

Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinde Adaptasyon ve Stabilitate Analizleri

Şevket Metin KARA

Karadeniz Teknik Üniversitesi Ordu Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 06.04.1999

Özet: Genotip x çevre interaksyonu farklı çevre koşullarında üstün verimli ve stabil çeşitlerin geliştirilmesinde bitki ıslahçılarının karşılaştığı en önemli sorunlardan birisidir. Farklı çevrelerde yetiştirilen genotiplerin stabilitelelerini belirlemek amacıyla çok sayıda metot geliştirilmiştir. Farklı stabilite parametrelerine göre 15 ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotipinin adaptasyon ve stabilite özelliklerini belirlemek ve parametreler arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada, 8 farklı lokasyonda yürütülen denemelerden elde edilen tane verimleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çoğu parametrelere göre, Kırış 66, Es-kbvd-15 ve Ank-92-1 tüm çevrelere iyi uyum gösteren genotiplerdir. İncelenen parametrelerden verim ile S_i^2 , b_i , β_i , ve α_i arasında olumlu, önemli ilişkiler bulunmuştur. Regresyon katsayıları b_i , β_i ve α_i arasındaki rank korelasyonları 1'e eşittir ve bunlar S_i^2 ve CV_i ile çok önemli rank korelasyonu göstermiştir. Hühn'ün stabilite istatistikleri $S_i^{(2)}$ ve $S_i^{(3)}$ ile CV_i , W_i^2 , ve Sd_i^2 arasındaki korelasyonlar önemli çıkmıştır. $S_i^{(2)}$ ve $S_i^{(3)}$ gibi genotiplerin çevrelerdeki sıralama değerlerini esas alan metotlar, günümüzde ıslahçılar tarafından yaygın olarak kullanılan parametrik metotlara alternatif olarak kullanılabilir.

Anahtar Sözcükler: Ekmeklik Buğday, *Triticum aestivum* L., Genotip x Çevre İnteraksyonu, Adaptasyon, Stabilitate parametreleri.

Adaptation and Stability Analysis in Some Bread Wheat Genotypes

Abstract: Genotype x environment interaction is a challenging issue to plant breeders in improving high-yielding, stable genotypes for variable environments. Several methods of measuring stability of genotypes tested across a range of environments have been proposed. The grain yields of fifteen bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown at eight different locations were used to assess adaptation and stability characteristics of the genotypes and to study associations among these parameters. According to most of the parameters used in the present study, Kırış 66, Es-kbvd-15 and Ank-92-1 appeared to have a good level of general adaptation to all environments. Mean yield was highly correlated with S_i^2 , b_i , β_i , and α_i . The regression coefficients b_i , β_i , and α_i were perfectly rank correlated ($r=1.00$) with each other as well as with S_i^2 and CV_i . Eberhart and Russell's Sd_i^2 statistic was highly associated ($r=0.93^{**}$) with Tai's λ_i . The stability statistics $S_i^{(2)}$ and $S_i^{(3)}$ of Hühn showed a good rank correlation with CV_i , W_i^2 , and Sd_i^2 . The statistics based on the ranks of genotypes over environments, such as $S_i^{(2)}$ and $S_i^{(3)}$, would be a potential alternative to the parametric approaches currently used.

Key Words: Bread Wheat, *Triticum aestivum* L., Genotype x Environment Interaction, Adaptation, Stability parameters.

Giriş

Yıllar süren yoğun çalışmalar sonucu geliştirilen çeşitlerin performanslarının, değişen çevre koşullarına göre farklılık göstermesi şeklinde beliren genotip x çevre (GE) interaksyonu, bitki ıslahının önemli konularından birisidir. GE interaksyonu özellikle verim özelliği için önemli ise, seleksiyonun etkinliği azalacağı için, ıslahı beklenen fayda sınırlı olacaktır (1).

Farklı çevrelerde yetiştirilen genotiplerin adaptasyon ve stabilite özelliklerinin regresyon analizi ile tayin edilebileceği ilk kez Yates ve Cochran tarafından ileri sürülmüştür (1). Finlay ve Wilkinson (2), her bir çevre ortalamasının genel ortalamadan farkını çevre indeksi olarak ele almış ve çeşitlerin ortalama verimlerinin çevre indeksi üzerine doğrusal regresyonunu (b_i) adaptasyon ölçüsü olarak kullanmıştır. Regresyon modeli Eberhart ve

Russell (3) tarafından geliştirilerek, regresyondan sapma kareler ortalaması (Sd_i^2) çevreye uyum özelliğinin stabilitesini belirleyici ikinci parametre olarak önerilmiş ve bu model günümüzde ıslahçılar tarafından en fazla kullanılan metot olmuştur. Perkins ve Jinks (4) ile Baker (5), regresyon metoduna farklı bir yaklaşım getirerek düzeltilmiş regresyon katsayısı olarak ifade edilen ve beklenen değeri "0" a eşit olan β_i parametresini stabilite ölçüsü olarak önermişlerdir. Tai (6), Eberhart ve Russell (3) modeline benzer bir şekilde, genotiplerin çevreye uyum ve stabilitesini belirlemede beklenen değerleri sırasıyla 0 ve 1 olan α_i ve λ_i parametrelerini kullanmıştır.

Bazı araştırmacılar, GE interaksyonu içinde her bir genotipin katkı payını belirlemeye imkan veren metotların kullanılmasının bitki ıslahçılara daha faydalı bilgiler vereceğini bildirmişlerdir (7, 8, 9). Wricke (7)'nin

ekovalens değeri W_i^2 ile Shukla (8)'nin stabilite varyans parametresi σ_i^2 , her genotipin GE interaksiyon varyansındaki katkı payına göre çeşitlerin stabilitesini tayin ederler. Wricke (7)'nin W_i^2 ile Shukla (8)'nin σ_i^2 parametrelerine göre, denemelerdeki çeşitlerin stabilite sıralamalarının tamamen aynı olduğu fakat hesaplamasının daha kolay olmasından dolayı W_i^2 'nin kullanılması kimi araştırmacılarca önerilmektedir (10, 11, 12, 13, 14).

Genotip x çevre interaksiyonu genotiplerin çevrelerdeki verim sıralamalarının değişmesine yol açıyorsa, seleksiyonun etkinliği ve değişik bölgelere çeşit tavsiyesi bakımından ıslahçılar için daha çok önem ifade eder. Hühn (15) farklı çevrelerde yetiştirilen genotiplerin her bir çevredeki verim sıralama değerlerini kullanarak parametrik olmayan bazı stabilite metotları geliştirmiştir. Bu yaklaşıma göre, farklı çevrelerde benzer verim sıralama değerleri alan çeşitler stabil olarak kabul edilmektedir. Bir genotipin farklı çevrelerdeki verim sıralama değerlerinin varyansı ya da standart sapması kimi araştırmacılar tarafından stabilite ölçüsü olarak kullanılmıştır (16, 17, 18, 19).

Genotiplerin üstün verim potansiyelleri ve stabilite özelliklerinin birlikte dikkate alınarak iki özelliğin tek bir kriter ile belirlenmesi, son yıllarda ıslahçıların üzerinde önemle durdukları yaklaşımların başında gelmektedir (15, 16, 17, 18, 19, 20, 21). Bu amaçla, Hühn (15) verim ve stabiliteyi kombine ederek birlikte değerlendiren, hesaplanması ve yorumlanması oldukça basit olan $S_i^{(2)}$ ve $S_i^{(3)}$ parametrelerini önermiştir. Kang (21) genotiplerin farklı çevrelerdeki verim sıralama değerleri ile Wricke (7)'nin ekovalens değerini (W_i^2), Schuster ve Zschoche (22) ise Shukla (8)'nin stabilite varyans parametresini (σ_i^2) kullanarak verim ve stabiliteyi eşzamanlı değerlendiren indeksler geliştirmişlerdir.

Adaptasyon ve stabilite kavramlarına ilişkin olarak pek çok farklı parametrenin geliştirilmiş olması, ıslahçıları kendi hedef bölgeleri içinde hangi parametrenin kullanımı konusunda çelişkiye düşürmektedir. Son yıllarda buğday, mısır, arpa, patates ve pamuk gibi bitkilerde genotiplerin çevreye uyum yetenekleri ve stabilite özelliklerini farklı stabilite parametrelerine göre değerlendirerek, parametreler arasındaki ilişkileri inceleyen araştırmalar dikkati çekmektedir (9, 11, 13, 14, 23, 24, 25, 26, 27).

Bu araştırmanın amacı, farklı parametreler kullanarak bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin çevreye uyum ve stabilite özelliklerini belirlemek ve parametreler arasındaki ilişkileri ortaya koymaktır.

Materyal ve Metotlar

Bu çalışmada, 1995 yılında Orta Anadolu Bölgesinde 8 lokasyonda yürütülen Çeşit Tescil Verim Denemelerinde yetiştirilen 15 ekmeklik buğday genotipinin tane verimi değerleri, farklı adaptasyon ve stabilite parametreleri ile değerlendirilmiştir. Çeşitlerin adaptasyon ve stabilite durumlarını belirlemek için, dikkate aldıkları ortak unsurlara göre, aşağıda belirtilen parametreler kullanılmıştır:

1. Lin et al. (10)'a göre, her genotipin farklı çevrelerdeki fenotipik değerlerinin varyansı (S_i^2) ve Francis ve Kannenberg (28)'e göre % varyasyon katsayısı (CV_i).

2. Wricke (7)'nin ekovalens değeri (W_i^2), her genotip için bütün çevreler üzerinden hesaplanan GE interaksiyon etkilerinin karelerinin toplamı;

3. Eberhart ve Russell (3)'a göre, her genotipin farklı çevrelerdeki fenotipik değerlerinin çevre indeksleri üzerine regresyonu (b_i) ve regresyondan sapma kareler ortalaması (Sd_i^2).

Genotiplerin farklı çevrelerdeki verim değerleri ile çevre indeksleri arasındaki determinasyon katsayısı (r_i^2).

4. Regresyon modelinde, ortalama verimi genel ortalamanın üzerinde olan, $b_i = 1$, $r_i^2 = 1$ ve $Sd_i^2 = 0$ değerleri taşıyan çeşit ya da hatlar ideal genotipler olarak kabul edilmekte ve b_i değerinin 1'den küçük veya büyük olmasına göre genotiplerin özel uyumları belirlenmektedir (2, 3). Regresyon katsayısının 1'den büyük olması genotiplerin iyi çevre koşullarına, 1'den küçük olması ise kötü koşullara adapte olabileceğini ifade etmektedir. Genotiplerin çevreye uyum özelliklerini ne ölçüde stabil olarak gösterip göstermeyecekleri ise Sd_i^2 'nin sifıra ya da r_i^2 'nin 1'e yakınlığına göre belirlenmektedir (3, 24, 25, 26).

5. Perkins ve Jinks (4) ve Baker (5)'in düzeltilmiş regresyon katsayısı, ($\beta_i = b_i - 1$).

Baker (5)'a göre hesaplanan her bir genotipin genotip x çevre interaksiyonunun çevre indeksi üzerine regresyon katsayısı, Perkins ve Jinks (4)'in düzeltilmiş regresyon katsayısına eşdeğerdir. Bu araştırmacılarca göre bulunan regresyon katsayısı ($\beta_i = b_i - 1$)'nin beklenen değeri sifırdır, β_i 'nin sifır olması o çeşidin tüm çevrelere iyi uyum göstereceğini açıklar.

6. Tai (6)'ye göre, genotiplerin çevrelere uyum yeteneğini açıklayan α_i ve linear regresyonun güvenilirliğini belirleyen λ_i parametreleri. Tai (6)'nin stabilite yaklaşımında, $\alpha_i = 0$ ve $\lambda_i = 1$ değeri taşıyan

genotipler ideal genotipler olarak kabul edilmektedirler. Eberhart ve Russell (3)'ün b_i ve Sd_i^2 parametrelerine benzer şekilde, α_i genotiplerin çevrelere linear rıspansını belirtmekte, λ_i ise çevreye uyum özelliğinin stabilitesini ortaya koymaktadır.

7. Hühn (15)'e göre, genotiplerin her bir çevredeki verim sıralamaları üzerinden hesaplanan; a) her bir genotipin çevrelerdeki verim sıralama değerlerinin varyansı, $S_i^{(2)}$ ve b) her bir genotip için, çevrelerdeki verim sıralama değerlerinin genotipin bütün çevreler üzerinden hesaplanan ortalama sıralama değerinden sapma kareler toplamı, $S_i^{(3)}$. Genotiplerin verimleri önce Leon (16), Nassar ve Hühn (17) ve Hühn (19) tarafından önerildiği şekilde transforme edilmiş, sonra $S_i^{(2)}$ ve $S_i^{(3)}$ hesaplanmıştır.

Çeşitlere, her bir stabilite parametresi için azalan yönde 1-15 arasında (en büyük değer 1) sıralama değerleri verilmiş ve bu değerler kullanılarak stabilite parametreleri arasındaki ilişkiler Spearman'ın rank korelasyon katsayısı uyarınca incelenmiştir (29).

Bulgular ve Tartışma

Farklı çevrelerde yetiştirilen çeşitlerin adaptasyon ve stabilite parametrelerinin belirlenebilmesi için, öncelikle toplu varyans analizinde genotip x çevre interaksiyonunun önemli çıkması gerekmektedir. Tablo 1'de verilen birleştirilmiş varyans analizi genotipler ve çevreler arasında önemli farklılıklar bulunduğunu ve genotip x çevre interaksiyonunun çok önemli olduğunu belirtmektedir.

Denemede incelenen çeşitlerin ortalama verimleri ve metot kısmında açıklanan stabilite parametreleri Tablo 2'de verilmiştir. Adaptasyon ve stabilitenin değerlendirilmesinde, genel kural olarak öncelikle çeşidin verim potansiyeli ile üstün verim gücünün değişik çevre koşullarında güvenilir olması üzerinde durulmakta, stabil fakat düşük verimli çeşitlerin yetiştiricilik açısından fazla önemi bulunmamaktadır (3, 10, 12, 26, 27). Tablo 2'den en yüksek verimi 390,00 kg/da ile Gerek 79 çeşidinin verdiği ve bunu sırasıyla Es-kbvd-15 (380,41 kg/da) ve Es-kbvd-14 (375,76 kg/da) genotiplerinin izlediği görülmektedir. Bu çeşitlere ilaveten Es-93-11, Es-93-12, Ank-92-1 ve Kırac 66 genotiplerinin verimleri, genel ortalama verimin (342,10 kg/da) üzerindedir.

Genotiplerin adaptasyon ve stabilite durumları, metot kısmında açıklanan farklı parametrelere göre, çeşitlerin ortalama verimleri ile birlikte, ayrı ayrı tartışılmıştır.

1. Lin et al. (10) ve Francis ve Kannenberg (28)'e göre hesaplanan her genotipin farklı çevrelerdeki verim değerlerinin varyansı (S_i^2) ve varyasyon katsayısı (CV_i)

bakımından çeşitler arasında oldukça fazla farklılık görülmüştür. Bezostaya, Ank-2, Ank-4 ve Kırac 66 genotipleri varyansı (S_i^2); Bezostaya, Kırac 66, Ank-2, Es-kbvd-15 ve Ank-4 genotipleri varyasyon katsayısı (CV_i) en düşük çeşitler olarak dikkat çekmişlerdir. Bu parametreler, genotiplerin verim durumları ile birlikte değerlendirilirse, verimi genel ortalamanın üstünde ve düşük S_i^2 ve CV_i değerlerine sahip olan Kırac 66, Es-kbvd-15 ve Es-93-11'in ideal genotipler olduğu anlaşılmaktadır.

2. Wricke (7)'nin stabilite parametresi W_i^2 , 17160,0 (Ank-92-2) ile 1881,89 (Kırac 66) arasında değişmiştir. Ortalama verimle W_i^2 'nin birlikte dikkate alınması halinde, ekovalens değeri küçük, verimleri genel ortalamanın üzerinde olan Kırac 66, Ank-92-1 ve Es-kbvd-15 genotiplerinin çevreye uyumlarının daha iyi olduğu görülmektedir.

3. Araştırmada en yüksek regresyon katsayısı (b_i) 1,49 ile Gün 91 çeşidinden, en düşük ise 0,72 ile Bezostaya çeşidinden elde edilmiştir. Regresyon katsayısının beklenen değeri $b_i = 1$ 'e en yakın ve verimi genel ortalamanın üzerinde olan Es-93-11 (0,98) ve Es-kbvd-15 (1,03) genotipleri bütün çevrelere iyi uyum gösteren genotipler olarak belirlenmişlerdir. Es-kbvd-15 genotipinin daha küçük Sd_i^2 ve 1'e yakın r_i^2 değeri ile çevreye uyum özelliğini daha stabil olarak göstermesi beklenir.

Gün 91, Es-kbvd-14, Es-93-12, Gerek 79 ve Ank-92-1 genotipleri 1'den büyük b_i değerleri ile çevre koşullarından en fazla etkilenen ve iyi çevrelere özel uyum gösteren genotipler olarak belirlenmişlerdir. Nispeten küçük Sd_i^2 ve 1'e yakın r_i^2 değerine sahip olmaları nedeniyle, Ank-92-1, Es-kbvd-14 ve Gün 91 genotiplerinin iyi çevrelere özel uyumunu daha stabil olarak göstereceği ifade edilebilir. Buna karşılık, Bezostaya, Ank-4, Ank-2 ve Ank-92-2 genotipleri genel ortalamanın altında olan verimleri ve küçük b_i değerleri ile iyi çevre şartlarında bile verimini belirli bir seviyenin üzerine çıkaramayan ve kötü çevre şartlarına iyi uyum gösteren genotiplerdir. Kırac 66 çeşidi çevreden fazla etkilenmeyen, en düşük Sd_i^2 ve 1'e en yakın r_i^2 değeri ile bu özelliğini stabil olarak gösteren bir çeşit olarak dikkati çekmiştir.

4. Genotiplerin β_i değerlerinin beklenen değer olan sıfıra karşı durumları incelenirse, Es-93-11, Ank-3, Es-kbvd-15 ve Ank-92-3 genotiplerine ait değerlerin sıfıra çok yakın olduğu görülmektedir. Genotiplerin ortalama verimleri ve β_i parametresi birlikte dikkate alınırsa, Es-93-11 ve Es-kbvd-15 genotiplerinin Perkins ve Jinks (4) ile Baker (5)'e göre ideal çeşitler olduğu belirlenmiştir.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Çevreler	7	1969250.29	281321.47**
Bloklar (Çevre)	24	262678.22	10944.93
Genotipler	14	472547.55	33753.40**
Genotip x Çevre	98	541553.48	5526.06**
Hata	336	941186.03	2801.15

** : 0.01 düzeyinde önemli.

Tablo 1. Farklı çevrelerde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinde verim değerlerinin (kg/da) varyans analizi.

Tablo 2. Farklı çevrelerde yetiştirilen ekmeklik buğdaylarda verim (kg/da) ve farklı yöntemlerle hesaplanan adaptasyon ve stabilite parametreleri.

Çeşitler	Verim	S_i^2	CV_i	W_i^2	b_i	Sd_i^2	r_i^2	β_i	α_i	λ_i	$S_i^{(2)}$	$S_i^{(3)}$
Gerek 79	390.00	8326.11	23.39	12060.28	1.20	6435.60	0.81	0.20	0.20	8.43	34.86	4.36
Es-kbvd-15	380.41	5777.22	19.98	5647.94	1.03	3053.45	0.86	0.03	0.03	4.00	15.64	1.79
Es-kbvd-14	375.76	8794.98	24.96	8305.68	1.31	2722.74	0.92	0.31	0.31	3.54	23.56	3.31
Es-93-12	369.36	8567.62	25.06	8874.48	1.28	3526.24	0.90	0.28	0.28	4.60	20.57	2.57
Es-93-11	362.33	6119.86	21.59	11282.95	0.98	6825.54	0.74	-0.02	-0.02	8.95	23.64	3.26
Ank-92-1	349.10	6441.27	22.98	3469.59	1.13	1231.12	0.94	0.13	0.13	1.61	8.78	1.06
Kıraç 66	347.08	3783.92	17.72	1881.89	0.87	219.69	0.94	-0.13	-0.13	0.28	10.41	1.28
Gün 91	341.23	11223.05	31.05	13287.07	1.49	2819.86	0.92	0.49	0.49	3.63	33.93	4.38
Ank-92-4	340.80	5203.77	21.17	11159.75	0.88	6456.43	0.71	-0.12	-0.12	8.46	19.64	2.01
Ank-92-3	337.95	6139.25	23.18	15933.49	0.91	9762.09	0.62	-0.09	-0.09	12.79	24.78	3.00
Bezostaya	331.50	2871.53	16.16	5931.50	0.72	1493.69	0.83	-0.28	-0.28	1.93	16.84	2.01
Ank. 3	323.38	5480.03	22.89	8427.27	0.96	4883.25	0.77	-0.04	-0.04	6.40	13.84	1.76
Ank-92-2	323.30	4771.57	21.36	17160.01	0.75	9354.74	0.55	-0.25	-0.25	12.25	27.27	3.83
Ank. 2	284.64	2962.81	19.12	5188.36	0.74	1252.81	0.86	-0.26	-0.26	1.62	20.28	2.54
Ank. 4	274.97	3209.06	20.60	6795.17	0.74	2344.69	0.79	-0.26	-0.26	3.05	18.55	2.52

5. Çeşitler ortalama verim ve α_i 'ye göre incelenirse, sıfıra en yakın α_i değerlerinin Es-93-11 ve Es-kbvd-15 genotiplerine ait oldukları ve bunların bütün çevrelere iyi uyum gösterdikleri görülmektedir. Es-kbvd-15 genotipi daha küçük λ_i değerine sahip olduğu için, uyum özelliğini daha stabil bir şekilde göstermesi beklenebilir.

6. Hühn (15)'ün stabilite yaklaşımına göre Ank-92-1, Kıraç 66, Ank.3 ve Es-kbvd-15 genotipleri en düşük $S_i^{(2)}$ ve $S_i^{(3)}$ değerleri aldıkları için, en stabil durumda olan genotiplerdir. Ancak, Ank.3 hattının verimi genel ortalamanın altında olduğu için, yetiştiricilik açısından önemi yoktur.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan, bu çalışmada kullanılan farklı stabilite parametrelerinin birbirine çok yakın sonuçlar verdikleri görülmektedir. Kıraç 66, Es-kbvd-15 ve Ank.92.1 hemen tüm parametrelere göre, bütün çevre koşullarına iyi uyum gösteren ve çevre koşullarından fazla etkilenmeyen genotipler olarak

belirleşmişlerdir. Çalışmada dikkati çeken bir başka nokta ise, regresyon yaklaşımını esas Eberhart ve Russell (3), Perkins ve Jinks (4), Baker (5) ve Tai (6)'nın parametrelerine göre yapılan değerlendirmelerin aynı sonuçlar vermiş olmasıdır.

Araştırmada incelenen değişik araştırmacılar tarafından geliştirilen adaptasyon ve stabilite parametreleri arasındaki rank korelasyon katsayıları Tablo 3'de verilmiştir. İncelenen parametrelerden verim ile S_i^2 , b_i , β_i ve α_i arasındaki korelasyonlar önemli çıkmıştır. Verim ile fenotipik varyans (S_i^2) ve regresyon katsayıları (b_i , β_i ve α_i) arasındaki korelasyonların olumlu ve önemli çıkması iyi çevrelere uyum sağlamış yüksek verimli genotiplerde ($b_i > 1$) çevresel iyileşmeye paralel olarak verimin arttığını, buna karşılık çevreye tepkisi düşük olan genotiplerin ($b_i < 1$) iyi çevrelerin üstün verim potansiyelini değerlendiremediklerini ifade etmektedir. Verim ile b_i arasında olumlu ilişkilerin varlığı kimi araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (2, 3, 18, 23, 25, 26).

Eberhart ve Russell (3)'a göre regresyon katsayısının (b_i) tahmini, Perkins ve Jinks (4) ile Baker (5)'in β_i ve Tai (6)'nin α_i 'sine göre daha kolaydır. Eberhart ve Russell (3) modelinde genotiplerin çevreye olan linear rıspansının güvenilirliğini belirleyen Sd_i^2 parametresinin tahmini de Tai (6)'nin λ_i parametresine göre daha kolaydır. Tablo 3'den b_i , β_i ve α_i arasındaki korelasyonların 1'e eşit, Sd_i^2 ile λ_i arasında ise çok önemli ($r=0,93^{**}$) olduğu görülmektedir. Bu bakımdan, Eberhart ve Russell (3) metodu regresyon yaklaşımını esas alan diğer metotlara göre, daha uygun bir stabilite metodu olarak önerilebilir. Ayrıca, regresyon modelinde çevreye uyum özelliğinin güvenilirliğini belirlemede kullanılan r_i^2 'nin Sd_i^2 ve λ_i ile yüksek olumlu korelasyon göstermesi ve önemsiz olmakla birlikte verim ile ilişkisinin daha yüksek olması r_i^2 'nin uygun bir stabilite ölçütü olabileceğini göstermektedir. Regresyon modelinde stabilitenin belirlenmesinde, kolay hesaplanması ve her zaman 0-1 arasında yer alan bağımsız bir parametre olması nedeniyle, r_i^2 'nin kullanılması kimi araştırmacılar tarafından önerilmiştir (30, 31, 32).

Lin et al. (10)'a göre, aynı stabilite yaklaşımını esas alan parametreler arasında çoklukla yüksek ve olumlu korelasyonlar beklenmelidir. Nitekim bu çalışmada Lin et al. (10)'a göre 1. tip stabilite olarak tanımlanan S_i^2 ile CV_i , arasında çok önemli, pozitif korelasyon ($r = 0,93^{**}$) elde edilmesi, bu bulguyu tamamen doğrular niteliktedir. Regresyon katsayısı b_i ile S_i^2 ve CV_i arasındaki korelasyonun önemli ve pozitif olması beklenen bir sonuçtur (11, 12, 13, 14) çevre koşullarından fazla etkilenen genotiplerin ($b_i > 1$) varyansı da yüksek olacaktır (Tablo 2). Stabilitenin fenotipik varyans ile ölçülmesi, ıslahçıya sadece genotiplerin değişen çevre koşullarına tepki gösterip, göstermediğini bildirir; ancak, çeşit tavsiyesinde ıslahçı için çok önemli bir bilgi olan bu

tepkinin nasıl olduğu konusunda fikir vermez. "Bir genotip çevreler arası fenotipik varyansı küçük ise stabildir" şeklindeki stabilite kavramı Becker (23) tarafından statik veya biyolojik yaklaşım olarak ifade edilmiştir. Bu tanımlama Lin et al. (10)'un 1. tip stabilitesine eşdeğerdir. Buna göre, fenotipik varyansı $S_i^2 = 0$ olan bir genotipte $b_i = 0$ 'dır. Bir genotipin çevresel iyileşmeye, örneğin gübreleme gibi girdi kullanımına tepkisinin olmaması demek olan bu yaklaşımın, özellikle verim potansiyeli düşük olan çeşit kullanılması halinde, üreticiler için hiç bir pratik önemi yoktur (20). Bu yaklaşım, ancak çevresel farklılığın küçük olduğu dar bir coğrafik alanda ve yüksek verimli çeşit kullanılması durumunda önem ifade eder (10).

Becker (23) "bir genotip, çevrelere tepkisi denemede genotiplerin ortalama tepkisine veya çevre verimindeki değişimlere paralel ($W_i^2 = 0$, $b_i = 1$) ise stabildir" şeklindeki yaklaşımı dinamik veya agronomik stabilite olarak tanımlamıştır ve bu tanımlama Lin et al. (10)'un 2. tip stabilitesine eşdeğerdir. Agronomik stabilite, denemede yer alan genotiplere göre değişebilen, oransal bir parametredir; bir genotip setinde stabil bulunan bir genotip, bir başka genotip setinde stabil olmayabilir. Diğer bir ifade ile, agronomik stabilite yaklaşımı, belirli bir genotip setindeki genotiplerin stabilitelemlerinin karşılaştırılması için uygun bir metottur. Bu tip stabilite ölçütü, yer ve yıl olarak tekrarlanan denemelerde çoklukla seçilmiş, belirli bir genotip setini kullanan ıslahçılar için çok daha yararlı bilgiler verecektir. Tablo 3'den W_i^2 ile regresyon modelinde çevreye uyum yeteneğinin stabilitesini belirlemede kullanılan Sd_i^2 , r_i^2 ve λ_i arasındaki korelasyonların çok önemli olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar kimi araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (11, 12, 14, 16). Daha önce

Tablo 3. Farklı çevrelerde yetiştirilen ekmeklik buğdaylarda verim, adaptasyon ve stabilite parametreleri arasındaki rank korelasyon katsayıları.

Parametre	S_i^2	CV_i	W_i^2	b_i	Sd_i^2	r_i^2	β_i	α_i	λ_i	$S_i^{(2)}$	$S_i^{(3)}$
Verim	0.69**	0.42	-0.02	0.76**	0.06	0.41	0.76**	0.76**	0.05	0.14	0.14
S_i^2		0.93**	0.40	0.97**	0.26	0.29	0.97**	0.97**	0.21	0.44	0.46
CV_i			0.57*	0.85**	0.38	0.09	0.85**	0.85**	0.29	0.26*	0.57*
W_i^2				0.25	0.86**	-0.66**	0.25	0.25	0.79**	0.84**	0.77**
b_i					0.14	0.41	1.00**	1.00**	0.12	0.32	0.36
Sd_i^2						-0.82**	0.14	0.14	0.97**	0.62**	0.50
r_i^2							0.41	0.41	-0.80**	-0.38	-0.26
β_i								1.00**	0.12	0.32	0.36
α_i									0.12	0.32	0.36
λ_i										0.50	0.39
$S_i^{(2)}$											0.98**

de belirtildiği gibi, Wricke (7)'nin ekovalens değeri W_i^2 toplam GE interaksyonu içinde her bir genotipin oransal katkısını ortaya koymaktadır. Tablo 1 ve Tablo 2'deki verilerden, en yüksek W_i^2 değerine sahip olduğu için en az stabil bulunan Ank-92-2 hattının GE interaksyonundaki payının %12,7, en düşük W_i^2 değeri ile en stabil genotip olan Kırac 66'nın payının ise %1,4 olduğu hesaplanabilir. Shukla (8)'nin σ_i^2 parametresi, Wricke (7)'nin ekovalens değeri W_i^2 ile tamamen aynı sonuçları vermekle birlikte ($r=1,00$), hesaplaması daha kolay olduğu için W_i^2 'nin kullanılması tercih edilmektedir.(10, 11, 12, 13, 14).

Hühn (15) tarafından geliştirilen $S_i^{(2)}$ ve $S_i^{(3)}$ ile CV_i , W_i^2 , ve Sd_i^2 ($S_i^{(2)}$ için) arasındaki korelasyonlar önemli bulunmuştur. Leon (16), kışlık buğdayda $S_i^{(2)}$ ile verim ve stabilite parametreleri arasındaki ilişkinin önemsiz olmasına karşın, $S_i^{(3)}$ ile verim, W_i^2 , b_i ve Sd_i^2 arasında önemli ilişkiler belirtmiştir. Benzer şekilde Kang (20) mısırdaki yaptığı çalışmada $S_i^{(3)}$ ile stabilite parametreleri ve verim arasında olumlu ilişkiler rapor etmiştir. $S_i^{(3)}$ stabilite ölçütü, hesaplama formülünde, payı genotipin çevrelerdeki verim sıralamalarının değişkenliğini ($\sum_j (r_{ij} - r_{i.})^2$), paydası ise genotipin çevrelerdeki verim sıralamaları ortalamasını ($r_{i.}$) ifade ettiği için, verim ile stabiliteyi

kombine ederek birlikte değerlendiren bir kriterdir. İslahçılar için önemli olan, stabil ve üstün verimli çeşitler geliştirmek olduğu için, $S_i^{(3)}$ bu amaca uygun bir kriter olabilir.

Bitki ıslahçıları için, özellikle seleksiyonun etkinliği bakımından, esas önemli olan problem, genotiplerin verim sıralamalarının farklı çevrelerde farklı olmasına yol açan GE interaksyonudur. Şayet, GE interaksyonu genotiplerin farklı çevrelerdeki verim sıralamalarını değiştirmiyorsa, çeşit tavsiyesi açısından problem teşkil etmez. Hühn (15) tarafından geliştirilen ve genotiplerin çevrelerdeki sıralama değerlerini esas alan metotlar, hesaplama ve yorumlamalarını kolay ve her hangi bir varsayıma bağlı olmamalarından ötürü, günümüzde ıslahçılar tarafından yaygın olarak kullanılan parametrik metotlara alternatif olabilirler (12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 27, 30). Bitki ıslahçıları için çoğu uygulamalarda, genotipleri her bir çevrede verimlerine göre sıralamak, her bir genotip için sıralama değerlerinin ortalaması ve varyansını hesaplayarak bu değerleri küçük olan genotipleri stabil olarak kabul etmek şeklindeki bir yaklaşım güvenilir olabilir.

Kaynaklar

1. Comstock, R. E., Moll, R. H., Genotype-Environment Interactions, Statistical Genetics and Plant Breeding, National Academy of Sciences, Washington D. C., W. D. Hanson and H. F. Robinson, 164-196, 1963.
2. Finlay, K.W., Wilkinson, G.N., The Analysis of Adaptation in a Plant-Breeding Program, Australian Journal of Agricultural Research 14, 742-754, 1963.
3. Eberhart, S.A., Russell, W. A., Stability Parameters for Comparing Varieties, Crop Science 6, 36-40, 1966.
4. Perkins, J. M., Jinks, J. L., Environmental and Genotype - Environmental Components of Variability, III. Multiple Lines and Crosses, Heredity 23, 339-356, 1968.
5. Baker, R.J., Genotype-Environment Interactions in Yield of Wheat, Canadian Journal of Plant Science 49, 743-791, 1969.
6. Tai, G.C.C., Genotypic Stability Analysis and its Application to Potato Regional Trials, Crop Science 11, 184-190, 1971.
7. Wricke, G., Über eine Methode zur Erfassung der Ökologischen Streubreite in Feldversuchen Z, Pflanzenzuecht 47, 92-96, 1962.
8. Shukla, G.K., Some Statistical Aspects of Partitioning Genotype-Environmental Components of Variability, Heredity 29, 237-245, 1972.
9. Kang, M. S., Miller, J. D., Genotype x Environment Interactions for Cane and Sugar Yield and Their Implications in Sugarcane Breeding, Crop Science 24, 435-440, 1984.
10. Lin, C. S., Binns, M.R., Lefkovitch, L.P., Stability analysis: Where do we stand?. Crop Science 26, 894-900, 1986.
11. Pham, H.N., Kang, M. S., Interrelationships Among Repeatability of Several Stability Statistics Estimated From International Maize Trials, Crop Science 28, 925-928, 1988.
12. Weber, W.E., Wricke, G., Genotype x Environment Interaction and Its Implication in Plant Breeding, Genotype-By-Environment Interaction and Plant Breeding, Baton Rouge, LA, USA, M. S. Kang, 1-19, 1990.
13. Kara, Ş. M., A Comparison of Yield Stability Parameters in Some Bread Wheat Varieties, Turkish Journal of Field Crops 1(2), 44-47, 1996.
14. Kara, Ş. M., Genotype x Environment Interactions and Stability Analysis for Yield of Bread Wheat, Rachis, Barley and Wheat Newsletter, 16, 58-61, 1997.
15. Hühn, M., Beiträge zur Erfassung der phänotypischen Stabilität, I. Vorschlag einiger auf Ranginformationen beruhenden Stabilitätsparameter, EDP in Medicine and Biology 10, 112-117, 1979.

16. Leon, J., Methods of Simultaneous Estimation of Yield and Yield Stability, *Biometrics in Plant Breeding, Proceedings of 6th Meeting Eucarpia Section Biometrics in Plant Breeding*, Birmingham, UK, 299-308, 1986.
17. Nassar, R., Hühn, M., Studies on Estimation of Phenotypic Stability, Tests of Significance for Non-parametric Measures of Phenotypic Stability, *Biometrics* 43, 45-53, 1987.
18. Leon, J., Becker, H. C., Repeatability of Some Statistical Measures of Phenotypic Stability, Correlations Between Single Year Results and Multi Years Results, *Plant Breeding* 100, 137-142, 1988.
19. Huehn, M., Nonparametric Estimation and Testing of Genotype x Environment Interactions by Ranks, *Genotype-By-Environment Interaction and Plant Breeding*, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA, M. S. Kang, 69-93, 1990.
20. Kang, M. S., Understanding and Utilization of Genotype-by-Environment Interaction in Plant Breeding, *Genotype-By-Environment Interaction and Plant Breeding*, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA, M. S. Kang, 52-68, 1990.
21. Kang, M. S., A Rank-sum Method for Selection High-yielding, Stable Corn Genotypes, *Cereal Research Communications*, 16, 113-115, 1988.
22. Schuster, W., Zschoche, K. H., Wic Ertragsstabil Sind Unsere Rapsorten?, *DLG-Mitteilungen* 12, 670-671, 1981.
23. Becker, H.J., Correlations Among Some Statistical Measures of Phenotypic Stability, *Euphytica* 30, 835-840, 1981.
24. Demir, I., Tosun, M., Buğdayda Stabilite İstatistikleri ve Stabilite Üzerine Araştırmalar, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (1), 7-24, 1991.
25. Yıldırım, M.B., Çalışkan, C.F., Arshad, Y., Farklı Stabilite Parametreleri Kullanarak Bazı Patates Genotiplerinin Çevreye Uyum Yeteneklerinin Belirlenmesi, *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi* 16, 621-629, 1992.
26. Özgen, M., Orta Anadolu Koşullarında Kışlık Arpanın Verim ve Verim Öğelerinde Adaptasyon ve Stabilite Analizleri, *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi* 18, 169-177, 1994.
27. Kılı, F., Gencer, O., Farklı Stabilite Parametreleri Kullanarak Bazı Pamuk Genotiplerinin Çevreye Uyum Yeteneklerinin Belirlenmesi, *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi* 19, 361-365, 1995.
28. Francis, T.R., Kannenberg, L.W., Yield Stability Studies in Short-Season Maize. I. Descriptive Method for Grouping Genotypes, *Canadian Journal of Plant Science*, 58, 1029-1034, 1978.
29. Steel, R.G.D., Torrie, J.H., *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*, Second Edition, McGraw-Hill Pub. Company, New York, 632, 1980.
30. Ketata, H., *Genotype-Environment Interaction*, (unpublished), *Biometrical Techniques for Cereal Breeders*, 14-22 February, ICARDA, Syria, 1990.
31. Bilbro, J. D., Ray, L.L., Environmental Stability and Adaptation of Several Cotton Cultivars, *Crop Science* 16, 821-824, 1976.
32. Teich, A. H., Yield Stability of Cultivars and Lines of Winter Wheat, *Cereal Research Communications* 11, 197-202, 1983.