



Effects of Gibberellic Acid and Salicylic Acid Applications on Some Physical and Chemical Properties of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Grown Under Salt Stress

Kürşat Korkmaz^{1,a,*}, Mehmet Akgün^{1,b}, Ayşegül Kırılı^{2,c}, Mehmet Muharrem Özcan^{2,d},
Özbay Dede^{2,e}, Şevket Metin Kara^{2,f}

¹Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Ordu University, 52200 Ordu, Turkey

²Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ordu University, 52200 Ordu, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 24/10/2019 Accepted : 15/01/2020</p> <p>Keywords: <i>Brassica napus</i> L., Electrolyte leakage Rapeseed Salt stress Turgor loss</p>	<p>In agricultural production, one of the limiting factors on plant growth and yield is soil salinity. The plant growth regulators are of considerable importance in alleviating the negative effect of salt stress. The study was carried out to determine the effects of salicylic (SA) and gibberellic acid (GA₃) on the growth and some physiological characters in canola (<i>Brassica napus</i> L.) under salinity conditions in greenhouse. For this purpose, a factorial experiment set up as completely randomized design was conducted with three levels of SA (0, 0.5 and 1 mM) and GA₃ (0, 50 and 100 mg l⁻¹) and four levels of NaCl (0, 50, 100 and 150 mM) with three replications. In the study, leaf area, plant height, electrolyte leakage, chlorophyll content and the loss of leaf turgor were investigated. Salt treatments reduced significantly all of the considered parameters, compared with the control. Salinity caused a significant reduction of 63 and 67% in plant height and leaf area, respectively, as compared to the control plants. On the contrary, electrolyte leakage was markedly increased (six-fold) with increasing NaCl levels. Gibberellic acid increased significantly plant height and reduced the loss of leaf turgor, without a significant improve in other parameters. The results indicated that application of SA and GA₃ to salinity stressed plants did not significantly affect canola vegetative growth. However, GA₃ caused a partial decrease in the adverse effect of salinity.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(4): 873-881, 2020

Giberellik Asit ve Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Kolzanın (*Brassica napus* L.) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 24/10/2019 Kabul : 15/01/2020</p> <p>Anahtar Kelimeler: <i>Brassica napus</i> L. Elektrolit sızıntısı Kolza Tuz stresi Turgor kaybı</p>	<p>Tarımsal üretimde, bitki büyümesi ve verimi üzerindeki sınırlayıcı faktörlerden biri toprak tuzluluğudur. Bitki büyüme düzenleyiciler, tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmada büyük öneme sahiptir. Bu çalışma, tuzlu koşullar altında salisilik asit (SA) ve giberellik asidin (GA₃) kolzadaki (<i>Brassica napus</i> L.) büyüme ve bazı fizyolojik karakterlere etkilerini belirlemek amacıyla sera şartlarında yürütülmüştür. Bu amaçla, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç SA (0, 0,5 ve 1 mM) ve GA₃ (0, 50 ve 100 mg l⁻¹) ile dört NaCl (0, 50, 100 ve 150 mM) dozu uygulanarak üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada bitki boyu, yan dal sayısı, yaprak alanı, yaprak sayısı, elektrolit sızıntısı, klorofil içeriği ve yaprak turgoru kaybı incelenmiştir. Tuz uygulamaları, kontrol ile karşılaştırıldığında dikkate alınan parametrelerin tümünü önemli ölçüde azaltmıştır. Tuzluluk, kontrol bitkilerine kıyasla, bitki boyu ve yaprak alanında sırasıyla %63 ve %67 oranında önemli bir azalmaya neden olmuştur. Diğer yandan, elektrolit sızıntısı, NaCl seviyelerinin artmasıyla önemli düzeyde (altı kat) artmıştır. Giberellik asit bitki boyu önemli ölçüde arttırmış ve diğer parametrelerde önemli bir değişim olmaksızın yaprak turgorunun kaybını azaltmıştır. Sonuçlar SA ve GA₃'ün tuzluluk stresine maruz kalan bitkilere uygulanmasının kolzanın vejetatif büyümesini önemli ölçüde etkilemediğini göstermiştir. Bununla birlikte, GA₃ tuzluluğun olumsuz etkisinde kısmi bir azalmaya neden olmuştur.</p>

^a korkmaz60@gmail.com

^c aysgul_k@hotmail.com

^e ozbay_dede@hotmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-3774-3786>

^d <https://orcid.org/0000-0002-4135-3852>

^f <https://orcid.org/0000-0003-0689-4837>

^b mehmetakgun52@gmail.com

^d mehmetmuharrem@gmail.com

^f smkara58@hotmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0001-5148-5544>

^d <https://orcid.org/0000-0002-3166-2678>

^f <https://orcid.org/0000-0001-7755-1394>



Giriş

Bitkisel üretimi sınırlandıran faktörlerin başında gelen tuzluluk her geçen gün tarım toprakları üzerindeki baskısını daha da artmaktadır. Ülkemiz topraklarının ise 1,5 milyon hektara yakını, tuzluluk problemi ile karşı karşıyadır (Çulha ve Çakırlar, 2011). Bu durum gelecekte tarımsal üretimin %25 oranında azalması anlamına gelmektedir.

Toprakta tuzluluk problemi kurak ve yarı kurak bölgelerde drenaj yetersizliği, yağışlarla tuzların taşınması veya aşırı sıcaklık şartlarında tuzların kapilarite ile yukarı çıkması gibi doğal nedenlerle, sulama suyunun tuzlu olması ve bilinçsiz gübreleme gibi insan faktörlü uygulamalar sonucunda oluşmaktadır. (Sönmez ve Sönmez, 2007). Toprak çözeltisinde kalsiyum klorür, magnezyum klorür, sodyum klorür (NaCl), magnezyum sülfat, sodyum bikarbonat, sodyum sülfat ve kalsiyum sülfat gibi birçok tuz formu bulunmasına rağmen bitkisel üretimde en fazla verim kaybına neden olan tuz formu NaCl'dür (Ozkutlu ve ark., 2013; Torun ve ark., 2018).

Tuz, temel olarak ozmotik basıncın artması ve iyon stresi oluşturmaya yanında ikincil olarak da hücre içerisinde, protein sentezi ve klorofil oluşumu inhibisyonu, hücre zarı fonksiyonlarının bozulmasına sebep olan aktif oksijen türlerinin sentezlenmesi gibi durumlara neden olmaktadır. Bunun yanında bazı bitki besin elementleri alınımının ve fotosentezin sürekliliğinin engellenmesine ve metabolik toksisiteye neden olarak bitki gelişimini engellemektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011).

Tuzluluk kolzada da bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemekte ve verimde önemli azalmalara yol açmaktadır. Kolza insan beslenmesinde önemli bir yeri olmasının yanında biyoyakıt, kozmetik, sağlık ve hayvancılık gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir ve ülke yağ açığımızın kapatılmasında alternatif bir bitki olarak görülmektedir (Uyanık ve ark., 2014). Son yıllarda ekim alanı ve üretimi önemli miktarda artan kolzanın, tuza toleransının belirlenmesi gerekmektedir.

Tuzluluğu gidermede birçok farklı strateji olmasına rağmen son yıllarda bitkilerde tuz stresinin azaltılması ve tuzluluk zararının en asgari düzeye düşürülmesini sağlamak için bitki büyüme düzenleyiciler kullanılmaya başlanmıştır (Kaydan ve Yağmur, 2006). Bu konuda yürütülen çalışmalarda araştırmacılar, bitkiye dışardan uygulanan absisik asit (ABA), salisilik asit (SA), Giberellik asit (GA₃), jasmonik asit (JA) gibi bitki büyüme düzenleyicilerini tuz stresine karşı bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir (Datta ve ark., 1997; Kaydan ve Yağmur, 2006; Ünver ve Tilki, 2012).

Giberellik asit ve salisilik asit tuzluluk stresine karşı kullanılabilirliği düşünülen önemli iki bitki büyüme düzenleyici olarak görülmektedir. SA'nin kullanım alanları tuzluluk ve kuraklık stresi yanında yüksek ve düşük sıcaklık, ağır metal ve don stresi gibi olumsuz koşullara dayanıklılık kazandırmaktır (Baktır, 2010; Kumlay ve Eryiğit, 2011). Giberellinler, bitkilerde tohumların çimlenmesi, gövde uzaması, yaprak oluşumu, çiçeklenme dönemi ve meyve oluşumu gibi birçok bitki büyüme ve gelişme faaliyetlerinde önemli rol oynamaktadır (Huang ve ark., 2014). Özellikle stres koşullarında giberellik asitin bitkilerde oransal su içeriğini arttırıcı, tuz miktarını düzenleyen proteinler üzerinde önemli bir etkisi olduğu, kuraklık stresinin etkilerini azaltarak bitki gelişimini

arttırdığı vurgulanmaktadır (Wen ve ark., 2009). Salisilik asit ise stres koşulları altında bitki büyüme ve gelişmesini etkileyen içsel bir bitki büyüme düzenleyicisi olup (Hayat ve ark., 2010) Na ve Cl birikimi azaltıcı, ozmotik potansiyel ve K/Na oranını tuzlu ve kontrol koşullarında pozitif olarak düzenleyip, membran bütünlüğü ve fotosentetik pigmentlerin içeriğini korumaktadır (Delavari ve ark., 2010; Kaya ve İnan, 2017). GA₃ ve SA'nin tuz stresi altındaki bitkilerin gelişimine etkileri üzerine çalışmalar yetersiz olmakla birlikte bu konu araştırmaya açık alan olarak gözükmektedir. Bu çalışmada, giberellik asit ve salisilik asit uygulamalarının tuz stresi altında yetiştirilen kolza bitkisinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Tuz stresine maruz bırakılmış kolza bitkisinde giberellik ve salisilik asit uygulamalarının etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu araştırma Ordu üniversitesi uygulama arazisi serasında tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme deseni göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede 4 farklı NaCl (0, 50, 100 ve 150 mM), 3 farklı GA₃ (0, 50 ve 100 mg l⁻¹) ve 3 farklı SA (0, 0,5 ve 1 mM) dozları kullanılarak toplam 108 saksıda deneme yürütülmüştür. Saksılara 4 mm'lik elekten elenmiş hava kurusu 3 kg toprak konularak homojen bir deneme materyali elde edilmiştir. Denemede kullanılan toprak incelendiğinde (Çizelge 1); kumlu tın tekstüre sahip olup, hafif alkalın ve tuzsuz olduğu belirlenmiştir. Toprağın besin elementleri içeriği incelendiğinde, azot, fosfor ve potasyum kapsamının yetersiz olduğu saptanmış ve ekimle beraber her saksıya 200 mg N kg⁻¹, 100 mg P kg⁻¹ ve 125 mg K kg⁻¹ verilerek temel gübreleme yapılmıştır.

Giberellik asit ve salisilik asit uygulamaları 22°C'de 12 saat süre ile tohumlar doğrudan muamele edilmiş ve daha sonra ekim gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubundaki tohumlar ise aynı sıcaklık ve sürede sadece saf su içerisinde bekletilmiştir. Her saksıya 8'er adet tohum ekilmiş ve çimlenmeden sonra seyreltme yapılarak her saksıda 3 bitki bırakılmıştır. Kontrol grubu haricindeki tüm saksılara kademeli bir şekilde 3'er gün ara ile tuz uygulanarak bitkinin ilk gelişim aşamasında aşırı strese maruz kalması engellenmiştir. Bitkiler, tuz stresinin etkileri gözlemlenerek zararlanmaların oluştuğu ve gelişim farklılıklarının gözüküğü dönemde (ekimden sonra 8 hafta) hasat edilmiştir.

Bitkilerde hasadın yapıldığı gün bitki boyu, dal sayısı, yaprak sayısı verileri alınmış, klorofil ölçüm cihazı (Konica-Minolta SPAD-502) kullanılarak, tepe tomurcuğundan itibaren üçüncü yapraklardan klorofil miktarı ölçülmüştür. Yaprak alanı, tepe tomurcuğundan itibaren üçüncü yapraklar, yaprak alan ölçüm cihazı (CID Inc. CI-203 Portatif Lazer Alan Ölçer) ile belirlenmiştir. Hasat edilen bitkilerden, Turgor kaybı ve elektrolit sızıntısını tespit edebilmek için aynı olgunluktaki yapraklar seçilerek 1,5 cm çapında diskler alınmış ve analizleri yapılmıştır (Köksal ve ark., 2010). Çalışma sonucunda elde edilen veriler JMP (5.0.1.2) istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabii tutulmuş ve ortalamalar asgari önemlilik farkı testi (LSD) kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri
Table 1. Some physical and chemical properties of the soil

Tekstür	pH	EC	OM	N	P	K
		dS m ⁻¹	%			mg kg ⁻¹
Kumlu Tın	7,62	0,19	0,32	0,018	7,6	66,5

Çizelge 2. Tuz stresi altında kolzanın bitki boyu (cm) üzerine GA₃ ve SA uygulamalarının etkisi
Table 2. Effect of GA₃ and SA applications on plant height (cm) of rapeseed under salt stress

GA ₃ (mg l ⁻¹)	SA (mM)	NaCl (mM)				
		0	50	100	150	Ortalama
0	0	14,66	9,22	9,83	8,66	10,59
	0,5	12,89	9,44	8,89	9,22	10,11
	1	14,33	10,55	9,55	10,22	11,16
	Ortalama	13,96 ^{CD}	9,74 ^E	9,42 ^E	9,37 ^E	10,62 ^C
50	0	23,66	13,61	13,44	12,89	15,90
	0,5	18,83	14,50	14,22	14,33	15,47
	1	17,83	16,61	13,00	13,44	15,22
	Ortalama	20,11 ^B	14,90 ^{CD}	13,55 ^D	13,55 ^D	15,53 ^B
100	0	26,55	13,55	12,89	13,00	16,50
	0,5	25,44	16,05	15,66	14,78	17,98
	1	23,16	16,55	17,39	14,00	17,78
	Ortalama	25,05 ^A	15,38 ^C	15,31 ^C	13,92 ^{CD}	17,42 ^A
Genel Ortalama		19,71 ^A	13,34 ^B	12,76 ^{BC}	12,28 ^C	
SA×Tuz	0	21,62 ^a	12,13 ^{de}	12,05 ^{de}	11,51 ^e	14,33
	0,5	19,05 ^b	13,33 ^{cd}	12,92 ^{de}	12,77 ^{de}	14,52
	1	18,44 ^b	14,57 ^c	13,31 ^{cd}	12,55 ^{de}	14,72

LSD_{NaCl}:0,9013; LSD_{GA₃}:0,7806; LSD_{NaCl×GA₃}:1,5612; LSD_{NaCl×SA}:1,5612

*aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında P<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak fark yoktur.

Bulgular ve Tartışma

Bitki Boyu

Bitki boyu verilerine ait istatistik analiz sonuçlarına göre NaCl dozları, GA₃ uygulamaları, NaCl×GA₃, NaCl×SA interaksiyonları önemli bulunurken (P<0,05), diğer uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Kolza bitkisinde yapılan ölçümlere göre bitki boyunun artan NaCl dozları ile birlikte önemli derecede azaldığı ve NaCl uygulamalarının bitki gelişimi üzerine olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir. Araştırma verileri incelendiğinde en uzun bitki boyu ortalama kontrol şartlarında 19,71 cm iken, 50 mM, 100 mM ve 150 mM NaCl ortamlarında sırasıyla 13,34 cm, 12,76 cm ve 12,28 cm'ye olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre NaCl uygulamalarının bitki boyunu kontrole göre %37,7 oranında azalttığı tespit edilmiş ve artan düzeylerde tuz uygulamalarının bitkilerde fizyolojik gelişimi azalttığı net bir şekilde ortaya konulmuştur (Çizelge 2). Konuyla ilgili olarak yürütülen çalışmalarda yüksek tuz konsantrasyonlarının bitki gelişimini olumsuz etkilediği bir çok araştırmacı tarafından da belirtilmiştir (Uyanık ve ark., 2014; Kaya ve İnan, 2017; Öner ve Kırılı 2018 ve Prajapati ve ark., 2018).

Bitki boyu üzerine GA₃ uygulamalarının etkisi ilişki incelendiğinde, kontrol şartlarında 10,62 cm olan ortalama bitki boyu, artan dozlarda GA₃ uygulamalarından olumlu yönde etkilenmiş ve 100 mg l⁻¹ GA₃ uygulamasıyla %64 artış göstererek 17,42 cm'e ulaşmıştır. Bu sonuçlara benzer şekilde GA₃ asit uygulamalarının bitkilerde fotosentez oranını artırmak suretiyle bitki gelişimini olumlu etkilediği ve bitki boyunu önemli ölçüde artırdığı bir çok araştırmacı tarafından belirtilmektedir (Ashraf ve ark., 2002; Hamayun ve ark., 2010; Prajapati ve ark.(2018).

Araştırma sonuçlarına göre en düşük bitki boyu 150 mM NaCl dozunda GA₃ uygulanmayan koşullarda 9,37 cm iken, en yüksek bitki boyu 25,05 cm ile tuz uygulanmayan koşullarda 100 mg l⁻¹ GA₃ dozunda belirlenmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, NaCl ve GA₃'in birlikte uygulandığı durumda tuz uygulamalarının bitki boyunda yaklaşık %63 oranında bir azalmaya yol açtığı ancak GA₃ uygulamalarının bu zararlanmayı önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. SA uygulamalarının bitki boyuna olumlu etkisi görülmüş olsa da bu etki istatistiki olarak önemsiz olarak belirlenmiştir. NaCl ve SA'in birlikte uygulandığı durumda en yüksek bitki boyu NaCl ve SA uygulanmayan kontrol koşullarında 21,08 cm olarak belirlenirken, en düşük bitki boyu ise 150 mM NaCl×0 mM SA uygulanan koşullarda 11,51 cm olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte tuzun olmadığı kontrol şartlarında SA'nın bitki boyunu baskılayıcı etkisi görülürken tuz stresi altında bitki gelişimini bir miktar iyileştirdiği görülmüştür. Bu duruma benzer olarak Culpan, (2015) yüksek dozda GA₃ ve SA uygulamalarının bitki boyunu baskıladığını belirtirken, bu bulguların aksine bazı araştırmacılar tuzluluk ve kuraklık stresi altında yetiştirilen SA'in bitki gelişimini önemli derecede artırdığını bildirmişlerdir (Yıldırım ve ark., 2008; Tufail ve ark. 2013; Zamaninejad ve ark., 2013 Moghadam ve Muhammedi, 2014)

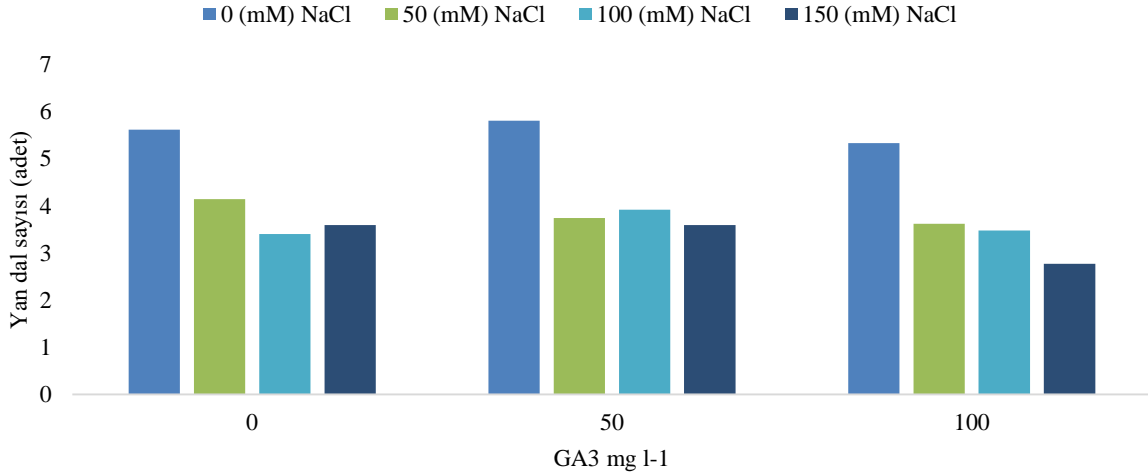
Yan Dal Sayısı

Araştırma sonucunda NaCl dozları ve GA₃ uygulamalarının bitki yan dal sayısı üzerine istatistiki olarak (P<0,05) önemli etkileri bulunurken diğer uygulamaların önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Tuz stresi altında yetiştirilen kolza bitkisinde yapılan ölçümlere göre,

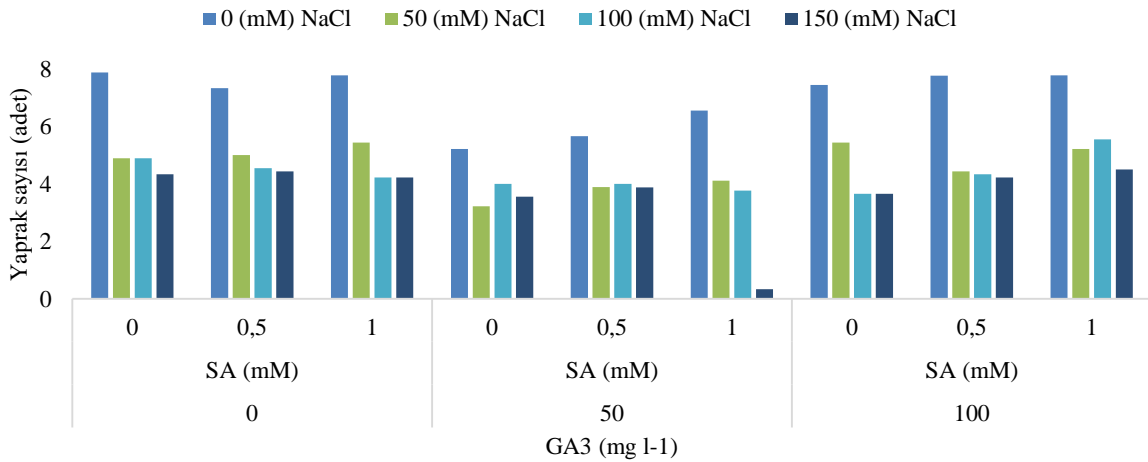
yan dal sayısı artan düzeyde NaCl uygulamalarıyla önemli derecede azalmıştır. En yüksek yan dal sayısı kontrol şartlarında yetiştirilen kolza bitkisinde ortalama 5,59 adet iken 50 mM, 100 mM ve 150 mM NaCl ortamlarında bitki yan dal sayısı sırasıyla 3,83, 3,60 ve 3,32 adet olmuştur (Şekil 1). GA₃'in tuz stresi altında yetiştirilen bitkinin yan dal sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli olmasına rağmen bu etki artan dozlarla negatif yönlüdür. GA₃ uygulanmayan koşullarda 4,19 adet olan yan dal sayısı 50 mg l⁻¹ GA₃ uygulamasıyla 4,26 adet'e yükselmiş olsa da en yüksek doz olan 100 mg l⁻¹ GA₃ uygulamasıyla önemli ölçüde azalarak 3,80 adet'e düşmüştür. Yüksek dozda GA₃ uygulaması kolzada yan dal sayısını olumsuz etkilerken, SA uygulamaları ise yan dal sayısı üzerine olumlu etki göstermesine rağmen bu etki istatistiki bakımından önemli bulunmamıştır. Kaya ve İnan (2017) tarafından tuz stresi altında bitkilerde dal sayısının azaldığı ve uygulanan SA ile birlikte dal sayısının önemli ölçüde arttığı belirtilirken, bu bulguların aksine, Culpan, (2015) ise aspir bitkisinde yüksek dozda SA uygulamalarının dal sayısını azalttığını, GA₃ uygulamalarının ise etkisinin olmadığını ifade etmiştir.

Yaprak Sayısı

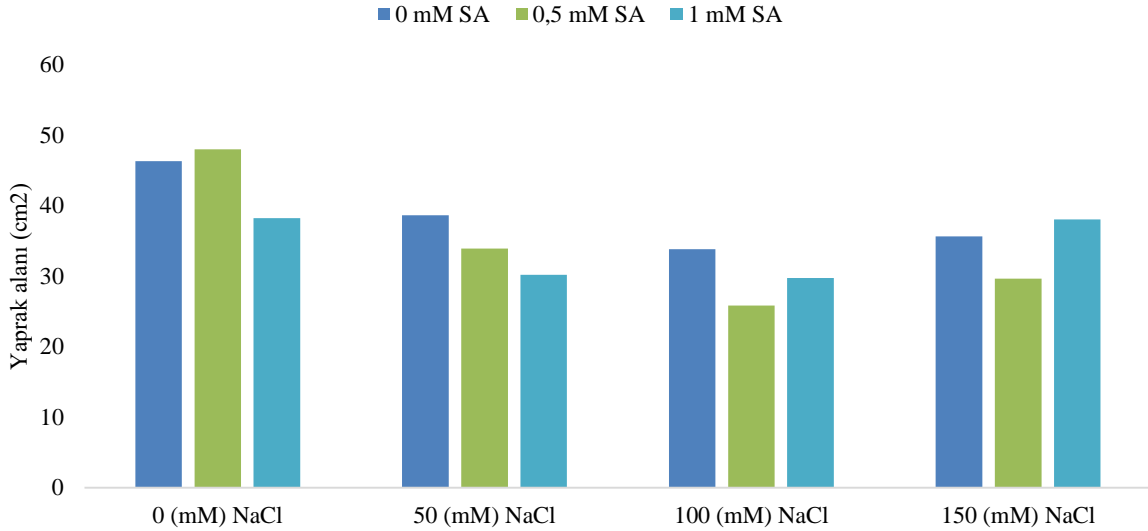
Araştırma sonucunda NaCl dozları, GA₃ ve SA uygulamalarının yaprak sayıları üzerine istatistiki olarak önemli (P<0,05) etkileri bulunurken diğer uygulamaların önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Tuz stresi altında yetiştirilen kolza bitkisinde elde edilen yaprak sayıları ele alındığında, artan NaCl uygulamalarının yaprak sayısını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir (Şekil 2). Tuz uygulaması yapılmayan kontrol koşullarında 7,42 adet olan yaprak sayısı, artan NaCl dozlarının etkisiyle azalarak 150 mM NaCl uygulamasında 4,03 adet'e düşmüştür. Tuz stresi altında GA₃ uygulanmayan koşullarda 5,03 adet olan yaprak sayısı 50 mg l⁻¹ GA₃ uygulamasıyla 5,41 adet'e yükselmiş olsa da en yüksek doz olan 100 mg l⁻¹ GA₃ uygulamasıyla azalarak 5,33 adet'e düşmüştür. Benzer şekilde SA uygulamaları altında en yüksek yaprak sayısı kontrol şartlarında yetiştirilen kolza bitkisinde ortalama 5,23 adet iken 0,5 mM, 1 mM SA ortamlarında bitki yaprak sayısı sırasıyla 5,03 ve 5,52 adet olmuştur. GA₃ ve SA uygulamalarının yaprak sayısı üzerine olumlu etkileri olduğu tespit edilmiş, SA uygulamalarının, GA₃ uygulamalarına göre yaprak sayısı üzerine daha olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. Tuz stresi altında kolzanın yan dal sayısı (adet) üzerine GA₃ uygulamalarının etkisi (LSD_{NaCl}:0,3424; LSD_{GA3}: 0,2965)
Figure 1. Effect of GA₃ applications on the number of lateral branches of rapeseed under salt stress (LSD_{NaCl}:0,3424; LSD_{GA3}: 0,2965)



Şekil 2. Tuz stresi altında kolzanın yaprak sayısı (adet) üzerine GA₃ ve SA uygulamalarının etkisi (LSD_{NaCl}: 0,3246; LSD_{GA3}: 0,2811; LSD_{SA}: 0,2811)
Figure 2. Effect of GA₃ and SA applications on the number of leaves of rapeseed under salt stress (LSD_{tuz}: 0,3246; LSD_{ga}: 0,2811; LSD_{sa}: 0,2811)



Şekil 3. Tuz stresi altında kolzanın yaprak alanı (cm²) üzerine SA uygulamalarının etkisi (LSD_{NaCl}:5,0393; LSD_{SA}: 4,364)
Figure 3. Effect of SA applications on leaf area (cm²) of rapeseed under salt stress (LSD_{NaCl}:5,0393; LSD_{SA}: 4,364)

Konuyla ilgili olarak, Yıldırım ve ark., (2008) tuz stresi altında 0,25-1,00 mM SA, Ebrahimzadeh ve ark., (2009) ise 0,1 mM SA uygulamasının kontrolle karşılaştırıldığında bitkilerde yaprak sayısını önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir. Kolza bitkisinde yaprak sayısı üzerine GA₃ uygulamalarının etkileri irdelendiğinde kontrol koşullarına göre yaprak sayısını artırdığı gözlemlenmiştir. Benzer koşullarda yapılan çalışmalarda GA₃ uygulamasının tuzluluk stresinden kaynaklanan olumsuz etkileri azalttığı ve biyolojik verim üzerine olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (Shah, 2007; Culpan, 2015 ve Öner ve ark., 2018). Araştırma sonuçlarına göre tuz stresi altında kolza bitkisinde bitki boyu ve yan dal sayısına benzer bir şekilde yaprak sayısında da önemli ölçüde azalmalar olduğu kaydedilmiştir.

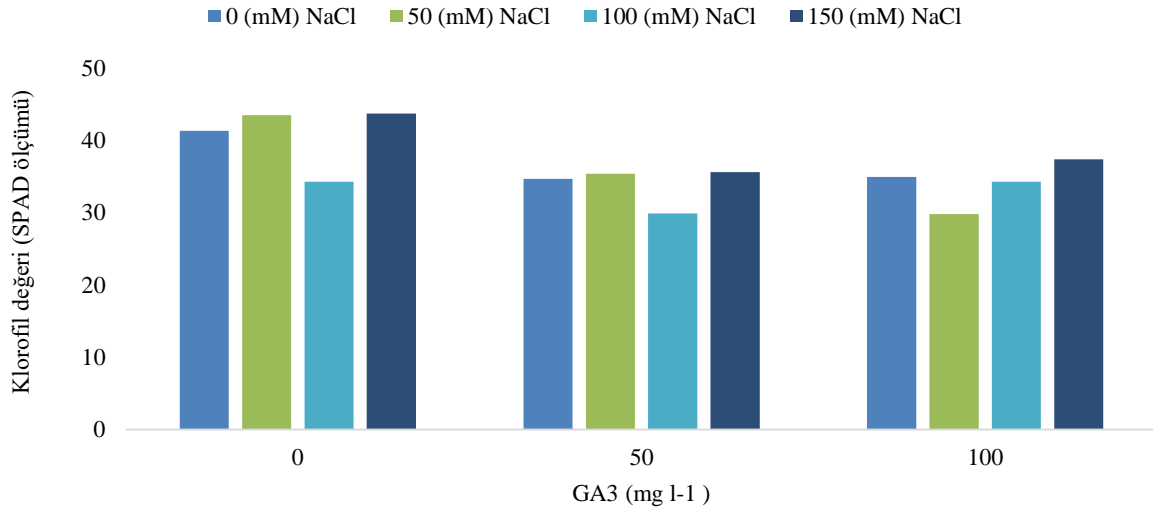
Yaprak Alanı

Kolza bitkisinin yaprak alanı üzerine NaCl dozları ve SA uygulamalarının istatistiki olarak önemli (P<0,05) etkileri bulunurken diğer uygulamaların önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Artan tuz dozlarının yaprak alanını azalttığı ve en düşük yaprak alanının 29,80 cm² ile 100 mM dozunda tespit edilmişken, en yüksek yaprak alanı ise 44,19 cm² ile kontrol şartlarında belirlenmiştir (Şekil 3). Yaprak alanı bitkinin yaşamsal faaliyetlerini sürdürmesi ve yüksek verim elde edilebilmesinde önde gelen göstergelerdendir. Konuyla ilgili olarak yürütülen çalışmalarda yürütülen çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde artan NaCl uygulamalarının yaprak alanını önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir (Siddiqui ve ark., 2008; Öztürk, 2018). Uygulamaların tümü irdeleğinde, 50 mg l⁻¹ GA₃ uygulanan ve tuz uygulanmayan koşullarda yaprak alanı 56,76 cm² iken 100 mM NaCl ve 0,5 mM SA uygulamasında yaprak alanı 18,80 cm² gerilemiş ve %67'lik bir azalış olduğu tespit edilmiştir. SA uygulamaları da benzer şekilde kolzada yaprak alanı üzerine negatif etki göstererek 0, 0,5 ve 1 mM dozlarında sırasıyla 38,13, 33,72 ve 32,93 cm² olarak azalan bir eğilim göstermiştir (Şekil 3). Canakçı ve Munzuroğlu (2006) yürüttükleri çalışmada tuz stresi altında mısır bitkisine SA

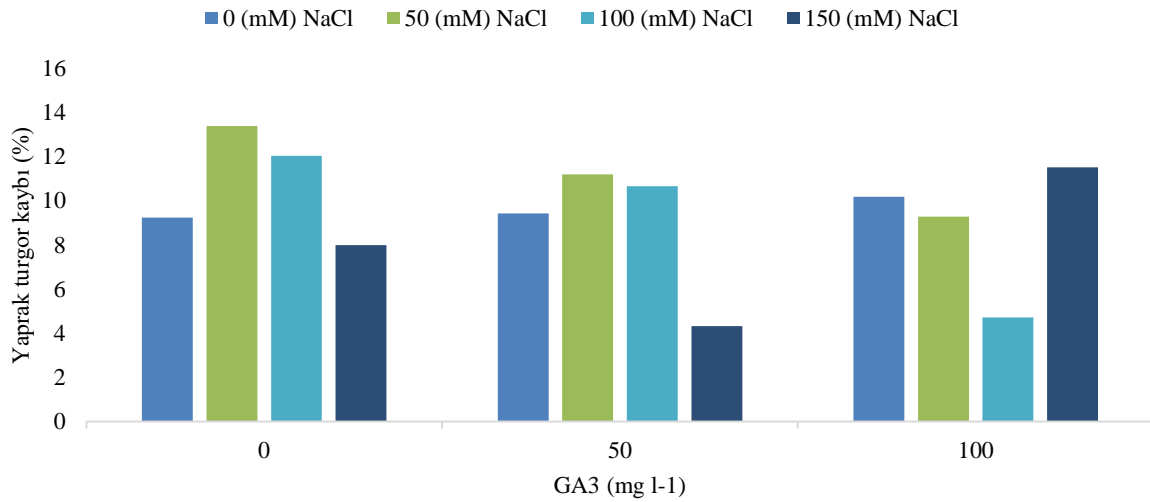
uygulamalarının yaprak alanı, primer kök boyu ve fide yüksekliğini azaltıcı etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Kök (2012) ise tuz stresi altında SA uygulamalarının bitki çeşitlerine bağlı olarak yaprak alanı üzerine etkilerinin farklı olduğunu ifade etmiştir. Araştırmacı, 0,1 mM SA uygulamasından bir çeşitte en yüksek yaprak alanını elde ederken diğer çeşitte 5 ve 10 mM SA uygulamasında en düşük yaprak alanı sonuçlarını verdiğini ve çeşitler arasında SA uygulamalarına karşı genotipik farklılıklar olduğunu belirtmiştir. Tuzlu koşullarda yapraklarda meydana gelen bu değişimler genelde transpirasyonla kaybedilen su miktarını azaltmaya yöneliktir. Bitkiler tuzlu koşullarda su dengesini sağlamak ve daha az su kaybetmek amacıyla, bir yandan stomalarını kapatırlar ve diğer yandan da yaprak alanlarını küçültürler, ancak bu olay fotosentez için fikse edilen CO₂ miktarını azaltarak bitkilerde fotosentez oranının azalmasına ve bitki gelişiminin aksamasına yol açmaktadır (Siddiqui ve ark., 2008). Kolza bitkisinde de benzer şekilde tuz dozlarına ve SA uygulamalarına bağlı olarak yaprak alanında azalmaların olduğu tespit edilmiştir.

Klorofil Değeri

Araştırma sonucunda NaCl dozları ve GA₃ uygulamalarının klorofil değerleri üzerine istatistiki olarak önemli (P<0,05) etkileri bulunurken diğer uygulamaların önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Kolza yapraklarında ölçülen SPAD değerleri Şekil 4'de verilmiştir. Sonuçlar ele alındığında kontrol şartlarında 36,98 iken 100 mM NaCl uygulamasında azalarak 32,82 ile en düşük klorofil değeri belirlenmiştir. Artan tuz uygulamalarının klorofil üzerine etkisi açısından sonuçlar incelendiğinde dalgalanmalar gözükse de, tuz uygulamaları klorofil değerlerinde azalmalara yol açmıştır. Konuyla ilgili yürütülen çalışmalarda tuzluluk stresine maruz kalan kabak, fasulye, reyhan ve makarnalık buğday bitkisinde yapılan klorofil analizlerinde de benzer sonuçlar gözlemlenmiştir (Aydınşakir ve ark., 2015; Seyman ve Önder, 2015 Kaya ve İnan, 2017; Torun ve ark., 2019).



Şekil 4. Tuz stresi altında kolzanın klorofil değeri üzerine GA₃ uygulamalarının etkisi (LSD_{NaCl}:3,2449; LSD_{GA₃}: 2,811)
Figure 4. Effect of GA₃ applications on chlorophyll value of rapeseed under salt stress (LSD_{NaCl}:3,2449; LSD_{GA₃}: 2,811)



Şekil 5. Tuz stresi altında kolzanın yaprak turgor kaybı (%) üzerine GA₃ uygulamalarının etkisi (LSD_{NaCl}×GA₃: 5,1611)
Figure 5. Effect of GA₃ applications on leaf turgor loss (%) of rapeseed under salt stress (LSD_{NaCl}×GA₃: 5,1611)

Tuz stresi altında yetiştirilen kolza bitkisinin klorofil miktarı üzerine GA₃ ve SA uygulamalarının etkisi incelendiğinde SA uygulamalarının yaprak klorofil miktarı üzerine etkisi olmazken, GA₃ uygulamalarının negatif yönlü etkisi olmuştur. Ortalama klorofil değeri en yüksek 40,71 ile GA₃ uygulanmayan kontrol şartlarında iken 50 ve 100 mg l⁻¹ GA₃ uygulamalarında sırasıyla 33,90 ve 34,11 olarak tespit edilmiş ve bu iki değer arasında ise istatistiki olarak fark olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde yürütülen bir çalışmada kolza gibi bir yağ bitkisi olan ayçiçeğine artan dozda GA₃ uygulamalarının klorofil içeriğini azalttığı belirtilmiştir (Erdemli, 2015). SA uygulamalarının klorofil değerleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise yürütülen araştırmaya sonuçlarını destekler biçimde SA uygulamalarının klorofil miktarı üzerine istatistiksel olarak etkisi olmadığını bildirmiştir (Kök, 2012). Bu bulguların aksine, Yıldırım ve ark., (2008) klorofil miktarının tuz uygulamalarına bağlı olarak önemli ölçüde azaldığını belirtirken tuz stresi altında salatalık bitkisinde 1,00 mM SA asit uygulamasının klorofil içeriğini önemli ölçüde artırdığını, Tulfai ve ark., (2013) ise benzer şekilde mısır bitkisinde klorofil miktarının tuz uygulamalarına bağlı

olarak önemli ölçüde azaldığını, 0,50 mM SA uygulamasıyla fotosentez oranını artırmak suretiyle tuz stresinin olumsuz etkilerinin azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Pek çok araştırmacı tarafından da yüksek tuz konsantrasyonlarında iyon birikimi ve stomaların açılıp kapanmasındaki düzensizlikler nedeniyle toplam klorofil miktarında azalmalar olduğu bildirilmiştir (Siddiqui ve ark., 2008; Dinler ve ark., 2019).

Yaprak Turgoru Kaybı

Tuz stresi altında kolza bitkisine GA₃ ve SA uygulamalarının yaprak turgor kaybı üzerine etkileri incelendiğinde (Şekil 5), GA₃×NaCl interaksiyonunun istatistiki olarak önemli (P<0,05) etkileri olduğu bulunurken diğer uygulamaların önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, 50mM NaCl×0 mg l⁻¹ GA₃ uygulamasında kolza bitkisinde %13,39 olan yaprak turgor kaybı 150 mM NaCl×50 mg l⁻¹ GA₃ uygulamaları ile %4,33 e kadar düşmüştür (Şekil 5). Deneme sonuçlarına göre, GA₃ uygulamaları artan tuz stresi koşullarında turgor kaybını önemli ölçüde azaltmıştır.

GA₃ uygulanmayan kontrol şartlarında bitkide turgor kaybı %10,67 iken 50 ve 100 mg l⁻¹ GA₃ uygulamalarında sırasıyla %8,90 ve 8,93 değerleri tespit edilmiştir. Bu değerler arasında ise istatistiki olarak fark olmadığı belirlenmiştir. Tuzluluk stresi altında SA' in kolzada turgor kaybı üzerine etkileri incelendiğinde kontrol şartlarında bitkide turgor kaybı %8,80 iken SA uygulaması turgor kaybını bir miktar artırmış sırasıyla %10,98 ve 8,82 ancak bu artış değerleri istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Bitkide meydana gelen bu turgor kayıpları tuz stresi karşısında, büyümede azalma, bitki su potansiyelinde düşüş ve turgorun kaybolması şeklinde açıklanabilir.

Elektrolit Sızıntısı

Kolza bitkisinde elektrolit sızıntısı üzerine NaCl dozları, GA₃ ve NaCl×GA₃ interaksyonunun istatistiki olarak önemli (P<0,05) etkileri bulunurken diğer uygulamaların önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). Elektrolit sızıntısı ile tuz dozları arasındaki ilişki incelendiğinde, artan tuz dozlarının elektrolit sızıntısını artırdığı en düşük elektrolit sızıntısının %13,47 ile kontrol uygulamasında iken en yüksek elektrolit sızıntısı %91,35 ile 150 mM NaCl içeren ortamda yetiştirilen bitkilerde tespit edilmiştir. Araştırma sonuçları değerlendirildiğinde, artan tuz uygulamaları elektrolit sızıntısını önemli ölçüde artırmıştır. Tuz stresi altında hücre zarında meydana gelen bozulmalar nedeniyle elektrolit sızıntısının arttığı düşünülmektedir (Karlıdag ve ark., 2009). SA uygulamalarının ise tuz stresi altında yetişen kolza bitkilerinin elektrolit sızıntısı üzerine herhangi bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Bizim bulgularımızın aksine Yıldırım ve ark. (2008) salatalık,

Karlıdag ve ark. (2009) çilek üzerinde yürüttükleri çalışmada tuz stresi altında uygulanan 0,50 ve 1,00 mM SA'ın bitkilerde elektrolit sızıntısını azaltabileceğini belirtmişlerdir. Bu uyumsuzluğun farklı bitki türü ve çeşitleri arasındaki genotipik farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

GA₃ uygulaması yapılmayan kontrol şartlarında bitkide elektrolit sızıntısı %49,55 iken GA₃ ilavesi artırıcı etki göstererek 50 ve 100 mg l⁻¹ GA₃ uygulamalarında sırasıyla %58,47 ve %61,94 yükselmiştir ve bu iki değer arasında ise istatistiki olarak fark olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3). NaCl ve GA₃'ün birlikte uygulandığında herhangi bir uygulama yapılmayan kontrol koşullarında elektrolit sızıntısı %11,48 iken, artan NaCl uygulamalarıyla (50, 100, 150 mM) önemli derecede artmış ve sırasıyla %27,11, %76,36 ve %84,91 seviyelerine çıkmıştır. Bitkilerde en yüksek elektrolit sızıntısı 100 mg l⁻¹ GA₃ ve 150 mM NaCl'ün birlikte uygulandığı koşullarda %98,93 ile elde edilmiş ve tuz stresi altında GA₃ uygulamalarının elektrolit sızıntısını artırabileceği tespit edilmiştir. Siddiqui ve ark. (2008) NaCl uygulamalarının elektrolit sızıntısını artırdığını belirtirken en düşük elektrolit sızıntı değerini 10⁻⁵ M GA₃ uyguladığında elde etmiştir, ancak NaCl ve GA₃'in birlikte uygulandığı durumlarda kontrole göre yüksek oranlarda elektrolit sızıntısının devam ettiğini bildirmiştir. Deneme sonuçlarında artan bu elektrolit sızıntısının sebebi tuzluluğun temel olarak bitkinin su dengesini bozmasının yanı sıra klorofil oluşumunu engellenerek fotosentez oranının azalmasına ve hücre zarı fonksiyonlarının bozulmasına sebep olması olarak düşünülmektedir.

Çizelge 3. Tuz stresi altında kolzada elektrolit sızıntısı (%) üzerine GA₃ ve SA asit uygulamalarının etkisi
Table 3. Effect of GA₃ and SA applications on electrolyte leakage (%) in rapeseed under salt stress

GA ₃ (mg l ⁻¹)	SA (mM)	NaCl (mM)				Ortalama
		0	50	100	150	
0	0	10,72	30,68	76,86	82,62	50,22
	0,5	10,34	29,99	81,06	99,33	53,93
	1	13,38	20,63	71,17	72,79	44,49
	Ortalama	11,48 ^G	27,10 ^F	76,36 ^{CD}	83,25 ^{BC}	49,55 ^B
50	0	12,19	53,12	80,48	96,72	60,62
	0,5	16,89	27,44	73,37	87,45	51,28
	1	14,69	76,55	71,33	91,44	63,5
	Ortalama	14,59 ^{FG}	52,37 ^E	75,06 ^{CD}	91,87 ^{AB}	58,47 ^A
100	0	13,69	50,29	84,86	101,24	62,52
	0,5	13,96	64,11	57,03	92,33	56,86
	1	15,43	75,35	71,76	103,23	66,44
	Ortalama	14,36 ^{FG}	63,25 ^{DE}	71,22 ^{CD}	98,93 ^A	61,94 ^A
GenelOrtalama		13,47 ^D	47,57 ^C	74,21 ^B	91,35 ^A	
SA×Tuz	0	12,2	44,69	80,73	93,53	57,79
	0,5	13,73	40,51	70,48	91,37	54,02
	1	14,5	57,51	71,42	89,15	58,14

LSD_{NaCl}: 7,6577; LSD_{GA₃}: 6,6318; LSD_{NaCl×GA₃}: 13,2635

*aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında P<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak fark yoktur.

Sonuç

Tarım topraklarında tuzluluk problemi giderek artmakta ve bitki gelişimini engelleyen önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü ortamda, artan tuz dozlarının bitki gelişimini ve incelenen diğer tüm parametreleri olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bitkilerde tuz stresinin azaltılması ve tuzluluk

zararının en asgari düzeye düşürülmesini sağlamak için bitki büyüme düzenleyicisi olarak GA₃ ve SA'ın kolzaya uygulanmasının bitki boyu, yan dal sayısı ve yaprak sayısı üzerine etkileri görülse de tuzluluğun olumsuz etkilerini gidermede yetersiz kalmıştır. Bununla birlikte, artan dozlarda uygulanan GA₃'in kolzada turgor kaybı üzerine

olan etkileri de değerlendirildiğinde, GA₃'in tuzluluğun olumsuz etkilerini gidermede kısmi bir iyileşme sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak, GA₃'in tuz stresi altındaki kolza bitkisinde gelişim düzenleyici rolünün SA uygulamalarından daha etkili olduğu ve tuz stresinden doğan zararlanmaların azaltılmasında etkili olabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmayı AR-1635 Proje numarası ile destekleyen Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Ashraf M, Karim F, Rasul E. 2002. Interactive effects of gibberellic acid (GA₃) and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity of two spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Plant Growth Regulation*. 36 (1): 49-59.
- Aydınşakir K, Ulukapı K, Kurum R, Tetik N, Arslan Kulcan A. 2015. Farklı tuz konsantrasyonlarının bazı kabak anaçlarının büyüme ve klorofil içerikleri üzerine etkisi. *Derim*. 32 (2): 187-200.
- Baktır İ. 2010. Bitki büyüme düzenleyicileri özellikleri ve tarımda kullanımları. Hasad Yayıncılık.
- Canakci S, Munzuroglu O. 2006. Effects of acetylsalicylic acid on growth and transpiration rate of corn (*Zea mays* L.) seedlings. *Science and Engineering Journal of Firat University*. 4, 479-484.
- Culpan E. 2015. Gibberellik asit ve salisilik asit uygulamalarının aspir (*Carthamus Tinctorius* L.)'ın tohum verimi ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Çulha Ş, Çakırlar H. 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 11 (2): 11-34.
- Datta KS, Varma SK, Angrish R, Kumar B, Kumari P. 1997. Alleviation of salt stress by plant growth regulators in *Triticum aestivum* L. *Biologia Plantarum*. 40 (2): 269-275.
- Delavari PM, Baghizadeh A, Enteshari SH, Kalantari KM, Yazdanpanah A, Mousavi EA. 2010. The effects of salicylic acid on some of biochemical and morphological characteristic of *ocimum basilicum* under salinity stress. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 4 (10): 4832-4845.
- Dinler E, Balabanlı C, Bıçakçı E. 2019. Application of GA₃ (Gibberellic Acid) and kinetin plant growth agents in relieving the effects of salt (NaCl) stress on germination and seedling growth of common vetch (*Vicia sativa* L.) seeds. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 7(sp2): 188-192.
- Ebrahimzadeh L, Farahbakhsh H, Arvin SMJ. 2009. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) growth and development to exogenous application of plant growth regulators. *Plant Ecophysiology*. 2: 57-61.
- Erdemli H. 2015. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)'nde giberellik asit dozlarının verim ve abiyotik stres koşullarında çimlenme üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Hayat Q, Hayat S, Irfan M, Ahmad A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review, *Environ. Exp. Bot.* 68: 14-25.
- Hamayun M, Khan SA, Khan AL, Shin JH, Ahmad B, Shin DH, Lee, IJ. 2010. Exogenous gibberellic acid reprograms soybean to higher growth and salt stress tolerance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58 (12): 7226-7232.
- Huang X, He R, Liao X, Zhou B, Peng W, Lin J, Liu XM. 2014. Effect of exogenous gibberellin on reserve accumulation during the seed filling stage of oilseed rape. *Genetics and Molecular Research*. 13 (2): 2827-2839.
- Karlıdag H, Yıldırım E, Metin T. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Scientia Agricola*. 66 (2): 180-187.
- Kaya A, İnan M. 2017. Tuz (NaCl) stresine maruz kalan reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinde bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine salisilik asidin etkileri, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. 21 (3): 332-342.
- Kaydan D, Yağmur M. 2006. Farklı salisilik asit dozları ve uygulama şekillerinin buğday (*Triticum aestivum* L.) ve mercimekte (*Lens culinaris* Medik.) verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 12 (3): 285-293.
- Kök D. 2012. Farklı salisilik asit dozlarının asma anaçlarının tuzluluğa dayanımı üzerine etkileri, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*. 9 (2): 32-40.
- Köksal E, Üstün H, İlbeyi A. 2010. Bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı göstergesi olarak yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi sınır değerleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*. 24 (1): 25-36.
- Kumlay AM, Eryiğit T. 2011. Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyici maddeler: bitki hormonları. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 1 (2): 47-56.
- Moghadam AK, Mohammadi K. 2014. A laboratory and glasshouse evaluation of ascorbic and salicylic acid effect on germination traits and grain yield of safflower cultivars. *Environmental and Experimental Biology*. 12: 39-42.
- Ozkutlu F, Turan M, Turkmən AR. 2013. Soil salinity increase cd uptake of lettuce (*Lattuca sativa* L.). *ProEnvironment/ProMediu*. 6 (14).
- Öner F, Kırlı A. 2018. Effects of salt stress on germination and seedling growth of different bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Akademik Ziraat Dergisi*. 7 (2): 191-196.
- Öner F, Özkorkmaz F, Yılmaz N. 2018. Tuz stresi altında gibberellik asit uygulamalarının yulafta bazı çimlenme parametreleri üzerine etkisi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 1 (1): 33-35.
- Öztürk Ş. 2018. Farklı tuz konsantrasyonlarına sahip sulama sularının pazının büyüme ve gelişimine olan etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Prajapati KS, Pandey PP, Suman M. 2018. Impact of Gibberellic acid under salinity stress on Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7 (5): 2324-2328.
- Seymen B, Önder M. 2015. Kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde tuzluluğun fide gelişimi üzerine etkisi, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*. 2 (2): 109-115.
- Siddiqui MH, Khan MN, Mohammad F, Khan MMA. 2008. Role of nitrogen and gibberellin (GA₃) in the regulation of enzyme activities and in osmoprotectant accumulation in *Brassica juncea* L. under salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 194 (3): 214-224.
- Shah SH. 2007. Effects of salt stress on mustard as affected by gibberellic acid application. *General and Applied Plant Physiology*. 33, 1-2: 97-106.
- Sönmez İ, Sönmez S. 2007. Tuzluluk ve gübreleme arasındaki ilişkiler. *Tarımın Sesi Dergisi*. 16, 13-16.
- Torun A, Duymuş E, Erdem H, Tolay İ, Cenkseven Ş, Gülüt KY, Torun B. 2018. Determination of the effect of boron applications on salt damage in sunflower. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 6 (12): 1781-1788.
- Torun AA, Gülmezoğlu N, Tolay İ, Duymuş E, Aytaç Z, Cenkseven Ş, Torun B. 2019. Çinko ve NaCl uygulamalarının makarnalık buğdayın (*Triticum durum* Desf.) kuru madde verimi ve besin elementi konsantrasyonları üzerine etkisi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*. 8 (1): 1-10.

- Tufail A, Arfan M, Gurmani AR, Khan A, Bano A. 2013. Salicylic acid induced salinity tolerance in maize (*Zea mays*). Pakistan Journal of Botany. 45 (S1): 75-82.
- Uyanık M, Kara ŞM, Korkmaz K. 2014. Determination of responses of some winter canola (*Brassica napus* L.) cultivars to salt stress at germination period, Tarım Bilimleri Dergisi. 20 (4): 368-375.
- Ünver MC, Tilki F. 2012. Salinity, germination promoting chemicals, temperature and light effects on seed germination of *Anethum graveolens* L. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 18 (6): 1005-1011.
- Wen F, Zhang Z, Bai T, Xu Q, Pan Y. 2009. "Proteomics reveals the effects of gibberellic acid (GA₃) on salt-stressed rice (*Oryza sativa* L.) shoots", Plant Science. 178 (2): 170-175.
- Yildirim E, Turan M, Guvenc I. 2008. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition. 31 (3): 593-612.
- Zamaninejad M, Khorasani SK, Moeini MJ, Heidarian AR. 2013. Effect of salicylic acid on morphological characteristics, yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.) under drought condition. European Journal of Experimental Biology. 3 (2): 153-161.