

## Sıcaklık –Ağır Metal (Cr ve Cu) Etkileşimlerinin Buğday Fidelerinde Büyüme ve Katalaz Aktivitesi Üzerine Etkileri

Nuray ERGÜN\*, Ahmet MUŞLU, Serhat ÖZÇUBUKÇU

Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Antakya, HATAY

Received: 26.11.2010, Accepted: 28.06.2011

**Özet.** Bu çalışmada sıcaklık-ağır metal etkileşimlerinin buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Dağdaş) fidelerinde vejetatif büyüme ve katalaz (CAT) aktivitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Bitki büyütme dolabında 5 gün yetiştirilen fideler, bu sürenin sonunda besin çözeltisi bulunan plastik kaplara alınmış ve fideler bitki büyütme kabininde 5 gün süre ile 24/16 °C gündüz/gece koşullarında yetiştirilmiştir. Birinci deneme grubunda fideler (24/16 °C gündüz/gece) koşullarında, ikinci deneme grubunda ise kabin sıcaklık ayarının 40/30 °C gündüz/gece koşullarına ayarlanmasıyla yüksek sıcaklık koşullarında (5 gün süre ile) 10. günün sonuna kadar büyütülmüştür. İki denemenin her birinde krom (Cr) ve bakır (Cu) ayrı ayrı uygulanmak suretiyle 5. günden sonra 5 gün süre ile 3 farklı konsantrasyonlarda (0, 100 ve 500µM) besin çözeltisine ilave edilmek suretiyle gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak, gerek ağır metal ve gerekse yüksek sıcaklık ile birlikte yapılan ağır metal uygulamalarının, konsantrasyon artışına paralel olarak buğday fidelerinin kök ve sürgün büyümesini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Cr ve Cu metallerinin yüksek konsantrasyonları ve bu ağır metallerle birlikte uygulanan farklı sıcaklık dereceleri (16/24 °C ve 30/40 °C), fidelerin kök, sürgün boyu ve taze ağırlıklarında azalmaya ve CAT aktivitesinde ise artmaya neden olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Cr, Cu, yüksek sıcaklık, buğday, ağır metal

## The Effect of Temperature – Heavy Metal (Cr and Cu) Interaction on Growth and Catalase Activity in Wheat Seedlings

**Abstract:** In this study, we have investigated the effect of temperature – heavy metal interaction on vegetative growth and catalase (CAT) activity on wheat (*Triticum aestivum* L. cv Dağdaş) seedlings. The seedlings were grown for 5 days in a plant growth cabinet and were kept at 24/16 °C night and day in pots after having been put into plastic pots containing nutrient solution. The seedlings in the first group were grown at 24/16 °C (night and day), and consequentially second test group were grown until the end of the tenth day at high temperature conditions (for five days) after the changing the temperature to 40/30 °C (night and day). Chrome (Cr) and copper (Cu) applications were performed separately in each group

\*Corresponding author. Email address: ergun.nuray@gmail.com

Nuray ERGÜN\*, Ahmet MUŞLU, Serhat ÖZÇUBUKÇU

added in nutrient solution for five days in three different concentrations (0, 100 and 500µM).

As a result, it has been shown that both heavy metal and high temperature-heavy metal interactions are significantly decreased the growth of the root and shoot of wheat seedlings in paralel with the increase in concentration. High concentration of Cr and Cu metals and different temperatures (16/24 °C and 30/40 °C) applied on these heavy metals decreased in root, shoot length and fresh weight whereas it increased the seedlings CAT activities.

**Key Words:** Cr, Cu, high temperature, wheat, growth, heavy metal.

---

## Giriş

Son yıllarda çeşitli endüstriyel faaliyetler sonucu çevreye salınan ağır metallerin neden olduğu kirlilik artmakta ve bu metaller ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır [1]. Bitkilerde ortalama % 50' den fazla verim kaybına neden olan abiyotik stres faktörleri, dünyadaki tarımsal ürün kaybının da birincil nedenidir [2, 3].

Ağır metaller normal olarak, kayaların ve maden cevherlerinin bünyesinde bulunduğu için yaşayan organizmalarda, sularda ve toprakta bulunmaları doğaldır [4]. Ağır metaller organizmaya girdikten sonra kolay kolay atılamazlar ve bazı fizyolojik aktiviteler üzerinde inhibitör etkisine sahiptirler. Ağır metal konsantrasyonu arttıkça çimlenme oranının, kök ve sürgün gelişiminin önemli ölçüde engellendiği bilinmektedir [5,6]. Kadmiyum (Cd), Cr ve kurşun (Pb) gibi esansiyel olmayan ağır metallerin topraktaki miktarlarının artması ve toksik seviyelere ulaşması da bitkiler için önemli stres faktörleridir. Ayrıca bu metaller çeşitli insan aktiviteleri sonucu üretilen gerek sanayi gerekse de şehirsal atıkların (pil, akü, termometre, kurşun tetraetil gibi benzinlere katılan maddeler vs.) içinde bol miktarda bulunmakta ve hem çevre kirliliğine hem de ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır [7, 1]. Buğday, dünyada 215 milyon hektar ekiliş alanı ve 628 milyon ton üretim alanı ile diğer kültür bitkileri arasında yetiştiricilikte ilk sırayı almaktadır [8]. Türkiye'de de buğday, ekiliş alanının büyüklüğü bakımından ilk sırayı almaktadır [9]. Geniş adaptasyon yeteneğine sahip tek yıllık bir bitki olan buğday, besleyici niteliği ve hammadde olarak kullanımının yaygın olması nedeniyle dünyanın hemen hemen her tarafında yetiştirilmekte ve dünya nüfusunun yaklaşık %35' inin temel besin ihtiyacını karşılamaktadır [10]. Ilıman ve serin iklimde ve sulamanın yeterli olduğu sıcak iklimlerde yetişebilen buğday bitkisinin giderek artan dünya nüfusuna karşı, yakın gelecekte ihtiyacı karşılayamayacağı düşünülmektedir [11].

### Sıcaklık –Ağır Metal (Cr ve Cu) Etkileşimlerinin

Dünyamızda küresel iklim değişikliğine bağlı olarak yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres koşulları altında tarımsal bitki veriminin önemli derecede sınırlandığı bilinmektedir [12, 13]. Buğday gelişimi ve verimi için optimum sıcaklık aralığı 18-24°C olup daha yüksek sıcaklıklara kısa süreli maruz kalınması durumunda verimde % 20 veya daha fazla azalma meydana gelebilmektedir.

Literatürde sıcaklık+ağır metal etkileşimlerinin bitkiler üzerine etkileri ile ilgili çalışmaların oldukça sınırlı olduğu göz önüne alınarak buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Dağdaş) fidelerine uygulanan Cr ve Cu metalleri ve ayrıca bu metallerle birlikte uygulanan yüksek sıcaklık (30/40 °C)' ların kök, sürgün boyu, taze ağırlık ve CAT enzim aktivitesi üzerine olan etkilerinin her iki stresin aynı anda varlığı durumunda bitkilerde ortaya çıkacak tepkilerin incelenmesi amaçlanmıştır.

### Materyal ve Metod

Araştırmamızda bitki materyali olarak Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden temin edilen buğday tohumları (*Triticum aestivum* L. cv. Dağdaş) kullanılmıştır.

Buğday tohumları 2 gün süre ile 24±2°C'lik inkübatörde karanlıkta çimlendirilmiştir. Çimlenen tohumlar bu sürenin sonunda perlit içerisinde 24±2°C'de distile su ile sulanmak suretiyle 5 gün süre ile büyütülmüştür. Fideler beşinci günün sonunda içinde Arnon-Hoagland besin çözeltisi bulunan plastik saksılara alınmış ve fideler bitki büyütme kabinde 5 gün süre ile 24/16 °C gündüz/gece koşullarında yetiştirilmişlerdir. Bu sürenin sonunda iki farklı deneme grubu oluşturulmuştur.

**I.deneme grubu:** birinci günden beri uygulanmakta olan bitki yetiştirme koşulları değiştirilmeden (24/16 °C gündüz/gece) 10. günün sonuna kadar devam edilmiştir. **II. deneme grubu:** 5. güne kadar 24/16 °C gündüz/gece sıcaklıkta yetiştirilen bitkiler, 5. günün sonunda kabin sıcaklık ayarının 40/30 °C gündüz/gece koşullarına ayarlanmasıyla yüksek sıcaklık koşullarında (5 gün süre ile) büyütülmüştür. Her iki deneme grubunda da ağır metal uygulamaları (Cr ve Cu ayrı ayrı uygulanmak suretiyle) 5. günden sonra 5 gün süre ile 3 farklı konsantrasyonda (0, 100 ve 500µM) besin çözeltisine katılmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Fideler 10. günün sonunda hasat edilmiş, kök, sürgün boyları ve taze ağırlıkları ölçülmüş ve sürgün kısımları CAT

Nuray ERGÜN\*, Ahmet MUŞLU, Serhat ÖZÇUBUKÇU

analizi yapmak üzere alınmıştır. Katalaz enzim aktivitesi Çakmak ve Marschner [14] ve Çakmak [15]' e göre spektrofotometrede 240 nm'de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in parçalanma oranına bağlı olarak ölçülmüştür.

Deneme sonucunda elde edilen değerlerin karşılaştırılmasında varyans analizi tekniğinden yararlanılmıştır. Varyans analizi tekniğinde karşılaştırılan gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmuş ise farklı olan grupların belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Duncan testi kullanılmıştır.

## **Bulgular**

Fidelerin kök ve sürgün boyu sıcaklık koşullarında kontrole göre azalmıştır (Tablo 1). Ağır metal uygulamasının kök ve sürgün büyümesini önemli derecede engellediği belirlenmiştir ( $p>0.01$ ). 500 $\mu$ M Cr uygulaması yüksek sıcaklık koşulları altında kök ve sürgün büyümesini önemli derecede inhibe etmiştir (Tablo 1).

Bitki taze ağırlığı her iki ağır metal uygulamasında da azalmıştır (Tablo 2). Özellikle yüksek sıcaklık koşullarında Cr uygulaması taze ağırlığı gerek kök ve gerekse de sürgünde önemli derecede inhibisyona neden olmuştur.

CAT aktivitesi her iki ağır metal uygulaması ile artış göstermiştir. Ancak Cu uygulamasındaki artış Cr uygulamasından daha fazla gerçekleşmiştir. Özellikle Cu konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak CAT aktivitesi her iki sıcaklık uygulamasında da artış göstermiştir (Şekil 1).

## **Tartışma**

Bu çalışmada Cr ve Cu metal uygulamaları ve ayrıca bu metallerle birlikte gerçekleştirilen yüksek sıcaklık (30/40 °C) uygulamalarının buğday fidelerinin (*T. aestivum* L. cv. Dağdaş) büyümesi ve CAT enzim aktivitesi üzerine etkileşimleri incelenmiştir. Sıcaklık ve diğer abiyotik streslerin bitki metabolizmasını önemli derecede etkilediği bilinmektedir.

Tanyolaç vd. [16], Cu uyguladıkları *Zea mays* L. Cv 3223 ve 31G98 fidelerinde kök ve sürgün büyümesinin inhibe olduğunu tespit etmişlerdir. Sharma ve Pant [17] ve

### Sıcaklık –Ağır Metal (Cr ve Cu) Etkileşimlerinin

Liu vd. [18], besin solüsyonuna Cr eklenmesinin fidelerin demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) gibi mineral besin alımında azalmaya neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Shanker vd. [19], Cr' un kök hücrelerinin vakuollerinde immobilize edildiğini ve bu nedenle kökte sürgünden daha fazla Cr biriktirildiğini ve buna bağlı olarak Cr' un daha az toksik etki gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bizim çalışmamızda özellikle sıcaklık + Cr uygulamalarının kök ve sürgün gelişimini önemli derecede inhibe ettiği belirlenmiştir.

Sıcaklık ve ağır metal stresi bitki büyüme ve gelişimini etkileyen en önemli faktörler arasındadır [20]. Akıncı ve Akıncı [21], aşırı Cr uygulamalarının fide gelişimini olumsuz etkilediğini ifade etmişlerdir.

Kök büyümesinin metal toksisitesine çok fazla duyarlı olduğu bilinmektedir [22]. Kök büyümesi ağır metalin konsantrasyon artışına paralel olarak özellikle Cr uygulamasında Cu'a göre önemli derecede inhibe edilmiştir. Sıcaklık bitki büyüme ve gelişimini etkileyen en önemli çevre faktörlerinden biridir. Gerek Cu ve gerekse de Cr ağır metalleri ile birlikte sıcaklık etkileşimleri fidelerde kök, sürgün boyu, taze ağırlıklarında azalmaya neden olmuştur. İki metal arasında benzer inhibisyonlar gerçekleşmiş olsa da genel olarak artan konsantrasyonlarda Cr' un Cu' a oranla daha toksik etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Subrahmanyam [23], *Triticum aestivum* fidelerinde 0.10, 0.15 ve 0.25 mM  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  uygulamaları sonucu 20. gün sonunda kök ve sürgün kuru ağırlığının önemli ölçüde azaldığını ve bu azalışın sürgün de kökten daha fazla olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca araştırmacı 8. ve 14. günlerde CAT ve APX aktivitelerindeki değişimleri de incelemiştir. 0,1 mM Cr uygulamalarında katalaz aktivitesinin 8. günde % 7, 14. günde ise % 28 oranında azaldığını bildirmiştir. APX aktivitesindeki en fazla azalışın % 22.3 ile 14. gün 0.25 mM Cr uygulamasında olduğunu ifade etmiştir.

Singh vd. [24], *Triticum aestivum* fidelerinde 5, 25, 50 ve 100  $\text{mg.L}^{-1}$  Cu uygulamalarının 14. ve 21. günlerde, tohum çimlenmesi ve gelişimi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, yüzde çimlenme oranının, plumula ve radikula uzunluğunun, lateral kök sayısının ve sürgün taze ağırlığı ile su içeriğinin artan Cu konsantrasyonlarında azaldığını tespit etmişlerdir.

Nuray ERGÜN\*, Ahmet MUŞLU, Serhat ÖZÇUBUKÇU

Bakır'ın bu aşırı birikiminin bitkilerde fotosentez ve solunum gibi önemli fizyolojik işlevler üzerinde olumsuz etki göstererek bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilediği bildirilmiştir [25]. Cr' un bitkilerde neden olduğu metabolik değişiklik ya direk enzimleri ya da diğer metabolitleri reaktif oksijen türleri vasıtası ile etkilemektedir [19, 26].

Liu vd. [18], Cr uyguladıkları *Amaranthus viridis* yapraklarında SOD ve POD aktivitesi artarken CAT aktivitesinin yüksek Cr konsantrasyonlarında azaldığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda her iki ağır metalle birlikte yapılan sıcaklık uygulamalarının CAT aktivitesinde önemli derecede artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Tanyolaç vd. [16], aşırı miktarda Cu uygulanan *Zea mays* L. cv 31G98 fidelerinde SOD, GR, POD, APX enzim aktivitelerinin artmasına karşın *Zea mays* L. cv 3223 fidelerinde SOD ve GR aktivitelerinde önemli bir değişiklik olmadığını ancak APX ve POD aktivitesinin arttığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda Cr ve Cu ağır metallerinin yüksek konsantrasyonları ve bu metallerle uygulanan yüksek sıcaklık uygulamalarının fidelerin kök ve sürgün büyümesi ile CAT aktivitesinde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Çalışılan parametreler üzerinde genel olarak en toksik etkiyi Cr ile birlikte yapılan sıcaklık uygulamaları göstermiştir.

Özellikle son yıllarda artan sanayileşme ile birlikte ağır metal kirliliğinin ve nüfus artışının hızlandığı küresel iklim değişikliğinin getirdiği sorunlar başta tarım arazileri olmak üzere tüm dünyanın ortak sorunlarından. Her ne kadar bitkiler birçok stres faktörüne adaptasyon sağlasa da bunların dezavantajı olarak verim kaybı kaçınılmaz bir sonuçtur. Hızla artan dünya nüfusunun besin ihtiyacının gittikçe artmasıyla verim kaybının en aza indirgenmesi mutlak bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu amaçla tarımsal bitkilerde toleransın geliştirilebilmesi için, geleneksel ve moleküler ıslah çalışmalarının birleştirilmesi, ürün kaybına neden olan stres faktörlerinin ve bu faktörlerin fizyolojik, moleküler ve genetiksel temellerinin aydınlatılması gerekmektedir.

**Kaynaklar**

- [1]. M. Waisberg, P. Joseph, B. Hale, D. Beyersmann, *Toxicology*, 2003, 192, 95–117.
- [2]. W. X. Wang, B. Vinocur, A. Altman, *Planta*, 2003, 218, 1-14.
- [3]. E. A. Bray, J. Bailey-Serres, E. Weretilnyk, *Biochemistry and molecular biology of Plants*. 2000, 1158-1203.
- [4]. B. J. Alloway, D.C. Ayres, *Chapman & Hall*, 1993, 291.
- [5]. Ö. Munzuroğlu, H. Geçkil, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 2002, 43, 203-217.
- [6]. N. Ergün, I. Öncel, C.Ü. *Fen-Edebiyat Fak. Fen Bilimleri Dergisi* 2010, 31, 2.
- [7]. N. Ergün, I. Öncel, *Y.Y.Ü. Tar. Bil. Derg.* 2009, 19, 11-17.
- [8]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2003, <http://apps.fao.org>.
- [9]. E. Kün, Serin İklim Tahılları, *Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları*, 1988, 299, p.322.
- [10]. V. Vasil, A. M. Castillo, M. A. Fromm, I. K. Vasil, *Bio. Technology*, 1991, 10, 667-675.
- [11]. A. Akkaya, Buğday Yetiştiriciliği, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv., Ziraat Fak.* 1994,1, p. 225.
- [12]. G.M. Paulsen, *Physiology and Determination of Crop Yield*, 1994, 365-389
- [13]. H.M. Ishag, A.B. Mohamed, *Field Crop Research*, 1996, 46, 169-176.
- [14]. I. Çakmak, H. Marschner *Plant Physiol.*, 1992, 98, 1222-1227.
- [15]. I. Çakmak, *J. Exp. Bot.* 1994, 45, 1259-1266.
- [16]. D. Tanyolaç, Y. Ekmekçi, Ş. Ünalın, *Chemosphere*, 2007, 67, 89-98
- [17]. D.C. Sharma , R.C. Pant, *J. Environ. Sci Health*, 1994, 29, 941-948.
- [18]. Liu D.H., Zou J.H, Wang M., Jiang W.S.. *Biores. Technol.* 2008, 99, 2628-2636
- [19]. A. K. Shanker, M. Djanaguiraman, R. Sudhagar, C.N. Chandrashekar, G. Pathmanabhan, *Plants Sci.* 2004, 166, 1035-1043.
- [20]. I. Öncel, Y. Keleş, A.S. Üstün, *Environmental Pollution.*, 2000, 107, 315-320.
- [21]. I. E. Akıncı, S. Akıncı, *African Journal of Biotechnology*, 2010, 9, 4589-4594
- [22]. C. D. Foy, R. L. Chaney, M.C. White, *Plant Physiol.*, 1978, 29, 511-566.
- [23]. D. Subrahmanyam, *Photosynthetica*, 2008, 46, 339-345.
- [24]. D. Singh, K. Nath, Y. K. Sharma, *J. of Environmental Biology*, 2007, 28, 409-414.
- [25]. H. Marschner, *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, UK. 1995

[26]. A. K. Shanker, C. Cervantes, H. Loza-Tavera, S. Avudainayapam, *Environ. Int.* 2005, 31,739-753

**Tablo-1)** Buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Dağdaş) fidelerinde sıcaklık - ağır metal uygulamalarının ortalama kök ve sürgün boyuna (cm/bitki) etkisi.

<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Dağdaş				
	Kök Boyu		Sürgün Boyu	
	16/24 °C	30/40 °C	16/24 °C	30/40 °C
0	15,83±0,20 a	14,48±0,17 a	19,34±0,34 a	14,68±0,17 a
Cr (µM)				
100	5,66±0,24 b	4,63±0,26 b	6,76±0,21 b	5,24±0,11 b
500	3,9±0,25 c	3,76±0,14 c	4,66±0,23 c	3,76±0,20 c
Cu (µM)				
100	7,66±0,23 b	5,23±0,19 b	12,76±0,34 b	11,1±0,26 b
500	5,36±0,17 c	4,23±0,08 c	10,0±0,20 c	5,0±0,11 c

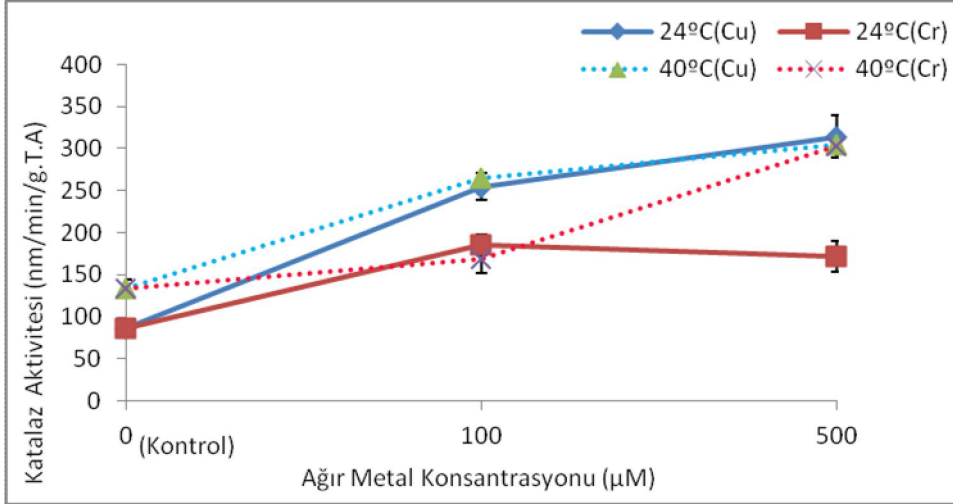
Değerler aritmetik ortalama ± standart hata (SH) olarak verilmiştir (n=3). Farklı harfler ile gösterilen veriler arasında P < 0.05 düzeyinde ayrım vardır

**Tablo-2)** Buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Dağdaş) fidelerinde sıcaklık - ağır metal uygulamalarının ortalama kök ve sürgün taze ağırlığına (mg/bitki) etkisi.

<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Dağdaş				
	Kök Taze Ağırlığı		Sürgün Taze Ağırlığı	
	16/24 °C	30/40 °C	16/24 °C	30/40 °C
0	129,6 ± 2,3 a	128,3 ± 3 a	165,6 ± 5 a	113,6 ± 2 a
Cr (µM)				
100	56,3 ± 5 b	41,3 ± 2 b	81 ± 1 b	58,3 ± 3 b
500	13,3 ± 6 c	11,8 ± 1 c	57 ± 1 c	45,3 ± 2 c
Cu (µM)				
100	74,3 ± 3 b	44,3 ± 2 b	104,6 ± 2 b	111 ± 4 b
500	27,3 ± 1 c	16,7 ± 1 c	99,3 ± 2 c	50,3 ± 2 c

Değerler aritmetik ortalama ± standart hata (SH) olarak verilmiştir (n=3). Farklı harfler ile gösterilen veriler arasında P < 0.05 düzeyinde ayrım vardır.





**Şekil 1:** *Triticum aestivum* L. cv. Dağdaş fidelerinde sıcaklık-ağır metal etkileşimlerinin katalaz aktivitesi üzerine etkisi (n=3).