



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Ekmeklik Buğdaya Salisilik Asit Uygulamasının Çimlenme Döneminde Kuraklık Stresine Etkisinin Belirlenmesi

Melikşah YILMAZ¹, Ferhat KIZILGEÇİ^{*2}

¹ Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü, 47100, Mardin, Türkiye

² Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 47100, Mardin, Türkiye

Melikşah YILMAZ, ORCID No: 0000-0001-8102-2268, Ferhat KIZILGEÇİ, ORCID No: 0000-0002-7884-5463

* Sorumlu yazar e-posta: ferhatkizilgeci@artuklu.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 17.04.2022

Kabul: 26.05.2022

Online Ağustos 2022

DOI: 10.53433/yyufbed.1104968

Anahtar Kelimeler

Abiyotik stres,
Çimlenme hızı,
Kök uzunluğu,
PEG 6000

Öz: Tohum çimlenmesi ve fide oluşumu, bitki büyüme döngüsündeki en hayati aşamadır. Kuraklığa meyilli alanlarda, zayıf tohum çimlenmesi ve fide çıkışı başlıca problemlerdir. Mevcut araştırma, iki ekmeklik buğday genotipine (DZ17-1 ve Empire Plus) farklı dozlarda salisilik asit uygulamasının çimlenme ve erken gelişim döneminde kuraklık stresine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Çalışmada, ekmeklik buğday genotiplerinin tohumlarına 0, 0.5 ve 1 mM SA uygulanmıştır. Tohumlar 5 farklı kuraklık stresi (0, -0.25, -0.50, -0.75, -1 MPa PEG 6000 çözeltisi) ortamında çimlendirilmiştir. Koleoptil uzunluğu, kök uzunluğu, fide boyu, çimlenme hızı ve çimlenme gücü özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; artan kuraklık stresi incelenen tüm özellikler üzerinde olumsuz etkiye sahip olmuştur. Kuraklık koşullarında sadece 0.5 mM SA uygulaması çimlenme hızı ve çimlenme gücü özelliklerinde artırıcı etkiye sahip olduğu görülmüştür. Empire Plus çeşidinin kuraklık stresine daha toleranslı olduğu belirlenmiştir.

Determination of the Effect of Salicylic Acid Application on Drought Stress in Germination Stage of Bread Wheat

Article Info

Received: 17.04.2022

Accepted: 26.05.2022

Online August 2022

DOI: 10.53433/yyufbed.1104968

Keywords

Abiotic stress,
Germination rate,
PEG 6000,
Root length

Abstract: Seed germination and seedling formation are the most important stages in the plant growth cycle. The main issues in drought-prone areas are poor seed germination and seedling emergence. The current study was conducted to determine the responses of two bread wheat genotypes (DZ17-1 and Empire Plus) to drought stress during germination and early development periods. A randomized plots factorial design with four replications was used in the laboratory of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Şırnak University. The seeds of bread wheat genotypes were treated with 0, 0.5, and 1 mM SA in the study. Seeds germinated in five different drought stress environments (0, -0.25, -0.50, -0.75, -1 MPa PEG 6000 solution). Coleoptile length, root length, seedling length, germination rate, and germination vigor were all measured. According to the findings, increased drought stress had a negative effect on all of the traits studied. In drought conditions, only 0.5 mM SA application had an increasing effect on germination rate and germination vigor properties. It was found that the Empire Plus cultivar was more drought tolerant.

1. Giriş

Bitkiler yaşamları boyunca çeşitli stres faktörlerine maruz kalmaktadırlar. Su kıtlığı veya kuraklık stresi, tarımsal üretimi sınırlayan en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir (Kızılgöç ve ark., 2017). Bitkiler kuraklık stresine fizyolojik, hücrel ve moleküler seviyelerde tepki verirler ancak hasarın boyutu bitkinin büyüme aşamasına bağlı olarak değişim göstermektedir. Tohum çimlenmesi, bitki türlerinin büyüme döngüsünde önemli bir biyolojik süreçtir. Çoğunlukla başarılı tohum çimlenmesi özellikle verimi olumlu olacak biçimde etkilemektedir. Zayıf bitki oluşumu, kurak ve yarı kurak alanlarda bitki verimindeki düşüşün yaygın bir nedenidir. Buğday (*Triticum aestivum* L.), tüm tahıllar içerisinde en önemli tahıl türü olarak kabul edilmektedir. Özellikle insan tüketimi için üretilen tahıllar arasında Dünya genelinde 1. sırada yer almaktadır (Giraldo ve ark., 2019). Dünya nüfusunun yaklaşık %36'sı temel gıda olarak buğdaya bağımlıdır. Son zamanlarda iklim değişikliği ve küresel ısınma, stres faktörlerinin sıklığını ve kapsamını artırarak ürün verimini ve kalitesini doğrudan etkilemiştir. Çeşitli abiyotik stres faktörlerinin artmasına neden olan iklim değişikliği nedeniyle verimin daha da azalacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Çeşitli iklim modelleri, stresli ortamlar nedeniyle buğday üretiminin %6 oranında azalabileceğini öngörmektedir (Asseng ve ark., 2015). Hoegh-Guldberg ve ark. (2018), iklim değişikliği ve küresel sıcaklıktaki 2-3 °C artış nedeniyle buğdayda verim kayıplarının 2050 yılına kadar %30'a kadar artacağını tahmin etmektedirler. Kuraklık stresi buğdayda tohumun çimlenmesini, fide oluşumunu ve son olarak buğday verimini olumsuz biçimde etkilemektedir (Almansouri ve ark., 2001).

Salisilik asit (SA), abiyotik streslere karşı çeşitli tolerans etkileri olan fenolik yapıda doğal olarak oluşan bir bitki hormonudur. SA terleme, iyon alımı ve taşınımı, fotosentez, çiçeklenme, stoma kapanması ve protein sentezi gibi birçok fizyolojik olayda önemli bir role sahiptir (Ashraf ve ark., 2010; Ullah ve ark., 2012). SA uygulaması mantar, bakteri ve virüsler, soğuk zararı, tuzluluk, kuraklık ve sıcaklık dahil olmak üzere birçok biyotik ve abiyotik strese karşı bitkilerde tolerans sağlar (Khan ve ark., 2012). Salisilik asit gibi çeşitli bitki büyüme hormonları ile tohum hazırlama, stres altında çimlenme ve fide çıkışının hızını ve homojenliğini arttırmak için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir (Ashraf & Foolad, 2005).

Bu çalışma farklı konsantrasyonlarda salisilik asidin kuraklık stresi altında ekmeklik buğdayın çimlenmesi ve fide özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitki materyali ve denemenin kurulması

Mevcut araştırma, Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 4 tekerrürlü olacak biçimde kurulmuştur. Araştırmada Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tarafından geliştirilen ileri ekmekli buğday hattı DZ17-1 ve Asia Tohumculuktan temin edilen Empire Plus ekmeklik buğday çeşidine yer verilmiştir. Çalışmada kullanılan tohum materyalleri çimlendirme işlemine tabi tutulmadan önce bulaş riskine karşın %10'luk Sodyum Hipoklorit (NaClO) ile 5 dakika çalkalanmıştır. Dezenfekte edilen tohumlar daha sonra 3 defa saf su ile durulanmıştır. Çalışmada 3 farklı salisilik asit dozu (0, 0.5 ve 1 mM) uygulanmıştır. Salisilik asitle muamele edilecek tohumlar hazırlanan solüsyon içerisinde 12 saat bekletildikten sonra kurutma havluları ile oda sıcaklığında kurutulmuştur. Çimlendirme ortamı olan 9 cm'lik plastik petri kapları içerisinde bulunan Whatman No. 1 filtre kâğıdı üzerine her genotipten 15'er tohum bulunacak şekilde yerleştirilmiştir. Kuraklık stresi uygulaması için Polietilen Glikol (PEG) 6000 çözeltileri, -0.25MPa, -0.50 MPa, -0.75 MPa ve -1 MPa dozlarında hazırlanmıştır. Hazırlanan osmotik solüsyonlar her bir petriye 10 ml uygulanmıştır. Deneme ortamı 24±1 °C'lik sabit sıcak ve %60 nisbi nemde sahip çimlendirme odasında 18/6 saat gün uzunluğunda 8 gün süreyle yürütülmüştür. Araştırmada sürgün uzunluğu 2 mm olan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir.

2.2. İncelenen özelliklerin belirlenmesi

Koleoptil uzunluğu (mm): Çalışmanın 8. gününde, tohum ile ilk yaprağın çıktığı mesafenin dijital kumpas yardımı ile ölçülmesiyle belirlenmiştir.

Fide boyu (mm): Çalışmanın 8. gününde, fidenin tohuma bağlandığı yerden yaprağın en uç noktasına kadar olan mesafenin dijital kumpas yardımı ile ölçerek belirlenmiştir.

Kök uzunluğu (cm): Çalışmanın 8. gününde, kökün tohumla bağlandığı yerden en uzun kökün uç kısmına kadar olan mesafe dijital kumpas yardımı ile ölçülmesiyle belirlenmiştir.

Çimlenme hızı (%): Uluslararası Tohum Test Birliği (International Seed Testing Association-ISTA) kurallarına göre çimlendirmeye bırakılan tohumların 3. gününde çimlenen tohum sayısının yüzde değeri olarak hesaplanmıştır.

Çimlenme gücü (%): Uluslararası Tohum Test Birliği (International Seed Testing Association-ISTA) kurallarına göre çimlendirmeye bırakılan tohumların 8. gününde çimlenen tohum sayısının yüzde değeri olarak hesaplanmıştır.

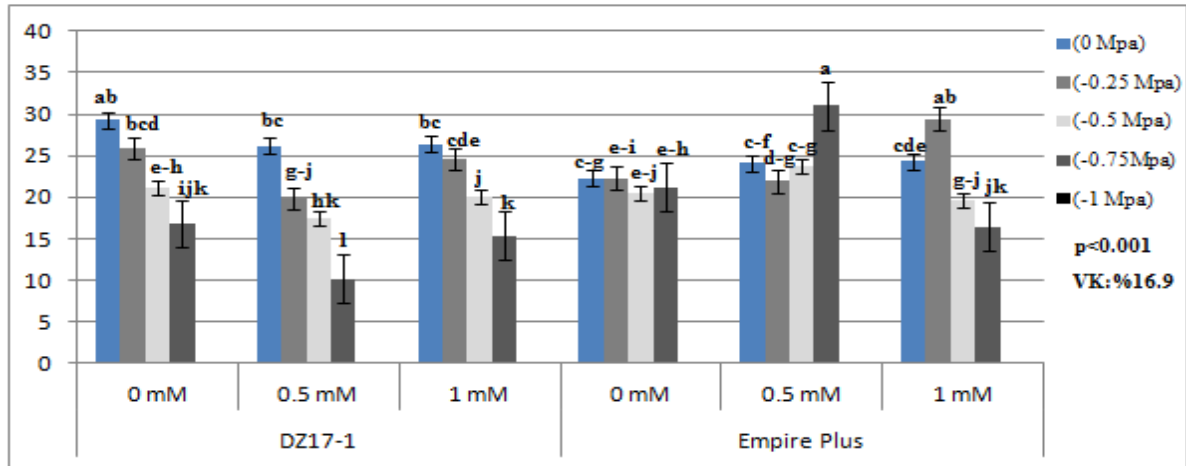
2.3. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışmadan elde edilen verilerin varyans analizi tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre JMP 10 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamalar arası farklılıklar %5 A.Ö.F testine göre yorumlanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Koleoptil uzunluğu

Kuraklık stresine maruz bırakılan genotiplere uygulanan salisilik asit dozlarının koleoptil uzunluğuna etkileri Şekil 1’de sunulmuştur. Genotip × SA × PEG 6000 interaksyonu istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0.001$) bulunmuştur. En uzun koleoptil (31.02 mm) 0.5 mM SA + -0.75 MPa PEG 6000 uygulamasında Empire plus genotipinde ulaşılmıştır. Yüksek kuraklık stresi (-1 MPa) genotiplerin koleoptil uzunluğunu önemli derecede olumsuz yönde etkilemiştir. Bu stres koşulunda her iki genotipe uygulanan SA dozlarının koleoptil özelliğini iyileştirici etkiye neden olmadığı görülmüştür. Araştırmada Empire Plus genotipinin kuraklık stresine toleransının DZ17-1 genotipine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Kısa koleoptil uzunluğu, çimlenme için tohum bölgesinde neminin yetersiz olduğu veya toprak neminin hızla kurduğu sıcak koşullarlarda verimi sınırlayan önemli faktörlerden biridir (Rebetzke ve ark., 2007). Dilday ve ark. (1990) kuru koşullarda tohumun neme ulaşması için derine ekildiği zaman koleoptil uzunluğunun optimum seviyede olması önemli olduğunu belirtmiştir. Çalışmada SA uygulamasının -1 MPa PEG 6000 koşulunda koleoptil uzunluğu üzerine herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür. Araştırmamıza benzer olarak birçok araştırmacı kuraklık stresinin koleoptil uzunluğu üzerine olumsuz etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir (Bayoumi ve ark., 2008; Baloch ve ark., 2012; Kızılgeçi ve ark., 2017 ve 2020).

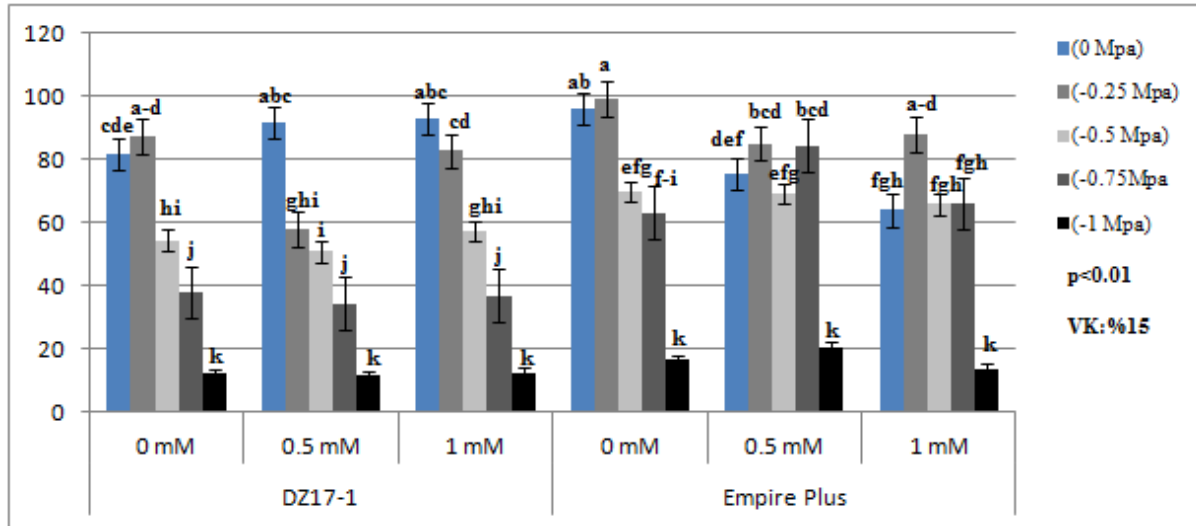


Şekil 1. Artan kuraklık stresinde salisilik asit uygulamasının ekmeklik buğdayların koleoptil uzunluğu üzerinde meydana getirdiği etkiler.

3.2. Kök uzunluğu

Kuraklık stresine maruz kalan genotiplere uygulanan salisilik asit dozlarının kök uzunluğuna etkileri Şekil 2’de gösterilmiştir. Genotip \times SA \times PEG 6000 interaksiyonu istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. En uzun kök (99.09 mm) 0 mM SA + -0.25 MPa stres koşulunda Empire Plus genotipinde elde edilirken, en kısa değer (11.80 mm) 0.5 mM SA + -1 MPa stres koşulunda DZ17-1 genotipinde elde edilmiştir. Stres koşullarında SA uygulamasının kök uzunluğundaki etkisi kıyaslandığında Empire Plus genotipinin DZ17-1 genotipine oranla daha az etkilendiği görülmüştür. -0.75 MPa stres koşulunda Empire Plus’a uygulanan 0.5 mM SA uygulamasının kontrole göre kök uzunluğu özelliği üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. -1 MPa PEG 6000 uygulaması her iki genotipin kök uzunluklarında önemli derecede azalma meydana getirmiştir. Çalışmamızda -1 MPa stres koşulunda SA uygulamalarının kök uzunluğunu artırıcı ya da iyileştirici etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Empire Plus genotipine uygulanan SA asit dozlarının DZ17-1 genotipine uygulananlara kıyasla kuraklık stresi koşullarına daha iyi yanıt verdiği görülmüştür.

Kök, kuraklık stresine karşı ilk tepkiyi veren ve bitkinin su ve besin maddelerini absorbe eden ana organıdır (Janiak ve ark., 2016; Duan ve ark., 2017). Turner (1996) kuraklık stresi altında kök uzunluğunun kuraklığa dayanıklı genotiplerin seçilmesinde önemli bir indeks olarak kabul edilebileceğini belirtmiştir. Birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalarında yüksek kuraklık koşullarında kök uzunluğunda azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir (Jajarmi, 2015; Kızılgöçü ve ark., 2017; İyem ve ark., 2021). Maghsoudi & Arvin (2010) kuraklık stresine maruz bırakılan ekmeklik buğdaya uyguladıkları SA dozlarının kök uzunluğunda artırıcı etki olduğunu belirtmişlerdir.



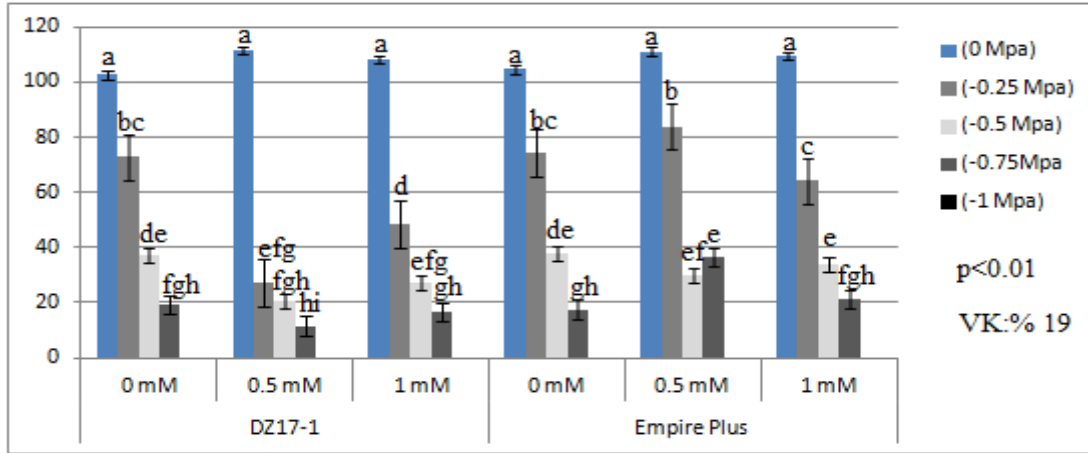
Şekil 2. Artan kuraklık stresinde salisilik asit uygulamasının ekmeklik buğdayların kök uzunluğu üzerinde meydana getirdiği etkiler.

3.3. Fide boyu

Kuraklık stresine maruz kalan genotiplere uygulanan salisilik asit dozlarının fide boyuna etkileri Şekil 3’te gösterilmiştir. Kuraklık stresi her iki genotipin fide boyunu olumsuz biçimde etkilemiştir. Genotip \times SA \times PEG 6000 interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) olduğu görülmüştür. Araştırmada en yüksek fide boyu uzunluğuna (111.36 mm) 0.5 mM SA + 0 MPa stres koşulunda DZ17-1 genotipinde elde edilmiş olmasına rağmen her iki genotipin kontrol gruplarından elde edilen değerlerin istatistiksel olarak benzer olduğu görülmüştür. En kısa fide boyu (11.62 mm) 0.5 mM SA + -0.75 MPa PEG 6000 stres koşulunda DZ17-1 genotipinde elde edilmiştir. Araştırmamızda Empire Plus çeşidine 0.5 mM ve 1 mM SA uygulamasının -0.25 MPa stres koşulunda olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir.

Kuraklık stresi koşullarında tohumun su alımı, hormon ve enzim aktiviteleri azalmakta ve besinin embriyoya transferini bozulmaktadır (Kafi ve ark., 2005). Bu nedenle sürgün büyümesi ve uzunluğunda azalma meydana getirmektedir. Araştırmamıza benzer olarak Kızılgöçü ve ark. (2017), -

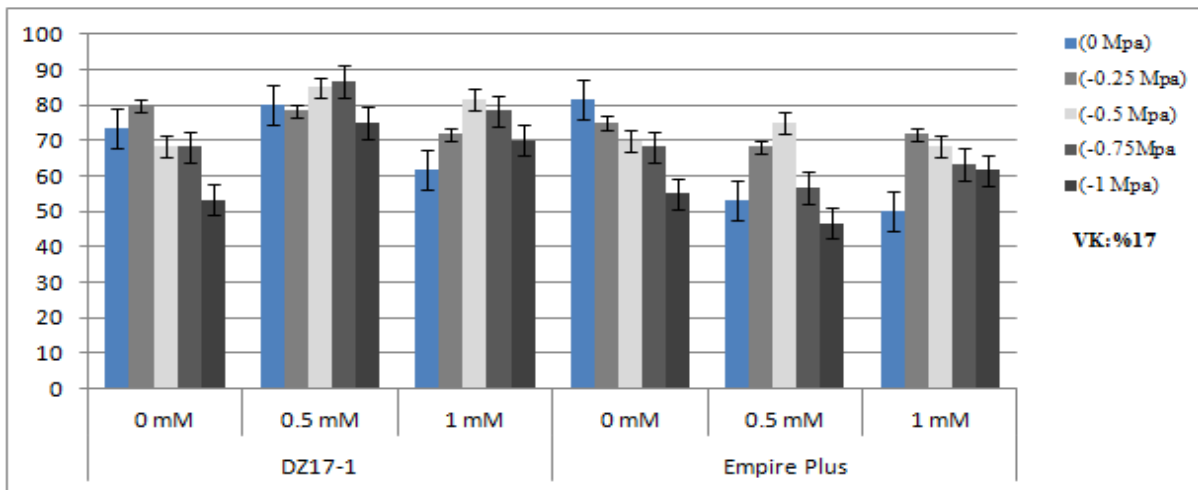
1.2 MPa PEG 6000 uygulamasının, -0.3 MPa PEG 6000 kıyasla fide boyunda önemli ölçüde azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Španić ve ark. (2017) kuraklık stresinin, buğday genotiplerinin fide büyümesini ciddi şekilde azalttığını bildirmişlerdir. Maghsoudi & Arvin (2010) ekmeklik buğdaya salisilik asit uygulamasının fide boyunu arttırdığını bildirmişlerdir.



Şekil 3. Artan kuraklık stresinde salisilik asit uygulamasının ekmeklik buğdayların fide boyu üzerinde meydana getirdiği etkiler.

3.4. Çimlenme hızı

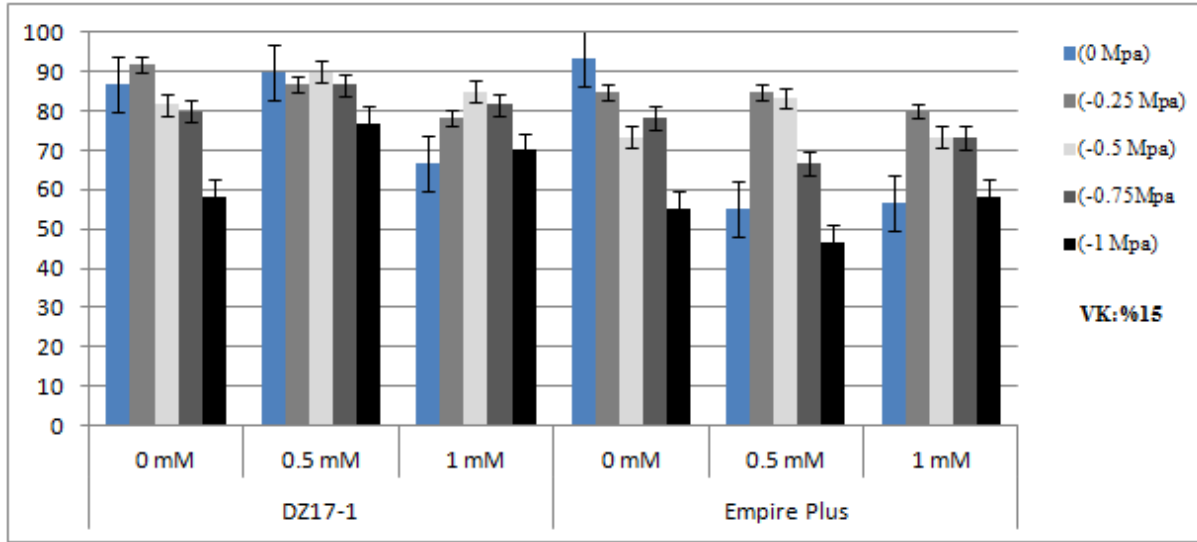
Çimlenme hızı bitkide toleransı değerlendirmek için en önemli göstergelerden biridir (Kafi ve ark., 2005). Kuraklık stresine maruz kalan genotiplere uygulanan salisilik asit dozlarının kök uzunluğuna etkileri Şekil 4'te gösterilmiştir. Kuraklık stresinin çimlenme hızı üzerine etkisi olmasına rağmen Genotip \times SA \times PEG 6000 interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Shatpathy ve ark. (2018) Genotip \times SA \times stres interaksiyonunun önemli olduğunu bildirmişler. Çimlenme hızı değeri %46.7-% 86.7 mm aralığında değişim göstermiştir. SA konsantrasyonları uygulanan havuç, salatalık ve buğday tohumlarının çimlenmesi düşük SA konsantrasyonlarında artış sağlarken yüksek seviyelerde ise azalma göstermiştir (Rajasekaran ve ark., 2002; Dolatabadian ve ark., 2009; Singh ve ark., 2010; Bahrani & Pourreza, 2012). Çalışmamızdan farklı olarak Maghsoudi & Arvin (2010) SA uygulamasının çimlenme hızını arttırdığını bildirmiştir.



Şekil 4. Artan kuraklık stresinde salisilik asit uygulamasının ekmeklik buğdayların çimlenme hızı üzerinde meydana getirdiği etkiler.

3.5. Çimlenme gücü

Kuraklık stresine maruz kalan genotiplere uygulanan salisilik asit dozlarının kök uzunluğuna etkileri Şekil 4'te gösterilmiştir. Kuraklık stresinin çimlenme hızı üzerine etkisi olmasına rağmen Genotip × SA × PEG 6000 interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Benzer olarak Movaghatian & Khorsandi (2013) SA uygulamasının çimlenme gücüne etkisinin olmadığını bildirmiştir. Çimlenme gücü değeri %46.7-%93.3 mm aralığında değişim göstermiştir. Maghsoudi & Arvin (2010) kuraklık stresinin çimlenme gücünde azalmaya neden olduğunu ancak artan SA uygulamasının çimlenme gücünü arttırdığını bildirmişlerdir.



Şekil 5. Artan kuraklık stresinde salisilik asit uygulamasının ekmeklik buğdayların çimlenme gücü üzerinde meydana getirdiği etkiler.

4. Sonuç

Günümüzde iklim değişiminin bir sonucu olarak dünyanın birçok yerinde görülen kuraklık stresinin buğdayın çimlenmesinden hasadına kadar bitki gelişimini olumsuz bir biçimde etkileyebilmektedir. Yapılan bu çalışmada kuraklık stresinin her iki ekmeklik buğday genotipinin koleoptil uzunluğu, kök uzunluğu ve fide boyu özellikleri üzerinde sınırlayıcı etkiye neden olmuştur. Araştırmamızda kullanılan Empire Plus çeşidinin DZ17-7 genotipine kıyasla kuraklık stresine daha toleranslı olduğu görülmüştür. SA uygulamasının etkisi genotiplerin kuraklık stresine toleransına göre farklılık göstermiştir. SA uygulaması Empire Plus genotipi üzerinde daha fazla olumlu etkiye sahip olduğu ve Empire Plus çeşidine SA uygulamasının kuraklık stresinin olumsuz etkisinin hafifletilebileceği tespit edilmiştir. Özellikle 0.5 mM dozundaki SA uygulamasının kuraklık stresinin olumsuz etkisini azalttığı görülmüştür. Yapmış olduğumuz bu çalışmada, buğday tohumlarının çimlenmesinde SA uygulamalarının kuraklık stresinin etkilerini azaltabileceği dolayısıyla düşük konsantrasyondaki SA uygulamaları ile stres koşullarında buğday tohumlarının sağlıklı biçimde çimlenmesiyle birlikte verim ve kalitede artış sağlanabilecektir.

Kaynakça

- Almansouri, M., Kinet, J. M., & Lutts, S. (2001). Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and soil*, 231(2), 243-254.
- Ashraf, M., Akram, N. A., Arteca, R. N., & Foolad, M. R. (2010). The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29(3), 162-190. doi:10.1080/07352689.2010.483580

- Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2005). Pre-sowing seed treatment—A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88, 223-271. doi:10.1016/S0065-2113(05)88006-X
- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., & Zhu, Y. (2015). Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, 5(2), 143-147. doi:10.1038/NCLIMATE2470
- Baloch, M. J., Dunwell, J., Khakwani, A. A., Dennett, M., Jatoti, W. A., & Channa, S. A. (2012). Assessment of wheat cultivars for drought tolerance via osmotic stress imposed at early seedling growth stages. *Journal of Agricultural Research*, 50(3), 299-310.
- Bayoumi, T. Y., Eid, M. H., & Metwali, E. M. (2008). Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology*, 7(14), 2341-2352.
- Bahrani, A., & Pourreza, J. (2012). Gibberellic acid and salicylic acid effects on seed germination and seedlings growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress condition. *World Applied Sciences Journal*, 18, 633-641. doi: 10.5829/idosi.wasj.2012.18.05.1372
- Dilday, R. H., Mgonja, M. A., Amonsilpa, S. A., Collins, F. C., & Wells, B. R. (1990). Plant height vs. mesocotyl and coleoptile elongation in rice: linkage or pleiotropism? *Crop Science*, 30(4), 815-818.
- Dolatabadian, A., Modarres Sanavy, S. A. M., & Sharifi, M. (2009). Effect of salicylic acid and salt on wheat seed germination. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B—Soil and Plant Science*, 59(5), 456-464. doi:10.1080/09064710802342350
- Duan, H., Zhu, Y., Li, J., Ding, W., Wang, H., Jiang, L., & Zhou, Y. (2017). Effects of drought stress on growth and development of wheat seedlings. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(5), 1119-1124.
- Giraldo, P., Benavente, E., Manzano-Agugliaro, F., & Gimenez, E. (2019). Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. *Agronomy*, 9(7), 352. doi:10.3390/agronomy9070352
- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., & Djalante, R. (2018). Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems. <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15518> Erişim tarihi: 21.03.2021.
- Iyem, E., Yildirim, M., & Kızılgöçü, F. (2021). Germination, seedling growth and physio-biochemical indices of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under peg induced drought stress. *Agriculture and Forestry / Poljoprivreda i Sumarstvo*, 67(1), 163-168. doi:10.17707/AgricultForest.67.1.14
- Jajarmi, V. (2015). Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivars. *World Academy of Science Engineering and Technology Journal*, 49, 105-106.
- Janiak, A., Kwaśniewski, M., & Szarejko, I. (2016). Gene expression regulation in roots under drought. *Journal of Experimental Botany*, 67(4), 1003-1014. doi:10.1093/jxb/erv512
- Kafi, M., Nezami, H., Hossini, F., & Masomy, A. (2005). Physiological effects of drought stress induced by poly- ethylene glycol on germination of lentil genotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 3(2), 91-101.
- Khan S. U., Bano A, Din J. U., & Gurmani A. R. (2012). Abscisic acid and salicylic acid seed treatment as potent inducer of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 44, 43-49.
- Kızılgöçü, F., Tazebay, N., Namlı, M., Albayrak, Ö., & Yıldırım, M. (2017). The drought effect on seed germination and seedling growth in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 1(1), 33-37. doi:10.31015/jaefs.17005
- Kızılgöçü, F., Mokhtari, N. E. P., & Hossain, A. (2020). Growth and physiological traits of five bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes are influenced by different levels of salinity and drought stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(9a), 8592-8599.
- Maghsoudi, K., & Arvin, M. J. (2010). Salicylic acid and osmotic stress effects on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Plant Ecophysiology*, 2, 7-11.
- Movagharian, A., & Khorsandi, F. (2013). Effects of salicylic acid on wheat germination parameters under drought stress. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 13, 1603-1608.

- Rajasekaran, L. R., Claude, A. S., & Caldwell, D. (2002). Stand establishment in processing carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. *Canadian Journal of Plant Science*, 82, 443-450.
- Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Fettell, N. A., Long, M., Condon, A. G., Forrester, R. I., & Botwright, T. L. (2007). Genotypic increases in coleoptile length improves stand establishment, vigour and grain yield of deep-sown wheat. *Field Crops Research*, 100(1), 10-23. doi: 10.1016/j.fcr.2006.05.001
- Shatpathy, P., Kar, M., Dwibedi, S. K., & Dash, A. (2018). Seed priming with salicylic acid improves germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) under PEG-6000 induced water stress. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(10), 907-24.
- Singh, P. K., Chaturvedi, V. K., & Bose, B. (2010). Effects of salicylic acid on seedling growth and nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 6, 102-113.
- Španić, V., Ižaković, M., & Marček, T. (2017). Wheat germination and seedlings under PEG-induced conditions. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog Agronomskog Društva*, 79(3), 99-109. doi:10.33128/ag.79.3.2
- Turner, N. C. (1996). Further progress in crop water relations. *Advances in agronomy*, 58, 293-338.
- Ullah, F., Bano, A., & Nosheen, A. (2012). Effects of plant growth regulators on growth and oil quality of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. *Pakistan Journal of Botany*, 44, 1873-1880.