

## Farklı Özelliklerdeki Topraklarda Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Gelişimi ile Besin Elementi İçeriklerine Çinko Uygulamasının Etkisi

Ibrahim ERDAL<sup>1</sup>

M. Ali TURAN<sup>2</sup>

Süleyman TABAN<sup>3</sup>

Geliş Tarihi: 14.10.2002

**Özet:** Bu çalışma, farklı özellikler taşıyan topraklara farklı dozlarda uygulanan Zn'nin mısır bitkisinin gelişimi ile bitkinin kimi besin elementleri içeriklerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla toprağa 0, 5, 10 ve 20 ppm olacak şekilde Zn (Zn-EDTA) uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, genelde bütün topraklarda artan Zn dozlarına bağlı olarak bitki kuru madde miktarı ile bitkinin Zn içeriği artmış buna karşılık diğer besin elementleri içerikleri azalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** toprak özellikleri, çinko, mısır, besin elementi

### Effect of Zinc Application on Growth and Nutrient Contents of Corn Grown in Soils with Different Characters

**Abstract:** This study was conducted to determine the effect of different levels of zinc on corn plant growth and plant nutrient content. For this, 0, 5, 10 and 20 ppm Zn as Zn-EDTA applied to the soil. According to the result obtained, plant dry matter and Zn content increased but the others decreased generally for all soils.

**Key Words:** soil properties, zinc, maize, nutrient

#### Giriş

Bitkiler tarafından gereksinim duyulan önemli bir mikro besin elementi olan çinkonun bitki metabolizması üzerinde önemli işlevleri bulunmaktadır. Çeşitli enzimlerin yapılarında rol alan veya enzim reaksiyonlarında katalitik işlev gören Zn, karbonhidrat, protein ve oksin metabolizmalarında da yer almaktadır. Çinko, biyolojik membranların fosfolipid ve sülfidril gruplarına bağlanarak dayanıklılığı artırmakta ve membran lipidlerini ve proteinleri oksidatif zararlanmaya karşı korumaktadır. Her ne kadar klorofilin yapısında yer almamasına rağmen, klorofil oluşumunda enerji kaynaklarının etkinliğini artırması nedeniyle bitkilerin klorofil miktarları üzerinde de önemli etkisi vardır (Marschner 1995, Welch ve ark. 1982, Taban ve Alpaslan 1996).

Bitkilerin beslenmesi açısından son derece önemli olan Zn'nin bitkiler tarafından alınabilirliği veya topraktaki yararlılığı bitkisel ve çevresel faktörlerin kontrolü altındadır. Özellikle bazı bitkiler Zn eksikliği koşullarına geliştirmiş oldukları farklı mekanizmalar aracılığı ile direnç gösterebilirlerken, bazı bitkilerin bu koşullara dayanamadığı belirtilmektedir. Çinko alımındaki bu farklılıklar kök salgıları, rizosfer pH'ları ve köklerin VA mikorizaları ile enfeksiyonlarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır (Marschner 1993).

Bitkisel faktörlerin yanında toprak reaksiyonu, toprağın kireç kapsamı, toprak organik maddesi, toprakta bulunan diğer besin elementleri gibi fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri bitkilerin Zn alımı üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Toprak pH'ının Zn yararlılığı üzerine etkisi bir çok araştırma tarafından ortaya konulmuş olup, toprak pH'ı

yüksek olan kireçli topraklarda eksikliği en fazla görülen elementlerin başında Zn'nin geldiği ifade edilmiştir (Moraghan ve Mascagni 1991). Genel olarak Zn yararlılığı açısından kritik pH düzeyinin 5.5-6.5 olduğu belirtilerek toprak pH'ının artmasıyla Zn yararlılığının azaldığı ifade edilmektedir (Kacar ve Katkat 1998).

Dolar ve Keeny (1971) yaptıkları araştırmada pH'ları 5-7 arasındaki toprakların elverişli Zn içeriklerinin 1.2 ppm den 0.4 ppm'e düştüğünü belirlemişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada ise kireçleme yapılarak toprak pH'ının 5.2 den 6.8'e yükseltilmesiyle yer fıstığı bitkisinin yaprak Zn içeriğinin 200 ppm den 20 ppm'e gerilediği ifade edilmiş ve bu durum toprak pH'ındaki artışa bağlı olarak Zn<sup>+2</sup>'nin çözünürlüğünün azalması ve kireçleme materyalindeki CaCO<sub>3</sub> ile Zn<sup>+2</sup>'nin adsorbe edilmesi ile açıklanmıştır. (Parker ve Walker, 1986). Ülkemizde yapılan bir araştırmada Türkiye topraklarının %81.2 sinde pH'ının 7 den yukarı olduğu ve bu pH'daki toprakların % 91.8'inde Zn eksikliği olduğu belirtilmiştir (Eyüboğlu ve ark. 1998).

Toprakta Zn yararlılığını olumsuz yönde etkileyen bir diğer toprak faktörü kireçtir. Kireçli topraklarda Zn'nin karbonatlar tarafından tutulması yada çözünürlüğü düşük bileşiklerin oluşması ile toprakta Zn yararlılığı şekle dönüşmektedir. Bunlara ilaveten Zn-EDTA da ki Zn<sup>+2</sup>'nin Ca<sup>+2</sup> ile yer değiştirerek yararlısız şekle dönüştüğü bildirilmektedir (Trehan ve Sekhon 1977).

Topraktaki organik maddenin miktarına ve özelliklerine bağlı olarak Zn yararlılığı bazen artmakta bazı durumlarda ise azalmaktadır. Organik madde kompleks oluşturarak veya hümik ve fulvik asit fraksiyonları ile Zn tutulumu gerçekleştirerek Zn

<sup>1</sup> Süleyman Demirel Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Isparta

<sup>2</sup> Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Bursa

<sup>3</sup> Ankara Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Ankara

yarayışlılığını etkilemektedir (Tisdale ve ark. 1985). Organik madde içeriğinin çok yüksek olduğu topraklarda Zn çözünebilir formlarda olmasına karşılık, organik maddesi düşük alkalın topraklarda ahır gübresi uygulamasının bitkiye yararışlı Zn miktarını artırdığı belirlenmiştir (Sharma ve Deb 1988). Ülkemizde Zn eksikliği görülen toprakların % 82,5 inde organik madde miktarının %2' den daha az olduğu belirlenmiştir (Eyüboğlu ve ark. 1998).

Yapılan bir çok çalışmada toprak tekstürünün Zn yarayışlılığı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Shuman (1975), yaptığı çalışmada killi toprakların Zn adsorbsiyon kapasitelerinin kumlu topraklara göre daha fazla olduğunu belirtmektedir. David-Carter ve Shuman (1993), kaba tekstürlü topraklarda yetiştirilen bitkilerin ince tekstürlü toprakta yetiştirilen bitkilere göre daha fazla Zn aldığını belirlemiştir, bir diğer çalışmada da kumlu topraklarda bitkilerin daha fazla Zn eksikliği çektiği ifade edilmiştir (Takkar ve Walker 1993). Ayrıca değişik tahıl türleri ile yapılan bir çalışmada, bitkinin P ve K içeriği üzerine, topraktaki kireç düzeyi ile bu besin elementlerinin topraktaki yararışlı miktarlarının diğer toprak özelliklerine göre daha baskın bir etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Erdal 2000).

Toprakta bulunan diğer besin elementlerinin miktarları bitkilerin Zn ile beslenmesini etkileyen bir başka faktördür. Diğer besin elementleri topraktaki Zn'nin yarayışlılığını, bitkilerce alınımını, bitki dokularındaki dağılımını veya kullanımını etkileyerek Zn ile etkileşime girmektedir. Bununla ilgili olarak özellikle toprakta yetersiz düzeyde Zn bulunması durumunda toprakta bulunan N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu ve Mn gibi besin elementlerinin bitkilerin Zn alımı üzerine olumsuz etki gösterdiği fakat toprağa Zn uygulanması durumunda ise artan Zn dozlarına bağlı olarak yukarıda belirtilen besin elementlerinin bitkiler tarafından alınımının farklı şekillerde engellendiği bildirilmektedir (Taban ve Turan 1987, Loneragan ve Micheal 1993).

Yapılan bir çok çalışmada toprağa P uygulaması ile bitki dokularındaki Zn konsantrasyonunun azaldığı belirtilmektedir. Buna karşılık çeşitli bitkilerle yapılan

çalışmalarda Zn uygulamasına bağlı olarak bitki dokularındaki P konsantrasyonunun gerilediği belirlenmiştir (Kacar ve Katkat 1998, Taban ve ark. 1997, Erdal 1998, Hakerlerler ve Höfner 1982). Taban ve Turan (1987), 5-10-15-20 ve 25 ppm Zn uygulamalarına bağlı olarak mısır bitkisinin Mn ve Cu kapsamının 20 ppm Zn dozuna kadar düzenli şekilde azaldığını fakat 25 ppm Zn dozunda ise artış gösterdiğini belirlemiştir. Aynı çalışmada Fe uygulamasının yapılmadığı durumda artan Zn dozlarına bağlı olarak bitkinin N, P, K ve Fe kapsamının düzenli bir azalma gösterdiğini bildirilmektedir.

Bu çalışmada farklı özelliklere sahip 5 toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin gelişimi ve bitkinin bazı besin elementi içerikleri üzerine, değişik toprak özelliklerinin etkisini incelemek amaçlanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Sera koşullarında farklı özellikler taşıyan (Çizelge 1) 5 farklı toprak kullanılarak yürütülen bu çalışmada 1350 gr toprak içeren saksılarda mısır bitkisi yetiştirilmiştir. Araştırmada kullanılan ve 1,2,3,4 ve 5 numaralarla gösterilen toprak örnekleri sırası ile Kalkanlı-Eskişehir, Kırkişla-Konya, Çekirdeksiz-Ankara, Polatlı-Ankara ve Kaynarca-Niğde' den alınmıştır.

Ekimden önce temel gübreleme amacıyla her bir saksıya amonyum nitrat şeklinde 80 ppm N, TSP şeklinde 50 ppm P ve K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> şeklinde 20 ppm K uygulanmıştır. Saksılara Zn, % 14 Zn içeren Zn-EDTA dan çözelti halinde 0, 5, 10 ve 20 ppm Zn olacak şekilde 4 dozda uygulanmıştır.

Saksılara 4 adet mısır bitkisi (*Zea mays* cv. at dişi) ekilmiş ve çimlenmeden sonra bu sayı 2' ye düşürülmüştür. Bitkiler 8 haftalık gelişme döneminden sonra hasat edilerek analizlere hazır hale getirilmiştir. Yaş yakma yöntemiyle yakılan bitkilerde N, Kjeldahl yöntemiyle P, sarı renk yöntemiyle spektrofotometrik olarak, Na ve K ise alev fotometresiyle belirlenmiş olup, (Kacar 1972) Ca, Mg, Fe, Cu, Mn ve Zn ise AAS ile tayin edilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak no	Tekstür sınıfı	pH (0.01M CaCl <sub>2</sub> )	Kireç (%)	Organik madde (%)	Kasyon değişim kapasitesi (me/100g)	Azot (%)	Elverişli fosfor (ppm)
1	Kil	7.38	16.3	1.94	35.88	0.10	12.03
2	Killitin	7.35	35.1	1.89	34.76	0.09	11.06
3	Kil	7.25	17.5	1.46	35.70	0.08	12.08
4	Killitin	7.25	48.2	2.42	34.35	0.12	10.71
5	Siltitin	7.20	19.0	0.82	16.24	0.02	7.73
Toprak no	Değişebilir kationlar (me/100g)			Ekstrakte edilebilir mikro elementler (ppm)			
	K	Na	Ca+Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
1	1.49	0.17	64.22	1.95	0.44	5.30	1.30
2	0.94	0.10	33.72	1.80	0.37	6.10	0.65
3	1.05	0.02	64.63	2.00	0.17	6.10	0.95
4	0.91	0.06	33.38	1.75	0.25	5.45	0.75
5	0.56	0.08	15.60	1.20	0.17	2.85	0.10

(Anonymous 1973). Denemede elde edilen verilerin istatistiksel analizleri ise Costat paket programı ile değerlendirilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

**Bitki kuru ağırlıkları:** Çinko uygulamalarına bağlı olarak mısır bitkisinden elde edilen kuru ağırlık değerleri Çizelge 2 de verilmiştir. Belirtilen Çizelgenin incelenmesinden anlaşılacağı üzere bütün topraklar için en düşük kuru ağırlık miktarı Zn0 koşullarında elde edilmiş fakat Zn uygulamalarına bağlı olarak kuru ağırlık değerleri artış göstermiştir. Elde edilen kuru ağırlık değerleri 1,3 ve 5 numaralı topraklarda 10 ppm Zn dozuna kadar artış gösterirken 2 ve 4 numaralı topraklara da 20 ppm Zn dozuna kadar sürmüştür. Ortalama değerlere göre bitki kuru ağırlıklarının 10 ppm Zn dozunda en yüksek olduğu görülmüştür. Kuru ağırlık değerleri topraklara göre ayrı ayrı incelendiğinde, kontrole göre en fazla artışın (% 177) 2 numaralı toprakta gerçekleştiği görülmüş ve bu toprakta yetişen bitki kuru ağırlık değeri Zn0 koşullarında 7.72 g iken 20 ppm Zn uygulamasıyla 21.36 g'a yükselmiştir. En düşük kuru ağırlık artışı ise 1 numaralı topraklarda yetiştirilen bitkilerde gözlenmiştir.

Bu toprakta Zn0 koşullarında 15.88 g olan kuru ağırlık miktarı en fazla 18.88 g olarak gerçekleşerek % 19 oranında bir artış belirlenmiştir.

Diğer topraklarda yetiştirilen bitkilerde ise Zn uygulamalarına bağlı belirlenen kuru ağırlık artış oranları ise 3 numaralı toprakta %90, 4 numaralı toprakta %64 ve 5 numaralı toprakta %28 olmuştur. Topraklara göre kuru madde miktarlarının değişiklik göstermesi, toprakların fiziksel ve kimyasal olarak farklı özellikler göstermesi nedeniyle Zn ve diğer besin elementlerinin bitki gelişimi üzerinde ayrımlı etkiye sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Bitki çinko içerikleri: Mısır bitkisi Zn içerikleri üzerine Zn uygulamalarının ve toprak özelliklerinin etkisi farklı

olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Çinko uygulamasının yapılmadığı durumda deneme topraklarında yetiştirilen mısır bitkisi Zn içerikleri kritik konsantrasyonun altında bulunurken (< 20 ppm) Zn uygulamaları ile artmış ve yeterli düzeylere ulaşmıştır (Jones ve ark., 1991). Ortalama değerlere göre bitki Zn içerikleri değerlendirildiğinde kontrol koşullarında bitkiler oldukça düşük düzeyde Zn içermelerine karşılık (8ppm), artan dozlara bağlı olarak Zn içerikleri artmış ve 5, 10 ve 20 ppm Zn uygulamalarında sırası ile 27, 37 ve 59 ppm lik konsantrasyonlar elde edilmiştir. Topraklara göre bitki Zn konsantrasyonları değerlendirildiğinde 1 ve 5 no' lu topraklarda yetişen bitkilerin Zn içerikleri daha yüksek bulunarak istatistiksel olarak aynı grupta yer almış (37 ve 35 ppm Zn) 2, 3 ve 4 numaralı topraklarda yetişen bitkilerin Zn içerikleri (32, 29 ve 29 ppm Zn) ise daha düşük bulunarak ayrı bir istatistiksel grupta değerlendirilmiştir. Topraklardaki yarayışlı Zn içeriklerine göre bütün toprakların yetersiz düzeyde Zn içermelerine rağmen diğerlerine göre daha fazla yarayışlı Zn içeren 1 ve 2 no. lu topraklarda yetiştirilen bitkilerin diğer topraklarda yetişen bitkilere göre -Zn koşullarında daha fazla Zn içermesi beklenmektedir. Bu fark üzerine hangi faktör yada faktörlerin etkili olduğunu açıklamanın oldukça güç olmasına rağmen bitkiye yarayışlı mikro element tayininde kullanılmış olan DTPA ekstraksiyon yönteminin kullanılan bütün topraklar için uygun olup olmadığı şüphesini akla getirmektedir.

**Bitki N, P ve K içerikleri:** Toprağa artan dozlarda Zn uygulamasının ve toprak farklılığının bitkinin N, P ve K içeriği üzerine etkileri farklı olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel anlamda da önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Belirtilen Çizelge'nin incelenmesinden görüleceği üzere bitkilerin N içerikleri en yüksek Zn0 koşullarında belirlenirken, artan Zn dozlarıyla giderek azalmış ve 20 ppm Zn dozunda en düşük değere ulaşmıştır. Bir diğer deyişle Zn, bitkilerin N beslenmesini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu durumu, artan Zn dozlarına bağlı olarak  $NH_4^+$  ile  $Zn^{+2}$  arasında  $Zn^{+2}$  lehine bir rekabetin oluşması ve sonuçta bitkilerin  $NH_4^+$  alımının engellenmiş olması ile

Çizelge 2. Çinko uygulamalarının bitki kuru ağırlığı üzerine etkisi

Toprak no	Çinko uygulamaları (ppm)				Ortalama
	0	5	10	20	
	Bitki kuru ağırlıkları (g)				
1	15.88	18.25	18.88	17.35	17.59 b
2	7.72	20.02	21.28	21.36	19.60 a
3	12.19	22.05	23.11	22.07	19.86 a
4	12.29	18.96	19.27	20.18	17.68 b
5	12.04	14.13	15.47	14.84	14.12 c
Ortalama	12.02 b	18.66 a	19.60 a	19.16 a	

a, b, c: Aynı sütun ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi, %5).

Çizelge 3. Çinko uygulamalarının bitki Zn içeriği üzerine etkisi

Toprak no	Çinko uygulamaları (ppm)				Ortalama
	0	5	10	20	
	Bitki çinko konsantrasyonları (ppm)				
1	7	27	42	72	37 a
2	7	25	34	60	32 bc
3	11	25	33	48	29 c
4	7	25	33	56	29 c
5	8	32	41	57	35 ab
Ortalama	8 d	27 c	37 b	59 a	

a, b, c, d: Aynı sütun ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi, %5).



ilişkilendirmek olasıdır (Chaudhry ve Loneragan 1972). Bitki Zn içerikleri ile ilgili değerlerin incelenmesi ile görüleceği üzere Zn uygulamaları ile bitkilerin Zn içerikleri artmış buna karşılık artan Zn içerikleriyle bitki N içerikleri azalmıştır. Ortalama değerlerden hareketle bitkinin N içeriği Zn0 koşullarında % 0.96 iken 5, 10 ve 20 ppm Zn uygulamasında sırası ile %0.76, %0.63 ve % 0.54 değerlerine ulaşmıştır. Bitki N içeriğine Zn'nin 10 ve 20 ppm dozları benzer etkileri göstermiştir. Toprak özelliklerine göre ise, 1,2 ve 5 numaralı topraklar aynı istatistiksel grupta yer alırken 3 ve 4 numaralı topraklar diğer grupta yer almışlardır. Aynı gruplardaki toprakların bitki N içeriğine etkileri benzer bulunmuştur.

Bitki P içerikleri üzerine Zn uygulamaları farklı etkiler göstermiştir. Bazı topraklarda (2,3 ve 4 no) bitkilerin P içerikleri artan Zn dozlarına bağlı olarak azalırken, 1 ve 5 no lu topraklarda az da olsa artış gözlenmiştir. Ortalama değerler incelenecek olursa, en yüksek bitki P içeriği Zn0 koşullarında elde edilmiş (1910 ppm) olup, Zn uygulamaları ile azalmıştır. Çinko uygulamaları, bitkinin P içeriğine benzer etki göstermiş olup istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Bitki P içeriğinde olduğu gibi Zn uygulamalarının ve farklı toprakların bitki K içeriğine etkileri farklı olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genel olarak bütün topraklarda Zn dozlarına bağlı olarak bitki K içerikleri azalma eğilimi göstermiş fakat 1 numaralı toprakta 20 ppm Zn dozunda bitki K içeriği en yüksek bulunmuştur.

Ortalama değerlerden hareketle bitki K içeriklerindeki farklılıklar incelendiğinde, en yüksek K içeriği Zn0

koşullarında elde edilmiş (%3.14), buna karşılık Zn uygulanmasıyla belirli bir gerileme gözlenmiştir. Uygulanan Zn dozlarının bitki K içeriğine etkisi istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Zn uygulamaları ile bitki K içeriğinin azalmasını her iki katyon arasındaki rekabetle ilişkilendirmek mümkündür.

**Bitki Ca, Mg ve Na içerikleri:** Farklı topraklara uygulanan Zn'nin mısır bitkisinin Ca, Mg ve Na içeriklerine etkisi Çizelge 5'de verilmiştir. Anılan Çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi değişik özelliklerdeki topraklara Zn uygulamasının ve toprak özelliklerinin bitkinin Ca ve Mg içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmakla beraber bu faktörlerin bitkinin Na içeriğine etkileri önemli olmamıştır. Bitkinin Ca içeriği hem bireysel topraklara göre hem de ortalama değerlere göre Zn uygulamaları ile azalma eğilimi içinde olmuştur. Ortalama değerlere göre Zn0 koşullarında % 0.40 olan bitkinin Ca içeriği 5, 10 ve 20 ppm Zn uygulamalarında sırası ile % 0.41, %0.36 ve % 0.33 olarak gerçekleşmiş ve yine kontrole oranla sırası ile %11, %22 ve %28 oranlarında gerileme kaydedilmiştir. Bitkinin Mg içeriğinde de benzer eğilimler gözlenmiş olup toprak özelliklerine göre bazı farklılıklar olmakla birlikte bütün topraklar için artan Zn dozlarına bağlı olarak bitkinin Mg içeriği giderek azalmıştır. Artan Zn dozlarına bağlı olarak bitkinin Mg içeriğindeki değişimler incelenecek olursa, en yüksek Mg değeri Zn0 koşullarında elde edilmiş ve %0.21 olan değer, artan dozlarla %0.16, %0.15 ve %0.14 olarak gerçekleşmiş ve böylelikle bitkinin Mg içeriklerinde % 24, %29 ve % 33 oranlarında azalmalar belirlenmiştir. Bitkinin Na içeriği üzerine uygulamaların etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmamasına karşılık bütün topraklar için en yüksek bitki Na içeriği Zn0 koşullarında

Çizelge 4. Çinko uygulamalarının bitkinin N, P ve K içeriği üzerine etkisi

Toprak lab. no	Çinko uygulamaları (ppm)														
	0	5	10	20	Ort.	0	5	10	20	Ort.	0	5	10	20	Ort.
Bitki N içeriği (%)					Bitki P içeriği (ppm)					Bitki K içeriği (%)					
1	1.02	0.84	0.66	0.58	0.78a	1101	802	1316	1315	1134c	2.48	1.73	1.79	3.03	2.26b
2	1.06	0.87	0.72	0.49	0.78a	3370	1189	1332	1296	1797a	3.67	2.12	1.98	2.10	2.47ab
3	0.77	0.68	0.55	0.50	0.63b	2407	1039	1430	1195	1518b	3.37	2.95	3.00	2.40	2.93a
4	0.91	0.57	0.53	0.50	0.63b	1884	1277	1146	1246	1388bc	3.10	2.57	2.08	2.18	2.48ab
5	1.06	0.83	0.71	0.65	0.81a	1188	1182	1418	1277	1266bc	3.09	3.08	2.85	2.47	2.87a
Ort.	0.96a	0.75b	0.63c	0.54c		1910a	1098b	1328b	1260.b		3.14a	2.49 b	2.34b	2.44b	

a, b, c, d: Aynı sütun ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi, %5).

Çizelge 5. Çinko uygulamalarının bitkinin Ca, Mg ve Na içeriği üzerine etkisi

Toprak lab. no	Çinko uygulamaları (ppm)														
	0	5	10	20	Ort.	0	5	10	20	Ort.	0	5	10	20	Ort.
Bitki Ca içeriği (%)					Bitki Mg içeriği (ppm)					Bitki Na içeriği (ppm)					
1	0.49	0.48	0.42	0.40	0.45a	0.21	0.19	0.18	0.16	0.19ab	74	58	67	54	63a
2	0.56	0.43	0.37	0.37	0.43a	0.27	0.19	0.17	0.16	0.20a	65	61	67	59	63a
3	0.36	0.33	0.32	0.25	0.32c	0.19	0.12	0.12	0.11	0.14c	69	69	60	53	63a
4	0.48	0.40	0.33	0.30	0.38b	0.23	0.17	0.15	0.14	0.17b	62	72	61	58	63a
5	0.43	0.39	0.37	0.32	0.38b	0.16	0.14	0.13	0.13	0.14c	63	68	50	47	57a
Ort.	0.46a	0.41b	0.36 bc	0.33c		0.21a	0.16b	0.15bc	0.14c		67a	66a	61a	54a	

a, b, c: Aynı sütun ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi, %5).

belirlenirken en düşük değer, Zn'nin en yüksek dozu olan 20 ppm Zn uygulamasında elde edilmiştir. Çinko uygulamasının yapılmadığı koşullarda 67 ppm olan bitkilerin ortalama Na içeriği 20 ppm Zn uygulaması ile 54 ppm'e gerileyerek % 19 oranında bir azalma kaydedilmiştir.

Zn uygulamasına bağlı olarak mısır bitkisinin Ca, Mg ve Na içeriklerinde belirlenen bu gerilemelere çinko ile bu katyonlar arasındaki olumsuz etkileşimin neden olduğu düşünülmektedir (Giordano ve ark. 1974, Taban ve Turan 1987, Loneragan ve Michel 1993).

**Bitki Fe, Cu ve Mn içerikleri:** Çinko uygulamalarına bağlı olarak mısır bitkisinin ortalama Fe, Cu ve Mn içeriklerindeki incelendiğinde belirtilen besin elementlerinin miktarı artan Zn dozlarıyla düzenli bir şekilde gerilemiş ve bu gerileme hem ortalama değerler hem de farklı topraklar bazında açık bir şekilde görülmüştür (Çizelge 6). Çinko uygulanmamış koşullarda farklı topraklarda yetiştirilen bitkinin Fe içeriği 65.0- 88.9 ppm arasında değişirken ve ortalama olarak 74.6 ppm Fe değeri elde edilirken, en yüksek Zn uygulamasında (20 ppm) en düşük değerler elde edilmiş ve bu değerler 28.4 -52.9 ppm arasında gerçekleşirken ortalama değer 43.8 ppm olmuştur. Çinko uygulamaları ile farklı topraklarda yetiştirilen bitkilerin Fe içeriklerinde en az gerileme % 19 ile 1 no. lu toprakta, en fazla gerileme ise %60 ile 2 numaralı toprakta gerçekleşmiştir.

Belirlenen bu gerileme değerlerinin 1 numaralı toprakta daha az olması, bu topraktaki Zn ve Cu içeriğinin diğer topraklara göre daha fazla olması ile ilişkilendirmek mümkün olabilmektedir. Böylelikle bitkinin Fe içeriği ortamda diğer topraklara oranla daha fazla bulunan Zn ve Cu tarafından her Zn dozunda birbirine yakın etki göstermesine neden olmuş olabilir. Diğer toprakta ise kireç içeriğinin oldukça fazla olması ZnO koşullarında bitkinin daha az Zn almasına neden olmuştur. Bu durumda hem kuru madde miktarı azalmış ve seyrâlenin etkisi oluşmuş hem de Zn-Fe etkileşimi gerçekleşmemiştir. Çinko

uygulamaları ile bitkinin Zn alımı hızla artış göstermiş ve sonuçta artan Zn alımı ile bitkinin Fe içeriği azalmıştır diye düşünülebilir.

Bitkinin Zn uygulamalarına bağlı Cu içerikleri oldukça farklılık göstermekte olup -Zn koşullarında 8.9 ppm olan ortalama Cu değeri, 5, 10 ve 20 ppm Zn uygulamaları ile sırası ile 6.6, 5.8 ve 4.8 olarak gerçekleşmiştir. Toprak çeşitlerine göre bitki Cu içerikleri farklılık göstermiş olup - Zn koşullarındaki değerler 6.4 ppm ile 11.4 ppm arasında değişmiştir. Çinko uygulamasının yapılmadığı koşullarda bitkilerin Cu içerikleri bitkilerin yetiştirildiği toprakların Cu içerikleriyle ilişkili gibi gözükmemektedir. 2 ve 4 numaralı topraklarda yetiştirilen bitkilerin Cu içerikleri, topraktaki yarayışlı Cu miktarından daha çok toprakların kireç içerikleri ve buna bağlı olarak bitkilerin Zn beslenmesinden daha fazla etkilenmiş gibidir. Bu durumda da Zn ile Cu arasındaki etkileşimden bahsetmek mümkündür.

Bitki Mn içerikleri, Fe ve Cu da olduğu gibi Zn uygulamalarından olumsuz etkilenecek artan Zn dozlarına bağlı bir şekilde azalma eğilimi göstermiştir. En yüksek Mn içeriği kontrol (Zn0 ) uygulamasından (81.2 ppm) elde edilirken, 5 ppm Zn dozunda 52.7 ppm, 10 ve 20 ppm Zn dozlarında ise 44.3 ve 37.6 ppm Mn değerleri elde edilmiştir. Ortalama değerlere göre Zn uygulamalarına bağlı bitki Mn içerikleri artan Zn dozları ile sırasıyla %35, %45 ve %54 oranlarında gerilemiştir. Toprak özelliklerine bağlı olarak bitkilerin Mn içerikleri farklılık göstermiş olup Zn uygulamalarından da değişik şekilde etkilenmişlerdir. Bitki Mn içeriklerinde topraklara bağlı olarak gerçekleşen en az değişim 5 numaralı toprakta yetiştirilen bitkilerde görülmüş olup, bu durum üzerine bitkiye yarayışlı Mn içeriğinin en düşük olmasının etkisi açıkça görülmektedir.

Farklı topraklar üzerinde yetiştirilen bitkilerin Fe, Cu ve Mn miktarı üzerine bitki ve topraktaki Zn miktarının etkisi olmuş ve bu etkiler istatistiksel anlamda da önemli bulunmuştur. Bu durum üzerine Zn ile Fe, Cu ve Mn arasındaki rekabetin rol oynadığı düşünülmektedir (Marschner 1995, Loneragan ve Micheal 1993)

Çizelge 6. Çinko uygulamalarının bitkinin Fe, Cu ve Mn içeriği üzerine etkisi

Top. lab. no	Çinko uygulamaları (ppm)																			
	0					5					10					20				
	Ort.	0	5	10	20	Ort.	0	5	10	20	Ort.	0	5	10	20	Ort.				
	Bitki Fe içeriği (ppm)					Bitki Cu içeriği (ppm)					Bitki Mn içeriği (ppm)									
1	65.0	58.3	55.4	52.9	57.9bc	8.3	6.3	5.7	5.3	6.4ab	97.0	69.6	57.3	52.4	69.1a					
2	71.7	57.2	60.0	28.4	54.3c	11.4	7.0	5.7	4.7	7.2a	97.2	52.4	45.4	41.4	59.1b					
3	74.1	57.8	48.9	41.1	55.5bc	9.6	7.3	6.6	4.4	7.28a	76.7	47.1	43.4	34.1	50.3c					
4	88.9	72.2	56.1	51.7	67.2a	8.9	6.2	5.8	4.8	6.4ab	85.0	47.4	32.1	26.2	47.7c					
5	73.4	63.9	60.6	44.8	60.6ab	6.4	6.0	5.2	4.8	5.6b	52.4	47.1	43.4	34.1	44.2c					
Ort.	74.6a	61.9b	56.2b	43.8c		8.9 a	6.6 b	5.8c	4.8d		81.2a	52.7b	44.3c	37.6c						

a, b, c, d: Aynı sütun ve satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi, %5)

Çizelge 7. Çinko uygulamalarının araştırma parametrelerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	S.D	F değerleri												
		KM	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Cu	Mn		
Zn uygulamaları	3	201***	111***	60***	13***	39***	59***	4*	126***	468***	102***	168***		
Toprak özellikleri	4	53***	20***	20***	6***	26***	49***	Öd	17***	11***	12***	36***		
Zn uygXTop Özel. Int	12	18***	2.9***	17***	4***	Öd	4***	öd	6***	5***	6***	6***		

\*\*\*, P < 0.001, \*, P < 0.01, öd: önemli değil

Çizelge 7 den görüleceği üzere toprak özellikleri ve Zn uygulamalarının belirlenen parametrelere etkileri farklı önemlilik düzeylerinde etkili olmuştur. Toprak özelliklerinin hangisinin daha fazla etki gösterdiğini belirlemek oldukça güç olmakla beraber toprak kireç içeriği ile yarayışlı besin elementi miktarlarının diğerlerine oranla daha baskın olduğunu söylemek mümkündür.

#### Kaynaklar

- Anonymous, 1973. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin Elmer Catalogue, Newwalk, Connecticut, USA.
- Chaudhry F. M. and L. F. Loneragan, 1972. Zinc absorption by wheat seedlings: I. Inhibition by macronutrient ions in short term experiments and its relevance to long-term zinc nutrition. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 36, 323-327.
- Dolar, S. G. and D. R. Keeny, 1971. Availability of Cu, Zn and Mn in soils. I. Influence of soil pH organic matter and extractable phosphorus. J. Sci. Fd. Agric., 22, 273-282.
- Erdal, İ. 1998. Orta Anadolu Bölgesinde Farklı Çinko Uygulamalarının Tahıl Türleri ve Buğday Çeşitlerinde Tanede Çinko ve Fitin Asidi Konsantrasyonuna Etkisi. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Erdal, İ. 2000. Farklı tahıl türlerinde tane fitin asidi konsantrasyonu ve fitin asidi/çinko oranları üzerine bazı toprak özelliklerinin etkisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 6 (1) 1-6.
- Eyüpoğlu, F., N. Kurucu ve S. Talaz, 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Bazı Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Dawid-Carter, J. G. and L. M. Shuman, 1993. Influence of texture and pH of kaolinitic soils on Zn fractions and uptake by peanuts. Soil Sci., 55 (6) 376-384.
- Giordano, M., J. C. Noggle and J. J. Morvedt, 1974. Zinc uptake by rice, as affected by metabolic inhibitors and competing cations. Plant Soil, 41, 637-646.
- Hakerlerler, H und W. Höfner, 1982. Kurzmittelung Wechselwirkunden von Fe, Zn und Mn bei Mais im Gefaesswersuch. Zeitschrift Für Pflanzenernaehrung und Bodenkunde, 145, 88-90.
- Jones, J. B., B. Wolf and H. A. Mills, 1991. Plant Analysis Handbook. P. 1-223. Micro-Macro Publishing, Inc., USA. 1991.
- Kacar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Kılavuzu: 155. Ankara Üniv. Basımevi, Ankara.
- Kacar, B. ve A. V. Katkat, 1998. Bitki Besleme, Uludağ Üniv. Güçlendirme Vakfı. Yayın No: 127, Vıpaş Yayınları.
- Loneragan, J. and J. W. Micheal, 1993. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. Proceedings of the International Symposium on 'Zinc in Soils and Plants, 27-28 September.
- Marschner, H. 1993. Zinc Uptake from the Soils. Zinc in Soils and Plants. (A.D. Robson, ed.) pp. 59-77. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> Edition. Academic Press Inc. San Diego, CA 92101, 889 pages.
- Moraghan, J. T. and H. J. Mascagni, 1991. Environmental and Soil Factors Affecting Micronutrient Deficiencies and Toxicities. In 'Micronutrients in Agriculture ( J. J. Morvedt, F. R. Cox, L. M. Shuman and R. M. Welch, Eds) pp. 371-425 SSSA Book Series No. 4, Madison, WI.
- Parker, M. B. and M. E. Walker, 1986. Soil pH and manganese effects on manganese nutrition of peanut. Agron. J., 78, 614-620.
- Sharma, K. N. and D. L. Deb, 1988. Effect of organic manuring on zinc diffusion in soils of varying texture. J. Indian Soc. Sci. Soil Sci., 36, 219-224.
- Shuman, L. M. 1975. Effects of soil properties on zinc adsorption by soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 39, 454-458.
- Taban, S. ve M. Alpaslan, 1996. Mısır bitkisinin çinko, demir, bakır, mangan ve klorofil kapsamı üzerine çinko gübrelemesinin etkisi. Pamukkale Üniv Mühendislik Fak. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2, 69-73.
- Taban, S. ve C. Turan, 1987. Değişik miktarlardaki demir ve çinkonun mısır bitkisinin gelişmesi ve mineral madde kapsamı üzerine etkileri. Doğa Tur. Tar. ve Ormanlık Dergisi 11 (2) 448-456.
- Taban, S., M. Alpaslan, A. Güneş, M. Aktaş, İ. Erdal, H. Eyüboğlu ve İ. Baran, 1997. Değişik şekillerde uygulanan çinkonun buğday bitkisinde verim ve çinkonun biyolojik yarayışlılığı üzerine etkisi. 1. Ulusal Çinko Kongresi. Ekişehir.
- Takkar, P. N. and D. Walker, 1993. Zinc in soils and plants. Proceedings of the International Symposium on 'Zinc in Soils and Plants, 27-28 September. p. 151-165.
- Tisdale, S. L., W. N. Nelson and J. D. Beaton, 1985. Soil Fertility and Fertiliser. (Fourth Ed.) pp. 430. Mc Millan Publishing Company, New York.
- Trehan, S. P. and G. S. Sekhon, 1977. Effects of clay , organic matter and CaCO<sub>3</sub> content of zinc adsorption by soils. Plant Soil, 46, 329-336.
- Welch, R. M., M. J. Webb and J. F. Loneragan, 1982. Zinc in Membrane Function and Its Role in Phosphore Toxicity. In " Proceedings of the Ninth Plant Nutrition Colloquim, Warwick, England' (A. Scaife, Ed.) pp.701-715. Commonwealth Agriculturel Breau, Farnham Royal, Bucks.

İletişim adresi:  
Süleyman TABAN  
Ankara Üniv. Ziraat Fükültesi Toprak Bölümü-Ankara  
Tel: 0 312 317 05 50/1683  
Fax: 0 312 317 84 65  
E-Mail: taban@agri.ankara.edu.tr