



Effects of Salicylic Acid on Germination and Vegetative Growth Properties of Radish (*Raphanus sativus* L.) Cultivars Grown under Drought Stress Conditions

Ayşe Gül Nasırcılar^{1,a,*}, Kamile Ulukapı^{2,b}, Zehra Kurt^{3,c}

¹Department of Mathematics and Science Education, Faculty of Education, Akdeniz University, 07070 Antalya, Turkey

²Department of Plant and Animal Production, Vocational School of Technical Sciences, Akdeniz University, 07070 Antalya, Turkey

³Graduate School of Natural and Applied Sciences, Akdeniz University, 07070 Antalya, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 18/11/2020 Accepted : 14/09/2020</p> <p>Keywords: Drought Stress PEG 6000 Radish <i>Raphanus sativus</i> L. Salicylic acid</p>	<p>In this study, firstly different PEG 6000 concentrations (%5, %10, %15, %20) were applied to four different radish cultivars (black, white, big red, little radish) to determine germination and vegetative growth parameters under drought conditions. As germination parameter; germination percentage (%), germination time and vigor index were determined. After germination, number of leaves, shoot length (cm), root length (cm), leaf width (cm) leaf length (cm), stem diameter (mm), plant fresh and dry weights (g) were measured in germinated plants. Vegetative growth parameters decreased in %15 PEG6000 for white, black and red little radish cultivars and in %20 for big red radish cultivar, and these doses were determined as the threshold value for salicylic acid applications. In second step, in order to increase the drought tolerance of the cultivars, different doses of salicylic acid (0.25, 0.50, 0.75, 1.00 mM) were applied in addition to PEG6000 application. The effect of different doses of salicylic acid on germination and vegetative growth parameters of radish seeds under drought conditions varied depending on the cultivar, and it was determined that it caused a stimulatory effect on germination of the cultivars. Except for the large red radish cv, it has a positive effect on plant growth in general. It was found that SA doses applied in this cultivar had an inhibitory effect. 0.50 mM salicylic acid in black radish; 0.25 mM salicylic acid applications in white and little red radish provided positive results in terms of improving vegetative parameters at %15 PEG6000 concentration.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(11): 2293-2299, 2020

Kuraklık Stresi Koşullarında Dışarıdan Uygulanan Salisilik Asitin Turp (*Raphanus sativus* L.) Çeşitlerinin Çimlenme ve Vejetatif Büyüme Özellikleri Üzerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 18/11/2020 Kabul : 14/09/2020</p> <p>Anahtar Kelimeler: Kuraklık stresi PEG 6000 <i>Raphanus sativus</i> L. Turp</p>	<p>Bu çalışmada ilk olarak dört farklı turp çeşidinin (siyah, beyaz, iri kırmızı, kırmızı fındık) farklı PEG6000 (%5, %10, %15, %20) konsantrasyonları uygulanarak oluşturulan kuraklık koşullarında çimlenme ve vejetatif gelişim parametreleri değerlendirilmiştir. Çimlenme parametresi olarak; çimlenme yüzdesi (%), çimlenme süresi ve vigor indeksi belirlenmiştir. Bitkilerde vejetatif gelişim parametresi olarak; yaprak sayısı (adet), sürgün boyu (cm), kök uzunluğu (cm), yaprak genişliği (cm), yaprak uzunluğu (cm), gövde çapı (mm), bitki yaş ve kuru ağırlıkları (g) ölçülmüştür. Beyaz, siyah ve kırmızı fındık turp çeşitlerinde %15, kırmızı iri turp çeşidinde ise %20 PEG uygulamalarında vejetatif gelişim parametreleri belirgin bir şekilde düşüş göstermiş olup, bu dozlar salisilik asit uygulamaları için eşik değer olarak belirlenmiştir. İkinci aşamada, çeşitlerin kuraklığa toleransını arttırmak amacıyla PEG6000 içeren ortamlara farklı dozlarda salisilik asit (0,25, 0,50, 0,75, 1,00 mM) uygulanmıştır. Salisilik asitin farklı dozlarının, kuraklık koşullarında turp tohumlarının çimlenmesi ve vejetatif gelişim parametreleri üzerine etkisi, çeşide bağlı olarak değişiklik göstermiş olup, çimlenmeyi teşvik edici etki yaptığı belirlenmiştir. İri kırmızı turp çeşidi hariç, bitki gelişimi üzerinde de genel anlamda olumlu etki yapmış, bu çeşitte uygulanan SA dozlarının inhibe edici etki yaptığı tespit edilmiştir. Siyah turp çeşidinde eşik değeri olarak belirlenen %15'lik PEG6000 konsantrasyonunda 0,50 mM salisilik asit uygulaması; beyaz ve kırmızı fındık turp çeşitlerinde ise eşik değeri olarak belirlenen %15'lik PEG6000 konsantrasyonunda 0,25 mM salisilik asit uygulaması vejetatif parametrelerinin iyileştirilmesi açısından oldukça iyi sonuç vermiştir.</p>

^a nasircilar@akdeniz.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-2602-804X>

^b kamileonal@akdeniz.edu.tr

^c <https://orcid.org/0000-0001-8184-8967>

^c zehrakurt_64@hotmail.com

^c <https://orcid.org/0000-0003-4651-9919>



Giriş

Protein, karbonhidrat, vitamin ve çeşitli mineraller bakımından çok zengin bir bitki olan turp (*Raphanus sativus* L.), hem yaprak hem de kökleri tüketilen bir sebzedir (Larry, 1977). İnsanlar tarafından sevilerek tüketilmesi ve birçok rahatsızlığa iyi gelmesi yanında, medikal değeri de bulunan turp; tropikal, subtropikal ve ılıman bölgeler de dahil olmak üzere dünyanın farklı yerlerinde yetiştirilebilmektedir (Gosh ve ark., 2014; Kalantari ve ark., 2009).

Kuraklık stresi özellikle düşük yağış alan bölgelerde ve etkin bir sulama sisteminin yer almadığı alanlarda tarım için önemli bir tehlike unsuru oluşturmaktadır. Özellikle küresel iklim değişikliğinin daha da artacağı öngörüldüğü önümüzdeki yıllarda, sürdürülebilir tarım için birtakım önlemlerin alınması bir zorunluluk haline gelmiştir (Ashraf, 2010; Arzani ve Ashraf, 2016; Noman ve ark., 2018).

Turp (*Raphanus sativus* L.) su ihtiyacı yüksek olan bir bitki olup, toprağın su miktarı bu bitkinin verim ve kalitesi üzerinde oldukça etkilidir. Bu nedenle mevsimin kurak geçmesi ve sulama suyunun azlığı gibi faktörler verimde düşümlere neden olmaktadır (Kang ve Wan, 2005.)

Hücrenin iyon dengesinin bozulmasına öncülük eden; bir seri morfolojik, fizyolojik ve moleküler değişime yol açarak bitki büyüme ve gelişimi üzerinde olumsuz sonuçlar doğuran kuraklık, osmotik stres olarak da ifade edilebilir (Wang ve ark., 2003). Kuraklık aynı zamanda bitki yaşam döngüsünün en kritik aşamalarından olan çimlenme üzerinde de etkili olan bir abiyotik stres faktörüdür. Fide ölümlerine neden olması yüzünden kurak veya kısıtlı su bulunan bir ortamda tohumdan fide elde etmek oldukça zordur. Bu zorluğun üstesinden gelmek için, ekim öncesi tohumların bitki hormonları ile muamele edilmesi yapılan uygulamalar arasındadır. Stres koşullarında dışarıdan ön uygulama yapılan maddelerden biri de salisilik asit olup; SA uygulamalarının olumlu sonuç verdiği bitkiler arasında çilek (Karlidağ ve ark., 2009) ve buğday (Afzal ve ark., 2006) gibi çok farklı bitki türleri bulunmaktadır. Turp bitkisinde ise eksojen uygulanan salisilik asidin; tuz stresi (Chaparzadeh ve Hosseinzad-Behboud 2015; Jasim ve ark., 2016), kadmiyum stresi (Raza ve Shafiq 2013) ve kuraklık stresi (Çanakçı, 2008) koşullarındaki etkisi araştırılmış ve farklı stres koşullarındaki etkilerinin uygulama dozuna bağlı olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Bitkilere salisilik asit uygulamaları genellikle fide aşamasında yaprak ve kökten spreyleme şeklinde yapılan uygulamalar olup, tohumlara ekim öncesi ön uygulama şeklinde gerçekleştirilen çalışmalar özellikle turpta yaygın değildir. Bu nedenle bu çalışmanın ilk aşamasında kuraklık koşullarının ticari olarak ekimi yapılan farklı turp çeşitlerinin çimlenme parametreleri üzerine etkileri ve kuraklığa tolerans düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında ise, eşik kuraklık stresi koşullarında, tohumlara ön hormon uygulaması şeklinde salisilik asidin farklı konsantrasyonları uygulanarak, tohum çimlenmesi ve bitki büyüme ve gelişme parametreleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Çalışmada ticari bir firmadan satın alınmak suretiyle temin edilen siyah, beyaz, iri kırmızı ve kırmızı fındık olmak üzere dört çeşit turp (*Raphanus sativus* L.) tohumu bitki materyali olarak kullanılmıştır. Farklı kuraklık dereceleri %5, %10, %15, %20 oranında hazırlanan PEG6000 solusyonları ile oluşturulmuştur. Tohumlar, ön hormon uygulaması olarak salisilik asidin farklı dozları (0,25, 0,50, 0,75, 1 mM) ile muamele edilmiştir.

Metot

Çimlenme parametrelerinin hesaplanması

Farklı kuraklık dozlarının turp çeşitlerinin çimlenme parametreleri üzerindeki etkisini belirlemek için filtre kağıtları petri kaplarının büyüklüğünde kesilerek çift katlı olacak şekilde yerleştirilmiştir. Denemelerin tümü 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmış ve deneme başına petrilere 20 adet tohum yerleştirilmiştir. Ardından %5, %10, %15, %20 yoğunluktaki PEG 6000 solusyonları, tohumları ıslatacak miktarda ilave edildikten sonra etrafları streç filmle sıkıca kapatılarak tamamen karanlık ortamda, sıcaklığı 24±1°C olan iklim odasında muhafaza edilmiştir. Kontrol bitkilerinde sulama, eşit miktarda distile su ile yapılmıştır. Deneme süresince filtre kağıtlarının kuruma düzeylerine göre, gerekli olduğunda, tohumları ıslatacak miktarda sıvı ilave edilmiştir.

Çimlenen tohum sayısı, tohumların ıslatılmasını takip eden günden başlamak üzere radikulanın testadan çıkışı baz alınarak, her gün yaklaşık olarak aynı saatte sayım yapılarak belirlenmiştir. Çimlenme parametresi olarak, çimlenme yüzdesi (%), çimlenme süresi ve vigor indeksi belirlenmiştir. ISTA kuralları gereğince çimlenme testleri için denemeler 14. günde tamamlanmıştır (ISTA 2007).

$$\text{ÇY} = \frac{\text{ÇTS}}{\text{TTS}} \times 100$$

ÇY = Çimlenme yüzdesi (%)

ÇTS = Çimlenen tohum sayısı

TTS = Petri plaklarına konulan toplam tohum sayısı (Gosh ve ark., 2014)

Vigor indeksi (VI): Aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Abdul-Baki ve Anderson, 1973).

$$VI = RL + SL \times GP$$

RL = Kök uzunluğu [root length (cm),]

SL = Sürgün uzunluğu [shoot length (cm)],

GP = Çimlenme oranı (germination percent)

Ortalama çimlenme süresi (OÇS): Aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır

$$OÇS = \frac{\sum D_n}{\sum n}$$

Formülde, D= testin başlangıcından itibaren sayılan günler, n = D gününde çimlenen tohum sayısı (Ellis ve Roberts, 1981; Sivritepe, 2012).

Vejetatif Parametrelere Göre Eşik Kuraklık Değerinin Belirlenmesi

Çimlenmeyi takiben denemeler aynı sıcaklık derecesine ve 16/8 saat aydınlık/karanlık fotoperiyota sahip olan bitki büyütme odasında sürdürülmüştür. 21 gün sonunda bitkilerde vejetatif gelişim parametresi olarak; yaprak sayısı (adet), sürgün boyu (cm), kök uzunluğu (cm), yaprak genişliği (cm), yaprak uzunluğu (cm), gövde çapı (mm), bitki yaş ve kuru ağırlıkları (g) ölçülmüştür

Farklı Salisilik Asit Dozlarının Kuraklık Koşullarında Çimlenme ve Vejetatif Gelişim Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Bu denemeler için 4 farklı salisilik asit dozu (0,25, 0,50, 0,75, 1 mM) kullanılmış olup, turp çeşitlerine ait tohumlar farklı salisilik asit konsantrasyonlarındaki çözeltilerde 24 saat bekletildikten sonra yukarıda açıklanan yöntemle benzer koşullarda denemeler kurulmuştur. Bu denemeler için sadece eşik değer olarak belirlenmiş %15 oranında PEG 6000 içeren solüsyonla sulama yapılarak denemeler devam ettirilmiş ve ardından çimlenme ve vejetatif büyüme parametreleri açısından değerlendirilmiştir.

Verilerin Analizi

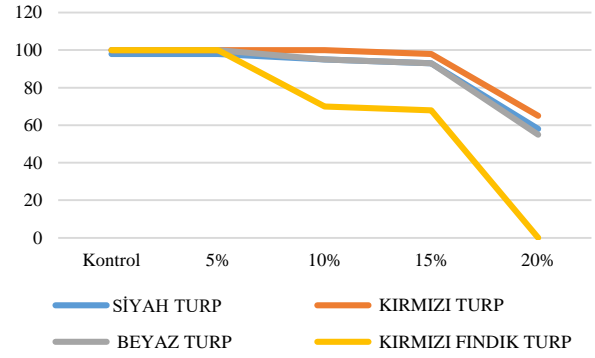
Her iki aşamada elde edilen veriler MINITAB 17 paket programı ile istatistik değerlendirmeye tabi tutulmuş olup, vejetatif büyüme parametrelerinin değerlendirilmesi varyans analizi ile yapılmış ve farklılıklar Tukey testi ile saptanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

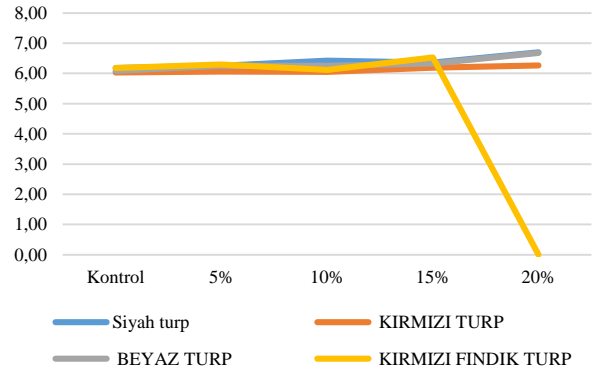
Kuraklık ve Salisilik Asit Uygulamalarının Çimlenme Parametrelerine Etkisi

Polietilenglikol (PEG) in vitro koşullarda su stresi oluşturmak için yaygın olarak kullanılan non iyonik yapılı bir polimerdir. Bu bileşik hücre duvarında bulunan porlardan hücre içine girememekte ve hücre duvarının dışında oluşturduğu osmotik basınç nedeniyle hücre içinden dışına su çıkışına neden olmaktadır. Bu özelliği ile bitki için su kıstıtlılığı oluşturmakta ve kurak bir toprak gibi etki etmektedir (Carpita ve ark., 1979; Macar ve ark., 2009; Verslues ve ark., 1998). Bu çalışmada da PEG 6000 aynı amaçla kullanılmış olup, farklı turp tohumlarının çimlenme parametreleri üzerinde olumsuz etki yaratmıştır. Ortama ilave edilen PEG6000 konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak tüm çeşitlerde çimlenme yüzdelerinde düşme görülmüş, % 20 PEG içeren ortamda özellikle kırmızı fındık turp çeşidinde çimlenme elde edilememiştir. Şekil 1 incelendiğinde çeşide bağlı olarak çimlenme oranlarının kuraklıktan farklı düzeylerde etkilendiği ve kuraklık toleranslarının farklı olduğu görülmektedir.

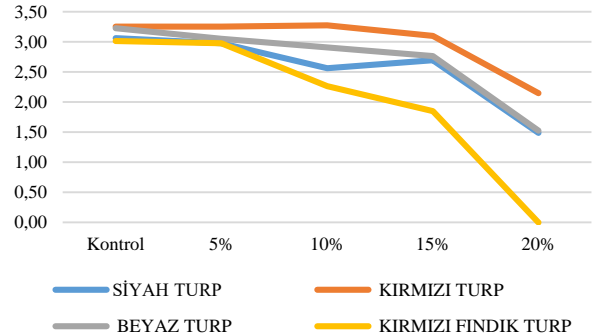
Aynı durum çimlenme süreleri için de geçerli olup kuraklık arttıkça çimlenme süreleri de artmakta ve ortalama tüm çeşitler için 6 gün olan çimlenme süresi kırmızı fındık turp çeşidinde 6. günden sonra bitki ölümleri ile sonuçlanmıştır (Şekil 2). Vigor indeksi en yüksek olan çeşit iri kırmızı, en düşük olan ise kırmızı fındık turp çeşidi olup bu çeşit hariç diğer üç çeşitte % 15 PEG konsantrasyonunda vigor indeksinde belirgin bir azalma mevcuttur. Kırmızı fındık turp çeşidinde ise bu düşüş % 5 konsantrasyonda bile belirgin olup % 15' den sonra çok keskin bir düşüş görülmekte ve vigor indeksi 0 değerine ulaşmaktadır.



Şekil 1. Turp çeşitlerinin farklı PEG 6000 konsantrasyonlarındaki çimlenme yüzdeleri
Figure 1. Germination percentage of radish cultivars at different PEG 6000 concentrations



Şekil 2. Turp çeşitlerinin farklı PEG 6000 konsantrasyonlarındaki çimlenme süreleri
Figure 2. Germination times of radish cultivars at different PEG 6000 concentrations



Şekil 3. Kuraklık stresi koşullarında turp tohumlarının vigor indeksleri
Figure 3. Vigor indexes of radish seeds in drought stress conditions

Hem çimlenme hem de bitkilerdeki farklı fizyolojik olaylar üzerinde önemli rolleri bulunan bitki büyüme düzenleyicilerinin stres koşullarında da etkili olduğu bilinmektedir. Hormon konsantrasyonlarının belirlenmesi, bitkilerin stresle başa çıkmak için uyguladıkları metabolizmanın düzenlenmesi, bitki büyüme ve gelişiminin durdurulması gibi farklı stratejilerin aydınlatılabilmesi için oldukça önemlidir (Jasim ve ark., 2016). Salisilik asit bir bitki büyüme düzenleyicisi olup tohum çimlenmesi de dahil olmak üzere çok sayıda metabolik olayda görev almaktadır (Cutt ve Klessig, 1992; 2295

Khan ve ark., 2003). Salisilik asidin farklı stres koşullarında bitkilerde yapmış olduğu etkiler çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiş olup, etkilerinin bitki türü, doz, uygulama süresi ve uygulanma biçimlerine bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Tuz, kuraklık ve ağır metal toksisitesi gibi farklı abiyotik stres koşullarının turp bitkisinin büyüme, gelişme ve biyokimyasal içeriğinde oluşturduğu değişimler ve bu koşullarda salisilik asit uygulamalarının etkilerinin araştırıldığı bazı çalışmalar mevcuttur (Chaparzadeh ve Hosseinzad-Behboud 2015; Jasim ve ark., 2016; Raza ve Shafiq 2013; Çanakçı, 2008). Bu çalışmada turpta kuraklık stresi koşullarında SA uygulaması tohumlara ekim öncesi ön uygulama şeklinde uygulanmıştır. Salisilik asidin çimlenme oranları üzerindeki etkisinin çeşide ve uygulanan SA dozuna bağlı olarak değiştiği; kırmızı fındık, beyaz ve siyah çeşitlerde 0.25 mM'lık dozun çimlenme üzerinde teşvik edici etkisi olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). İri kırmızı turp çeşidinde ise SA uygulamasının çimlenmeyi inhibe edici etkisi bulunduğu görülmektedir (Şekil 4).

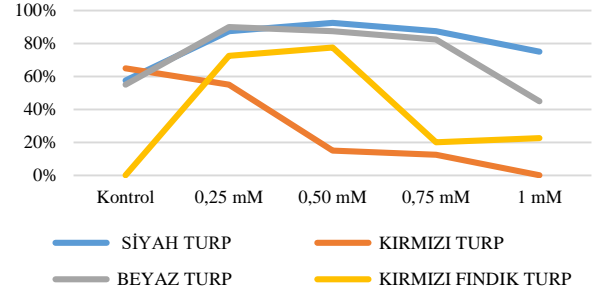
Benzer şekilde SA uygulaması siyah ve beyaz turp çeşitlerinde ortalama çimlenme süresini kısaltmış, kırmızı fındık turpta değiştirmemiş, iri kırmızı turp çeşidinde ise çimlenmeyi azaltmasına rağmen, çimlenen tohumlardaki çimlenme süresini kısalttığı belirlenmiştir (Şekil 5).

SA uygulamalarının çimlenme hızları üzerine etkileri de doz ve çeşide bağlı olarak değişmekte olup; siyah, beyaz ve kırmızı fındık çeşitlerindeki çimlenme oranına benzer şekilde, 0,25 mM'lık konsantrasyonun çimlenme hızı üzerinde de en iyi sonucu verdiği bulunmuştur. Tüm çeşitlerde artan SA konsantrasyonun diğer tüm çimlenme parametrelerinde olduğu gibi yavaşlatıcı ve hatta durdurucu etkisi tespit edilmiştir (Şekil 6).

Tuzlu koşullarda buğday bitkisine hormonal ön uygulama şeklinde yapılan SA uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığı, özellikle 50 ppm'lik uygulama dozunun deneme sonunda elde edilen toplam çimlenmiş bitki sayısını arttırmakla kalmayıp, çimlenme süresini de düşürdüğü bulunmuştur (Afzal ve ark., 2006). Jasim ve ark., (2016) salisilik asitle muamele ettikleri turp tohumlarının tuzlu koşullarda çimlenme parametrelerini incelemiş ve çimlenmeyi önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da uygulama dozuna ve çeşide bağlı olarak SA uygulamalarının özellikle 0,25 mM dozunun kuraklık koşullarında çimlenme parametreleri üzerinde olumlu sonuç yaptığı belirlenmiştir.

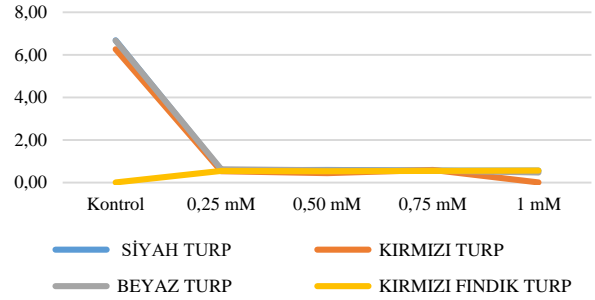
Kuraklık ve Salisilik Asit Uygulamalarının Vejetatif Gelişim Parametrelerine Etkisi

Kuraklık stresinin vejetatif büyüme özellikleri üzerine olan etkisi, çeşit ve uygulama dozuna bağlı olup, bu parametreler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir. Çeşit ve uygulamalarla vejetatif büyüme değerleri arasındaki varyans analizi sonuçları incelendiğinde, gövde çapı hariç, çeşit ve kök uzunluğu arasında 0,05; çeşit ve uygulamalarla incelenen diğer tüm parametreler arasında 0,01 düzeyinde interaksiyon olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).



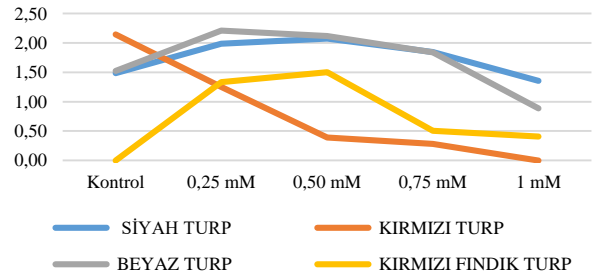
Şekil 4. Kuraklık stresi koşullarında farklı SA dozlarının çimlenme oranına etkileri

Figure 4. The effects of different salicylic acid doses on germination rate under drought stress conditions



Şekil 5. Kuraklık stresi koşullarında farklı SA dozlarının çimlenme sürelerine etkisi

Figure 5. The effects of different salicylic acid doses on germination times under drought stress conditions



Şekil 6. Kuraklık stresi koşullarında farklı SA dozlarının çeşitlerin çimlenme hızı üzerine etkisi

Figure 6. The effects of different salicylic acid doses on germination rate under drought stress conditions

Çizelge 1. Turp çeşitlerinin farklı kuraklık koşullarında vejetatif gelişimlerine ait varyans analiz sonuçları
Table 1. Variance analysis results of vegetative growth of radish cultivars at different drought stress conditions

Özellikler	Varyasyon kaynağı		
	Ç	U	Ç×U
Df	3	4	12
Yaprak sayısı	**	**	**
Sürgün uzunluğu	**	**	**
Kök uzunluğu	*	**	**
Yaprak genişliği	**	**	**
Yaprak uzunluğu	**	**	**
Gövde çapı	ÖD	ÖD	ÖD
Bitki taze ağırlığı	**	**	**
Bitki kuru ağırlığı	**	**	**

Ç: Çeşit, U: Uygulama, Ç×U: Çeşit×Uygulama, ÖD: Önemli değil (not significant), * Önemli (Significant at P<0,05), ** Önemli (Significant at P<0,01)

Kuraklık, çimlenme parametrelerinde olduğu gibi, vejetatif gelişim parametreleri üzerinde de olumsuz etki yapmış ve tüm parametrelerde kuraklık stresinin artışına bağlı olarak kademeli bir düşüş gözlenmiştir. Kuraklık stresinden en fazla etkilenen çeşit kırmızı fındık turp çeşidi olup özellikle % 20 oranında PEG içeren ortamda hiç bitki elde edilememiştir (Çizelge 2). Kuraklık stresinin yaprak sayısı ve gövde çapı üzerindeki etkileri de diğer parametrelerde olduğu gibi çeşide bağlı olup, özellikle siyah ve kırmızı fındık turp çeşitlerinde uygulamalar arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 3). Beyaz ve iri kırmızı turp çeşitlerinde ise farklı PEG konsantrasyonlarının gövde çapı ve yaprak sayısı

üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.

Turpta abiyotik stres koşulları altında eksojen SA uygulamaları farklı araştırmacılar tarafından yapılmış olup; Çanakçı (2008), kuraklık stresi altında yetiştirilen bir haftalık turp fidelerine kök yolu ile salisilik asit uygulaması yaptığı çalışmada; 0,2 mM'lık konsantrasyonun bitkinin taze fide ağırlığı, protein ve klorofil içeriği üzerinde bir etkiye sahip olmadığını, 1 ve 2 mM gibi yüksek konsantrasyonlarının ise fidedelerde osmotik stres ve toksik etki yaratarak hem taze ağırlıkta düşüşe hem de protein ve klorofil miktarında azalmaya neden olduğunu bildirmektedir (Çanakçı, 2008).

Çizelge 2. Kuraklığın turp çeşitlerinin vejetatif büyüme parametreleri üzerine etkisi

Table 2. The effects of drought stress on the vegetative growth parameters of radish cultivars.

Çeşit	Uygulama	Sürgün Uzunluğu	Kök Uzun	Yap Uzun	Yap Gen	Yaş Ağ	Kuru Ağ
Beyaz	Kontrol	15,83 ^a	12,33 ^a	0,51 ^a	1,00 ^a	3,26 ^a	0,1541 ^a
	%5 PEG	14,06 ^{ab}	9,22 ^b	0,62 ^a	0,84 ^b	3,07 ^b	0,1314 ^b
	%10 PEG	12,11 ^{bc}	9,00 ^b	0,66 ^a	0,79 ^b	2,41 ^c	0,1037 ^c
	%15 PEG	9,39 ^c	6,89 ^b	0,54 ^a	0,77 ^b	2,20 ^d	0,0793 ^d
	%20 PEG	4,33 ^d	3,61 ^c	0,00	0,00	2,02 ^e	0,0746 ^d
Siyah	Kontrol	15,17 ^a	10,72 ^a	0,51 ^a	0,72 ^a	1,69 ^a	0,0719 ^a
	%5 PEG	15,11 ^a	10,70 ^a	0,50 ^a	0,63 ^a	1,48 ^b	0,0664 ^b
	%10 PEG	10,22 ^b	7,50 ^{ab}	0,50 ^a	0,62 ^a	1,43 ^c	0,0589 ^c
	%15 PEG	8,56 ^b	5,94 ^b	0,39 ^{ab}	0,57 ^a	1,22 ^d	0,0473 ^d
	%20 PEG	4,00 ^c	3,22 ^b	0,27 ^b	0,33 ^b	0,45 ^e	0,0075 ^e
Kırmızı	Kontrol	14,56 ^a	10,39 ^a	0,57	1,44	3,21 ^a	0,1822 ^a
	%5 PEG	13,83 ^{ab}	10,00 ^a	0,54	0,78	2,92 ^b	0,1708 ^b
	%10 PEG	12,89 ^{ab}	9,94 ^a	0,53	0,71	2,71 ^c	0,1572 ^c
	%15 PEG	10,61 ^{bc}	8,50 ^{ab}	0,48	0,71	2,58 ^d	0,1485 ^d
	%20 PEG	8,33 ^c	5,44 ^b	0,48	0,70	1,48 ^e	0,0724 ^e
Kırmızı Fındık	Kontrol	16,06 ^a	13,72 ^a	0,64 ^a	0,77 ^a	2,73 ^a	0,1937 ^a
	%5 PEG	13,39 ^{ab}	12,11 ^{ab}	0,63 ^a	0,76 ^{ab}	2,47 ^b	0,1572 ^b
	%10 PEG	11,22 ^b	8,67 ^b	0,52 ^{ab}	0,57 ^{bc}	2,22 ^c	0,1310 ^c
	%15 PEG	2,83 ^c	2,00 ^c	0,37 ^b	0,38 ^c	1,36 ^d	0,0578 ^d
	%20 PEG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında kök uzunluğu hariç %1 düzeyinde fark vardır. Çeşit ve kök uzunluğu arasında ise %5 düzeyinde fark vardır.

Çizelge 3. Kuraklık stresinin gövde çapı ve yaprak sayısı üzerine etkisi

Table 3. The effect of drought stress on stem diameter and leaf number

Çeşit	Uygulama	Yaprak sayısı	Gövde çapı
Beyaz	Kontrol	2,00	0,10
	%5 PEG	2,00	0,10
	%10 PEG	2,00	0,10
	%15 PEG	2,00	0,10
	%20 PEG	0	0,10
Siyah	Kontrol	2,00 ^a	0,31 ^a
	%5 PEG	2,00 ^a	0,10
	%10 PEG	2,00 ^a	0,10
	%15 PEG	2,00 ^a	0,10
	%20 PEG	1,44	0,10
Kırmızı	Kontrol	2,00	0,10
	%5 PEG	2,00	0,10
	%10 PEG	2,00	0,10
	%15 PEG	2,00	0,10
	%20 PEG	2,00	0,10
Kırmızı Fındık	Kontrol	2,00 ^a	0,10 ^a
	%5 PEG	1,33 ^b	0,10 ^a
	%10 PEG	1,33 ^b	0,10 ^a
	%15 PEG	1,11 ^b	0,78 ^a
	%20 PEG	0,00	0,00

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %1 düzeyinde fark vardır.

Bu çalışmada ise farklı SA dozlarının kuraklık koşullarında turp çeşitlerinin vejetatif gelişim parametreleri üzerine iyileştirici bir etki yaptığı ve hem çeşit hem de uygulamaların vejetatif gelişim parametreleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Özellikle beyaz ve kırmızı fındık turp çeşitlerinde 0,25 mM'lık SA uygulaması sürgün ve kök uzunluğu bakımından oldukça iyi sonuç vermiş olup, kontrol bitkilerine kıyasla bu gelişim parametrelerinde önemli ölçüde artış tespit edilmiştir. Buna karşın artan SA dozlarının bütün çeşitlerde vejetatif parametreler açısından olumsuz etki yaptığı, özellikle 1 mM'lık SA dozunun tüm değerlerde ciddi anlamda düşüşe

neden olduğu tespit edilmiştir. İri kırmızı turp çeşidinde ise uygulanan tüm SA dozları incelenen parametreler açısından engelleyici etki yaratmıştır (Çizelge 4).

Kuraklık koşullarında SA uygulamasının çeşitlerin yaprak sayısı üzerine olumsuz etki yaptığı, gövde çapı üzerinde ise siyah turp çeşidi hariç uygulama dozlarının etkili olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 5). Eşik kuraklık değerinde salisilik asit uygulamaları ve vejetatif büyüme değerleri arasındaki varyans analizi sonuçları incelendiğinde çeşit ve uygulama ile incelenen tüm parametreler arasında 0,01 düzeyinde interaksiyon olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 4. Kuraklık stresi koşullarında farklı SA dozlarının turp çeşitlerinin vejetatif büyüme ve gelişim parametreleri üzerine etkisi

Table 4. The effect of different SA doses on vegetative growth and development parameters of radish cultivars under drought stress conditions.

Çeşit	Uygulama	Sürgün Uzunluğu	Kök Uzun	Yap Uzun	Yap Gen	Yaş Ağ	Kuru Ağ
Beyaz	Kontrol (%15)	9,38 ^{ab}	6,89 ^{bc}	0,54 ^a	0,77 ^a	2,21 ^a	0,0872 ^a
	0,25 mM	15,06 ^a	13,11 ^a	0,32 ^{ab}	0,36 ^b	0,75 ^b	0,0591 ^b
	0,50 mM	12,22 ^a	10,78 ^{ab}	0,19 ^b	0,28 ^{bc}	0,69 ^c	0,0567 ^c
	0,75 mM	5,78 ^b	4,78 ^c	0,18 ^b	0,16 ^{bc}	0,62 ^d	0,0560 ^c
	1,00 mM	5,67 ^b	4,67 ^c	0,17 ^b	0,08 ^c	0,58 ^e	0,0507 ^d
Siyah	Kontrol (%15)	8,56 ^a	5,94 ^{ab}	0,038 ^a	0,57 ^a	1,22 ^a	0,0543 ^a
	0,25 mM	6,00 ^{ab}	5,06 ^{abc}	0,11 ^{ab}	0,19 ^b	1,19 ^b	0,0452 ^b
	0,50 mM	8,50 ^a	7,61 ^a	0,40 ^a	0,32 ^{ab}	0,78 ^c	0,0311 ^c
	0,75 mM	2,00 ^b	2,00 ^{bc}	0,00	0,00	0,54 ^d	0,0073 ^d
	1,00 mM	1,61 ^b	1,00 ^c	0,00	0,00	0,49 ^e	0,0067 ^e
Kırmızı	Kontrol (%15)	10,61 ^a	9,00 ^a	0,48 ^a	0,71 ^a	2,58 ^a	0,1708 ^a
	0,25 mM	9,72 ^a	8,50 ^a	0,00	0,00	0,87 ^b	0,0851 ^b
	0,50 mM	8,06 ^a	7,39 ^a	0,00	0,00	0,81 ^{bc}	0,0758 ^c
	0,75 mM	7,11 ^{ab}	6,44 ^{ab}	0,00	0,00	0,79 ^c	0,0719 ^d
	1,00 mM	3,22 ^b	2,61 ^b	0,03 ^b	0,06 ^b	0,69 ^d	0,0584 ^e
Kırmızı Fındık	Kontrol (%15)	2,83 ^b	2,00 ^b	0,37 ^a	0,38 ^a	2,24 ^a	0,1314 ^a
	0,25 mM	18,28 ^a	16,93 ^a	0,46 ^a	0,39 ^a	1,71 ^b	0,0659 ^b
	0,50 mM	16,72 ^a	15,61 ^a	0,20 ^{ab}	0,29 ^a	0,64 ^c	0,0458 ^c
	0,75 mM	1,94 ^b	0,67 ^b	0,00	0,00	0,52 ^d	0,0075 ^d
	1,00 mM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %1 düzeyinde fark vardır.

Çizelge 5. Kurak koşullarda SA uygulamalarının gövde çapı ve yaprak sayısı üzerine etkisi

Table 5. Effects of SA applications on stem diameter and leaf number in drought conditions

Çeşit	Uygulama	Yaprak sayısı	Gövde çapı
Beyaz	Kontrol (%15)	2,00 ^a	0,10
	0,25 mM	1,89 ^a	0,10
	0,50 mM	1,22 ^{ab}	0,10
	0,75 mM	0,78 ^b	0,10
	1,00 mM	0,78 ^b	0,10
Siyah	Kontrol (%15)	2,00 ^a	0,10 ^a
	0,25 mM	0,78 ^b	0,10 ^a
	0,50 mM	0,67 ^b	0,10 ^a
	0,75 mM	0,00	0,10 ^a
	1,00 mM	0,00	0,067 ^b
Kırmızı	Kontrol (%15)	2,00 ^a	0,10
	0,25 mM	0,00	0,10
	0,50 mM	0,00	0,10
	0,75 mM	0,00	0,10
	1,00 mM	0,22 ^b	0,089
Kırmızı Fındık	Kontrol (%15)	1,11 ^a	0,08
	0,25 mM	1,11 ^a	0,10
	0,50 mM	1,78 ^a	0,10
	0,75 mM	0,00	0,10
	1,00 mM	0,00	0,00

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %1 düzeyinde fark vardır.

Çizelge 6. Eşik kuraklık değerinde salisilik asit uygulamaları ve vejetatif büyüme değerleri arasındaki varyans analizi

Table 6. Analysis of variance between salicylic acid applications and vegetative growth values at threshold drought value

Özellikler	Varyasyon kaynağı		
	C	U	C×U
Df	3	4	12
Yaprak sayısı	**	**	**
Sürgün uzunluğu	**	**	**
Kök uzunluğu	**	**	**
Yaprak genişliği	**	**	**
Yaprak uzunluğu	**	**	**
Gövde çapı	**	**	**
Bitki taze ağırlığı	**	**	**
Bitki kuru ağırlığı	**	**	**

* Önemli (Significant at P<0,05), ** Önemli (Significant at P<0,01)

Jasim ve ark. (2016) 24 saat salisilik asitle muamele ettikleri turp tohumlarını tuz stresi koşullarında yetiştirmiş ve elde ettikleri fidelerde bazı vejetatif gelişim parametrelerini incelemişlerdir. SA uygulamasının bitki boyu, sürgün ve kök taze ağırlığı, klorofil içeriği gibi bazı parametrelerin düşüşüne neden olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumu salisilik asitin IAA (indol asetik asit) baskılayan proteinleri stabilize etmesi ve oksinlerin inhibisyonuna neden olarak serbest IAA miktarında azalmaya neden olması ile ilişkilendirmişlerdir (Jasim ve ark., 2016; Wang ve ark., 2007). Ayrıca SA uygulamalarının oksinlerle indüklenen etilen üretiminde ve giberellik asit konsantrasyonunda düşüşe neden olduğu soya fasulyesinde yapılan bir araştırma ile de bildirilmiştir (Lee ve ark., 1999).

Bitkilere stres koşullarında yapılan salisilik asit uygulamalarında uygulama yapılan bitki türü ve gelişim aşaması, bitkide bulunan içsel SA konsantrasyonu, uygulama şekli ve dozu gibi çok sayıda faktör etkili olmaktadır (Horváth ve ark., 2007). Bu çalışmada tohumlara ön hormonal uygulama şeklinde yapılan SA muamelesinin farklı turp çeşitlerinde kuraklık stresi koşullarında, çeşit ve uygulama dozuna bağlı olarak özellikle 0,25 mM gibi düşük konsantrasyonlarının, çimlenme ve vejetatif gelişim parametreleri üzerine olumlu etki yaptığı bulunmuştur. Daha önce yapılmış çalışmalarda dışsal salisilik asit uygulamalarının etkilerindeki varyasyonlar göz önünde bulundurulduğunda; bu çalışmadan elde edilen bulguların, abiyotik stres çalışması yapacak araştırmacılar ve özellikle küresel iklim değişikliği nedeniyle artan kuraklık koşullarında üreticiler için faydalı olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Abdul-Baki AA, Anderson JD. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13: 630-633.
- Afzal I, Basra SM, Farooq M, Nawaz A. 2006. Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8(1): 23-28.
- Arzani A, Ashraf A. 2016. Smart engineering of genetic resources for enhanced salinity tolerance in crop plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 35: 146-189.
- Ashraf M. 2010. Inducing drought tolerance in plants: recent advances. *Biotechnology Advances*, 28: 169-183.

- Carpita N, Sabulase D, Montezinos D, Delmer DP. 1979. Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. *Science*, 205: 1144-1147.
- Chaparzadeh N, Hosseinzad-Behboud E. 2015. Evidence for enhancement of salinity induced oxidative damages by salicylic acid in radish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 5(1): 23-33.
- Cutt JR, Klessig DF. 1992. Salicylic acid in plants. A changing perspective. *Pharmaceutical Technology*, 16: 25-34.
- Çanakçı S. 2008. Effects of salicylic acid on fresh weight change, chlorophyll and protein amounts of radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings. *Journal of Biological Science*, 8(43), 435.
- Ellis RH, Roberts EH. 1981. The Quantification of Ageing and Survival in Orthodox Seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 373-409.
- Gosh P, Dash PK, Rituraj S, Mannan MA. 2014. Effect of salinity on germination, growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.) varieties. *International Journal of Biosciences*, 5(1): 37-48.
- Horváth E, Szalai G, Janda T. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26(3): 290-300.
- ISTA 1985. International Rules for Seed Testing. *Seed Science Technology* 13.
- Jasim AH, Al Timmen WMA, Abid AS. 2016. Effect of salt stress on plant growth and free endogenous hormones of primed radish (*Raphanus sativus* L.) seeds with salicylic acid. *International Journal of ChemTech Research*, 9(6): 339-346.
- Kalantari H, Kooshapur H, Rezaii F, Ranjbari N, Moosavi M. 2009. Study of the protective effect of *Raphanus sativus* (radish), seed in liver toxicity induced by carbon tetrachloride in mice. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 4: 24-31.
- Kang Y, Wan S. 2005. Effect of soil water potential on radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use under drip irrigation. *Scientia Horticulturae*, 106(3): 275-292.
- Karlıdag H, Yıldırım E, Turan M. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Scientia Agricola*, 66(2): 180-187.
- Khan W, Prithviraj B, Smith P. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, 20: 1-8.
- Lee HJ, Jin ES, Kim W. 1999. Inhibition of Auxin-Induced Ethylene Production by Salicylic Acid in Mung Bean Hypocotyls. *Journal of Plant Biology*, 42(1):1-7.
- Macar TK, Turan. O, Ekmekci Y. 2009. Effects of Water Deficit Induced by PEG and NaCl on Chickpea (*Cicer arietinum*) Cultivars and Lines at Early Seedling Stages. *Gazi University Journal of Science*, 22(1): 5-14.
- Noman A, Ali Q, Maqsood J, Iqbal N, Javed MT, Rasool N, Naseem J. 2018. Deciphering physio-biochemical, yield, and nutritional quality attributes of water-stressed radish (*Raphanus sativus* L.) plants grown from Zn-Lys primed seeds. *Chemosphere*, 195: 175-189.
- Raza SH, Shafiq F. 2013. Exploring the role of salicylic acid to attenuate cadmium accumulation in radish (*Raphanus sativus*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(3): 547-552.
- Sivritepe HÖ. 2012. Tohum Gücünün Değerlendirilmesi. *Alatırım Dergisi*, 11(2), 33-44.
- Verslues PK, Ober ES, Sharp RE. 1998. Root Growth and Oxygen Relations at Low Water Potentials, Impact of Oxygen Availability in polyethylene Glycol Solutions. *Plant Physiology*, 116(4): 1403-1412.
- Wang D, Pajeroska-Mukhtar K, Culler AH, Dong X. 2007. Salicylic acid inhibits pathogen growth in plants through repression of the auxin signaling pathway. *Current Biology*, 17: 1784-1790.
- Wang W, Vinocur B, Altman A. 2003. Plant Responses to Drought Salinity and Extreme Temperatures towards Genetic Engineering for Stress Tolerance. *Planta*, 218(1): 1-14.