

Atf İçin: Turan, F. ve Yağcı, E. (2024). Ayçiçeğinde (*Helianthus annuus* L.) Bazı Ön Uygulamaların Tuzluluk Stresi Koşullarında Çimlenme ve Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 901-912.

To Cite: Turan, F. & Yağcı, E. (2024). Effect of Some Priming on Germination and Enzyme Activity in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Salinity Stress Conditions. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(2), 901-912.

Ayçiçeğinde (*Helianthus annuus* L.) Bazı Ön Uygulamaların Tuzluluk Stresi Koşullarında Çimlenme ve Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Ferzat TURAN^{1*}, Ebru YAĞCI¹

Öne Çıkanlar:

- Laboratuvar denemesi şeklinde yürütülen bu çalışmada, Ayçiçeğinde GB ve GA₃ ile ön uygulama yapılmıştır
- Farklı dozlarda ön muamele gören tohumlara tuz stresi uygulanmıştır
- Bitki düzenleyici gruplarına alternatif olarak Glisin Betain iyi sonuç vermiştir

Anahtar Kelimeler:

- Ayçiçeği
- Çimlenme
- Glisin Betain
- GA₃
- Tuzluluk

ÖZET:

Bitkiler doğada, biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkilerine karşı sürekli savaşmaktadırlar. Dünyada ve ülkemizde tarımsal alanlarda karşılaşılan tuzluluk, sürdürülebilir tarımı olumsuz etkileyen önemli faktörlerden biridir. Bu çalışma, tuz stresi koşullarındaki ayçiçeği tohumlarına ön muamele olarak uygulanan Gibberellik Asit (GA₃) ve Glisin Betain'in (GB) çimlenme ve fide gelişimine etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri laboratuvarında yürütülmüştür. Denemede tohumlar ekim öncesi GA₃ ve GB'nin dört farklı konsantrasyonu (0, 15, 30, 45 mg/l) ile ön muamele alınmış ve daha sonra dört farklı tuz (Na⁺Cl⁻) konsantrasyonu (0, 6, 9, 12 dS/m) ile tuz stresi uygulamasına alınmıştır. Deneme Tesadüf Parselleri Faktöriyel Deneme Desenine göre 3 tekrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada çimlenme hızı, çimlenme gücü, fide uzunluğu, kök uzunluğu, fide yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı özellikleri ve enzim aktiviteleri olarak CAT, SOD ve POD incelemeye alınmıştır. Denemede tuzluluk stresinin artışına paralel olarak, çimlenme hızı ve çimlenme gücünde düşüşler ve diğer fide özelliklerinde olumsuz etkiler görülmüştür. Ancak araştırma sonuçlarına göre çimlenme ve fide özelliklerini incelediğimizde, genel olarak 6 dS/m tuz stresinde 30 ve 45 mg/l GB ve GA₃ uygulamalarının tuz stresine karşı olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Tuz stresinde özellikle 45 mg/l GB uygulaması; çimlenme hızı, çimlenme gücü ve kök yaş ağırlığı özelliklerinde olumlu sonuçlara rastlanmıştır. Sonuç olarak, ayçiçeği tohumuna tuz stresi koşullarında bitki düzenleyici gruplarına alternatif olarak Glisin Betain uygulamalarının üretimde fayda sağlayacağı kanısına varılmıştır.

Effect of Some Priming on Germination and Enzyme Activity in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Salinity Stress Conditions

Highlights:

- In this study, which was carried out as a laboratory experiment, a preliminary application was made with GB and GA₃ in sunflowers
- Salt stress was applied to seeds pretreated with different doses
- Glycine Betaine has provided good results as an alternative to plant regulators

Keywords:

- Sunflower
- Germination
- Glycine Betaine
- GA₃
- Salinity

ABSTRACT:

In nature, plants constantly fight against the negative effects of biotic and abiotic stress factors. Salinity encountered in agricultural areas in the world and in our country is one of the most important factors that negatively affects sustainable agriculture. This study was carried out to investigate the effects of Gibberellic Acid (GA₃) and Glycine Betaine (GB) applied as pre-treatment to sunflower seeds under salt stress conditions on germination and seedling development. In the experiment, the seeds were pre-treated with four different concentrations of GA₃ and GB (0, 15, 30, 45 mg/l) before planting, and then four different salt (Na⁺Cl⁻) concentrations (0, 6, 9, 12 dS/m) was put into salt stress application. The experiment was set up with 3 replications according to the Randomized Plot Factorial Trial Design. In the study, germination rate, germination power, seedling length, root length, seedling fresh weight, root fresh weight characteristics and enzyme activities such as CAT, SOD and POD were examined. In the experiment, parallel to the increase in salinity stress, decreases in germination rate and germination power and negative effects on other seedling characteristics were observed. According to the results obtained, positive results were observed for germination and seedling characteristics at 6 dS/m salt stress in 30 and 45 mg/l GB and GA₃ applications. As a result, it was concluded that Glycine Betaine applications to sunflower seeds as an alternative to plant regulator groups under salt stress conditions will be beneficial in production.

¹Ferzat TURAN ([Orcid ID: 0000-0001-5960-6478](https://orcid.org/0000-0001-5960-6478)), Ebru YAĞCI ([Orcid ID: 0000-0001-9760-0536](https://orcid.org/0000-0001-9760-0536)) Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Sakarya, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ferzat TURAN, e-mail: ferzatturan@subu.edu.tr

Bu çalışma Ebru YAĞCI'nın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Tüm bitkiler yaşamları boyunca birçok strese maruz kalmaktadır. Bunlardan biri de tarımsal üretimi ve alanları kısıtlayan tuz stresidir. Tuzluluğun etkileri, sınırlı yağış, yüksek buharlaşma, terleme, kötü su ve toprak yönetimi uygulamalarıyla ilişkili yüksek sıcaklığın olduğu yarı kurak ve kurak alanlarda daha belirgin olarak görülmektedir (Azevedo Neto ve ark., 2006). Tuzluluk sorunu hem dünyada hem de ülkemiz topraklarında karşılaşılan en büyük problemlerden biri sayılmaktadır. Tarım ve peyzaj sulamalarındaki hatalı uygulamalar, düşük yağış miktarıyla birleşerek, ülkenin genelinde yaygınlaşan kurak iklim koşullarıyla birlikte, drenaj sorunları ve tuzluluk problemlerini artırmaktadır. Tuz stresi bir abiyotik stres faktörü olarak tarım yapılan toprakları olumsuz etkilemekte olup, tuzluluk görülen topraklarda yetişen bitkilerde birçok olumsuzluklara sebep olmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011). Bitkilerin içinde bulunduğu yetiştirme ortamının tuzlu olması enzim aktivasyon bozukluğu, besin dengesizliği, metabolik süreçte aksamalar, su alımındaki dengesizlik, oksidatif stresin artması ve gelişimdeki kısıtlılık gibi olumsuz etkilere neden olmaktadır (Orcutt & Nilsen, 1996). Stres koşulları superoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) gibi enzimlerin aktivitesini artırmaktadır (Barbosa-Nascimento ve ark., 2014; Singh ve ark., 2009; Kang ve ark., 2002).

Tuz stresi bitkilerdeki gelişme dönemlerine göre farklı etkiler gösterebilmekte olup, genel olarak bodurluk, kök büyümesinde gerileme, hücrelerin ölmesi sonucu kök ve yaprak kenarlarında nekroz oluşumu gibi etkiler de yapabilmektedir (Dölarslan ve Gül, 2012). Tuz stresi koşullarında, düşük turgor nedeniyle yaprağın hücre genişlemesi azalmakta, bu da yaprak alanı ve ağırlığının azalmasına neden olmaktadır. Yüksek tuzlu koşullar altındaki bitkiler, büyüme ortamındaki düşük ozmotik potansiyeli nedeniyle metabolik faaliyetler için bünyelerine yeterli suyu alamamakta ve zararlı miktarlardaki Na^+ ve Cl^- elementleri bitkiye geçişi meydana gelmektedir. Na^+ , enzim aktivasyonu ve protein sentezindeki bir dizi bozukluktan kaynaklanan iyona özgü hasarın başlıca nedeni olarak bildirilmiştir (Khan ve ark., 2004). Bitkilerde tuz stresinin etkileri, bitkinin türüne, maruz kaldığı tuzun cinsine ve miktarına, ayrıca maruz kalma süresine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Tuz stresi bitkiyi doğrudan öldürebilmekte veya bitkinin tuza toleransına bağlı olarak yapraklarda klorofil ve membran parçalanmasıyla kloroz ve nekroza neden olabilmektedir (Aycan ve ark., 2016; Coşkun ve ark., 2020).

Ülkemizde ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), önemli bir yağ bitkisi olarak bilinmektedir. Yağlık kullanımının yanında çerezlik, yem vs gibi kullanım alanları da mevcuttur. Dolayısıyla dünyada birçok ülkede ekonomik açıdan önemli düzeyde tarımı yapılmaktadır. Ayçiçek üretimi ülkemizin tarım alanlarında önemli bir konuma sahiptir. Verimini ve kalitesini etkileyen stres altındaki alanların ekonomik bir şekilde belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Tarımsal üretimde büyük bir problem olan tuzlu topraklarda tuza dayalı stres oluşumunu azaltan önlemlerle ayçiçeği üretimi yapmak bitkisel üretimde ekonomik açıdan kazançlar sağlayacaktır (Turhan ve ark., 2006). Tuzluluğa toleransın önemli mekanizmaları arasında prolin, glisin betain ve polioller gibi bazı uyumlu çözümlerin birikmesi yer almaktadır (Safarnejad ve ark., 1996; Badawi ve ark. 2004; Mudgal ve ark., 2010).

Glisin Betain adı verilen biyostimulant; bitkinin beslenmesini, gelişimini, ürün kalitesi ve verimini iyileştirmek ve bitkilerin strese karşı dayanıklılığını arttırmak amacıyla, tohumla ön muamele ya da bitkilere yapraktan ve topraktan uygulanan organik veya inorganik bileşiklerdir (Badawy ve ark. 2024). Bunun yanı sıra, proteinlerin yapısal bütünlüğünü korur, enzim aktivitesini destekler, hücre zarındaki oksidatif hasarı azaltır ve osmotik stres koşullarında antioksidan savunma mekanizmalarını güçlendirir (Külahtaş ve Çokuysal, 2016; Bakhom ve Sadak, 2016; Jain ve ark., 2021). Giberellik Asit

hormonu ise, tohumların çimlenmesini arttırmak, dormansiyi ortadan kaldırmak gibi işlevlerinin yanında, hücre bölünmesini uyararak hücre uzamasına katkı sağlamaktadır (Erdemli ve Kaya, 2015; Kazemi Afshar ve Çelen, 2021).

Bu çalışma, günümüzde tarımsal alanlarda gittikçe artış gösteren tuzluluk problemine karşı tolerans sağlayan uygulamalardan GB ve GA₃'ün, ülkemizde geniş alanlarda yetiştiriciliği yapılan ayçiçeğinin tuzlu koşullardaki; tohum çimlenme, fide özellikleri ve enzim aktivitesine karşı etkilerini belirleyerek, tuz stresine karşı verdiği tepkileri incelemek ve çıkan olumlu sonuçları üreticilere önermek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Araştırma, 2022 yılında Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarla Bitkileri laboratuvarında yürütülmüştür. Bitki materyali olarak yerli ve milli Palancı-1 hibrit çerezlik ayçiçeği çeşidi kullanılmıştır. Tohumlar kontaminasyon riskine karşı %3'lik sodyum hipoklorit (NaClO) ile yüzey sterilizasyonu sonrasında, üç kez saf suyla durulanmıştır. Tohumlara ön muamele için bitki gelişim düzenleyici olarak Giberellik Asit (GA₃) ve biyostimulant olarak Glisin Betain (GB) kullanılmıştır. Glisin Betain ve Giberellik Asitle muamele edilecek tohumlar dört farklı (0, 15, 30, 45 mg/l) dozda hazırlanan solüsyonlarda ayrı ayrı 12 saat bekletildikten sonra kurutma kâğıtları arasında oda sıcaklığında kurutulmuştur. Tuz konsantrasyonları; 0, 6, 9 ve 12 dS/m dozları olacak şekilde EC metre cihazı ile ayarlanmıştır. Tuz stresi uygulanacak petri kaplarına dizilen tohumlara hazırlanan çözeltilerden 5'er ml uygulama yapılarak, çimlendirmeye bırakılmıştır. Deneme, 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 40 adet tohum olacak şekilde tesadüf parseller faktöriyel deneme desenine göre, 25±1 °C'lik sabit sıcaklıktaki çimlendirme ortamında kontrollü bir şekilde yürütülmüştür.

Çalışmada çimlenme hızı, çimlenme gücü, kök uzunluğu, fide uzunluğu, fide yaş ağırlığı ve kök yaş ağırlığı özellikleri hesaplanmıştır. CAT, SOD ve POD enzim analizleri için, bitki yaprak örnekleri sıvı azotla porselen havanda ezilerek 0.5 g tartılıp ependorf tüplerine aktarıldıktan sonra üzerine 0.5 ml hazırlanan 0.1 M KH₂PO₄ (pH: 7), %1 PVP, 1 mM EDTA tampon çözeltisi ilave edilip, daha sonra +4 °C'de 10.000 rpm'de 15 dk santrifüj yapılmıştır. Tüpün üzerine çıkan süpernatant enzim analizlerinde kullanılmıştır (Nakano ve Asada, 1981).

Katalaz (CAT) Aktivitesi

CAT analizi için 0.375 µl (40 mM H₂O₂) + 0.750 µl (tampon çözelti) + 10 µl enzim ekstraktı karıştırılıp spektrofotometride 240 nm'de 3 dk boyunca kontrole karşı ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar, her gram yaprak başına düşen enzim ünitesi (U/mg) şeklinde kaydedilmiştir (Nakano ve Asada, 1981). Tuz stresi, endojen proteazlar tarafından CAT proteininin parçalanmasını tetikleyebilir (Hertwig ve ark., 1992). Ayrıca aşırı tuz miktarı katalaz protein sentezini etkileyerek katalaz aktivitesi azalmaktadır (Feierabend ve Engel, 1986).

Superoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesi

Hazırlanan reaksiyon çözeltisinden (30 ml 100 mM fosfat tamponu (pH:7) + 0.6 ml 1 mM Na₂ EDTA + 2 ml 130 mM Methionine + 2 ml 750 µM NBT + 2 ml 20 mM Riboflavin) 1'er ml tüplere alınıp üzerine bitkiden elde edilen 50 µl süpernatant ilave edilerek vortex yapılmıştır. Tüplerde bulunan karışım mor renge dönüşmesi için tüpler 4.000 lüks ışık altında 20-25 dk bekletilmiştir. Daha sonra karanlıkta bekletilen kontrol tüpüne göre 560 nm'de spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Elde edilen veriler, her miligram protein başına düşen enzim üniteleri (U/mg) şeklinde kaydedilmiştir (Tianzi ve Baolong, 2016). Superoksit dismutaz (SOD), hücre savunma mekanizmasında önemli bir

role sahiptir, söz konusu enzim superoksit radikallerini H_2O_2 ve O_2 'ye dönüşümünü katalize etmektedir (Foyer ve Noctor, 2000).

Peroksidaz (POD) Aktivitesi

Reaksiyon çözeltisinden (5 mM 54 μ l guaicol + 5 mM 15 μ l H_2O_2 + 100 ml 0.1 M fosfat tamponu) 3 ml alınarak 10 μ l süpernatanta ilâve edilip, 470 nm'de 3 dk boyunca spektrofotometride okuması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar enzim ünitesi (U/mg) olarak kaydedilmiştir (Angelini ve ark, 1990).

İstatiksel Analizler

Araştırmadaki veriler, MSTAT-C ve SPSS istatistik paket programları kullanılarak analiz edilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, ortalamalar arasında Duncan çoklu karşılaştırma testi gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Palancı-1 çerezlik ayçiçeği çeşidine farklı dozlarda (0, 15, 30, 45 mg/l) Glisin Betain (GB) ve Giberellik Asit (GA_3) uygulamalarının dört farklı tuz konsantrasyonları (0, 6, 9 ve 12 dS/m) stresi şartlarında incelenen tüm özelliklere ilişkin varyans analizi sonuçları, Çizelge 1'de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre incelenen tüm özelliklerde Kimyasal \times Doz \times Tuz interaksiyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde ($P < 0.01$) önemli olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1).

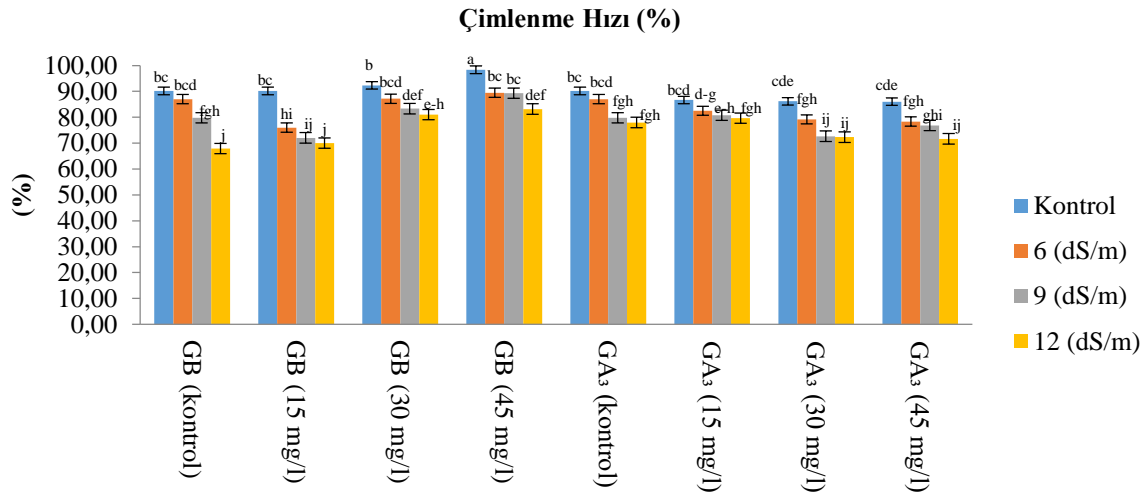
Çizelge 1. Tuz stresi altında farklı GB ve GA_3 dozu uygulamalarının ayçiçeğinde incelenen özelliklere ilişkin varyans analiz sonuçları

| V. K | S.D. | Kareler Ortalaması | | | | | | | | |
|-------------------------|------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|------------|------------|------------|
| | | Çimlenme hızı (%) | Çimlenme gücü (%) | Fide uzunluğu (mm) | Kök uzunluğu (mm) | Fide yaş ağırlığı (g) | Kök yaş ağırlığı (g) | CAT (U/mg) | SOD (U/mg) | POD (U/mg) |
| Kimyasal (k) | 1 | 331.56** | 270.01** | 1084.54** | 3059.36** | 0.001** | 0.016** | 0.003** | 0.025** | 0.001** |
| Doz (D) | 3 | 246.91** | 216.97** | 922.20** | 609.02** | 0.006** | 0.002** | 0.0002** | 0.196** | 0.003** |
| Tuz (T) | 3 | 65.68** | 49.76** | 833.68** | 1023.22** | 0.01** | 0.001** | 0.001** | 0.490** | 0.009** |
| K \times D | 3 | 570.57** | 164.65** | 1118.26** | 415.07** | 0.004** | 0.002** | 0.0002** | 0.007** | 0.00005** |
| K \times T | 3 | 14.14* | 20.86** | 131.212** | 109.72** | 0.001** | 0.001** | 0.0002** | 0.009** | 0.0001** |
| D \times T | 9 | 236.72** | 115.3** | 318.47** | 163.89** | 0.002** | 0.0003** | 0.00008** | 0.010** | 0.001** |
| K \times D \times T | 9 | 62.120** | 39.85** | 178.54** | 54.84** | 0.002** | 0.0001** | 0.00005** | 0.002** | 0.001** |
| Hata | 64 | 5.199 | 2.88 | 2.12 | 1.79 | 0.00008 | 0.00006 | 0.0000003 | 0.00003 | 0.0000005 |
| Genel | 95 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

** P < 0.01 seviyesinde önemli, * P < 0.05 seviyesinde önemlidir.

Çimlenme Hızı (%)

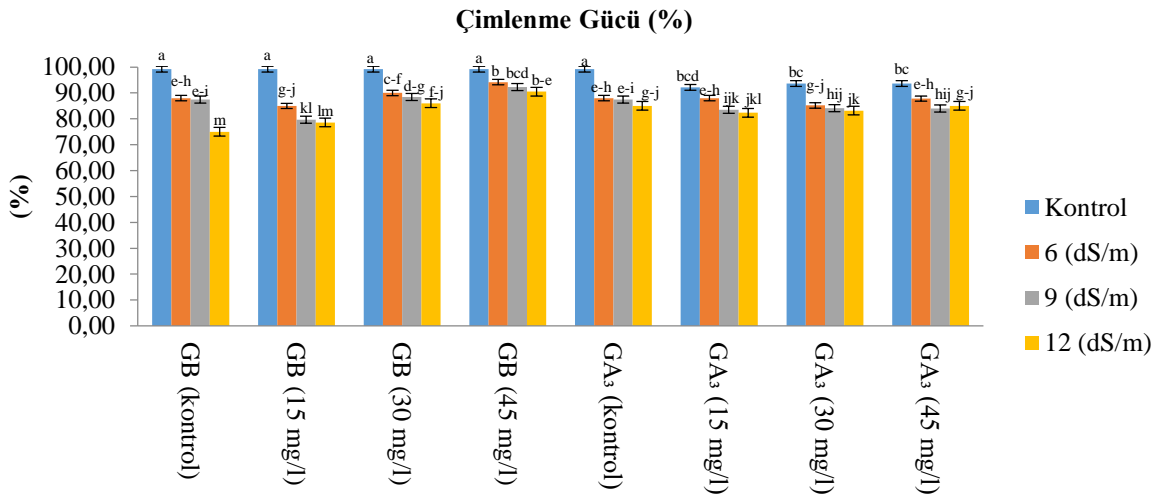
Çimlenme hızına ait ortalama değerleri %98.33 ile %67.92 arasında değişmektedir. En yüksek çimlenme hızı %98.33 (kontrol + 45 mg/l GB dozunda) ve en düşük çimlenme hızı %67.92 olarak (12 dS/m NaCl + kontrol GB) görülmüştür (Şekil 1). Tuz stresindeki artış tüm uygulamalarda çimlenme hızında düşümlere neden olmuştur. Elde edilen sonuçlara paralel olarak, Imran ve ark. (2015), ayçiçeğinde yaptıkları araştırmada artan tuz stresi koşullarında bitkinin strese girdiğini ve çimlenme hızında düşümler meydana geldiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 1. Kimyasal ön uygulamaların tuz stresinde çimlenme hızına etkileri

Çimlenme Gücü (%)

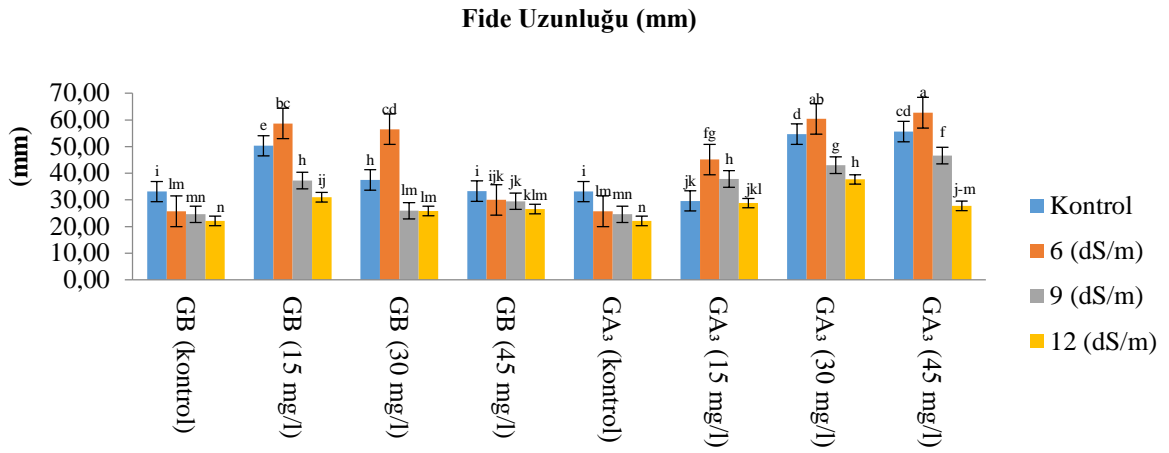
Elde edilen sonuçlara göre en yüksek çimlenme gücü, kontrol + 30 mg/l GB dozunda %99.20 görülmüştür. En düşük çimlenme gücü ise 12 dS/m NaCl + kontrol GB dozunda %75.00 olarak gerçekleşmiştir. Day ve ark. (2008), farklı ayçiçeği genotiplerinde yaptıkları çalışmada artan tuz konsantrasyonlarıyla birlikte çimlenme yüzdesinin azaldığını bildirmişlerdir. Elde edilen sonuç çalışmamızla benzerlik göstermektedir.



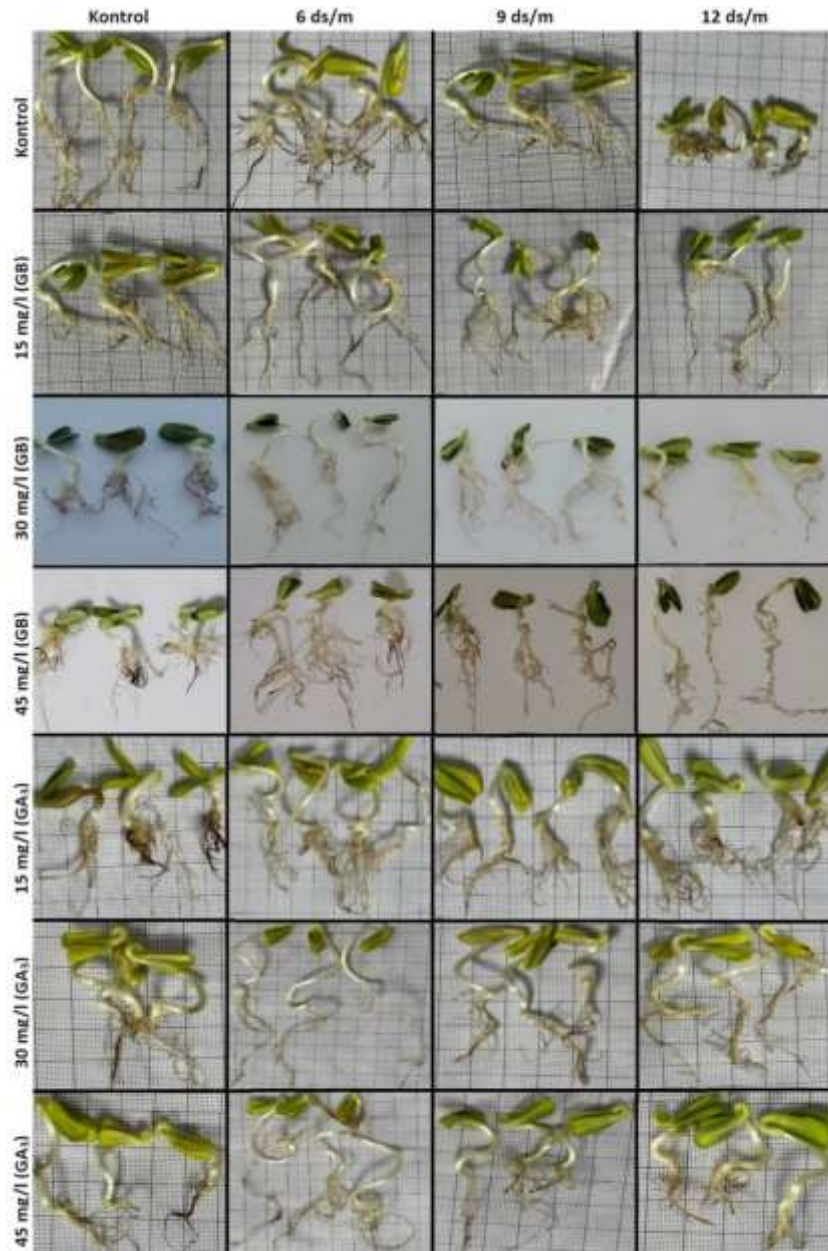
Şekil 2. Kimyasal ön uygulamaların tuz stresinde çimlenme gücüne etkileri

Fide Uzunluğu (mm)

Duncan analizi sonuçlarına göre en yüksek fide uzunluğu 62.71 mm olarak 6 dS/m NaCl + 45 mg/l GA₃ dozunda ve en düşük fide uzunluğu 22.15 mm olarak 12 dS/m NaCl + kontrol uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 3 ve 4). Kaya ve ark. (2006), ayçiçeğinde yaptıkları çalışmada 23.5 dS/m tuz stresinde fide gelişiminin engellendiğini ifade etmişlerdir. Erdemli ve kaya. (2015) yaptıkları çalışmalarında ayçiçeği üzerine uyguladıkları farklı dozlarda Gibberellik Asitin fide uzunluğunun artırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde çalışmamızda da tuz stresi fide uzunluğunu olumsuz etkilerken, biyostimulant uygulaması ise olumlu etki yapmıştır.

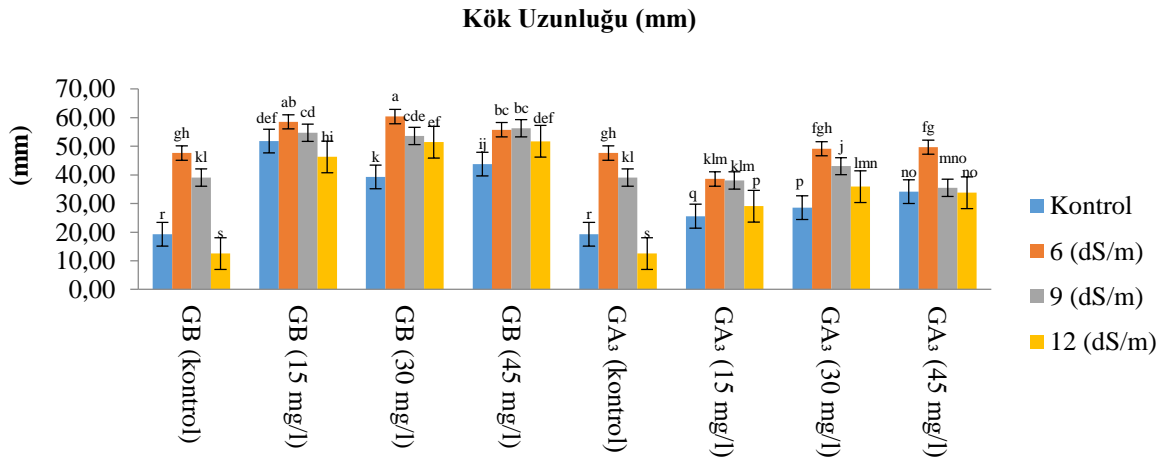


Şekil 3. Kimyasal ön uygulamaların tuz stresinde fide uzunluğuna etkileri

Şekil 4. Ayçiçeği üzerinde GB ve GA₃ uygulamalarının farklı tuz konsantrasyonlarında etkileri

Kök Uzunluğu (mm)

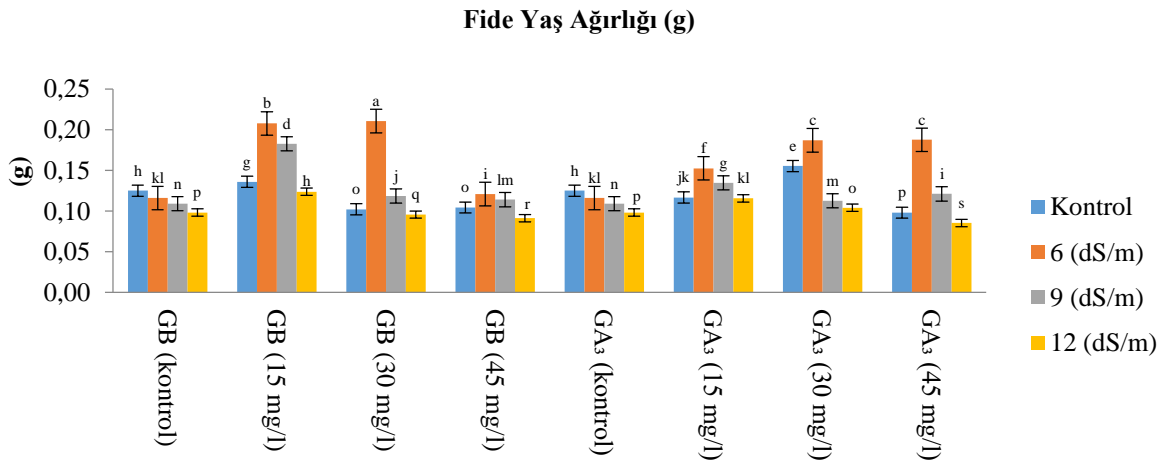
Şekil 5'te görüldüğü üzere en yüksek kök uzunluğu 6 dS/m NaCl + 30 mg/l GB dozunda 60.37 mm olarak ölçülmüştür. Tuz stresi altında kök uzunlukları incelendiğinde, kontrol ve diğer gruplara göre 6 dS/m tuz uygulaması en yüksek kök uzunluğu değerine sahip olmuştur (Şekil 4). Gehan ve Mervat (2016) çalışmalarında, Glisin Betain ile ön muamele edilen ayçiçeği tohumlarında, fotosentetik pigmentlerin, vejetatif organların iyileştirilmesiyle ayçiçeğinde tuz toleransını arttırdığını, dolayısıyla bitki büyümesini ve nihayetinde verim miktarını ve kalitesinin iyileştirdiğini belirtmişlerdir. En düşük kök uzunluğu 12.54 mm ile 12 ds/m kontrol grubunda gözlemlenmiştir. Day ve ark. (2008), Ayçiçeğinde farklı dört genotipte yapılan çalışmada artan NaCl seviyeleriyle kök ve sürgün uzunluğunun azaldığını ifade etmişlerdir.



Şekil 5. Kimyasal ön uygulamaların tuz stresinde kök uzunluğuna etkileri

Fide Yaş Ağırlığı (g)

Fide yaş ağırlığı bakımından ortalamalar 0.2105 ile 0.0854 g arasında değişmektedir. Şekil 6'da görüldüğü üzere en yüksek fide yaş ağırlığı 6 dS/m NaCl + 30 mg/l GB dozunda 0.2105 g olup, bunu 6 dS/m NaCl + 15 mg/l GB dozu, 0.2077 g ile izlemektedir (Şekil 4). Day ve ark. (2008), Ayçiçeğinde farklı dört genotipte yapılan çalışmada artan NaCl seviyeleriyle yaş fide ağırlığının azaldığını ifade etmişlerdir. Yüksek tuzlulukta fide yaş ağırlığının azalması, fizyolojik kuraklık nedeniyle büyüme ortamından suyun zayıf emiliminden kaynaklanabilmektedir (Wu ve ark., 2015).

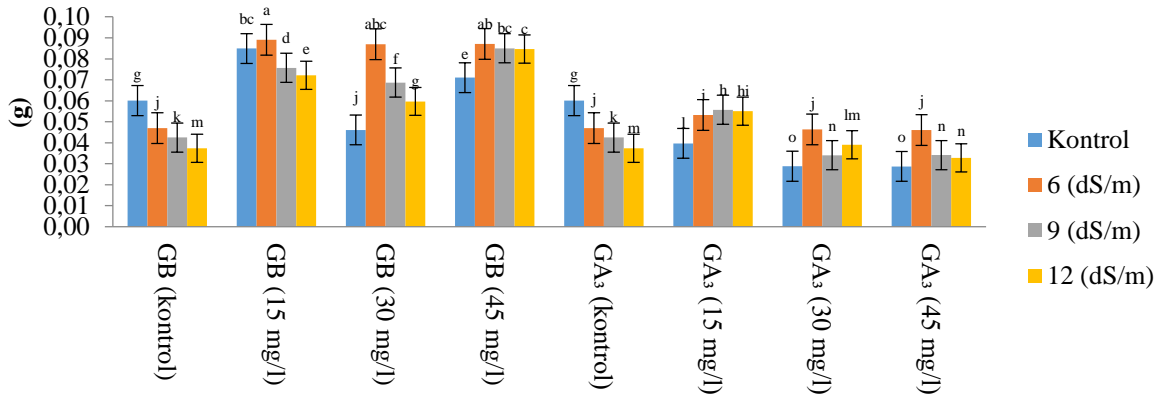


Şekil 6. Kimyasal ön uygulamaların tuz stresinde fide yaş ağırlığına etkileri

Kök Yaş Ağırlığı (g)

İncelenen sonuçlara göre en yüksek kök yaş ağırlığı 6 dS/m NaCl + 15 mg/l GB dozunda 0.089 g ölçülürken, bunu 6 dS/m NaCl + 30 mg/l GB ve 9 dS/m NaCl + 45 mg/l GB dozu 0.087 g ile takip etmiştir (Şekil 4 ve 7). Tuz stresi altında yaş kök ağırlıkları incelendiğinde artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak azalışlar görülmektedir. Day ve ark. (2008), Ayrıççeğinde farklı dört genotipte yapılan çalışmada, genotiplerin tuz stresinden etkilenme şekillerinin farklı olduğunu ve genel olarak artan NaCl konsantrasyonlarında yaş ağırlıkta azalma görüldüğünü bildirmişlerdir.

Kök Yaş Ağırlığı (g)

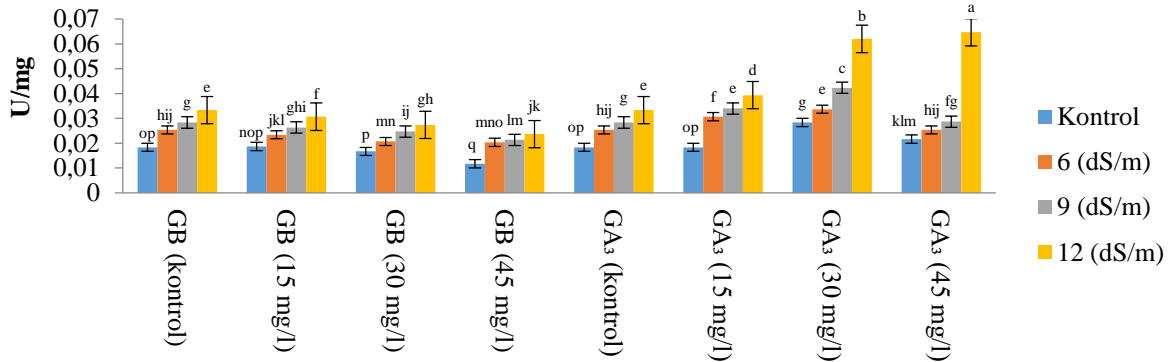


Şekil 7. Kimyasal ön uygulamaların tuz stresinde kök yaş ağırlığına etkileri

Katalaz (CAT) Aktivitesi

Katalaz enziminin üçlü interaksiyonu incelendiğinde; en yüksek CAT aktivitesi 0.06467 U/mg olarak 12 dS/m + 15 mg/l GA₃ uygulamasında, en düşük CAT aktivitesi 0.01167 U/mg, kontrol grubu + 45 mg/l GB uygulamasında elde edildiği görülmektedir (Şekil 8). Yapılan uygulamalarda genel olarak tuz konsantrasyonunun artmasıyla beraber CAT aktivitesinde de artış gözlenmiştir.

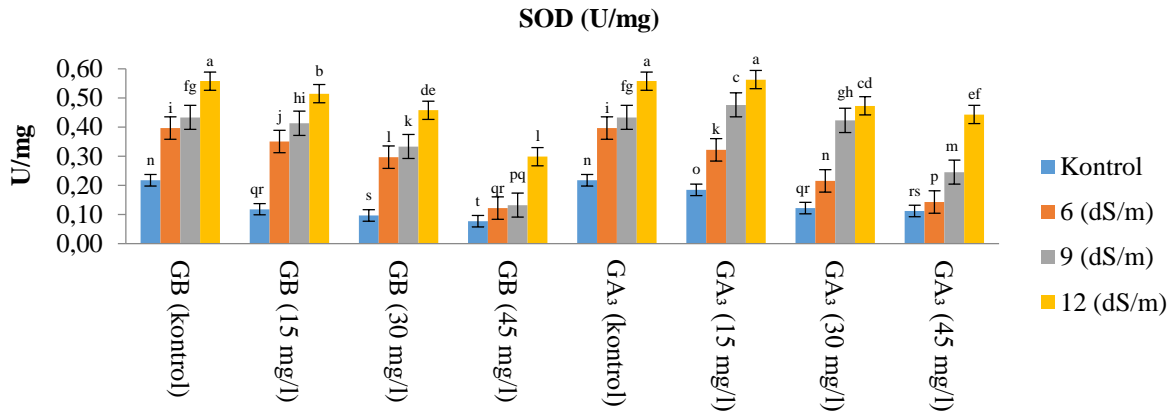
CAT (U/mg)



Şekil 8. Kimyasal ön uygulamaların tuz stresinde CAT enzim aktivitesine etkileri

Superoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesi

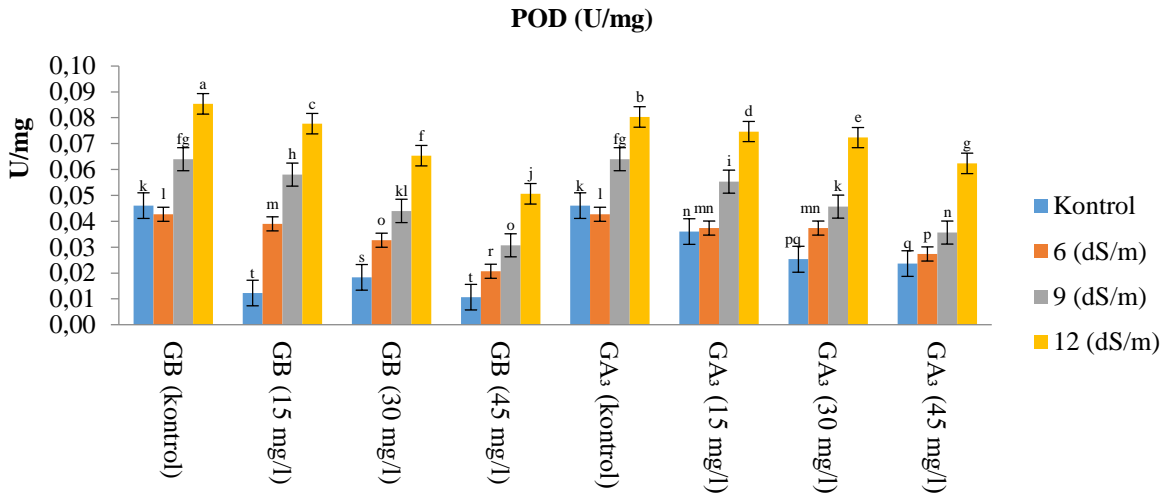
Superoksit Dismutaz Aktivitesi analiz ile ilgili sonuçlar Şekil 9'da sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek SOD aktivitesi 0.5633 U/mg, 12 dS/m NaCl + 15 mg/l GA₃ elde edilmiştir. En düşük SOD ise 0.07667 U/mg olarak kontrol + 45 mg/l GB konsantrasyonunda gözlemlenmiştir.



Şekil 9. Kimyasal ön uygulamaların tuz stresinde SOD enzim aktivitesine etkileri

Peroksidaz (POD) Aktivitesi

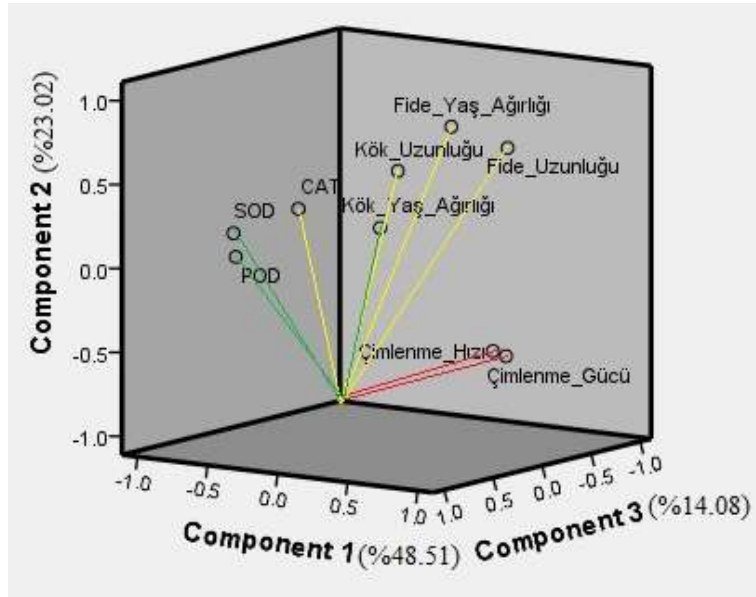
POD aktivitesi bakımından ortalamalar 0.01067 ile 0.085433 U/mg arasında değişmektedir. Şekil 10'da görüldüğü gibi en yüksek POD aktivite 12 ds/m + kontrol GB'den elde edilmiştir. Araştırmacılar ayçiçeğinde tuzluluk uygulamasının POD aktivitesi artışını sağladığını bunun nedeninin ise peroksidazı kodlayan genlerin aşırı ifadesinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir (Mittal ve Dubey, 1991; Sudhakar ve ark., 2001; El-Tayeb, 2005).



Şekil 10. Kimyasal ön uygulamaların tuz stresinde POD enzim aktivitesine etkileri

Temel Bileşenler Analizi

Yapılan temel bileşen analizinde, üç bağımsız temel bileşen veri değişikliklerinin toplam %86.34'unu tanımlamıştır. Birinci bileşen toplam veri varyansının %48.51'ini açıklamış ve 4.37 öz değerine sahip olmuştur. Bu bileşende çimlenme hızı ve çimlenme gücü en yüksek bileşen katsayılarını içermektedir (Şekil 11). İkinci bileşenin varyansı %23.02 olup fide uzunluğu, kök uzunluğu, fide yaş ağırlığı ve CAT enzim aktivitesi özelliklerini içermekte ve öz değeri 2.07'dir. Toplam varyanın %14.81'ini tanımlayan ve öz değeri 1.33 olan üçüncü bileşen ise kök yaş ağırlığı, SOD ve POD enzim aktivite özelliklerini kapsamaktadır. Temel bileşen analizi çoğunlukla genotipleri gruplandırmak, ilişkileri daha iyi yorumlamak ve özelliklerin toplam çeşitliliğe katkısını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Her bileşenin yüzde cinsinden gösterdiği varyans, verilerdeki genel değişikliklerin yorumlanmasında ve özelliğin önemini ifade etmektedir. Sarabi ve ark, (2016) çalışmalarında temel bileşenler analizini (PCA), tuza toleranslı çeşitleri tuza duyarlı olanlardan ayırmak için kullanmışlardır.



Şekil 11. Ayçiçeği üzerinde GB ve GA₃ uygulamalarının farklı tuz konsantrasyonlarında etkilerinin temel bileşenler analizi ile gruplandırılması

SONUÇ

Çalışmada farklı tuz konsantrasyonları altında farklı dozlarda ön uygulama yapılan Glisin Betain (GB) ve Giberellik Asitin (GA₃) ayçiçeği üzerinde çimlenme ve fide özellikleri ile enzimatik aktivitelerine etkileri değerlendirilmiştir. Tüm tuz stresi konsantrasyonları, ayçiçeği tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimini olumsuz etkilemiştir. Bu olumsuz etkileri azaltmak ya da ortadan kaldırmak için ise ekim öncesi tohum ön uygulaması yapılmıştır. Yapılan ön uygulamalar ayçiçeğinin çimlenme ve fide gelişimini 6 ds/m tuzluluk ve üzerindeki konsantrasyonlarda kontrol grubuna göre azalttığı tespit edilmiştir. Tuz stresinin meydana getirdiği olumsuzlukları azaltmada GB ve GA₃'ün olumlu etkileri net bir şekilde görülmüştür. Ancak Glisin Betainin özellikle 6 ds/m tuzlulukta iyileştirici etkisi tüm çimlenme ve fide özelliklerinde GA₃'e göre daha yüksek bulunmuştur. 45 mg/l GB ön uygulaması çimlenme hızı ve çimlenme gücünde en yüksek değerlere sahip olmuştur. Ayçiçeği tohumuna uygulanan 45 mg/l GA₃ fide uzunluğu en iyi sonucu vermiştir. Kök uzunluğu ve fide yaş ağırlığında ise en iyi sonuç, 30 mg/l Glisin Betain dozu uygulamasında görülmüştür. Kontrol grubuna göre 6 ve 9 ds/m tuz konsantrasyonlarında kısmen kök uzunluğunda artış olurken, bu artış 12 ds/m dozunda durmuş ve düşüşler görülmüştür. Bitki kökleri tuzlu ortamdan kaçmak için kökleri uzatmakta ancak belli bir dozun üstünde bu kaçış etkili olmamaktadır. Araştırmalar tuzluluğun artmasının sodyum, potasyum ve fosfor emilimini arttırdığını, nitrojen emilimini ise azalttığını göstermiştir, bu da çimlenme yüzdesindeki azalmanın nedeni olabilir.

Sonuç olarak; 6-9 ds/m tuz konsantrasyon ortamlarında yapılan ayçiçeği yetiştiriciliğinde, bitki gelişimini teşvik etmek amacıyla hormon kullanımına alternatif olarak biyostimulant Glisin Betain'nin 30 mg/l dozunun uygulamasının faydalı olabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma yüksek lisan tezinden üretilmiştir bu vesile ile bu çalışmanın gerçekleşmesinde maddi imkan sağlayan Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimine katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Ferzat TURAN; Çalışmanın kurgusu, makalenin yazımı, laboratuvar ve istatistik analizleri için ve Ebru YAĞCI, laboratuvar çalışmaları, analizler ve veri toplama açısından makalede katkı sağladıklarını beyan etmektedirler.

KAYNAKLAR

- Angelini, R., Manes, F. and Federico, R. (1990). Spatial and functional correlation between daimineoxidase and peroxidase activities and their dependence upon deetilation and wounding in chick-pea. *Planta*, 182: 89-96.
- Azevedo Neto, A. D., Prisco, J. T., Eneas-Filho, J., Abreu, C. E. B., Filho, E. G. (2006). Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. *Environ. Exp. Bot*, 56: 87-94.
- Badawi, G.H., Kawano, N., Yamauchi, Y., Shimada, E., Sasaki, R., Kubo, A., Tanaka, K. (2004). Over-expression of ascorbate peroxidase in tobacco chloroplasts enhances the tolerance to salt stress and water deficit. *Physiologia Plantarum*. 121: 231–238.
- Badawy, A.A., Alamri, A.A., Hussein, H.A.A., Salem, N.F.G., Mashlawi, A.M., Kenawy, S.K.M., El-Shabasy, A. (2024). Glycine Betaine Mitigates Heavy Metal Toxicity in *Beta vulgaris* (L.): An Antioxidant-Driven Approach. *Agronomy*, 14, 797.
- Bakhroum, G., Sadak, M. (2016). Physiological role of glycine betaine on sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants grown under salinity stress. *Int.J. Chem Tech Res*, 9(3), pp 158-171.
- Barbosa-Nascimento, J., Freitas Barrigossi, J. A. (2014). The role of antioxidant enzymes in plant defense against herbivorous insects and phytopathogens. *Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer–Goiânia*, 1: 234–250.
- Coşkun, Y., Taş, İ., Akçura, M., Oral, A., Tütenocaklı, T., Yeter, T. (2020). Farklı sulama suyu tuzluluk düzeylerinin mısırın fide gelişimine etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 7(4): 1139-1147.
- Day, S., Kaya, M. D., Kolsarıcı, Ö. (2008). Bazı çerezlik ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) genotiplerinin çimlenmesi üzerine NaCl konsantrasyonlarının etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14 (3) 230-236.
- Dölarıslan, M., Gül, E. (2012). Toprak Bitki İlişkileri Açısından Tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 5 (2): 56-59.
- El-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul.*, 45: 215-224.
- Erdemli, H., Kaya, M. D. (2015). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)’de Giberellik Asit Dozlarının Verim ve Abiyotik Stres Koşullarında Çimlenme Üzerine Etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Dergisi* 24(1):38-46.
- Feierabend, J., Engel, S. (1986). Photoinactivation of catalase In vitro and in leaves. *Archv. Biochem. Biophys.*, 251: 567-576.
- Foyer, C. H., Noctor, G. (2000). Tansley Review 112. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling. *New Phytol.*, 146: 359-388.
- Hertwig, B., Streb, P., Feierabend, J. (1992). Light Dependence of Catalase Synthesis and Degradation in Leaves and the Influence of Interfering Stress Conditions. *Plant Physiology*, 100, 3, 1547–1553.
- Imran, M. A., Sajid, Z. A., Chaudhry, M. N. (2015). Arsenic (As) Toxicity to Germination and Vegetative Growth of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 24, No. 5: 1993-2002.
- Jain, P., Pandey, B., Singh, P., Singh, R., Singh, S.P., Sonkar, S., Gupta, R., Rathore, S.S., Singh, A.K. (2021). Plant Performance and Defensive Role of Glycine Betaine under Environmental Stress. In *Plant Performance Under Environmental Stress: Hormones, Biostimulants and Sustainable Plant Growth Management*, Springer. Cham, Switzerland, pp. 225–248.
- Kang, H. M., Saltveit, M. E. (2002). Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling (leaves and roots) and differentially affected by salicylic acid. *Physiologia Plantarum*, 115: 577– 576.

- Kaya, M. D., Okçu, G., Atak, M., Çıkılı, Y., Kolsarıcı, Ö. (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.), *European Journal of Agronomy*, 24(4): 291-295.
- Khan, M. A., Gul, B., Weber, D. J. (2004). Action of plant growth regulators and salinity on seed germination of *Ceratoides lanata*, *Canadian Journal of Botany*, 82: 37-42.
- Külahtaş, B. ve Çokuysal, B. (2016). Biyostimulantların Sınıflandırılması ve Türkiye'deki Durumu . Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 185-200. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cutarim/issue/30644/332749>, Erişim tarihi: 20 Nisan 2023.
- Mittal, R., Dubey, R. S. (1991). Behaviour of peroxidases in rice: changes in enzyme activity and isoforms in relation to salt tolerance. *Plant Physiol. Biochem.*, 29: 31-40.
- Mudgal, V., Madaan, N., Mudgal, A. (2010). Biochemical Mechanisms of salt Tolerance in Plants: A Review. *International Journal of Botany*. 6: 136-143.
- Nakano, Y., Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is Scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts plant. *Cell Physiol*, 22(3), 867-880.
- Orcutt, D. M., Nilsen, E.T. (1996). The physiology of plants under stres. *Soil and biotic factors*. pp: 177-237.
- Sarabi, B., Bolandnazar, s., Ghaderi, N., Tabatabaei., S. J. (2016). Multivariate analysis as a tool for studying the effects of salinity in different melon landraces at germination stage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1):264-271.
- Safarnejad, A., Collin, H.A., Bruce, K.D., Mc Neily, T. (1996). Characterization of alfalfa (*Medicago sativa*) following in vitro selection for salt tolerance. *Euphytica*, 92:55-61.
- Singh, B. N., Singh, B. R., Sarma, B. K. Singh, H. B. (2009). Potential chemoprevention of N-nitrosodiethylamine-induced hepatocarcinogenesis by polyphenolics from *Acacia nilotica* bark. *Chemico-Biological Interactions*, 181: 20–28.
- Kazemi Afshar, S., Çelen, A. E. (2021). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) tohumluklarına yapılan bazı uygulamaların bitki gelişimi ve tohum verimine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(1), 55-61.
- Sudhakar, C., Lakshmi, A., Giridarakumar, S. (2001). Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. *Plant Sci.*, 161: 613-619.
- Tianzi, C., Baolong, Z. (2016). Measurements of Proline and Malondialdehyde Content and Antioxidant Enzyme Activities in Leaves of Drought Stressed Cotton. *Bio-protocol*, 6(17): e1913.
- Turhan, H., Genç, L., Bostancı, Y. B., Sümer, A. Kavdır, Y. (2006). Tuz stresinin ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) üzerine etkilerinin yansıma teknikleri yardımıyla belirlenmesi. http://uzalcbs.org/wp-content/uploads/2016/11/2006_44.pdf, Erişim tarihi: 20 Nisan 2023.
- Wu, G. Q., Jiao, Q., Shui Q. Z. (2015). Effect of salinity on seed germination, seedling growth, and inorganic and organic solutes accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Soil Environ*. Vol. 61, No. 5: 220–226.
- Yılmaz, E., Tuna, M., Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri, gösterdikleri tolerans stratejileri, *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 7.1: 47–66.