

## Mısır Bitkisinin Gelişimi, Zn ve P Geri Alım Etkinliği Üzerine Farklı Fosfor Ortamlarında Organik ve İnorganik Formlu Çinko Kaynaklarının Etkileri

Effects of Organic and Inorganic Zinc Sources on Maize Plant Growth, Zn and P Uptake Efficiency Under Different Phosphorus Environments


Ayşegül KORKMAZ<sup>1\*</sup>, Şerife AVCI<sup>2</sup>, Fatma GÖKMEN YILMAZ<sup>3</sup>, Sait GEZGIN<sup>4</sup>


### Öz

Bu çalışma, farklı fosfor miktarlarında uygulanan organik ve inorganik formlu çinko kaynaklarının mısır bitkisinin çinko (Zn) ve fosfor (P) içerikleri, kaldırılan miktarları ve alım etkinliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Sera şartlarında hafif alkalın reaksiyonlu, kireçli, düşük organik madde ve fosfor içeriğine sahip bir toprakta tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak deneme kurulmuştur. Denemede; çinko, 6 mg Zn kg<sup>-1</sup> olacak şekilde inorganik (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, ZnO ve 20-20+Zn) ve organik formu (Zn-Glukonat, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+K-Humat ve ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+Aminoasit, Zn-EDTA) kaynaklar kullanılarak fosfor, 0 ve 120 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde DAP kullanılarak uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, toprakta bitkiye yarayışlı fosfor içeriğinin az ve fazla olması durumunda mısırın kuru madde miktarı, P ve Zn içeriği ve kaldırılan miktarları, P ve Zn geri alım etkinlikleri organik ve inorganik çinko kaynaklarına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Toprakta fosfor içeriğinin az olduğu durumlarda mısırın en yüksek kuru madde miktarı, P içeriği ve kaldırılan P miktarı inorganik formu 20-20+Zn uygulaması ile elde edilirken, Zn içeriği ve kaldırılan Zn miktarı ise organik formu Zn EDTA uygulaması ile elde edilmiştir. Toprakta fosfor içeriğinin fazla olması halinde mısırın en yüksek kuru madde miktarı, P ve Zn içerikleri ve kaldırılan P ve Zn miktarları organik formu Zn içerikli kaynaklar ile elde edilmiştir. Fosfor geri alım etkinliği çinko uygulama kaynakları ve uygulanan fosfor miktarına göre farklılık göstermiş olup, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (%17.9) inorganik formu 20-20+Zn uygulaması ile %11 oranında azalırken, organik formu Zn Glukonat uygulaması ile %38 oranında artmıştır. Çinko geri alım etkinliği ise inorganik formu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (%5.4) inorganik formu 20-20+Zn uygulaması ile %33 oranında azalırken, organik formu Zn Glukonat uygulaması ile %17 oranında artmıştır. Bitki fosforu ve çinkonun geri alım etkinliği sırasıyla ortalama %21.0 ve %5.1 olup en yüksek organik formu Zn Glukonat uygulaması ile belirlenmiştir. Mısır bitkisinin kuru madde miktarı ve P ve Zn geri alım etkinlikleri bakımından yaygın olarak kullanılan inorganik formu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O kaynağının yerine organik formu Zn-Glukonat uygulamasını önerebiliriz.

**Anahtar Kelimeler:** Kleyt, organik, Zn-EDTA, Zn-glukonat, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O

<sup>1\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ayşegül Korkmaz, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [aysegul.korkmaz22@gmail.com](mailto:aysegul.korkmaz22@gmail.com)  ORCID: 0000-0002-6745-5742

<sup>2</sup>Şerife Avcı, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [serife.avci98@gmail.com](mailto:serife.avci98@gmail.com)  ORCID: 0009-0004-2943-7684

<sup>3</sup>Fatma Gökmen Yılmaz, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [fgokmen@selcuk.edu.tr](mailto:fgokmen@selcuk.edu.tr)  ORCID: 0000-0001-8523-1825

<sup>4</sup>Sait Gezgin, Adres Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [sgezgin@selcuk.edu.tr](mailto:sgezgin@selcuk.edu.tr)  ORCID: 0000-0002-3677-2868

**Atıf:** Korkmaz, A., Avcı, Ş., Yılmaz, G. F., Gezgin, S. (2024). Mısır bitkisinin gelişimi, Zn ve P geri alım etkinliği üzerine farklı fosfor ortamlarında organik ve inorganik formu çinko kaynaklarının etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 694-704.

**Citation:** Korkmaz, A., Avcı, Ş., Yılmaz, G. F., Gezgin, S. (2024). Effects of organic and inorganic zinc sources on maize plant growth, Zn and P uptake efficiency under different phosphorus environments. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 694-704.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

## Abstract

This study was conducted to determine the zinc (Zn) and phosphorus (P) content, removed quantities and intake activities of the corn plant of organic and inorganic form zinc sources applied in different amounts of phosphorus. The experiment was established in greenhouse conditions in a soil with slightly alkaline reaction, calcareous, low organic matter and phosphorus content in three replicates according to the coincidence plots experimental design. In the experiment, zinc was applied at 6 mg Zn kg<sup>-1</sup> using inorganic (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, ZnO and 20-20+Zn) and organic (Zn-Gluconate, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+K-Humate and ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+Aminoacid, Zn-EDTA) sources and phosphorus was applied at 0 and 120 mg P kg<sup>-1</sup> using DAP. As a result of the study, it was determined that dry matter content, P and Zn content, P and Zn uptake, P and Zn reuptake efficiency of maize varied depending on organic and inorganic zinc sources in case of low and high phosphorus content in the soil. In cases where the phosphorus content in the soil is low, the highest dry matter amount, P content and removed P amount of maize were obtained with the application of inorganic form 20-20+Zn, while the Zn content and the amount of Zn removed were obtained with the application of organic form Zn EDTA. In case of high phosphorus content in the soil, the highest dry matter content, P and Zn contents and P and Zn removal amounts of maize were obtained with organic sources containing Zn. Phosphorus reuptake efficiency differed according to zinc application sources and the amount of phosphorus applied, and it decreased by 11% with inorganic form 20-20+Zn application and increased by 38% with organic form Zn Gluconate application compared to inorganic form ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O application (17.9%), which is widely used in the elimination of zinc deficiency. Zinc reuptake efficiency decreased by 33% with the application of 20-20+Zn with inorganic form compared to the application of ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O with inorganic form (5.4%), while it increased by 17% with the application of organic form Zn Gluconate. The uptake efficiency of plant phosphorus and zinc was 21.0% and 5.1%, respectively, and the highest was determined with organic form Zn Gluconate application. In terms of dry matter content and P and Zn uptake efficiency of maize plants, we can recommend the application of organic form Zn-Gluconate instead of the commonly used inorganic form ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O source.

**Keywords:** Kleyt, organic, Zn-EDTA, Zn-gluconate, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O

## 1. Giriş

Dünya nüfusunun %40'ında çinko başta olmak üzere mikro element noksanlıklarından kaynaklı sağlık sorunları yaşanmaktadır (Bekir ve ark., 2020). Ülkemiz tarım topraklarının %50'sinde (Eyüpoğlu ve ark., 1994; Çakmak ve ark., 1996), Orta Anadolu tarım topraklarının %70'inde Zn noksanlığı görülmekte (Çakmak ve ark., 1996) ve bu problem beraberinde verimde %60-80'lere varan oranlarda azalmalara neden olmaktadır (Çakmak ve ark., 1999). Bitkilerde Zn noksanlığından kaynaklı verim azalması yanında kalite düşüklüklerinin giderilmesinde organik (lignosülfatlar, fulvik ve hümitik asitler, glukonatlar ve amino asitler) (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Lucena ve ark., 2010) ve inorganik formda Zn kaynakları ( $ZnO$ ,  $ZnCO_3$ ,  $ZnSO_4$ ,  $Zn(NO_3)_2$ ,  $ZnCl_2$  ve Zn-EDTA) kullanılmaktadır. Bitkisel üretimde Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de yaygın olarak ucuz olması, kolay bulunabilmesi ve suda çözünürlüğünün fazla olmasından dolayı inorganik kaynaklı  $ZnSO_4$  tercih edilmektedir (Duymuş, 2020). Son zamanlarda inorganik formda Zn kaynaklarının yerine organik formda Zn kaynaklarının da kullanılması sonucunda bitkiler tarafından Zn alımının artması nedeniyle verim ve kalitede artışların olduğu bilinmektedir (Wessels ve ark., 2021). Ayrıca verim artışında inorganik formda çinko kaynakları kompoze gübreler ile birlikte kullanılmaktadırlar (Montalva ve ark., 2016; Bekir ve ark., 2020). Fasulye tanesinin Zn alımı organik formda çinko şelat uygulaması ile inorganik formda çinko sülfat uygulamasına göre 1.5 kat daha fazla artırdığını bildirmişlerdir (Tabesh ve ark., 2020). Bitkinin çinko alımında, toprak reaksiyonu, kireç ve organik madde içeriği gibi özelliklerinin yanında başta fosfor, olmak üzere demir, bakır ve mangan kapsamları da etkili olduğu bildirilmektedir. Nitekim fosfor uygulaması ile mısır bitkisinin Zn alımını arttırdığı fakat artan fosfor uygulamasına bağlı olarak Zn alımının azaldığı bilinmektedir. Şimdiye kadar P-Zn interaksyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda, topraklarda bitkiye yarayışlı Zn miktarının düşük olması nedeniyle Zn noksanlığının etkileri yanında fosforlu gübre uygulaması ile bitkinin Zn alımı üzerindeki etkileri ve mekanizmaları incelenmiştir (Watts-Williams ve ark., 2015). Ancak topraklarda bitkiye yarayışlı fosfor miktarının fazla olduğu durumlarda bitkinin Zn alımı ve geri alım etkinliğine hatta bunlar üzerine organik ve inorganik formda Zn kaynaklarının etkileri ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle çalışma, toprakta bitkiye yarayışlı fosfor içeriğinin az ve fazla olması durumunda ortaya çıkan çinko noksanlığının iyileştirilmesinde ülkemizde yaygın olarak kullanılan  $ZnSO_4$  yerine kullanılabilir organik ve inorganik formda çinko kaynaklarının mısır bitkisinin kuru madde miktarı, P ve Zn içeriği, alımı ve P ve Zn geri alım etkinlikleri üzerine etkilerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Deneme, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü bilgisayar kontrollü araştırma serasında yürütülmüştür. Deneme süresince sera içi sıcaklığının  $25\pm 3$  °C, solar radyasyonun  $1750\pm 50$  kcal.m<sup>-2</sup> ve nispi nemin  $60\pm 10$  olması sağlanmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak planlanan sera denemesinde fırın kuru ağırlık esasına göre 3000 g toprak konulmuştur.

Denemede kullanılan toprak nötr reaksiyonlu (7.43), tuzsuz ( $135.8 \mu S cm^{-1}$ ), az organik maddeli (%1.68), çok fazla kireçli (%28) ve killi bünyeye sahiptir. Deneme toprağı bitkiler için yetersiz düzeyde P ( $4.3 mg kg^{-1} < 15 mg kg^{-1}$ ), Mg ( $125 mg kg^{-1} < 160 mg kg^{-1}$ ), Fe ( $1.21 mg kg^{-1} < 4.5 mg kg^{-1}$ ), Zn ( $0.08 mg kg^{-1} < 0.5 mg kg^{-1}$ ) ve B ( $0.34 mg kg^{-1} < 0.5 mg kg^{-1}$ ) içermektedir. Toprakta Ca ( $4009 mg kg^{-1} > 1150 mg kg^{-1}$ ), K ( $128 mg kg^{-1} > 110 mg kg^{-1}$ ), Cu ( $0.52 mg kg^{-1} > 0.2 mg kg^{-1}$ ) ve Mn ( $4.98 mg kg^{-1} > 1 mg kg^{-1}$ ) miktarları bitkiler için yeterli düzeydedir (Ülgen ve Yurtsever, 1974). Denemede farklı dozlarda uygulanan fosfor ve çinko kaynaklarının etkilerini belirlemek için özellikle fosfor ( $4.3 mg P kg^{-1}$ ) ve çinko ( $0.08 mg Zn kg^{-1}$ ) içeriği yetersiz olan bir toprak kullanılmıştır (Tablo 1).

Bitki gelişiminin olumsuz yönde olmaması için deneme toprağında bitkiye yarayışlı miktarları yetersiz olan besin elementleri uygun gübrelerle  $600 mg N kg^{-1}$  [Üre],  $400 mg K kg^{-1}$  [ $K_2SO_4$ ],  $75 mg Mg kg^{-1}$  [( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ )],  $2 mg B kg^{-1}$  [(Tarım Bor / Etidot-67) ve  $15 mg Fe kg^{-1}$  [Sequestrene] uygulanmıştır. Denemede mısır bitkisine 0 ve  $120 mg P kg^{-1}$  uygulaması DAP gübresi [( $NH_4$ ) $HPO_4$ ] kullanılarak yapılmıştır. Ekim öncesi toprağa  $6 mg Zn kg^{-1}$  olacak şekilde 7 adet Zn kaynağı [ $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  (%23 Zn), ZnEDTA (%15 Zn), Zn-Glukonat (%65 Zn), ZnO (%50 Zn), 20-20-0+Zn (%1 Zn) ve  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 'a ilave olarak  $200 mg K-Humat kg^{-1}$  ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O + K-Humat$ ) ve  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 'a ilave olarak  $200 mg Amino asit kg^{-1}$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O + Amino asit$ ] kullanılarak uygulama yapılmıştır. Deneme 7 Zn kaynağı x 2 P dozu x 3 tekrür olmak üzere 42 saksıda yürütülmüştür. Denemede piyasada satılan ve yaygın olarak kullanılan Cin mısır çeşidi yetiştirilmiştir. Her saksıya 6 adet tohum ekilmiş ve çimlenme sonrası her saksıda 3 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmış ve 50 günlük gelişmeden sonra hasat yapılmıştır.

**Tablo 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri***Table 1. Some physical and chemical properties of the trial soil*

Parametreler	Birimi	Sonuçlar	Kaynaklar
pH (1:2.5 toprak: su)	--	7.43	Jackson (1958)
EC (1:5 toprak: su)	( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	135.8	
CaCO <sub>3</sub>	(%)	28	Hızalan ve Ünal (1966)
Organik madde	(%)	1.68	Tüzüner (1990)
Kil	(%)	54	
Silt	(%)	18	
Kum	(%)	28	Bouyoucos (1951)
Tekstür sınıfı	--	Killi	
İnorganik N (NH <sub>4</sub> +NO <sub>3</sub> -N)	(mg kg <sup>-1</sup> )	11.13	Bremner (1965)
Alınabilir P	(mg kg <sup>-1</sup> )	4.30	Olsen (1954)
Ekstrakte edilebilir Ca	(mg kg <sup>-1</sup> )	4009	
Ekstrakte edilebilir Mg	(mg kg <sup>-1</sup> )	125	
Ekstrakte edilebilir K	(mg kg <sup>-1</sup> )	128	Pratt (1965)
Ekstrakte edilebilir Na	(mg kg <sup>-1</sup> )	38	
Alınabilir Fe	(mg kg <sup>-1</sup> )	1.21	
Alınabilir Zn	(mg kg <sup>-1</sup> )	0.08	Lindsay ve Norvell (1978)
Alınabilir Mn	(mg kg <sup>-1</sup> )	4.98	
Alınabilir Cu	(mg kg <sup>-1</sup> )	0.52	
Alınabilir B	(mg kg <sup>-1</sup> )	0.34	Cartwright ve ark. (1983)

Denemede ekim yapıldıktan sonra saksılardaki toprağın nemi deiyonize su ile tarla kapasitesi seviyesine çıkarılmıştır. Ayrıca deneme süresince toprağın nemi deiyonize su ile tarla kapasitesinde tutulan nemin %75 olacak şekilde sulama yapılmıştır. Bitkilerin topraktan makro ve mikro elementleri alımını belirlemek için hasat işlemi, mısırlar toprak yüzeyinden paslanmaz çelik bıçakla kesilerek yapılmıştır. Her saksıdan hasat edilen mısırların taze ağırlıkları belirlendikten (g saksı<sup>-1</sup>) sonra örnekler önce musluk suyu sonra sırasıyla 0.1 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kuruyan numuneler tungsten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Polietilen kaplarda muhafaza edilen öğütülmüş numuneler analiz öncesi tekrar 70 °C'de kurutulmuştur. Bu numunelerden 0.2 g tartılarak 5 ml HNO<sub>3</sub>+2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eşliğinde yüksek sıcaklık (210 °C) altında mikrodalga cihazında (CEM Mars6) çözündürülmüştür. Çözündürülen numunelerdeki P ve Zn içerikleri ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer) (Agilent 5110) cihazında belirlenmiştir. Kaldırılan P ve Zn miktarları ise kuru madde miktarı ve element içeriğinin çarpımı ile hesaplanmıştır. Ayrıca P ve Zn geri alım etkinlikleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Eşitlik 1).

$$P \text{ ve Zn alım etkinliği (\%)} = \frac{(\text{Kaldırılan P veya Zn miktar})}{\text{toprak} + \text{gübre P veya Zn}} \times 100 \quad (\text{Eş. 1})$$

Araştırmada elde edilen sayısal değerlerin istatistiksel analizinde JMP 5.0.1a istatistik paket programından yararlanılmıştır.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Mısır bitkisinin kuru madde miktarı, P ve Zn içerikleri, kaldırılan P ve Zn miktarlarına sadece farklı çinko kaynakları (ÇK) ve sadece fosfor uygulamaları (P) ve ÇK x P interaksiyonun etkileri istatistiki olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 2).

**Tablo 2. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın kuru madde miktarı, P içeriği, kaldırılan P miktarı, Zn içeriği ve kaldırılan Zn miktarlarına etkilerine ait varyans analiz sonuçları**

Table 2. Analysis of variance results of the effects of different zinc sources and phosphorus applications on dry matter content, P content, P removal, Zn content and Zn removal of maize

Varyans Kaynakları	SD	Kuru madde miktarı	P İçeriği	Kareler Ortalaması		
				Kaldırılan P miktarı	Zn İçeriği	Kaldırılan Zn miktarı
Genel	41	--	--	--	--	--
Çinko Kaynakları (ÇK)	6	54.57**	0.02**	1189.46**	37835.64**	14.15**
Fosfor Uygulaması (P)	1	1867.33**	0.120**	48130.26**	6405.60**	4.71**
ÇK X P int.	6	551.36**	0.026**	10778.06**	4924.58**	2.17**
Hata	28	1.71	0.24	0.98	1.48	1.77

Bitki kuru madde miktarı, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  uygulamasına göre ( $20.54 \text{ g saksı}^{-1}$ ) %3 ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O + K\text{-Humat}$  ve  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O + \text{Amino asit}$ ) ile %16 (Zn Glukonat) arasında değişen oranlarda artışa neden olmuştur. Sadece çinko kaynaklarının ortalaması dikkate alındığında en yüksek bitki kuru madde miktarı ( $23.48 \text{ g saksı}^{-1}$ ) organik formulu Zn Glukonat uygulaması ile elde edilmiş, ZnO ve Zn EDTA arasında istatistiki bakımından fark olmadığı belirlenmiştir. Sadece fosfor uygulamasında ise mısır bitkisinin kuru madde miktarının 2 kat arttığı belirlenmiştir. Bitki kuru madde miktarının Zn kaynaklarına göre değiştiği, fosfor uygulaması ile arttığı ve en yüksek ( $33.96 \text{ g saksı}^{-1}$ )  $6 \text{ mg Zn kg}^{-1}$  olacak şekilde Zn Glukonat ile birlikte  $120 \text{ mg P kg}^{-1}$  uygulaması ile elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca Zn Glukonat uygulaması ile Zn EDTA uygulamasına göre bitki kuru madde miktarında %7 oranında artış belirlenmiştir (Tablo 3). Çinko'lu gübrelerin mısırın büyüme ve gelişimini arttırdığı birçok çalışmada belirlenmiştir (Adhikary, ve ark., 2010; Amanullah ve ark., 2011; Badiyala ve Chopra, 2011; Parasuraman ve ark., 2008; Salem and El-Gizawy 2012; Takrattanasaran ve ark., 2013). Gourkhede ve ark. (2022) Hindistan'da kireçli ve bazik reaksiyonlu bir toprağa pamuk bitkisi çıkışından 55. ve 75. gün olmak üzere yapraktan 2 defa Zn glukonat ve ZnEDTA uygulamaları ile elde edilen verimin kontrole göre Zn Glukonat uygulaması ile 1.8 kat, Zn EDTA uygulaması ile 1.7 kat arttığını, Zn Glukonat uygulaması ile Zn EDTA uygulamasına göre %8 oranında verimde artışın sağlandığını bildirmişlerdir. Nitekim sonuçlarımızı destekler biçimde yapılan bu çalışmalarda gerek Zn Glukonat gerekse Zn EDTA uygulamaları ile bitki kuru madde miktarında artışların olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 3. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın kuru madde miktarına etkileri**

Table 3. The effects of different zinc sources and phosphorus applications on dry matter amount of maize

Zn kaynakları	P uygulaması	Kuru madde miktarı ( $\text{g saksı}^{-1}$ )		
		-P	+P	Ortalama
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$		13.89d	27.19c	20.54c
Zn EDTA		14.53d	29.89bc	22.21abc
Zn Glukonat		13.71d	33.96a	23.84a
ZnO		13.62d	33.10ab	23.36ab
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O + K\text{-Humat}$		14.11d	28.16c	21.14bc
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O + \text{Amino Asit}$		14.02d	28.23c	21.13bc
20-20+Zn		15.03d	30.03bc	22.53abc
Ortalama		14.13b	30.08a	--

Bitki yaprak fosfor içeriği, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  uygulamasına göre (% 0.27) % 0 (ZnO) ile %26 (20-20+Zn) arasında değişen oranlarda artışa neden olmuştur. Sadece çinko kaynaklarının ortalaması dikkate alındığında en yüksek yaprak fosfor içeriği (% 0.34) inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile elde edilmiştir. Sadece fosfor uygulamasında ise mısır bitkisi

yaprağının fosfor içeriğinin yaklaşık 2 kat arttığı belirlenmiştir. Bitki yaprak fosfor içeriğinin Zn kaynaklarına göre değiştiği, fosfor uygulaması ile arttığı ve en yüksek (%0.39) 6 mg Zn kg<sup>-1</sup> olacak şekilde ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+ Amino asit ile birlikte 120 mg P kg<sup>-1</sup> uygulaması ile elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 4). Farklı çinko kaynakları ve fosfor uygulamalarının mısır bitkisi yaprağının fosfor içeriği üzerine etkileri incelendiğinde, fosfor uygulaması ile %63 oranında artışa neden olmuştur. Mısır bitki yaprağının fosfor içeriğinin Jones ve ark. (1991)'nin belirttikleri sınır değerlerine (%0.25-0.30) göre 20-20+Zn uygulaması hariç diğer uygulamalarda düşük iken fosfor uygulamaları ile artmıştır (Öner ve Öner, 2023). Nitekim sonuçlarımızı destekler biçimde yapılan çalışmalarda (Kuziemska ve ark., 2022) çinko kaynağı ne olursa olsun bitkinin fosfor alımının fosfor uygulamasına bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir.

**Tablo 4. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın P içeriği ve kaldırılan P miktarı üzerine etkileri**

Table 4. Effects of different zinc sources and phosphorus applications on P content and P removal of maize

Zn Kaynakları	P Doz	P İçeriği (%)			Kaldırılan P miktarı (mg saksı <sup>-1</sup> )		
		-P	+P	Ort	-P	+P	Ort.
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O		0.20 f	0.34 d	0.27d	28.19f	92.61c	60.40c
Zn EDTA		0.22 e	0.37 b	0.30b	31.82f	111.3b	71.54b
Zn Glukonat		0.20 f	0.35 c	0.28c	27.32f	120.4a	73.84ab
ZnO		0.20 f	0.36 c	0.27cd	27.28f	112.3ab	69.78b
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O + K-Humat		0.20 f	0.36 c	0.28c	28.40f	78.79d	64.65bc
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+ Amino							
Asit		0.21 f	0.39 a	0.30b	29.03f	109.3b	69.18b
20-20+Zn		0.33 d	0.35 c	0.34a	50.19e	105.5b	77.86a
Ortalama		0.22 b	0.36 a	--	31.75b	107.5a	--

Bitki tarafından kaldırılan fosfor miktarı, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (60.40 mg saksı<sup>-1</sup>) %7 (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+K-Humat) ile %29 (20-20+Zn) arasında değişen oranlarda artışa neden olmuştur. Sadece çinko kaynaklarının ortalaması dikkate alındığında en yüksek kaldırılan fosfor miktarı (77.86 mg saksı<sup>-1</sup>) inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile elde edilmiş, bu uygulama ile Zn Glukonat arasında istatistiki bakımından fark olmadığı belirlenmiştir. Sadece fosfor uygulamasında ise mısır bitkisinin kaldırdığı fosfor miktarının 2 kat arttığı belirlenmiştir. Bitkinin kaldırdığı fosfor miktarının Zn kaynaklarına göre değiştiği, fosfor uygulaması ile arttığı ve en yüksek inorganik formda 20-20+Zn ve organik formda Zn Glukonat uygulaması ile elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 4). Rana ve Kashif (2013) Pakistan'da pirinç bitkisine topraktan farklı Zn (ZnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, Zn-EDTA ve ZnO) uygulamaları ile elde edilen verimin, tane P ve Zn alımına etkilerini inceledikleri çalışma sonucunda, çalışmamıza benzer şekilde farklı Zn kaynakları ile Zn uygulamaları ile verim, tane P ve Zn alımının değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca en yüksek verim, tane P ve Zn alımının inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O yerine organik formulu Zn-EDTA uygulaması ile olduğunu belirtmişlerdir.

Bitkide fosforun geri alım etkinliği diğer bir ifade ile toprakta bulunan toplam fosforundan bitkinin yararlanma (alma) oranı çinko kaynaklarına göre değişmektedir (Şekil 1). Fosfor geri alım etkinliği en düşük inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile belirlenirken en yüksek organik formulu Zn Glukonat uygulaması ile belirlenmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalarda fosfor geri alım etkinliği %10 (Holloway ve ark., 2001) ve %30 (Zhao ve ark., 2021) olarak tespit edilmiştir. Bazik reaksiyonlu, yüksek kireç ve düşük organik maddeye sahip topraklarda özellikle inorganik ve organik formda Zn uygulamaları ile bitki fosfor alım etkinliğinin Zn formuna göre değiştiği bilinmektedir. Çalışmamızda fosfor alım etkinliği, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (% 17.9) inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile %11 azalırken, organik formulu Zn Glukonat uygulaması ile %38 oranında artmıştır.

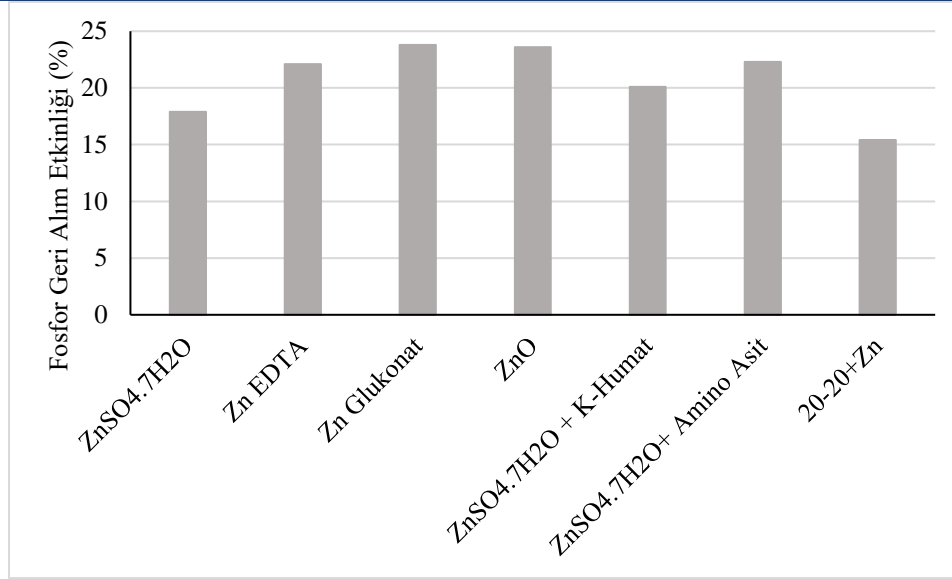


Figure 1. Effect of different zinc sources and phosphorus applications on P uptake efficiency of maize

**Şekil 1. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın P geri alım etkinliği üzerine etkisi**

Bitki yaprak çinko içeriği, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (83.3 mg kg<sup>-1</sup>) 1.8 katlık azalmayla inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile belirlenirken 1.3 katlık artışla en fazla organik formulu Zn EDTA uygulaması ile belirlenmiştir. Bitki yaprak çinko içeriğinin Zn kaynaklarına göre değiştiği, fosfor uygulaması ile azaldığı ve en yüksek (172.5 mg kg<sup>-1</sup>) 6 mg Zn kg<sup>-1</sup> olacak şekilde Zn EDTA uygulaması ile elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 5). Farklı çinko kaynakları ve fosfor uygulamalarının mısır bitkisi yaprağının çinko içeriği üzerine etkileri incelendiğinde, fosfor uygulaması ile % 26 oranında azalışa neden olmuştur.

Tablo 5. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın Zn içeriği ve kaldırılan Zn miktarı

Table 5. Zn content and removed Zn content of maize by different zinc sources and phosphorus applications

Zn Kaynakları	P Doz	Zn içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )			Kaldırılan Zn miktarı (mg saksı <sup>-1</sup> )		
		-P	+P	Ort	-P	+P	Ort.
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O		86.4e	80.1f	83.3d	1.20f	2.18d	1.69c
Zn EDTA		172.5a	117.1c	144.8a	2.51c	3.50a	3.00a
Zn Glukonat		86.6e	68.3h	77.4e	1.19f	2.32cd	1.75c
ZnO		59.5i	49.9j	54.8f	0.81g	1.65e	1.23d
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O + K-Humat		98.3d	76.6g	87.5c	1.39f	2.16d	1.77c
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O+ Amino Asit		131.0b	101.5d	101.3b	1.84e	2.87b	2.35b
20-20+Zn		47.5jk	45.4k	46.3g	0.71g	1.36f	1.04e
Ortalama		97.4a	77.0b	--	1.38	2.22	--

Mısır bitki yaprağının çinko içeriğinin Jones ve ark (1991)'nin belirttikleri sınır değerlerine (20-60 mg kg<sup>-1</sup>) göre ZnO ve 20-20+Zn uygulaması hariç diğer uygulamalarda yeterli düzeyde iken fosfor uygulamaları ile azalmıştır. Fosfor uygulanmayan durumlarda bitki yaprağının çinko içeriği Zn noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O'a göre organik formulu Zn kaynaklarında (Zn-EDTA, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+K-Humat, Zn Glukonat, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O+Aminoasit) artış belirlenirken inorganik formulu Zn kaynaklarında (ZnO, 20-20+Zn) azalmalar belirlenmiştir.

Bitki tarafından kaldırılan çinko miktarı, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (1.69 mg saksı<sup>-1</sup>) inorganik formulu ZnO uygulaması ile %37, 20-20+Zn uygulaması ile %62 oranlarında azalmalar olurken, %78'lik artışla en fazla organik formulu ZnEDTA

uygulaması ile elde edilmiştir. Sadece fosfor uygulamasında ise mısır bitkisinin kaldırdığı çinko miktarının 1.6 kat arttığı belirlenmiştir. Bitkinin kaldırdığı çinko miktarının Zn kaynaklarına göre değiştiği, fosfor uygulaması ile arttığı ve en yüksek ( $3.50 \text{ mg saksı}^{-1}$ )  $6 \text{ mg Zn kg}^{-1}$  olacak şekilde organik formda ZnEDTA uygulaması ile tespit edilmiştir (Tablo 5). Nitekim sonuçlarımızı destekler biçimde yapılan çalışmalarda (Rana ve Kashif, 2013; Gangloff ve ark., 2002) çinko kaynağı ne olursa olsun bitkinin çinko alımının çinko kaynağına ve çinkonun suda çözünürlük durumuna bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir.

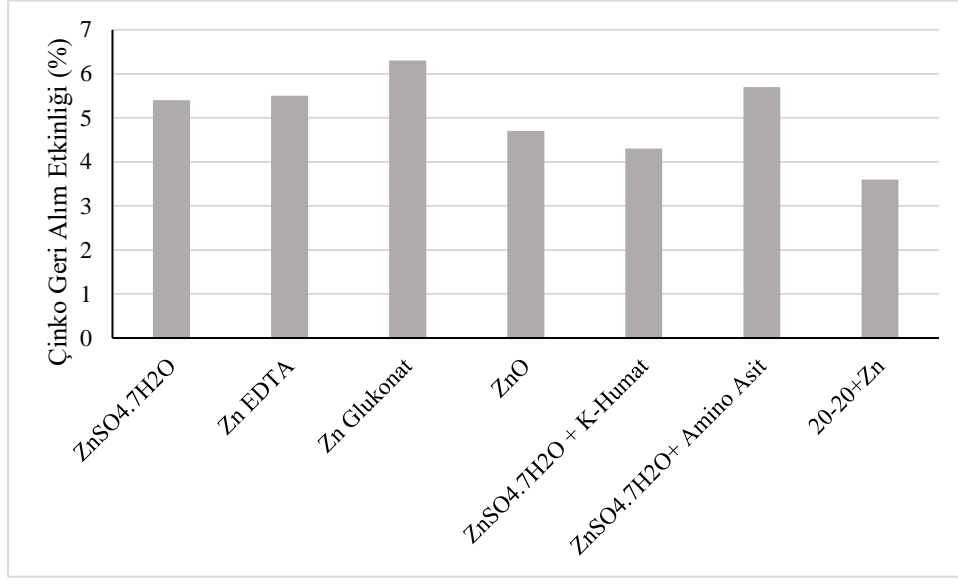


Figure 2. Effect of different zinc sources and phosphorus treatments on Zn uptake efficiency of maize

#### Şekil 2. Farklı çinko kaynakları ile fosfor uygulamalarının mısırın Zn geri alım etkinliği üzerine etkisi

Bitkide çinkonun geri alım etkinliği diğer bir ifade ile toprakta bulunan toplam çinkodan bitkinin yararlanma (alma) oranı çinko kaynaklarına göre değişmektedir (Şekil 2). Bitkinin çinko geri alım etkinliği %3.6 ve %5.7 arasında değişmekte olup ortalama %5.1'dir. Çinko geri alım etkinliği en düşük (% 3.6) inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile belirlenirken en yüksek (% 6.3) organik formulu Zn Glukonat uygulaması ile belirlenmiştir. Çalışmamızda çinko geri alım etkinliği, çinko noksanlığının giderilmesinde yaygın olarak kullanılan inorganik formulu ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O uygulamasına göre (% 5.4) inorganik formulu ZnO uygulaması ile % 50, 20-20+Zn uygulaması ile %22 azalırken, organik formulu ZnEDTA uygulaması ile %1.8, Zn Glukonat uygulaması ile % 23 oranlarında artmıştır (Tablo 5). Farklı araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalarda bitkilerin çinko geri alım etkinliğinin % 3.30 ve % 5.9 (Fageria ve ark., 2011) olduğunu tespit edilmiştir. Kireçli topraklarda özellikle Zn uygulamaları ile bitki çinko alım etkinliğinin Zn'un inorganik ve organik formda olmasının yanında suda çözünürlüğüne bağlı olarak değiştiği bildirmişlerdir (Shivay ve ark., 2013).

#### 4. Sonuç

Çalışmada, toprakta bitkiye yarayışlı fosfor içeriğinin az ve fazla olması durumunda, çinko noksanlığının iyileştirilmesinde ülkemizde yaygın olarak kullanılan ZnSO<sub>4</sub> yerine kullanılacak organik ve inorganik formda çinko kaynaklarının mısır bitkisinin kuru madde miktarı, P ve Zn içeriği yanında geri alım etkinliği üzerine etkilerinin çinko kaynaklarına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Suda çözünürlükleri farklı organik ve inorganik çinko kaynaklarının fosforun yetersiz olması durumunda P uygulaması ile bitkide P içeriğini artarken, Zn içeriğinin azaldığı ve bu durumun Zn kaynaklarına göre değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca bitkinin kuru madde miktarı yanında fosfor ve çinko geri alım etkinliğinin çinko sülfat uygulamasına göre organik formulu Glukonat uygulaması ile arttığı, inorganik formulu 20-20+Zn uygulaması ile azaldığı belirlenmiştir. Sonuçta bitkinin Zn beslenmesi açısından organik formulu Zn kaynaklarının inorganik formulu Zn kaynaklarına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.



### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

### **Yazarlık Katkı Beyanı**

Planlama: Gezgin, S., Korkmaz, A., Yılmaz, Gökmen, F., Materyal ve Metot: Avcı, Ş., Korkmaz, A., Veri toplama ve İşleme: Korkmaz, A., Yılmaz, Gökmen, F., Literatür Tarama: Avcı, Ş., Korkmaz, A., Yılmaz, Gökmen, F., Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Korkmaz, A., Yılmaz, Gökmen, F.

## Kaynakça

- Adhikary, B. H., Shrestha, J. and Baral, B. R. (2010). Effects of micronutrients on growth and productivity of maize in acidic soil. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 1(1): 8-15.
- Amanullah, M., Al-Arfaj, M. K. and Al-Abdullatif, Z. (2011). Preliminary Test Results of Nano-Based Drilling Fluids for Oil and Gas Field Application. *SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition* (pp. SPE-139534). March 1–3, Amsterdam, The Netherlands.
- Badiyala, D. and Chopra, P. (2011). Effect of zinc and FYM on productivity and nutrient availability in maize (*Zea mays*)–linseed (*Linum usitatissimum*) cropping sequence. *Indian Journal of Agronomy*, 56(2): 88-91.
- Bekir, A., Uygur, V. and Sukuşu, E. (2020). Effects of priming with copper, zinc and phosphorus on seed and seedling composition in wheat and barley. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 7(1): 104-111.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy Journal*, 43(9): 434-438.
- Bremner, J. M. (1965). Total nitrogen 1. In *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*, A. L. Page, ASA SSSA. Madison: *Agronomy*, 1149-1178.
- Çakmak, I., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H., Kılınç, Y. and Yılmaz, 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.
- Çakmak, I., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Ekiz, H., Torun, B., Ereno, B. and Braun, H. (1996). Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in Central Anatolia. *Plant and soil*, 180 (2): 165-172.
- Cartwright B., Tiller K. G., Zarcinas B. A. and Spouncer L. R. (1983). The chemical assessment of the boron status of soils. *Soil Research*, 21: 321-332.
- Duymuş, E., Gencer, M., Aydın, O., Yerlikaya, R. and Torun, M. B. (2020). Effect of zinc forms and doses on dry matter yield of maize. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1): 137-143.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. and Sanisa, U. (1994). Status of Plant Available Micronutrients in Turkish Soils, Soil and Fertilizer Research Institute Annual Report. Report No, 25-32.
- Fageria, N. K., Gheyi, H. R. and Moreira, A. (2011). Nutrient bioavailability in salt affected soils. *Journal of Plant Nutrition*, 34(7): 945-962.
- Gangloff, W. J., Westfall, D. G., Peterson, G. A. and Mortvedt, J. J. (2002) Relative availability coefficients of organic and inorganic zn fertilizers. *Journal of Plant Nutrition.*, 21(2): 259-273.
- Gourkhede, P. H., Patil, V. D. and Narle, S. H. (2022). Influence of Chelated Plant Nutrition on Yield, Nutrient Concentration and Uptake of Bt-Cotton under Vertisols. *Journal of Agriculture Research and Technology*, 47(1): 109.
- Hızalan E. ve Ünal H. (1966). Topraklarda önemli kimyasal analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 278:5-7.
- Holloway, R. E., Bertrand, I., Frischke, A. J., Brace, D. M., McLaughlin, M. J. and Shepperd, W. (2001). Improving fertiliser efficiency on calcareous and alkaline soils with fluid sources of P, N and Zn. *Plant and Soil*, 236(2): 209–219.
- Jackson M. L. (1958). *Soil Chemical Analysis* Prentice Hall. Inc., Englewood Cliffs, NJ, New Jersey, USA.
- Jones, J. B., Wolf, B. and Mills, H. A. (1991) *Plant Analysis Handbook. A Practical Sampling, Preparation, Analysis, And Interpretation Guide.* Micro-Macro Publishing.
- Kabata-Pendias, A. and Mukherjee, A. B. (2007). *Trace Elements from Soil to Human.* Springer Science & Business Media.
- Kuziemska, B., Klej, P., Wysokinski, A. and Rudziński, R. (2022). Effect of zinc along with organic fertilizers on phosphorus uptake and use efficiency by cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Agriculture*, 12(9): 1424.
- Lindsay W. L. and Norvell W. A. (1978) Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3):421-428.
- Lucena, M., Martins, R. R. and Alchieri, J. C. (2010). Psychological assessment and treatment adherence in bariatric surgery (Avaliação psicológica e aderência terapêutica na cirurgia bariátrica). In II Congresso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XVII Jornadas de Investigación Sexto Encuentro de Investigadores en Psicología del.
- Montalvo, D., Degryse, F., Da Silva, R. C., Baird, R. and McLaughlin, M. J. (2016). Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer. *Advances in Agronomy*, 139: 215-267.
- Olsen, S. R. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate (No. 939). US Department of Agriculture.
- Öner, N. and Öner, F. (2023). The effect of traditional and analysis-based chemical fertilizer application on corn yield and the content of plant nutrient elements in the leaf. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(1): 71-79.
- Parasuraman, P., Prakash, R. and Chandrasekaran, B. (2008). Response of hybrid maize (*Zea mays* L.) to soil and foliar application of nutrients. *Madras Agricultural Journal*, 95(1-6): 200-202.

- Pratt, P. F. (1965). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Ed. CA Black. Amer. Soc. Agr. Inc. Pub. Agron. Series, (9): 1022-1030.
- Rana, W. K. and Kashif, S. R. (2013). Effect of different Zinc sources and methods of application on rice yield and nutrients concentration in rice grain and straw. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*, 1:9.
- Salem, H. M. and El-Gizawy, N. K. B. (2012). Importance of micronutrients and its application methods for improving maize (*Zea mays* L.) yield grown in clayey soil. *Chemical Analysis*, 12(7): 954-959.
- Shivay, Y. S., Prasad, R. and Pal, M. (2013). Zinc fortification of oat grains through zinc fertilisation. *Agricultural Research*, 2(4): 375-381.
- Tabesh, M., Kiani, S. and Khoshgoftarmanesh, A. H. (2020). The effectiveness of seed priming and foliar application of zinc-amino acid chelates in comparison with zinc sulfate on yield and grain nutritional quality of common bean. *Journal of Plant Nutrition*, 43(14): 2106-2116.
- Takrattanasaran, N., Chanchareonsook, J., Johnson, P. G., Thongpae, S. and Sarobol, E. (2013). Amelioration of zinc deficiency of corn in calcareous soils of Thailand: zinc sources and application methods. *Journal of Plant Nutrition*, 36(8): 1275-1286.
- Tüzüner, A., (1990). Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. sf : 21-27.
- Watts-Williams, S. J., Smith, F. A., McLaughlin, M. J., Patti, A. F. and Cavagnaro, T. R. (2015). How important is the mycorrhizal pathway for plant Zn uptake?. *Plant and Soil*, 390: 157-166.
- Wessels, C. F., Van Straaten, L. F., Du Preez, C. C. and Ceronio, G. M. (2021). A comparison of zinc sources and extraction methods on sandy soils suitable for maize cropping. *South African Journal of Plant and Soil*, 38(2): 152-158.
- Zhao, Y., Li, R., Huang, Y., Sun, X., Qin, W., Wei, F. and Ye, Y. (2021). Effects of various phosphorus fertilizers on maize yield and phosphorus uptake in soils with different pH values. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 68(12): 1746-1754.