

## GENOTİP × ÇEVRE ETKİLEŞİMİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN PARAMETRİK VE PARAMETRİK OLMAYAN KARARLILIK ANALİZİ YÖNTEMLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASI<sup>1</sup>

Mehmet TOPAL\* Necati YILDIZ

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Biyometri ve Genetik Anabilim Dalı, Erzurum.  
\*e-mail: mtopal@atauni.edu.tr

Geliş Tarihi: 23.09.2010

Kabul Tarihi: 20.01.2011

**ÖZET:** Bitki ve hayvanların verimi çevre ile genotipin birlikte etkisinin sonucudur. Fenotipik varyasyon genotip, çevre ve Genotip × Çevre etkileşiminden meydana gelmektedir. Bitki ve hayvan ıslahında Genotip × Çevre etkileşimi oldukça önemli bir konudur. Genotip × Çevre etkileşiminin tespitinde kullanılan parametrik ve parametrik olmayan yöntemler genotiplerin her bir çevredeki verim değerlerine ve bunların ranklarına dayanmaktadır. Kararlılık yöntemleri ile Genotip × Çevre etkileşimleri bireysel olarak tespit edilmektedir. Bu çalışmada normal ve kesikli üniform dağılışa göre türetilen verilerde etkileşimi tespit etmek için ilk önce varyans analizi, daha sonra parametrik olmayan yöntemlerden  $S_i^{(1)}$ ,  $S_i^{(2)}$ ,  $S_i^{(3)}$ ,  $S_i^{(6)}$ ,  $L_i$ ,  $R_i$  ve Kang yöntemi uygulanmıştır. Yöntemlerin normal ve kesikli üniform dağılış gösteren verilerde uygulanmasında yöntemler arasında ilişki yönünden dağılışlar arasında bir fark olmadığı gözlenmiştir. Her iki dağılışta varyans analizine göre Genotip × Çevre etkileşiminin önemsiz olduğu durumda parametrik olmayan kararlılık yöntemlerine göre elde edilen katsayı değerleri önemsiz bulunurken, Genotip × Çevre etkileşiminin önemli olduğu durumlarda kararlılık katsayı değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur. Normal ve kesikli üniform dağılış gösteren verilerde parametrik olmayan yöntemlerde en yüksek korelasyonlar S1 ile S2, S3 ile S6 ve L, R, S1 ile S2 yöntemleri arasında belirlenmiştir. KSM yöntemi S3 ve S6 yöntemleri ile yüksek ve önemli ilişki göstermiştir. KSM yöntemi genotip ortalama değerleriyle negatif yönde önemli ilişki göstermiştir. Parametrik ve parametrik olmayan yöntemler arasında en yüksek korelasyonlar CV, VK, EV ve SSV yöntemleri ile S1, S2, L ve R yöntemleri arasında bulunmuştur. Regresyon yöntemleri ile parametrik olmayan yöntemler arasında önemli ilişki tespit edilememiştir. Genotip × Çevre etkileşiminin tespitinde aralarında korelasyonun yüksek olduğu yöntemlerden herhangi biri kullanıldığında benzer sonuçların alınabileceği gözlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Genotip × Çevre etkileşimi, kararlılık yöntemleri, sıra korelasyon

### EXAMINATION OF RELATIONSHIP AMONG PARAMETRIC AND NONPARAMETRIC STABILITY ESTIMATION METHODS USED IN DETERMINATION OF GENOTYPE × ENVIRONMENT INTERACTION

**ABSTRACT:** Plant and animal yields are the result of the effect of genotype and environment. Phenotypic variation originates from genotype, environment and Genotype × Environment interaction. Genotype × Environment interaction is the most important issue for animal and plant breeding. Parametric and nonparametric methods used in determination of Genotype × Environment interaction are based on the yield values of genotypes and their ranks in each environment. Genotype × Environment interactions are individually established by stability methods. At the beginning of this research, variance analysis was applied to determine the interactions related to data simulated according to normal and discrete uniform distribution, and then  $S_i^{(1)}$ ,  $S_i^{(2)}$ ,  $S_i^{(3)}$ ,  $S_i^{(6)}$ ,  $L_i$ ,  $R_i$  and Kang's yield – stability statistics from nonparametric methods were applied to present data. It was observed that differences among the methods applied for the data displaying normal and discrete uniform distribution were not significant. When the interactions obtained according to variance analysis in both normal and discrete uniform distribution were insignificant, coefficient values from nonparametric stability estimation methods were also found to be insignificant. In addition, when interaction was determined to be significant, difference among the coefficient values was significant. The highest correlation in nonparametric methods for normal and discrete uniform distributions was found between S1 and S2, S3 and S6, L, R, S1 and S2 methods. KSM method showed high and significant correlation with S3 and S6. KSM method had significant and negative correlation with the mean of genotype values. The highest correlations were found among the CV, VK, EV, SSV with S1, S2, L and R methods of parametric and nonparametric methods. A significant correlation was not determined between regression and nonparametric methods. It was observed that similar results may be obtained when any method showing high correlation with other methods was used to determine the Genotype × Environment interaction.

**Key Words:** Genotype × Environment interaction, stability methods, rank correlation

<sup>1</sup> Doktora Tezinden Özetlenmiştir

## 1. GİRİŞ

Genel manada genotip, canlının fenotipini belirlemesine rağmen çevre faktörleri bu organizmanın fenotipini önemli bir şekilde değiştirebilir. Canlının performansı çevre ile genotipin birlikte etkisinin bir sonucudur. Fenotip, canlının herhangi bir şekilde tespit ve ifade edilen özelliğidir. Canlılarda genlerin ve çevre faktörlerinin müşterek tesirleri altında meydana gelen dış görünüş veya canlının tanınabilen çeşitli karakterleri fenotipi oluşturur. Fenotip, kalitatif (boynuzlu - boynuzsuz, esmer - alaca, kılçıklı - kılçıksız buğday, sarı - beyaz patates gibi) ve kantitatif (hayvanlarda süt, et, yapağı, yumurta verimi, bitkilerde dönüm başından elde edilen verim gibi) olmak üzere ikiye ayrılır.

Bir canlıdaki mevcut fenotipten sorumlu kalıtsal özelliklerin tümü genotiptir. Genotip gen etkilerinden oluşur ve kalıtsaldır. Gen, gözle görülebilir bir karakteri veya fenotipik görünüşü etkileyen kromozomlar üzerine yerleşmiş ve ölçülebilir bir yer tutan en küçük genetik madde parçasıdır (Dayıoğlu ve Doğru 1994). Mather ve Jones (1958)'e göre genotip, bir diploid organizmadaki tek bir otosomaldaki allellerin birleşimidir. Homozigot ve heterozigot genotipler tek bir allelin değişimine göre ayırt edilirler. Yüksek organizmalarda ise, genlerin farklı dizilişleri özel bir genotipi oluşturabilir.

Çevre canlının içinde yaşadığı bakım, besleme, barınma, iklim ve bölge koşulları gibi faktörlerdir. Fenotipte varyasyona neden olan çevre faktörleri makro ve mikro çevre faktörleri olmak üzere ikiye ayrılır. Makro çevre faktörleri, bir popülasyonun tüm bireyleri arasındaki büyük değişimleri sağlar. Mikro çevre faktörleri popülasyonun yalnız bazı bireylerinde değişimlere yol açar.

Çevre fenotipik karakterin ortaya çıkmasında hem doğrudan hem de dolaylı etkide bulunur. Çevrenin dolaylı etkileri, genotipin yapısındaki çevre ve genotipin ortalama etkilerinden tahminlenemeyen değişimleri aksettirir. Çevre koşullarının bütün genotiplere eşit etkide bulunması mümkün değildir. Bazı genotiplere olumsuz etki yapan çevre koşulları diğer bazı genotiplere olumlu yönde etki yapabilir. Bu durum doğrudan genotip çevre etkileşmesi olarak ifade edilebilir. Bu nedenle bazı durumlarda genotiple çevre arasında düz ve bazı durumlarda da ters ilişki bulunabilir. Dolayısıyla genotiple çevre arasındaki ilişkileri düz ilişki ve ters ilişkiler (Genotip × Çevre etkileşimi) olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Eğer popülasyonda yüksek genotipik değerli fertler çevre faktörleri ile olumlu veya olumsuz yönde daha büyük sapmalar (fenotipik değişimler) gösteriyorlarsa, daha düşük genotipik değerli fertlerde ise çevre faktörlerinin etkisi genotipik değerlerle paralel (uyumlu) olarak, aynı yönde daha az sapmaya sebep oluyorsa, o zaman bu iki varyasyon kaynağı arasında düz bir ilişki vardır (Düzgüneş vd 1987). Herhangi bir karakter yönünden üstün genotipli bireylere daha iyi, düşük genotipli bireylere daha kötü çevre koşulları sağlandığında,

genotip çevre arasında doğrusal bir ilişki meydana gelir (Hartmann 1990). Çevre faktörlerinin sebep oldukları fenotipik farklar genotipe bağlı olarak değişmekte, veya tersine genotipik değerler arası farklar çevreden çevreye değişmekte iseler, çevre ile genotip arasında ters bir ilişkiden söz edilir. Bu ters ilişkiye Genotip × Çevre etkileşimi denir (Düzgüneş vd 1987). Genotip × Çevre etkileşimi, herhangi bir karakter yönünden iki veya daha fazla genotipin iki veya daha fazla çevre koşulunda birbirlerine göre nisbi olarak farklı performans göstermeleridir şeklinde de tanımlanabilir (Tuncel 1994). Genotip × Çevre etkileşimi genotiplerin verim performanslarındaki varyasyonda artma veya azalma yönünde bir değişiklik yapabilir.

Genotip × Çevre etkileşiminde genotiplerin çevrelerle olan etkileşimlerin tespit edilebilmesi için parametrik ve parametrik olmayan kararlılık yöntemleri geliştirilmiştir. Kararlılık, genotiplerin çevre şartlarına göstermiş oldukları reaksiyondur. Genotipler çevre şartlarının değişmesinden etkilenmiyorsa kararlı, etkileniyorsa kararsız genotip olarak adlandırılırlar. Kararlılık yöntemleri genellikle kantitatif fenotipik özelliklere uygulanırlar.

Huehn (1990a) farklı çevrelerde yetiştirilen genotiplerin fenotipik kararlılıklarının tahmini için her bir çevredeki genotiplerin sıra puanlarına dayandırılmış üç kararlılık yöntemi önermişlerdir. s sütunlu (çevreler) ve t sıralı (genotipler) iki yönlü çizelgelerde orijinal veri  $Y_{ij}$  ( $Y_{ij}$ : j. çevredeki i. genotipin fenotipik değeri  $i:1,2,\dots,t; j:1,2,\dots,s$ ) ayrı ayrı s çevrenin her biri için derecelenmeye çevrilmiş. Normal dağılışa dayandırılmış önemliliğin yaklaşık testleri; 1) bir genotipin kararlılığının testi ve 2) farklı genotiplerin kararlılıklarının karşılaştırılması için iki nonparametrik ölçümü "ortalama mutlak sıra puanları farkı" ve "sıra puanlarının varyansı" nı tartışmışlardır. Nassar ve Hühn (1987) bitki ve hayvan yetiştirme ve üretiminde fenotipik kararlılık ve Genotip × Çevre etkileşimini tahmin etmek için her bir çevredeki genotiplerin sıra puanlarına dayanan  $S_i^{(1)}$  ve  $S_i^{(2)}$  parametrik olmayan yöntemleri ve bu kararlılık yöntemlerinin önemlilik testlerini geliştirmişlerdir.  $Z_i^{(m)} = [S_i^{(m)} - E(S_i^{(m)})]^2 / Var(S_i^{(m)})$ , ( $m=1,2$ ) istatistiğinin t serbestlik derecesiyle  $\chi^2$  dağılımına yaklaştığını ifade etmişlerdir. Kaya ve Taner (2003) onbir çevrede yetiştirilen dokuz genotipin kararlılıklarını hesaplamak için  $S_i^{(1)}$  ve  $S_i^{(2)}$  yöntemlerini uygulamışlar.

Piepho ve Lotito (1992)'e göre, farklı çevrelerdeki genotiplerin kararlılığını hesaplayan yöntemler arasındaki ilişkilerin sıra korelasyon katsayısı ile hesaplanabileceğini belirtmişler ve  $L_i$  ve  $R_i$  kararlılık yöntemlerini geliştirerek bu yöntemler ile yaygın olarak kullanılan regresyon katsayısı ( $b_i$ ), çevresel varyans ( $S_{yi}^2$ ), ecovalance ( $W_i$ ), regresyondan sapmaların kareler ortalaması ( $S_{di}^2$ ),  $S_i^{(1)}$  ve  $S_i^{(2)}$

kararlılık yöntemleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve genotiplerin kararlılıklarının hesaplanmasında kullanılan kararlılık varyans ( $\sigma_i^2$ ) ve  $W_i$  yöntemlerinin alternatifleri olarak  $S_i^{(1)}$ ,  $S_i^{(2)}$ ,  $L_i$  ve  $R_i$  nin kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Kang ve Pham (1991) Genotip × Çevre etkileşiminin hesaplanmasında kullanılan  $S_i^{(1)}$ ,  $S_i^{(2)}$  ve  $P_i$  parametrik olmayan kararlılık yöntemleri arasındaki ilişkileri belirlemek için sıra korelasyon katsayısını kullanmışlardır. Kang (1993), verim-kararlılık adımı verdiği bir kararlılık hesaplama yöntemi geliştirmiş ve bu yöntemde I. ve II. tip hata seviyelerini incelemiştir. Pham ve Kang (1988), farklı sayıda çevre ve genotipe sahip beş veri setine çeşitli kararlılık yöntemlerini uygulamışlar ve yöntemler arasındaki sıra korelasyon değerlerini incelemiştir.

Huehn (1990 a)'a göre, fenotipik kararlılık için genotiplerin her bir çevredeki verim değerlerinin sıra puanlarına dayanan parametrik olmayan yöntemler, genotiplerin verim değerlerine dayanan parametrik yöntemlere alternatiflerdir. Parametrik kararlılık yöntemleriyle karşılaştırıldığında parametrik olmayan kararlılık yöntemlerinin bazı avantajları şunlardır;

- i) Anormal değerler tarafından sebep olunan ön yargının önlenmesi veya azaltılması
- ii) Fenotipik değerlerin dağılışı hakkında varsayımlara ihtiyaç duyulmaması
- iii) Derecelendirmeye dayalı kararlılık ölçütlerinin kullanımı ve yorumlamasının kolaylığı
- iv) Bir veya birkaç genotipin veya materyalle ilgili başka bir grubun çıkarılmaları veya eklenmelerinin parametrik kararlılık ölçütlerindeki değişim kadar parametrik olmayan ölçütlerde büyük değişimlere sebep olmaması
- v) Yetiştirme ve test programlarındaki örneklerin seçimleri ve uygulaması için genotiplerin sıra puanlarının kullanılması.

Huehn (1990 b)'ye göre, pratik uygulamalarda kararlılık tahmin yöntemlerinin etkili kullanılması için aşağıdaki durumların bilinmesi esastır,

- i) Fenotipik kararlılığın farklı parametrik ve parametrik olmayan ölçütleri arasındaki ilişkilerin
- ii) Kararlılık ölçütleri arasındaki ilişkilerin tutarlılığı
- iii) Kararlılık ölçütlerinin tekrarlanması.

Huehn (1990a), Huehn (1990b) tarafından ileri sürülen teorik düşünce ve yaklaşımların bazı uygulamalarını kışlık buğday denemesinden elde ettiği verilere uygulayarak parametrik ve parametrik olmayan kararlılık ölçütleri arasındaki ilişkileri sıra korelasyonu kullanarak incelemiştir.

Genotip × Çevre etkileşimini tahmin etmek için kullanılan başlıca yöntem varyans analizi (ANOVA) dir. Varyans analizine göre Genotip × Çevre etkileşimi önemsiz çıktığında genotiplerin çevrelerle olan etkileşimlerinin önemsiz olduğu ifade edilir. Fakat araştırmacılar Genotip × Çevre etkileşimi önemsiz olsa dahi genotiplerin çevrelerle olan etkileşimlerini incelemek isterler. Böylece Genotip × Çevre

etkileşiminin bütün genotiplerdeki bireysel payı kararlılık analizleri sonucunda daha detaylı ve hassas bir şekilde tahmin edilmiş olur. Bu araştırmada Genotip × Çevre etkileşimini tahmin etmek amacıyla geliştirilmiş olan tek değişkenli parametrik olmayan kararlılık yöntemlerinin özellikle daha yaygın kullanılanları incelenerek sayısal uygulamalarla aralarındaki ilişkiler ayrıca parametrik ve parametrik olmayan kararlılık yöntemleri arasındaki ilişkiler araştırıldı.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal olarak simülasyon tekniği ile normal ve kesikli üniform dağılışa göre türetilen veriler kullanıldı. Türetilen veriler iki yönlü varyans analizine tabi tutularak genotip, çevre ve Genotip × Çevre etkileşiminin farklı olasılık seviyesindeki önem durumlarına göre elde edilen verilere kararlılık yöntemleri uygulanarak etkileşimin hesaplanmasında kullanılan parametrik ve parametrik olmayan kararlılık yöntemlerin normal ve kesikli üniform dağılış gösteren verilerde nasıl bir ilişki gösterdiği incelendi. Yöntemler arasındaki ilişkinin hesaplanmasında sıra korelasyon katsayısı kullanıldı. Simülasyonla veri türetiminde esas alınan model,

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + e_j + (ge)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (i=1,\dots,t; j=1,\dots,s; k=1,\dots,r)$$

dir. Normal dağılıştaki veri türetiminde modelde  $\mu = 2000$ ,  $g_i \sim N(0, \sigma_g^2)$ ,  $e_j \sim N(0, \sigma_e^2)$ ,  $(ge)_{ij} \sim N(0, \sigma_{ge}^2)$ ,  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$  olarak kesikli üniform dağılıştaki ise önemli durumda  $\mu=2000$ ,  $g_i \sim U(0, 160)$ ,  $e_j \sim U(0, 140)$ ,  $(ge)_{ij} \sim U(0, 115)$ ,  $\varepsilon_{ij} \sim U(0, 100)$  ve önemsiz durumda  $\mu=2000$ ,  $g_i \sim U(0, 100)$ ,  $e_j \sim U(0, 100)$ ,  $(ge)_{ij} \sim U(0, 100)$ ,  $\varepsilon_{ij} \sim U(0, 110)$  olarak verilmiştir. Veri türetimi MATLAB 6.5 paket programında yapılarak normal dağılış için *normrnd* ve kesikli üniform dağılış için *unidrnd* deyimleri kullanılmıştır.

Yapılan simülasyon sonucunda, 15 genotip 16 çevre ve her bir üniteye 5 tekrürlü ( $t=15$ ,  $s=16$  ve  $k=5$ ) bir faktöriyel düzenleme sonucu elde edilen 1200 değer genotip ve çevre faktörlerine dağıtılmıştır. Simülasyonla veri türetiminde aşağıdaki sıra takip edildi,

- 1) Genotip, çevre ve her bir hücredeki tekrür sayıları belirlendi
- 2) Dağılışın şekli belirlendi sürekli dağılışlardan normal, kesikli dağılışlardan kesikli üniform dağılış seçildi
- 3) Her iki dağılıştaki varyans analizine göre genotip, çevre ve Genotip × Çevre varyasyon kaynaklarının önemsiz ve önemli olması durumuna göre veri türetimi yapıldı. Varyasyon kaynaklarının önemsiz ve önemli çıkması için varyasyon kaynaklarının etki paylarının varyansı ve kritik  $F$  değerleri verildi
- 4) Elde edilen verilere kararlılık yöntemleri uygulandı.

Uygulaması yapılarak aralarındaki ilişkinin incelendiği parametrik olmayan kararlılık yöntemleri

Hühn ve Nassar Yöntemleri (S1, S2, S3 ve S6), Piepho ve Lotito Yöntemi ( $L_i$  ve  $R_i$  istatistikleri) ve Kang Yöntemi (KSM) ve parametrik olmayan yöntemler ile aralarındaki ilişkinin incelendiği parametrik yöntemler Çevresel Varyans Yöntemi (CV), Shukla Yöntemi (SSV), Varyasyon Katsayısı Yöntemi (VK), Ecovalence Yöntemi (EV), Lin ve Binns'in  $P_i$  Yöntemi (P), Finlay ve Wilkinson Regresyon Katsayısı Yöntemi (FWbi), Perkins ve Jinks Regresyon Katsayısı Yöntemi (PJbi) ve Eberhart ve Russel Yöntemi (ER).

## 2.1. Hühn ve Nassar $S_i^{(1)}$ , $S_i^{(2)}$ , $S_i^{(3)}$ ve $S_i^{(6)}$ Yöntemleri

Nassar ve Hühn (1987)  $S_i^{(1)}$ ,  $S_i^{(2)}$ ,  $S_i^{(3)}$  ve  $S_i^{(6)}$  parametrik olmayan kararlılık parametrelerini önermişlerdir.  $Y_{ij}$ ,  $j$ . ( $j=1,2,\dots,s$ ) çevredeki  $i$ . ( $i=1,2,\dots,t$ ) genotipin verimi olsun.  $t$  sıralı (genotip) ve  $s$  sütunlu (çevre) iki yönlü tabloda  $Y_{ij}$  değerleri her bir çevrede sırasıyla en küçük değer 1 ve en büyük değer  $t$  olacak şekilde sıralanır.  $j$ . çevredeki  $i$ . genotipin sıra puanı  $r_{ij}$  olsun.  $i$ . bir genotipin sıra puanları tüm çevrelerde benzer veya eşit ise o genotipin tüm çevrelerde kararlı olduğu ifade edilir (Nassar ve Hühn 1987; Hühn ve Nassar 1989; Huehn 1990b).

$S_i^{(1)}$ ,  $S_i^{(2)}$ ,  $S_i^{(3)}$  ve  $S_i^{(6)}$  kararlılık parametreleri aşağıdaki eşitliklerle tahmin edilebilir

$$S_i^{(1)} = \frac{\sum_{j < j'} |r_{ij}^* - r_{ij'}^*|}{\binom{s}{2}} = 2 \sum_{j=1}^{s-1} \sum_{j'=j+1}^s \frac{|r_{ij}^* - r_{ij'}^*|}{s(s-1)} \quad (2.1)$$

$$S_i^{(2)} = \frac{\sum_{j=1}^s (r_{ij}^* - \bar{r}_i^*)^2}{s-1} \quad (2.2)$$

$$\bar{r}_i^* = \frac{\sum_{j=1}^s r_{ij}^*}{s}$$

$$S_i^{(3)} = \frac{\sum_{j=1}^s (r_{ij} - \bar{r}_i)^2}{\bar{r}_i} \quad (2.3)$$

$$S_i^{(6)} = \frac{\sum_{j=1}^s |r_{ij} - \bar{r}_i|}{\bar{r}_i} \quad (2.4)$$

$$\bar{r}_i = \frac{\sum_{j=1}^s r_{ij}}{s}$$

Eşitlik 2.1 ve 2. 2'deki  $r_{ij}^*$  değerleri, düzeltilmiş  $Y_{ij}^* = \bar{Y}_{ij} - (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...})$  değerlerine göre her bir çevredeki genotiplerin sıra puanlarıdır. Eşitlik 2. 3 ve

2. 4'deki  $r_{ij}$  değerleri  $\bar{Y}_{ij}$  ortalama verimlerine dayandırılmış her bir çevredeki genotiplerin sıra puanlarıdır.  $S_i^{(2)}$ ,  $S_i^{(3)}$  ve  $S_i^{(6)}$  parametrelerindeki  $\bar{r}_i$  değerleri her bir eşitlikte alınan  $r_{ij}$  değerlerine göre hesaplanır (Nassar and Hühn 1987; Hühn and Nassar 1989; Kang and Pham 1991; Huehn 1990a; Piepho and Lotito 1992).

$S_i^{(1)}$ ,  $s$  çevre üzerinden bir genotipin sıra puanları farklarının mutlak değerlerinin ortalamasıdır.  $S_i^{(2)}$ ,  $s$  çevre üzerindeki düzeltilmiş sıra puanların varyansını verir.  $S_i^{(3)}$ , düzeltilmemiş sıra puanlarının  $s$  çevre üzerindeki varyansını verir.  $S_i^{(6)}$ , düzeltilmemiş sıra puanları mutlak sapmasından hesaplanan varyasyon katsayısıdır (Flores et al. 1998).

$t$  genotipli ve  $s$  çevreli iki yönlü bir tabloda bütün genotiplerin eşit olduğu  $H_0$  (sıfır) hipotezi ileri sürülür. Bu Genotip  $\times$  Çevre etkileşiminin olmadığı ve genotipler arasında farkların olmadığı durumda meydana gelmektedir. Her bir çevre içinde genotipler sırasıyla derecelendiği için çevresel etkiler  $S_i^{(1)}$  ve  $S_i^{(2)}$  kararlılık ölçütleri üzerinde etkiye sahip değildir. Bununla birlikte gerçekte Genotip  $\times$  Çevre etkileşimi olmadığı zaman genotipler arasındaki farklılıklar  $S_i^{(1)}$  ve  $S_i^{(2)}$  kararlılık ölçütleri üzerine bir etkiye sahip olacaklar ve genotipler arasındaki farklılıklara yol açabileceklerdir (Nassar and Huhn 1987, Huehn 1990a).

$S_i^{(1)}$  ve  $S_i^{(2)}$  kararlılık ölçütleri

$$Y_{ij}^* = Y_{ij} - (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) \quad (2.5)$$

düzeltilmiş değerlere göre elde edilen sıra puanların kullanılmasıyla hesaplanabilir. Burada  $\bar{Y}_{i.}$ ;  $i$ .genotipin ortalaması ve  $\bar{Y}_{..}$ ;  $t \times s$  tablosundaki genel ortalamadır. Bu uygulama altında, genotipler arasındaki eşit kararlılık sıfır hipotezinin kabul edilmemesi Genotip  $\times$  Çevre etkileşiminin olduğunu ifade eder.

$S_i^{(1)}$  ve  $S_i^{(2)}$  parametrik olmayan ölçütler için normal dağılışa dayanan yaklaşık önemlilik testleri Nassar ve Huhn (1987) tarafından geliştirilmiştir. Bu istatistik

$$Z_i^{(m)} = \left[ S_i^{(m)} - E(S_i^{(m)}) \right]^2 / \text{Var}(S_i^{(m)}), \quad m=1,2, \quad (2.6)$$

$$E(S_i^{(m)}) = S_i^{(m)} \text{'in ortalaması}$$

$$\text{Var}(S_i^{(m)}) = S_i^{(m)} \text{'in varyansı}$$

yaklaşık 1 serbestlik dereceli Ki-kare dağılımına sahip olacağı beklenmekte (Hühn and Nassar 1991). Bu istatistik benzer olarak

$$S_i^{(m)} = \sum_{i=1}^t Z_i^{(m)}, \quad m=1,2 \quad (2.7)$$

t serbestlik dereceli bir Ki-Kare dağılışıyla tahmin edilebilir (Nassar and Huhn 1987, Hühn and Nassar 1989, Huehn 1990a). Tüm genotiplerin kararlı olduğunu iddia eden  $H_0$  hipotezinde, ortalamalar  $E(S_i^{(m)})$  ve varyanslar  $Var(S_i^{(m)})$  kesikli üniform dağılıştan (1,2,...,t) aşağıdaki eşitliklerde verildiği şekilde hesaplanmaktadır (Nassar and Hühn 1987);

$$E[S_i^{(1)}] = (t^2 - 1)/(3t),$$

$$Var(S_i^{(1)}) = \frac{(t^2 - 1)[(t^2 - 4)(s + 3) + 30]}{45t^2 s(s - 1)}$$

$$E[S_i^{(2)}] = (t^2 - 1)/12,$$

$$Var(S_i^{(2)}) = \frac{m_4}{s} - \left[ \frac{s - 3}{s(s - 1)} (E[S_i^{(2)}])^2 \right],$$

burada

$$m_4 = E[y - \mu]^4 = E[y^4] - 4\mu E[y^3] + 6\mu^2 E[y^2] - 3\mu^4$$

$$\mu = E[y]$$

$$y = S_i^{(2)},$$

$$E[y^4] = (t + 1)(2t + 1)(3t^2 + 3t - 1)/30,$$

$$E[y^3] = t(t + 1)^2/4,$$

$$E[y^2] = (t + 1)(2t + 1)/6,$$

$$\mu = (t + 1)/2.$$

$$Var(S_i^{(2)}) = \frac{(t^2 - 1)[2(t^2 - 4)(s - 1) + 5(t^2 - 1)]}{360s(s - 1)}$$

## 2.2. Piepho ve Lotito Yöntemleri ( $L_i$ ve $R_i$ istatistikleri)

Piepho ve Lotito (1992) parametrik olmayan kararlılık ölçütleri olan  $L_i$  ve  $R_i$  istatistiklerini geliştirmişlerdir.  $L_i$  ve  $R_i$  kararlılık yöntemleri aşağıdaki gibi tarif edilebilir.

$L_i$  interaksiyon etkilerinin mutlak ortalaması olarak tarif edilir ve aşağıdaki gibi hesaplanır,

$$L_i = \sum_{j=1}^s |V_{ij}| / s \quad (2. 8)$$

burada,  $V_{ij} = \bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..}$

$|V_{ij}|$ :  $V_{ij}$ 'nin mutlak değeri,

$V_{ij}$ : interaksiyon etkisi,  $\bar{Y}_{ij}$ :  $j$ . çevredeki,  $i$ . genotipin,

$r$  tekrarının ortalaması,  $\bar{Y}_i$ :  $i$ . genotipin ortalaması,

$\bar{Y}_j$ :  $j$ . çevrenin ortalaması,  $\bar{Y}_{..}$ : genel ortalama.

$R_i$ , çevreler içindeki  $|V_{ij}|$ 'nin sıra puanlarının ( $r_{ij}^*$ ) toplamı olarak ifade edilebilir (Piepho and Lotito 1992). Yani,

$$R_i = \sum_j r_{ij}^* \quad (2. 9)$$

$i$ . genotipe ait  $L_i$  ve  $R_i$  değerleri daha küçükse bu genotipin diğerlerine göre daha kararlı olduğu söylenebilir.  $L_i$  ve  $R_i$ ,  $V_{ij}$ 'lerin dağılımı hakkında bilgi verebilir. Her genotip için  $\sum_j V_{ij} = 0$  olduğu

varsayılır. Bu yüzden  $V_{ij}$ 'ler şansa bağlı olarak sıfır etrafında dağılırlar. Bir genotipin  $V_{ij}$  değerleri sıfırdan ne kadar çok sapmalı olursa, çevreler içinde en yüksek sıra puanlarını ( $r_{ij}^*$ ) alacağı beklenen mutlak değerlere ( $|V_{ij}|$ ) sahip olacaktır. Bu yüzden  $V_{ij}$ 'nin dağılımının yüksek olması büyük  $L_i$  ve  $R_i$  tarafından aksettirilecektir (Piepho and Lotito 1992).

$L_i$ ,  $|V_{ij}|$  değerleri  $L_i$ 'nin tekrarları olduğu dikkate alınarak homojenlik için tek yönlü varyans analiziyle test edilebilir.  $V_{ij}$  normal olsa dahi  $|V_{ij}|$ 'lerin dağılımı normal olmayabilir. Ortalamalar arasındaki farklılıklarla ilgili hipotezlerin tek yönlü varyans analizi varyanslar arasındaki farklılıkları test etmek için kullanılan klasik testlerden daha güçlü olduğu belirtilmiştir. Gerçekten  $|V_{ij}|$ 'nin tek yönlü varyans analizi kararlılık varyansların  $\sigma_i^2$  eşit olup olmadıklarını iyi bir şekilde test edebilir (Piepho and Lotito 1992).

## 2.3. Kang Yöntemi

Kang (1988) genotiplerin ortalama verim sıra puanlarını ve her bir genotipin kararlılık varyanslarının sıra puanlarını kullanarak toplam sıra puanı yöntemi adı verilen bir yöntem geliştirmiştir. Bu işlemi yaparken en yüksek verimli genotipin sıra puanı 1 ve en düşük kararlılık varyansının sıra puanı 1 olacak şekilde ortalama verimleri ve Shukla (1972)'nin kararlılık varyanslarını derecelemeğe tabi tutmuştur. Daha sonra her bir genotipin ortalama veriminin ve kararlılık varyansının sıra puanı toplanarak o genotip hakkında son karar verilmiştir. Toplam sıra puanı en küçük olan genotipin en kararlı genotip olduğu belirtilmiştir. Kang (1988)'in toplam sıra puanı yönteminde genotiplere verim ortalaması ve kararlılık varyansları eşit ağırlıklı olarak katkı sağlamaktadır. Ayrıca Kang ve Pham (1991) toplam sıra puanı yöntemine ilaveten ve bu yöntemin bir benzeri olan ancak verim ortalamalarının sırasıyla 2, 3, 4 ve 5 ağırlıkla katkıda bulunduğu indeks 2, indeks 3, indeks 4 ve indeks 5 yöntemlerini de geliştirmişlerdir. Kang (1988)'in toplam sıra puanı yöntemi ve diğer yöntemler özet olarak aşağıdaki gibi tarif edilebilir.

Toplam sıra puanı yöntemi : verim ortalamasının sıra puanı +  $\sigma_i^2$ 'nin sıra puanı

İndeks 2 yöntemi :  $2 \times$  verim ortalamasının sıra puanı +  $\sigma_i^2$ 'nin sıra puanı

İndeks 3 yöntemi :  $3 \times$  verim ortalamasının sıra puanı +  $\sigma_i^2$ 'nin sıra puanı

İndeks 4 yöntemi :  $4 \times$  verim ortalamasının sıra puanı +  $\sigma_i^2$ 'nin sıra puanı

İndeks 5 yöntemi :  $5 \times$  verim ortalamasının sıra puanı  
+  $\sigma_i^2$ 'nin sıra puanı

### 3. BULGULAR

Araştırmada normal ve kesikli üniform dağılışa göre türetilen verilere parametrik olmayan kararlılık yöntemlerin uygulaması yapıldı. Yapılan çalışmada varyans analizine göre etkileşimin önemsiz ve önemli olduğu durumlarda parametrik olmayan kararlılık yöntemleri arasındaki ilişki incelendi. Kararlılık ölçütleri arasındaki ilişkinin tespiti sıra korelasyon analizine göre yapıldı.

Araştırmacılar Genotip  $\times$  Çevre etkileşimi önemli olduğunda da hangi genotiplerin çevrelerle daha az etkileşim gösterdiğini tespit etmek için geliştirilmiş olan parametrik olmayan kararlılık yöntemlerini uygulayabilir. Genotip  $\times$  Çevre etkileşiminin önemsiz olmasında dahi genotiplerin çevrelerle olan etkileşimlerini araştırmak isterler. Dolayısıyla hangi genotipin kararlı hangi genotipin kararsız olduğunu araştırmak için geliştirilmiş olan çeşitli kararlılık yöntemlerini araştırma sonucu elde ettikleri verilere uygularlar. Bu yöntemlerden bazıları normal dağılışa göre türetilen ve Genotip  $\times$  Çevre etkileşimin önemsiz çıktığı verilere uygulandı ve sonuçlar Çizelge 1'de verildi. Normal dağılışa göre elde edilen verilerde her bir genotipin bireysel kararlılık değerlerinin tespitinde uygulanan parametrik olmayan yöntemlere göre elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verildi. Normal dağılışa Genotip  $\times$  Çevre etkileşiminin önemsiz ve önemli olduğu verilerde parametrik ve parametrik olmayan olmayan kararlılık değerleri arasındaki sıra korelasyon katsayıları Çizelge 3'de verildi.

Her bir genotip için parametrik olmayan yöntemlere göre elde edilen katsayı değerleri çizelge 1'de verilmiştir. S1 ve S2 ölçütlerinin önemlilik testinde  $Z_i$  değerlerinin hesaplanmasında

$$Z_i^{(m)} = \left[ S_i^{(m)} - E(S_i^{(m)}) \right]^2 / \text{Var}(S_i^{(m)}) \quad m=1,2.$$

eşitliği kullanıldı. Eşitlikte;

$$E[S_i^{(1)}] = (15^2 - 1) / (3 * 15) = 4.98;$$

$$\text{Var}(S_i^{(1)}) = ((15^2 - 1) * [(15^2 - 4) * (16 + 3) + 30]) / (45 * 15^2 * 16 * (16 - 1)) = 0.3898$$

$$E[S_i^{(2)}] = (15^2 - 1) / 12 = 18.67$$

$$\text{Var}(S_i^{(2)}) = (15^2 - 1) * [2 * (15^2 - 4) * (16 - 1) + 5 * (15^2 - 1)] / (360 * 16 * (16 - 1)) = 20.09$$

olarak hesaplandı ve bu değerlere göre

$$Z_1^{(1)} = (5.28 - 4.98)^2 / 0.3898 = 0.23$$

$$Z_1^{(2)} = (20.20 - 18.67)^2 / 20.09 = 0.12$$

olarak bulundu ve diğer  $Z_i^{(1)}$  ve  $Z_i^{(2)}$  değerleride benzer şekilde hesaplandı.

Çizelge 1 incelendiğinde  $\sum Z_i^{(1)} = 9.09$  kritik  $X^2_{0.05,15} = 25.00$  değerinden küçük olduğu için genotiplerin S1 kararlılık değerleri arasında ve  $\sum Z_i^{(2)} = 8.56$  değeri kritik  $X^2_{0.05,15} = 25.00$  değerinden küçük olduğu için genotiplerin S2 kararlılık değerleri arasında fark bulunamadı. Genotipler bireysel  $Z_i$  değerlerine göre değerlendirildiğinde de bütün genotiplerin  $Z_i$  değerlerinin kritik  $X^2_{0.05,1} = 3.84$  değerinden küçük olduğundan genotiplerin bireysel olarakta kararlı olduğu tespit edildi.

Çizelge 1. Normal Dağılışa Göre Türetilen ve Genotip  $\times$  Çevre Etkileşiminin Önemsiz Olduğu Verilerde Parametrik Olmayan Yöntemlerde Genotiplerin Kararlılık Katsayıları

Genotip	PARAMETRİK OLMAYAN YÖNTEMLER								
	S1	S2	Z1	Z2	S3	S6	L	R	KSM
G1	5.28	20.20	0.23	0.12	32.96	6.28	29.50	120	7
G2	5.41	21.93	0.48	0.53	34.29	7.13	33.85	143	12
G3	5.90	25.80	2.18	2.53	44.89	8.22	42.96	151	15
G4	5.49	21.50	0.68	0.40	36.45	7.21	33.49	127	16
G5	5.53	22.20	0.77	0.62	36.58	6.82	37.27	140	13
G6	4.82	16.73	0.07	0.19	26.40	5.71	28.56	113	9
G7	4.67	17.93	0.25	0.03	26.60	5.91	29.59	121	10
G8	5.38	20.78	0.42	0.22	39.05	7.71	38.40	132	25
G9	5.59	23.20	0.97	1.02	43.32	7.97	40.86	146	23
G10	5.18	19.60	0.11	0.04	34.12	7.81	33.01	131	19
G11	4.58	15.45	0.40	0.52	38.55	7.77	28.20	106	20
G12	4.89	18.13	0.02	0.01	33.63	7.18	29.03	119	8
G13	5.05	18.40	0.01	0.01	34.43	6.89	32.02	126	20
G14	4.18	13.06	1.65	1.56	32.26	6.71	27.41	105	19
G15	5.56	22.56	0.86	0.76	47.44	9.45	36.30	140	24
Toplam	77.5	297.5	9.09	8.56	540.9	108.8	500.5	1920	240

**Genotip × çevre etkileşiminin belirlenmesinde kullanılan parametrik ve parametrik olmayan kararlılık analizi yöntemleri arasındaki ilişkinin araştırılması**

S1, S2, L ve R yöntemlerine göre G14 ve G11'in en kararlı G3 ise en az kararlı genotip olduğu görülmektedir. S3 ve S6 yöntemlerine göre ise en kararlı genotiplerin G6 ve G7 en az kararlı genotipinse G15 olduğu tespit edildi. KSM yönteminde ise en kararlı genotip G1, G12 ve G6 en kararsız genotip ise G8 dir. Dikkat edilirse parametrik olmayan yöntemler kendi aralarında gruplanırken bu yöntemlerden KSM yöntemi daha çok parametrik yöntemlerle benzer sonuç vermiştir.  $L_i$  kararlılık değerlerinin önemlilik testi tek yönlü varyans analizine göre yapılır. Varyans analizinde  $L_i$  değerlerinin hesaplanmasında kullanılan  $|V_{ij}|$  ( $V_{ij} = \bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}$ ) değerleri tekrerrü ( $L_i$ 'lerin tekrarlanma) sayısı olarak alınır (Piepho ve Lotito 1992). Buna göre  $L_i$  değerlerine varyans analizi uyguladığında  $L_i$  değerlerinin biri birinden farksız olduğu ve varyanslarının homojen olduğu tespit edildi. Dolayısıyla normal dağılışa göre türetilen ve etkileşimin önemsiz çıktığı verilerde L kararlılık katsayı değerleri arasında da bir fark olmadığı ve etkileşim değerlerinin farksız olduğu gözlemlendi.  $L_i$  değerlerinin hesaplanmasında kullanılan  $|V_{ij}|$  değerleri her bir genotipin çevreler ile olan etkileşim değerleridir. Bu nedenle L değerlerinin önemlilik testiyle genotiplerin çevrelerle olan etkileşimlerinin önemlilik testi yapılabilmektedir.

Çizelge 2 incelendiğinde, parametrik olmayan yöntemlerde S1, S2, S3, S6, L, R ve KSM kararlılık yöntemlerine göre en kararlı genotipler sırasıyla G9 ve G8 bulunurken en kararsız genotip G1 bulundu. S1 ve

S2 kararlılık katsayılarının önemlilik testi yapıldığında  $\sum Z_i^{(1)} = 12.12$  değeri kritik  $X^2_{0.05,15} = 25.00$  değerinden küçük olduğu için genotiplerin S1 kararlılık değerleri arasında fark bulunamadı. Ayrıca  $\sum Z_i^{(2)} = 18.51$  değeri kritik  $X^2_{0.05,15} = 25.00$  değerinden küçük olduğu için genotiplerin S2 kararlılık değerleri arasında da fark bulunamadı. Genotipler bireysel  $Z_i$  değerlerine göre değerlendirildiğinde  $Z_1^{(1)} = 5.43 > X^2_{0.05,1} = 3.84$  ve  $Z_1^{(2)} = 9.57 > X^2_{0.05,1} = 3.84$  olduğundan G1 genotipinin kararsız ve diğer genotiplerin kararlı olduğuna karar verilir. Dolayısıyla parametrik olmayan kararlılık yöntemlerine göre kararlı genotipin seçiminde S1 ve S2 yöntemleri önemlilik testlerinin yapılabilmesinden dolayı tercih edilebilirler.

Parametrik olmayan kararlılık ölçütü olan L değerlerinin önemlilik testine göre G1 genotipinin L kararlılık ölçüt değeri G5, G6, G8 ve G9 genotiplerinin kararlılık ölçüt değerlerinden farklı bulundu. Buna göre L değerlerine göre kararlı genotipler seçildiğinde sırasıyla en kararlı G9, G8, G5 ve G6 genotiplerinin L değerleri en kararsız genotip olan G1 genotipinin L değerinden farklı olması bu genotiplerin çevrelerle olan etkileşimlerinin farklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 2. Normal Dağılışa Göre Türetilen Ve Genotip × Çevre Etkileşiminin Önemli Olduğu Verilerde Parametrik Olmayan Yöntemlerde Genotiplerin Kararlılık Katsayıları

Genotip	PARAMETRİK OLMAYAN YÖNTEMLER								
	S1	S2	Z1	Z2	S3	S6	L	R	KSM
G1	6.43*	32.53*	5.43	9.57	71.53	12.15	152.74 <sup>b</sup>	180	27
G2	5.07	19.18	0.02	0.01	35.14	7.42	116.58 <sup>ab</sup>	140	17
G3	4.83	17.00	0.05	0.14	46.46	9.69	102.48 <sup>ab</sup>	122	21
G4	5.69	24.46	1.30	1.67	35.39	6.78	106.17 <sup>ab</sup>	132	17
G5	4.93	17.80	0.01	0.04	35.66	9.34	88.68 <sup>a</sup>	118	17
G6	4.88	17.13	0.03	0.12	28.65	5.83	89.89 <sup>a</sup>	114	9
G7	5.07	19.40	0.02	0.03	37.00	8.33	95.04 <sup>ab</sup>	125	20
G8	4.36	13.76	0.98	1.20	19.48	4.98	84.36 <sup>a</sup>	111	2
G9	4.14	12.70	1.79	1.77	19.81	4.75	83.76 <sup>a</sup>	104	7
G10	5.79	24.50	1.70	1.69	35.86	6.95	109.65 <sup>ab</sup>	140	24
G11	4.68	16.03	0.24	0.35	32.39	6.77	98.25 <sup>ab</sup>	114	24
G12	4.88	17.03	0.03	0.13	26.11	5.89	97.03 <sup>ab</sup>	123	7
G13	5.08	19.10	0.02	0.01	29.58	6.15	93.03 <sup>ab</sup>	116	15
G14	5.35	22.00	0.36	0.55	36.65	7.42	107.63 <sup>ab</sup>	136	12
G15	5.69	23.63	1.31	1.23	39.13	7.64	112.85 <sup>ab</sup>	145	21
Toplam			12.12	18.51					240

Varyans analizine göre etkileşimin önemsiz olduğu verilerde L kararlılık değerlerinin önemsiz çıkması (Çizelge 1) ve etkileşimin önemli olduğu durumda önemli çıkması (Çizelge 2)  $L_i$  değerlerinin varyans analizine benzerlik gösterdiği ifade edilebilir.

Her bir kararlılık yöntemine göre elde edilen en kararlı ve en kararsız genotipe göre etkileşimin tespitinde kullanılan parametrik olmayan kararlılık yöntemlerinin birbirleriyle ilişkili olduğu ifade edilebilir. Ancak bu ilişkinin nasıl ve ne yönde olduğunu tespit etmek amacıyla 16 çevredeki 15 genotip için elde edilen kararlılık katsayı değerleri arasındaki sıra korelasyonuna bakıldı. Korelasyon katsayısı değerleri çizelge 3’de verildi.

Çizelge 3 incelendiğinde,  $G \times \text{Ç}$  interaksiyonunun önemsiz olduğu durumda, S1, S2, L ve R katsayı değerleri arasında yüksek ve çok önemli bir ilişki bulunurken bu katsayılar S3 ve S6 katsayılarıyla önemli ve KSM katsayı değerleriyle de önemsiz ilişki göstermişlerdir. S3 ve S6 kararlılık değerleri arasında (0.857) çok önemli bir ilişki bulunmuştur. Diğer bir parametrik olmayan ölçüt olan KSM değeri parametrik olmayan ölçütlerden S3 ve S6 ile (0.691 ve 0.649) çok önemli bir ilişki gösterirken diğer parametrik olmayan yöntemlerle önemsiz ve düşük bir ilişkiye sahip olduğu tespit edildi. Parametrik ve

parametrik olmayan ölçütler arasındaki ilişkiler incelendiğinde en yüksek korelasyona ER ile S1, S2 ve R arasında ayrıca S3’ün CV, VK, EV, SSV ve ER ile önemli ilişkiye sahip olduğu gözlemlendi. Regresyon yöntemleri olan FWbi ve PJBİ katsayıları hiçbir parametrik olmayan kararlılık katsayı değeriyle önemli bir ilişki göstermemiştir. KSM yöntemi parametrik yöntemlerden CV, VK, EV ve SSV yöntemleriyle pozitif yönde çok önemli ayrıca genotip ortalama değerleriyle negatif yönde çok önemli bir ilişki göstermektedir. KSM yönteminin parametrik yöntemlerle benzerlik göstermesinin sebebi KSM yöntemine göre katsayı değerlerinin hesaplanmasında SSV ve genotip ortalama değerlerinin sıra puanlarının kullanılmasından kaynaklanmaktadır. KSM yönteminin hesaplanmasında en yüksek verimli genotipin sıra puanı 1 ve en düşük SSV değerinin sıra puanı 1 olarak alındığı için KSM yöntemi genotip ortalama değerleriyle negatif yönde, SSV değerleriyle pozitif yönde korelasyona sahip olacaktır. Çünkü elde edilen KSM katsayılarının en küçüğüne 1 verilerek sıra korelasyonu hesaplanmaktadır. Dolayısıyla Genotip  $\times$  Çevre etkileşim değerlerinin tahmininde KSM yönteminin kullanılmasıyla yüksek verimli düşük varyanslı genotipler seçilebilir.

Çizelge 3. Normal Dağılıfta Genotip  $\times$  Çevre Etkileşiminin Önemsiz ve Önemli Olduğu Verilerde Parametrik ve Parametrik Olmayan Kararlılık Değerleri Arasındaki Sıra Korelasyon Katsayıları

	Metotlar	S1	S2	S3	S6	L	R	KSM
GxÇ interaksiyonu Önemsiz	S2	0.993***						
	S3	0.736**	0.732**					
	S6	0.593*	0.589*	0.857***				
	L	0.918***	0.932***	0.743**	0.586*			
	R	0.917***	0.945***	0.688**	0.583*	0.963***		
	KSM	0.229	0.222	0.691**	0.649**	0.376	0.288	
	CV	0.675**	0.696**	0.818***	0.600*	0.796***	0.745***	0.723**
	FWBİ	-0.002	0.063	0.200	0.281	-0.057	0.083	0.291
	VK	0.675**	0.696**	0.818***	0.600*	0.796***	0.745***	0.723**
	EV	0.768***	0.754***	0.800***	0.582*	0.854***	0.761***	0.664**
	SSV	0.768***	0.754***	0.800***	0.582*	0.854***	0.761***	0.664**
	PJBİ	-0.011	0.054	0.182	0.268	-0.071	0.075	0.279
	ER	0.818***	0.807***	0.796***	0.618*	0.889***	0.788***	0.521*
	P	-0.254	-0.236	0.250	0.379	-0.171	-0.145	0.737**
	GORT	0.446	0.443	-0.111	-0.311	0.350	0.366	-0.667**
GxÇ interaksiyonu Önemli	S2	0.987***						
	S3	0.643**	0.675**					
	S6	0.530*	0.565*	0.933***				
	L	0.745***	0.754***	0.686**	0.595*			
	R	0.870***	0.887***	0.746**	0.679**	0.916***		
	KSM	0.535	0.555	0.783***	0.725**	0.672**	0.590*	
	CV	0.623*	0.618*	0.439	0.320	0.796***	0.682**	0.654**
	FWBİ	0.097	0.086	-0.093	-0.080	0.275	0.236	0.077
	VK	0.628*	0.639**	0.507	0.409	0.771***	0.682**	0.708**
	EV	0.659**	0.657**	0.604*	0.431	0.839***	0.678**	0.818***
	SSV	0.659**	0.657**	0.604*	0.431	0.839***	0.678**	0.818***
	PJBİ	0.097	0.086	-0.093	-0.080	0.275	0.236	0.077
	ER	0.668**	0.657**	0.561*	0.409	0.836***	0.692**	0.780***
	P	0.326	0.329	0.650**	0.697**	0.118	0.242	0.672**
	GORT	-0.303	-0.329	-0.699**	-0.790***	-0.257	-0.320	-0.790***

\*\*\* :  $P < 0.001$ . \*\* :  $P < 0.01$ . \* :  $P < 0.05$ .



Çizelge 3 incelendiğinde, G × Ç interaksiyonunun önemsiz olduğu durumda, S1, S2, L ve R katsayı değerleri arasında yüksek ve çok önemli bir ilişki bulunurken bu katsayılar S3 ve S6 katsayılarıyla önemli ve KSM katsayı değerleriyle de önemsiz ilişki göstermişlerdir. S3 ve S6 kararlılık değerleri arasında (0.857) çok önemli bir ilişki bulunmuştur. Diğer bir parametrik olmayan ölçüt olan KSM değeri parametrik olmayan ölçütlerden S3 ve S6 ile (0.691 ve 0.649) çok önemli bir ilişki gösterirken diğer parametrik olmayan yöntemlerle önemsiz ve düşük bir ilişkiye sahip olduğu tespit edildi. Parametrik ve parametrik olmayan ölçütler arasındaki ilişkiler incelendiğinde en yüksek korelasyona ER ile S1, S2 ve R arasında ayrıca S3'ün CV, VK, EV, SSV ve ER ile önemli ilişkiye sahip olduğu gözlemlendi. Regresyon yöntemleri olan FWbi ve PJbi katsayıları hiçbir parametrik olmayan kararlılık katsayı değeriyle önemli bir ilişki göstermemiştir. KSM yöntemi parametrik yöntemlerden CV, VK, EV ve SSV yöntemleriyle pozitif yönde çok önemli ayrıca genotip ortalama değerleriyle negatif yönde çok önemli bir ilişki göstermektedir. KSM yönteminin parametrik yöntemlerle benzerlik göstermesinin sebebi KSM yöntemine göre katsayı değerlerinin hesaplanmasında SSV ve genotip ortalama değerlerinin sıra puanlarının kullanılmasından kaynaklanmaktadır. KSM yönteminin hesaplanmasında en yüksek verimli genotipin sıra puanı 1 ve en düşük SSV değerinin sıra puanı 1 olarak alındığı için KSM yöntemi genotip ortalama değerleriyle negatif yönde, SSV değerleriyle pozitif yönde korelasyona sahip olacaktır. Çünkü elde edilen KSM katsayılarının en küçüğüne 1 verilerek sıra korelasyonu hesaplanmaktadır. Dolayısıyla Genotip × Çevre etkileşim değerlerinin tahmininde KSM yönteminin kullanılmasıyla yüksek verimli düşük varyanslı genotipler seçilebilir.

G × Ç interaksiyonunun önemli olduğu durumda parametrik olmayan yöntemler arasında en

büyük ilişkiler S1 ile S2 (0.987), S3 ile S6 (0.933) ve L ile R (0.916) arasında bulundu. Normal dağılışa göre türetilen verilere uygulanan kararlılık yöntemleri arasındaki sıra korelasyon analizlerine göre etkileşimin önemli olduğu durumda yöntemler arasındaki benzerlik daha açık bir şekilde görülmektedir. Parametrik yöntemlerle parametrik olmayan yöntemler arasındaki ilişki incelendiğinde parametrik yöntemlerden SSV, EV ve ER yöntemleri parametrik olmayan yöntemlerden L ve KSM yöntemleriyle yüksek ve çok önemli ilişki gösterirken CV, VK ve P yöntemleri parametrik olmayan yöntemlerle önemli ilişki gösterdikleri tespit edildi. FWbi ve PJbi yöntemleri bütün parametrik olmayan yöntemlerle önemsiz ve küçük ilişki gösterdikleri tespit edildi.

Kesikli üniform dağılışa göre türetilen ve Genotip × Çevre etkileşiminin önemsiz ve önemli olduğu verilerde Genotip × Çevre Etkileşimini tespit için kullanılan parametrik olmayan kararlılık yöntemlerine ait sonuçlar çizelge 4 ve 5'de verildi.

Çizelge 4'de genotiplerin kararlılık durumları parametrik olmayan yöntemlere göre incelendiğinde en kararlı genotipin S1, S2, S3, L ve R yöntemlerinde G9, S6 yönteminde G12 ve KSM yönteminde ise G4 genotipidir. En kararsız genotip L yönteminde G8 ve diğer parametrik olmayan yöntemlerde G5 genotipidir. S1 ve S2 kararlılık ölçütlerinin önemlilik testi yapıldığında  $\sum Z_i^{(1)} = 11.50$  değeri kritik cetvel ( $X^2_{0.05.15} = 25.00$ ) değerinden küçük olduğu için genotiplerin S1 kararlılık değerleri arasında fark olmadığı ve  $\sum Z_i^{(2)} = 11.56$  değeri kritik cetvel ( $X^2_{0.05.15} = 25.00$ ) değerinden küçük olduğundan genotiplerin S2 kararlılık değerleri arasında da fark olmadığı tespit edildi.

**Çizelge 4. Kesikli Üniform Dağılıştaki Genotip × Çevre Etkileşiminin Önemsiz Olduğu Verilerde Parametrik Olmayan Yöntemlere Göre Genotiplerin Kararlılık Katsayıları**

Genotip	PARAMETRİK OLMAYAN YÖNTEMLER								
	S1	S2	Z1	Z2	S3	S6	L	R	KSM
G1	5.05	18.73	0.01	0.01	29.63	6.63	22.28	134	13
G2	4.88	17.33	0.03	0.09	30.87	6.20	20.26	117	13
G3	5.75	24.00	1.53	1.42	39.87	7.82	22.18	141	15
G4	5.23	19.79	0.16	0.06	28.65	5.89	18.15	119	5
G5	6.03	26.92	2.86	3.39	52.89	10.07	24.81	157	27
G6	5.80	24.33	1.73	1.59	46.01	8.59	24.61	142	24
G7	5.28	20.67	0.24	0.20	40.87	8.17	19.38	129	15
G8	5.73	23.67	1.46	1.24	41.94	8.35	26.52	145	27
G9	4.07	12.12	2.13	2.14	26.00	6.29	13.99	96	12
G10	4.52	15.18	0.55	0.60	31.02	7.02	18.00	115	18
G11	4.96	17.69	0.01	0.05	30.00	6.18	18.38	121	13
G12	4.93	17.72	0.01	0.04	34.34	7.72	18.95	128	17
G13	4.85	17.40	0.04	0.08	29.88	5.74	19.68	125	9
G14	5.13	19.40	0.06	0.03	33.69	6.68	19.02	122	14
G15	5.49	22.19	0.68	0.62	40.83	7.74	21.96	129	18
Toplam			11.50	11.56					240

Genotipler bireysel  $Z_i$  değerlerine göre değerlendirildiğinde genotiplerin bireysel olarak kararlı olduğu belirlendi. L kararlılık değerlerinin önemlilik testi yapıldığında da genotiplerin  $L_i$  kararlılıkları arasında bir fark olmadığı gözlemlendi. Kesikli üniform dağılım gösteren verilerde varyans analizine göre etkileşimin önemsiz olması durumunda L kararlılık yöntemine göre de genotiplerin çevrelerle etkileşim göstermediği tespit edildi. Aynı durum normal dağılıma göre türetilen ve etkileşimin önemsiz olduğu durumda da gözlemlendi.

Kesikli üniform dağılıma göre türetilen ve etkileşimin önemli olduğu verilerin parametrik olmayan kararlılık değerleri çizelge 5’de verildi.

Çizelge 5’de, kesikli üniform dağılıma göre yapılan simülasyon çalışmasında Genotip  $\times$  Çevre etkileşiminin tespitinde kullanılan parametrik olmayan yöntemlere göre elde edilen kararlılık katsayıları incelendiğinde S1, S2, S3, S6, L, R ve KSM yöntemlerinin tümünde en kararlı genotip G5 ve en kararsız genotip S1, S2, L ve R yöntemlerinde G14 ve S3, S6 ve KSM yöntemlerinde ise G7’nin olduğu tespit edildi. Çizelge 5’de  $\sum Z_i^{(1)} = 15.30$  ve  $\sum Z_i^{(2)} = 17.02$  değerleri

kritik  $X^2_{0.05,15} = 25.00$  değerinden küçük oldukları için genotiplerin S1 ve S2 kararlılık değerleri arasında fark bulunamadı. Genotipler bireysel  $Z_i$  değerlerine göre değerlendirildiğinde de G14 genotipinin  $Z_i$  değeri kritik  $X^2_{0.05,1} = 3.84$  değerinden büyük olduğu için S1 ve S2 yöntemlerine göre G14 genotipinin kararsız diğer genotiplerin kararlı olduğu belirlendi.  $L_i$  katsayılarının önemlilik testine göre en kararlı genotip G5 ile en kararsız genotip G14 arasında önemli fark olduğu dolayısıyla bu genotiplerin çevrelerle olan etkileşimlerinin farklı olduğu tespit edildi.

Kesikli üniform dağılıma göre elde edilen veri setinde her bir kararlılık yöntemine göre elde edilen en kararlı ve en kararsız genotipe göre etkileşimin tespitinde kullanılan parametrik ve parametrik olmayan kararlılık yöntemlerinin birbirleriyle nasıl ve ne yönde bir ilişkiye sahip olduklarını tespit etmek amacıyla 16 çevredeki 15 genotip için elde edilen kararlılık katsayı değerleri arasındaki sıra korelasyonuna bakıldı. Korelasyon katsayısı değerleri çizelge 6’da verildi.

Çizelge 5. Kesikli Üniform Dağılım Genotip  $\times$  Çevre Etkileşiminin Önemli Olduğu Verilerde Parametrik Olmayan Yöntemlere Göre Genotiplerin Kararlılık Katsayıları

Genotip	PARAMETRİK OLMAYAN YÖNTEMLER								
	S1	S2	Z1	Z2	S3	S6	L	R	KSM
G1	5.20	19.67	0.13	0.05	43.63	8.45	23.59 <sup>abc</sup>	121	15
G2	4.33	13.79	1.09	1.18	24.75	6.71	20.25 <sup>bc</sup>	104	15
G3	4.82	16.78	0.07	0.18	32.71	7.24	23.70 <sup>abc</sup>	117	14
G4	5.69	23.26	1.31	1.05	47.00	8.81	33.96 <sup>abc</sup>	151	20
G5	4.18	12.92	1.62	1.65	18.79	4.91	17.97 <sup>c</sup>	100	8
G6	4.48	14.52	0.63	0.86	31.28	6.39	20.45 <sup>bc</sup>	101	14
G7	6.01	26.23	2.72	2.85	51.39	9.77	35.76 <sup>ab</sup>	157	25
G8	5.27	19.87	0.21	0.07	37.29	8.49	25.53 <sup>abc</sup>	119	22
G9	5.50	22.25	0.69	0.64	22.09	5.05	33.32 <sup>abc</sup>	137	12
G10	4.61	15.20	0.35	0.60	19.76	5.29	21.76 <sup>abc</sup>	109	11
G11	5.42	21.18	0.49	0.32	36.08	7.55	29.13 <sup>abc</sup>	134	15
G12	5.19	20.90	0.12	0.25	46.34	9.46	27.00 <sup>abc</sup>	132	22
G13	5.19	19.60	0.12	0.04	25.56	5.24	31.64 <sup>abc</sup>	136	16
G14	6.44*	30.56*	5.50	7.04	49.71	8.29	38.60 <sup>a</sup>	162	19
G15	5.29	20.86	0.25	0.24	34.12	6.85	28.45 <sup>abc</sup>	140	12
Toplam			15.30	17.02					240

**Genotip × çevre etkileşiminin belirlenmesinde kullanılan parametrik ve parametrik olmayan kararlılık analizi yöntemleri arasındaki ilişkinin araştırılması**

Çizelge 6. Kesikli Üniform Dağılıfta Genotip × Çevre Etkileşiminin Önemsiz ve Önemli Olduğu Verilerde Parametrik ve Parametrik Olmayan Kararlılık Değerleri Arasındaki Sıra Korelasyon Katsayıları

	Metotlar	S1	S2	S3	S6	L	R	KSM
GxÇ interaksiyonu Önemsiz	S2	0.993 <sup>***</sup>						
	S3	0.775 <sup>***</sup>	0.782 <sup>***</sup>					
	S6	0.746 <sup>***</sup>	0.757 <sup>***</sup>	0.918 <sup>***</sup>				
	L	0.743 <sup>**</sup>	0.743 <sup>**</sup>	0.668 <sup>**</sup>	0.621 <sup>*</sup>			
	R	0.856 <sup>***</sup>	0.881 <sup>***</sup>	0.767 <sup>***</sup>	0.761 <sup>***</sup>	0.895 <sup>***</sup>		
	KSM	0.602 <sup>*</sup>	0.609 <sup>*</sup>	0.902 <sup>***</sup>	0.911 <sup>***</sup>	0.573 <sup>**</sup>	0.656 <sup>**</sup>	
	CV	0.818 <sup>***</sup>	0.782 <sup>***</sup>	0.757 <sup>***</sup>	0.625 <sup>*</sup>	0.854 <sup>***</sup>	0.749 <sup>***</sup>	0.618 <sup>*</sup>
	FWBİ	0.532 <sup>*</sup>	0.493	0.407	0.211	0.200	0.265	0.147
	VK	0.818 <sup>***</sup>	0.782 <sup>***</sup>	0.757 <sup>***</sup>	0.625 <sup>*</sup>	0.854 <sup>***</sup>	0.749 <sup>***</sup>	0.618 <sup>*</sup>
	EV	0.718 <sup>**</sup>	0.711 <sup>**</sup>	0.686 <sup>**</sup>	0.611 <sup>*</sup>	0.975 <sup>***</sup>	0.844 <sup>***</sup>	0.616 <sup>*</sup>
	SSV	0.718 <sup>**</sup>	0.711 <sup>**</sup>	0.686 <sup>**</sup>	0.611 <sup>*</sup>	0.975 <sup>***</sup>	0.844 <sup>***</sup>	0.616 <sup>*</sup>
	PJBİ	0.532 <sup>*</sup>	0.493	0.407	0.211	0.200	0.265	0.147
	ER	0.654 <sup>**</sup>	0.657 <sup>**</sup>	0.664 <sup>**</sup>	0.543 <sup>*</sup>	0.904 <sup>***</sup>	0.772 <sup>***</sup>	0.564 <sup>*</sup>
	P	0.257	0.261	0.646 <sup>**</sup>	0.700 <sup>**</sup>	0.089	0.254	0.782 <sup>***</sup>
GORT	-0.089	-0.096	-0.496	-0.604 <sup>*</sup>	0.068	-0.109	-0.699 <sup>**</sup>	
GxÇ interaksiyonu Önemli	S2	0.972 <sup>***</sup>						
	S3	0.724 <sup>**</sup>	0.761 <sup>***</sup>					
	S6	0.545 <sup>*</sup>	0.607 <sup>*</sup>	0.929 <sup>***</sup>				
	L	0.931 <sup>***</sup>	0.936 <sup>***</sup>	0.643 <sup>**</sup>	0.436			
	R	0.937 <sup>***</sup>	0.929 <sup>***</sup>	0.679 <sup>**</sup>	0.471	0.964 <sup>***</sup>		
	KSM	0.515 <sup>*</sup>	0.577 <sup>*</sup>	0.823 <sup>***</sup>	0.834 <sup>***</sup>	0.544 <sup>*</sup>	0.544 <sup>*</sup>	
	CV	0.799 <sup>***</sup>	0.789 <sup>***</sup>	0.532 <sup>*</sup>	0.346	0.814 <sup>***</sup>	0.800 <sup>***</sup>	0.476
	FWBİ	0.231	0.209	0.200	0.236	0.038	0.070	0.133
	VK	0.808 <sup>***</sup>	0.798 <sup>***</sup>	0.564 <sup>*</sup>	0.377	0.823 <sup>***</sup>	0.809 <sup>***</sup>	0.506
	EV	0.869 <sup>***</sup>	0.864 <sup>***</sup>	0.582 <sup>*</sup>	0.357	0.968 <sup>***</sup>	0.939 <sup>***</sup>	0.539 <sup>*</sup>
	SSV	0.869 <sup>***</sup>	0.864 <sup>***</sup>	0.582 <sup>*</sup>	0.357	0.968 <sup>***</sup>	0.939 <sup>***</sup>	0.539 <sup>*</sup>
	PJBİ	0.231	0.209	0.200	0.236	0.038	0.070	0.133
	ER	0.756 <sup>***</sup>	0.793 <sup>***</sup>	0.479	0.286	0.907 <sup>***</sup>	0.846 <sup>***</sup>	0.521 <sup>*</sup>
	P	-0.154	-0.046	0.379	0.571 <sup>*</sup>	-0.104	-0.164	0.677 <sup>**</sup>
GORT	0.286	0.211	-0.307	-0.561 <sup>*</sup>	0.375	0.389	-0.489	

Kesikli üniform dağılışa göre türetilen ve etkileşimin önemsiz olduğu verilerde parametrik olmayan kararlılık yöntemlerine göre elde edilen kararlılık değerleri arasındaki sıra korelasyonlar incelendiğinde parametrik olmayan yöntemlerde tüm kararlılık katsayıları arasında önemli ilişki bulunurken en yüksek korelasyonlar S1 ile S2, S3 ile S6 ve KSM, L ile R arasında bulundu. Parametrik ve parametrik olmayan yöntemler arasındaki ilişki incelendiğinde parametrik yöntemlerden regresyona dayalı yöntemlerin (FWbi ve Pjbi) parametrik olmayan yöntemlerle önemsiz ve düşük korelasyona sahip oldukları ve diğer parametrik yöntemlerin parametrik olmayan yöntemlerle önemli ilişki gösterdikleri gözlemlendi.

Çizelge 6'da kesikli üniform dağılışa göre elde edilen ve Genotip × Çevre etkileşiminin önemli olduğu verilerde parametrik olmayan kararlılık yöntemleri arasındaki sıra korelasyon değerleri incelendiğinde parametrik olmayan yöntemlerde S1 ile S2 ve S3 ile S6 yöntemleri arasında çok yüksek ve önemli ilişki tespit edildi. L ve R yöntemleri arasında ve bu yöntemlerin S1 ve S2 yöntemleriyle de önemli

ve yüksek korelasyona sahip olduğu gözlemlendi. KSM değerlerinin S3 ve S6 değerleriyle önemli ve yüksek ilişkiye sahip olduğu gözlemlendi. Parametrik yöntemlerden CV, VK, EV, SSV ve ER ile parametrik olmayan yöntemlerden S1, S2, L ve R yöntemleri arasında önemli ve yüksek ilişki tespit edilirken FWbi ve Pjbi yöntemlerinin parametrik olmayan yöntemle ilişkisi önemli bulunamadı. Ayrıca P ve KSM yöntemleri arasında da önemli bir ilişki tespit edildi.

Normal ve kesikli üniform dağılıfta parametrik olmayan yöntemlerde etkileşimin önemli ve önemsiz olduğu durumlarda en kararlı ve en kararsız genotipler aşağıda özet olarak çizelge 7'de verilmiştir. Çizelge 7 incelendiğinde her iki dağılıfta yöntemler arasında bir paralelliğin olduğu görülmektedir. Genotiplerin kararlılık durumunu belirleyen parametrik olmayan S1 ile S2, L ile R ve S3 ile S6 kararlılık yöntemleri arasında bir benzerliğin olduğu görülmektedir. KSM yöntemi ise genelde S3 ve S6 yöntemleriyle benzer sonuç vermiştir. Dolayısıyla benzer sonuçlar veren kararlılık katsayı değerleri arasındaki sıra korelasyonunda yüksek çıkması beklenir.

Çizelge 7. Normal Ve Kesikli Üniform Dağılıfta Genotip × Çevre Etkileşiminin Önemli Ve Önemsiz Olduğu Durumlarda Kararlılık Yöntemlerine Göre En Kararlı ve En Kararsız Genotipler.

	Normal Dağılıf				Kesikli Üniform Dağılıf			
	Önemsiz		Önemli		Önemsiz		Önemli	
	Kararlı	Kararsız	Kararlı	Kararsız	Kararlı	Kararsız	Kararlı	Kararsız
S1	G14	G3	G9	G1	G9	G5	G5	G14
S2	G14	G3	G9	G1	G9	G5	G5	G14
S3	G6	G15	G9	G1	G9	G5	G5	G7
S6	G6	G15	G9	G1	G12	G5	G5	G7
L	G14	G3	G9	G1	G9	G8	G5	G14
R	G14	G3	G9	G1	G9	G5	G5	G14
KSM	G1	G8	G9	G1	G4	G5	G5	G7

Parametrik olmayan kararlılık yöntemlerinin elde edilmiş durumlarına ve aralarındaki ilişkiye göre gruplandırılması çizelge 8'deki gibi yapılabilir. Aşağıdaki çizelgede parametrik olmayan kararlılık yöntemleri A, B, C ve D olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Gruplar içindeki kararlılık ölçütleri arasındaki sıra korelasyonları bir çok yakın değerler olarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 8. Parametrik Olmayan Kararlılık Yöntemlerinin Gruplandırılması

	Grup			
	A	B	C	D
Parametrik	L	S1	S3	KSM
Olmayan Yöntemler	R	S2	S6	

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Normal ve kesikli üniform dağılıfa göre elde edilen verilere Genotip × Çevre etkileşiminin hesaplanmasında kullanılan kararlılık yöntemleri uygulandığında her iki dağılıfta da benzer sonuçlar tespit edildi. Normal dağılıfta aralarında yüksek korelasyon olan yöntemlerin kesikli üniform dağılıfta da yüksek korelasyona sahip oldukları gözlemlendi. Dolayısıyla bu yöntemlerin normal ve kesikli üniform dağılıf gösteren verilere uygulanmasında yöntemler arasında ilişki yönünden bir fark bulunamamış ve dağılımlar arasında bir fark olmadığı gözlemlenmiştir.

Normal ve kesikli üniform dağılıf gösteren verilerde varyans analizine göre etkileşimin önemli ve önemsiz olduğu durumlarda yöntemler arasındaki ilişki paralellik göstermiştir. Her iki dağılıfta varyans analizine göre etkileşimin önemsiz olduğu durumda parametrik olmayan yöntemlere göre elde edilen kararlılık katsayı değerleri önemsiz bulunurken (Çizelge 1 ve 4) etkileşimin önemli olduğu durumlarda kararlılık katsayı değerlerinde genotipler arasındaki fark önemli bulundu (Çizelge 2 ve 5). Yani en kararlı genotipin kararlılık katsayısı önemsiz bulunurken en kararsız genotipin kararlılık katsayısı önemli bulundu. Dolayısıyla varyans analizine göre etkileşimin önemli olduğunda kararlılık yöntemlerinde de katsayı değerleri arasındaki fark önemli bulunabilmektedir. Varyans analizine göre etkileşimin önemli ve önemsiz olması durumunda parametrik ve parametrik olmayan kararlılık yöntemlerinin Genotip

× Çevre etkileşiminin tespitinde varyans analizine benzer sonuçlar verdikleri gözlemlendi.

Çalışma sonucunda normal ve kesikli üniform dağılıf gösteren verilerde parametrik olmayan yöntemlerde en yüksek ilişki S1 ile S2, S3 ile S6 ve L, R, S1 ile S2 kararlılık katsayıları arasında bulundu. KSM yöntemi S3 ve S6 yöntemleriyle yüksek ve önemli ilişki göstermiştir. S6 ve KSM yöntemlerinin genotip ortalama değerleriyle negatif yönde önemli ilişki gösterdikleri gözlemlendi. Kang ve Pham (1991), genotip ortalama verimlerinin KSM ve S6 yöntemleriyle negatif yönde önemli bir ilişki gösterdiğini ayrıca KSM, S3 ve S6 yöntemlerinin kararlı genotiplerin seçiminde doğru sonuç vereceklerini belirtmişlerdir. Huehn (1990 b), gerçek veriler üzerinde yaptıkları çalışmada düzeltilmemiş verilerde S1 ve S2 yöntemleri arasında çok yüksek ilişki bulurken bu yöntemlerin S3 ile ilişkisini düşük ve önemli bulmuştur aynı zamanda ortalamaya göre düzeltilmiş verilerde de S1 ile S2 arasındaki ilişkiyi yine çok yüksek (1.00) ve bu yöntemlerin S3 ile ilişkisini de yüksek (0.90) bulmuştur. Yaptığımız simülasyon çalışmasında da S1 ve S2 yöntemleri ortalamaya göre düzeltilmiş veriler üzerinden S3 ve S6 ölçütleri ise düzeltilmemiş gerçek veriler üzerinden hesaplandı ve elde edilen sonuçlar Huehn (1990 b) sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Piepho ve Lotita (1992), S1, S2, L ve R yöntemleri arasında çok yüksek ve önemli ilişki bulmuşlardır. Bu yöntemler arasında yüksek korelasyon bulunmasının sebebi bu ölçütlerin hesaplanmasında kullanılan verilerin ortalamaya göre düzeltilmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü S1 ve S2 yöntemlerinde  $Y_{ij}^* = \bar{Y}_{ij} - (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})$  düzeltilmiş değerlerine göre elde edilen sıra puanları kullanılırken L ve R yöntemlerinde de  $V_{ij} = \bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..}$  değerlerine göre elde edilen sıra puanları kullanılmaktadır. Dolayısıyla  $V_{ij}$  değerleri  $Y_{ij}^*$  değerinden çevrelerin ortalaması olan  $\bar{Y}_j$  değerlerinin çıkarılmasıyla elde edilmiştir.  $Y_{ij}^*$  değerlerinden  $\bar{Y}_j$  değerlerinin çıkarılmasıyla  $Y_{ij}^*$  değerlerinin sıra puanlarında herhangi bir değişiklik olmayacaktır. Böylece  $Y_{ij}^*$  değerleri ile  $V_{ij}$  değerlerinin sıra

puanları bir birine eşit olur ve bundan dolayı da S1, S2, L ve R yöntemleri arasındaki ilişkide yüksek bulunur. Parametrik ve parametrik olmayan yöntemler arasında en yüksek korelasyon L ile EV ve SSV yöntemleri arasında bulunurken FWbi ve PJbi regresyon yöntemlerinin S1, S2, S3, S6, L, R ve KSM yöntemleriyle ilişkileri çok düşük ve önemsiz bulundu. EV ve SSV yöntemlerinde etkileşim değerlerinin  $(\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})$  karesi alınırken L ve R yöntemlerinde etkileşim değerlerinin mutlak değeri alınmıştır. Dolayısıyla bu yöntemler arasındaki ilişki yüksek bulunmuştur. Piepho ve Lotito (1992), gerçek veriler üzerinden yaptıkları çalışmada SSV ve EV yöntemlerinin bir birine eşit olduğunu belirtmişler ve EV yöntemi ile R ve L yöntemleri arasında çok yüksek ve önemli ilişki bulurken EV ile L yöntemleri arasındaki ilişkiyi EV ile R yöntemleri arasındaki ilişkiden daha yüksek bulmuşlardır. Bu sonuçlar yaptığımız simülasyon çalışmasıyla elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Simülasyon çalışması sonucunda EV ve SSV yöntemleriyle L yönteminin ilişkisi R yöntemine göre daha yüksek olduğu tespit edildi. Ayrıca parametrik olmayan yöntemlerden S1 ve S2 yöntemlerinin parametrik yöntemlerden CV, VK, EV, SSV ve ER yöntemleriyle olan korelasyonlarında çok önemli ve yüksek bulunmuştur. Piepho ve Lotito (1992), S1 ve S2 yöntemlerinin EV ve ER yöntemleriyle olan ilişkisini çok önemli bulurken FWbi yönteminin S1, S2, L ve R yöntemleriyle arasındaki ilişkiyi önemsiz bulmuştur. Huehn (1990 b), S1, S2 ve S3 yöntemlerinin EV ve ER yöntemleriyle ilişkisinin çok önemli ve yüksek olduğunu ayrıca bu yöntemlere göre elde edilen katsayı değerleri ile regresyon katsayı değerleri arasındaki ilişkinin çok düşük ve önemsiz olduğunu belirtmiştir. Becker ve Leon (1988) S1 ve S2 yöntemlerinin EV ve ER yöntemleriyle ilişkisini çok önemli ve yüksek bulurken bu yöntemlerin CV yöntemiyle olan korelasyonlarını önemli ve düşük bulmuşlardır. Kang ve Pham (1991), P yönteminin KSM, S3 ve S6 yöntemleriyle ayrıca SSV yönteminin ise KSM ve S3 yöntemleriyle yüksek ve önemli ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir. KSM yöntemiyle SSV yöntemi arasında pozitif yönde önemli ve KSM ile genotip ortalama değerleri arasında negatif yönde önemli ilişkinin bulunmasının en büyük sebebi; KSM yönteminde SSV ve genotip ortalama değerleri kullanılırken (KSM= Genotiplerin verim ortalamalarının sıra puanı + SSV Değerleri sıra puanı) SSV değerleri küçükten büyüğe doğru genotip ortalama değerleri ise büyükten küçüğe doğru derecelenmekte. Dolayısıyla elde edilen KSM değerleri küçükten büyüğe doğru derecelendirildiği için SSV ile pozitif yönde genotip ortalama değerleriyle negatif yönde ilişki göstermektedir.

Bu çalışmada incelenen kararlılık yöntemlerin genotiplerin çevrelerle etkileşmesini daha hassas test ettikleri için tavsiye edilmektedir. Kararlılık yöntemlerin denemelerde etkileşimin tespitinde kullanılmalarının en önemli avantajı etkileşimin

önemsiz olması durumunda bile genotiplerin bireysel olarak çevrelerle olan etkileşimlerinin belirlenebilmesidir. Yapılan çalışmada normal ve kesikli üniform dağılışa göre türetilen verilere parametrik ve parametrik olmayan kararlılık yöntemleri uygulandığında her iki dağılışa da yöntemler arasındaki sıra korelasyon değerleri benzer bulundu. Her iki dağılışa kararlılık yöntemleri uygulandığında dağılışlar arasında bir fark olmadığı dolayısıyla uygulaması yapılan kararlılık yöntemlerin her iki dağılıştada kullanılabilmesi tespit edildi. Varyans analizine göre etkileşim değerinin önemli ve önemsiz olduğu durumlarda da kullanılan kararlılık ölçütleri benzer sonuç vermiştir. Genotiplerin çevrelerle olan etkileşimlerini tespit için kullanılan kararlılık yöntemlerinden hangilerinin kullanılmasına karar verilirken aralarında korelasyonun yüksek olduğu yöntemlerden herhangi biri kullanıldığında paralel sonuçların alınabileceği söylenebilir. Genel olarak etkileşim değerini genotiplere bireysel olarak parçalayan EV ve SSV yöntemlerinden birisinin veya bu yöntemlerle yüksek sıra korelasyona sahip yöntemler tercih edilebilir. Parametrik olmayan yöntemlerde ise S1, S2 ve L yöntemlerinin EV ve SSV yöntemleriyle olan ilişkisi diğer parametrik yöntemlere göre daha yüksek olduğundan S1, S2 ve L yöntemlerinin Genotip × Çevre etkileşiminin hesaplanmasında güvenle kullanılabilirler.

## 5. KAYNAKLAR

- Becker, H. C. and Leon, J., 1988. Stability Analysis in Plant Breeding. *Plant Breeding* 101. 1-23.
- Dayıoğlu, H. ve Doğru, Ü., 1994. Genetik. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi. 5-6. Erzurum.
- Düzgüneş, O., Eliçin, A. ve Akman, N., 1987. Hayvan Islahı. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları:1003. Ankara
- Flores, F., Moreno, M. T. and Cubero, J. I., 1998. A Comparison of Univariate and Multivariate Methods to Analyze G×E Interaction. *Field Crops Research* 56. 271-286.
- Hartmann, W., 1990. Implication of Genotype-Environment Interactions in Animal Breeding: Genotype-Location Interactions in Poultry. *World's Poultry Science Journal* Vol. 46. 198-210
- Huehn, M., 1990 a. Nonparametric Measures of Phenotypic Stability. Part 1: Theory. *Euphytica* 47. 189-194.
- Huehn, M., 1990 b. Nonparametric Measures of Phenotypic Stability. Part 2: Applications. *Euphytica* 47. 195-201.
- Hühn, M. and Nassar, R., 1989. On Tests of Significance for Nonparametric Measures of Phenotypic Stability. *Biometrics* 45. 997-1000.
- Hühn, M. and Nassar, R., 1991. Phenotypic Stability of Genotypes over Environments: On Tests of Significance for Two Nonparametric Measures. *Biometrics* 47. 1196-1197.
- Kang, M. S. 1988. A rank-sum method for selecting high yielding stable crop genotypes. *Cereal Research Communications*, 16, 113-115.
- Kang, M. S. and Pham, H. N., 1991. Simultaneous Selection For High Yielding and Stable Crop Genotypes. *Agronomy Journal*. 83. 161-165.

- Kang, M. S., 1993. Simultaneous Selection for Yield and Stability in Crop Performance Trials: Consequences for Growers. *Agronomy Journal*. 85. 754-757.
- Kaya, Y. ve Taner, S., 2003. Estimating Genotype Ranks by Nonparametric Stability Analysis in Bread Wheat (*Triticum Aestivum* L.). *J. Central European Agriculture* 4. 47-53.
- Mather, K. and Jones, R. M., 1958. Interaction of genotype and environment in continuous variation. *Biometrics* 14. 343-359.
- Nassar, R. and Hühn. M., 1987. Studies on Estimation of Phenotypic Stability: Tests of Significance for Nonparametric Measures of Phenotypic Stability. *Biometrics* 43. 45-53.
- Pham, H. N. and Kang, M. S., 1988. Interrelationships among and Repeatability of Several Stability Statistics Estimated from International Maize Trials. *Crop Science* 28. 925-928.
- Piepho, H. P. and Lotito, S., 1992. Rank Correlation Among Parametric And Nonparametric Measures Of Phenotypic Stability. *Euphytica* 64. 221-225.
- Shukla, G. K., 1972. Some Statistical Aspects of Partitioning Genotype-Environmental Components of Variability. *Heredity* 29. 237-245.
- Tuncel, E., 1994. Hayvan Islahı. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No:46. 15-21. Bursa. (2.Baskı).