

Atf İçin: Yaşar M, Sezgin M, 2022. Farklı Çevre Şartlarında Yetiştirilen Yağlık Ayçiçeği Genotiplerinin AMMI Analizi ile Genotip x Çevre İnteraksiyonlarının İncelenmesi. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(4): 2532 - 2542.

To Cite: Yasar M, Sezgin M, 2022. Investigation of Genotype x Environment Interactions by AMMI Analysis of Oilseed Sunflower Genotypes Grown in Different Environmental Conditions. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(4): 2532 - 2542.

Farklı Çevre Şartlarında Yetiştirilen Yağlık Ayçiçeği Genotiplerinin AMMI Analizi ile Genotip x Çevre İnteraksiyonlarının İncelenmesi

Mustafa YAŞAR^{1*}, Mehmet SEZGİN²

ÖZET: Genotip, çevre etkileşimini diğer bitkilerde olduğu gibi ayçiçeği bitkisinde de verimi sınırlayan önemli bir faktördür. Çoklu çevre şartlarında yetiştiriciliği yapılan yağlık ayçiçeği genotiplerinden elde edilen tane verimi bakımından AMMI analizi kullanılarak genotiplerin stabilite durumları incelenmiştir. Bu çalışma; toplam on iki yağlık ayçiçeği genotipi ile altı lokasyonda iki yıl (2016 ve 2017) süre ile tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. AMMI analizi ile en stabil genotipler ve özel çevrelere uyumlu genotipler belirlenmeye çalışılmıştır. AMMI analizi ile kareler ortalamasının % 73.5 ile en fazla çevreden, % 19.5 ile etkileşimden ve % 7.0 ile genotipten etkilendiği tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre G3, G8 genotiplerinin oldukça stabil oldukları ve bu çeşitlerle birlikte G4, G6, G7, G9 ve G10 genotipleri ortalamanın üzerinde bir verime, G1 genotipinin oldukça düşük verime sahip olduğu ve G9, G10 ve G11'in stabilite çizgisinden oldukça uzakta konumlandıkları ve dolayısıyla stabil olmadıkları anlaşılmıştır. AMMI analizi ile çevreler değerlendirildiğinde E5'in en elverişli ve yüksek verimli olduğu, bu çevre ile birlikte E10 ve E11'in ortalama verimin üzerinde bir verim ile sonuçlandırıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan sektör analizinde ise G4 ve G6'nın E3, E4, E7, E10 ve E11 çevrelerde, G8, G7 ve G1'nun E1, E2, E5, E6 E8 ve E12 çevrelerde, G2 ve G9'un ise sadece E9 çevresinde yüksek performans sergiledikleri ve spesifik olarak bu çevrelerde önerilirken G1 ve G5 gibi diğer genotipler ise çevrelerle ilişkilendirilmemiştir. Sonuç olarak AMMI analizi ile görsel olarak en stabil ve yüksek verimli genotipler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ayçiçeği, verim, etkileşim, stabilite, AMMI

Investigation of Genotype x Environment Interactions by AMMI Analysis of Oilseed Sunflower Genotypes Grown in Different Environmental Conditions

ABSTRACT: Genotype-environment interaction is an important factor limiting yield in sunflower as in other plants. Stability of the genotypes was investigated by using AMMI analysis in terms of seed yield obtained from oil sunflower genotypes grown under multi-environmental conditions. This work; The study was carried out with a total of twelve oil sunflower genotypes in six locations for two years (2016 and 2017) in a randomized block design with four replications. The most stable genotypes and genotypes compatible with special environments were tried to be determined by AMMI analysis. With AMMI analysis, it was determined that the mean of squares was affected by the environment with 73.5%, interaction with 19.5% and genotype with 7.0%. According to the results of the analysis, the G3, G8 genotypes are quite stable and together with these varieties, the G4, G6, G7, G9 and G10 genotypes have a seed yield above the average, the G1 genotype has a very low seed yield, and the G9, G10 and G11 are located quite far from the stability line. therefore, they were found to be unstable. When the environments were evaluated with AMMI analysis, it was determined that E5 was the most suitable and highly productive, and together with this environment, E10 and E11 resulted in a seed yield above the average yield. In addition, in the sector analysis made, it is seen that G4 and G6 are high in E3, E4, E7, E10 and E11 circles, G8, G7 and G1 are high in E1, E2, E5, E6 E8 and E12 circles, and G2 and G9 are only high in E9 circles. performance and were specifically recommended for these environments, while other remaining genotypes such as G1 and G5 were not associated with environments. As a result, visually the most stable and high yielding genotypes were determined by AMMI analysis.

Keywords: Sunflower, yield, interaction, stability, AMMI

¹Mustafa YAŞAR (Orcid ID: 0000-0001-9348-7978) Muş Alparslan Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye.

²Mehmet SEZGİN (Orcid ID: 0000-0002-1726-5641), Ankara Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa YAŞAR, e-mail: mustafa.yasar@alparslan.edu.tr

GİRİŞ

İnsan nüfusundaki sürekli artış ve gıdaya olan yüksek talep, açlık, salgın, hastalık ve hatta açlıktan ölümle sonuçlanmıştır (Pveey, 2018). İnsan nüfusunu beslemek için maksimum gıda üretimindeki tarımsal faaliyetlerin başlangıç aşamasında doğru ve akılcı kararlar vermek ve maksimum faydaya yönelmeye ihtiyaç vardır. İnsan beslenmesinin temel besin kaynaklarından olan yağlar, insan beslenmesinde ve yaşamsal faaliyetlerin devam etmesinde en temel besin kaynaklarıdır (Sefaoğlu ve Kaya, 2018). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisi Asteraceae familyasından *Helianthus* türüne ait çoğu morfolojik özellikleri bakımından büyük bir varyasyona sahip ve tek yıllık formlarının olmasıyla birlikte çok yıllık formlara da sahiptir (Miller, 1987). Ayçiçeği bitkisinin anavatanı Kuzey Amerika (Heiser ve ark, 1969, Putt, 1978, Heiser, 1978, Zeven ve De Wet, 1982, Miller, 1987)'dan İspanyollar tarafından Avrupa'ya 1510 yılında getirilmiş olduğunu bildirmişlerdir (Zukovsky, 1950). İnsan beslenmesinde kullanılan bitkisel yemeklik yağlar içerisinde daha sağlıklı olmasının (Verade ve ark, 2011) bununla birlikte çerezlik olarakta kullanılması ayçiçeğinin ekonomik önemini daha da artırmaktadır (Tan ve Tan, 2010, Tan ve ark, 2013). Bitkisel yağ ve yan ürünleri sektöründeki gelişmeler, Dünya'da ve Türkiye'de yağlı tohumlu bitkilerin tarımına son yıllarda büyük bir hız kazandırmıştır. Bitkisel yağlardan biyoyakıt elde edilmesi de yağlı tohumlu bitkilerin üretimine olan talebi olumlu yönde etkilemiştir (Kaya ve Eryiğit 2020). Bununla birlikte, Covid-19 pandemisiyle birlikte küresel gıda krizlerinin çok ön plana çıktığı günümüzde özellikle yağ üretim ihtiyacı daha fazla önem kazanmıştır. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) 72 ülkede ılıman ve subtropikal iklim bölgelerinde yetiştirilmektedir (Seiler ve ark, 2017). Soya, kolza ve yer fıstığından sonra dünyada en çok ekilen yağlı tohum bitkilerinden biridir. Ayçiçeğinin hem yağlık hem de çerez çeşitleri bulunurken, Ayçiçek yağı üretimi için yağlık çeşitlerin yetiştirilmesi daha fazla önemli olmuştur. Ayçiçeği, hem kolza hem de soyadan daha yüksek bir yağ içeriğine (%48) sahiptir ve yağ içeriğinin yaklaşık %70'i linoleik ve %20'si oleik asit içeriğine sahiptir (Verianasolo ve ark, 2016). Ancak, ayçiçeğinde yağ verimi (tane sayısı, tane ağırlığı ve tanenin yağ içeriği) ve kalitesi (yağ asidi bileşimi) genetik yapıdan kaynaklanmasının yanında çevresel faktörlerden de büyük oranda etkilenir. Ayçiçeği, kuraklık ve yağış düzensizliği gibi çevresel faktörlerden en çok etkilenen bitkilerden biridir. Günümüzde azalan yağış miktarı, artan sıcaklıklar ve/veya toprakta su kaybı ve kullanılabilir su miktarının azalması nedeniyle sürekli buharlaşma ile meydana gelen kuraklık, bitkilerde yaygın olarak karşılaşılan en önemli abiyotik stresler arasında yer almaktadır (Joshi ve ark. 2016, Yadav Sharma, 2016). Daha iyi verimin alınabilmesi için araştırmacılar çevreye uyumlu abiyotik stresten az etkilenen çeşitlerin ıslahına yönelik çalışmalara yönelmiştir. Genel olarak bitki yetiştiriciliğinde olduğu gibi, ayçiçeği yetiştiriciliğinde de çevreye uygun çeşit kullanımı, verim ve kaliteyi artıran temel faktörlerdendir (Boydak ve Fırat, 2019). Bu nedenle istenilen verim ve kaliteye ulaşmak için çevreye en uygun genotiplerin kullanılması başarı şansını artırmaktadır. Bundan dolayı geliştirilen çeşitlerin farklı çevre şartlarında performanslarının belirlenmesi amacıyla birçok bilimsel çalışmalar yapılmaktadır.

FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) verilerine göre, 26.3 milyon hektar alana ve hektar başına 1.8 ton verimle ayçiçeği ekimi yapılırken, Türkiye ayçiçeği üretiminde Rusya, Ukrayna, AB, Arjantin ve Çin'den sonra 6. sırada yer almaktadır. Türkiye'de 2021 yılında yağlık ayçiçeği üretim miktarı bir önceki sezona göre % 16.5 artarak 2.2 milyon ton olmuştur. 2021 yağlık ayçiçeği üretiminde Tekirdağ (399 bin ton), Konya (324 bin ton), Edirne (285 bin ton), Kırklareli (226 bin ton) ve Adana (201 bin ton) ile ilk sıralarda yer almıştır (TÜİK, 2022). Özellikle küresel ısınmayla birlikte ortaya çıkan kuraklıkla mücadele etmek ve gıda krizinde önemi artan bitkisel yağ açığını gidermek için hem Türkiye'de hem de dünyada ayçiçeği çalışmalarına daha fazla önem verilmelidir.

İklim koşullarına daha kolay uyum sağlayan, daha yüksek tane ve yağ verimi performansı gösteren çeşitler, farklı bölgelerdeki üreticiler tarafından daha çok tercih edilmektedir. Bu nedenle istenilen genotiplerin tane veriminin farklı çevre koşullarında fazla dalgalanmaması son derece önemlidir. G x E (Genotip x çevre) etkileşimi, uzun yıllar süren yoğun çalışmalar sonucunda geliştirilen çeşitlerin değişen çevre koşullarına göre farklılık gösteren performansı olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu etkileşim farklı ortamlardaki genotiplerin verim sırasını değiştirmiyorsa çeşit önerisi açısından bir sorun yoktur (Kaya ve Atakişi 2002). G x E etkileşimleri, verim performansı denemelerinde ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, verim denemeleri kurmanın temel amacı, mevcut verileri kullanarak gelecekte en iyi çeşidin performansını tahmin etmektir. GEI, bir genotipin farklı çevrelerde etkinliğini devam ettirmesini ve stabil genotiplerin tanımlanmasını ve seçmesini sıklıkla engellediği için verimi ve üretimi etkilemektedir (Khomari ve ark 2017, Ansarifard ve ark, 2020).

Stres koşulları altında tane verimi açısından kararlı olan çeşitleri belirlemek ve GE etkileşiminin etkisini ortaya çıkarmak için her gün daha karmaşık istatistiksel modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu modellerden bazıları tek değişkenli analiz, temel bileşen analizi, küme analizi, temel etkiler ve çarpımsal etkileşim modelleridir (AMMI). Birçok araştırmacı tarafından kullanılan AMMI analiz modeli, yüksek doğrulama marjı nedeniyle GE etkileşiminin etkisini ortaya çıkarmak için son zamanlarda kullanımı yaygınlaşmıştır. Çünkü bu analiz modeli, hem genotip hem de çevresel ana etkiler açısından temel bileşen analizi ile etkileşimini birleştirerek varyans analizini açıklamaktadır (Yan ve ark, 2007). Ayrıca, AMMI analizi, özellikle G, E ve GE'nin etkileşim oranını benzersiz bir şekilde ayırt ettiği için, diğer modellerdeki yapısal varyasyonun karmaşıklığını ortadan kaldırmaktadır (Tekdal ve Kendal, 2018).

Bu çalışmadaki temel amacımız, ayçiçeğinde farklı çevre şartlarında yapılan çalışmalardan elde edilen genotip verilerini uygun bir yöntemle değerlendirmeye çalışmak ve en stabil genotipleri AMMI analiz modelleri ile belirleyerek araştırmacılara avantajlar sunmaktır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışma, 2016-2017 yıllarında 6 lokasyonda 12 çeşit ile yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan çeşitlere ait bilgiler Çizelge 1'de, lokasyonlara ait bilgiler Çizelge 2'de ve lokasyon ve yıllara ait iklim verileri Çizelge 3'te detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 1. Çeşitlere ait bazı bilgiler

Çeşitler	Çeşit Sahibi Kuruluş	Tescil Yılı	İslah Yeri	1000 Tohum ağırlığı (g)	Bitki boyu (cm)	Tabla çapı (cm)	% 50 Çiçeklenme gün sayısı	Fizyolojik olum gün sayısı	Yağ oranı (%)
11 TR 077	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü	2014	Türkiye	33.4-49.0	143-178	13-19	53-72	89 - 112	43.6
RGT Inovell	Royal Tarım Ürünleri San.ve Tic. Ltd.Sti.	2018	Fransa	47.0-64.6	118-199	12-26	64-81	96-125	44.9
LG 5580	Limagrain Tohum Islah ve Üretim San. Tic. A.S.	2011	İspanya	45.6-77.4	130-211	15-24	61 - 69	91 - 112	46.1
LG50585	Limagrain Tohum Islah ve Üretim San. Tic. A.S.	2018	İspanya	44.2-63.4	129-189	15-24	62-78	96-125	45.2
LG 5400	Limagrain Tohum Islah ve Üretim San. Tic. A.S.	2012	Fransa	47.9-76.8	129-220	15-22	61-66	88-116	47.2
Alcantara	Syngenta Tarım Sanayi ve Ticaret A.S.	2018	Fransa	52.8-71.1	138-195	17-30	60-77	95-122	45.9
ES Romantic	Euralis Tohumculuk A.Ş.	2018	Fransa	44.2-58.5	134-194	17-22	64-80	97-126	46.8
SY Santos	Syngenta Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş.	2018	Fransa	46.2-63.7	123-173	15-23	59-76	95-121	46.1
P64LL62	Pioneer Tohumculuk Dağıtım ve Pazarlama Ltd. Şti.	2016	Türkiye	50.3-92.4	143-187	13-22	55 - 68	93 - 103	50.0

Çizelge 1 Devamı

Tunca	Limagrain Tohum İslah ve Üretim San. Tic. A.Ş.	2008	İspanya	46.7-76.3	141-177	16-23	57-74	93-115	46.5
RGT LLuis	Royal Tarım Ürünleri San.ve Tic. Ltd.Şti.	2018	Fransa	38.4-58.3	138-190	14-20	64-82	97-125	49.8
ES Savana	Euralis Tohumculuk A.Ş.	2018	Fransa	43.9-53.4	136-184	16-25	60-78	96-119	46.8

Kaynak: Ankara Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü-2022

Çizelge 2. Lokasyon bilgileri

Lokasyon	Kodu	Rakım(m)	Enlem	Boylam
Edirne	E1-E7	42	41°39'0.60"K	26°36'5.57"D
Tekirdağ/Muratlı/Balıhoca	E2-E8	81	41°12'40.67"K	27°29'58.72"D
Adana/Sarıçam/Cihadiye	E3-E9	227	37° 2'48.64"K	35°32'47.22"D
Kırklareli/Lüleburgaz/Evrensekiz	E4-E10	79	41°22'13.56"K	27°30'9.22"D
Adana/Ceyhan/DATAE	E5-E11	12	36°51'7.50"K	35°20'32.98"D
Kırklareli/Lüleburgaz/Ahmetbey	E6-E12	144	41°26'37.58"K	27°36'16.98"D

Çizelge 3. Lokasyonların iklim verileri

Lokasyonlar	Ortalama Yağış (mm)			Ortalama Sıcaklık (°C)			Ortalama Nispi Nem		
	Yıllar			Yıllar			Yıllar		
	2010-2021 (uzun yıllar)	2016	2017	2010-2021 (uzun yıllar)	2016	2017	2010-2021 (uzun yıllar)	2016	2017
Edirne	678	765	683.1	15.1	15.5	14.9	69.9	74.4	76.2
Tekirdağ/Muratlı/Balıhoca	579	501	678.3	15.2	14.6	13.7	78.5	76.0	79.7
Adana/Sarıçam/Cihadiye	636	723	458.5	20.5	20.9	19.9	74.2	72.1	67.2
Kırklareli/Lüleburgaz/Evrensekiz	502	565	770.5	15.0	15.3	13.4	74.2	76.0	78.8
Adana/Ceyhan/DATAE	636	735	584.4	19.2	19.1	19.9	66.1	67.1	63.9
Kırklareli/Lüleburgaz/Ahmetbey	502	565	471.8	15.0	14.8	14.7	79.2	82.4	70.7

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü -2022

Yöntem

Bu çalışma, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Lokasyonlarda toprak sıcaklığı 10-12°C bulunduğu mart ayı sonu ve nisan ayı başlarında deneme ekimleri yapılmıştır. Denemelerde ekim derinliği 6-8 cm, sıra arası mesafe 70 cm, sıra üzeri mesafe 30 cm, her sıradaki bitki sayısı 25, parsel uzunluğu 7.5 m ve 4 sıralı olarak ekim yapılmıştır. Denemede ortadaki 2 sıra hasat edilmiştir. Denemelerde genel olarak 8 kg.da⁻¹ saf N ve 5 kg.da⁻¹ P₂O₅ gübresi kullanılmıştır. Bitki boyu 10-15 cm'ye ulaştığında el çapası ve sıra aralarında ise makinalı çapa yapılmıştır. Hasat, tabla kenarlarındaki sarı yapraklar kuruyup dik çiçekler döküldükten sonra ve tane nemi yaklaşık % 10 olduğunda tablalar kesilerek yapılmıştır.

İstatistiksel Analizler

AMMI modeli, 12 lokasyonda 12 yağlık ayçiçeği genotipinin verim stabilitesini göstermek için kullanılmıştır (Jockovic ve ark, 2019). Bu çalışmada, hangi genotipin tüm çevrelerde stabil olduğunu, hangi genotiplerin stabil olmadığını, hangi genotiplerin ortalamasının altında ve hangi genotiplerin ortalamasının üzerinde bir verime sahip olduğunu ve hangi çevrelerin hangi genotipler bakımından elverişli olduğunu görmek için bu ana etkiler ve çarpımsal interaksiyonlar (AMMI) analiz modeli kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

AMMI analiz sonuçlarına göre, varyasyon kareler ortalaması sırasıyla % 73.5 çevre (E), % 19.5 çeşit (genotip) (G) ve % 19.5 genotipxçevre (GE) tarafından etkilendiğini göstermiştir. Ayçiçeği tane

verimindeki değişimin büyük bir bölümünün çevrenin etkisi altında olduğunu, dolayısıyla tane veriminin en çok çevreden etkilendiğini söylemek mümkündür. Ancak eksenin ilk iki bileşeni (PCA 1 ve PCA 2) % 48.4, diğer bileşenlerin dördü % 51.6 katkıda bulunmuştur (Çizelge 4).

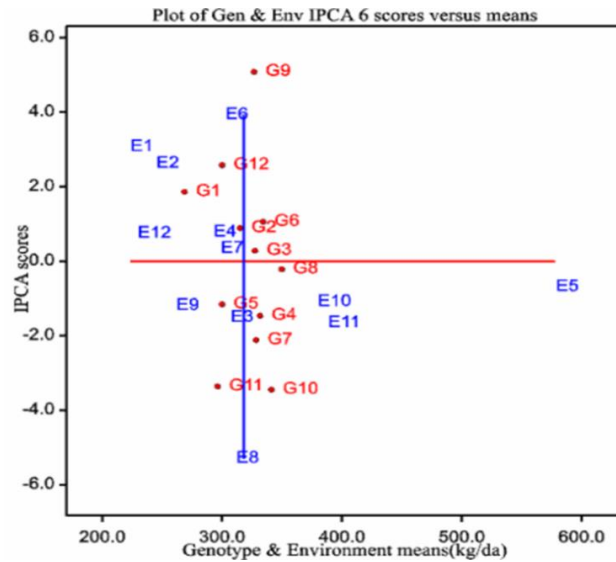
Çizelge 4. AMMI varyans analiz tablousu

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler toplamı	Karelerin ortalaması	F Değeri	İnteraksiyona olana etkisi (%)
Total	575	6675822	11610	*	
Uygulamalar	143	6133439	42891	37.59	
Genotipler	11	280003	25455	22.31**	7.0
Lokasyonlar	11	4958681	450789	179.33**	73.5
Blok	36	90493	2514	2.20	
İnteraksiyon	121	894755	7395	6.48**	19.5
IPCA 1	21	455947	21712	19.03**	26.9
IPCA 2	19	191401	10074	8.83**	21.6
IPCA 3	17	83675	4922	4.31**	19.8
IPCA 4	15	67362	4491	3.94**	14.1
IPCA 5	13	42190	3245	2.84**	10.2
IPCA 6	11	19108	1737	1.52ÖD	7.5
Kalanlar	25	35072	1403	1.23	
Hata	396	451890	1141	*	

SD, Serbestlik derecesi; **, p<0.01; G, Çeşitler; L, Lokasyon.

AMMI analizinde genotip x çevre interaksiyonu

AMMI analiz modeli iki farklı açıdan ifade edilmekte olup, genotiplerin ve çevrelerin ana etkisi x ekseninde ve interaksiyonun etkisi ise y ekseninde gösterilmektedir (Çizelge 7, Şekil 1).



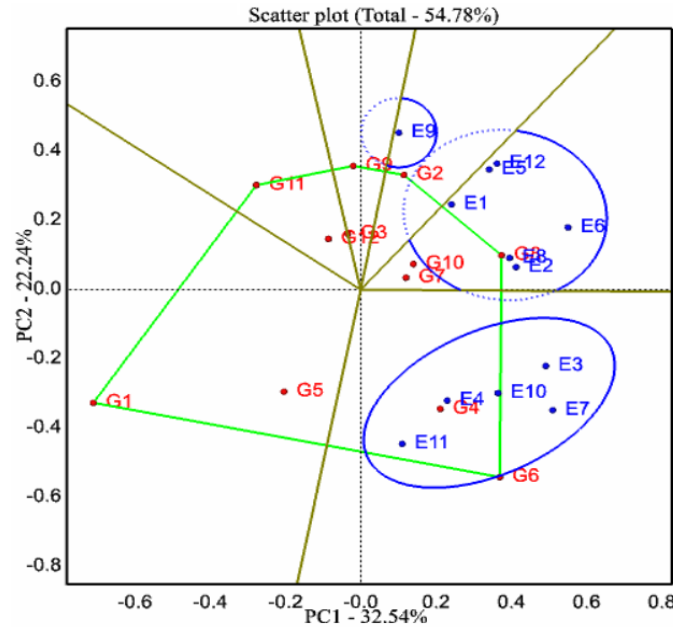
Şekil 1. AMMI 1 Genotiplerin 12 çevredeki stabilitesi

Buna göre genotiplerin ve çevrelerin ana etkileri yatay ekseninde, etkileşimin etkisi ise dikey ekseninde gösterilmiştir. Genotip yatay eksene (x) yakın ise stabil, yatay eksenden uzak ise stabil olmadığı anlaşılmaktadır (Çizelge 7). Genotipler, grafikte çok farklı bölgelerde buldukları için AMMI analizine göre yüksek varyasyon gösterdiğini söylemek mümkündür. Analiz sonuçlarına göre G3, G8 genotiplerinin oldukça stabil oldukları ve bu çeşitlerle birlikte G4, G6, G7, G9 ve G10 genotipleri ortalamanın üzerinde bir verime, G1 genotipinin oldukça düşük verime sahip oldukları ve G9, G10 ve G11'in stabilite çizgisinden oldukça uzakta konumlandıkları ve dolayısıyla stabil olmadıkları

anlaşılmıştır. Ana etkiler ve çarpımsal interaksiyonlar analizi ile çevreler değerlendirildiğinde E5'in en elverişli ve yüksek verimli olduğu, bu çevre ile birlikte E10 ve E11'in ortalama verimin üzerinde bir verim ile sonuçlandığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan E1, E2 ve E12'nin oldukça düşük verim ortalamasına sahip oldukları anlaşılmıştır (Çizelge 5, Şekil 1) (Mirosavlievic ve ark, 2014) ve (Mohhamadi ve ark, 2013), düşük PCA değerine sahip genotiplerin diğer genotiplere göre daha stabil olduğunu bildirmişlerdir.

AMMI 2-Hangi Genotip Hangi Çevrede/lerde Etkili

Tüm çevrelerin veya yılların verileri, hangisi-nerede-en iyi mantığı ile bir poligon ile gösterilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. AMMI 2 sektör analizi genotip çevre ilişkisini göstermektedir

Şeklin ortasından kalın çizgilerle şekli bölen ve ikili açı eksenini ile ayrılan her bölgeye “sektör” adı verilmektedir (Stojakovic ve ark, 2015). Bu bölme grafiğinin sağ alt köşesinden başlayarak sağa doğru sayılarla 1, 2, 3 vb. şeklinde gösterilir. Aynı sektör veya çember içinde hem genotipler hem de çevreler yer alırsa bunların birbiri ile bağlı olduğu anlaşılmaktadır (Yan ve Tinker, 2006). Bu açıklama doğrultusunda (Şekil 2); iki ayrı çizgi açısıyla, bir birinden ayrılan toplam 6 sektöre bölünmüştür. G4 ve G6'nın E3, E4, E7, E10 ve E11 çevrelerinde, G8, G7 ve G1'nin E1, E2, E5, E6 E8 ve E12 çevrelerinde, G2 ve G9'un ise sadece E9 çevresinde yüksek performans sergiledikleri ve spesifik olarak bu çevrelere önerilirken, G1 ve G5 gibi kalan diğer genotipler ise çevrelerle ilişkilendirilmemiştir. Ayrıca her sektör içinde kalan ve çember ile gösterilen çevrelerin her biri bir mega-çevreyi tanımlamakta olup toplam 3 ana mega çevre oluşmuştur. Sonraki çalışmalarda bu her bir mega çevrede yer alan çevrelerden sadece bir tanesinin kullanılması zaman ve maliyeti düşürdüğü gibi benzer sonuçların elde edilmesine katkı sunabilecektir. Bu nedenle mega-çevreleri ortaya çıkarmak daha sonraki çalışmalar için oldukça önemlidir. Sonuç olarak hangi genotipin hangi mega-çevrede önerilmesi gerektiği konusunda görsel olarak gayet açık sonuçlar elde edilerek tavsiye edilebilecektir.

Çevrelerin performansı ve genotiplere göre önerilmesi gereken çevreler

İki yıl toplam altı lokasyonda yani on iki çevrede yürütülen çalışmada çevrelerin tane verimi ortalama 223.4-578.5 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 5). Ana etkiler ve çarpımsal interaksiyon analizi (AMMI) sonuçlarına göre; en yüksek verim E5'ten en düşük verim ise E1'den elde

edildiği, E5 ile birlikte E10 ve E11 çevrelerinin tane verimi ortalama verimin üzerinde olduğu diğer çevrelerin ise geride kaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Çeşitlerin lokasyonlardaki verim ortalamaları (kg da⁻¹)

Çeşit Kodu	Çeşitler	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	Ortalama
G1	11TR077	201c	203de	249g	247e	428d	235d	255d	227e	220de	366b-d	413b	174d	268 D
G2	RGT Inovell	225bc	305a	264fg	166g	604bc	333a	303c	362a	247c-e	397ab	332g	237a-c	314 A-C
G3	LG 5580	225bc	192e	328b-d	319bc	697ab	308a-c	277cd	255de	321a	385a-c	386de	232a-c	327 A-C
G4	LG50585	207bc	249b-d	359ab	365a	545c	302a-c	348ab	316a-c	266b-d	406ab	396cd	218bc	331 A-C
G5	LG 5400	225bc	229c-e	277fg	343ab	431d	271cd	302c	342ab	205e	360b-d	399b-d	208cd	299 B-D
G6	Alcantara	210bc	267a-c	365ab	345ab	518cd	339a	353ab	320a-c	201e	426a	433a	225bc	334 A-C
G7	ES Romantic	206c	289ab	296d-f	308cd	563c	300a-c	314a-c	351a	286a-c	362b-d	410bc	248ab	328 A-C
G8	SY Santos	290a	285ab	337a-c	285d	672b	315ab	310bc	339ab	283a-c	398ab	434a	242a-c	349 A
G9	P64LL62	241bc	274a-c	287e-g	342ab	678b	320ab	281cd	296c-d	295ab	317d	358f	226bc	326 A-C
G10	Tunca	211bc	236b-e	323b-e	339a-c	774a	305a-c	291cd	319a-c	275a-c	402ab	378e	234a-c	341 AB
G11	RGT Lluis	222bc	208de	291d-f	203f	510cd	283bc	256d	325a-c	298ab	343cd	374ef	237a-c	296 CD
G12	ES Savana	212bc	195e	304c-f	247e	513cd	315ab	289cd	281c-e	239ce	390bc	342g	268a	300 B-D
	Ortalama	223 E	244 DE	307 C	292 C	578 A	302 C	298 C	311 C	261 D	379 B	388 B	229 E	
	CV (%)	10.69	15.18	9.25	7.77	11.47	9.03	9.11	11.95	12.63	8.93	2.85	12.07	
	LSD 0.05	69.89	108.89	83.16	66.63	194.21	79.99	79.69	109.01	96.79	99.27	32.45	81.1	83.97

, p<0.01;, p

Çizelge 6. AMMI ve PCA skorlarına göre her bir çevre için ilk dört sırada tercih edilen genotipler

Lokasyon	Ortalama (kg da ⁻¹)	Score	1	2	3	4	IPCAe[1]	IPCAe[2]	IPCAe[3]	IPCAe[4]	IPCAe[5]	IPCAe[6]
E1	223	0.841	G8	G9	G7	G3	0.84123	-232.786	-313.938	232.609	-252.697	306.604
E2	245	1.487	G2	G8	G7	G9	261.943	-0.39517	-0.22818	-674.363	-252.643	-109.129
E3	307	1.327	G6	G4	G10	G3	435.536	244.792	-305.346	167.676	-622.966	-165.869
E4	293	1.657	G4	G6	G9	G5	0.78880	-310.970	-272.486	-116.694	404.013	0.73793
E5	578	-16.597	G10	G3	G9	G8	148.693	-407.439	530.247	365.350	-247.621	261.662
E6	303	0.225	G2	G6	G12	G8	132.732	297.380	-109.605	-425.629	0.94128	-151.607
E7	299	3.676	G6	G4	G8	G5	165.729	1.174.685	199.685	337.955	256.252	0.77595
E8	312	2.516	G2	G7	G8	G5	-1.659.703	102.529	203.171	-0.88041	-176.362	-0.69295
E9	262	-2.896	G3	G11	G8	G9	0.22450	-223.217	0.97978	-250.345	263.905	392.143
E10	380	2.619	G6	G8	G4	G10	367.577	0.64661	287.586	-193.756	0.75256	0.33736
E11	388	4.355	G8	G6	G1	G4	251.615	-495.869	431.460	290.060	213.032	-529.869
E12	229	0.789	G12	G11	G2	G8	-289.575	-174.248	-725.933	355.177	245.703	-119.764

Ana etkiler ve çarpımsal interaksiyon analizi ayçiçeği genotiplerini test etmek için en uygun olan çevreleri belirlerken en verimli veya en verimsiz olan çevreleri de oluşturduğu çizelge ve grafik ile göstermektedir (Çizelge 5 ve Şekil 1). Xu ve ark, (2014), ana etkiler ve çarpımsal interaksiyon analizi hangi genotiplerin hangi çevrelerde test edilmesi gerektiği konusunda bize geniş bilgi sunduğunu bildirmiştir.

Çizelge 7. Genotip ortalamaları ve skorları

Genotipler	Gm	IPCAg[1]	IPCAg[2]	IPCAg[3]	IPCAg[4]	IPCAg[5]	IPCAg[6]
G1	269	596.451	0.94194	-455.646	0.64251	-571.249	185.990
G2	315	-179.473	-1.052.039	468.178	-191.684	-0.76993	-344.483
G3	328	-701.906	381.673	-518.731	-200.409	211.277	-335.919
G4	332	294.919	474.459	153.900	-145.312	457.445	257.899
G5	300	797.464	244.936	210.546	389.845	-0.71295	0.88898
G6	334	563.471	357.725	424.589	-454.480	0.38042	0.28201
G7	328	135.458	-104.839	154.016	421.835	213.267	-146.218
G8	350	-328.604	-163.458	-0.10867	0.79204	129.601	-115.700
G9	327	-602.138	175.563	137.449	577.405	-134.270	105.841
G10	341	-946.495	336.865	270.285	-185.862	121.513	-211.690
G11	296	157.049	-536.066	-556.189	155.719	-538.737	-0.21360
G12	300	213.805	-209.012	-277.530	-510.511	221.399	508.543

Lokasyonlara göre genotip tavsiyesi

Çalışmada materyal olarak kullanılan çeşitlerin 12 lokasyondaki tane verimi 201.7-774.0 kg.da⁻¹ arasında değişim göstermektedir (Çizelge 6). Çevrelerin ortalama verimine göre en yüksek verim G8' den, en düşük verim ise G5'ten elde edilmiştir. Çevrelere göre genotiplerin tavsiye edildiği AMMI analiz modeli sonuçlarına göre öncelikle ilk sırada G2 (E2, E6, E8), G6 (E3, E7, E10) ve G8 (E1, E11)'in öne çıktığı, ikinci sırada G6 (E4, E6, E11) ve G8 (E2, E10), 3. sırada yine G8 (E7, E8, E9) ve 4. sırada ise G8 (E5, E6, E12) ile birlikte G5'in (E4, E7, E8) önerilmesi gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 6). Ana etkiler ve çarpımsal interaksiyon analizi her çevrede ilk dört sırada tercih edilmesi gereken çeşitleri belirlemek için iyi bir analiz modeli olduğu ve oluşturduğu tablo ile bize net bir şekilde bu kolaylığı sağladığı ortaya çıkmıştır.

Ayçiçeği tane verimi birçok faktörün etkisi altında meydana gelen ancak en çok çevre, genotip veya bu iki varyasyon kaynağının etkileşimlerinden etkilenen bir bitkidir. Çok farklı yıllarda veya çoklu genotipli ortamlarda yapılan çalışmalardan elde edilen genotiplerin tane verimini hangi varyasyon kaynağının etkilediğini veya varyasyon kaynağının etkisini belirlemek için bazı istatistik modeller geliştirilmiştir. Farklı çevrelerde tane verimi açısından stabil olan genotipleri tanımlamak ve GE interaksiyonunun etkisini ortaya çıkarmak için daha fazla karmaşık istatistiksel modellere ihtiyaç vardır. Bu modellerden bazıları tek değişkenli analiz, temel bileşen analizi, küme analizi, temel etki ve çarpımsal etkileşim modelleridir (AMMI). Bu teknik, genotip ve çevresel ana etki için varyans analizini GEI'nin temel bileşen analizi ile birleştirir (Gauch, 2006). AMMI analizi ile seçilen genotipler, araştırmacıları verime dayalı olarak genotipleri değerlendirmek için destekler ve daha sonra genotip, çevre ve interaksiyonun etki oranını açıklamaktadır (Kendal ve Sener, 2015). Ana etkiler ve çarpımsal interaksiyon analizi, yüksek varyasyon marjı nedeniyle birçok araştırmacı tarafından genotip x çevre interaksiyonunun etkisini ortaya çıkarmak için kullanılan bir yöntemdir (Balalic ve ark, 2013; Kendal ve Tekdal, 2016; Karami ve ark, 2018). Ayrıca, AMMI analizi özellikle G, E ve GE'nin etkileşim oranını benzersiz bir şekilde ayırt ettiğinden, diğer modellerdeki yapısal çeşitliliğin karmaşıklığını ortadan kaldırır. AMMI analizi, varyasyon kaynaklarından genotip (G), çevre (E) ve GE etkileşiminin etkisiyle 6 PCA etkisinin çok önemli olduğunu kanıtlamıştır (Şekil.1 ve Çizelge 4). AMMI analizi ile kareler ortalamasının % 73.5 ile en fazla çevreden, % 19.5 ile interaksiyondan ve % 7.0 ile genotipten etkilendiği tespit edilmiştir. Ayrıca ilk altı PCA değerlerinin kareler ortalamasına olan etkisi ortaya çıkarılmış ve ilk beş PCA'nın istatistiki olarak P<0.01 göre önemli olduğu belirlenmiştir. Varyasyon kaynaklarından biri olan çevrenin etkisi çok önemlidir ve verimde büyük dalgalanmalara neden olur. Bu nedenle

çevrenin etkisi hem genotip hem de interaksiyon etkisinden daha fazla olup daha fazla önem verilmesi gereken bir konudur (Mohammadi ve Amri, 2013; Oliveira ve ark, 2014). Kılıç (2014) AMMI analizi çalışmasında çevre etkisinin arpada, G ve GEI etkisinden daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Torbaghan ve ark, (2014), aspir tane veriminin diğer varyasyonlardan daha çok çevreden etkilendiğini bildirmiştir. Farklı bitki grupları üzerinde çalışan birçok araştırmacı, çevrenin etkisinin diğer varyasyon kaynaklarına göre daha fazla olduğunu bildirerek çalışmamızın sonuçlarını doğrulamaktadır. Tekdal ve Kendal (2018), makarnalık buğdayın tane veriminin G ve GEI etkisinden daha çok çevreden etkilendiğini bildirmiş, Jockovic ve ark, (2019), ayçiçeğinde tane veriminin diğer varyasyonlardan daha çok çevreden etkilendiğini bildirmiştir. Movahedi ve ark, (2020), susamda varyasyonunun yüzdesi genellikle lokasyon ile açıklanırken, diğer varyasyonların etkisinin düşük olduğunu bildirmiştir. Khan ve ark, (2021), yerfıstığı tane veriminin diğer varyasyon kaynaklarına göre çevre ve lokasyondan etkilendiğini bildirmişlerdir. Aktaş ve Üre (2021), hibrit mısırdta tane veriminin diğer varyasyonlardan daha fazla çevreden etkilendiğini bildirmişlerdir.

Araştırmacıların ifadelerine göre, farklı bitkiler üzerinde yaptıkları çalışmalarda varyasyonun etkisi, bu çalışma sonucunda da bulduğumuz sonuçları desteklemektedir. Ayrıca, AMMI analizinde, varyansın çoğu için çarpımsal etkileşim, ilk iki PCA puanı ile açıklandığı bildirilmektedir. Vaezi ve ark. (2017), AMMI analiz modelini diğer stabilite analizi modellerinden ayıran özelliklerden biri, farklı parametrelerde birden fazla IPCA numarası kullanarak, tek bir IPCA puanı ile önerilen stabilite analizine göre varyasyondan etkilenme oranını daha iyi göstermesi olduğunu bildirmiştir. Çalışmada, AMMI modeli, oldukça karmaşık bir etkileşim olduğunu ve önemli GEI varyasyonunu hesaba katmak için maksimum dört PCA eksenini gerektirdiğini göstermiştir. Ayrıca, eksenin ilk iki bileşeni (PCA 1 ve PCA 2), etkileşimlerin %44.5 gibi yüksek oranına katkı sunduğunu, geriye kalan diğer PCA 3 –PCA 6 eksenleri ise sadece %55.5 oranına katkı sunduğunu bildirmişlerdir (Table 4). AMMI analizi sonucu, çeşitlerin grafikte çok farklı bölgelerde buldukları için yüksek varyasyon olduğunu göstermiştir. Analiz sonuçlarına göre G3, G8 genotiplerinin oldukça stabil oldukları ve bu çeşitlerle birlikte G4, G6, G7, G9 ve G10 genotipleri ortalamanın üzerinde bir verime, G1 genotipinin oldukça düşük verime sahip oldukları ve G9, G10 ve G11'in stabilite çizgisinden oldukça uzakta konumlandıkları ve dolayısıyla stabil olmadıkları anlaşılmıştır.

SONUÇ

Çalışma, temel bileşen analizi kullanılarak, genotip x çevre veya interaksiyonun kareler toplamının büyük bir yüzdesinin ilk altı PCA'dan etkilendiği ilkesini doğruladığını göstermiştir. Bu nedenle, AMMI modeli, ayçiçeği stabilite çalışmalarında pratikte genotiplerin stabilitesini ve uyumluluğunu araştırmak için çok yararlı ve aydınlatıcı bir yöntem olduğunu göstermiştir. AMMI analizi, G3, G4, G6, G7, G8 ve G10 diğer genotiplerden daha verimli ve G3'ün oldukça stabil olduğunu göstermiştir. Bu iki görsel grafik ile çok farklı çevrelerde yürütülen çalışmada, genotipler bu çevrelerde test 2540dılmıştır. Sonuç olarak ana etkiler ve çarpımsal interaksiyonlar analizi ile bu çalışmada en stabil ve yüksek verimli genotipler belirlenirken spesifik olarak da hangi genotiplerin hangi çevrelere önerileceği belirlenmiş ve bu analiz modelinin farklı çevrelerde yürütülen çalışmalarda genotiplerin performansını belirlemek için görsel olarak çok kolaylık sağladığı sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki desteklerinden dolayı Ankara Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

REFERENCES

- Aktas B, Ure T, 2021. Evaluation of Multi-Environment Grain Yield Trials in Maize Hybrids by GGE-Biplot Analysis Method. *Maydica*, 65(3), 9.
- Ansarifard I, Mostafavi K, Khosroshahli M, Reza Bihamta M, Ramshini H, 2020. A Study on Genotype–Environment Interaction Based on GGE Biplot Graphical Method in Sunflower Genotypes (*Helianthus annuus* L.). *Food Science & Nutrition*, 8(7), 3327-3334.
- Balalic I, Brankovic G, Zoric M, Miklic V, Jovic S, Surlan-Momirovic G, 2013. Sunflower Mega-Environments in Serbia Revealed by GGE Biplot Analysis. *Field and Vegetable Crops Research*, 50(2), 20-27.
- Boydak E, Fırat R, 2020. Bazı Farklı Ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.) Genotiplerinin Geçit Bölgelerindeki Performanslarının Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 288-294, 2019. ISSN: 2146-0574, eISSN: 2536-4618.
- Gauch HG, 2006. Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI and GGE. *Crop Science* 46(4), 1488–1500.
- Heiser C.B, Smith D.M, Clevenger S.B, Martin W.C, 1969. The north american sunflowers (*Helianthus*). *Memoirs of the Torrey Botanical Club*, 22(3), 1-218.
- Heiser Jr. C.B, 1978. Taxonomy of *Helianthus* and Origin of Domesticated Sunflower. *Sunflower Science and Technology*, 19, 31-53.
- Jockovic M, Cvejic S, Jovic S, Marjanovic-Jeromela A, Miladinovic D, Jockovic B, Radic V, 2019. Evaluation of Sunflower Hybrids in Multi-Environment Trial (MET). *Turkish Journal of Field Crops*, 24(2), 202-210.
- Joshi R, Wani S.H, Singh B, Bohra A, Dar Z.A, Lone A.A, Pareek A, Singla-Pareek S.L, 2016. Transcription Factors and Plants Response to Drought Stress: Current Understveing ve Future Directions, *Frontiers in Plant Science*, vol. 7.
- Kaya Y, Atakişi İ. K, 2002. Ayçiçeğinde (*Helianthus annuus* L.) Farklı Verim Karakterlerinde Stabilitate Analiz. *ANADOLU, Journal of Aegean Agricultural Research Institute*. 12 (2) 2002, 1 - 20 MARA.
- Kaya A.R, Eryiğit T, 2020. Bazı Yağlık Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinin Önemli Kalite Özelliklerinin Tespiti Üzerine Bir Araştırma. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3): 2143-2152, 2020. ISSN: 2146-0574, eISSN: 2536-4618.
- Kendal E, Sener O, 2015. Examination of Genotype× Environment İnteractions by GGE Biplot Analysis in Spring Durum Wheat. *Indian J. Genet*, 75(3), 341-348.
- Kendal E, Tekdal S, 2016. Application of AMMI Model for Evaluation Spring Barley Genotypes in Multi-Environment Trials. *Bangladesh Journal of Botany*, 45(3), 613-620.
- Khan M.M.H, Rafii M.Y, Ramlee S. I, Jusoh M, Al Mamun M, 2021. AMMI ve GGE Biplot Analysis for Yield Performance and Stability Assessment of Selected Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc.) Genotypes Under the Multi-Environmental Trials (METs). *Scientific Reports*, 11(1), 1-17.
- Khomari A, Mostafavi K, Mohammadi A, 2017. Stability Study of Yield in Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Cultivars Using AMMI Method. *Journal of Crop Breeding*, 9(23), 117–124.
- Miller J. F, 1987. Sunflower. Vol. 2. pp. 626-668. In: W. Fehr (Ed.) *Principle of Cultivar Development*. Macmillan Pub. Co. NY.
- Mohammadi R, Amri A, 2013. Genotype x Environment İnteraction and Genetic İmprovement for Yield and Yield Stability of Rainfed Durum Wheat in Iran. *Euphytica* 192 (2):227-249.
- Movahedi H, Mostafavi K, Shams M, Golparvar A.R, 2020. AMMI Analysis of Genotype× Environment İnteraction on Grain Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Genotypes in Iran. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 34:1, 1013-1018, DOI: 10.1080/13102818.2020.1816216.

- Pveey G, 2018. Challenges and Future Prospects of Agri-Nano-Technology for Sustainable Agriculture in India. Environmental Echnology & Innovation, 11, 299–307. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.06.012>.
- Putt E.D, 1978. History and Present Word Status. pp. 1-9. In: J. F. Carter (Ed.) Sunflower Science and Technology. American Society of Agronomy, Madison. WI.
- Oliveira E.J, Freitas J.P.X, Jesus O.N, 2014. AMMI Analysis of The Adaptability and Yield Stability of Yellow Passion Fruit Varieties. Scientia Agricola 71 (2): 139-145.
- Sefaoğlu F, Kaya C, 2018. Bazı Yağlık Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Genotiplerinin Erzurum Ekolojik Koşullarında Adaptasyon Kabiliyetlerinin Belirlenmesi. Alınteri Zirai Bilimler Dergisi. 2018, 33(1): 37-41.
- Seiler G.J, Qi L.L, Marek L.F, 2017. Utilization of Sunflower Crop Wild Relatives for Cultivated Sunflower Improvement, Crop Science.
- Stojakovic M, Mitrovic B, Zoric M, Ivanovic M, Stanisavljevic D, Nastasic A, Dodig D, 2015. Grouping Pattern of Maize Test Locations and İts İmpact on Hybrid Zoning. Euphytica 204 (2): 419-431.
- Tan A.Ş, Tan A. 2010. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Landraces of Turkey, Their Collections Conservation and Morphmetric Characterization. Helia 33 (53): 55-62.
- Tan A.Ş, Aldemir M, Altunok A, Tan A, 2013. Characterization of Confectionary Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Genetic Resources of Denizli and Erzurum Provinces. ANADOLU, Journal of Aegean Agricultural Research Institute (AARI) 23 (1) 2013, 5 - 11 MARA.
- Tekdal S, Kendal E, 2018. AMMI Model To Assess Durum Wheat Genotypes in Multi-Environment Trials. Journal of Agricultural Science and Technology, 20(1), 153-166.
- TÜİK 2022. Yağlık Ayçiçeği Üretim İstatistikleri. Erişim linki: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim Tarihi: 08.08.2022).
- Xu N.Y, Fok M, Zhang G.W, Li J, Zhou Z.G, 2014. The Application of GGE Biplot Analysis For Evaluating Test Locations And Mega-Environment İnteraction Of Cotton Regional Trials. Journal of Integrative Agriculture, 13(9), 1921-1933.
- Vaezi B, Pour-Aboughadareh A, Mohammadi R, Armion M, Mehraban A, Hossein-Pour T, Dorii M, 2017. GGE Biplot and AMMI Analysis of Barley Yield Perfo Rmance in Iran. Cereal Research Com., 45(3), 500-511.
- Verianasolo F.N, Casadebaig P, Langlade N, Debaeke P, Maury P, 2016. Effects of Plant Growth Stage and Leaf Aging on the Response of Transpiration and Photosynthesis to Water Deficit in Sunflower, Functional Plant Biology, vol. 43, no. 8, pp. 797-805.
- Yadav S, Sharma K.D, 2016. Molecular and Morphophysiological Analysis of Drought Stress in Plants," Plant Growth,150-173.
- Yan W, Kang M.S, Ma B, Woods S, Cornelius P.L, 2007. GGE Biplot vs. AMMI Analysis of Genotype-by-Environment Data. Crop Science 47(2), 643–653.
- Yan W, Tinker N.A, 2006. An Biplot Analysis of Multi-Environment Trial Data; Principles and Applications, Canadian Journal of Plant Science 86, 623-64.
- Zeven A.C, De Wet J.M, 1982. Dictionary of Cultivated Plants and Their Regions of Diversity: Excluding Most Ornamentals, Forest Trees and Lower Plants. Pudoc, Wageningen, the Netherlves.