

Soyanın Farklı Gelişim Dönemlerinde Uygulanan Yaprak Gübresinin Yaprak Alanı, Klorofil ve Besin İçeriklerine Etkisi***Effects of Foliar Fertilizer Applications on Leaf Area, Chlorophyll and Nutritional Content at Different Growth Stages of Soybean****Cenk Burak ŞAHİN^{1*}, Necmi İŞLER²****Öz**

Optimum büyümenin sağlanması ve yüksek verim için bitkiler, bitki besin elementlerinin toprakta alınabilir formda ve yeterince var olmasına gereksinim duymaktadır. Ancak, Akdeniz Bölgesi gibi kireç içeriği ve pH'sı yüksek topraklarda bulunan makro ve mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından alımı kısıtlı olmakta, bazı durumlarda ise bitki tarafından kullanılamamaktadır. Bu gibi topraklarda gerekli besin elementinin, özellikle mikro bitki besin elementlerinin yaprak gübresi şeklinde verilmesi bitkinin daha hızlı ve etkili şekilde faydalanmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada, soya bitkisinin (*Glycine max* L.) farklı gelişim dönemlerinde (V3, R1, R3) yaprak gübresi şeklinde verilen çinko ve demir besin elementlerinin klorofil içeriği (SPAD), yaprak alan indeksi (LAI) ve soya bitkisinin kimyasal kompozisyonuna etkisi incelenmiştir. Deneme, 2018 ve 2019 yıllarında ikinci ürün olarak Amik Ovası (Hatay) koşullarında bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre üç yinelemeli olarak yürütülmüştür. Ana parsellere çeşitler (Arısoy, Bravo, Nazlıcan), alt parsellere gelişim dönemleri (V3, R1, R3) ve alt alt parsellere gübre uygulamaları (Kontrol, Çinko, Demir, Çinko + Demir) yerleştirilmiştir. Soya bitkisine farklı gelişim dönemlerinde uygulanan demir ve çinko yaprak gübreleri, kontrol grubuna göre SPAD ve LAI değerlerini artırmıştır. En yüksek klorofil içeriği (SPAD değeri) Nazlıcan × R3 × Zn + Fe (36.03) uygulamasından alınırken, en yüksek yaprak alan indeksi değeri ise Bravo × V3 × Fe (7.57) uygulamasından alınmıştır. Klorofil içeriği tespitinde (SPAD değerleri) generatif dönem ölçümlerinde yüksek sonuç alınırken, yaprak alan indeksi ölçümlerinde ise vejetatif dönem daha iyi sonuç vermiştir. Yaprak besin elementi içerikleri yönünden incelendiğinde ise generatif dönemde yapılan uygulamalar neticesinde çinko ve demir birikimleri daha fazla olmuştur. Sonuç olarak, kireçli topraklarda soya bitkisinin ihtiyacı olan mikro besin elementlerinin yaprak gübrelemesi ile karşılanabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Klorofil içeriği, LAI, Demir, Çinko, *Glycine max* L., Yaprak gübresi

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Cenk Burak Şahin, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Hatay-Türkiye. E-mail: cbsahin@mku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-6270-8184.

²Necmi İşler, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Hatay-Türkiye. E-mail: nisler@mku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-5877-7830.

Atıf/Citation: Şahin, C.B., İşler, N. (2022). Soyanın farklı gelişim dönemlerinde uygulanan yaprak gübresinin yaprak alanı, klorofil ve besin içeriklerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 712-723.

*Bu çalışma Doktora tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

Plants need all plant nutrition elements to be available and adequate level in soil for optimum growth and yield production. The uptake of macro and micro nutrients by plants is limited or they can not be beneficial for plants in calcareous soils with high pH such as being in Mediterranean Region. In such situations, management strategies such as foliar spray can be useful to benefit of plants from them particularly under soil-limed condition with restricted micronutrients uptake. In this study, it was aimed to evaluate the effects of foliar-applied zinc and iron on chlorophyll content, leaf area index (LAI) and chemical composition of soybean (*Glycine max* L.) at different growth stages. Field experiments were conducted over during the second crop seasons of the years 2018 and 2019 under the conditions of Hatay Province. The experiment was designed as split-split plot design with three replications. Varieties (Arısoy, Bravo, Nazlıcan) were placed in main plots, growth stages (V3, R1, R3) in sub-plots and foliar fertilizers (control, zinc, iron, zinc + iron) in sub-sub-plots. Foliar application of iron and zinc increased chlorophyll content and LAI values at different stages of growth in contrast to control (untreated) groups. The highest SPAD value (36.03) was obtained from Nazlıcan × R3 × Zn + Fe treatment and the highest LAI (7.57) was obtained from Bravo × V3 × Fe treatment. Generally, the higher results of SPAD value were observed in reproductive stages while the higher results of LAI were observed in vegetative stages. Leaf zinc and iron accumulations were higher in reproductive stages. As a result of this study, it was observed that micro nutrients needed by soybean plant can be supplied with foliar applications in calcareous soils.

Keywords: Chlorophyll contents, LAI, Iron, Zinc, *Glycine max* L., Foliar fertilizer

1. Giriş

Fabaceae familyasından bir bitki olan soya (*Glycine max* L.), Doğu Asya topraklarında uzun yıllar boyunca önemli bir besin kaynağı olarak kullanılmıştır. İçerdiği yağ (~%20), protein (~%40), mineral madde ve vitaminler nedeniyle insan ve hayvan beslenmesi için kayda değer bir yere sahiptir. Köklerinde yer alan *Bradyrhizobium japonicum* bakterisi, havanın serbest azotunu fikse edebilme özelliğine sahiptir. Bu sayede soya hem kendi azot ihtiyacını sağlamakta hem de toprağın yapısını düzeltmektedir (Ramadan ve ark., 2020; Şahin ve İşler, 2021).

2019 yılında; Dünya’da 120 milyon ha alanda 334 milyon ton soya üretimi gerçekleşmiştir. Üretimin %86.1’i Amerika kıtasında gerçekleşmiş ve en önemli üretici ülkeler sırasıyla Brezilya (114.3 milyon ton), ABD (96.8 milyon ton) ve Arjantin (55.2 milyon ton) olmuştur. Türkiye’de ise 353 bin da alanda 150 bin ton soya üretimi gerçekleşmiştir. 203 bin da alanda yaklaşık 90 bin ton üretimiyle Adana ilk sırada yer alırken, onu 88 bin ha alanda 40 bin ton üretimi olan Mersin takip etmiştir (Unakıtan ve Aydın, 2012; Anonim, 2021a; Anonim, 2021b).

Demir ve çinko, bitki gelişimi için önemli olan mikro besin elementlerindedir. Yüksek pH ve kireç içeren ağır bünyeli topraklarda yeterli miktarda mikro besin elementi olsa da bitki tarafından alınımı sınırlı olmaktadır. Bu gibi durumlarda yapraktan yapılacak gübre uygulaması en iyi seçenek olarak öne çıkmaktadır (Kinaci ve Gulmezoglu, 2007; Şahin ve İşler, 2021). Mikro besin elementlerinin yaprak gübrelemesi şeklinde uygulanması, toprak gübrelemesine kıyasla daha etkili bir yöntemdir. Bitki bu uygulamaya daha hızlı tepki vermektedir (Zayed ve ark., 2011).

Çinko bitkilerde RNA, DNA ve protein sentezi ile klorofil üretimi ve nodül oluşumu gibi bazı fonksiyonlarda önemli bir rol oynamaktadır (Sawan ve ark., 2008; Marschner, 2012; Yadavi ve ark., 2014; Öztürk ve ark., 2020). Ayrıca, çinko ve demir, bitkinin fotosentez ve solunum gibi farklı metabolik süreçlerinde hayati bir öneme sahip olmasının yanında oksijen ve elektron transferlerinde yer alan birçok enzim için kofaktör görevi görmektedir (Zaheer ve ark., 2020). Klorofil üretiminde ve polenin fonksiyonunda çinkonun gerekli elementlerden biri olduğu, demirin ise enzimatik aktiviteyi (sitokrom, feredoksin, peroksidaz gibi) artırdığı bildirilmiştir (Ghasemian ve ark., 2010).

Baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonunda (SAF) önemli bir görevi olan nitrogenaz enziminin yapısında demir elementi yer almaktadır. Bundan dolayı, topraktaki demir miktarı ve bitki tarafından alınımı SAF’ı direkt olarak etkilemektedir. Ayrıca, demir eksikliğine bağlı olarak biyolojik azot bağlanması ve bakterilerin etkinliği de olumsuz etkilenmektedir (Chhonkar ve Chandel, 1991; Terry ve Jolley, 1994). Demir eksikliğinin olduğu durumlarda şeker pancarında klorofil içeriğinin, beta-karoten miktarının ve fotosentetik pigment sayısının önemli derecede düştüğü bildirilmiştir (Sheykhbaglou ve ark., 2018). Bütün bunların sonucunda tohum verimi ve kalitesinde önemli derecede azalmalar olabilmektedir (Roomizadeh ve Karimian, 1996; Goos ve Johnson, 2000; Heitholt ve ark., 2003; Wiersma, 2005; Ma ve Ling, 2009).

Akdeniz Bölgesi’nde genellikle toprak organik madde içeriği düşük olmasına karşın, kireç ve pH yüksek olmaktadır. Bu tür topraklarda çinko ve özellikle de demir eksikliği en büyük problemlerden biri olarak görülmektedir (Caliskan ve ark., 2008). Yapılan bu çalışmada, topraktan demir ve çinko gübresinin bitki tarafından alınımı sınırlı olduğu için bu besin elementleri tek tek ve birlikte yapraktan gübreleme şeklinde verilmiştir. Soya bitkisinin farklı gelişim dönemlerinde yapılan bu uygulamanın yaprak alan indeksi, klorofil ve yaprakların besin elementi içerikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada bitki materyali olarak Arısoy, Bravo ve Nazlıcan soya çeşitleri kullanılmıştır (Tablo 1). Deneme, 2018 ve 2019 yıllarında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanında (36°15'13.3"N, 36°30'08.7"E; 96 m) ikinci ürün koşullarında yürütülmüştür. Deneme alanı toprak pH’sı hafif alkali, kireç içeriği yüksek ve organik madde içeriği ise düşüktür (Tablo 2).

Tablo 1. Denemede kullanılan çeşitlerin bazı bitkisel ve morfolojik özellikleri*

Table 1. Some botanical and morphological characteristics of the cultivars used in the experiment

Özellikler	Arısoy	Bravo	Nazhcan
Büyüme Tipi	İndeterminate	İndeterminate	İndeterminate
Bitki Büyüme Şekli	Yarı Dik	Yarı Dik	Dik
Ana Sap Tüy Rengi	Sarımsı Kahve	Sarımsı Kahve	Sarımsı Kahve
Çiçek Rengi	Beyaz	Mor	Mor
Yaprak Rengi	Koyu Yeşil	Koyu Yeşil	Koyu Yeşil
Yan Yaprakçık Şekli	Üçgen	Uzun Oval	Uzun Oval
Bakla Rengi	Kahve	Kahve	Koyu Kahve
Tohum Şekli	Yuvarlak Yassı	Yuvarlak Yassı	Uzunca
Tohum Hilum Rengi	Siyah	Siyah	Gri

Tablo 2. Deneme toprağının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Table 2. Some chemical and physical properties of the field soil

Analiz	2018		2019	
	Ekim Öncesi	Hasat Sonrası	Ekim Öncesi	Hasat Sonrası
pH	7.91	7.88	7.83	7.63
Kireç (%)	20.57	21.19	24.63	21.66
Fe (ppm)	3.54	2.78	9.10	8.75
Zn (ppm)	0.76	0.23	0.29	0.21
O.M (%)	1.50	1.84	1.12	1.58
Tekstür	Killi-tınlı	Killi-tınlı	Killi-tınlı	Killi-tınlı

Meteorolojik veriler incelendiğinde 2018 ve 2019 yıllarının uzun yıllar ortalaması ile benzer olduğu, yıllar arasında önemli bir farkın bulunmadığı görülmüştür (Şekil 1).

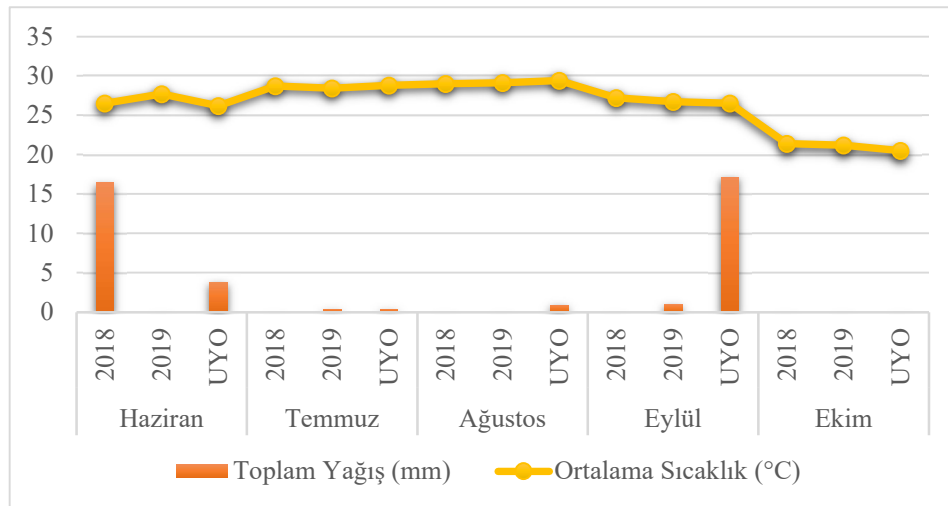


Figure 1. Meteorological data of the field area (2018, 2019 and long year average "UYO")

Şekil 1. Deneme alanının meteorolojik verileri (2018, 2019 ve uzun yıllar ortalaması "UYO")

2.2. Metod

Deneme, bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak ve 2 yıl süreyle (2018, 2019) yürütülmüştür. Ana parsellere çeşitler (Arısoy, Bravo, Nazlıcan), alt parsellere soyanın gelişim dönemleri (V3 = üç gerçek yapraklı dönem, R1 = çiçeklenme başlangıcı, R3 = bakla başlangıcı) ve alt alt parsellere ise yaprak gübreleri (Kontrol, Zn, Fe, Zn + Fe) yerleştirilmiştir. Her parsel 5 m uzunluğundaki 4 sıradan oluşmuş ve 70×15 cm mesafe ile ekim elle gerçekleştirilmiştir. Denemenin ilk yılında 07.06.2018 tarihinde ve ikinci yılında ise 12.06.2019 tarihinde ekim yapılmıştır. Ekim öncesinde tohumlar *Bradyrhizobium japonicum* (100 kg tohum: 1 kg bakteri) ile aşılansmıştır. Çalışmada çinko elementi (116 ppm) çinko sülfat ve demir elementi (116 ppm) ise demir şelat-EDDHA formundan hazırlanmıştır.

Çinko, demir ve bunların karışımları sıvı formda ilk yılda; V3 döneminde (06.07.2018), R1 döneminde (Arısoy ve Bravo 13.07.2018; Nazlıcan 16.07.2018) ve R3 döneminde (08.08.2018) ve ikinci yılda; V3 döneminde (09.07.2019), R1 döneminde (Arısoy ve Bravo 17.07.2019; Nazlıcan 19.07.2019) ve R3 döneminde (09.08.2019) uygulanmıştır.

Denemenin bütün aşamalarında yabancı ot mücadelesi elle yapılmış, su ihtiyacı damla sulama sistemiyle giderilmiştir. Hasat işlemi denemenin ilk yılında 03.10.2018 (Arısoy ve Bravo) ve 10.10.2018 (Nazlıcan) tarihlerinde; ikinci yılında ise 02.10.2019 (Arısoy ve Bravo) ve 09.10.2019 (Nazlıcan) tarihlerinde kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra elle yapılmıştır.

Klorofil içeriği ölçümleri, Minolta SPAD-502Plus marka-model taşınabilir el tipi klorofil metre ile her gübre uygulamasından yedi gün sonra yapılmıştır. Yaprak alan ölçümleri, R4 döneminde alınan yapraklardan Li-Cor LI-3100C marka-model alan ölçüm cihazıyla yapılmıştır.

Zn ve Fe analizi için, soya bitkisinin R4 gelişim döneminde toplanan yapraklar üç defa distile su ile yıkanmış ve 55°C'da 72 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan yaprak örnekleri öğütüldükten sonra etiketlenerek MP-AAS cihaz okuması için saklanmıştır. Cihaz okuması öncesinde ön hazırlık işlemi uygulanmıştır: Her örnekten 0.5 g tartılmış ve 8 mL nitrik asit eklenerek hot platede ısıtılmıştır. Isınan örneklere 2 mL hidrojen peroksit eklenmiştir. Örnekler açık sarıya dönmeye başladığında 5 mL ultra saf su eklenmiş ve bir süre bekletilmiştir. Son olarak örnekler filtre kağıdı yardımıyla balon jojelere süzülüş ve son hacim saf su ile 25 mL'ye tamamlanarak falkon tüplere aktarılmıştır.

Bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre R v4 programı yardımıyla varyans analizi yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki karşılaştırmalarda Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Klorofil içeriği (SPAD), yaprak alan indeksi (LAI), yaprakta Zn ve Fe miktarları bakımından her yıl için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonucu *Tablo 3*'te verilmiştir.

Klorofil içeriği bakımından çeşitlerin ikinci yılı hariç bütün bağımsız değişkenlerin istatistiki olarak önemli bir etkiye ($p < 0.05$) sahip olduğu görülmüştür. İnteraksiyonlar incelendiğinde ise yalnızca Çeşit × Gübre interaksiyonunun denemenin ilk yılında önemli ($p < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir (*Tablo 3*). En yüksek SPAD değeri Nazlıcan × R3 × Zn + Fe uygulamasından (36.03) elde edilmiştir. İnteraksiyonlar içerisinde bu değeri, 35.02 ile Nazlıcan × R3, 34.17 ile R3 × Zn + Fe ve 32.62 ile Nazlıcan × Zn değerleri takip etmiştir. Bütün interaksiyonlarda Nazlıcan çeşidi ve R3 dönemi ön plana çıkmıştır (*Şekil 2*). İki yıllık ortalama SPAD değeri ise 30.48 bulunmuştur (*Tablo 4*). Bazı araştırmacılar tarafından özellikle R3 ve R5 dönemlerinde uygulanan demir gübresinin SPAD değerlerini artırdığı, çinko uygulamasının da demire benzer şekilde SPAD değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve bu değerleri artırdığı bildirilmiştir (Heitholt ve ark., 2003; Wasaya ve ark., 2017). Kobraee ve ark. (2011) ve Bin ve ark. (2016), yaprak klorofil içeriğinin Zn ve Fe besin elementlerinin alımına bağlı olarak pozitif yönde etkilendiğini rapor etmişlerdir. Bu araştırmacıların aksine Sohrabi ve ark. (2012) ise yaptıkları çalışma sonucunda yaprakta Fe uygulamasının SPAD değerleri üzerine önemli bir etkisi olmadığını ($p > 0.05$) bildirmiştir. Mevcut çalışma, Sohrabi ve ark. (2012) dışındaki araştırmacılarla uyum içerisinde olmuştur.

Tablo 3. İncelenen özelliklere ait ANOVA tablosu

Table 3. ANOVA table of the investigated parameters

VK	SD	SPAD		LAI		Zn		Fe	
		KO ₂₀₁₈	KO ₂₀₁₉	KO ₂₀₁₈	KO ₂₀₁₉	KO ₂₀₁₈	KO ₂₀₁₉	KO ₂₀₁₈	KO ₂₀₁₉
Blok	2	16.31	33.71	4.00	9.98	449.10	184.73	574.72	230.30
Çeşit	2	102.69*	45.93öd	1.19*	14.68**	5061.573**	2801.38**	23558.26**	10212.06**
Hata I	4	12.36	8.43	0.13	0.05	58.86	14.50	124.94	11.72
Dönem	2	344.71**	195.67**	8.55**	8.24**	1119.63**	734.07**	8201.83**	11919.21**
Ç×D	4	1.74öd	4.89öd	6.69**	2.74**	1005.31**	232.19**	2904.64**	3322.72**
Hata II	12	5.25	7.94	0.26	0.03	26.06	5.80	55.21	12.69
Gübre	3	10.66*	15.78**	2.39**	10.60**	2255.56**	1627.87**	2429.22**	2221.52**
Ç×G	6	2.82öd	1.19öd	1.30**	4.71**	767.09**	180.76**	2442.71**	357.03**
D×G	6	8.85*	4.17öd	1.06**	1.93**	376.76**	290.10**	1096.72**	1168.51**
Ç×D×G	12	2.06öd	0.83öd	1.09**	1.95**	845.86**	163.10**	878.22**	267.15**
Hata III	54	2.88	2.52	0.30	5.58	10.38	16.90	25.64	19.76

VK: Varyasyon kaynakları; SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, öd: Önemli değil.

Tablo 4. Bağımsız değişkenlere ait klorofil içeriği (SPAD) ve yaprak alan indeksi (LAI) değerleri

Table 4. Chlorophyll content (SPAD) and leaf area index (LAI) values of independent variables

Faktörler	SPAD			LAI		
	2018	2019	Ortalama	2018	2019	Ortalama
Çeşitler						
Arisoy	27.74±0.51 C	30.20±0.47	28.97±0.37	5.65±0.16 A	5.94±0.18 C	5.79±0.12
Bravo	29.69±0.53 B	31.75±0.46	30.72±0.37	5.35±0.18 B	7.21±0.24 A	6.28±0.18
Nazlıcan	31.11±0.58 A	32.40±0.47	31.75±0.38	5.68±0.15 A	6.53±0.18 B	6.10±0.13
CV (%)	11.9	3.3		6.6	3.3	
Dönemler						
V3	27.53±0.44 y	29.16±0.33 z	28.34±0.29	6.11±0.14 x	6.65±0.20 y	6.37±0.12
R1	27.93±0.31 y	31.38±0.34 y	29.65±0.31	5.42±0.13 y	6.99±0.22 x	6.20±0.15
R3	33.08±0.45 x	33.82±0.43 x	33.44±0.31	5.16±0.18 z	6.04±0.21 z	5.60±0.14
CV (%)	7.8	2.7		9.2	2.7	
Gübreler						
Kontrol	29.42±0.58 b	30.34±0.55 b	29.87±0.40	5.51±0.22 b	6.06±0.19 b	5.79±0.14
Zn	30.33±0.58 a	32.07±0.58 a	31.19±0.42	5.81±0.18 a	7.14±0.20 a	6.47±0.16
Fe	29.51±0.76 ab	31.76±0.47 a	30.63±0.47	5.77±0.17 a	7.06±0.24 a	6.41±0.17
Zn + Fe	28.80±0.76 b	31.63±0.60 a	30.21±0.52	5.16±0.18 b	6.97±0.29 b	5.56±0.17
CV (%)	5.7	8.5		9.8	8.5	
Ortalama	29.51±0.33	31.45±0.28	30.48±0.23	5.56±0.09	6.56±0.12	6.06±0.08

CV: Değişim katsayısı; A, B, C çeşitler arasındaki, x, y, z dönemler arasındaki ve a, b, c, d gübreler arasındaki farklılıkları göstermektedir.

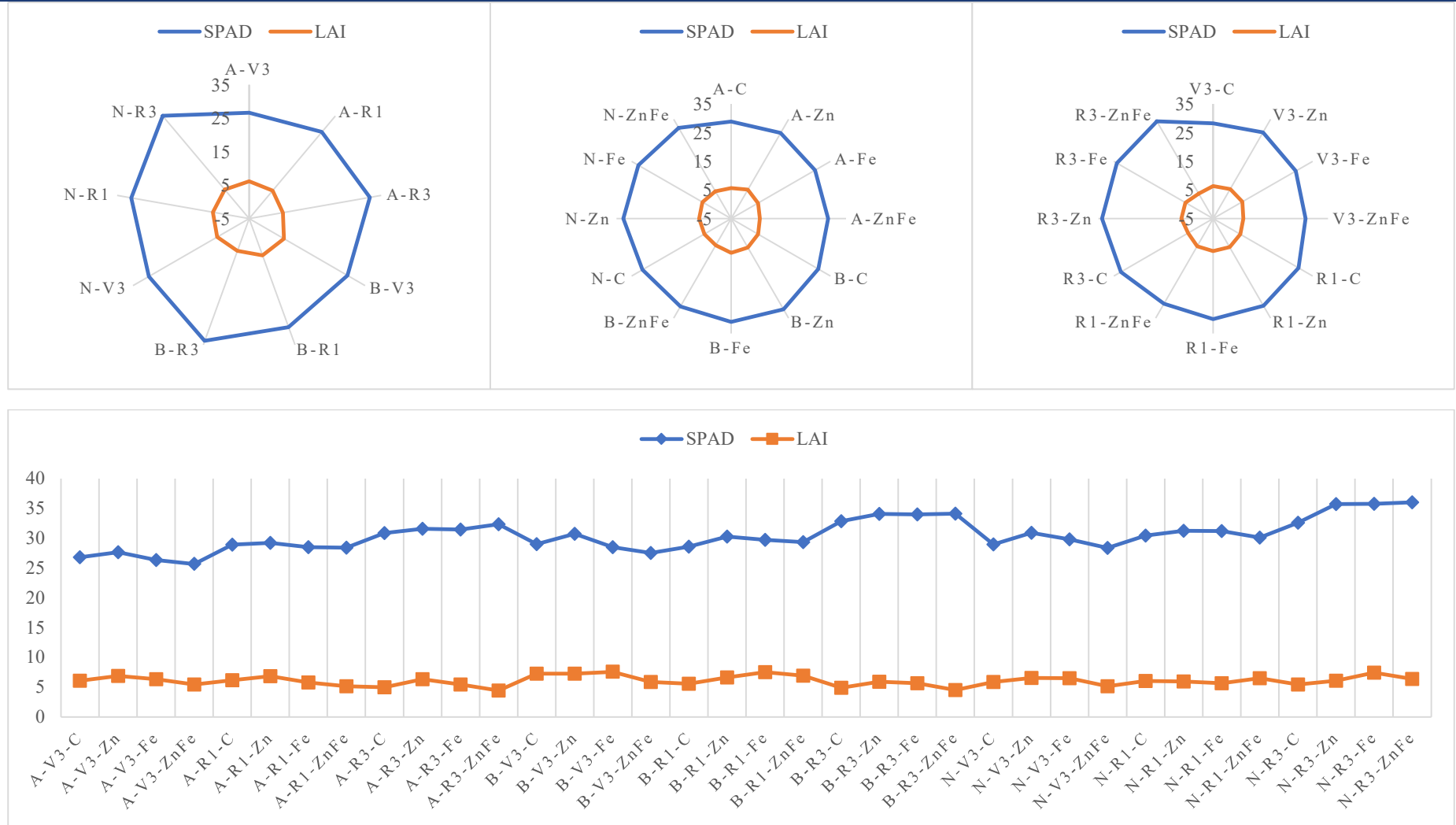


Figure 2. Chlorophyll content (SPAD) and leaf area index (LAI) values of interactions

Şekil 2. İnteraksiyonlara ait klorofil içeriği (SPAD) ve yaprak alan indeksi (LAI) değerleri

Çeşit, dönem ve gübre bağımsız değişkenlerinin ve bunların interaksiyonunun yaprak alan indeksi (LAI) değerleri üzerine önemli bir etkisi ($p < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3 ve 4). En yüksek LAI değeri Bravo \times V3 \times Fe uygulamasından (7.57) elde edilmiştir. İnteraksiyonlar içerisinde bu değeri, 6.98 ile Bravo \times V3, 6.88 ile V3 \times Zn ve 6.91 ile Bravo \times Fe değerleri takip etmiştir. Bütün interaksiyonlarda Bravo çeşidi ve V3 dönemi ön plana çıkmıştır. Karışım şeklinde uygulanması yerine Zn ve Fe'in ayrı ayrı uygulanması daha etkili olmuştur (Şekil 2). İki yıllık ortalama LAI değeri ise 6.06 bulunmuştur (Tablo 4). Caliskan ve ark. (2008), Rotaru ve Sinclair (2009) ve Kahrariyan ve ark. (2013), Fe uygulamasının yaprakta yapılması durumunda LAI üzerine önemli ($p < 0.05$) ve pozitif bir etkisi olduğunu, soya gelişiminin bu uygulamadan etkilendiğini bildirmiştir. Özellikle R4 ve sonrası dönemlerde artan dozlarda Fe uygulamasının LAI'yi de artırdığını rapor etmişlerdir. Ayrıca, Wasaya ve ark. (2017) ve Pejuhan ve Comakli (2018) Zn ve Fe uygulamalarının soyada LAI üzerinde dikkate değer bir etkisinin bulunduğunu ifade etmişlerdir. Mevcut çalışmada, Zn ve Fe gibi besin elementi uygulamalarının bu araştırmacılara paralel şekilde olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir.

Yaprak Zn ve Fe içerikleri üzerine çeşit, dönem ve gübre bağımsız değişkenlerinin ve bunların interaksiyonunun önemli bir etkisi ($p < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3 ve 5). İnteraksiyonlar içerisinde en yüksek Zn içeriği Arısoy \times R3 \times Zn + Fe uygulamasından (87.35 ppm) elde edilmiştir. Onu sırasıyla Bravo \times Zn (76.16 ppm), R3 \times Zn + Fe (70.44 ppm) ve Arısoy \times R3 (67.15 ppm) uygulamaları takip etmiştir. Demir uygulamasında ise en yüksek Fe içeriği Arısoy \times R3 \times Fe uygulamasından (192.95 ppm) elde edilmiş, onu Arısoy \times R3 (154.30 ppm), Arısoy \times Fe (136.33 ppm) ve R3 \times Fe (132.88 ppm) uygulamaları takip etmiştir. Her iki uygulama içerisinde de en yüksek Zn ve Fe birikimlerinin R3 döneminde olduğu, ikinci sırada ise R1 döneminin geldiği görülmüştür (Şekil 3). Vejetatif döneme kıyasla generatif dönemle birlikte yaprak gelişiminin artması, bu dönemde uygulanan besin elementinin daha fazla birikmesinin muhtemel nedeni olarak görülebilir.

Tablo 5. Bağımsız değişkenlere ait yaprak Zn ve Fe içerikleri

Table 5. Leaf Zn and Fe contents of independent variables

Faktörler	Zn (ppm)			Fe (ppm)		
	2018	2019	Ortalama	2018	2019	Ortalama
Çeşitler						
Arısoy	72.98 \pm 4.02 A	42.22 \pm 1.36 B	57.60 \pm 2.78	119.67 \pm 6.44 A	116.45 \pm 5.67 A	118.06 \pm 4.26
Bravo	71.74 \pm 3.18 A	54.00 \pm 2.25 A	62.87 \pm 2.20	72.80 \pm 3.05 C	104.02 \pm 3.23 B	88.41 \pm 2.88
Nazlıcan	51.85 \pm 1.62 B	36.74 \pm 1.94 C	44.29 \pm 1.54	78.49 \pm 3.67 B	83.13 \pm 1.79 C	80.80 \pm 2.04
CV (%)	11.7	8.6		12.4	3.4	
Dönemler						
V3	62.34 \pm 2.55 y	40.00 \pm 2.03 z	51.17 \pm 2.09	78.46 \pm 3.12 z	92.28 \pm 1.70 y	85.37 \pm 1.94
R1	62.27 \pm 3.27 y	43.95 \pm 2.20 y	53.11 \pm 2.24	85.19 \pm 5.26 y	89.18 \pm 2.17 z	87.18 \pm 2.83
R3	71.96 \pm 4.24 x	49.01 \pm 2.22 x	60.48 \pm 2.73	107.32 \pm 7.15 x	122.13 \pm 5.96 x	114.72 \pm 4.70
CV (%)	7.8	5.4		8.2	3.5	
Gübreler						
Kontrol	58.47 \pm 2.16 c	36.89 \pm 1.41 d	47.68 \pm 1.95	80.74 \pm 3.78 d	89.87 \pm 3.44 c	85.30 \pm 2.61
Zn	71.08 \pm 4.46 b	54.08 \pm 2.60 a	62.57 \pm 2.81	86.98 \pm 5.32 c	97.88 \pm 3.76 b	92.43 \pm 3.31
Fe	57.09 \pm 3.05 c	39.43 \pm 2.14 c	48.26 \pm 2.21	103.25 \pm 8.92 a	108.93 \pm 6.74 a	106.09 \pm 5.55
Zn + Fe	75.47 \pm 4.77 a	46.88 \pm 2.61 b	61.17 \pm 3.33	90.32 \pm 7.06 b	108.11 \pm 5.53 a	99.21 \pm 4.60
CV (%)	4.9	9.3		5.6	4.4	
Ortalama	65.52 \pm 2.00	44.32 \pm 1.28	54.92 \pm 1.39	90.32 \pm 3.33	101.19 \pm 2.60	95.76 \pm 2.14

CV: Değişim katsayısı; A, B, C çeşitler arasındaki, x, y, z dönemler arasındaki ve a, b, c, d gübreler arasındaki farklılıkları göstermektedir.

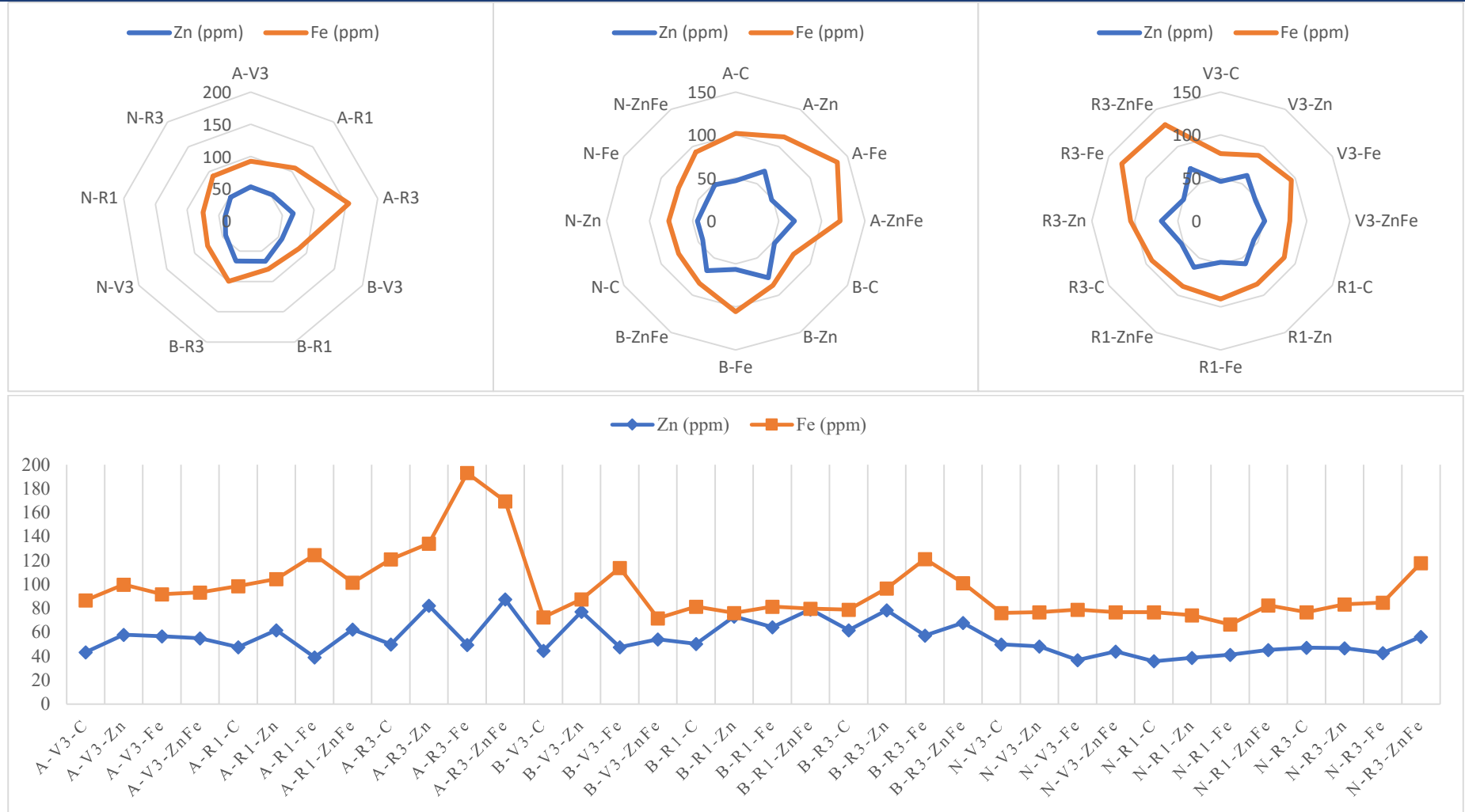


Figure 3. Leaf Zn and Fe contents of interactions

Şekil 3. İnteraksiyonlara ait yaprak Zn ve Fe içerikleri

4. Sonuç

Kireç içeriği ve pH'sı yüksek topraklarda bulunan besin elementlerinin bitkiler tarafından alımı kısıtlı olmakta veya bitki hiç alamamaktadır. Bu gibi topraklarda, uzun vadede toprak ıslahı yapılabileceği gibi kısa vadede ise yaprak gübrelemesi yoluyla bu besin elementlerinin verilebilmesi mümkündür. Yaprak gübrelemesine bitkilerin tepkisi hızlı olmakla birlikte toprak ıslahına göre maliyeti de daha düşüktür.

İki yıllık yürütülen bu arazi çalışmasında soya bitkisinin farklı gelişim dönemlerinde uygulanan çinko, demir ve karışımlarının etkisi incelenmiş ve pozitif sonuçlar alınmıştır. SPAD içeriği bakımından en yüksek değer Nazlıcan \times R3 \times Zn + Fe uygulamasından (36.03) alınırken LAI açısından Bravo \times V3 \times Fe uygulaması (7.57) ön plana çıkmıştır. SPAD ölçümlerinde daha çok generatif dönemlerde yüksek sonuç alınırken, LAI ölçümlerinde vejetatif dönem daha iyi sonuç vermiştir. Yaprak besin elementi içerikleri yönünden incelendiğinde ise generatif dönemde (sırasıyla R3, R1) yapılan uygulamalar neticesinde Zn ve Fe birikimleri daha fazla olmuştur. Bunun muhtemel nedeninin vejetatif döneme kıyasla generatif dönemle birlikte yaprak ve bitki gelişiminin artması olduğu söylenebilir. Sonuç olarak, kireçli topraklarda soya bitkisinin ihtiyacı olan besin elementlerinin yaprak gübrelemesi ile karşılanabileceği görülmüştür.

Teşekkür

Yazarlar olarak Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (HMKÜ BAP) finansal desteği (17.D.001) için; HMKÜ Teknoloji ve Ar-Ge Uygulama Merkezi'ne, Dr. Merve Olukman Şahin'e ve Öğr.Gör. Serbay Bucak'a besin elementi analizlerindeki katkıları için teşekkür ediyoruz.

Kaynakça

- Anonim, (2021a). Food and Agriculture Data (FAO). <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim tarihi: 22.06.2021)
- Anonim, (2021b). Bitkisel Üretim İstatistikleri (TÜİK). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/> (Erişim tarihi: 21.06.2021)
- Bin, L.M., Weng, L., Bugster, M.H.J. (2016). Effectiveness of FeEDDHA, FeEDDHMA, and FeHBED in preventing iron-deficiency chlorosis in soybean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 8273-8281.
- Caliskan, S., Ozkaya, I., Caliskan, M.E., Arslan, M. (2008). The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. *Field Crops Research*, 108: 126-132.
- Chhonkar, A.K., Chandel, A.S. (1991). Effect of iron and molybdenum on nitrogenase activity and nitrogen fixation in soybean (*Glycine max* L.) grown in alluvial soils of North India. *Indian Journal of Agronomy*, 36 (SUPPL): 124-128.
- Ghasemian, V., Ghalavand, A., Soroosh Zadeh, A., Pirzad, A. (2010). The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed. *Journal of Phytology*, 2(11): 73-79.
- Goos, R.J., Johnson, B.E. (2000). A comparison of three methods for reducing iron-deficiency chlorosis in soybean. *Agronomy Journal*, 92 (6): 1135-1139.
- Heitholt, J.J., Sloan, J.J., MacKown, C.T., Cabrera, R.I. (2003). Soybean growth on calcareous soil as affected by three iron sources. *Journal of Plant Nutrition*, 26, 935-948.
- Kahrariyan, B., Yeganehpour, F., Beyginiya, V., Samadiyan, F. (2013). Effect of FE foliar application on morphological and physiological traits of different dryland wheat cultivars. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(12):1583-1589.
- Kinaci, E., Gulmezoglu, N. (2007). Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilizers. *Interciencia*, 32(9): 624-628.
- Kobraee, S., Shamsi, K., Ekhtiari, S. (2011). Soybean nodulation and chlorophyll concentration (SPAD value) affected by some of micronutrients. *Annals of Biological Research*, 2(2): 414-422.
- Ma, J.F., Ling, H-Q. (2009). Iron for plant and humans. *Plant and Soil*, 325: 1-3.
- Marschner, P. (2012). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, UK:
- Öztürk, B., Zengin, M., Gökmen Yılmaz, F. (2020). Potasyum ve çinkolu gübrelemenin enginarıda verim ve verim unsurlarına etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2): 180-190.
- Pejuhan, J., Çomaklı, B. (2018). Kireçli topraklarda uygulanan demir, çinko ve bazı biyolojik gübrelere yemlik soya (*Glycine max*(L) Merrill)'da verim ve bazı özelliklere etkileri. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 33(2):153-163.
- Ramadan, A.A.E., El-Bassiouny, H.M.S., Bakry, B.A., Abdallah, M.M.S., El-Enany, M.A.M. (2020). Growth, yield and biochemical changes of soybean plant in response to iron and magnesium oxide nanoparticles. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23: 406-417.
- Roomizadeh, S., Karimian, N. (1996). Manganese-Iron Relationship in Soybean Grown in Calcareous Soils. *Journal of Plant Nutrition*, 19 (2): 397-406.
- Rotaru, V., Sinclair, T.R. (2009). Influence of Plant Phosphorus and Iron Concentrations on Growth of Soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 32:1513-1526.
- Sawan, Z.M., Mahmoud, M.H., El-Guibali, A.H. (2008). Influence of potassium fertilization and foliar application of zinc and phosphorus on growth, yield components, yield and fiber properties of Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Journal of Plant Ecology*, 1 (4): 259-270.
- Sheykhabglou, R., Sedghi, M., Fathi-Achachlouie, B. (2018). The effect of ferrous nano-oxide particles on physiological traits and nutritional compounds of soybean (*Glycine max* L.) seed. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 90(1): 485-494.
- Sohrabi, Y., Habibi, A., Mohammadi, K., Sohrabi, M., Heidari, G., Khalesro, S., Khalvandi, M. (2012). Effect of nitrogen (N) fertilizer and foliar-applied iron (Fe) fertilizer at various reproductive stages on yield, yield component and chemical composition of soybean (*Glycine max* L. Merr.) seed. *African Journal of Biotechnology*, 11(40): 9599-9605.
- Şahin, C.B., İşler, N. (2021). Foliar applied zinc and iron effects on yield and yield components of soybean: Determination by PCA analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(3): 212-221.
- Terry, R.E., Jolley, V.D. (1994). Nitrogenase activity is required for activation of iron stress response in iron inefficient T203 soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 17: 1417-1428.
- Unakitan, G., Aydın, B. (2012). Türkiye’de soya üretiminin ekonometrik analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1): 6-14.
- Wasaya, A., Shabir, M.S., Hussain, M., Ansar, M., Aziz, A., Hassan, W., Ahmad, I. (2017). Foliar application of Zinc and Boron improved the productivity and net returns of maize grown under rainfed conditions of Pothwar plateau. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(1): 33-45

-
- Wiersma, J.V. (2005). High rates of Fe-EDDHA and seed iron concentration suggest partial solutions to iron deficiency in soybean. *Agronomy Journal*, 97: 924-934.
- Yadavi, A., Aboueshaghi, R.S., Dehnavi, M.M., Balouchi, H. (2014). Effect of micronutrients foliar application on grain qualitative characteristics and some physiological traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 4: 124-131.
- Zaheer, I.E., Ali, S., Saleem, M.H., Ali, M., Riaz, M., Javed, S., Sehar, A., Abbas, Z., Rizwan, M., El-Sheikh, M.A., Alyemeni, M.N. (2020). Interactive role of zinc and iron lysine on *Spinacia oleracea* L. growth, photosynthesis and antioxidant capacity irrigated with tannery wastewater. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26: 2435-2452.
- Zayed, B.A., Salem, A.K.M., El Sharkawy, H.M. (2011). Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 7(2): 179-184.