

DEĞİŞİK ORANLARDA KALSİYUM KARBONAT KAPSAYAN TOPRAKLARDA ÇİNKOLU GÜBRELEMENİN MISIR GELİŞİMİ VE ANTİOKSİDATİF ENZİM AKTİVİTESİNE ETKİSİ*

Özen MERKEN¹, Mehmet AYDIN¹

ÖZET

Bu çalışmada farklı kireç seviyelerdeki çinko dozlarının mısır bitkisinde besin elementi içerikleri, bazı gelişme parametreleri ve antioksidatif enzim aktiviteleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Kireç uygulaması ile bitki boyu, yaprak sayısı, kuru madde verimi, yaprak süperoksit dismutaz aktivitesi, klorofil ve protein çinko, kalsiyum ve magnezyum içerikleri artmış, buna karşın fosfor, potasyum, demir, çinko ve bakır içerikleri düşmüştür. Çinko uygulaması ile ise bitki boyu, yaprak sayısı, kuru madde verimi, yaprak süperoksit dismutaz aktivitesi, klorofil, protein ve çinko içerikleri artmış, buna karşın fosfor, potasyum, demir ve bakır içerikleri düşmüştür. Ayrıca yukarıda belirtilen parametreler ile Zn dozları arasındaki ilişkiler matematiksel olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, kalsiyum karbonat, çinko, besin elementi, antioksidatif enzim aktivitesi.

Effects of Zinc Fertilization on Yield and Some Quality Parameters of Maize Grown in Different Level Lime Contained Soil

ABSTRACT

In this study, effect of zinc doses on plant nutrient content, some growth parameters and antioxidative parameters in different level CaCO₃ contained soil were investigated. Plant height, leaf number, dry mater, leaf superoxide dismutase enzyme activity, chlorophyll, protein, calcium and magnesium concentrations increased with CaCO₃ application doses while phosphorus, potassium, magnesium, iron, zinv and cupper contents decreased. Plant height, leaf number, dry mater, leaf superoxide dimutase activity, chlorophyll and zinc contents increased with Zn application doses while phosphorus, potassium, iron, and cupper contents decreased. Moreover, relationship between Zn application doses and parameters mentioned above was determined by mathematical functions.

Key Words: Maize, calcium carbonate, zinc, plant nutrient, antioxdative enzyme activity.

* Bu makale Yüksek Lisans Tezinin bir bölümünden özetlenmiştir.

¹ Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, AYDIN.

GİRİŞ

Ülkemiz tarım topraklarının yaklaşık %50'sinde çinko noksanlığı olduğu belirtilmektedir (Eyüoğlu ve ark., 1998; Çakmak ve ark. 1999). Aydın ilinde ise bu oranın çok daha yüksek olduğu değişik araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Akıllıoğlu ve ark., 1993; Eyüoğlu ve ark., 1998; Aydın ve ark., 2005). Çinkonun kireçli topraklarda karbonatlar tarafından adsorbe edilmesi ya da $ZnCO_3$ ve $Zn(OH)_2$ gibi çözünlürlüğü olağanüstü az bileşikler oluşturması sonucu Zn^{+2} toprakta yarayışsız şekle dönüşür. Kireçli topraklarda ZnEDTA'daki Zn^{+2} ile Ca^{+2} yer değiştirmek suretiyle de çinko yarayışsız forma dönüşür. Topraklarda fazla miktarda bulunan bikarbonat ise bitkiler tarafından çinkonun alınmasını ve toprak üstü organlarına taşınmasını olumsuz şekilde etkiler. Ayrıca toprakta bağımsız şekilde bulunan $CaCO_3$ parçacıklarının yüzeyinde adsorbe edilmek suretiyle de Zn yarayışsız şekle geçmektedir (Bergman, 1992).

Mısır, Büyük Menderes Vadisinde ya ana ürün olarak pamuk ile münavebeye girmekte veya pamuk-buğday ekim nöbetinde buğdaydan sonra 2. ürün olarak yetiştirilmektedir. Bu bölge topraklarının ortak özelliği kireç kapsamının ve buna bağlı olarak yarayışlı Ca içeriğinin çok değişken olmasıdır (Eyüoğlu ve ark., 1998; Aydın ve ark., 2005).

Çinko insan ve hayvanlarda olduğu gibi bitkilerde de çok çeşitli ve önemli metabolik işlevlere sahiptir. Çeşitli enzimlerin yapılarında yer alır ve çok sayıda enzimi aktive eder. Karbonhidrat, protein ve oksin metabolizmasında rol oynar. Membran bütünlüğü (membrane integrity) üzerine olduğu gibi çeşitli yönlerden bitki gelişmesi üzerine de olumlu ve önemli etki yapar (Çakmak, 2000; Alscher et al., 2002). Ancak bu fonksiyonlar üzerine diğer besin elementlerinin de önemli etkileri olabilmektedir (Tewari et al., 2004; Adiloğlu, 2003).

Bu çalışma Aydın ilinde yaygın ekim alanına sahip Pioneer 3167 çeşidinde farklı $CaCO_3$ seviyelerindeki Zn uygulamalarının bitki gelişmesi, Zn ve diğer besin elementlerinin alımı, gelişme parametreleri ve bazı antioksidatif enzim aktiviteleri ile olan ilişkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Toprak materyali olarak lokal bir tarlanın üst toprağı kullanılmıştır. Deneme 12 kg'lık plastik saksılarda sera koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan toprağın bazı karakteristik özellikleri; DTPA-extrakte edilebilir Zn içeriğı 0.32 mg Zn kg⁻¹, tekstür tınlı, $CaCO_3$ %1.6, pH (1:2.5 su) 7.97 and organik madde %1.15 şeklindedir. Uygulama konuları ise kireç (%0, 5, 20) ve çinko (0, 0,1, 0,4, 2,0 ve 10.0 mg kg⁻¹) dozlarından oluşmaktadır. Ayrıca her saksıya tohum ekiminden önce 100 mg kg⁻¹ N, 100 mg kg⁻¹ K ve 100 mg kg⁻¹ Ca olacak şekilde amonyum sülfat, triple süper fosfat, potasyum sülfat, ve kalsiyum nitrat verilmiştir.

Deneme tesadüf blokları faktöryel deneme deseninde dört tekrarlamalı olarak düzenlenmiştir. Pioneer-3167 hibrit mısır tohumu ekimi yapılmış ve çıkıştan sona her saksıda üç bitki olacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Saksılar her gün tarla kapasitesine gelecek şekilde sulanmıştır. Çıkıştan sonra 26. günde her saksıdan bir bitki toprak seviyesinden kesilerek besin elementi analizleri yapılmıştır. Diğer bitkiler üzerindeki tepeden itibaren üçüncü yapraklardan örnekler alınarak protein, klorofil ve enzim analizleri yapılmıştır.

Toprak seviyesinden kesilen bitkiler 65 °C'de 48 saat süreyle kurutulmuştur. Daha sonra her bir örnek paslanmaz çelik Wiley değirmeninde öğütülmüş ve cam şişelere konulup etiketlenerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar, 1972). Makro elementlerden toplam K, Ca, Mg ve mikro elementlerden Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin belirlenmesi için örnekler önce nitrik asit : perklorik asit ($HNO_3 : HClO_4$) (4:1) karışımında yakılmış ve 100 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan yaş yakma ekstraktında K, Ca flame fotometrede Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrede okunmuştur (Kacar, 1995). Bitkide fosfor Vanadomolibdofosforik sarı renk metoduna göre yapılmıştır.

Bitkilerden alınan yapraklar üzerinde 1 g'lık parçalar alınmış ve -40 °C'de muhafaza edilmiştir. Enzim ekstraktının hazırlanmasında bütün işlemler (homojenizasyon, ekstraksiyon, santrifüj) 0 - +4 °C'de yapılmıştır. Ayrıca

homojenizasyon işlemi loş ışık ortamında, derin dondurucuda muhafaza edilen porselen kaplarda ve içinde buz bulunan plastik kaplarda yapılmıştır. Bu örneklerde klorofil analizi Lichtenthaler and Wellburn (1983)'e göre yapılmıştır.

Peroksidaz aktivitesinin belirlenmesi için bitki yaprağı (1 g) pH'sı 8,3'e ayarlanmış 3 ml tris-glicine buffer (içinde %17 sakkaroz ve 0,2 g dowex 1 x 8 (200-400 mesh) ile porselen kapta homojenize edilmiştir. Daha sonra 20 dakika bekletilip 13 000 devirde 40 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen ekstrakt enzim aktivitesi ve protein analizi için kullanılmıştır. Spektrofotometrede 465 nm'de yapılan okumalarla okside olan 3,3'-diaminobenzidine tetrahydrochloride (DAB) oluşum oranı belirlenmiştir (Herzog and Fahimi, 1973). Spesifik enzim aktivitesi enzim ünite (EU) biriminde (dakikada her bir mg protein için tükenme) belirlenmiştir.

Katalaz aktivitesinin belirlenmesinde SOD aktivitesi için elde edilen berrak ekstrakt kullanılmıştır. H₂O₂'nin azalmasının miktarı 240 nm spektrofotometrede okunmuştur. Örnek ve blank için iki hücre kullanılmıştır. Spesifik enzim aktivitesi enzim ünite (EU) biriminde (dakikada her bir mg protein için parçalanmış μ M H₂O₂) belirlenmiştir (Bergmayer et al., 1974). Spesifik enzim aktivitesi enzim ünite (EU) biriminde (dakikada her bir mg protein için tükenme) belirlenmiştir. Protein içeriği belirlenmesi için enzim ekstraktı kullanılmıştır (Lowry et al., 1951).

Elde edilen veriler MSTATC paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Farklılıkların önemli bulunması durumunda "LSD %5 Testi" uygulanmıştır. En uygun regresyon denklemleri belirlenmesinde SPSS paket programından yararlanılmıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Besin elementi içerikleri

Kireç ve çinko dozlarının toprak üstü bitki aksamında besin elementi içerikleri üzerine etkileri Çizelge 1'de verilmiştir. Fosfor, potasyum, demir, çinko ve bakır içerikleri bakımından kireç çinko interaksyonu önemli (P<0.05) bulunmuştur. Ayrıca kireç uygulamaları ile kalsiyum ve magnezyum içeriklerindeki artışlar önemli (P<0.05) düzeyde olmuştur.

Çinko dozlarına paralel olarak bitki Zn içerikleri artarken P, K, Fe ve Cu içerikleri azalmış, Ca, Mg ve Mn içeriklerinde ise belirgin bir değişiklik elde edilememiştir. Ancak kireç dozlarına paralel olarak Ca ve Mg içerikleri artmıştır. Çinko uygulamaları sonucu toprak üstü aksamdaki besin elementi konsantrasyonlarındaki azalma sıralaması P>Fe>Cu>K şeklinde olmuştur. Fide devresi mısır bitkisi besin elementleri içerikleri için belirtilen kritik değerler (Jones et al., 1991) dikkate alındığında K, Ca, Mg, Fe, Mn ve Cu içeriklerinin bütün uygulamalarda normal seviyelerde, P içeriklerinin 2 ve 10 mg Zn kg⁻¹ uygulamalarında kritik seviye olan %3'ün altında, diğer dozlarda normal seviyede, çinko içeriklerinin ise 0, 0.1, 0.4 and 2 mg Zn kg⁻¹ uygulamalarında kritik seviye olarak belirtilen 20 mg kg⁻¹'in altında diğer dozlarda ise normal düzeylerde olduğu görülmektedir. Çinko uygulamalarının bitkide makro ve mikro besin elementi konsantrasyonunu azalttığı değişik araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Bonnet et al., 2000; Adiloglu, 2003; Furlani, 2005).

Özellikle kontrol ve düşük Zn dozlarında bitki P içeriğinin daha yüksek konsantrasyonlarda bulunması bitkide fizyolojik olarak Zn gereksinimini daha da arttırmıştır (Bukvic, 2003). Çünkü, bitkide gerçek çinko yeterlilik sınıflandırmasında P:Zn oranı oldukça önemli bir kriterdir ve bu oran 50 ile 200 arası optimal olarak ifade edilmektedir (Rahimi and Bussler, 1975). Bu çalışmada ise P:Zn oranı kontrol, 0.1, 0.4, 2 ve 10 mg Zn kg⁻¹ uygulamaları için sırasıyla 475, 393, 244, 117 ve 29 olarak elde edilmiştir. Yani kontrol, 0.1 ve 0.4, mg Zn kg⁻¹ uygulamalarında P:Zn oranı 200'ün üzerinde olduğundan mevcut Zn içerikleri ayrıca yüksek P içeriğinin baskısı altında kalmıştır. Bu nedenle yüksek P:Zn oranı ve düşük içeriklerinin her ikisinin birden meydana geldiği düşük Zn dozlarında yüksek dozlara (2 mg Zn kg⁻¹ ve üzeri) göre kuru madde verimi ve gelişme parametrelerinde belirgin azalmalar meydana gelmiştir (Çizelge 2).

Gelişme parametreleri

Dikimden sona 26. günde kontrol ve düşük Zn dozlarında çinko noksanlık belirtileri gözlenmiştir. Çinko noksanlığı yapraklarda kloroz oluşumuna, yaprak boyutlarında

küçülmelere, yaprak sayısında azalmaya ve gövdede incelmeye neden olmuştur. Şiddetli noksanlıkta ise yapraklarda solgunluk, kıvrılmalar yoğun klorozlar ve kumalara neden olmuştur. Fide dönemindeki mısır bitkisi için benzer gözlemler başka araştırmacılar tarafından da ifade edilmiştir (Bergmann, 1992; Hacısalihoglu and Kochain, 2003).

Kireç ve çinko dozlarının gelişme parametreleri üzerine olan etkileri Çizelge 2’de verilmiştir. Artan Zn dozlarına paralel olarak bitki boyu, bitkide yaprak sayısı ve kuru madde verimi artarak 2 mg Zn kg⁻¹ uygulamasında daha yüksek dozda ise azalmıştır (P<0.05). Kontrole göre Zn uygulamasıyla bu parametrelerde sağlanan artışlar bitki boyunda %80.7, bitkide yaprak sayısında % 44.9 ve kuru madde veriminde ise % 313.5 olmuştur. Çinko uygulamasından en fazla etkilenen gelişme parametresi kuru madde verimi olurken bunu sırasıyla bitki boyu ve bitkide yaprak sayısı izlemiştir. Ayrıca çinko dozları ile gelişme parametreleri verileri arasındaki ilişkilerin doğrusal olmamaları nedeniyle bunu en iyi ifade edebilecek regresyon denklemleri belirlenmiştir. Buna göre, bitki boyu için $Y = 25.629 + 20.62(1 - e^{-1.551X})$, $R = 0.992^{**}$; bitkide yaprak sayısı için $Y = 4.928 + 2.194(1 - e^{-1.925X})$, $R = 0.999^{**}$; kuru madde verimi için $Y = 3.696 + 11.568(1 - e^{-2.503X})$, $R = 0.999^{**}$ matematiksel ifadeler elde edilmiştir. Çinko uygulamasının gelişme parametreleri üzerine olumlu etkisi konusundaki bildirimlerle uyum içindedir (Özgüven ve Katkat, 2001; Furlani et al, 2005).

Yaprak protein ve klorofil içerikleri ile enzim aktiviteleri

Çinko uygulamaları ile yaprak Zn, klorofil ve protein içerikleri ile antioksidatif enzim aktiviteleri istatistiki düzeyde farklı olmuştur. Yaprak klorofil a, klorofil b ve protein içerikleri Zn dozu ortalama değerleri itibarıyla sırasıyla, 1.84 - 3.36 mg g⁻¹ ; 0.528 - 1.106 mg g⁻¹ ve 8.6 - 21.6 mg ml⁻¹ arasında değişmiştir. Çinko uygulamaları ile klorofil a ve klorofil b ve protein içerikleri önce hızlı, daha sonra yavaş bir şekilde artmıştır. Bunların regresyon denklemleri ise klorofil a için $Y = 1.948 + 1.394(1 - e^{-0.57X})$, $R = 0.98^{**}$ ve klorofil b için $Y = 0.567 + 0.535(1 - e^{-0.517X})$, $R = 0.982^{*}$ protein için ise $Y = 8.699 + 11.005(1 - e^{-2.457X})$, $R = 0.95^{*}$, şeklinde olmuştur. Benzer bulgular

Schuergera et al., (2003) tarafından da rapor edilmiştir. Ayrıca bu bulgular çinko kaynağı ile protein ve klorofil içeriği ilişkisinin nasıl olduğunu iyi bir şekilde yansıtmaktadır. Bergman (1992)’e göre normal koşullarda yetişen bitkilere göre Zn noksan koşullarda yetişen bitkilerde klorofil sayısı ve buna bağlı olarak da klorofil içerikleri çok daha düşük olmaktadır. Ayrıca bu bulgular, çinkonun protein metabolizmasında ve klorofil sentezinde önemli etkinliğinin olduğu savlarını güçlendirmektedir.

Çinko dozları ile antioksidatif enzim aktiviteleri önemli düzeyde değişmiştir. Çinko uygulamalarına paralel olarak super oksit dismutaz aktivitesi artarken peroksidaz aktivitesi azalmıştır. SOD aktivitesi değerleri 38.4 EU ile 67.2 EU arasında ve POX aktivitesi değerleri 9.4 EU ile 16.9 EU arasında değişmiştir. Çinko dozları ile SOD, POX aktivitesi değerleri de daha önceki parametrelerde olduğu gibi üssel ilişkiler vermiştir. Bunlar SOD için $Y = 38.41 + 28.689(1 - e^{-1.933X})$, $R = 0.999^{**}$, POX aktivitesi için ise $Y = 16.938 - 2.972X + 0.221X^2$, $R = 0.999^{**}$ şeklindedir.

Serbest radikallerinin bertaraf edilmesinde SOD ve POX savunma görevi yaparlar. Bu enzimlerin aktiviteleri ise besin elementleri yanı sıra bitki yaşına bağlı olarak değişebilmektedir. Diğer taraftan besin elementi alımı ise radyasyon ve toprak su koşullarına bağlı olarak da değişebilmektedir. Bu nedenle antioksidatif enzim aktivitesi davranışlarını anlayabilmek gerçekten zordur. Bu çalışmada bitki Zn içeriği, kuru madde verimi ve diğer gelişme parametreleri gibi SOD aktivitesi de Zn dozları ile artmıştır. Benzer bulgular başka araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Pandey et al., 2002; Hacısalihoglu et al, 2003; López-Millán et al, 2004).

Kontrol ve düşük Zn dozlarındaki SOD aktiviteleri H₂O₂ ve serbest oksijen radikallerinin zararlı etkilerini bertaraf edebilmeye yeterli gelmeyebilir. Bu çalışmada H₂O₂’e karşı bir savunma enzimi olan POX aktivitesi artan çinko dozları ile ters orantılı olarak azalmıştır. Benzer bulgular Candan and Tarhan (2003) tarafından da rapor edilmiştir. Kontrol ve düşük Zn uygulamalarında Fe ve Cu içeriğinde artışların belirlenmiş olması elde edilen sonucun açıklanabilmesi hakkında bazı ip uçları vermektedir. Çünkü POX, hem enzimi

olarak da bilinmekte ve bunların aktiviteleri yaprak Fe (Machold, 1968) ve Cu (Davies et al., 1978) içeriğindeki artışlara paralel olarak artmaktadır.

SONUÇ

Herhangi bir arazide kök derinliğinde bulunan yarayışlı Zn içeriği çok büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Bu nedenle Zn uygulamalarına bitkinin verdiği karşılığı tahmin edebilmek oldukça güçtür. Bu çalışmanın kontrollü koşullarda yapılmış olması nedeniyle Zn uygulamalarına alınan karşılıklar mevcut teorik bilgilerle uyum içinde olmuştur. Ancak kireç uygulamalarına alınan karşılıklar beklendiği ölçüde olmamıştır. Bunun muhtemel nedeni deneme toprağının stürüktürel özelliklerinin kötü oluşu ve kirecin bunu önemli ölçüde iyileştirmesi nedeniyle bitki gelişme parametrelerinin CaCO_3 uygulamalarına olumlu karşılık vermesi şeklinde olduğu düşünülmektedir. Ancak, her ne kadar kireç dozları ile bitki Zn içeriği ters orantılı olarak bulunmuş olsa bile bunun bitki gelişmesine yansımaları beklendiği ölçüde olmamıştır. Bu nedenle değerlendirmeler kireç-çinko interaksiyonundan daha çok, çinko uygulamasının mısır bitkisinin performansına olan etkisi konusuna yoğunlaşmıştır.

Sonuç olarak temel bitki gelişme parametrelerinden bitki boyu, bitkide yaprak sayısı, kuru madde verimi, bitki Zn, klorofil içerikleri ve SOD aktivitesi ile Zn uygulama dozları arasında üssel fonksiyonlarla (exponential) ile ifade edilebilir bulunmuştur. Diğer bir ifade ile yukarıda bahsedilen parametreler düşük Zn uygulamalarına yüksek düzeyde karşılık vermiş, yaklaşık $1.5 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ 'den sonra ise bu oran giderek azalmış ve yaklaşık 2 mg Zn kg^{-1} uygulamasından sonra ise sabit düzey civarında olmuştur.

KAYNAKLAR

Adiloglu, A. (2003). The effect of zinc (Zn) application on the available iron (Fe) contents of calcareous soils in Thrace region. Archives of Agronomy and Soil Science. 49:283-287.

Akıllıoğlu, A., Dikmelik Ü., Püskülcü G., Özgen N. Aydın Yöresi Zeytinliklerin Beslenme Durumunun Tespiti. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Yayınları, Bornova, (1993).

Alscher, R.G., Erturk, N. and Heat, L.S. (2002). Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. J. of Experimental Botany, Vol. 53, No. 372, pp. 1331-1341.

Aydın M., Demiral M. A., Başal H., Merken Ö., Şeker G. 2005. Aydın Koşullarında Mısır Beslenme Durumu Çinkolu Gübreleme ve Çinko Noksanlığına Dayanıklılık, TÜBİTAK/TOG-TAG 2822.

Bergmann W. (1992). Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer Verlag Jena

Bergmayer, H. U., Gawch K., Grassl M. Enzymes as Biochemical Reagents. In: Methods in Enzyme Analysis. Ed. H.U. Bergmayer, pp 425-522, Acad. Press, New York, (1974).

Bonnet, M., Camaras, O. and Veisseire, P. (2000). Effects of zinc and influence of *Acremonium lolii* on growth parameters, chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activities of ryegrass (*Lolium perenne* L. Cv Apollo). J. of Experimental Botany, Vol. 51, No. 346, pp. 945-953.

Bukvic G, Antunovic M, Popovic S, Rastija M. (2003). Effect of P and Zn fertilisation on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays*). Plant Soil And Environment 49 (11): 505-510.

Cakmak I, Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H.J., Kilinc, Y. and Yilmaz, A. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-Science for Stability Project. Field Crops Research. 60 (1-2): 175-188.

Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist. 146:185-205.

Candan, N. and Tahrani L. 2003. Changes in Chlorophyll-Carotenoid Contents, Antioxidant Enzyme Activities and Lipid Peroxidation Levels in Zn-Stressed *Mentha pulegium*. Turkish J Chemistry. 27: 21- 30.

Davies, K.L., Adams, P. and Winsor, G.W. 1978. Bud development and flowering of *Chrysanthemum morifolium* in relation to some enzyme activities and to the copper, iron and manganese status. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 9:249-264.

Eyüpoğlu, F., Kurucu N., Talaz S. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Bazı Mikroelementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. TGAEM, Ankara, (1998).

Furlani, A. M. C., Furlani, P. R. Meda, A. R. and Duarte, A. P. 2005. Efficiency of maize cultivars for zinc uptake and use. Scientia Agricola. 62: No 3, 1-18.

- Hacisalihoglu G. and Kochian, L. 2003. How do some plants tolerate low levels of soil zinc? Mechanisms of zinc efficiency in crop plants. *New Phytologist*. 159:341-350.
- Herzog, V and Fahimi, H. 1973. A new sensitive colorimetric assay for peroxidase using 3-3'-diaminobenz-idine as hydrogen donor. *Analytical Biochemistry*, 55:554-562.
- Jones, J.B. Jr., Wolf, B. And Mills, H.A. 1991. *Plant Analysis Handbook*. p. 1-213. Micro-Macro Publishing, Inc., USA.
- Kacar, B. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. 1-2. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları. 468. Yardımcı Ders Kitabı 161, (1972).
- Kacar, B. Toprak ve Bitkinin Kimyasal Analizleri III:Toprak Analizleri, A:Ü: Zir. Fak. Yayınları, (1995).
- Litchenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Transac.* 11:591-592.
- López-Millán, A. F., Danielle R. E. and Grusak, M. G. 2004. Effect of zinc and manganese supply on the activities of superoxide dismutase and carbonic anhydrase in *Medicago truncatula* wild type and *raz* mutant plants. *Plant Science* 168 :1015–1022
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr A.L and Randal, R.L. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265-275.
- Machold, O., Meisel, W. and Schnorr, H. 1968. Bestimmung der bindungsformen des eisens in blättern durch Mössbauer-spektrometric. *Naturwissenschaften*. 55:499-500.
- Özgiiven, A., Katkat A.V. Artan Miktarlarda Uygulanan Çinkonun Mısır Bitkisinin Verim ve Çinko Alımı Üzerine Etkisi. *Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg.* 15:85-97, (2001).
- Pandey N, Pathac G.C, Singh A.K, Sharma C.P. 2002. Enzymic changes in response to zinc nutrition. *Journal of Plant Physiology* 159:1151–1153.
- Rahimi, A. and Bussler, W. 1979. Die entwicklung und der Zn-, Fe- und P- Gehalt höherer pflanzen in abhängigkeit vom zinkangebot. *Zeitschrift für pflanzenernahrung und Bodenkunde*. 142:15-27.
- Schurgera C. A., Capelle G.A., Di Benedetto J.A., Mao C., Thai C.N, Evans, M.D. Richards, J.T., Blank, T.A. and Stryjewski, E.C. 2003. Comparison of Two Hyperspectral Imaging and Two Laser-Induced Fluorescence Instruments for the Detection of Zinc Stress and chlorophyll Concentration in Bahia Grass (*Paspalum notatum* Flugge.). *Remote Sensing of Environment*. 84:572-588
- Takar, P.N. and Walker, C. D. 1993. The distribution and correction of zinc deficiency. In: *Zinc and Soils*. Ed: Rabson, A.D. Kluwer Academic pub.
- Tewari, R.K., Kumar, P, Tewari, N., Srivastava, S. and. Sharma, P. N 2004. Macronutrient deficiencies and differential antioxidant responses-influence on the activity and expression of superoxide dismutase in maize. *Plant science*. Vol. 166, 3:687-694.

Çizelge 2. Değişik CaCO₃ dozlarında çinkonun mısır bitkisinde toprak üstü aksam besin elementi, çerikleri üzerine etkisi

Kireç, %	Zn mg kg ⁻¹	P -----%-----	K -----%-----	Ca -----%-----	Mg -----%-----	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn -----mg kg ⁻¹ -----	Zn -----mg kg ⁻¹ -----	Cu -----mg kg ⁻¹ -----
0	0	0.699 a*	7.54 a	1.40	0.71	451 a	61,1	13.1 a	13.1 a
	0.1	0.683 a	7.24 a	1.77	0.69	411 a	59,9	12.0 b	12.0 b
	0.4	0.450 b	6.25 b	1.51	0.80	263 b	44,5	9.9 c	9.9 c
	2	0.210 c	4.90 c	1.55	0.88	202 b	52,3	7.8 d	7.8 d
	10	0.203 c	5.09 c	1.55	0.82	226 b	55,6	7.3 d	7.3 d
5	0	0.561 a	7.27 a	1.83	0.74	507 a	77,7	11.9 a	11.9 a
	0.1	0.523 b	6.51 b	1.18	0.75	221 b	56,6	12.1 a	12.1 a
	0.4	0.339 c	5.62 c	1.18	0.85	182 b	45,4	10.5 b	10.5 b
	2	0.224 d	5.59 c	1.41	0.82	226 b	56,2	7.9 c	7.9 c
	10	0.118 e	4.63 d	2.38	0.84	177 b	50,7	7.1 c	7.1 c
20	0	0.181 bc	5.55 a	2.41	0.82	141 b	46,3	9.2 a	9.2 a
	0.1	0.241 a	5.51 a	1.47	0.79	229 a	50,7	8.7 b	8.7 b
	0.4	0.214 ab	5.40 a	1.49	0.87	202 ab	66,1	8.8 b	8.8 b
	2	0.231 a	5.33 a	1.35	0.75	200 ab	62,0	9.3 a	9.3 a
	10	0.162 c	5.26 a	1.97	0.80	230 a	57,3	9.1 a	9.1 a
0		0.449	6.20	1.55 B	0.78 B	311	54,7	10.0	10
5		0.353	5.92	1.60 B	0.80 A	262	57,3	9.9	9.9
20		0.206	5.41	1.74 A	0.81 A	201	56,5	9.0	9.0
	0	0.480	6.79	1.88	0.76	366	61,7	11.4	11.4
	0.1	0.482	6.42	1.47	0.74	287	55,7	10.9	10.9
	0.4	0.334	5.76	1.39	0.84	216	52,0	9.7	9.7
	2	0.222	5.27	1.44	0.82	210	56,8	8.3	8.4
	10	0.161	4.99	1.97	0.82	211	54,5	7.8	7.8

*Aynı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark 0.05 seviyesinde önemsizdir.

Çizelge 3. Değişik CaCO₃ dozlarında çinkonun mısır bitkisinde bazı toprak üstü aksam parametreleri üzerine etkisi

Kireç, %	Zn mg kg ⁻¹	Kuru madde g bitki ⁻¹	Boy cm	Yaprak sayısı	Klorofil-a mg g ⁻¹	Klorofil-b mg g ⁻¹	Protein mg ml ⁻¹	SOD EU	POX EU
0	0	1.2 c*	20.4 d	4.3 d	2.14 bc	0.514 b	8.8 c	35.0 c	16.5 a
	0.1	2.2 c	25.9 c	4.8 d	1.86 c	0.612 b	11.0 c	41.8 bc	16.0 a
	0.4	8.9 b	29.4 c	6.0 c	1.70 c	0.551 b	13.1 bc	46.6 bc	15.5 a
	2	14.3 a	49.0 b	7.0 b	2.84 ab	0.908 a	17.3 ab	53.8 ab	10.6 b
	10	16.0 a	53.9 a	7.8 a	3.09 a	1.061 a	18.7 a	64.2 a	8.6 c
5	0	2.4 d	24.8 c	5.0 c	1.59 b	0.466 d	9.1 c	36.5 c	20.9 a
	0.1	5.9 c	25.4 c	5.0 c	2.01 b	0.600 cd	9.4 c	39.6 c	20.2 a
	0.4	8.7 bc	37.9 b	6.3 b	3.13 a	0.988 ab	13.5 bc	51.5 bc	19.5 a
	2	11.6 ab	49.1 a	7.3 a	3.22 a	0.721 bc	16.6 b	65.5 ab	14.9 b
	10	13.8 a	41.6 b	7.0 a	3.38 a	1.027 a	23.5 a	71.2 a	11.9 c
20	0	7.5 c	32.5 c	5.5 c	1.78 b	0.603 b	8.0 b	43.7 b	13.3 a
	0.1	12.5 b	38.1 b	6.0 bc	2.54 b	0.826 b	22.4 a	43.7 b	12.9 a
	0.4	15.4 b	36.3 bc	6.0 bc	2.36 b	0.766 b	20.8 a	63.6 a	12.5 a
	2	20.1 a	42.4 a	7.0 a	2.36 b	0.722 b	19.0 a	79.7 a	10.1 b
	10	15.6 b	39.8 ab	6.5 ab	3.62 a	1.099 a	22.4 a	66.3 a	7.5 c
0		8.5	35.7	6.0	2.33	0.729	13.8	48.3	13.4
5		8.5	35.8	6.1	2.67	0.760	14.4	52.8	17.5
20		14.2	37.8	6.2	2.53	0.803	18.5	59.4	11.3
	0	3.7	25.9	4.9	1.84	0.528	8.6	38.4	16.9
	0.1	6.9	29.8	5.3	2.14	0.679	14.3	41.7	16.4
	0.4	11	34.5	6.1	2.40	0.768	15.8	53.9	15.8
	2	15.3	46.8	7.1	2.81	0.784	17.6	66.4	11.9
	10	15.1	45.1	7.1	3.36	1.062	21.6	67.2	9.4

*Aynı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark 0.05 seviyesinde önemsizdir.

Geliş Tarihi: 26.12.2007

Kabul Tarihi:16.06.2008