

Atf İçin: Öztürk E, Akay H, Sezer İ, 2021. Şeker Mısırdaki Çimlenme ve Erken Fide Gelişimi Döneminde Tuz Stresine Karşı Salisilik Asit Ön Uygulamasının Etkisi. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(4): 3213-3221.

To Cite: Öztürk E, Akay H, Sezer İ, 2021. The Effect of Salicylic Acid Pre-Application Against Salt Stress During Germination and Early Seedling Development in Sugar Corn. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(4): 3213-3221.

Şeker Mısırdaki Çimlenme ve Erken Fide Gelişimi Döneminde Tuz Stresine Karşı Salisilik Asit Ön Uygulamasının Etkisi

Elif ÖZTÜRK^{1*}, Hasan AKAY¹, İsmail SEZER¹

ÖZET: Bu araştırma, farklı NaCl konsantrasyonları ve salisilik asit uygulamalarının şeker mısırdaki çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen Merit F1 (su) çeşidi kullanılmıştır. Şeker mısır tohumları üç farklı salisilik asit dozu (0, 1 ve 2 mM) ile priming yapılmıştır. Priming yapılan tohumlar beş farklı (0.38, 1.50, 3.00, 6.00, 10.00 dSm⁻¹) NaCl konsantrasyonlarında hazırlanan çözelti kullanılarak çimlenme ve fide döneminde sulama yapılmıştır. Tohum ekiminden 5 gün sonra çimlenme oranı, 15 gün sonra kök ve gövde uzunluğu, kök gövde oranı, kök ve gövde kuru madde oranı, fide gücü indeksi, tuz toleransı ve vigor indeksi ölçümleri yapılmıştır. Araştırmada incelenen karakterler arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Tuz dozu arttıkça çimlenme oranı ve fide gelişimi özelliklerinin azaldığı belirlenmiştir. 1 mM salisilik asit uygulamasında tuz stresinin önemli ölçüde baskılandığı, ancak 2 mM ve üzeri uygulamalarda ise bu baskılamının ortadan kalktığı görülmüştür. Analiz sonucunda elde edilen formül yardımıyla % 80 çimlenme oranı için 0, 1 ve 2 mM uygulamaları için sırasıyla maksimumu 1.62, 5.02 ve 4.14 dSm⁻¹ sulama suyu tuzluluğunda belirlenmiştir. Salisilik asit uygulanmayan ile uygulaması yapılan şeker mısır tohumları arasında 4 – 5 kat tuza dayanıklı sağladığı belirlenmiştir. Şeker mısırdaki tuzluluk açısından en iyi sonucun 1 mM dozunda uygulandığında tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şeker Mısır, Tuz Stresi, Salisilik Asit, Priming

The Effect of Salicylic Acid Pre-Application Against Salt Stress During Germination and Early Seedling Development in Sugar Corn

ABSTRACT: This research was carried out to determine the effects of different NaCl concentrations and salicylic acid treatments on germination and early seedling growth in sweet corn. Merit F1 (su) variety, which is widely grown in our country, was used in the study. Sweet corn seeds were primed with three different salicylic acid doses (0, 1 and 2 mM). Priming seeds were irrigated during germination and seedling periods using the solution prepared at five different (0.38, 1.50, 3.00, 6.00, 10.00 dSm⁻¹) NaCl concentrations. Germination rate 7 days after sowing, root and stem length, root and stem ratio, root and stem dry matter ratio, seedling vigor index, salt tolerance and vigor index measurements were made after 15 days. It was determined that there were statistically significant differences between the characters examined in the study. As a result of the salt ratio increases to different salt concentrations, the germination rate and seedling growth characteristics decrease. However, it was determined that the applied salicylic acid significantly suppressed salt stress at a dose of 1 mM, but the suppressive property of salicylic acid application decreased when the dose was increased to 2 mM. With the help of the formula obtained as a result of the analysis, the maximum for 0, 1 and 2 mM applications for 80% germination rate was determined at 1.62, 5.02 and 4.14 dSm⁻¹ irrigation water salinity, respectively. It has been determined that it provides 4-5 times salt resistance between the sweet corn seeds that are not treated with salicylic acid and the applied sweet corn seeds. The best result in terms of salinity in sweet corn was determined when applied at a dose of 1 mM.

Keywords: Sweet Corn, Salt Stress, Salicylic Acid, Priming

¹Elif ÖZTÜRK ([Orcid ID: 0000-0001-9723-6092](https://orcid.org/0000-0001-9723-6092)), Hasan AKAY ([Orcid ID: 0000-0003-1198-8686](https://orcid.org/0000-0003-1198-8686)), İsmail SEZER ([Orcid ID: 0000-0002-8407-7448](https://orcid.org/0000-0002-8407-7448)), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Elif ÖZTÜRK, e-mail: elif.ozturk@omu.edu.tr

GİRİŞ

Şeker mısır (*Zea mays* L. *sacharata* STURT.) diğer mısır alttürleri içerisinde en büyük embriyoya sahip olduğundan en yüksek yağ ve protein oranına sahip olması yanında, endospermelerinde yüksek oranda şeker bulundurmasından dolayı besin değeri oldukça yüksektir. Şeker mısır koçanları hem suda kaynatılarak hemde ateşte közlenerek tüketildiği gibi; koçandan ayrılan taneler konserve ve dondurularak uzun süre muhafaza edilmektedir (Erdal ve Pamukçu, 2005). Bu sayede tüketimi yıl boyu devam etmektedir. Ülkemizde şeker mısıra olan talebin artmasıyla üretim alanı genişlemeye eğilimindedir.

Bitkilerde tuz stresinin tüm gelişme dönemlerini etkilediği, ancak pek çok bitki türünde en çok zararın çimlenme ve erken gelişme dönemlerinde görüldüğü bildirilmektedir (Munns, 2002). Önümüzdeki yıllarda da iklim değişikliğinin neden olduğu yağış rejimindeki farklılıklardan dolayı tarım topraklarında tuz stresinde önemli bir artış öngörülmektedir (Abdelgawad ve ark., 2016).

Şeker mısır diğer mısır varyeteleri içerisinde stres faktörlerine karşı çok hassastır (Anıl ve Sezer, 2003). Şeker mısır abiyotik stres faktörlerinden tuzluluğa karşı toleransı oldukça düşüktür. Şeker mısırın, abiyotik stres faktörlerinden tuzluluğa karşı toleransı oldukça düşüktür. Özellikle şeker mısır abiyotik stres faktörü olan tuzluluk şartlarından olumsuz yönde etkilenmektedir (Sun ve ark., 2016).

Çeşitli stres ortamlarında yetiştirilen bitkilerde, priming uygulamalarına bitki büyüme düzenleyicilerinin ve hormonların dâhil edilmesiyle; tohum çimlenme ve fide gelişimi performansını artırdığı gözlemlenmiştir (Lee ve ark., 1998). Salisilik asit (SA), özellikle çimlenme olmak üzere, fotosentez, solunum, çiçeklenme ve yaşlanma gibi büyüme ve gelişme evrelerinin düzenlenmesinde katkıda bulunan, fitohormon olarak bilinen bir fenolik bileşiktir (Rivas-San Vicente ve Plasencia, 2011). Ayrıca abiyotik stres faktörlerine karşı oluşturulan bitki savunma cevaplarında önemli role sahip bir sinyal molekülüdür (Hara ve ark., 2012; Miura ve Tada, 2014; Semida ve ark., 2017). Salisilik asit ile priming uygulamasının tuzluluğun bitkiler üzerindeki etkilerini azalttığı çeşitli araştırmalarla kanıtlanmıştır (Jini ve Joseph, 2017; Anaya ve ark., 2018). Bu araştırma salisilik asit ön uygulamasının farklı NaCl konsantrasyonlarında şeker mısırın (*Zea mays* L. *sacharata* STURT.) çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarlarında, Merit F1(su) şeker mısır çeşidi kullanılarak 2020 yılında yürütülmüştür.

Araştırmada, tohumlara 3 farklı salisilik asit priming uygulaması (0 (S0), 1 (S1), 2 (S2) mM) ile NaCl tuzu kullanılarak, 5 farklı tuzlu su konsantrasyonu (0.38 dS m⁻¹ (T0), 1.5 dS m⁻¹ (T1), 3 dS m⁻¹ (T2), 6 dS m⁻¹ (T3), 10 dS m⁻¹ (T4)) işlemleri tesadüf parselleri deneme desenine 3 tekrarlı olarak planlanmıştır. Çimlendirme öncesinde tohumlar %5'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 10 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur (Uyanık ve ark., 2014). Sterilizasyon sonrasında tohumlar priming uygulaması için salisilik asit çözeltilerinde 12 saat bekletilmiştir. Ön uygulamadan sonra tohumlar uygun nem içeriğine dönmesi için oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Çift katlı kurutma kâğıdı bulunan kapaklı şeffaf plastik kaplara (10×10×4cm), 20 adet tohum cımbız yardımıyla ekilip, tuz dozlarına göre 10 ml NaCl eklenmiştir (Akay ve ark., 2019). Çimlendirme kapları iklim dolabında 25±1°C sıcaklık ve %75 nem olacak şekilde günlük 12 saat 12.000 lüks ışık ile yetiştirme ortamı oluşturulmuştur. Tuz birikimini önleyebilmek için filtre kâğıtları 2 gün aralıklarla değiştirilmiştir (Rehman ve ark., 1996). Araştırmada, ilk 7 gün çimlenen tohumlar sayılmış ve 2 mm kökçük uzunluğuna sahip olan tohumlar, çimlenmiş olarak kabul edilmiştir (ISTA, 2003). Araştırmada 15. günün sonunda kök uzunluğu, gövde uzunluğu, kök gövde oranı, kök kuru madde oranı, gövde kuru

madde oranı, çimlenme hızı, çimlenme oranı (Akay ve ark., 2019), fide gücü indeksi (Butola ve Badola, 2004), tuz toleransı indeksi (Matwijcuk ve ark., 2012), vigor indeksi (Hu ve ark., 2005) ölçümleri yapılmıştır.

Verilerin istatistiksel analizi JMP istatistik programı aracılığıyla yapılmıştır. Grupların ortalamaları arasındaki farkın önemlilik kontrolü Tukey testi kullanılarak yapılmıştır. İncelenen karakterler arasındaki ilişki için Biplot, Pearson ve Kümeleme analizi (JMP, 2019), Curve fitting with MATLAB modelleme ile yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Salisilik asit ve farklı NaCl dozlarının, şeker mısırdaki çimlenme ve erken fide dönemine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, incelenen bütün parametrelerin ortalaması ve TUKEY gruplandırılması Çizelge 1’de verilmiştir. Salisilik Asit, Tuz Dozları ve Salisilik Asit ile Tuz İnteraksiyonlarının (SA x NaCl) istatistiki yönden incelenen bütün parametrelerde ortalamalar arası farkları önemli ölçüde etkiledikleri görülmüştür.

Bitkilerde kökler su ve besin maddesi alımını sağlayan ve stres faktörlerinden etkilenen önemli kısımlarıdır. Yapılan çalışmada stres faktörü olarak kullanılan NaCl tuzunun miktarı arttıkça, kök uzunluğu azalmaya başlamıştır. Yapılan çalışmada salisilik asit uygulaması S0 ile S2 benzer sonuçları verdiği S1 dozunun ise NaCl etkisini azaldığı tespit edilmiştir. Tuz stresinin 1.5 dS m⁻¹ (T1) doz uygulamasından sonra belirgin bir şekilde etkisi ortaya çıkmaktadır.

Yapılan çalışmada salisilik asit uygulaması yapılmadan kontrol ile T1 (1.5 dS m⁻¹) dozu arasında kök uzunluğu % 26.43 bir artış olurken T2 (% 21.77) ile T4 (%52.44) arasında T3 dozundaki bu fark (% 3.47) oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Salisilik asit 1 (1 mM) uygulamasında T2 tuzluluk seviyesinde en yüksek kök uzunluğunun (14.50 cm) olduğunu S0 uygulamasına göre % 100 daha uzun olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1). Tuz stresinin bitkilerde sürgün uzunluğuna olumsuz etkisinin olduğu pek çok çalışmada ifade edilmiştir (Yousofinia ve ark., 2012; Hossain ve ark., 2013; Özkan ve Demiroğlu Topçu, 2017; Vazirimehr ve ark., 2014; Jini ve Joseph, 2017).

Bitkilerde fide dönemindeki gövde uzunluğu, sağlıklı ve kaliteli fide yetiştirmek için önemli bir parametredir. Gövde uzunluğu ile yaprak sayısı, gövde yaş ve kuru ağırlığı arasında önemli bir pozitif ilişki bulunmaktadır (Vazirimehr ve ark., 2014; Jini ve Joseph, 2017). Araştırmada gövde uzunluğu, salisilik asit uygulamalarında S2 dozunda genel ortalamanın düştüğü tespit edilmiştir. Çalışmada, S1 (11.49 cm) ve S0 (11.27 cm) dozları arasında istatistiki açıdan aynı grupta yer alıp aralarında herhangi bir fark bulunmamıştır. Gövde uzunluğu, NaCl dozlarında, T2 dozundan sonra fide uzunluğunu baskılamaya başladığı ve kontrol ile T4 dozu arasında % 30’luk azalma olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Gövde yaş ve kuru ağırlıkları birlikte incelendiğinde, tuzluluk konsantrasyonlarına göre en fazla gövde yaş - kuru ağırlıkları sırasıyla 429 – 41 mg ile T0 konsantrasyonunda tespit edilmiştir. T4 tuz konsantrasyonunun, kontrole göre gövde yaş ağırlığının %30 ve kuru ağırlığının ise % 27 azaldığı belirlenmiştir (El Goumi ve ark., 2014; Demiroğlu Topçu ve ark., 2018). Çalışmada gövde yaş ağırlıkları bakımından ortalama salisilik asit dozları incelendiğinde, S0 (400 mg) ve S1 (386 mg) dozları istatistiki açıdan aynı grupta yer almıştır. Ortalama salisilik asit dozları incelendiğinde, kontrol (S0) dozunun istatistiksel olarak en iyi grupta olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çalışmada kök yaş ve kuru ağırlıkları incelendiğinde, farklı tuz konsantrasyonlarına göre en fazla kök yaş – kuru ağırlıkları sırasıyla, 170 (T1) – 17 (T0) mg olarak tespit edilmiştir. T4 tuz konsantrasyonunun, kontrole göre kök yaş ağırlığının %57 ve kuru ağırlığının ise % 47 azaldığı belirlenmiştir. (Palma ve ark., 2013). Kök yaş ağırlıkları bakımından ortalama salisilik asit dozları incelendiğinde, S1 (156 mg) dozu istatistiksel olarak en iyi grupta yer almıştır. Kök kuru ağırlıkları

yönünden incelendiğinde ise, S0 (14 mg) ve S1 (13 mg) dozları istatistiksel açıdan aynı grupta yer almıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Salisilik asit ön uygulamasının farklı NaCl konsantrasyonlarında incelenen parametreler*

Tuz Seviyeleri	Salisilik Asit Dozları							
	S0	S1	S2	Ort.	S0	S1	S2	Ort.
	Kök Uzunluğu (cm)				Gövde Uzunluğu (cm)			
T0	9.23 cde	12.23 abc	9.90 bcd	10.46 a	12.26 ab	12.79 ab	11.71 abc	12.25 a
T1	11.67 abc	13.40 ab	10.52 bcd	11.86 a	12.15 ab	12.57 ab	12.48 ab	12.40 a
T2	7.22 def	14.50 a	9.96 bcd	10.56 a	11.22 a-d	12.94 a	11.48 a-d	11.88 a
T3	8.91 cde	7.70 def	7.50 def	8.04 b	10.92 bcd	11.46 a-d	9.70 de	10.69 b
T4	4.39 f	7.50 def	5.43 ef	5.77 c	9.82 cde	7.71 f	8.04 ef	8.53 c
Ort.	8.28 b	11.07 a	8.66 b	9.34	11.27 a	11.49 a	10.68 b	11.15
	Gövde Yaş Ağırlığı (mg)				Gövde Kuru Ağırlığı (mg)			
T0	461 a	440 a	387 abc	429 a	52 a	36 def	34 d-g	41 a
T1	417 ab	428 a	389 abc	411 a	41 bc	32 fg	38 b-e	37 b
T2	352 a-d	438 a	336 a-d	375 ab	44 b	29 g	37 c-f	37 b
T3	384 abc	397 ab	254 cd	345 bc	39 bcd	39 bcd	36 def	38 b
T4	388 abc	229 d	29 bcd	302 c	39 bcd	18 h	33 efg	30 c
Ort.	400 a	386 a	331 b	373	43 a	31 c	35 b	36
	Kök Yaş Ağırlığı (mg)				Kök Kuru Ağırlığı (mg)			
T0	153 a-d	191 a	156 abc	167 ab	14 b-f	18 ab	21 a	17 a
T1	159 abc	191 a	159 abc	170 a	16 abc	15 b-e	10 e-1	14 b
T2	124 b-e	176 ab	125 b-e	142 b	13 b-g	13 b-g	11 d-1	12 bc
T3	108 c-f	160 abc	69 ef	112 c	16 abc	9 gh1	9 gh1	11 c
T4	98 def	63 f	57 f	72 d	11 d-1	8 h1	7 1	9 d
Ort.	128 b	156 a	113 b	133	14 a	13 ab	12 b	13
	Gövde Kuru Madde Oranı (%)				Kök Kuru Madde Oranı (%)			
T0	88.75 c-f	91.88 abc	91.19 a-d	90.61 a	90.64 a-e	90.72 a-e	86.73 gh	89.37 b
T1	90.01 a-e	92.23 ab	90.11 a-e	90.78 a	89.88 b-g	92.24 a-d	93.49 ab	91.87 a
T2	87.60 ef	93.24 a	89.05 b-f	89.96 ab	89.53 c-g	92.76 abc	91.15 a-e	91.15 a
T3	89.76 b-e	90.11 a-e	85.98 f	88.62 b	85.22 h	94.19 a	86.63 gh	88.68 b
T4	89.79 b-e	91.96 abc	88.57 def	90.10 a	88.88 d-h	86.84 fgh	87.60 e-h	87.77 b
Ort.	89.18 b	91.88 a	88.98 b	90.01	88.83 b	91.351 a	89.12 b	89.77
	Çimlenme Hızı (%)				Çimlenme Oranı (%)			
T0	63.33 b	75.00 a	50.00 cd	62.78 a	95.00 a	93.33 ab	91.67 abc	93.33 a
T1	56.66 bc	56.67 bc	50.00 cd	54.44 b	81.67 cde	91.67 abc	83.33 bcd	85.56 b
T2	46.67 cd	46.67 cd	31.67 ef	41.67 cd	71.67 efg	85.00 a-d	85.00 a-d	80.56 c
T3	41.67 de	45.00 d	41.67 de	42.78 d	71.67 efg	76.67 def	75.00 def	74.44 d
T4	40.00 de	43.33 d	28.33 f	37.22 d	63.33 g	68.33 fg	61.67 g	64.44 e
Ort.	49.67 b	53.33 a	40.33 c	47.78	76.67 b	83.00 a	79.33 b	79.667
	Toplam Kuru Madde Oranı (%)				Fide Gücü İndeksi			
T0	65.59 a	53.42 bcd	54.82 bc	57.95 a	10.07 a	10.08 a	9.64 b	9.96 a
T1	57.28 b	47.18 def	48.26 c-f	50.91 b	8.99 d	10.25 a	9.35 bc	9.56 b
T2	56.68 b	42.06 fg	47.62 def	48.79 b	8.14 f	9.28 cd	7.60 g	8.34 c
T3	54.69 bc	48.22 c-f	44.65 efg	49.19 b	7.10 h	8.56 e	7.22 h	7.66 d
T4	49.86 cde	26.09 h	40.15 g	38.70 c	7.41 gh	7.24 h	6.26 ı	6.97 e
Ort.	56.82 a	43.39 c	47.10 b	49.10	8.34 b	9.081 a	8.012 c	8.48
	Tuz Tolerans İndeksi				Vigor İndeksi			
T0	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	2045 ab	2338 a	1979 abc	2121 a
T1	87.29 bc	88.45 ab	88.17 b	87.97 b	1950 abc	2379 a	1916 a-d	2082 a
T2	86.48 bc	78.83 bcd	87.14 bc	84.15 b	1322 efg	2343 a	1819 b-e	1828 b
T3	83.45 bcd	90.28 ab	81.47 bcd	85.07 b	1424 def	1468 c-f	1291 fg	1394 c
T4	76.06 cd	48.90 e	73.53 d	66.16 c	900 g	1038 fg	831 g	923 d
Ort.	86.65 a	81.29 b	86.06 a	84.67	1528 b	1913 a	1567 b	1670

* S0: Salisilik asit uygulaması yok; S1: Salisilik asit 1 mM uygulaması; S2: Salisilik asit 2 mM uygulaması; T0: 0.38 dS m⁻¹

¹ NaCl Dozu; T1: 1.5 dS m⁻¹ NaCl Dozu; T2: 3 dS m⁻¹ NaCl Dozu; T3: 6 dS m⁻¹ NaCl Dozu; T4: 10 dS m⁻¹ NaCl Dozu.

Gövde ve kök kuru madde oranları incelendiğinde, ortalama tuz konsantrasyonlarına göre en fazla kuru madde oranları sırasıyla, T2 (%90.78) ve T1 (%91.87) dozlarında belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları arttıkça gövde ve kök kuru madde oranları azalmıştır (Vazirimehr ve ark., 2014; Jini ve Joseph, 2017). Gövde ve kök kuru madde oranları bakımından ortalama salisilik asit değerleri incelendiğinde, her iki parametrede de S1 dozu istatistiksel olarak en iyi grupta yer almıştır (Çizelge 1).

Çimlenme hızı ve çimlenme oranı değerleri birlikte incelendiğinde, farklı tuz konsantrasyonlarına göre en yüksek çimlenme hızı ve gücü, kontrol dozunda sırasıyla % 62.78 ve % 93.33 olarak tespit edilmiştir. Tuz konsantrasyon seviyeleri arttıkça çimlenme hızı ve gücü oranları azalmıştır (Asgharipour ve Rafiei, 2011; Islam ve ark., 2012; Güldüren ve Elkoca, 2012). T4 tuz konsantrasyonunun kontrol grubuna göre çimlenme hızı %41, çimlenme oranı ise %31 azalma göstermiştir. Ortalama salisilik asit değerleri incelendiğinde hem çimlenme hızı hem de çimlenme oranı bakımından S1 dozu (% 53.33 ve 83) istatistiksel olarak en iyi grupta yer almıştır (Çizelge 1).

Toplam kuru madde oranı ortalama tuz konsantrasyonları ve salisilik asit bakımından incelendiğinde, sırasıyla %57.95 ve %56.82 olarak her iki parametrede de kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 1). Tuz konsantrasyon seviyeleri arttıkça toplam kuru madde oranı azalmıştır (Hussein ve ark., 2007; Suhaib ve ark., 2018).

Fide gücü indeksi değerleri ortalama tuz konsantrasyonu seviyelerine göre incelendiğinde, T0 dozunda 9.96 değeri ile istatistiksel olarak en iyi grupta yer almıştır. Tuz konsantrasyonları arttıkça fide gücü indeksi değerleri azalmıştır. T4 tuz konsantrasyonunun, kontrol grubuna göre % 30 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Ortalama salisilik asit değerleri bakımından fide gücü indeksi incelendiğinde, istatistiksel olarak en iyi dozun S1 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Tuz tolerans indeksi, yüksek oranlardaki tuz içeriğine sahip olan ortamlarda bitkilerin büyüme ve gelişmesini sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Maathuis ve Altmann, 1999). Çizelge 1 incelendiğinde, artan tuz seviyelerine bağlı olarak tuz tolerans indeksi değerleri azalmıştır (Abdi ve ark., 2016; Özkan ve Demiroğlu Topçu, 2017). Ortalama tuz seviyeleri incelendiğinde tuz tolerans indeksi, kontrol uygulaması hariç 87.97 ile 66.16 değerleri arasında değişmiştir. Ortalama salisilik asit dozları açısından tuz tolerans indeksi incelendiğinde, S0 (86.65) ve S2 (86.06) uygulamaları aynı istatistiksel grupta yer almıştır (Çizelge 1).

Çalışmada artan tuz seviyelerine bağlı olarak vigor indeksi değerleri azalmıştır. Ortalama tuz seviyeleri incelendiğinde T0 ve T1 tuz konsantrasyonlarında vigor indeksi değeri sırasıyla 2121 ve 2082 olarak belirlenmiştir. Her iki işlem de istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı için uygulamalar arasındaki ilişki farksız olarak tespit edilmiştir. Ortalama tuz seviyeleri arasında T4 tuz konsantrasyonunun kontrole göre vigor indeksi değeri %56 azalmıştır. Ortalama salisilik asit değerleri vigor indeksi değerleri bakımından incelendiğinde, S1 uygulaması istatistiksel olarak diğer işlemlere göre daha iyi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Araştırmada incelenen parametreler arasında korelasyon analizi yapılmıştır (Çizelge 2). Korelasyon analiz sonuçlarına göre, gövde uzunluğu ile kök uzunluğu arasında pozitif ve çok önemli iken gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, tuz tolerans indeksi, fide gücü indeksi, çimlenme gücü, çimlenme oranı ve vigor indeksi arasında pozitif ve önemli ilişki tespit edilmiştir. Kök uzunluğu ile kök yaş ağırlığı, toplam kuru ağırlığı ve vigor indeksi haricinde pozitif yönde önemli korelasyon bulunmuştur. Çimlenme oranı ile kök yaş madde ağırlığı, kök kuru madde ağırlığı ve vigor indeksi haricinde önemli ilişki tespit edilmiştir. Kök yaş ağırlığı ile toplam kuru madde oranı arasında negatif ilişkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Çeşitli araştırmacılar, gövde uzunluğu ile kök uzunluğu ve gövde kuru ağırlığı arasında pozitif ve önemli (Shahzad ve ark., 2012); tuz tolerans

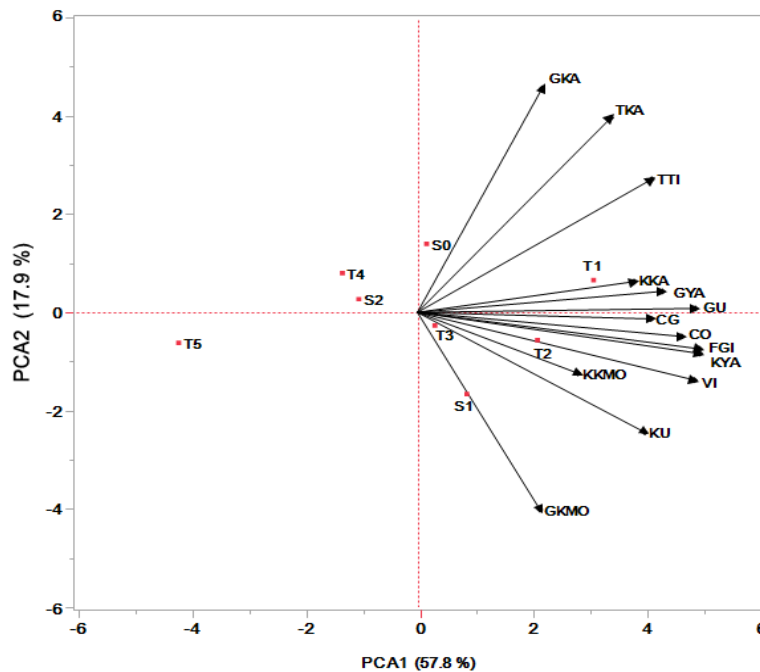
indeksi ile kök kuru ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı ve çimlenme oranı arasında pozitif ve önemli ilişkiler (Bağcı ve ark., 2007; Kumar ve ark., 2014) olduğunu bildirdikleri çalışmalar araştırma sonuçlarını desteklemektedir.

Çizelge 2. İncelenen parametreler arasındaki korelasyon tablosu*

	KU	GU	GYA	KYA	GKA	KKA	TKA	GKMO	KKMO	TTI	FGI	ÇG	ÇO
GU	0.69**												
GYA	0.94**	0.60*											
KYA	0.43	0.36	0.26										
GKA	0.63*	0.57*	0.63*	0.24									
KKA	0.62*	0.54*	0.49	0.91**	0.62*								
TKA	0.34	0.11	0.55*	-0.53*	0.36	-0.27							
GKMO	0.63*	0.21	0.69**	0.18	-0.11	0.11	0.33						
KKMO	0.78**	0.45	0.70**	0.71**	0.65**	0.85**	-0.07	0.33					
TTI	0.85**	0.57*	0.92**	0.25	0.63*	0.48	0.50*	0.57*	0.67**				
FGI	0.65**	0.53*	0.72**	0.27	0.63*	0.48	0.37	0.30	0.55*	0.84**			
ÇG	0.82**	0.55*	0.81**	0.24	0.65**	0.47	0.37	0.44	0.72**	0.90**	0.72**		
ÇO	0.90**	0.64*	0.90**	0.13	0.64*	0.39	0.52*	0.53*	0.64*	0.89**	0.69**	0.94**	
VI	0.32	0.55*	0.27	0.45	0.58*	0.61*	0.08	-0.15	0.25	0.22	0.41	0.03	0.10

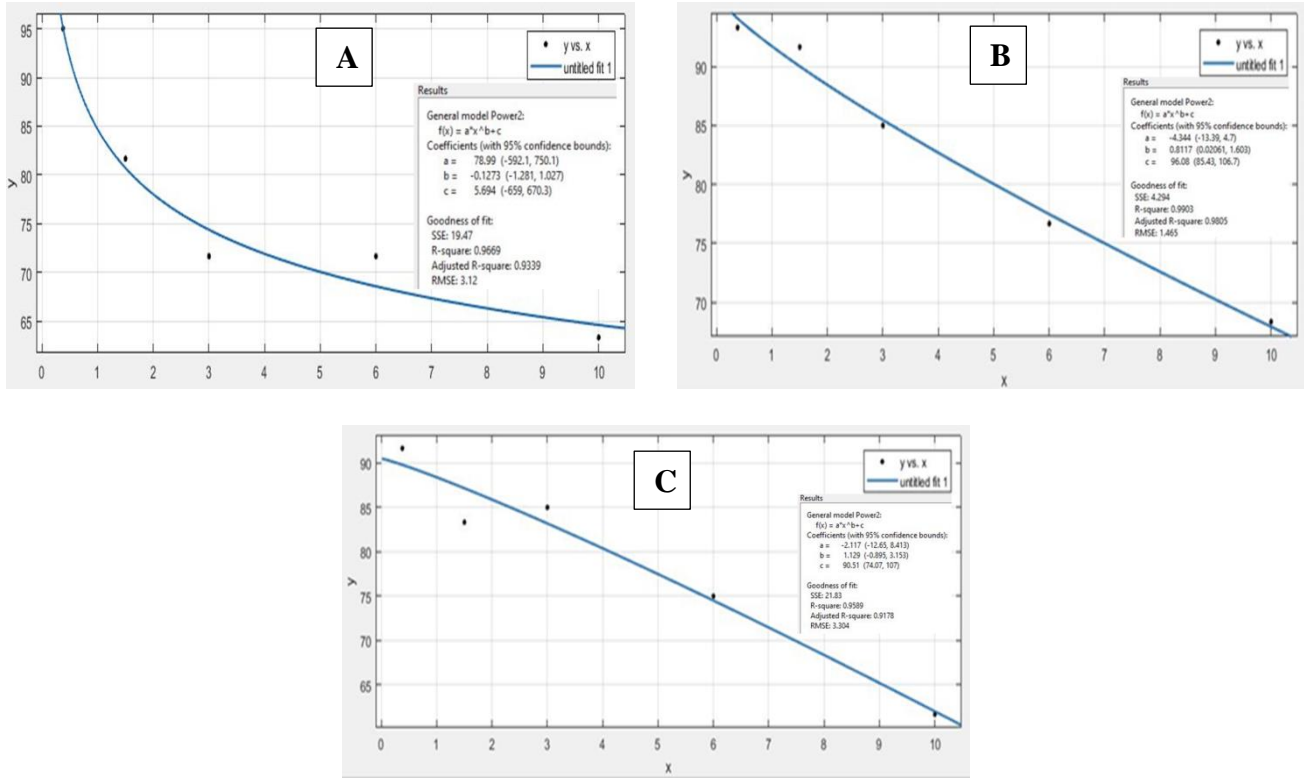
*KU=Kök Uzunluğu; GU= Gövde Uzunluğu; GYA= Gövde Yaş Ağırlığı; KYA= Kök Yaş Ağırlığı; GKA= Gövde Kuru Ağırlığı; KKA= Kök Kuru Ağırlığı; TKA= Toplam Kuru Ağırlığı; GKMO= Gövde Kuru Madde Oranı; KKMO= Kök Kuru Madde Oranı; TTI= Tuz Tolerans İndeksi; FGI= Fide Gücü İndeksi; ÇG= Çimlenme Gücü; ÇO= Çimlenme Hızı; VI= Vigor İndeksi

Biplot grafiği incelenen özellikler ile salisilik asit ve sulama suyu tuzluluk konsantrasyonları arasındaki ilişkiler bir bütün olarak Şekil 1’de verilmiştir (Yan ve Frégeau-Reid, 2008). Bu çalışmada ana bileşen 1 % 57.8 ve ana bileşen 2 % 17.9 olmuş, bu iki bileşen toplamda varyasyonu % 75.7 olmuştur. Biplot grafiğinde vektörlerin açısı daraldıkça, vektörlerin oluşturan parametreler arasındaki ilişkinin güçlendiği, vektörlerin açısı arttıkça ise zayıfladığını anlaşılmaktadır. Ayrıca en kısa vektör uzunluğu kısa olması en ayırt edici bir özellik olarak ortaya çıkmaktadır. (Erbaş Köse ve ark., 2019). Araştırmada gövde kuru madde oranı ile gövde kuru ağırlığı arasında zayıf ilişki iken fide gücü indeksi ile kök yaş ağırlığının en güçlü olduğu tespit edilmiştir. İncelenen parametreler arasında kök kuru madde oranı en ayırt edici özellik olarak tespit edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Biplot analiz grafiği

Araştırmada çimlenme oranı açısından yapılan MATLAB regresyon modellemesinde sulama suyu tuzluluk seviyesi arttıkça çimlenme oranının azaldığı tespit edilmiştir. Bu modelleme salisilik asit dozlarının için ayrı ayrı yapılmıştır. Yapılan S0, S1, S2 için R^2 değeri sırasıyla 0.9669, 0.9903, 0.9589 çok önemli ilişki ve $y_{s0} = 78.99 x^{-0.1273} + 5.694$; $y_{s1} = -4.344 x^{0.8117} + 96.08$ ve $y_{s2} = -2.117 x^{1.129} + 90.51$ formülleri tespit edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen formül yardımıyla % 80 çimlenme oranı için S0, S1 ve S2 uygulamaları için sırasıyla maksimumu 1.62, 5.02 ve 4.14 dSm^{-1} sulama suyu tuzluluğunda belirlenmiştir (Şekil 2). Salisilik asit uygulanmayan ile uygulaması yapılan şeker mısır tohumları arasında 4 – 5 kat tuza dayanıklı sağladığı belirlenmiştir.



Şekil 2. MATLAB Regresyon Grafikleri (A: Salisilik Asit Uygulaması 0 mM; B: Salisilik Asit Uygulaması 1 mM; C: Salisilik Asit Uygulaması 2 mM uygulaması).

SONUÇ

Araştırmada şeker mısırdaki farklı sulama suyu tuzluluğunun oluşturduğu abiyotik stresin salisilik asit uygulamasıyla azaltılması amaçlanmıştır. Araştırmada incelenen özelliklerin ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak çok önemli olduğu gözlemlenmiştir. Artan tuz dozlarının şeker mısırdaki incelenen çimlenme ve fide özellikleri üzerinde strese ve azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Ancak uygulanan salisilik asit ile salisilik asit 1 mM (S1) dozunda tuz stresinin önemli ölçüde baskılandığı ancak salisilik asit 2 mM (S2) dozuna çıktığında ise salisilik asit uygulamasının baskılama özelliğinin azaldığı tespit edilmiştir. Kök Uzunluğunda S1 uygulaması 1.5 $dS m^{-1}$ (T1) ve 3.0 $dS m^{-1}$ NaCl dozlarının etkilerini baskılandığı ve kök uzunluğuna olumlu etki yaptığı görülüyor. Ancak Gövde Uzunluğunda S1 uygulamasının 1.5 $dS m^{-1}$ (T1), 3.0 $dS m^{-1}$ (T2) ve 6.0 $dS m^{-1}$ (T3) NaCl etkilerini baskılandığı, S2 uygulamasının ise T1 ve T2 NaCl dozlarının etkilerini baskılandığı görülüyor. Gövde ve kök yaş ağırlığında S1 uygulaması 1.5 $dS m^{-1}$ (T1), 3.0 $dS m^{-1}$ (T2) ve 6.0 $dS m^{-1}$ (T3) baskılandığı, S2 uygulamasının ise 1.5 $dS m^{-1}$ (T1) ve 3.0 $dS m^{-1}$ (T2) NaCl dozlarının etkilerini baskılandığı tespit edilmiştir. Gövde kuru madde oranı bakımından bütün tuz uygulama dozlarını S1 baskılandığı, kök kuru madde oranında ise 1.5 $dS m^{-1}$ (T1), 3.0 $dS m^{-1}$ (T2) ve 6.0 $dS m^{-1}$ (T3) tuz

dozunu baskıladığı belirlenmiştir. Çimlenme oranı bakımından değerlendirildiğinde salisilik asit 1 mM uygulamasının 1.5 dS m⁻¹ (T1) ve 3.0 dS m⁻¹ (T2) kadar baskıladığı tespit edilmiştir. Fide gücü indeksi ve tuz tolerans indeksi bakımından ise 1.5 dS m⁻¹ (T1) NaCl uygulamasında kadar salisilik asit 1 mM uygulamasının baskı oluşturduğu gözlenmiştir. Vigor indeksi bakımından da 1.5 dS m⁻¹ (T1) ve 3.0 dS m⁻¹ (T2) dozlarında salisilik asit uygulaması ön plana çıkmıştır. Araştırmada incelenen özellikler dikkate alındığında tuz stresinin olumsuz etkilerinin en iyi şekilde 1 mM Salisilik Asit dozunda tolere edildiği ve baskılandığı gözlenmiştir. Yapılan biplot grafiği sonucunda bu tip çalışmalarda en ayırt edici parametrenin kök kuru madde oranı olduğu belirlenmiştir. Yapılan modelleme sonucunda şeker mısır tarımı yapılan tuzlu topraklarda maksimum çimlenme oranı ve optimum fide gelişimi için ekim öncesi tohumlara 1 mM Salisilik Asit uygulamasının faydalı olacağı ve tuz stresinin olumsuz etkilerini giderebileceği belirlenmiştir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Abdelgawad H, Zinta G, Hegab MM, Pandey R, Asard H, Abuelsoud W, 2016. High Salinity Induces Different Oxidative Stress and Antioxidant Responses in Maize Seedlings Organs. *Frontiers in Plant Science*, 7 (3): 276.
- Akay H, Öztürk E, Sezer İ, Bahadır MC 2019. Effects of Different Salt Concentrations on Germination and Early Seedling Growth in Sugar Maize (*Zea mays* L. Var. *sacharata* sturt.) Cultivars. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*. 7(2): 103-108.
- Anaya F, Fghire R, Wahbi S, Loutfi K, 2018. Influence of Salicylic Acid on Seed Germination of *Vicia faba* L. Under Salt Stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17: 1-8.
- Anıl H, Sezer İ, 2003. Çarşamba Ovası'nda Şeker Mısırın Verim, Verim Unsurları ile Bazı Kalite Karakterlerine Şaşırtmanın ve Farklı Ekim Zamanlarının Etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 18(2): 17-23.
- Asgharipour MR, Rafiei M, 2011. Effect of Salinity on Germination and Seedling Growth of Lentils. *Australian Journal of Basic Applied Science*, 5(11):2002-2004.
- Bağcı, S.A., Ekiz, H., Yılmaz, A., 2007. Salt Tolerance of Sixteen Wheat Genotypes During Seedling Growth. *Turkish J. Agric. Forestry*, 31: 363-372.
- Butola JS, Badola HK, 2004. Seed Germination Improvement Using Chemicals in *Heracleum candicans* Wall, a Threatened Medicinal Herb of Himalaya. *Indian Forester* 130(5): 565-572.
- Demiroğlu Topçu G, Dumanoglu Z, Özkan ŞS, 2018. The Effects of Different Seed Size and Salinity on Germination and Some Early Growth Parameters of Annual Ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) Cultivars, 2nd International Vocational Science Symposium, 26-28 April 2018, Abstract Book, Pp:200, Antalya/Turkey.
- El Goumi Y, Fakiri M, Lamsaouri O, Benchekroun M, 2014. Salt Stress Effect on Seed Germination and Some Physiological Traits in Three Moroccan Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars. *Journal of Materials Environmental Science*, 5(2):625-632.
- Erbaş Köse ÖD, Mut Z, Akay H. 2019. Grain Yield And Some Quality Properties Of Domestic And Foreign Oat Genotypes, . *International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences (ICAFOP 2019/Trabzon)*, 16 -18 Nisan 2019 186-190.
- Erdal, Ş., Pamukçu, M., 2005. Tatlı Mısır (*Zea mays* L. var. *saccharata* Sturt.). *Derim*, 22(2): 41-46.
- Güldüren Ş, Elkoca E, 2012. Kuzey Doğu Anadolu Bölgesi ve Çoruh Vadisi'nden Toplanan Bazı Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotiplerinin Çimlenme Döneminde Tuza Toleransları. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 43 (1): 29-41
- Hara T, Tetsuka T, Matsui K, 2012. New Buckwheat Cultivar "Harunoibuki". *Bulletin of the National Agriculture Research Center Kyushu Okinawa Region*, 58: 37-48.
- Hossain MA, Mostofa MG, Fujita M, 2013. Heat-Shock Positively Modulates Oxidative Protection of Salt and Drought-Stressed Mustard (*Brassica Campestris* L.) Seedlings, *Journal of Plant Science Molecular Breeding*, 2: 2389-2402.
- Hu J, Zhu ZY, Song WJ, Wang JC, Hu WM, 2005. Effects of Sand Priming on Germination and Field Performance in Direct-Sown Rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, 33(1): 243-248.

- Hussein MM, Balbaa LK, Gaballah MS, 2007. Salicylic Acid and Salinity Effects on Growth of Maize Plants, *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 3(4): 321-328.
- Islam MT, Jahan NA, Sen AK, Pramanik MHR, 2012. Effects of Salinity on Morpho-Physiological Attribute and Yield of Lentil Genotypes. *International Journal of Sustainable Crop Production*, 7(1):12-18.
- ISTA, 2003. Handbook of Vigour Test Methods. 2nd Edition. International Seed Testing Association, Zürich, Switzerland. 49-56.
- Jini D, Joseph B, 2017. Physiological Mechanism of Salicylic Acid for Alleviation of Salt Stress in Rice. *Rice Science*, 24: 97-108.
- JMP, 2019. JMP Users Guide. Version 13.0.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Kumar, R., Bhushan, B., Pal, R., Gaurav, S.S., 2014. Correlation and Path Coefficient Analysis for Quantitative Traits in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Under Normal Condition, *Annals of Agri-Bio Research*, 19(3), 447-450.
- Lee EA, Byrne PF, McMullen MD, Snook ME, Wiseman BR, Widstrom NW, Coe EH, 1998. Genetic Mechanisms Underlying Apimaysin and Maysin Synthesis and Corn Earworm Antibiosis in Maize (*Zea mays* L.). *Genetics*, 149 (4): 1997-2006.
- Maathuis FJM, Altmann A, 1999. K⁺ Nutrition and Na⁺ toxicity: The basis of cellular K⁺ /Na⁺ ratios. *Ann. Bot.*, 10: 123-133.
- Matwijcuk A, Kornarzynski K, Pietruszewski S, 2012. Effect of Magnetic Field on Seed Germination and Seedling Growth of Sunflower. *International Agrophysics*, 26: 271-278.
- Miura K, Tada Y, 2014. Regulation of Water Salinity and Cold Stress Responses by Salicylic Acid, *Frontiers Plant Science*, 5(4): 1-12.
- Munns R, 2002. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. *Plant Cell Environment*, (25):239-250.
- Özkan ŞS, Demiroğlu Topçu G, 2017. Farklı Tuz (NaCl) Konsantrasyonlarının Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Çimlenme Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2):37-43.
- Palma F, López-Gómez M, Tejera N, Lluch C, 2013. Salicylic Acid Improves The Salinity Tolerance of *Medicago sativa* in Symbiosis with *Sinorhizobium meliloti* by Preventing Nitrogen Fixation Inhibition. *Plant Science*, 208: 75-82.
- Rehman K, Saunders WP, Foye RH, Sharkey SW, 1996. Calcium Ion Diffusion From Calcium Hydroxide-Containing Materials in Endodontically Treated Teeth: A *In Vitro* Study. *International Endodontic Journal*, 29: 271-279.
- Rivas-San Vicente M, Plasencia J, 2011. Salicylic Acid Beyond Defence: Its Role in Plant Growth and Development. *Journal of Experimental Botany*, 62 (10): 3321-3338.
- Semida WM, Abd El-Mageed TA, Mohamed SE, El-Sawah NA, 2017. Combined Effect of Deficit Irrigation and Foliar-Applied Salicylic Acid on Physiological Responses, Yield, and Water-Use Efficiency of Onion Plants in Saline Calcareous Soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63 (9): 1227-1239.
- Shahzad, A., Ahmad, M., Iqbal, M., Ahmed, I., Ali, G.M., 2012. Evaluation of Wheat Landrace Genotypes for Salinity Tolerance at Vegetative Stage by Using Morphological and Molecular Markers. *Genet. Mol. Res.* 11 (1): 679-692
- Suhaib M, Ahmad I, Munir M, Iqbal MB, Abuzar MK, Ali S, 2018. Salicylic Acid Induced Physiological and Ionic Efficiency in Wheat Under Salt Stress. *Pakistan Journal Agricultural Research*, 31(1):79-85.
- Sun X, Sun C, Li Z, Hu Q, Han L, Luo H, 2016. AsHSP17, a Creeping Bentgrass Small Heat Shock Protein Modulates Plant Photosynthesis and ABA-Dependent and Independent Signalling to Attenuate Plant Response to Abiotic Stress. *Plant Cell Environmental* 39(6):1320-1337.
- Uyanık M, Kara ŞM, Korkmaz K, 2014. Bazı Kışlık Kolza (*Brassica napus* L.) Çeşitlerinin Çimlenme Döneminde Tuz Stresine Tepkilerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20: 368-375.
- Vazirimehr M, Rigi K, Branch Z, 2014. Effect of Salicylic Acid in Agriculture. *International Journal of Plant Animal. Environmental Sciences*, 4: 291-296.
- Yan W, Frégeau-Reid JA, 2008. Breeding Line Selection Based on Multiple Traits. *Crop Sciences* 48:417-423.
- Yousofinia, M., Ghassemian, A., Sofalian, O., Khomari, S., 2012. Effects of Salinity Stress on Barley (*Hordeum vulgare* L.) Germination and Seedling Growth. *International Journal of Agriculture Crop Science*, 4(18):1353-1357.