISPEC Journal of Agr. Sciences*
*5(2): 426-438, 2021*
*Copyright © ISPEC*
***Research Article***

**Merve BAYHAN**[1a*]

**Mehmet YILDIRIM**[1b]

[1]Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

[1a]**ORCID**: 0000-0002-3220-4548

[1b]**ORCID**: 0000-0002-6953-4479

[*]Sorumlu yazar:

mervebayhan21@gmail.com

DOI

https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol5iss2pp426-438

**Alınış (Received):** 25/02/2021

**Kabul Tarihi (Accepted):** 28/03/2021

**Anahtar Kelimeler**
Organik, ekmeklik buğday, verim, kalite, konvansiyonel

**Keywords**
Organic, bread wheat, yield, quality, conventional

## GGE Biplot Analizi Yöntemi ile Organik Buğday Seleksiyonu

**Özet**

Bu çalışmanın amacı organik ve konvansiyonel koşullar altında ekmeklik buğday genotiplerinin performanslarının belirlenmesi ve GGE biplot analizi ile organik koşullar için uygun genotiplerin belirlenmesidir. Araştırma, 2019-2020 bitki yetiştirme sezonunda Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanı'nda yağışa dayalı koşullarda yürütülmüştür. Yerel çeşitlerden oluşan 27 ekmeklik buğday genotipi ve 3 kontrol çeşidi (Empire, Pehlivan ve Ceyhan-99) materyal olarak kullanılmıştır. Genotip adaptasyonu ve stabilite değerlendirilmesi, tane verimi ve kalite özellikleri (protein oranı ve yaş gluten) temelinde GGE biplot analizi ile yapılmıştır. Genotipler farklı çevrelerde farklı performanslar göstermiştir. 8 numaralı genotip hem verim bakımından hem de kalite özellikleri bakımından organik koşullarda en iyi performans gösterirken, konvansiyonel koşullarda ise 19 ve 22 numaralı genotipler verim ve kalite özellikleri bakımından en yüksek değerlere sahip olmuştur. Tane verimi bakımından 19 numaralı genotip ve kalite özellikleri bakımından ise 2, 7 ve 12 numaralı genotipler yüksek verim ortalamaları ve stabilitelerinden dolayı en ideal genotipler olduğu sonucuna varılmıştır. Bu genotiplerin, doğrudan organik üretimde veya ıslah programlarında yeni buğday çeşitlerinin geliştirilmesinde ebeveyn olarak kullanılabilir olduğu kanaatine varılmıştır.

## Organic Wheat Selection Through GGE Biplot Analysis

**Abstract**

The aim of this study is to determine the performances of bread wheat genotypes under organic and conventional conditions. In addition, suitable genotypes for organic conditions determines by GGE biplot analysis. The study was carried out in the research and application area of Dicle University Faculty of Agriculture in Diyarbakır in rain-fed conditions during the 2019-2020 production season. In this study, materials were used as follows: 27 bread wheat genotypes from local cultivars and 3 check cultivars (Empire, Pehlivan and Ceyhan-99). Genotype adaptation and stability were evaluated by GGE biplot analysis on the basis of grain yield and quality characteristics (protein ratio and wet gluten). Genotypes have shown different performances in different environments. While genotype number 8 showed the best performance in organic conditions both in terms of yield and quality characteristics, genotypes numbered 19 and 22 had the highest values in terms of yield and quality characteristics in conventional conditions. It was concluded that genotype numbered 19 in terms of grain yield and genotypes numbered 2, 7 and 12 in terms of quality characteristics were the most ideal genotypes due to their high yield means and stability. It has been concluded that these genotypes can be used directly as parents in organic production or in the development of new wheat varieties in breeding programs.

## GİRİŞ

Ekmeklik buğday, durum buğdaya göre iklim ve toprak istekleri bakımından daha az seçici olduğundan dolayı dünyada ve Türkiye'de geniş alanlarda üretimi yapılabilmektedir (Karaman, 2020; Karaman ve ark., 2020). Ayrıca buğday tanesi yüksek protein ihtiva etmesinden dolayı, insan beslenmesinde önemli bir yer almıştır. Yerel çeşitlerin, yeni tarım uygulamalarında (sürdürülebilir veya organik tarım) kullanımının artırılması ve iklim değişikliklerinin gıda üretimi, gıda kalitesi ve gıda güvenliği üzerinde olumsuz etkilerinin azaltılmasında rol alması beklenmektedir (Gitay ve ark., 2001; Parry ve ark., 2004; Atkinson ve ark., 2008). Yerel çeşitler doğrudan üretimde yer alabileceği gibi, buğday ıslah programlarında ebeveyn olarak kullanılabilmektedirler. Yerel çeşitler, geleneksel tarıma kıyasla daha düşük verim alınan organik tarım veya düşük girdili tarım gibi üretim sistemlerinde kullanılabilme potansiyeline sahiptirler.

Organik tarıma uygun tahıl çeşitlerinin seleksiyonu, geleneksel yüksek girdili sistemlerde yapılan ıslah programlarından farklı bir yaklaşım gerektirmektedir (Wolfe ve ark., 2008). Bunun nedeni, organik tarımda hastalıkların, düşük besin maddelerinin ve yabancı otların getirdiği verim sınırlamalarının fazla olması ve organik tarım sistemlerinde değişen çevresel koşullara uyum sağlama ihtiyacının olmasıdır (Hammer ve Gladis, 2001; Lanmerts van Bueren ve ark., 2005). Eski ve yerel genotiplerin ya doğrudan organik tarımda kullanılması ya da organik tarım sistemi için ıslah sürecine alınması gerekmektedir. Yerel genotipleri adapte oldukları bölgelerinin çevre koşullarına ve agronomik uygulamalarına uyumludurlar; bu nedenle, yüksek tane verimi ve adaptasyon için farklı stratejiler belirlemede değerli birer kaynaktırlar (Moragues ve ark., 2006). Ceccarelli (1989), tarla bitkilerinde, verim stabilitesi üzerine çevrenin etkili olduğunu iddia etmiştir. Genotip (G) x Çevre (E) interaksiyonunun etkisinde çeşit değerlendirmesi yapmak ve hedef çevreyi tam olarak saptamak için denemelerin birden fazla lokasyonda yapılması gerekmektedir (Cooper ve ark., 2007).

GxE interaksiyonundan dolayı üstün genotipleri saptamak zordur, ancak farklı çevrelerde genotiplerin performansının değişmesine etkisi olan bu faktörü değerlendirmek son derece önemlidir. GxE çalışmaları, her bir genotip için ideal çevreyi belirlemeye yardımcı olur, bu da tahıl verimini maksimuma çıkarır ve üretim maliyetini düşürür (Oyekunle ve ark., 2017).

Buğday ıslahçıları, çeşit adaptasyonunu ve stabilitesini değerlendirmek için farklı analiz yöntemlerini kullanmaktadırlar. Bu amaçla kullanılan GGE biplot analizi, belirli özellikler yönünden genotipik varyasyonun belirlenmesi iki ana bileşenden (PCA1 ve PCA2) oluşmaktadır. Bunlardan PCA1 genotipik özelliklere bağlı verim oranı; PCA2 ise G×E interaksiyonuna bağlı verim ile ilişkilidir (Yan, 2001; Yan ve Holland, 2010).

GGE biplot analizi, belirli bir lokasyonda ortalama genotip veriminin tahmin edilmesini sağlayan ve hedef çevre için en stabil genotipin belirlenmesine yardımcı olan etkili bir yöntemdir (Yan, 2014; Santos ve ark., 2016). Badu-Apraku ve ark. (2012) göre, bu analiz, parametrik olmayan yöntemlerin yanı sıra basit doğrusal regresyon ve segmentli doğrusal regresyona dayalı diğer modellere kıyasla daha çok yönlü olduğunu ve G×E interaksiyonunu anlamada kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

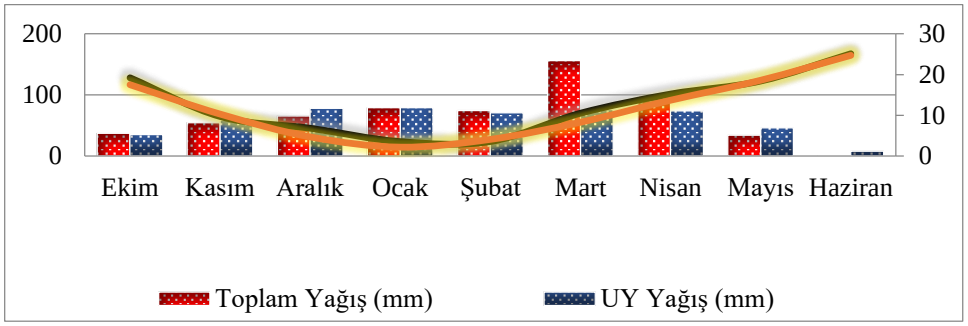
Farklı çeşitlerin uyum ve stabiliteleri ile ilgili yapılan çalışmalarda, genotipleri tavsiye etmede aynı zamanda elverişli ve elverişsiz çevreleri gruplamada biplot grafikleri etkin bir şekilde kullanılabilmektedir (Paramesh ve ark., 2016; Santos ve ark., 2016; Yokomizo ve ark., 2017).

Çalışmanın amacı organik ve konvansiyonel koşullar altında ekmeklik buğday genotiplerinin karşılaştırılması ve

GGE biplot analizi ile organik koşullar için uygun genotiplerin tespit edilmesidir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, 2019-2020 bitki yetiştirme sezonunda Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanı'nda yağışa dayalı koşullarda yürütülmüştür. Çalışmada yerel ve tescilli çeşitlerden oluşan 27 ekmeklik buğday genotipi ve 3 kontrol çeşidi (Empire, Pehlivan ve Ceyhan-99) organik ve konvansiyonel koşullarda değerlendirilmiştir. Yetiştirme sezonuna ait iklim verileri Şekil 1'de verilmiştir.




**Şekil 1**. 2019-2020 yetiştirme sezonuna ait iklim verileri

Deneme deseni organik ve konvansiyonel yetiştiricilik olmak üzere iki ayrı deneme halinde Augmented Deneme Desenine göre kurulmuştur. Her bir deneme için her blokta 27 farklı genotip + tekrarlanan 3 kontrol çeşit olmak üzere 3 blokta toplam 90 sıradan oluşmuştur. Deneme hatasının hesaplanmasına esas olmak üzere kontrol çeşitleri (Empire, Pehlivan ve Ceyhan-99) her blokta tekrarlanırken, denemeye alınan buğday genotipleri ise tekerrürsüz olarak sırayla bloklara dağıtılmıştır. Deneme nadasa bırakılmış arazide 3 m uzunluğunda 2 sıra (sıra asası 20 cm tutulmuş) ekilmiş olup parsel alanı 0.4 x 3 = 1.2 $m^2$ olarak ayarlanmış ve ekim çoklu dağıtıcılı deneme mibzeri ile yapılmıştır. Tohumluk bin dane ağırlığına göre her genotip (organik yetiştiricilikte 600 adet/$m^2$ ve konvansiyonel yetiştiricilikte 500 adet/$m^2$) için ayrı ayrı belirlenmiştir. Deneme yeri topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Organik ve konvansiyonel deneme alanlarına ait toprak analiz sonuçları

| Analiz Adı | Konv. | Org. | Değer. |
|---|---|---|---|
| Saturayon (%) | 63.20 | 74 | Killi Tınlı |
| Tuzluluk (Saturasyon Çamuru) (dS/m) | 1.03 | 1.43 | Tuzsuz |
| % Tuz (Hesaplama ile) TS 8334 | 0.042 | 0.068 | Tuzsuz |
| pH (Saturasyon Çamuru) | 8.15 | 8.04 | Hafif Alkali |
| Kireç (Kalsimetrik) (%) | 10.59 | 9.75 | Orta |
| Organik Madde (Walkey Black) (%) | 0.77 | 0.85 | Düşük |
| Azot (Hesaplama İle) (%) | 0.04 | 0.04 | Düşük |
| Fosfor (Olsen Spektrometre) (ppm) | 6.00 | 6 | Düşük |
| Potasyum (A. Asetat-ICP) (ppm) | 493.26 | 528.87 | Çok Yüksek |
| Kalsiyum (A. Asetat-ICP) (ppm) | 10693.12 | 10831.83 | Çok Yüksek |
| Magnezyum (A. Asetat-ICP) (ppm) | 616.32 | 657.44 | Orta |
| Sodyum (A. Asetat-ICP) (ppm) | 14.37 | 52.6 | Düşük |
| Demir (DTPA-ICP) (ppm) | 8.86 | 10.65 | Çok Yüksek |
| Bakır (DTPA-ICP) (ppm) | 1.72 | 2.05 | Orta |
| Mangan (DTPA-ICP) (ppm) | 23.10 | 37.96 | Orta |
| Çinko (DTPA-ICP) (ppm) | 0.29 | 0.45 | Düşük |

Çalışmada organik yetiştiricilikte %50 organik madde içerikli organik sertifikalı Bio SEK ticari gübre (N: %3, $P_2O_5$: %1, $K_2O$: %1) kullanılmış olup ve önerilen doz (100 kg/da) hesabıyla ekim öncesi parsellere atılmıştır. Bahar döneminde eksik kalan organik azot %40 organik madde içerikli ticari organik sertifikalı Naturamix (organik madde: %40, N: %5, organik N: %0.03, potasyum oksit: %6, humik+fulvik asit: %25) sıvı gübre ile tamamlanmıştır. Konvansiyonel şartlar için ekimle birlikte 6 kg/da N ve 6 kg/da $P_2O_5$, kardeşlenme döneminde ise ilave olarak 6 kg/da N olacak şekilde gübreleme yapılmıştır. Hasat işlemi el ile gerçekleştirilmiştir. Organik koşullarda yabancı ot ve hastalıklara karşı herhangi bir kimyasal mücadele yapılmamışken, konvansiyonel koşullar için ise dar ve geniş yapraklı yabancı otlara karşı ilaçlama yapılmıştır.

Çalışmada incelenen özellikler aşağıda verilmiştir:

**Yaprak alan indeksi (LAI),** Plant Canopy Analyzer cihazı kullanılarak başaklanma döneminde tüm parselde alınmıştır.

**Normalize edilmiş vejatasyon indeksi (NDVI),** GreenSeeker (Trimble) aleti kullanılarak başaklanma döneminde tüm parsel üzerinden ölçülmüştür.

**Bitki çıkış süresi,** bitkilerin ekiminden itibaren, her parseldeki bitkilerin % 70'inin çimlendiği döneme kadar geçen süre olarak hesaplanmıştır.

**Başaklanma gün sayısı,** bitkilerin çıkışından itibaren, her parseldeki bitkilerin % 70'inin ½ oranında başaklandığı döneme kadar geçen süre olarak belirlemiştir.

**Bitki boyu,** rastgele 10 bitkide, sarı olum döneminde sapın, toprak seviyesinden en üst başakçık ucuna kadar olan kısmı cm cinsinden ölçülmesiyle belirlenmiştir.

**Bayrak yaprak dikliği,** bayrak yaprak ayasının sapla yaptığı 0-90°'lik açı skala cinsinden hesaplanmıştır.

**Bayrak yaprağın kıvrılması,** bayrak yaprağın dönmesiyle ilgili gözlemler süt olum döneminde 0-3 skalası (0= kıvrılma yok, 1= yaprak ucundan hafifçe kıvrılmış, 2= yaprak orta derecede kıvrılmış, 3= yaprak sıkıca kıvrılmış) kullanılarak alınmıştır.

**Sapta ve başakta mumsuluk,** çiçeklenme döneminde sap ve başaktaki mumsuluk 1-9 skalasına (1-yok veya çok zayıf, 3-zayıf, 5-orta, 7-kuvvetli, 9-çok kuvvetli) göre görsel olarak belirlenmiştir.

**Sap kalınlığı,** hamur olum döneminin başlangıcı ile tanenin sertleştiği dönem arasında (Zadoks 80-92), rastgele 10 bitkide, ana sapın yerden 5 cm yüksekliğinden dijital kumpas ile mm olarak ölçülmüştür.

**Metrekarede başak sayısı,** hasat öncesi, parsellerin metrekaredeki başak sayımları yapılarak belirlenmiştir.

**Başak uzunluğu,** rastgele alınan 10'ar adet başak örneğinden başak uzunlukları cm cinsinden ölçülmesi ile belirlenmiştir.

**Başakta başakçık sayısı,** rastgele alınan 10'ar adet başak örneklerinde başaktaki başakçık sayısının sayılıp ortalamalarının alınması ile hesaplanmıştır.

**Başakta tane sayısı,** rastgele alınan 10'ar adet başak örneğinden elde edilen tanelerin sayılıp ortalamalarının alınması ile hesaplanmıştır.

**Başakta tane ağırlığı,** rastgele alınan 10'ar adet başak örneğinden elde edilen tanelerin tartılıp ortalamalarının alınması ile hesaplanmıştır.

**Tane verimi,** her parselden elde edilen tane ürününün 0.01 g hassas terazide tartarak kg/da cinsinden hesaplanmıştır.

**Bin tane ağırlığı,** parsel tane ürününden 4x100 adet tane sayılıp, ayrı ayrı tartılıp ve ortalaması 10 ile çarpılarak belirlenmiştir.

**Protein ve yaş güliten oranı,** her parselden alınan örnekler portatif protein cihazında (Grainsense) ölçülerek belirlenmiştir.

Organik ve konvansiyonel koşullarda incelenen fizyolojik, fenolojik, morfolojik, verim ve kalite özelliklerine ilişkin ortalama değerler Augmented deneme desenine göre JMP Pro (13.0) istatistik paket programı kullanılarak çoklu varyans analizine tabi tutulmuştur. Çok değişkenli varyans analizi, genotip, çevre ve G×E matrisini bulmayı içermektedir ve her

çevreyi bir lokasyon olarak değerlendirmektedir. Çalışmada aşağıda yer alan modeller dikkate alındı.

$\bar{Y}_{ij} - \mu = G_i + E_j + GE_{ij}$ (1)

Ȳij: j çevrede i genotipine ait fenotipik ortalama, μ: genel sabittir. Gi: i genotipin tesadüfi etkisi, Ej: j çevrenin sabit etkisi, GEij: i genotip ile j çevre arasında interaksiyon etkisi, i: genotip, j: çevre (organik veya konvansiyonel) (Yan, 2001)

GGE biplot modeli, genotip etkisini (G), genotip × çevre etkisinden (GE) ayırmaz. G ve GE'yi bir arada değerlendirir.

$Y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{j1} + g_{i2}e_{j2} + \varepsilon_{ij}$ (2)

$Y_{ij}$: j çevrede i genotipin beklenen performansı, μ: genel sabit, $\beta_j$: j çevrenin ana etkisi, $g_{i1}$ ve $e_{j1}$: j çevrede i genotipin ana skoru, $\varepsilon_{ij}$: her iki etkinin açıklanmamış kısmı.

GGE modelindeki biplot grafikleri, genotipleri $g_{i1}$ ve $g_{i2}$'nin basit dağılım yoluyla değerlendirmek için oluşturulmuştur ve $e_{j1}$, $e_{j2}$'nin çevreleri Tekil Değer Ayrıştırmasına (Singular Value Decomposition) dayalı olarak değerlendirmek için;

$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1\xi_{i1}\eta_{1j} + \lambda_2\xi_{i2}\eta_{2j} + \varepsilon_{ij}$ (3)

Burada $\lambda_1$ ve $\lambda_2$, sırasıyla birinci ve ikinci temel bileşenlerin, PCA1 ve PCA2'nin en büyük değerleri; $\xi_{i1}$ ve $\xi_{i2}$, sırasıyla PCA1 ve PCA2 için i. genotipinin değerleri ve $\eta_{1j}$ ve $\eta_{2j}$, sırasıyla PCA1 ve PCA2 için j. çevresinin değerleridir (Yan, 2001). GGE biplot analizi, GGEbiplot/GUI paketi (Wickham, 2009) ve Genstat14 yazılımı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Elde edilen sonuçlar neticesinde bayrak yaprak dikliği, başakta başakçık sayısı ve başakta tane ağırlığı hariç incelenen diğer tüm özelliklerde organik ve konvansiyonel çevreler arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bunun temel sebebi organik üretimde yetiştirme koşullarının konvansiyonelden farklılaşmasına verilen tepki olarak gösterilebilir. Bayrak yaprak kıvrılması, yatma oranı, NDVI değeri, bitki boyu, başak uzunluğu ve tane verimi bakımından genotip x çevre interaksiyonu önemli bulunmuştur (Çizelge 2, 3, 4). Genotiplerin farklı çevrelerde farklı performanslar sergilediği sonucu ortaya çıkmıştır. Organik koşullarda yetişen bitkiler konvansiyonel koşullara kıyasla daha yüksek bin tane ağırlığına ve daha fazla mumsu yapıya sahip olmuşlardır. Ayrıca organik koşullarda bitkilerde daha az yatma ve hastalık görülmüştür. Diğer incelenen özellikler bakımından yüksek değerler konvansiyonel koşullarda elde edilmiştir (Çizelge 3).

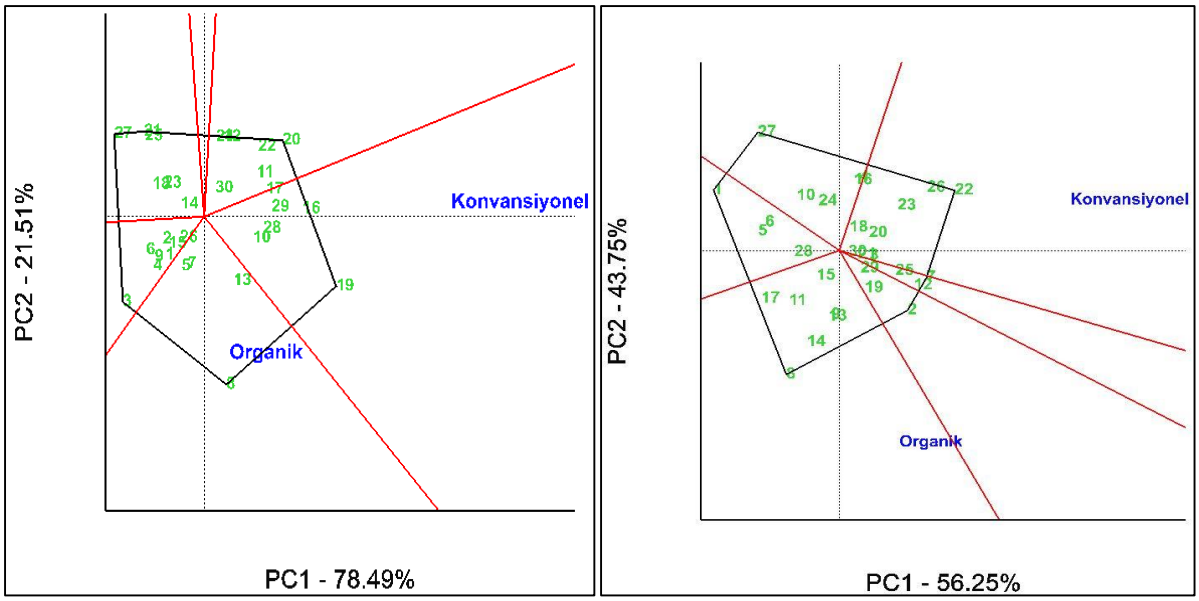
GGE biplot analizi, iki ana bileşenden (PCA1 ve PCA2) oluşmaktadır. Tane verimi bakımından PCA1 ve PCA2 değerleri sırasıyla G×E interaksiyonunun %78.49'unu ve %21.51'ini (Şekil 2 a), kalite özellikleri (protein ve yaş glüten) bakımından ise sırasıyla %56.25'ini ve %43.75'ini (Şekil 2b) oluşturmuştur. Bu sonuç bize biplot grafiklerinin, genotip x çevre interaksiyonu ve kareler toplamını yüksek oranda yansıttığını ve biplot analizine dayalı güvenli genotip seleksiyonu yapılabileceğini göstermektedir. Benzer bir çalışmada, genotip x çevre interaksiyonun neden olduğu iki ana bileşene ait varyasyonun % 96.30'unu temsil ettiğini belirtmiştir (Koutis ve ark., 2012).

"Which-won-where" grafiğinde önce en uzak genotipleri çizgiler ile birbirleriyle birleştirerek bir poligon oluşturulur. Daha sonra, biplotun orjininden poligonun her tarafına dikey çizgiler çizilir. Bu çizgiler ile poligonun uç noktalarında ve içerisinde yer alan genotipler mega çevrelere dağıtılır. Poligonun köşelerindeki genotipler, bir veya daha fazla çevrede en iyi veya en kötü olanlardır. Poligonun tepe noktasındaki genotip ise, mega-çevre içine düşen çevrede en iyi performansı gösterenlerdir. Dikey çizgiler, verim bakımından "which-won-where" biplot grafiğini 5 mega-çevreye, kalite özellikleri (protein ve yaş glüten) bakımından da 6 mega-çevreye bölmüştür (Şekil 2). Poligonun tepe noktasındaki genotipler, aynı mega-çevre içerisinde yer alan diğer genotiplere kıyasla orijine daha

uzaktırlar. Bu genotipler, bir veya daha fazla çevrede en iyi performansı gösterenler olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca bu genotipler makro çevreleri tanımlamak için de kullanılabilir. Poligonun içinde yer alan genotipler ise bulunduğu çevreye daha az duyarlı olanlardır. Verim ve kalite özellikleri bakımından organik ve konvansiyonel çevreler farklı mega-çevrelerde yer almışlardır. Poligonun uç noktasında yer alan 8 numaralı genotip hem verim bakımından hem de kalite özellikleri bakımından organik koşullarda ön plana çıkarken, konvansiyonel koşullarda ise 19 ve 22 numaralı genotipler verim ve kalite özellikleri bakımından en yüksek değerlere sahip genotipler olmuşlardır. Poligonun uç noktasında yer alıp ancak herhangi bir çevre ile aynı mega-çevre içerisinde yer almayan genotipler, (verim: 3, 27 ve 20; kalite: 2, 1 ve 27) her iki çevre (organik ve konvansiyonel) için de uygun olmayan genotipleri temsil etmektedir (Şekil 2a,b). GGE biplot genotipleri stabilitelerine göre sınıflandırabildiği için, bu analiz yöntemi bitki ıslahçıları için çok büyük bir öneme sahiptir (Hagos ve Abay, 2013; Sagar ve ark., 2014). Kızılgeçi ve ark. (2019), GGE biplot analiz yönteminin farklı çevrelerde yetiştirilen bitkilere ait özelliklerinin değerlendirilmesinde güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

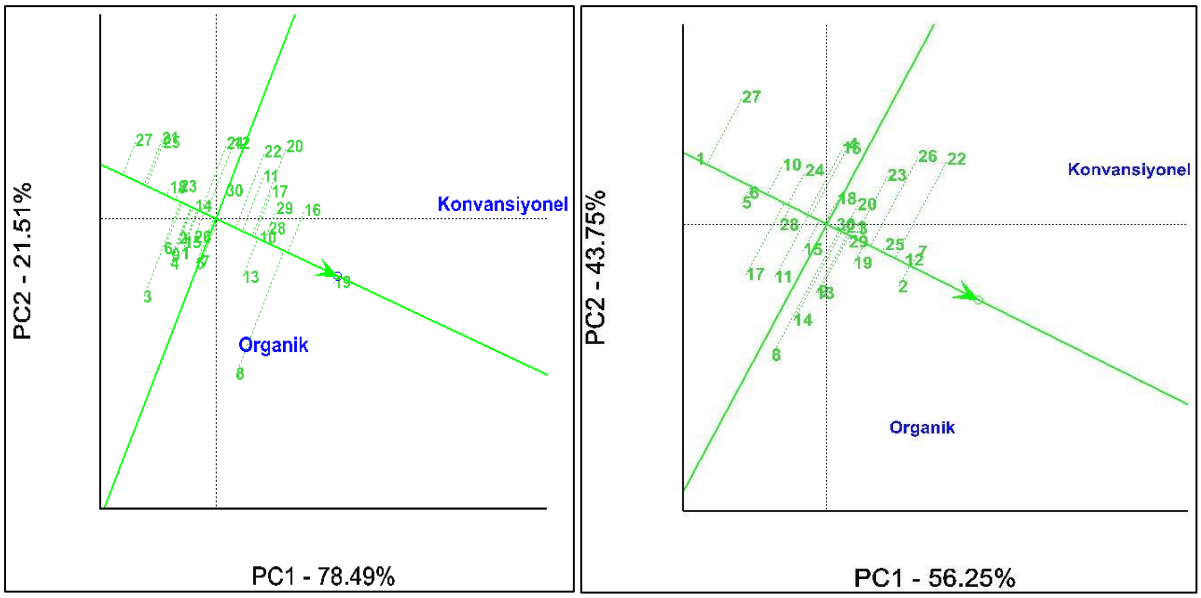
Genotiplerin verim stabilitesi, bir çevrelerin ortalama koordinasyonu (AEC= Average Environment Coordination) yöntemi ile değerlendirilmektedir. Üzerinde ok bulunan çizgi AEC apsisidir. Orijini kesen ve ideal çevreyi geçen çizgi ise, stabilite çizgisidir (Şekil 2c,d). Tüm çevrelerin iki ana bileşen değerleri kullanılarak ideal çevre tanımlanmaktadır (ok yönü en yüksek ortalamaya sahip genotipleri göstermektedir). Bir çeşidin izdüşüm mutlak uzunluğu ne kadar büyükse, o kadar az kararlıdır (Yan ve Tinker, 2006).

Verim bakımından 19, 16, 8, 10, 28, 13, 29, 17, 20, 11, 22 ve 30 genotipler genel ortalamadan daha yüksek değerlere sahipken, kalite özellikleri bakımından ise 2, 12, 7, 22, 25, 19, 26, 29, 13, 9, 21, 3, 30, 20, 14 ve 8 genotipler genel ortalamanın üstünde yüksek değerler vermiştir. Verim bakımından 5, 6 ve 12, kalite bakımından 15 ve 18 numaralı genotipler genel ortalama çizgisine en yakın olan genotiplerdir. Genel ortalama çizgisinin sol tarafında kalanlar ise en düşük değerlere sahip genotiplerdir. Genotipin izdüşümü eksene ne kadar yakın ise genotip ve çevre interaksiyonu o kadar iyidir ve sonuç olarak genotip o kadar stabildir. Verim bakımından 8 ve 20 numaralı (Şekil 2c), kalite bakımından ise 8, 14, 22 ve 26 numaralı genotipler (Şekil 2d), kendi çevrelerinde yüksek değerlere sahip olmasına rağmen en kararsız olanlardır. GGE biplot, stabil genotipleri tespit etmek için bir çok araştımacı tarafından kullanılmıştır (Suresh, 2020; Solonechnyi ve ark., 2015). Buğdayda tane verimi yetiştirildiği çevreden önemli oranda etkilenir (Kaya ve Akçura, 2014). Genotip ve çevre interaksiyonundan dolayı genotipler farklı çevrelerde farklı performanslar göstermektedir (Matus-Cadiz, 2003). Bu interaksiyon verime dayalı genotip seleksiyonunda büyük problem oluşturmaktadır.



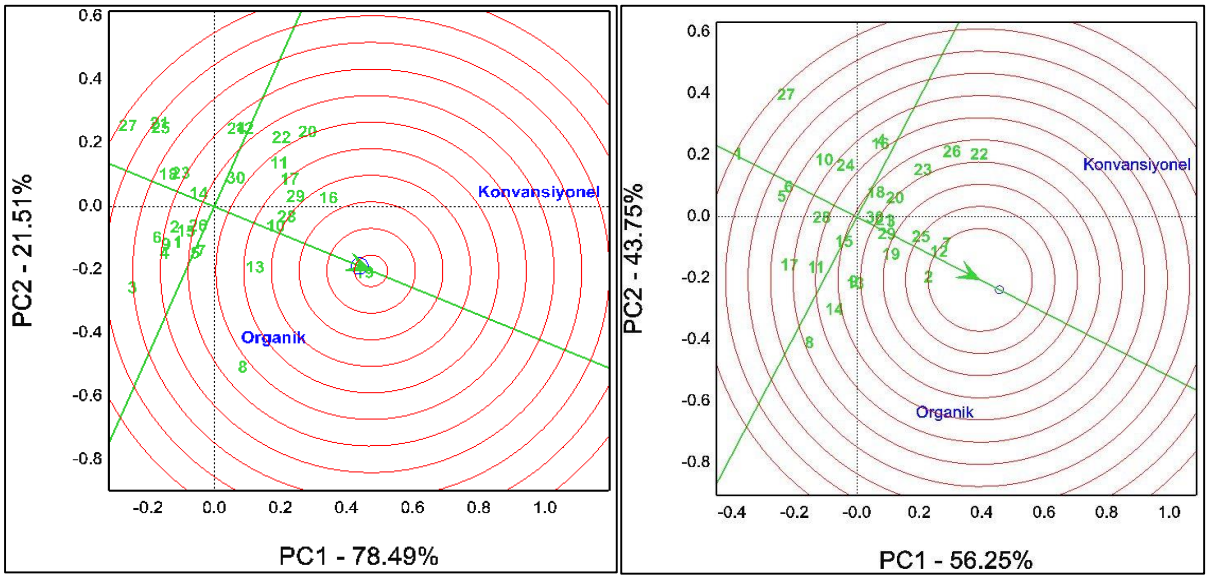

(a): Tane verimi (b): Kalite özellikleri

**Şekil 2.** Tane verimi ve kalite özelliklerine ait GGE biplot grfikleri. **a-b:** Genotiplerin verim ve kalite sıralamasını gösteren, hangisi nerede kazanır (which-won-where) GGE biplot grafiği



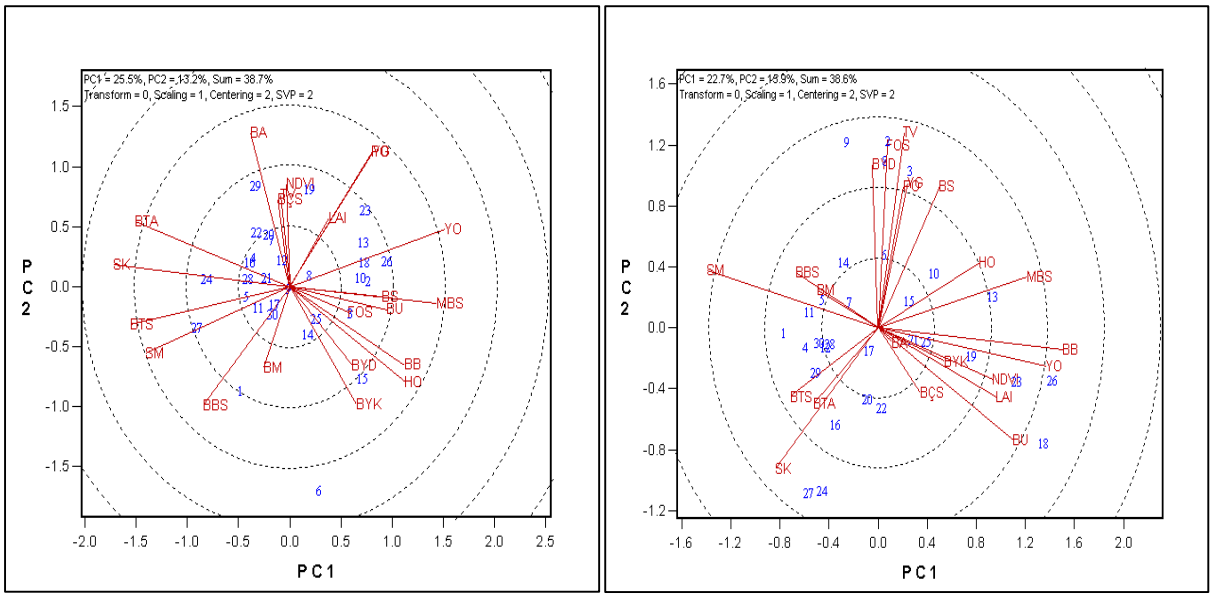

(c): Tane verimi (d): Kalite özellikleri

**Şekil 2 (Devamı).** Tane verimi ve kalite özelliklerine ait GGE biplot grfikleri. **c-d:** Tane verimi ve kalite özellikleri bakımından genotiplerin ortalama verimlerini ve çevrelere göre stabilitesini gösteren ranking biplot grafiği. **TV:** tane verimi, **PO:** protein oranı, **YG:** yaş glüten **BÇS**: bitki çıkış süresi, **BS:** başaklanma süresi, **FOS:** fizyolojik olum süresi, **LAI:** yaprak alan indeksi, **NDVI:** normalleştirilmiş vejetasyon indeksi, **HO:** hastalık oranı, **BYD:** bayrak yaprak dikliği, **BYK:** bayrak yaprak kıvrılması, **BM:** başakta mumsuluk, **SM:** sapta mumsuluk, **YO:** yatma oranı, **BB:** bitki boyu, **SK:** sap kalınlığı, **MBS:** metrekarede başak sayısı, **BU:** başak uzunluğu, **BBS:** başakta başakçık sayısı, **BTS:** başakta tane sayısı, **BTA:** başakta tane ağırlığı, **BA:** bin tane ağırlığı




(e): Tane verimi (f): Kalite özellikleri

**Şekil 2 (Devamı). e-f:** İdeal bir genotipin tahminine göre değerlendirilen ekmeklik buğday genptiplerinin karşılaştırıldığı GGE biplot garfiği




(a): Birleşik çevre (organik + konvansiyonel) (b): Organik çevre

**Şekil 3. a-b:** Özellikler ve genotipler arasındaki ilişki. **TV:** tane verimi, **PO:** protein oranı, **YG:** yaş glüten **BÇS**: bitki çıkış süresi, **BS:** başaklanma süresi, **FOS:** fizyolojik olum süresi, **LAI:** yaprak alan indeksi, **NDVI:** normalleştirilmiş vejetasyon indeksi, **HO:** hastalık oranı, **BYD:** bayrak yaprak dikliği, **BYK:** bayrak yaprak kıvrılması, **BM:** başakta mumsuluk, **SM:** sapta mumsuluk, **YO:** yatma oranı, **BB:** bitki boyu, **SK:** sap kalınlığı, **MBS:** metrekarede başak sayısı, **BU:** başak uzunluğu, **BBS:** başakta başakçık sayısı, **BTS:** başakta tane sayısı, **BTA:** başakta tane ağırlığı, **BA:** bin tane ağırlığı

GGE biplot analizine göre ideal genotip, en kısa vektöre sahip olan ve G × E interaksiyonu olmayan genotiptir. Bu genotip sadece sembolik olmasına rağmen, diğer genotipleri değerlendirmek için bir referans görevi görmektedir. Bitki ıslahçıların amacı ideale yakın genotipleri bulmaktır. Şekil 2 (e-f)'de diğer eş merkezli çemberler, genotipler arasındaki farkı görselleştirmeye yardımcı olur. İdeal

buğday genotipi, biplot grafiğinde yüksek PC1 (yüksek verim) ve düşük PC2 (yüksek stabilite) değerine sahip olandır. Tane verimi bakımından 19 nolu (Şekil 2e), kalite özellikleri bakımından ise 2, 7 ve 12 numaralı genotipler (Şekil 2f) yüksek ortalamaları ve stabilitelerinden dolayı ideal genotipe en yakın olanlardır. Buna karşın daha az üretken ve kararsız olanlar ise 1 ve 27 numaralı genotiplerdir.

Organik ve organik + konvansiyonel çevrenin birlikte değerlendirildiği genotiplere ait agronomik özellikler arasındaki korelasyon ilişkileri Şekil 3 (a-b)'de verilmiştir. Bu korelasyon ilişkisi, grafik üzerinde, bulundukları noktadan merkeze çizilen vektörler arasındaki açı ile verilmektedir. Organik çevreye ait grafikte tane verimi, bayrak yaprak dikliği, fizyolojik olum süresi, protein oranı, yaş glüten ve başaklanma süresi vektörleri arasındaki dar açı aralarında güçlü bir korelasyon ilişkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca iki çevrenin birlikte değerlendirildiği grafikte tane verimi ile NDVI, LAI ve bin tane ağırlığı parametreleri arasında da güçlü ilişkiler saptanmıştır (Şekil 3a). Tane verimi ile güçlü ilişkisi bulunan bu özellikler organik koşullar için genotip seçiminde birer seleksiyon parametresi olarak kullanılabilir. Bu çalışmanın sonuçları daha önce başka araştırmacılar tarafından elden edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir (Tekdal ve ark., 2017; Kendal, 2019).

**Çizelge 2.** Tane verimi, protein oranı ve yaş glütene ilişkin ortalama değerler

| NO | Genotip | TV | | | PO | | | YG | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Org. | Konv. | Fark | Org. | Konv. | Fark | Org. | Konv. | Fark |
| 1 | Yakamoz | 337.76 | 417.25 | 79.49 | 9.46 | 9.93 | 0.47 | 21.22 | 22.67 | 1.45 |
| 2 | YE-46 | 312.41 | 411.31 | 98.90 | 13.56 | 14.20 | 0.64 | 30.72 | 32.17 | 1.45 |
| 3 | YE-33 | 395.42 | 279.17 | -116.25 | 11.97 | 13.61 | 1.64 | 27.22 | 30.67 | 3.45 |
| 4 | Rumeli | 350.84 | 378.16 | 27.32 | 10.11 | 13.91 | 3.80 | 22.72 | 31.17 | 8.45 |
| 5 | Ekiz-43 | 359.36 | 465.17 | 105.81 | 10.64 | 10.80 | 0.16 | 24.22 | 24.67 | 0.45 |
| 6 | YE-2 | 323.85 | 358.62 | 34.77 | 10.59 | 11.08 | 0.49 | 23.72 | 25.17 | 1.45 |
| 7 | Osmaniyem | 357.56 | 484.93 | 127.37 | 12.91 | 14.94 | 2.03 | 29.22 | 33.67 | 4.45 |
| 8 | YE-24 | 553.46 | 585.08 | 31.62 | 14.43 | 10.76 | -3.67 | 32.22 | 24.17 | -8.05 |
| 9 | DZ17-2 | 337.23 | 383.97 | 46.74 | 13.25 | 12.24 | -1.01 | 29.72 | 27.67 | -2.05 |
| 10 | YE-88 | 339.31 | 688.99 | 349.68 | 10.04 | 12.10 | 2.06 | 22.89 | 27.33 | 4.44 |
| 11 | Adana-99 | 240.97 | 710.72 | 469.75 | 12.58 | 11.32 | -1.26 | 28.39 | 25.33 | -3.06 |
| 12 | Eagle Rock | 176.14 | 613.81 | 437.67 | 13.08 | 14.56 | 1.48 | 29.39 | 32.83 | 3.44 |
| 13 | YE-64 | 398.06 | 622.78 | 224.72 | 13.14 | 12.29 | -0.85 | 29.89 | 27.33 | -2.56 |
| 14 | Metin | 265.10 | 471.54 | 206.44 | 13.67 | 11.49 | -2.18 | 30.89 | 25.83 | -5.06 |
| 15 | YE-56 | 320.98 | 428.55 | 107.57 | 12.20 | 12.14 | -0.06 | 27.39 | 27.33 | -0.06 |
| 16 | Sönmez-2001 | 310.37 | 846.10 | 535.73 | 10.07 | 13.68 | 3.61 | 22.89 | 30.83 | 7.94 |
| 17 | Basribey-95 | 269.06 | 736.70 | 467.64 | 12.29 | 10.55 | -1.74 | 27.89 | 23.83 | -4.06 |
| 18 | YE-6 | 226.05 | 387.57 | 161.52 | 11.17 | 13.36 | 2.19 | 25.39 | 29.83 | 4.44 |
| 19 | YE-71 | 438.45 | 937.96 | 499.51 | 12.72 | 13.24 | 0.52 | 28.89 | 30.00 | 1.11 |
| 20 | Cemre | 200.09 | 796.39 | 596.30 | 11.51 | 13.70 | 2.19 | 25.89 | 31.00 | 5.11 |
| 21 | Göksu-99 | 143.04 | 370.18 | 227.14 | 11.96 | 13.35 | 1.39 | 26.89 | 30.00 | 3.11 |
| 22 | Nusrat | 200.97 | 720.02 | 519.05 | 11.06 | 16.24 | 5.18 | 24.89 | 36.50 | 11.61 |
| 23 | YE-72 | 227.92 | 423.65 | 195.73 | 11.00 | 14.64 | 3.64 | 24.89 | 33.00 | 8.11 |
| 24 | Sagitario | 174.13 | 591.50 | 417.37 | 10.44 | 12.64 | 2.20 | 23.39 | 28.50 | 5.11 |
| 25 | Kayra | 150.43 | 372.48 | 222.05 | 12.54 | 14.14 | 1.60 | 28.39 | 32.00 | 3.61 |
| 26 | YE-59 | 315.77 | 464.28 | 148.51 | 10.74 | 15.46 | 4.72 | 24.39 | 35.00 | 10.61 |
| 27 | Gelibolu | 137.46 | 278.72 | 141.26 | 8.24 | 11.47 | 3.23 | 18.89 | 26.00 | 7.11 |
| 28 | Empire | 327.89 | 722.40 | 394.51 | 11.45 | 11.57 | 0.12 | 25.83 | 26.50 | 0.67 |
| 29 | Pehlivan | 298.00 | 751.36 | 453.36 | 12.30 | 13.29 | 0.99 | 27.67 | 30.00 | 2.33 |
| 30 | Ceyhan-99 | 251.60 | 581.87 | 330.27 | 11.77 | 13.10 | 1.33 | 26.67 | 29.50 | 2.83 |
| **Ortalama** | | 291.32 | 542.71 | 251.39 | 11.70 | 12.86 | 1.16 | 26.42 | 29.02 | 2.59 |
| **Çevre$_{Prob > F}$** | | | ** | | | ** | | | ** | |
| **Genotip$_{Prob > F}$** | | | ** | | | * | | | * | |
| **GenotipxÇevre$_{Prob > F}$** | | | * | | | öd | | | öd | |

**Çizelge 3.** İncelenen özelliklere ait max – min ve ortalama değerler

| | BÇS | | BS | | FOS | | BYD | | BYK | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** |
| **Maksimum** | 23.78 | 22.78 | 157.67 | 158.33 | 188.67 | 190.78 | 77.78 | 84.44 | 7.78 | 8.56 |
| **Minimum** | 20.78 | 18.78 | 137.00 | 138.33 | 175.67 | 175.78 | 22.78 | 21.11 | 0.78 | 1.89 |
| **Ortalama** | 22.11 | 21.24 | 145.67 | 146.93 | 178.80 | 180.78 | 49.94 | 53.78 | 2.78 | 3.96 |
| **Çevre** $_{Prob > F}$ | ** | | ** | | ** | | öd | | ** | |
| **Genotip**$_{Prob > F}$ | öd | | ** | | ** | | * | | ** | |
| **GenotipxÇevre** $_{Prob > F}$ | öd | | öd | | öd | | öd | | ** | |

**Çizelge 3.** İncelenen özelliklere ait max – min ve ortalama değerler (Devamı)

| | SM | | BM | | HO | | YO | | NDVI | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** |
| **Maksimum** | 9.56 | 9.00 | 9.44 | 9.78 | 100.00 | 100.00 | 90.00 | 100.00 | 0.69 | 0.80 |
| **Minimum** | 1.56 | 1.33 | 1.67 | 1.44 | 0.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.42 | 0.60 |
| **Ortalama** | 7.13 | 6.27 | 6.38 | 4.98 | 47.89 | 68.72 | 11.00 | 23.33 | 0.59 | 0.74 |
| **Çevre** $_{Prob > F}$ | ** | | ** | | ** | | ** | | ** | |
| **Genotip**$_{Prob > F}$ | ** | | ** | | ** | | ** | | öd | |
| **GenotipxÇevre** $_{Prob > F}$ | öd | | öd | | öd | | ** | | öd | |

**Çizelge 3.** İncelenen özelliklere ait max – min ve ortalama değerler (Devamı)

| | LAI | | MBS | | BB | | SK | | BU | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** |
| **Maksimum** | 6.50 | 7.27 | 413.33 | 613.33 | 137.49 | 133.91 | 4.66 | 4.56 | 12.52 | 18.22 |
| **Minimum** | 1.43 | 2.30 | 103.33 | 148.33 | 49.03 | 60.64 | 2.63 | 2.65 | 6.51 | 7.77 |
| **Ortalama** | 3.44 | 5.20 | 214.33 | 335.33 | 84.65 | 95.99 | 3.46 | 3.63 | 8.88 | 10.28 |
| **Çevre**$_{Prob > F}$ | ** | | ** | | ** | | * | | ** | |
| **Genotip**$_{Prob > F}$ | * | | ** | | ** | | ** | | ** | |
| **GenotipxÇevre**$_{Prob > F}$ | öd | | öd | | ** | | öd | | * | |

**Çizelge 3.** İncelenen özelliklere ait max – min ve ortalama değerler (Devamı)

| | BBS | | BTS | | BTA | | BA | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** | **Org.** | **Konv.** |
| **Maksimum** | 23.67 | 25.51 | 55.83 | 73.53 | 2.25 | 2.73 | 55.07 | 50.54 |
| **Minimum** | 17.36 | 16.58 | 24.87 | 25.93 | 0.81 | 0.64 | 28.33 | 24.22 |
| **Ortalama** | 20.25 | 20.43 | 38.10 | 45.35 | 1.56 | 1.70 | 41.13 | 37.64 |
| **Çevre**$_{Prob > F}$ | öd | | ** | | öd | | ** | |
| **Genotip**$_{Prob > F}$ | öd | | öd | | * | | ** | |
| **GenotipxÇevre**$_{Prob > F}$ | öd | | öd | | öd | | öd | |

**TV:** tane verimi, **PO:** protein oranı, **YG:** yaş glüten **BÇS**: bitki çıkış süresi, **BS:** başaklanma süresi, **FOS:** fizyolojik olum süresi, **LAI:** yaprak alan indeksi, **NDVI:** normalleştirilmiş vejetasyon indeksi, **HO:** hastalık oranı, **BYD:** bayrak yaprak dikliği, **BYK:** bayrak yaprak kıvrılması, **BM:** başakta mumsuluk, **SM:** sapta mumsuluk, **YO:** yatma oranı, **BB:** bitki boyu, **SK:** sap kalınlığı, **MBS:** metrekarede başak sayısı, **BU:** başak uzunluğu, **BBS:** başakta başakçık sayısı, **BTS:** başakta tane sayısı, **BTA:** başakta tane ağırlığı, **BA:** bin tane ağırlığı, **öd:** önemli değil

## SONUÇ

Tane verimi ile güçlü ilişkisi bulunan bayrak yaprak dikliği, uzun yeşil kalma süresi, protein oranı, yaş glüten ve geç başaklanma özellikleri, organik koşullar için genotip seçiminde birer seleksiyon parametresi olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. 8 numaralı genotip hem verim bakımından hem de kalite özellikleri bakımından organik koşullarda en yüksek değere sahip genotip olmuştur. Tane verimi bakımından 19 numaralı, kalite özellikleri bakımından ise 2, 7 ve 12 numaralı genotipler yüksek verim ortalamaları ve stabilitelerinden dolayı ideal genotipe en yakın olanlardır. Bu genotiplerin, doğrudan organik üretimde veya ıslah programlarında yeni buğday çeşitlerinin geliştirilmesinde ebeveyn olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma GGE biplot analizi ile organik koşullar için yüksek verimli ve stabil genotiplerin seleksiyonunun başarılı bir şekilde yapılabileceğini göstermiştir. Ayrıca bu analiz yöntemi görsele dayalı olduğu için çoklu çevre çalışmalarında verilerin değerlendirilmesinde bitki ıslahçılarına kolaylık sağlamaktadır.

## AÇIKLAMA

Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında yürütülen "*Ekmeklik Buğday* (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinin Organik Tarıma Uygunluğunun Agronomik ve Moleküler Düzeyde Belirlenmesi" adlı doktora tezinden üretilmiştir.

## KAYNAKLAR

Atkinson, M., Kettlewell, P.S., Poulton, P.R., Hollings, P.D. 2008. Grain quality in the Broadbalk wheat experiment and the winter North Atlantic oscillation. Journal of Agricultural Science, 146: 541-549.

Badu-Apraku, B., Oyekunle, M., Obeng-Antwi, K., Osuman, A., Ado, S., Coulibay, N., Yallou, C.G., Abdulai, M., Boakyewaa, G.A., Didjeira, A. 2012. Performance of extra-early maize cultivars based on GGE biplot and AMMI analysis. The Journal of Agricultural Science, 150: 473-483.

Ceccarelli, S. 1989. Wide adaptation. How wide? Euphytica, 40: 197-205.

Cooper, M., Podlich, D.W., Luo, L. 2007. In: Varshney, R. and Tuberosa, R., Eds., Modeling QTL Effects and MAS in Plant Breeding. Genomics-Assisted Crop Improve- ment, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 1: 57-96.

Gitay, H., Brown, S., Easterling, W., Jallow, B. 2001. Ecosystems and their goods and services. In: McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and White, K.S., Eds., Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 237-342.

Hagos, H.G., Abay, F. 2013. AMMI and GGE biplot analysis of bread wheat genotypes in the Northern part of Ethiopia. J. Plant Breed Gen., 1(1): 12-18.

Hammer, K., Gladis, T.H. 2001. Nutzung genetischer ressourcen-ökologischer wert der biodivesität. Symposium der AG Genetische Ressourcen der Gesellschaft fur Pflanzenzuchtung, 23-24 November 2000, Witzenhausen, Schriften zu Genetischer Ressoursen 16, ZADI, Bonn.

Karaman, M. 2020. Yazlık ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin tarımsal özellikler bakımından değerlendirilmesi. ISPEC Journal of Agricultural Sciences. 4: 68-81.

Karaman, M., Seydoşoğlu, S., Çam, B. 2020. Diyarbakır ili koşullarında augmented deneme deseninde ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin tarımsal özellikler yönünden incelenmesi. Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences, 7(9): 195-205.

Kaya, Y., Akçura, M. 2014. Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T.*

*aestivum* L.). Food Sci. Technol., 34(2): 386-393.

Kendal, E. 2019. Comparing durum wheat cultivars by genotype × yield ×trait and genotype × trait biplot method. Chilean Journal of Agricultural Research, 79(4): 512-522.

Kızılgeçi, F., Albayrak, Ö., Yıldırım, M., Akinci, C., Bicer, T. 2019. Evaluation of yield and yield components of some Turkish maize landraces grown in South-Eastern Anatolia, Turkey by biplot analysis. Asian Journal of Agriculture, 7: 583-592.

Koutis, K.G. Mavromatis, A., Baxevanos, D., Koutsika-Sotiriou, M. 2012. Multienvironmental evaluation of wheat landraces by GGE biplot analysis for organic breeding. Agricultural Sciences, 3: 66-74.

Lammerts van Bueren, E.T., Van Soest, L.J.M., De Groot, E.C., Boukema, I.W., Osman, A.M. 2005. Broadening the genetic base of onion to develop better-adapted varieties for organic farming systems. Euphytica, 146: 125-132.

Matus-Cadiz, M.A., Hucl, P., Perron, C.E., Tyler, R.T. 2003. Genotype × environment interaction for grain color in hard white spring wheat. Crop Sci., 43: 219-226.

Moragues, M., Garcia del Moral, L.F., Moralejo, M., Royo, C. 2006. Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin. I. Yield components. Field Crops Research, 95: 194-205.

Oyekunle, M., Haruna, A., Badu-Apraku, B., Usman, I. S., Mani, H., Ado, S. G., Olaoye, G., Obeng-Antwi, K., Abdulmalik, R.O., Ahmed, H.O. 2017. Assessment of early-maturing maize hybrids and testing sites using GGE biplot analysis. Crop Science, 57: 2942-2950.

Paramesh, M., Reddy, D., Priya, M.S., Sumathi, P., Sudhakar, P., Reddy, K. 2016. GT biplot analysis for yield and drought related traits in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). Electronic Journal of Plant Breeding, 7: 538-543.

Parry, M.L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., Fischer, G. 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio- economic scenarios. Global Environmental Change, 14: 53-67.

Suresh, S. 2020. GGE biplot based stability analysis of durum wheat genotypes using statistical package GGE Biplot GUI. International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology, 13.

Sagar, V., Yadav, R., Jain, N., Gaikwad, K.B., Prabhu, K.V. 2014. Consolidating the yield gain by exploiting genotype × management interaction in wheat. Ind. J. Gen Pl Breed, 74(2): 157-165.

Santos, A., Ceccon, G., Teodoro, P.E., Correa, A.M., Alvarez, R.D.C.F., Silva, J.F. and Alves, V.B. 2016. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão caupi ereto via REML/BLUP e GGE Biplot. Bragantia, 75: 299-306.

Solonechnyi, P., Vasko, N., Naumov, A., Solonechnaya, O., Vazhenina, O., Bondareva, O., Logvinenko, Y. 2015. GGE biplotanalysis of genotype by environment interaction of spring barley varieties. Zemdirbyste- Agriculture, 102(4): 431-436.

Tekdal, S., Kendal, E., Aktaş, H., Karaman, M., Doğan, H., Bayram, S., Düzgün, M., Efe, A. 2017. Biplot analiz yöntemi ile bazı makarnalık buğday hatlarının verim ve kalite özelliklerinin değerlendirilmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 68-73.

Wickham, H. 2009. GGPLOT2: Elegant graphics for data analysis. New York: Springer.

Wolfe, M.S., Baresel, J.P., Desclaux, D., Goldringer, I., Hoad S., Kovacs, G., Löschenberger, F., Miedaner, T., Østergård, H., Lammerts van Bueren, E.T. 2008. Developments in breeding cereals for organic agriculture. Euphytica, 163: 323-346.

Yan, W. 2001. GGE biplot—a windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal, 93: 1111-1118.

Yan, W. 2014. Crop variety trials: data management and analysis. Chichester: John Wiley & Sons.

Yan, W., Holland, J.B. 2010. A heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. Euphytica, 171: 355-369.

Yan, W., Tinker, N.A. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. Can. Plant Sci., 86: 623-645.

Yokomızo, G.K.I., Farıas Neto, J.T., Olıveıra, M.S.P., Hongyu, H. 2017. Análise GGE Biplot na avaliação de características de cachos em açaizeiros da região Amazônica. Mundo Amazônico, 8(1): 115-130.