

# MISIR BİTKİSİNİN ÇİNKO, DEMİR, BAKIR, MANGAN VE KLOOROFİL KAPSAMI ÜZERİNE ÇİNKO GÜBRELEMESİNİN ETKİSİ

**Süleyman TABAN, Mehmet ALPASLAN**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara

## ÖZET

Araştırma, bitkiye yarayışlı çinkoca yoksul ( $0.2 \mu\text{g Zn/g}$ ) olan toprakta mısır (Hybrit G-5050 ) bitkisi yetiştirilerek sera denemesi şeklinde yürütülmüştür. Denemede toprağa çinko 0, 2.5, 5.0 ve  $10.0 \mu\text{g Zn/g}$  düzeylerinde ve  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  şeklinde çözelti halinde uygulanmıştır. Mısır bitkisinin kuru madde miktarı artan miktarlarda uygulanan çinko ile artmıştır. Deneme bitkisinin kuru madde miktarı  $\text{Zn}_0$  uygulamasında  $8.94 \text{ g/saksı}$  iken, çinkolu gübrelemenin etkisiyle  $\text{Zn}_1$  uygulamasında %52.6'lık bir artışla  $13.64 \text{ g/saksı}$ ,  $\text{Zn}_2$  uygulamasında % 67.3'lük artışla  $14.96 \text{ g/saksı}$  ve  $\text{Zn}_3$  uygulamasında ise % 58.9'luk artışla  $14.21 \text{ g/saksı}$  ya ulaşmıştır. Çinko verilmeyen saksılarda yetiştirilen mısır bitkisinde çinko noksanlık belirtileri görülmüş ve bitkinin çinko kapsamı, artan çinkolu gübreleme ile belirgin bir biçimde artmıştır. Bu artışlar kontrole göre sırasıyla % 275, 356 ve 638 düzeylerinde gerçekleşmiştir. Mısır bitkisinin demir, bakır ve mangan kapsamları bitkiye verilen çinkoya bağlı olarak azalırken klorofil kapsamı artmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mısır, Çinko, Demir, Bakır, Mangan, Klorofil

## THE EFFECTS OF ZINC FERTILIZATION ON ZINC, IRON, COPPER, MANGANESE AND CHLOROPHYLL CONTENTS OF MAIZE

### ABSTRACT

Maize plants (Hybrit G-5050) were grown in soil containing available zinc content  $0.2 \mu\text{g Zn/g}$ . Zinc were applied in the amounts of 0, 2.5, 5.0 and  $10.0 \mu\text{g Zn/g}$  levels as  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , under greenhouse conditions. Dry weight of maize increased by the application of increasing amounts of zinc. Maize plant's dry weight increased from  $8.94 \text{ g/pot}$  at the  $\text{Zn}_0$  level to  $13.64 \text{ g/pot}$  at the  $\text{Zn}_1$  level, to  $14.96 \text{ g/pot}$  at the  $\text{Zn}_2$  level and to  $14.21 \text{ g/pot}$  at the  $\text{Zn}_3$  level showing a 52.6 %, 67.3 %, 58.9 % respectively. Zinc deficiency symptoms were appeared at the maize plants growing in the control pots. The zinc contents of experimental plant increased by the application of increasing amounts of zinc. As compared to the control, zinc contents increased in 275 %, 356 %, and 638 % of the experimental soils by the application of zinc, respectively. The iron, copper and manganese contents of maize plant decreased whereas the chlorophyll contents increased in accordance with the increased amount of zinc applications.

**Key Words:** Maize, Zinc, Iron, Copper, Manganese, Chlorophyll

### 1. GİRİŞ

Çinko, noksanlığı yaygın olarak görülen mikroelementlerden birisi olup bitkisel üretimdeki

önemi ve kullanımı giderek artmaktadır. Çinko noksanlığında, ribonükleik asit (RNA) düzeyleri ile hücrenin ribozom içeriğinde belirgin bir azalma olmakta ve RNA sentezindeki bu azalma ise protein

oluşumunu engellemekte, glikoz ile serbest amino asit ve DNA düzeylerinin artmasına yol açmaktadır (Price ve ark., 1972). Ayrıca, çinko noksanlığında, bitkinin IAA (indol-3-asetik asit) ve ABA (absisik asit) kapsamları (Çakmak ve ark., 1989) ve triptofan kapsamları (Tsui, 1948) azalmaktadır. Bu durum doğal olarak bitkinin normal gelişimini engellemekte ve bitkisel üretimde önemli oranda ürün kaybına neden olmaktadır.

Bitkilerin çinko noksanlığına duyarlılıkları, bitki çeşidine hatta, aynı bitkinin varyetelerine bağlı olarak ayrımlılık göstermektedir. Şerbetçi otu, keten ve fasulye bitkilerinin yanısıra mısır bitkisi de çinko noksanlığına duyarlı olan bitkilerden birisidir (Viets ve ark., 1954). Boehle ve Lindsay (1969), mısır bitkisinde çinko konsantrasyonu 10 µg/g'ın altında ise bitkide çinko noksanlığı görüldüğünü ve bu bitki için yeterli çinko düzeyinin ise 21-70 µg Zn/g olduğunu saptamışlardır.

Bitkiler tarafından çinkonun alınmasında ve çinkolu gübrelemeden maksimum yararın sağlanmasında, toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra toprağın fosfor, demir, bakır ve mangan kapsamları da etkili olmaktadır. Çinko ile birlikte demir, bakır ve mangan bitki kökleri tarafından alınmada birbirleriyle yarış içerisinde olmaları nedeniyle birbirlerinin alınmalarını engellemektedirler (Hewitt, 1963; Giordano ve ark., 1974, Bowen, 1969).

Günümüzde azotlu, fosforlu ve potasyumlu gübreleme yanında başta çinkolu olmak üzere mikroelement gübrelemesi giderek yaygınlaşmakta ve bu konuda yapılan çalışmalar artmaktadır.

Hakerler ve Höfner (1982) mısır bitkisinde, Zn, Fe ve Mn in karşılıklı etkilerini araştırmak amacıyla yaptıkları araştırmada, farklı düzeylerdeki çinkonun deneme bitkisinin Zn alımını artırdığını, Fe ve Mn alımını ise azalttığını, ürün üzerine etkisinin ise önemli olmadığını saptamışlardır.

Aksoy (1977), mısır bitkisiyle yaptığı sera denemesinde artan miktarlarda verilen çinkonun deneme bitkisinin kuru madde miktarı üzerine etkili olmadığını, buna karşın demir ve bakır kapsamlarını azalttığını belirlemiştir.

Taban ve Turan (1987) yaptıkları sera denemesinde artan miktarlarda verilen çinkonun mısır bitkisinin kuru madde miktarı ile çinko kapsamını artırdığını, demir, bakır ve mangan kapsamlarını ise azalttığını

belirlemiştir. Çinko ile bitkilerin klorofil kapsamı arasında bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Safaya, (1976) çinkonun, klorofilin bozulmasını engelleyici yönde bir etkisinin olduğunu bildirmiştir. Bu araştırmada, çinkoca yoksul bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin gelişmesi ile çinko, demir, bakır, mangan ve klorofil kapsamları üzerine çinkolu gübrelemenin etkisi araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Araştırmada Orta Anadolu Bölgesinde geniş bir dağılım gösteren kahverengi büyük toprak grubundan alınan ve çinkoca yoksul olan toprak örneği kullanılmıştır. Kargalı köyünden (Polatlı-Ankara) verimlilik ilkesine göre ve mikroelement bulaşmasına yol açmayacak şekilde alınan toprak örneğine ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1'de toplu olarak sunulmuştur.

Kil tekstüre sahip ve hafif alkali tepkili olan deneme toprağının kireç kapsamı yüksek düzeydedir. Organik madde yönünden yoksul olan deneme toprağının katyon değişim kapasitesi ve değişebilir katyonları genelde literatür değerlerinin üstünde olduğu belirlenmiştir. Deneme toprağının bitkiye yarayışlı fosfor kapsamı orta düzeydedir. Lindsay ve Norvell (1969)'a göre, belirlenen bitkiye yarayışlı çinko ve demir kapsamları düşük, bakır ve mangan kapsamları ise yüksek düzeydedir.

Tablo 1 Deneme Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Özellikler	
Tekstür sınıfı	Kil
Kum, %	16.2
Silt, %	29.5
Kil, %	54.3
Tarla kapasitesi, %	26.0
pH, (0.01M CaCl <sub>2</sub> )	7.21
CaCO <sub>3</sub> , %	15.4
Organik madde, %	1.6
Toplam azot, %	0.09
KDK, me/100 g	46.38
Değişebilir katyonlar :	
Na <sup>+</sup> , me/100 g	0.09
K <sup>+</sup> , me/100g	1.36
Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup> , me/100 g	44.81
Bitkiye yarayışlı;	
P, µg/g	10.06
Zn, µg/g	0.2
Fe, µg/g	1.7
Mn, µg/g	5.0
Cu, µg/g	1.1

Tesadüf parselleri deneme düzenine göre 4 yinelemeli olarak yürütülen sera denemesinde saksılara mutlak kuru toprak ilkesine göre 1600 g toprak konulmuştur. Deneme saksılarına çinko  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  formunda ve çözelti halinde aşağıda belirtildiği şekilde uygulanmıştır.

Çinko düzeyleri

1.  $Zn_0$  (kontrol, çinko uygulanmamıştır)
2.  $Zn_1$  ( 2.5  $\mu g$  Zn/g, 4 mg Zn/saksı)
3.  $Zn_2$  ( 5.0  $\mu g$  Zn/g, 8 mg Zn/saksı)
4.  $Zn_3$  (10.0  $\mu g$  Zn/g, 16 mg Zn/saksı)

Ayrıca tüm saksılara ekimden önce, üre şeklinde 100  $\mu g$  N/g,  $KH_2PO_4$  şeklinde 80  $\mu g$  P/g ve 100  $\mu g$  K/g çözelti şeklinde verilmiş ve toprakla iyice karıştırılmıştır.

Her bir saksıya 5 adet mısır (Hybrit G-5050) tohumu ekilmiş ve çimlenmeden sonra 3 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Deneme süresince belirli aralıklarla fenolojik gözlemler yapılarak bitkilerin gelişme seyri ve çinkolu gübrelmeye olan tepkileri izlenmiştir. Bitkiler 8 haftalık bir gelişme sonunda toprak yüzeyinden kesilmek suretiyle hasat edilmiş, yıkanmış, kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

$HNO_3 + HClO_4$  (4:1) karışımı ile yaş yakılan bitki örneklerinde toplam Zn, Fe, Cu ve Mn Perkin Elmer Model 300 Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile belirlenmiştir. Bitkilerin klorofil kapsamı ise taze yaprak örneklerinin aseton ile ekstrakte edilmesinden sonra spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir (Arnon, 1949). Araştırma sonuçlarının istatistik hesaplamaları ise Minitab paket programına göre yapılmıştır.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Mısır bitkisinin kuru madde miktarı uygulanan çinkoya bağlı olarak artmış ve bu artış istatistiki olarak güvenilir düzeyde önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2 Çinkonun Mısır Bitkisinde Kuru Madde Miktarı (g/saksı) Üzerine Etkisi

Uygulamalar	Kuru madde	Kontrolle göre artış, %
$Zn_0$	8.94 a	-
$Zn_1$	13.64 b	52.6
$Zn_2$	14.96 c	67.3
$Zn_3$	14.21 b	58.9

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi,  $P < 0.05$ ).

Denemede kullanılan toprağın çinko kapsamının düşük olması nedeniyle, çinko uygulanmadan yetiştirilen mısır bitkisinin gelişmesi ve dolayısıyla kuru madde oluşturması sınırlandırılmış ve oluşturduğu kuru madde miktarı  $Zn_0$  uygulamasında 8.94 g/saksı olmuştur. Çinko uygulamalarıyla mısır bitkisinin oluşturduğu kuru madde miktarları,  $Zn_1$  (2.5  $\mu g$  Zn/g) uygulamasında kontrole göre kuru madde miktarı % 52.6'lık bir artışla 13.64 g/saksı,  $Zn_2$  (5  $\mu g$  Zn/g) uygulamasında % 67.3'lük bir artışla 14.96 g/saksı ve  $Zn_3$  (10  $\mu g$  Zn/g) uygulamasında ise % 58.9'luk bir artışla 14.21 g/saksı olmuştur (Tablo 2). Çinko uygulamalarıyla mısır bitkisinde kuru madde miktarında elde edilen artışlar Duncan'ın yeni değişim genişlikleri testi ile karşılaştırılmış ve uygulamalar arasındaki farkların çoğunlukla önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Kontrolle göre kuru madde miktarındaki bu önemli artışlar, denemede kullanılan toprağın çinko kapsamının kritik sınırın (0.5  $\mu g$  Zn/g) altında olmasından (Lindsay ve Norvell, 1969), diğer bir deyişle toprağın çinkoca yoksul olmasından ileri gelmektedir. Taban ve Turan (1987), Scharrer ve Jung (1956), Yalçın ve Usta (1992), Keefer ve ark. (1972), yaptıkları denemelerde mısır bitkisinde ürün miktarının çinkolu gübrelmeye arttığını belirlemişlerdir.

Deneme bitkisinin çinko kapsamı uygulanan çinkoya bağlı olarak sürekli artmış ve bu artış istatistiki bakımdan güvenilir düzeyde önemli ( $p < 0.01$ ) olmuştur (Tablo 3). Çinko verilmeden yetiştirilen mısır bitkisinde çinko noksanlık belirtileri belirgin olarak görülmüş ve bu bitkilerde çinko kapsamı Bohle ve Lindsay (1969) tarafından bildirilen kritik değer civarında belirlenmiştir. Deneme bitkisinin çinko kapsamı, çinko uygulamalarına paralel olarak sürekli artmıştır. Aksoy (1977), Taban ve Turan (1987), Yalçın ve Usta (1992), Keefer ve ark. (1972), yaptıkları denemelerde uygulanan çinko ile ilgili olarak mısır bitkisinin çinko kapsamının arttığını saptamışlardır. Mısır bitkisinin çinko kapsamı kontrole göre  $Zn_1$ ,  $Zn_2$  ve  $Zn_3$  uygulamalarında sırasıyla % 275, % 356 ve % 638 artmıştır (Tablo 3). Mısır bitkisinin çinko kapsamı

Tablo 3 Çinkonun Mısır Bitkisinin Çinko ( $\mu g$  Zn/g) Kapsamı Üzerine Etkisi

Uygulamalar	Çinko	Kontrolle göre artış, %
$Zn_0$	14.08 a	-
$Zn_1$	52.73 b	275
$Zn_2$	64.27 c	356
$Zn_3$	103.84 d	638

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi,  $P < 0.05$ ).

üzerine uygulanan çinko dozları arasındaki farklar Duncan'ın yeni değişim genişlikleri testi ile karşılaştırılmış ve bu farkların önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Uygulanan çinkoya bağlı olarak deneme bitkisinin çinko kapsamlarındaki belirlenen belirgin artışlar, çinkoca yoksul bir toprakta yetiştirilen bitkinin çinkolu gübreyle gösterdiği tepkisinin doğal bir sonucu olmaktadır.

Mısır bitkisinin demir kapsamı artan miktarlarda verilen çinkoya bağlı olarak sürekli azalmış ve bu azalış istatistiki bakımdan önemli ( $p<0.01$ ) olmuştur (Tablo 4).

Mısır bitkisinde en fazla demir çinko uygulanmayan saksılarda yetiştirilen bitkilerde elde edilmiştir. Mısır bitkisinin demir kapsamı  $Zn_0$  uygulamasında 285.6  $\mu\text{g Fe/g}$  iken  $Zn_3$  uygulamasında % 34.9'luk bir azalma ile 186.1  $\mu\text{g Fe/g}$ 'a düşmüştür. Deneme bitkisinin demir kapsamı üzerine çinko uygulamaları arasında da önemli farklar belirlenmiştir (Tablo 4).

Mısır bitkisinin bakır kapsamı artan miktarlarda verilen çinkoya bağlı olarak sürekli azalmış ve bu azalış istatistiki bakımdan önemli ( $p<0.01$ ) olmuştur (Tablo 5).

Mısır bitkisinde en fazla bakır çinko uygulanmayan saksılarda yetiştirilen bitkilerde elde edilmiştir. Mısır bitkisinin bakır kapsamı  $Zn_0$  uygulamasında 22.91  $\mu\text{g Cu/g}$  iken  $Zn_3$  uygulamasında % 55.7'lik bir azalma ile 10.14  $\mu\text{g Cu/g}$ 'a düşmüştür. Deneme bitkisinin bakır kapsamı üzerine çinko uygulamaları arasında da önemli farklar belirlenmiştir (Tablo 5).

Mısır bitkisinin mangan kapsamı artan miktarlarda

Tablo 4 Çinkonun Mısır Bitkisinin Demir ( $\mu\text{g Fe/g}$ ) Kapsamı Üzerine Etkisi

Uygulamalar	Demir	Kontrole göre artış, %
$Zn_0$	285.63 a	-
$Zn_1$	251.32 b	-12.0
$Zn_2$	225.52 c	-21.1
$Zn_3$	186.07 d	-34.9

Tablo 5 Çinkonun mısır bitkisinin bakır ( $\mu\text{g Cu/g}$ ) kapsamı üzerine etkisi

Uygulamalar	Bakır	Kontrole göre artış, %
$Zn_0$	22.91 a	-
$Zn_1$	18.57 b	-18.9
$Zn_2$	14.01 c	-38.8
$Zn_3$	10.14 d	-55.7

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi,  $P<0.05$ ).

verilen çinkoya bağlı olarak sürekli azalmış ve bu azalış istatistiki bakımdan önemli ( $p<0.01$ ) olmuştur (Tablo 6). Mısır bitkisinde en fazla mangan, çinko uygulanmayan saksılarda yetiştirilen bitkilerde elde edilmiştir.

Mısır bitkisinin demir kapsamı  $Zn_0$  uygulamasında 142.47  $\mu\text{g Mn/g}$  iken  $Zn_3$  uygulamasında % 40.2'lik bir azalma ile 85.18  $\mu\text{g Mn/g}$ 'a düşmüştür. Deneme bitkisinin mangan kapsamı üzerine çinko uygulamaları arasında da önemli farklar belirlenmiştir (Tablo 5).

Mısır bitkisinin çinko uygulamalarına bağlı olarak demir, bakır ve mangan kapsamındaki azalışlar kontrole göre  $Zn_3$  uygulamasında en fazla bakır kapsamında belirlenmiş ve bunu sırasıyla mangan ve demir izlemiştir.

Çinko uygulamasıyla mısır bitkisinin Fe, Cu ve Mn kapsamlarında belirlenen azalmalar, çinko, demir, bakır ve mangan iyonlarının (Giordano, 1974) ve ayrıca çinko ile bakır iyonlarının (Bowen, 1969) aynı taşıyıcı bölgeler için rekabet etmelerine dayanılarak açıklanabilir. Diğer bir ifadeyle, anılan bu elementler aynı taşıyıcı bölge tarafından alınmaları için rekabet etmeleri nedeniyle birbirlerinin alınmalarını engellemekte ve çözelti ortamında hangi elementin konsantrasyonu fazla ise alınma o element lehine artmaktadır.

Artan miktarlarda uygulanan çinko ile ilgili olarak mısır bitkisinin Taban ve Turan (1987), Yalçın ve Usta (1992) demir, bakır ve mangan kapsamlarının azaldığını belirlemişlerdir. Özdeş bulgular Hakerler ve Höfner (1982), Brown ve Tiffin (1962) tarafından da saptanmıştır.

Tablo 6 Çinkonun Mısır Bitkisinin Mangan ( $\mu\text{g Mn/g}$ ) Kapsamı Üzerine Etkisi

Uygulamalar	Mangan	Kontrole göre artış, %
$Zn_0$	142.47 a	-
$Zn_1$	101.64 b	-28.7
$Zn_2$	97.80 c	-31.4
$Zn_3$	85.18 d	-40.2

Tablo 7 Çinkonun Mısır Bitkisinin Klorofil ( $\text{mg/g}$  taze ağırlık) Kapsamı Üzerine Etkisi

Uygulamalar	Klorofil	Kontrole göre artış, %
$Zn_0$	5.77 a	-
$Zn_1$	7.31 b	26.7
$Zn_2$	9.12 c	58.1
$Zn_3$	11.05 d	91.5

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (Duncan testi,  $P<0.05$ ).

Deneme bitkisinin klorofil kapsamı üzerine uygulanan çinkolu gübreleme istatistiki bakımdan güvenilir düzeyde önemli ( $p<0.01$ ) olmuştur (Tablo 7).

Çinko uygulamalarına bağlı olarak deneme bitkisinin klorofil kapsamı kontrole göre belirgin bir biçimde artmış ve bu artış en fazla Zn<sub>3</sub> uygulamasında olmuştur (Tablo 7). Yapılan değişik çalışmalarda da çinko uygulamalarının bitkilerin klorofil kapsamlarını artırdığı belirlenmiştir (Çakmak ve ark., 1989, Çakmak and Marschner, 1987; Marschner and Çakmak, 1989).

#### 4. KAYNAKLAR

- Aksoy, T. 1977. Artan Miktarlarda Verilen Fosfor ve Çinkonun Mısır Bitkisinin Demir ve Bakır Alımı Üzerine Etkisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı, 27, 145-154.
- Anron, D.I. 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24, 1-15.
- Bohle, J. Jr. and Lindsay, W. L. 1969. Micronutrients. The Fertilizer Shoe-Nails, Part 6, in the Limelight-Zinc Fertilizer Solutions, 13, 6.
- Bowen, J.E. 1969. Absorption of Copper, Zinc and Manganese by Sugarcane Tissue. Plant Physiology, 44, 225.
- Brown, J.C. and Tiffin, L.O. 1962. Zinc Deficiency and Iron Chlorosis Dependent on the Plant Species and Nutrient-Element Balance in Tulare Clay. Agron. J.,54, 356-358.
- Çakmak, İ., Marschner, H. and Bangerth, F. 1989. Effect of Zinc Nutritional Status on Growth, Protein Metabolism and Level of Indole-3-Acetic Acid and Other Phytohormones in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Journal of Experimental Botany, 40, 405-412.
- Çakmak, İ. and Marschner, H. 1987. Mechanism of Phosphorus-Induced Zinc Deficiency in Cotton. III. Changes in Physiological Availability of Zinc in Plants. Physiol. Plantarum, 70, 13-20.
- Giordano, P.M., Noggle, J.C. and Mortvedt, J.J. 1974. Zinc Uptake by Rice as Affected by Metabolic Inhibitors and Competing Cations. Plant and Soil, 41, 637.
- Hakerlerler, H. und Höfner, W. 1982. Kurzmitteilung Wechselwirkungen von Fe, Zn und Mn bei Mais im Cefassversuch. Zeits. für Pflanzen- und Bodenkunde, 145,88-90.
- Hewitt, E.J. 1963. Essential Nutrients Elements For Plant. In F.C. Steward ed. Plant Physiology, vol.,3. Academic Press, London, New York.
- Keefer, R.F., Singh, R.N., Horvath, D.J. and Henderlong, P.R. 1972. Response of Corn to Lime and Rate of Phosphorus and Zinc Application. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 36, 628-632.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1969. A Micronutrient Soil Test for Zn, Fe, Mn and Cu. Agronomy Abstracts, p 84.
- Marschner, H. and Çakmak, İ. 1989. High Light Intensity Enhances Chlorosis and Necrosis in Leaves of Zinc, Potassium, and Magnesium Deficient Bean (*Phaseolus vulgaris*) Plants. J. Plant Physiol., 134, 308-315.
- Price, C.A., Clarck, H.E. and Funkhouser, H.E. 1972. Functions of Micrnutrients in Plants. In J.J. Mordvedt et al. Ed. of Micronutrients in Agriculture. p. 731. Soil Sci. of Amer. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1991. Plant Physiology. 4 th ed. p.682. Wadsworth Publishing Company. Belmont, California, U.S.A.
- Scharrer, K. und Jung, J. 1956. Über den Einfluss von Mangan, Kupfer, Zink, Eisen, Bor, Molybdan und Kobalt auf die Mineralstoffaufnahme bei Mais und Ackerbohnen, Z. für Pflanzenernahrung und Bodenkunde, 75, 47-66.
- Taban, S. ve Turan, C. 1987. Değişik Miktarlardaki Demir ve Çinkonun Mısır Bitkisinin Gelişmesi ve Mineral Madde Kapsamları Üzerine Etkileri. Doğa, TU. Tar. Ve Or. D. 11, 448-456.
- Tsui, C. 1948. The Role of Zinc in Auxin Synthesis Tomato Plant. Amer. J. Bot., 35, 172-174.
- Viets, F.G., Jr., Boawn, L.C. and Crawford, C.L. 1954. Zinc Contents and Deficiency Symptoms of 26 Crops Grown on a Zinc-Deficient Soil. Soil Science, 78, 305-316.
- Yalçın, S.R. ve Usta, S. 1992. Çinko Uygulamasının Mısır Bitkisinin Gelişmesi ile Çinko, Demir, Mangan ve Bakır Kapsamları Üzerine Etkisi. Ank. Üniv. Ziraat Fakültesi Yıllığı,41,195-204.