



Ecotoxicological effects of alkaline metal salts (NaCl, KNO₃), strong acid (H₂SO₄) and some heavy metals (CuCl₂, FeCl₃, MgCl₂ ve ZnCl₂) on the germination of chickpea (*Cicer arietinum*) seeds

Emel SÖZEN ^{*1}, Melek YILMAZ ¹, Güler ÇOLAK ², Ersin YÜCEL ¹

¹ Anadolu University, Faculty of Science, Depart. of Biology, 26450, Eskisehir, Turkey

² Eskişehir Osmangazi University, Arts and Sciences Faculty, Eskişehir, Turkey

Abstract

In this study, ecotoxicological effects of some alkaline metal salts (NaCl, KNO₃), strong acid (H₂SO₄) and heavy metals (CuCl₂, FeCl₃, MgCl₂ and ZnCl₂) on the germination of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultural varieties (*C.a.* cv. 'Akçin 91' and *C.a.* cv. 'Gökçe') were investigated. Similar germination responses of *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' and *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' to different concentrations of NaCl, KNO₃ and H₂SO₄ were observed. When compared with control group, germination percentages of two varieties were decreased with increasing NaCl and KNO₃ concentrations. On the other hand, application of strong acid (H₂SO₄) inhibited the seed germination of both varieties. However, we have found significant differences in the germination percentage of *C.a.* cv. 'Akçin 91' and *C.a.* cv. 'Gökçe' seeds exposed to different concentrations of CuCl₂, FeCl₃, MgCl₂ and ZnCl₂. In the presence of heavy metals tested, *C.a.* cv. 'Gökçe' showed higher germination than *C.a.* cv. 'Akçin 91'. Higher concentrations of FeCl₃ and especially CuCl₂ inhibited germination in *C.a.* cv. 'Akçin 91'. Observed results indicated that *C.a.* cv. 'Akçin 91' is sensitive to FeCl₃ and CuCl₂, whereas *C.a.* cv. 'Gökçe' is tolerant to these two heavy metals. Different responses of *C.a.* cv. 'Akçin 91' and *C.a.* cv. 'Gökçe' to heavy metal (CuCl₂, FeCl₃, MgCl₂ ve ZnCl₂) applications were thought to originate from their different genetic make-up.

Key words: *Cicer arietinum*, Germination, Ecotoxicology

----- * -----

Alkali metal tuzları (NaCl, KNO₃), kuvvetli asit (H₂SO₄) ve bazı ağır metallerin (CuCl₂, FeCl₃, MgCl₂ ve ZnCl₂) nohut (*Cicer arietinum*) tohumlarının çimlenmesi üzerine ekotoksikolojik etkileri

Özet

Bu çalışmada, bazı alkali metal tuzları (NaCl, KNO₃), kuvvetli asit (H₂SO₄) ve ağır metallerin (CuCl₂, FeCl₃, MgCl₂ ve ZnCl₂) *Cicer arietinum* L.'in iki çeşidinde (*C.a.* cv. 'Akçin 91' ve *C.a.* cv. 'Gökçe') çimlenme üzerine ekotoksikolojik etkileri araştırılmıştır. *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' ve *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin farklı NaCl, KNO₃ ve H₂SO₄ konsantrasyonlarındaki çimlenme cevapları benzer bulunmuştur. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, NaCl ve KNO₃'ün artan konsantrasyonlarında her iki çeşitte de çimlenme yüzdesi düşmüştür. Kuvvetli asit uygulamasının (H₂SO₄) ise her iki çeşidin tohumlarında çimlenmeyi engellediği görülmüştür. Bununla birlikte farklı konsantrasyonlarda CuCl₂, FeCl₃, MgCl₂ ve ZnCl₂ uygulanan *C.a.* cv. 'Akçin 91' ve *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşidine ait tohumların çimlenme yüzdelerinde belirgin farklılıklar bulunmuştur. *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşidi test edilen ağır metallerin varlığında *C.a.* cv. 'Akçin 91' e göre daha yüksek çimlenme göstermiştir. *C.a.* cv. 'Akçin 91' çeşidinde FeCl₃ ve özellikle de CuCl₂ yüksek konsantrasyonlarda çimlenmeyi durdurmuştur. Elde edilen sonuçlar, *C.a.* cv. 'Akçin 91' in FeCl₃ ve CuCl₂'e karşı hassas, buna karşın *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşidinin bu iki ağır metale oldukça toleranslı olduğunu göstermiştir. *C.a.* cv. 'Akçin 91' ve *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin ağır metal (CuCl₂, FeCl₃, MgCl₂ ve ZnCl₂) uygulamalarına verdikleri farklı cevapların genetik yapılarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: *Cicer arietinum*, Çimlenme, Ekotoksikoloji

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: Tel.: +902223350585; E-mail: esozen@anadolu.edu.tr

1. Giriş

Artan dünya nüfusuna karşılık azalan verimli tarım alanları günümüzün en önemli sorunlarından biridir. Tarım alanları tuz, asit, ağır metal gibi kirleticilere yoğun şekilde maruz kalmaktadır. Topraktaki yüksek tuzluluk dünyada mahsul verimini sınırlayan etkenlerin başında gelmektedir. Yüksek tuzluluk bitkinin fizyolojisi ve biyokimyasını birçok açıdan etkileyerek verimi belirgin şekilde azaltmaktadır (Parida ve Das, 2005; Munns ve Tester, 2008). Dünyada tarım alanlarının %20'si ile sulama yapılan alanların yarısı tuzluluktan etkilenmektedir (Chinnusamy vd., 2005). Birçok araştırmacı asit yağmurlarının da toprak verimini düşürdüğüne inanmaktadır. Asit yağmuru toprağın yapısında bulunan kalsiyum, magnezyum, molibden gibi elementleri yıkayarak taban suyuna taşımakta, toprağın zayıflamasına ve zirai verimin düşmesine neden olmaktadır (Carver ve Ownby, 1995). Hızlı sanayileşmenin yanı sıra, volkanik faaliyetleri kayaların aşınması gibi doğal yollarla biyosfere salınmakta olan ağır metaller tarım arazilerinin verimini olumsuz yönde etkileyen bir diğer faktördür (Depledge vd., 1994). Toprakta kadmiyum, krom, bakır, nikel ve çinko gibi ağır metallerin aşırı birikimi doğal su ve kara ekosistemlerinin yapısını bozmaktadır (Meagher, 2000). Türkiye topraklarının özellikle asit yağmurları, tuzluluk ve bazlılık açısından tehlike altında olduğu bildirilmektedir (Yücel, 2008).

Nohut, (*Cicer arietinum* L., Fabaceae), binlerce yıldan bu yana tarımı yapılan ender bitkilerden biridir. Nohut, yüksek oranda protein (%15-32) ve karbonhidrat (%50-74) içeriği yanında fosfor, kalsiyum ve demir gibi mineral maddeler ile A ve B gibi vitaminlerce zengin olması nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Akçin, 1988). Anavatanı olarak Türkiye'nin Güney doğu bölgesi gösterilmektedir (Toker, 2009). Dünya nohut üretimine bakıldığında, üretimin Ortadoğu bölgesi ile Asya kıtasının güney batı bölgelerinde daha fazla yoğunlaştığı görülmektedir. FAO verilerine göre, 2006 yılında, dünyada 10.671.503 hektarlık bir alanda nohut tarımı yapılmaktadır. Türkiye dünya nohut üretimine % 89'lük bir payla katkıda bulunmaktadır (Knights vd., 2007).

Bugüne kadar alkali metal tuzları, kuvvetli asit ve ağır metallerin tohum çimlenmesi üzerine etkileri *Medicago sativa* (Aydınalp ve Marinova, 2009; Peralta vd., 2001), *Pinus nigra* spp. *pallasiana* (Yücel, 2008; Yücel vd., 2008a), bazı *Hesperis* türleri (Yücel vd., 2008b), *Phaseolus mungo* ve *Lens culinaris* (Azmat vd., 2006), *Hordeum vulgare* (Munzuroğlu ve Kırbag Zengin, 2005), *Alyssum* sp., *Cuminum cyminum*, *Salvia officinalis* (Jeliazkova ve Craker, 2003), *Pinus sylvestris* ssp. *hamata* (Yücel, 2000a) ve bazı *Salvia* sp. türlerinde (Yücel, 2000b) araştırılmıştır. Nohut tohumları direk olarak toprağa ekildiğinden bu bitkide tuz, asit, ağır metal gibi kirleticilerin çimlenme üzerine etkisi bilinmemektedir. Bugüne kadar nohutun farklı çeşitleri üzerinde tuz ve ağır metallerin etkisine bakılmış, fakat bu çalışmalar biyokimyasal ve fizyolojik açıdan ele alınmıştır (Sharma vd., 2010; Conesa vd., 2009; Mishra vd., 2009; Gupta vd., 2007).

Bu çalışmanın amacı, bazı alkali metal tuzları (NaCl, KNO₃), kuvvetli asit (H₂SO₄) ve bazı ağır metallerin nohudun (*Cicer arietinum*) iki çeşidinin (*C.a.* cv. 'Akçin 91' ve *C.a.* cv. 'Gökçe') çimlenme hızı ve çimlenme yüzdeleri üzerine etkilerini belirlemek ve bu iki çeşidi metal tuzları, kuvvetli asit ve ağır metallerle duyarlılık düzeyleri bakımından araştırmaktır.

2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada, ülkemizde önemli bir tarım bitkisi olarak yetiştirilen nohutun (*Cicer arietinum*) *C.a.* cv. 'Akçin 91' ve *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşitleri kullanılmıştır. Bu çeşitlere ait tohumlar Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir.

Çimlendirme işlemi için tohumlar ön işlem uygulamadan, 25'şer adetlik gruplar halinde, Whatman No.1 filtre kağıdı içeren petri kaplarına yerleştirilmiştir. Tohumlar NaCl, KNO₃, ve H₂SO₄'ün 0.5 M, 1 M, 2 M konsantrasyonlarında, FeCl₃, ZnCl₂, MgCl₂ ve CuCl₂'nin ise 1 M, 2 M, 3 M konsantrasyonlarında sabit 25 °C ve karanlık ortama ayarlı iklim dolabı içerisinde çimlendirilmiştir. Çimlendirme çalışmaları 4'lü tekrar şeklinde gerçekleştirilmiştir.

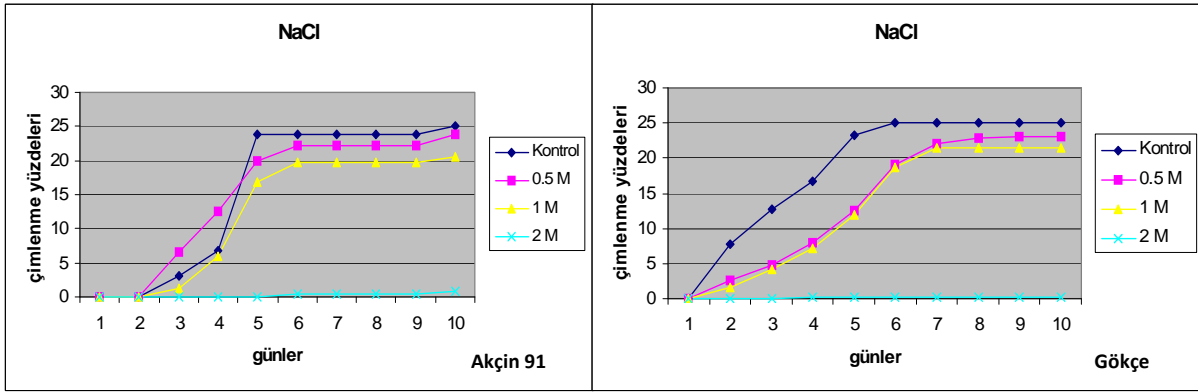
C.a. cv. 'Akçin 91' ve *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin her ikisine de aynı işlemler uygulanmıştır. Deneylere 10'cu gün son verilmiştir. Tohumun çimlenmiş olarak kabul edilebilmesi için, tohum ucundan çıkan kökçüğün çimlenme yatağına değmiş olması yeterli olarak kabul edilmiştir. Deney sonuçlarına ait günlere göre çimlenme yüzdelerini içeren grafikler oluşturulmuştur.

3. Bulgular

3.1. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi

Nohudun 'Akçin 91' çeşidinde 0.5 M NaCl uygulanan deney serisinde % 22, 1 M NaCl uygulanan deney serisinde % 20, 2 M NaCl uygulanan deney serisinde % 1, kontrol grubunda % 23 çimlenme gözlenmiştir (Şekil 1). Nohudun 'Gökçe' çeşidinde de benzer şekilde 0.5 M NaCl uygulanan deney serisinde % 23, 1 M NaCl uygulanan deney serisinde % 22, 2 M NaCl uygulanan deney serisinde % 1 çimlenme görülmüştür (Şekil 1).

Her iki çeşit için tüm deney serilerindeki çimlenme yüzdeleri kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 0.5 M ve 1 M konsantrasyonlarındaki NaCl'nin çimlenme üzerine etkisinin az olduğu, 2M NaCl'nin çimlenmeyi büyük oranda etkileyip çimlenme oranını düşürdüğü gözlenmiştir.

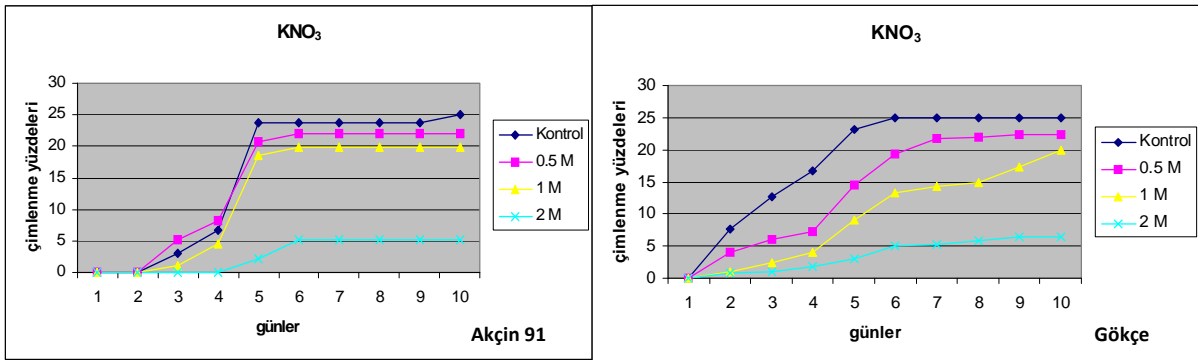


Şekil 1. *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' ve *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin farklı NaCl konsantrasyonlarındaki çimlenme değerleri
Figure 1. Germination values of *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' and *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' varieties at different NaCl concentrations

3.2. Farklı nitrat (KNO_3) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi

Nohudun *C.a.* cv. 'Akçin 91' çeşidinde 0.5 M KNO_3 uygulanan tohumların % 22'sinde, 1 M KNO_3 uygulananların % 20'sinde, 2 M KNO_3 uygulanan tohumların ise % 5'inde çimlenme gözlenmiştir (Şekil 2). Nohudun 'Gökçe' çeşidinde de 0.5 M KNO_3 uygulanan tohumlarda % 22, 1 M KNO_3 uygulanan tohumlarda % 20, 2 M KNO_3 uygulanan tohumlarda % 7 çimlenme meydana gelmiştir (Şekil 2).

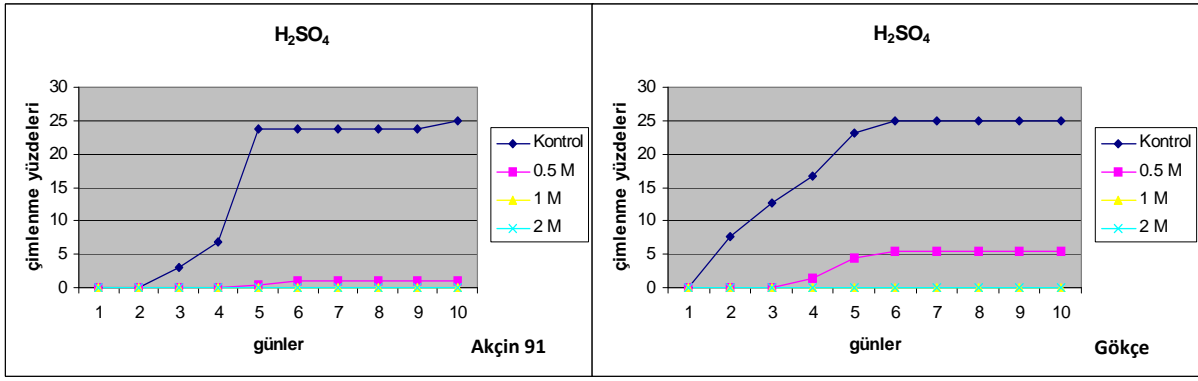
Her iki çeşit için bu değerler kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 0.5M KNO_3 ve 1M KNO_3 konsantrasyonlarının çimlenme üzerine etkisinin az olduğu, 2 M KNO_3 'ün büyük oranda çimlenmeyi azalttığı gözlenmiştir.



Şekil 2. *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' ve *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin farklı KNO_3 konsantrasyonlarındaki çimlenme değerleri
Figure 2. Germination values of *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' and *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' varieties at different KNO_3 concentrations

3.3. Farklı sülfürik asit (H_2SO_4) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi

Nohudun 'Akçin 91' çeşidinde 0.5M H_2SO_4 uygulanan deney serisinde % 1 çimlenme görülürken, 1M ve 2M H_2SO_4 uygulanan deney serilerinde çimlenme olmamıştır (Şekil 3). *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşidinde 0.5 M H_2SO_4 uygulanan seride % 6 çimlenme gerçekleşirken, 1 M ve 2 M H_2SO_4 uygulanan serilerde çimlenme olmamıştır (Şekil 3). Kontrol grubu ile bu değerler karşılaştırıldığında her iki çeşitte de H_2SO_4 'ün çimlenmeyi engellediği gözlenmiştir.



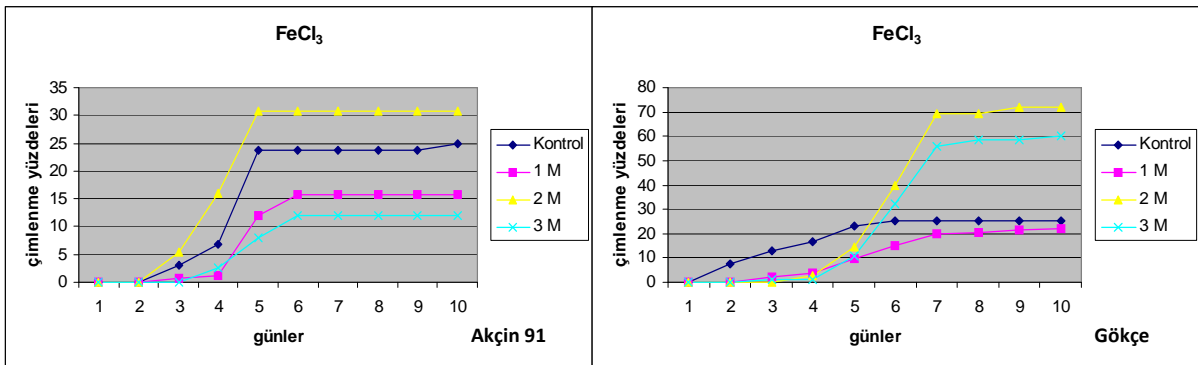
Şekil 3. *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' ve *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin farklı H_2SO_4 konsantrasyonlarındaki çimlenme değerleri

Figure 3. Germination values of *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' and *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' varieties at different H_2SO_4 concentrations

3.4. Farklı demir 3 klorür ($FeCl_3$) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi

Nohudun 'Akçin 91' çeşidinde 1M $FeCl_3$ uygulanan deney serisinde % 16, 2M $FeCl_3$ uygulanan deney serisinde % 31, 3 M $FeCl_3$ uygulanan deney serisinde % 12 çimlenme olmuştur (Şekil 4). Bu değerler kontrol grubu ile karşılaştırıldığında *C.a.* cv. 'Akçin 91' çeşidinde 1 M $FeCl_3$ 'ün çimlenmeyi azalttığı, 2 M $FeCl_3$ 'ün çimlenmeyi arttırdığı ve 3 M $FeCl_3$ 'ün ise çimlenmeyi azalttığı gözlenmiştir.

Nohudun 'Gökçe' çeşidinde ise 1 M $FeCl_3$ uygulanan deney serisinde % 22, 2 M $FeCl_3$ uygulanan deney serisinde % 72, 3 M $FeCl_3$ uygulanan deney serisinde % 60 çimlenme olmuştur (Şekil 4). Bu değerler kontrol grubu ile karşılaştırıldığında *C.a.* cv.'Gökçe' çeşidinde 1 M $FeCl_3$ 'ün çimlenmeyi etkilemediği, 2 M ve 3 M $FeCl_3$ 'ün çimlenmeyi arttırdığı gözlenmiştir.



Şekil 4. *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' ve *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin farklı $FeCl_3$ konsantrasyonlarındaki çimlenme değerleri

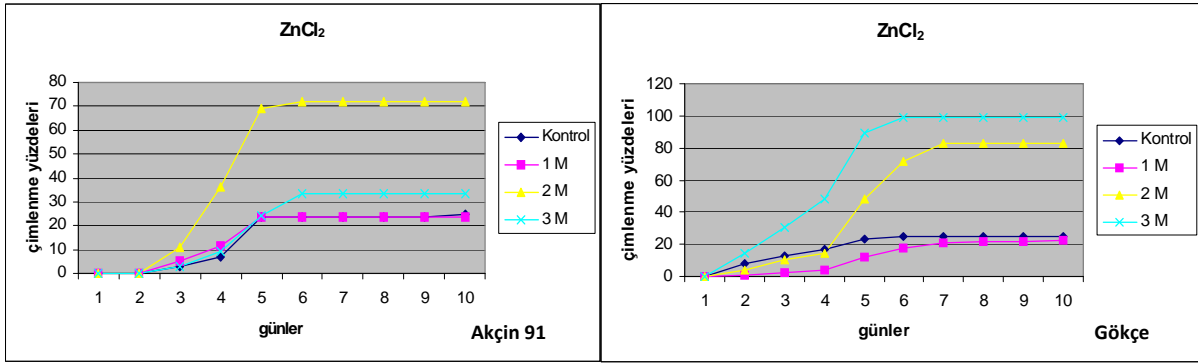
Figure 4. Germination values of *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' and *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' cultivars at different $FeCl_3$ concentrations

3.5. Farklı çinko klorür ($ZnCl_2$) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi

Nohudun 'Akçin 91' çeşidinde 1M $ZnCl_2$ uygulanan tohumların % 23'ü, 2 M $ZnCl_2$ uygulanan tohumların % 72'si, 3 M $ZnCl_2$ uygulanan tohumların % 33'ü çimlenmiştir (Şekil 5). Kontrol grubu ile bu değerler karşılaştırıldığında *C.a.* cv. 'Akçin 91' çeşidinde 1 M $ZnCl_2$ 'nin çimlenmeyi etkilemediği, 2 M $ZnCl_2$ 'nin çimlenmeyi çok fazla arttırdığı, 3 M $ZnCl_2$ 'nin çimlenmeyi arttırdığı gözlenmiştir.

Nohudun 'Gökçe' çeşidinde ise 1 M $ZnCl_2$ uygulanan tohumlarda % 22, 2 M $ZnCl_2$ uygulanan tohumlarda % 98, 3 M $ZnCl_2$ uygulanan tohumlarda % 83 çimlenme olmuştur (Şekil 5).

Kontrol grubu ile bu değerler karşılaştırıldığında nohudun 'Gökçe' çeşidinde 1 M $ZnCl_2$ 'nin çimlenmeyi etkilemediği, 2 M ve 3 M $ZnCl_2$ 'nin çimlenmeyi büyük oranda arttırdığı gözlenmiştir.



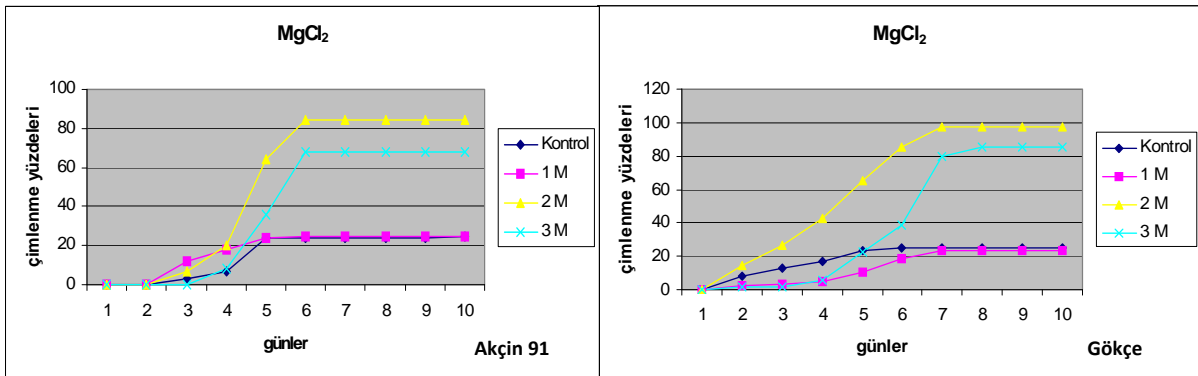
Şekil 5. *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' ve *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin farklı $ZnCl_2$ konsantrasyonlarındaki çimlenme değerleri

Figure 5. Germination values of *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' and *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' varieties at different $ZnCl_2$ concentrations

3.6. Farklı magnezyum klorür ($MgCl_2$) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi

Nohudun 'Akçin 91' çeşidinde 1M $MgCl_2$ uygulanan deney serisinde % 25, 2 M $MgCl_2$ uygulanan deney serisinde % 84, 3 M $MgCl_2$ uygulanan serisinde % 68 çimlenme olmuştur (Şekil 6). Bu değerler kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 M $MgCl_2$ 'nin çimlenmeyi etkilemediği, 2 M $MgCl_2$ 'nin çimlenmeyi büyük miktarda arttırdığı ve 3 M $MgCl_2$ 'nin de çimlenmeyi attırdığı gözlenmiştir

Nohudun 'Gökçe' çeşidinde de 1 M $MgCl_2$ uygulanan deney serisinde % 24, 2 M $MgCl_2$ uygulanan deney serisinde % 97, 3 M $MgCl_2$ uygulanan deney serisinde % 85 çimlenme olmuştur (Şekil 6). Bu değerler kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 M $MgCl_2$ 'nin çimlenmeyi etkilemediği, 2 M ve 3 M $MgCl_2$ konsantrasyonlarının çimlenmeyi büyük miktarda arttırdığı gözlenmiştir.



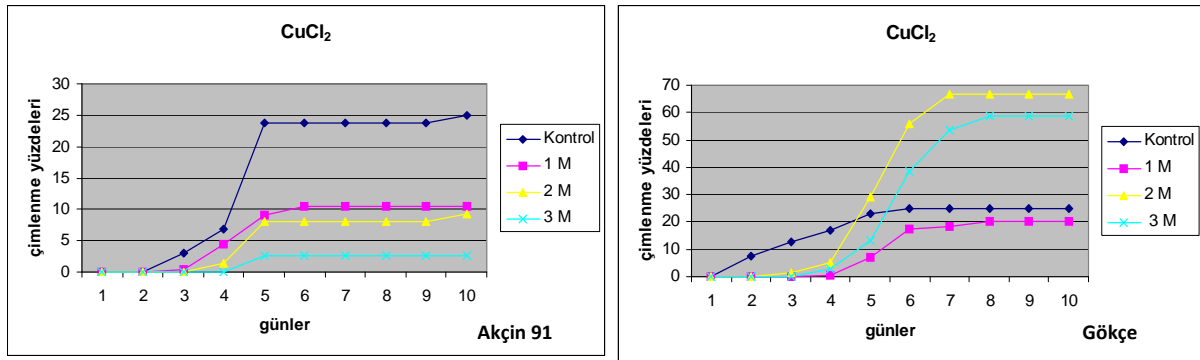
Şekil 6. *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' ve *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin farklı $MgCl_2$ konsantrasyonlarındaki çimlenme değerleri

Figure 6. Germination values of *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' and *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' varieties at different $MgCl_2$ concentrations

3.7. Farklı bakır klorür ($CuCl_2$) konsantrasyonlarının çimlenmeye etkisi

Nohudun 'Akçin 91' çeşidinde 1M $CuCl_2$ uygulanan tohumlarda % 11, 2M $CuCl_2$ uygulanan tohumlarda % 8, 3M $CuCl_2$ uygulanan tohumlarda % 3 çimlenme olmuştur (Şekil 7). Bu değerler kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 M ve 2 M $CuCl_2$ 'nin çimlenmeyi azalttığı, 3 M $CuCl_2$ 'nin çimlenmeyi engellediği gözlenmiştir.

C.a. cv.'Gökçe' çeşidinde ise 1 M $CuCl_2$ uygulanan deney serisinde % 20, 2 M $CuCl_2$ uygulanan deney serisinde % 67, 3 M $CuCl_2$ uygulanan deney serisinde % 59 çimlenme olmuştur (Şekil 7). Bu değerler kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 M $CuCl_2$ 'nin çimlenme üzerine etkisi olmadığı, 2 M ve 3 M $CuCl_2$ konsantrasyonlarının çimlenmeyi belirgin şekilde arttırdığı gözlenmiştir.



Şekil 7. *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' ve *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin farklı CuCl_2 konsantrasyonlarındaki çimlenme değerleri

Figure 7. Germination values of *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' and *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' varieties at different CuCl_2 concentrations

Nohudun 'Akçin 91' ve 'Gökçe' çeşitlerini çimlenme cevaplarına göre karşılaştırdığımızda her iki çeşidin de NaCl , KNO_3 ve H_2SO_4 uygulamalarında benzer değerler oluşturdukları görülmüştür (Tablo 1). Bununla birlikte FeCl_3 , ZnCl_2 , MgCl_2 ve CuCl_2 uygulanan *C.a.* cv. 'Akçin 91' ve *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşitlerinin çimlenme cevapları belirgin şekilde farklılık göstermiştir (Tablo 1). Kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında, FeCl_3 'ün 1 M konsantrasyonu *C.a.* cv. 'Akçin 91' çeşidinde çimlenmeyi biraz azaltırken *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşidinde ise çok fazla etkili olmamıştır. FeCl_3 'ün 2 M konsantrasyonu *C.a.* cv. 'Gökçe' de daha belirgin olmak üzere her iki çeşitte de çimlenmeyi olumlu yönde etkileyerek artırmıştır. 3 M FeCl_3 konsantrasyonunda ise *C.a.* cv. 'Akçin 91'de çimlenme kontrol grubuna göre % 50 azalırken, *C.a.* cv. 'Gökçe'de % 60 çimlenme gerçekleşmiştir.

ZnCl_2 'nin 1 M konsantrasyonunda her iki çeşidin çimlenme yüzdeleri birbirine yakındır (*C.a.* cv. 'Akçin 91' %23, *C.a.* cv. 'Gökçe' %22). ZnCl_2 'nin 2 M konsantrasyonunda ise her iki çeşitte de çimlenme artmıştır ('Akçin 91'de % 72, 'Gökçe'de ise % 98) fakat *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşidi "Akçin 91"'e göre % 26 daha fazla çimlenmiştir. ZnCl_2 'nin 3 M konsantrasyonunda 'Akçin 91'de % 33'lük çimlenme olup, 'Gökçe'de bu oran % 50 artarak % 83 olmuştur.

1 M MgCl_2 uygulanan deney serisinde 'Akçin 91'de % 25, 'Gökçe'de % 24 çimlenme meydana gelmiştir. MgCl_2 'nin 2 M konsantrasyonunda ise "Akçin 91"'de % 84, 'Gökçe'de % 97 çimlenme olmuştur. 'Gökçe'de % 13'lük bir farklı çimlenme daha fazladır. 3 M MgCl_2 konsantrasyonunda ise 'Akçin 91'de % 68 çimlenme görülürken, 'Gökçe'de ise bu oran % 17 artarak % 85 olmuştur.

CuCl_2 'nin 1 M konsantrasyonunda 'Akçin 91'de % 11, 'Gökçe'de % 20 çimlenme meydana gelmiştir. *C.a.* cv. 'Gökçe' çeşidi % 9'luk daha fazla çimlenme göstermiştir. 2 M CuCl_2 uygulanan deney serisinde 'Akçin 91'de % 8'lik bir çimlenme olup, 'Gökçe'de bu oran % 67'ye çıkmıştır. CuCl_2 'nin 3 M konsantrasyonunda "Akçin 91"'de % 3, "Gökçe"'de % 59 çimlenme meydana gelmiştir.

Tablo 1. *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' ve *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' nohut çeşitlerinin çimlenme yüzdelerinin karşılaştırılması

Table 1. Comparison of the germination percentages of *Cicer arietinum* cv. 'Akçin 91' and *Cicer arietinum* cv. 'Gökçe' chickpea varieties

Konsantrasyon (M)	'Akçin 91' Çimlenme yüzdesi (%)	'Gökçe' Çimlenme yüzdesi (%)
Kontrol	23	25
NaCl		
0,5	22	23
1	20	22
2	1	1
KNO ₃		
0,5	22	22
1	20	20
2	5	7
H ₂ SO ₄		
0,5	1	6
1	0	0
2	0	0
FeCl ₂		
1	16	22
2	31	72
3	12	60
ZnCl ₂		
1	23	22
2	72	98
3	33	83
MgCl ₂		
1	25	24
2	84	97
3	68	85
CuCl ₂		
1	11	20
2	8	67
3	3	59

4. Sonuçlar ve tartışma

Bu çalışmada, ülkemizde tarımı yapılan yemeklik tane baklagil türleri içerisinde ekim alanı ve üretim bakımından mercimekten (*Lens culinaris*) sonra ikinci sırayı alan nohutun (*Cicer arietinum*) ‘Akçin 91’ ve *C.a. cv. ‘Gökçe’* çeşitlerinde tuz, asit ve ağır metallerin çimlenme üzerine etkisi araştırılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonunda her iki çeşitte de tuzun (NaCl ve KNO₃) 0.5 M ve 1 M konsantrasyonlarının çimlenmeyi etkilemediği fakat 2 M konsantrasyonda çimlenmenin engellendiği saptanmıştır. Bazı nohut çeşitlerinin tuza toleranslarının belirlenmesine yönelik bir çalışmada uygulanan tuzun (NaCl) bütün çeşitlerde çimlenme değerlerini azalttığı belirtilmiştir (Karakullukçu ve Adak, 2008). Benzer bir çalışmada artan tuz konsantrasyonlarında *Helianthus annuus* var. *santafe* (Ayçiçeği) tohumlarında çimlenmenin geciktiği ya da engellendiği bildirilmiştir (Tekin ve Bozcuk, 1998).

H₂SO₄ uygulanan *C.a. cv. ‘Akçin 91’* ve *C.a. cv. ‘Gökçe’* tohumlarında 0.5 M H₂SO₄ çimlenmeyi büyük oranda düşürmüş, 1 M ve 2 M H₂SO₄ ise çimlenmeyi tamamen engellemiştir. Bazı *Hesperis* ssp. ve *Salvia* ssp. türlerinde yapılan çalışmalarda da H₂SO₄’ün çimlenmeyi engellediği bildirilmektedir (Yücel vd., 2008a; Yücel, 2000b).

Bu çalışmanın en göze çarpan sonucu nohudun ‘Akçin 91’ ve ‘Gökçe’ çeşitlerinin metal toleranslarında belirgin farklılıklar bulunmasıdır. Bu iki nohut çeşidi MgCl₂ dışında test edilen diğer 3 ağır metalin farklı konsantrasyonlarında farklı çimlenme cevabı oluşturmuştur. Örneğin, kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında, 3 M FeCl₃’ün *C.a. cv. ‘Gökçe’* çeşidinde çimlenmeyi belirgin bir şekilde artırdığı, *C.a. cv. ‘Akçin 91’* de ise yine belirgin derecede azalttığı görülmektedir. Test ettiğimiz diğer ağır metal olan ZnCl₂’nin 1 M konsantrasyonu her iki çeşitte de çimlenmeyi etkilememiş, fakat 2M ZnCl₂ uygulanan *C.a. cv. ‘Akçin 91’* tohumlarında çimlenme değeri % 72’ye, ‘Gökçe’de % 98’e yükselmiştir. Fakat ilginç şekilde, 3 M ZnCl₂ uygulanan *C.a. cv. ‘Akçin 91’* tohumlarında çimlenme % 33’e düşerken, *C.a. cv. ‘Gökçe’* tohumlarında % 83 çimlenme meydana gelmiştir. CuCl₂’nin artan konsantrasyonları *C.a. cv. ‘Akçin 91’*de çimlenmeyi % 3’e kadar geriletirken, *C.a. cv. ‘Gökçe’* çeşidinde ise olumlu yönde etkileyerek artırmıştır. Bilindiği gibi bakır ve çinko bitki büyüme ve gelişimi için gerekli elementlerdir, fakat aşırı dozları bitkide toksik etki yapmaktadır. Çimlenme değerlerine bakıldığında *C.a. cv. ‘Gökçe’* çeşidinin bakır ve çinkonun yüksek dozlarına en azından çimlenme evresinde oldukça toleranslı olduğu görülmektedir.

Ağır metallerin uygulandığı çimlendirme çalışmalarında genelde çimlenmenin azaldığı yönünde bildirimler vardır. Örneğin, yapılan iki ayrı çalışmada yoncada (*Medicago sativa*) Cd, Cr, Cu, Ni ve Zn metal iyonlarının tohum çimlenmesi üzerine etkileri araştırılmış ve Zn hariç diğer 4 ağır metalin artan dozlarının çimlenmeyi belirgin derecede düşürdüğü gösterilmiştir (Peralta vd., 2001; Aydınalp ve Marinova, 2009). Kadmiyumun artan konsantrasyonlarının arpada (*Hordeum vulgare*) çimlenmeyi engellediği bildirilmiştir (Munzuroğlu ve Kırbag Zengin, 2006). Diğer bir çalışmada ise önemli çevre kirleticilerden biri olan kurşunun (PbCl₂) mercimek (*Lens culinaris*) tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada düşük kurşun konsantrasyonlarının çimlenme üzerinde etkili olmadığı fakat yüksek konsantrasyonların çimlenmeyi engellediği saptanmıştır (Azmat vd., 2006).

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda *C.a. cv. ‘Akçin 91’* çeşidinin demir, çinko ve özellikle de bakıra hassas, *C.a. cv. ‘Gökçe’* çeşidinin ise tam tersine bu metallerle oldukça toleranslı olduğu görülmektedir. Bazı ağır metallerin yüksek dozları birçok bitkide metabolik bozukluklara yol açabilmekte ve büyümeyi engellemektedir (Claire vd., 1991). Buna karşın, kimi bitki türlerinin ise ağır metal ve diğer toksik bileşenleri normalin üstünde miktarda içeren topraklarda bile büyüme yeteneğine sahip oldukları gösterilmiştir (Raskin ve Ensley, 2000). Bitki türleri ve genotipler arasında ağır metal toleransı ve birikimi bakımından büyük farklılıklar bulunmaktadır (Wu ve Zhang, 2003). Bu durumda *C.a. cv. ‘Akçin 91’* ve *C.a. cv. ‘Gökçe’* çeşitleri arasındaki metal toleransı farklılığının genetik yapılarından kaynaklandığını söylenebilir. Ağır metal kirliliği bulunan Porsuk çayının bazı tarım bitkileri üzerine ekotoksikolojik etkilerini belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada da test edilen üç buğday çeşidinden sadece birisinde ağır metal toksisitesine hassasiyet gözlenmiş ve bu sonuç genotiple ilişkilendirilmiştir (Ocak vd., 2002).

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar nohudun ‘Akçin’ ve ‘Gökçe’ çeşidinin tuz ve asitli ortama toleranslarının benzer, ağır metal toleranslarının ise farklı olduğunu göstermiştir. *C.a. cv. ‘Gökçe’* çeşidi test edilen ağır metallerle toleranslı iken, *C.a. cv. ‘Akçin 91’* bu ağır metallere CuCl₂’e ve FeCl₃’ün yüksek dozlarına hassas bir çeşittir. Bu sonuç *C.a. cv. ‘Gökçe’* çeşidinin CuCl₂, FeCl₃, MgCl₂, ZnCl₂ gibi ağır metaller ile kontamine olmuş topraklarda direk olarak büyüyebileceği olasılığını işaret etmektedir. Bununla birlikte, ağır metallere karşı toleranslılık bitkinin vejetatif ve üreme evrelerinde farklılık gösterebilir. Dolayısıyla test edilen ağır metallerin *C.a. cv. ‘Gökçe’* çeşidinde bitki büyümesi üzerine etkilerinin görülmesini sağlayacak detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca, bitkinin gıda olarak tüketilen nohut tohumlarında ağır metal biriktirip biriktirmediğinin belirlenmesi de insan sağlığı açısından önemlidir.

Kaynaklar

- Akçin, A., 1988. Yemeklik Dane Baklagiller. S.Ü. Ziraat Fak. Yayınları No: 8, Konya.
 Aydınalp, C., Marinova, S. 2009. The effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfalfa plant (*Medicago sativa*). Bulgarian Journal of Agricultural Science. 15: 347-350.
 Azmat, R., Haider, S., Askari, S. 2006. Effect of Pb on germination, growth, morphology and histomorphology of *Phaseolus mungo* and *Lens culinaris*. Pakistan Journal of Biological Sciences. 9: 979-984.

- Carver B. F., Ownby J. D. 1995. Acid soil tolerance in wheat. *Advances in Agronomy*. 54: 117–173.
- Chinnusamy, V., Jagendorf, A., J. Zhu. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*. 45: 437-448.
- Claire, L.C., Adriano, D.C., Sajuran, K.S., Abel, S.L., Thoma, D.P., Driver, J.T. 1991. Effects of selected trace metals on germinating seeds of six plant species. *Water Air Soil Pollution*. 59: 231-240.
- Conesa, H.M., Moradi, A.B., Robinson, B.H., Kühne, G., Lehmann, E., Schulin, R. 2009. Response of native grasses and *Cicer arietinum* to soil polluted with mining wastes: Implications for the management of land adjacent to mine sites. *Environmental and Experimental Botany*. 65: 198–204.
- Depledge, M.H., J.M. Weeks, Bjerregaard, P. 1994. Metals. In: *Handbook of Ecotoxicology*, (Eds. Callow, P.). Vol 2, 9-105. Blackwell Scientific Publications.
- FAO 2006. The FAO Statistical Yearbooks 2005/2006 <http://faostat.fao.org/>
- Gupta, D. K., Tripathi, R. D., Rai, U. N., Mishra, S., Srivastava, S., Dwivedi, S., Maathuis, F. J. M. 2007. Growth and biochemical parameters of *Cicer arietinum* L. grown on amended fly ash. *Environ. Monit. Assess*. 134: 479-487.
- Jeliazkova E.A., Craker, L.E. 2003. Seed germination of some medicinal and aromatic plants in a heavy metal environment. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*. 10: 105-112.
- Karakullukçu, E., Adak, M.S. 2008. Bazı nohut (*Cicer arietinum*) çeşitlerinin tuza toleranslarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 14: 313- 319.
- Knights E.J., Acikgoz N., Warkentin T, Bejiga G, Yadav S.S., Sandu J.S. 2007. Area, production and distribution. In: *Chickpea Breeding and Management* (Yadav, S.S., Redden, R., Chen, W., Sharma, B., Eds.), pp. 167-178. CAB International.
- Meagher, R. B. 2000. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *Current Opinion in Plant Biology*. 3: 153-162.
- Mishra, M., Mishra, P.K., Kumar, U., Prakash, V. 2009. NaCl phytotoxicity induces oxidative Stress and response of antioxidant systems in *Cicer arietinum* L. cv. abrodhi. *Botany Research International* 2/2: 74-82.
- Munns, R., Tester, M. 2008. Mechanism of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 651-681.
- Munzuroğlu, O., Kırbağ Zengin, F. 2005. Effect of cadmium on germination, coleoptile and root growth of barley seeds in the presence of gibberellic acid and kinetin. *Journal of Environmental Biology*. 27: 671-677.
- Ocak, A., Çiçek, A., Zeytinoğlu, H., Mercangöz, A. 2002. Porsuk Çayı suyunun bazı tarım bitkileri üzerindeki ekotoksikolojik etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi*. 45: 9-13.
- Parida, A.K., Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 60: 324-349.
- Peralta, J.R., Gardea-Torresday, J.L., Tiemann, K.J., Gomez, E., Arteaga, S., Rascon, E., Parsons, J.G. 2001. Uptake and effects of five heavy metals on seed germination and plant growth in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 66: 727-734.
- Raskin, I., Ensley, B.D. 2000. *Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment*. John Wiley and Sons, New York.
- Sharma, S., Sharma, P., Datta, S., Gupta, V. 2010. Morphological and biochemical response of *Cicer arietinum* L. var. pusa-256 towards an excess of zinc concentration. *Life Science Journal*. 7: 95- 98.
- Tekin, F., Bozcuk, S. 1998. *Helianthus annuus* L. var. santafe (Ayçiçeği) tohumlarının çimlenmesi ve erken büyüme üzerine tuz ve dışsal putresinin etkileri. *Turkish Journal of Biology*. 22: 331-340.
- Toker C. 2009. A note on the evolution of Kabuli chickpeas as shown by induced mutations in *Cicer reticulatum* Ladizinsky. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 56: 7–12.
- Yücel, E. 2008. Ecotoxicological effects of different concentrations of alkaline metal salts and an acid on the seed germination of *Pinus nigra* ssp. pallasiana. *Pakistan Journal of Botany*. 40: 1331-1340.
- Yücel, E., Hatipoğlu, A., Sözen, E., Güner, Ş.T. 2008a. The effects of the lead (PbCl₂) on mitotic cell division of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* ssp. pallasiana). *Biological Diversity and Conservation (BioDiCon)*. 1/2: 124-129.
- Yücel, E., Duran, A., Türe, C., Böcük, H., Özyaydın, B. 2008b. Effects of different salt (NaCl), nitrate (KNO₃) and acid (HCl and H₂SO₄) concentrations on the germination of some *Hesperis* species seeds. *Biological Diversity and Conservation (BioDiCon)*. 1/2: 91-104.
- Yücel, E., 2000a. Effects of different salt (NaCl), nitrate (KNO₃) and acid (H₂SO₄) concentrations on the germination of *Pinus sylvestris* ssp. hamata seeds, pp. 129-136 In (Ed.) Gözükırmızı, N., *Proceedings of the 2nd Balkan Botanical Congress, Plant of The Balkan Peninsula: Into the Next Millennium Volume II*, Istanbul, Turkey.
- Yücel, E. 2000b. Effects of different Salt (NaCl), nitrate (KNO₃) and acid (H₂SO₄) concentrations on the germination of some *Salvia* species seeds. *Seed Science & Technology*. 28: 853-860.
- Wu, F., Zhang, G. 2003. Phytochelatin and its function in heavy metal tolerance of higher plants. *Ying Yang Sheg Tai Xue Bao*. 14: 632-636.

(Received for publication 26 July 2010; The date of publication 01 December 2010)