

## Çinko Eksikliği Olan Asit Toprakta Çinko Gübrelemesinin Farklı Mısır Genotiplerinin Kuru Madde Verim ve Mikro Besin Elementlerinin Alımları Üzerine Etkisi

Özlem ETE AYDEMİR  1\*

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm, Ordu/TÜRKİYE

Alınış tarihi: 12 Mart 2024, Kabul tarihi: 3 Eylül 2024

Sorumlu yazar: Özlem ETE AYDEMİR, e-posta: ozlemete87@gmail.com

### Öz

**Amaç:** Türkiye’de tarım topraklarının yarısına yakını çinko (Zn) bakımından yetersizdir. Tarım topraklarında Zn noksanlığında bitkisel üretimde verim kayıpları olmaktadır. Verim kayıpların önlenmesinde iki strateji izlenir. Birinci strateji ve ekonomik olanı besin noksanlıklarının olduğu durumlarda iyi yetişebilen yerel genotiplerin seçimi ve kullanılmasıdır. İkinci strateji ise Zn noksanlığı durumunda verim kayıplarının önlenmesinde yerel genotiplerin Zn gübrelemesine vermiş oldukları tepkilerin saptanmasıdır.

**Materyal ve Metot:** Bu çalışmada; Ordu ilinin 4 farklı ilçesinde yetiştirilen yerel mısır genotiplerinin Zn’ya karşı verecekleri tepkinin belirlenmesi amacıyla, sera koşullarında saksı denemesi olarak tesadüf parselleri deneme deseninde her birisi 4 tekrardan oluşan kontrol (-Zn) ve +Zn’li (2 mg Zn kg<sup>-1</sup> toprak) ortamlarda yerel mısır genotipleri yetiştirilmiştir.

**Araştırma Bulguları:** 4 farklı yerel mısır genotipleri arasında kuru madde üretimi yönünden tepkileri belirlenmiştir. -Zn ve +Zn’li uygulamaların yerel mısır genotiplerinde yeşil aksamın çinko (Zn), demir (Fe), bakır (Cu) ve mangan (Mn) konsantrasyonları belirlenmiştir

**Sonuç:** Çalışmadan elde edilen verilere göre, 4 farklı mısır genotipi içerisinde -Zn ve +Zn’li koşullarda en yüksek kuru madde verimi Perşembe genotipinden elde edilmiştir. Yerel mısır genotiplerinin yetiştirilmesinde Zn gübrelemesiyle verim kayıplarının giderildiği saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yerel mısır genotipleri, asit toprak, çinko, verim

### The Effect of Zinc Fertilization on Dry Matter Yield and Micronutrient Uptake of Different Maize Genotypes in Zinc-Deficient Acid Soil

#### Abstract

**Objective:** Nearly half of the agricultural soils in Turkey are deficient in zinc (Zn). Zn deficiency in agricultural soils leads to yield reductions in crop production. Two strategies are followed to prevent yield losses. The first strategy and the economic one is the selection and utilization of local genotypes that can grow well in the presence of nutrient deficiencies. The second strategy is to determine the responses of local genotypes to Zn fertilization in order to prevent yield losses in case of Zn deficiency.

**Material and Method:** The purpose of this study was to determine the response of local maize genotypes grown in 4 different districts of Ordu province to Zn. For this purpose, consisting of 4 repetitions each local maize genotypes were grown in control (-Zn) and +Zn (2 mg Zn kg<sup>-1</sup> soil) treatments as a pot experiment under greenhouse conditions in a randomized plots experimental design.

**Results:** Among 4 different local maize genotypes, their responses in terms of production of dry matter were determined. Shoot Zn, Fe, Cu and Mn concentrations of local maize genotypes under -Zn and +Zn treatments were determined.

**Conclusion:** According to the results of the study, among 4 different maize genotypes, the highest dry matter yield was obtained from Perşembe genotype under -Zn and +Zn conditions. It was determined that yield losses were eliminated by Zn fertilization in the cultivation of local maize genotypes.

**Keywords:** Local maize genotypes, acid soil, zinc, yield

## Giriş

Mısır, yüksek tane verimi ve besin değerleri, önemli bir nişasta kaynağı olması nedeniyle "mükemmel bir besin" olarak kabul edilmektedir (İbrikci ve ark., 2009). Ayrıca, insanların beslenmesinde günlük kalori alımının karşılanmasında da önemli rolü bulunmaktadır (Enyisi ve ark., 2014). Bu özelliklerinden kaynaklı olarak hem Dünya'da hem de Türkiye'de üretim alanı genişlemektedir. Türkiye'de tahıl bitkileri arasında mısır, ekim ve üretim bakımında üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye'de mısırın ekim alanı yıldan yıla artış göstermekle birlikte günümüzde yaklaşık 7 milyon dekarlık alanda üretimi yapılmaktadır. Türkiye'de üretimi 6.4 milyon ton civarında olup ortalama verim bakımından da 920 kg/da olduğu saptanmıştır (Anonim, 2017). Dünyada nüfus artışı hızla devam etmektedir. Bu artışa bağlı olarak da tarımsal araziler sürekli azaldığından mevcut tarımsal alanlardan yüksek verim elde edilmesi zorunlu olmuştur (Kılıç ve Korkmaz, 2012). Bu amaçla geçtiğimiz yüzyıl içerisinde dünya genelinde gerçekleştirilen yeşil devrim döneminde yüksek verim elde edilen ıslah çalışmalarına ilave olarak gübre tüketiminde artışla birçok bitkisel üründe geçmişe nazaran artışlar sağlanmıştır. Günümüzde de bitkisel üretimde yüksek verim ve kalite çalışmaları hızla devam etmektedir. Dünya nüfusunun hızla artmasıyla gelişmiş ülkelerin bazılarında ve gelişmekte olan ülkelerin neredeyse tamamında mısır bitkisi temel bir besin kaynağı haline gelmiştir (Dinler ve ark., 2021). Dünyada ve ülkemizde mısır bitkisinin mevcut ortalama verimini ve kalitesini artırmak için yeni çeşitlerin ıslah edilmesi zorunluluk olmuştur. Mısır bitkisinde genetik çeşitliliğinin fazla olması ıslah çalışmalarına büyük olanak sağlamaktadır. Mevcut çeşitlere ilaveten bölgesel genotip çeşitlerin toplanması ve adaptasyonu büyük bir önem arz etmektedir. Geçmişten günümüze tarımla uğraşan insanlar tarafından uzun yıllar boyunca geleneksel yöntemlerle yerel genotipler kullanılarak bölgelere adaptasyonları sağlanmıştır. Geçtiğimiz yüzyılda ülkemizde bitkisel üretimde ve mısır yetiştiriciliğinde yeşil devrim çalışmalarında azot, fosfor ve potasyumlu gübrelerin kullanımının arttığı ancak mikro element gübrelere yeteri kadar önem verilmediği görülmektedir. Uzun yıllardan beri, mikro besin öğelerindeki yetersiz beslenmenin insan sağlığı üzerindeki etkilerine ilişkin endişeler artmaktadır (Korkmaz ve ark., 2018). Mikro elementlerden Zn noksanlığı en çok görülen elementlerden biridir

(Aydemir ve ark., 2022; Korkmaz ve ark., 2024). Öte yandan birçok enzim ve proteinin anahtar bileşeni olan Zn'nin karbonhidrat ve oksin metabolizması, nükleik asitlerin sentezi, gen ekspresyonu, membran bütünlüğü ve fosfat metabolizmaları ile ilişkili olduğu iyi bilinmektedir (Korkmaz ve ark., 2022). Dünya tarım topraklarının %30'unda (Sillanpaa, 1982), Türkiye tarım topraklarının ise %50'sinde Zn noksanlığı olduğu bildirilmiştir (Eyüpoğlu ve ark., 1995). Toprakta bitkilere Zn tedarikinin esas olarak ana materyaldeki konsantrasyonu, toprağın kimyasal özellikleri (pH, organik madde, kil mineralleri, seskioksitler, karbonatlar) ve diğer mikro besin elementleri ve P ile iyi bilinen antagonizma gibi besin etkileşimleri tarafından yönetildiği varsayılmaktadır (Moreno-Lora ve Delgado, 2020; Korkmaz ve ark., 2022). Karadeniz bölgesinde de son yıllarda Zn noksanlığının varlığı belirlenmiş olup noksanlığın boyutu da giderek artmaktadır. Özkutlu ve ark. (2019) tarafından ülkemizin Doğu Karadeniz (Ordu) Bölgesi'nde fındık tarımı yapılan 130 farklı lokasyondan toprak örneği toplandığı ve tüm örneklerin % 11'inde Zn konsantrasyonunun <0.2 mg Zn kg<sup>-1</sup>'den düşük olduğu ve Zn'ca "çok az" olarak sınıflandırılmıştır. Aynı çalışmada tüm örneklerin % 78'sinin ise 0.2-0.7 mg Zn kg<sup>-1</sup> arasında bulunarak "az" olarak sınıflandırıldığı açıklanmıştır.

Dünyada ve ülkemizde yetiştiricilik yapılan tarım topraklarının Zn bakımından bu denli noksan olması, bitkisel üretimde istenilen verim ve kalitenin alınmamasına neden olmaktadır. Literatür bildirişleri birçok bitkisel ürünün örneğin; arpa, buğday ve mısır bitkilerinin Zn noksanlığına karşı tepkiler verdiğini ortaya koymuştur (Genç ve ark., 2004; Dhaliwal ve ark., 2009; Liu ve ark., 2017). Bitkisel üretimde aynı türlerde ve aynı türün genotiplerinin de Zn eksikliğine karşı farklı duyarlılıkta oldukları ortaya çıkarılmıştır. Çakmak (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, dünya genelinde hububat tarımı yapılan alanların neredeyse yarısının bitkiler tarafından kullanılabilir Zn'nun düşük olduğu topraklarda yetiştirildiği belirtilmiştir. Bu literatür bildirişlerinin sonuçlarında da görüldüğü gibi, mısır bitkisinde Zn eksikliğinin neden olduğu verim ve kalitedeki kayıpların giderilmesinde ıslah çalışmalarına ilaveten alınabilecek önlemlerden birisi de Zn gübrelemesidir. Bu nedenle, mısır bitkisinde yüksek verim veren yerel genotiplerin dikkate alınması zorunludur. Çünkü yerel genotipler yörelerinde uzun yıllar kullanıldıklarından (hastalık, zararlı ve iklim), dayanıklılık göstermenin yanı sıra

besin elementlerini kullanım etkinlikleri de farklılıklar göstermektedir. Doğu Karadeniz Bölgesi özellikle mısır tarımında yerel tohumlar uzun yıllardır kullanıldıkları için adaptasyonları yüksek olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı 4 farklı ilçeden toplanan genotiplerin yüksek verim verenlerin saptanması ve Zn gübrelemesine verdikleri tepkilerin belirlenmesidir

### Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama serasında saksı denemesi olarak gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılan toprağın bazı kimyasal özellikleri: Bünye (tekstür) tınlı (Bouyoucous, 1951), Jackson (1959) yöntemine göre; pH 5.11 (1:2.5 toprak:su), organik madde %2.07 (orta) ve tuz 0.11 dS/m (tuzsuz) belirlenmiştir. Kireç %0.96 (kireçsiz), Çağlar (1949) ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn 0.13 mg Zn kg<sup>-1</sup> (noksan<0.5 mg Zn kg<sup>-1</sup>), Fe, Mn ve Cu sırasıyla 9.71, 0.35 ve 8.68 mg kg<sup>-1</sup> olarak Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirilen yöntemlerle saptanmıştır. Denemede bitki materyali olarak; Ordu ilinin Çatalpınar, Aybastı, Perşembe ve Kabataş ilçelerinde yaygın olarak yetiştirilen mısır genotiplerinden her ilçeden birer adet toplanmış ve ilçe adlarıyla isimlendirilerek kullanılmıştır.

### Sera Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi

Deneme sera koşullarında saksı denemesi olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her saksıya 4 mm elekten geçirilmiş hava kuru 3.250 kg toprak tartılmış ve konulmuştur. Bitkilerin normal büyüme ve gelişmeleri için bütün saksılara başlangıçta 200 mg N kg<sup>-1</sup>; CaNO<sup>3</sup>-4H<sub>2</sub>O, 100 mg P kg<sup>-1</sup> ve 125 mg K kg<sup>-1</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> formlarında temel gübreleme uygulanmıştır. Bitkilerin gelişmelerine bağlı olarak ekimden itibaren 35. günde ilave olarak 100 mg N kg<sup>-1</sup> tekrar verilerek toplamda 300 mg N kg<sup>-1</sup> uygulanmıştır. Saksılara ekim yapılmadan önce -Zn (Zn0: 0 mg Zn kg<sup>-1</sup>) ve +Zn (Zn2: 2 mg Zn kg<sup>-1</sup>) ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O formundan verilmiştir. Temel gübreleme ve Zn dozları uygulandıktan sonra her saksıya başlangıçta 10 mısır tohumu ekilmiş olup çimlenme meydana geldikten sonra bitkiler 4 bitki kalacak şekilde seyreltilmiştir. Bitkilere tarla

Çizelge 1. Zn ve +Zn'li koşulda yetiştirilen mısır genotiplerinin gövde kuru madde verimi (g bitki<sup>-1</sup>)

Genotipler	Kuru Madde Verimi (g bitki <sup>-1</sup> )		Ortalama
	-Zn	+Zn	
Çatalpınar	7.40	8.42	7.91
Aybastı	7.20	8.62	7.91
Perşembe	7.70	8.92	8.31
Kabataş	7.53	8.05	7.79
<b>Ortalama</b>	<b>7.46B</b>	<b>8.50A</b>	

kapasitelerindeki suyun %60-70'ine denk gelecek şekilde saf su verilmiş ve 60 gün boyunca takibi yapılmıştır. Bitkilerin hasadı Zn semptomlarının şiddetine ve büyümede gerilemelerin ortaya çıkmasına bağlı olarak 60 gün sonra yapılmıştır. Bitkiler saf su ile yıkandıktan sonra 48 saat boyunca 70 °C'de kurutulmuştur.

Bitkilerin kuru ağırlıkları tartılarak kuru madde verimleri belirlenmiştir. Ögütülen bitki örneklerinden 0.2 g tartılarak mikro dalga tüplerinde 2 ml saf su, 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%30'luk) ve 4 ml HNO<sub>3</sub> (%65'lik) içeren karışımda yakılmıştır (CEM MARS, microwave Acceleration Reaction System). Bitki örneklerinde Zn, Fe, Cu ve Mn konsantrasyonları ICP-OES (Inductively Coupled Plasma- Atomic Emmission Spectrometer; Varian ICP-OES Vista Pro) cihazıyla ölçülmüştür.

### Verilerin Değerlendirilmesi

Yaprak örneklerinde belirlenen analiz sonuçları arasında ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla SAS JMP kullanılarak varyans analizi ve LSD testi yapılmıştır.

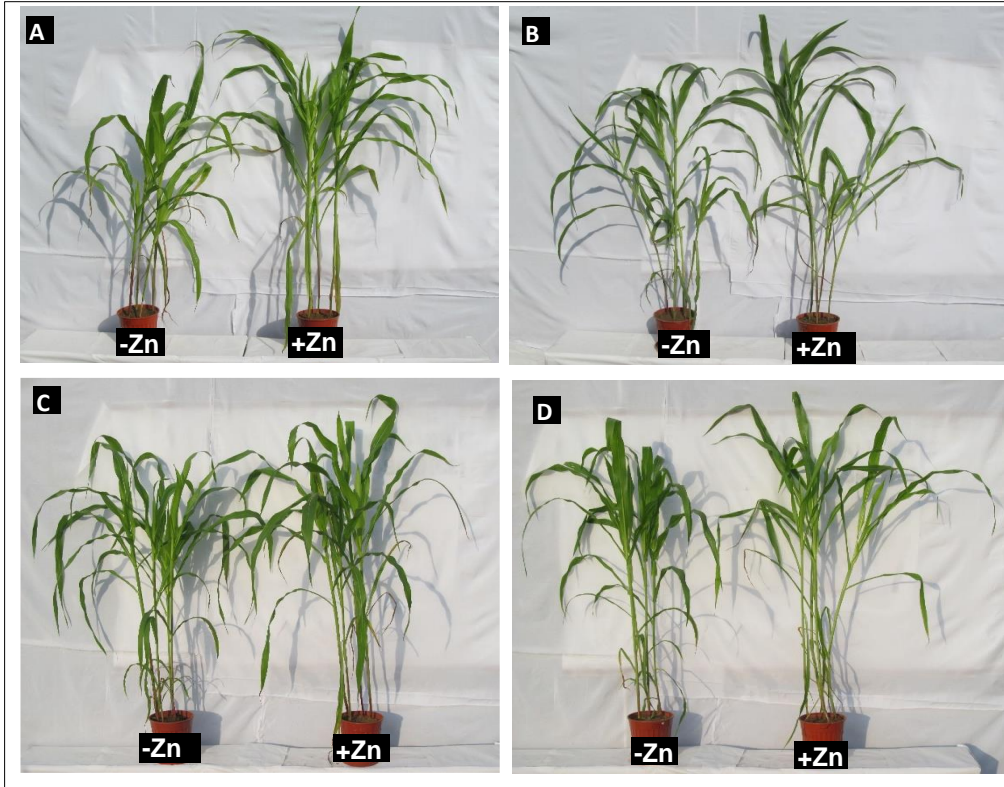
### Bulgular ve Tartışma

#### Yerel Mısır Genotiplerinde Gövde Kuru Madde Verimi

Sera koşullarında 60 gün boyunca yetiştirilen 4 farklı yerel mısır genotiplerinin, -Zn (0 mg Zn kg<sup>-1</sup>) ve +Zn (2 mg Zn kg<sup>-1</sup>) uygulamaları altında ortalama gövde kuru madde ağırlıklarında farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 1 ve Şekil 1). -Zn ve +Zn'li koşullarda bitkilerin kuru madde verimi üzerine yapılan istatistik analiz sonucuna göre, doz ve genotip etkileşiminin önemli (P<0.001) olduğu belirlenmiştir. -Zn'li koşulda bu 4 genotipin ortalaması olarak 7.46 g bitki<sup>-1</sup> kuru madde verimi elde edilmiş ve en yüksek kuru madde verimi 7.70 g bitki<sup>-1</sup> ile Perşembe genotipinde olmuştur. +Zn'li koşulda ise Zn uygulamasının kuru madde üretimini artırdığı ve genotipler arasında farkların olduğu bulunmuştur. +Zn'li koşulda en yüksek kuru madde verimi Perşembe genotipinde 8.92 g bitki<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. Hem -Zn hem de +Zn'li koşulda Perşembe genotipi en yüksek kuru madde verimini üretmiştir (Çizelge 1).

Zn uygulamasının da kuru madde verimi üzerine etkisi ( $P<0.001$ ) düzeyinde önemli bulunmuştur. Elde edilen verilere göre, bitkilerin yeşil aksam kuru madde verimlerinde, Zn noksanlığından kaynaklanan düşük verimin elde edilmesine karşın +Zn uygulamasıyla düşük verimin yerini daha yüksek verim almıştır. Araştırmamızda elde ettiğimiz yeşil aksam kuru madde veriminde Zn uygulamasının etkisi Torun ve ark., (2019) tarafından yapılan araştırma sonuçlarıyla benzer olduğu belirlenmiştir. Söz konusu araştırmada sera koşullarında Çukurova ve Niğde bölgelerine ait Zn'siz ( $0 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ ) ve Zn'li ( $5 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ ) olmak üzere iki farklı toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin yeşil aksam kuru madde veriminde Zn uygulaması sonucunda verim artışı olduğu saptanmış ve bu artışın kontrol uygulamasına göre Çukurova'da %174, Niğde'de ise %127

düzeyinde olduğu açıklanmıştır. Tahıllar grubunda yapılan birçok araştırmada tahıl türlerinde Zn kullanım etkinliği bakımından genotipsel farklılıkların olabileceği belirtilmiştir (Çakmak ve ark., 1994; Rengel ve Graham, 1995) ve yüksek bitkilerde Zn kullanım etkinlikleri yönünden çeşitler ve genotipler arasında önemli farklılıklar olduğu belirtilmiştir (Marschner, 1993; Alloway, 2008; Çakmak, 2008). Genellikle mısırın Zn noksanlığından çok fazla etkilendiği ve Zn noksanlığına karşı dayanıksız olduğundan dolayı mısır tarımının yapıldığı birçok ülkede Zn'li gübrelemenin kullanımı oldukça yaygındır. Mısır bitkisinin çok farklı varyetelerde bulunmakta olduğu ve Zn eksikliğine duyarlı oldukları açıklanmıştır (Brown, 2008). Farklı mısır genotiplerinin yapılan birçok araştırmada Zn'li gübrelemeye karşı pozitif tepki verdikleri açıklanmıştır (Torun, 1997; Wang ve ark., 2012).



Şekil 2. Zn ve +Zn'li koşullarda yetiştirilen mısır genotiplerinin (A:Çatalpınar, B:Aybastı, C:Perşembe, D:Kabataş) görünümü.

#### **-Zn ve +Zn'li Koşulda Yetiştirilen Mısır Genotiplerinin Zn, Fe, Cu ve Mn Konsantrasyonu**

4 farklı mısır genotipinin gövde Fe, Cu ve Mn konsantrasyonu istatistiksel olarak genotip ile doz etkileşimi önemli ( $P<0.001$ ) bulunmuştur. -Zn'li koşula göre +Zn uygulamasıyla genotiplerin Zn konsantrasyonu artmış olup en yüksek artış

Çatalpınar genotipinde -Zn'li koşulun +Zn uygulaması sonucunda Zn konsantrasyonu yönünden 3 kat artış olmuştur (Çizelge 2). Bu konuda çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da farklı mısır genotiplerinin Zn'li gübrelemeyle yeşil aksam Zn konsantrasyonlarının arttığı saptanmıştır (Çakmak ve ark., 1999; Puga ve ark., 2013; Manzeke ve ark., 2014).

Yerel mısır genotiplerinin Fe konsantrasyonlarında genotipler arasında önemli farklılıklar olduğu bulunmuştur. Çinko uygulaması yapılmayan -Zn'li koşula göre +Zn koşulda Kabataş genotipinin Fe konsantrasyonu %47 oranında artarak 110.25 den 162.59 mg kg<sup>-1</sup>'e yükselmiş ve bu artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çinko'suz ve +Zn'li koşullarda yeşil aksam Cu ve Mn konsantrasyonlarında da önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. -Zn'li koşula göre +Zn koşulunda 4

farklı genotip arasında yer alan Çatalpınar genotipinin Cu konsantrasyonu artar iken Mn konsantrasyonu azalmıştır. Çinko uygulamasıyla yerel mısır genotiplerinin yeşil aksam Zn, Fe, Cu ve Mn konsantrasyonlarındaki değişimler Zn, Fe, Mn ve Cu iyonlarının aynı bölgelere taşımak için rekabet etmelerinden ve birbirlerinin alımını engellemelerinden kaynaklanabilir (Marschner, 2011).

Çizelge 2. -Zn ve +Zn'li koşullarda yetiştirilen mısır genotiplerinin yeşil aksam Zn, Fe, Cu ve Mn konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>)

Uygulamalar	Genotipler	Zn	Fe	Cu	Mn
-Zn	Çatalpınar	28.81	82.67c	3.61d	102.82
	Aybastı	27.37	119.37b	3.84cd	101.63
	Perşembe	16.91	80.23c	3.52d	49.78
	Kabataş	19.72	110.25b	3.43d	86.55
<b>Ort</b>		<b>23.2</b>	<b>98.13</b>	<b>3.60B</b>	<b>93.19A</b>
+Zn	Çatalpınar	86.87	71.53c	8.87a	83.4
	Aybastı	50.01	114.94b	4.83bc	66.52
	Perşembe	18.04	72.84c	3.45d	69.69
	Kabataş	34.64	162.59a	5.2b	86.12
<b>Ort</b>		<b>47.39</b>	<b>105.48</b>	<b>5.59A</b>	<b>76.43B</b>
Ort	Çatalpınar	57.83	77.1C	6.24A	94.11A
	Aybastı	38.69	117.16B	4.34B	84.07AB
	Perşembe	17.48	76.54C	3.48C	74.74B
	Kabataş	27.18	136.42A	4.32B	86.33AB

## Sonuç

Bu araştırma sonucunda, Ordu ilinin 4 farklı ilçesinden toplanan yerel mısır tohumlarıyla sera koşullarında yürütülen çalışmada toprağa uygulanan Zn gübrelenmesiyle yerel mısır bitki genotiplerinin kuru madde verimlerinde artışların meydana geldiği belirlenmiştir. En fazla artışın %19.7 ile Aybastı genotipinde olduğu belirlenmiştir. Yeşil aksam Zn konsantrasyonlarında artışların meydana geldiği Fe, Cu ve Mn konsantrasyonlarında da ise hem artış hem de azalmaların olduğu saptanmıştır. Bu çalışma ile 4 yerel mısır genotipinin Zn noksanlığından kaynaklı verim kayıplarının önlenmesi ve verimin daha iyi olması için ekimden önce yapılan toprak analizlerine göre Zn'ca noksan olan topraklarda Zn gübrelenmesi yapılması gerekmektedir.

## Çıkar çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

## Yazarların katkı beyanı

Ö.E.A: Denemenin kurulması, yürütülmesi, laboratuvar aşamaları, bitki analizlerinin yapılması ve makale yazım aşamalarında katkıda bulunmuştur.

## Kaynaklar

- Alloway, B.J. (2008). Zinc in soils and crop nutrition. IZA Publications, International Zinc Assoc.: Brussels.
- Anonim 2017. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> [Erişim: 3 Mart 2024].
- Aydemir, Ö. E., Korkmaz, K., & Özkutlu, F. (2022). The effect of foliar application of different amino acids (L-histidine, methionine) on cadmium and zinc uptake of wheat. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(8), 1482-1485.
- Bouyoucos, G.L. (1951). A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, (43), 434-438.
- Brown, P.H. (2008). Micronutrient Use In Agriculture In The United States Of America: Current Practices, Trends And Constraints. Chap. 11, In Alloway, B.J. (ed.) *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*, Springer, Dordrecht, pp 267-286.

- Çağlar, K.Ö. (1949). Toprak Su Koruma Mühendisliği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 108, Ada.
- Çakmak, İ. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, 302, 1-17.
- Çakmak, İ., Gulut, K.Y., Marschner, H., & Graham, R.D. (1994). Effect of zinc and iron deficiency on phytosiderophore release in wheat genotype differing in zinc efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 17, 1-17.
- Çakmak, İ., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H., & Yılmaz, A. (1999). Zinc deficiency as an actual problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-Science for Stability Project, *Field Crops Research*, 60, 175-188.
- Dhaliwal, S.S., Sadana, U.S., Manchanda, J.S., & Dhadli, H.S. (2009) Biofortification of wheat grains with zinc (Zn) and iron (Fe) in typic ustochrept soils of Punjab. *Indian Journal of Fertilizers*, 5, 13-16.
- Dinler, B. S., Cetinkaya, H., Akgun, M., & Korkmaz, K. (2021). Simultaneous treatment of different gibberellic acid doses induces ion accumulation and response mechanisms to salt damage in maize roots. *Journal of Plant Biochemistry and Physiology*, 9(3), 258.
- Enyisi, I.S., Umoh, V.J., Whong, C.M.Z., Abdullahi, I.O., & Alabi, O. (2014). Chemical and nutritional value of maize and maize products obtained from selected markets in Kaduna State, Nigeria. *African Journal of Food Science and Technology*, 5(4), 100-104.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., & Talaz, S. (1995). Türkiye topraklarının bitkiye yararlı mikroelementler bakımından genel durumu. Toprak Gübre Araştırma Ens. 620/ A-002 Projesi Toplu Sonuç Raporu.
- Genç, Y., McDonald, G.K., & Graham, R.D. (2004). Differential expression of zinc efficiency during the growing season of barley. *Plant and Soil*, 263, 273-282.
- İbrikçi, H., Ulger, A.C., Korkmaz, K., Oktem, A., Büyük, G., Ryan, J., Amar, B., Konuskan, O., Karnez, E., Ozgenturk, G., Çakır, B., Oguz, H. (2009). Genotypic responses of corn to phosphorus fertilizer rates in calcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(9), 1418-1435.
- Jackson, M.L. (1959). Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kılıç, R., & Korkmaz, K. (2012). Kimyasal gübrelerin tarım topraklarında artık etkileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2), 87-90.
- Korkmaz, K., Kirli, A., Akgun, M., & Dede, O. (2018). Effects of different levels of foliar zinc and application time on total phenolic content and antioxidant activity of potato. *Fresenius Enviromen. Bull*, 27, 4192-4197.
- Korkmaz, K., Akgün, M., Özcan, M. M., Özkutlu, F., & Kara, Ş. M. (2021). Interaction effects of phosphorus (P) and zinc (Zn) on dry matter, concentration and uptake of P and Zn in chia. *Journal of Plant Nutrition*, 44(5), 755-764.
- Korkmaz, K., Kılıç, R., Akgün, M., & Kara, Ş. M. (2024). Effects of combining phosphorus (P) and zinc (Zn) fertilization on P-Zn distribution and yield in safflower. *Journal of Plant Nutrition*, 1-11.
- Lindsay, W.L., & Norvell, W.L. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
- Liu, D., Zhang, W., Yan, P., Chen, X., Zhang, F., & Zou, C. (2017). Soil application of zinc fertilizer could achieve high yield and high grain zinc concentration in maize. *Plant Soil*, 411, 47-55. doi: 10.1007/s11104-016-3105-9
- Manzeke, G.M., Mtambanengwe, F., Nezomba, H., & Mapfumo, P. (2014). Zinc fertilization influence on maize productivity and grain nutritional quality under integrated soil fertility management in Zimbabwe. *Field Crops Research*, 166, 128-136.
- Marschner, H. (1993). Zinc uptake from soils. Chap 5 in Robson, A.D. (ed.) Zinc in soil and plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 48-78.
- Marschner, H. (Ed.). (2011). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press.
- Moreno-Lora, A., & Delgado, A. (2020). Factors determining Zn availability and uptake by plants in soils developed under Mediterranean climate. *Geoderma*, 376, 114509.
- Özkutlu, F., Aydemir, Ö.E., Akgün, M., & Özcan, B. (2019). Ordu ilinde fındık (*Corylus avellana* L.) tarımı yapılan toprakların çinko (Zn) beslenme durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(Özel Sayı), 131-140.
- Puga, A.P., Prado, R.M., Fonseca, I.M., Vale, D.W., & Avalhaes, C.C. (2013). Ways of applying zinc to maize plants growing in oxisol: Effects on the soil, on plant nutrition and on yield. *Idesia* (Chile) (31).

- Rengel, Z. & Graham, R. (1995). Importance of seed zinc content for wheat growth on zinc-deficient soils. I. Vegetative Growth. *Plant Soil*, 173, 259-266.
- Sillanpaa, M. (1982). Micronutrient and the nutrient status of soils. A Global Study FAO Soils Bulletin, No:48, FAO, Rome, Italy.
- Torun, A.A., Duymuş, E., Erdem, H., & Torun, M.B. (2019) Effects of Zn applications on dry matter yield and mineral nutrient uptake of corn and wheat crops in two different regions of soils with zinc deficiency. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(9), 1382-1386.
- Torun, M.B. (1997). Değişik tahıl türlerinin ve buğday çeşitlerinin çinko eksikliğine karşı duyarlılığının araştırılması, Doktora tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Wang, J., Mao, H., Zhao, H., Huang, D., & Wang, Z. (2012). Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in loess plateau, China. *Field Crops Research*, (135), 89-96.