

# Topraktan ve Yapraktan Azot ve Çinko Uygulamalarının Buğdayda Tane Çinko ve Demir Konsantrasyonları Üzerine Etkisi

Hatun BARUT<sup>1,\*</sup>  Sait AYKANAT<sup>1</sup>  Elif HAKLI HEYBET<sup>2</sup>  Selim EKER<sup>3</sup>  İsmail ÇAKMAK<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Bölümü, Adana

<sup>3</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana

<sup>4</sup>Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): baruthatun@yahoo.com

Geliş tarihi (Received): 28.03.2019

Kabul tarihi (Accepted): 27.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655563

## Öz

Bu çalışmada, ekmeçlik buğdaya (*Triticum aestivum* cv. Adana 99) topraktan ve yapraktan azot ve çinko uygulamalarının tanenin azot (N), çinko (Zn), demir (Fe) konsantrasyonu ve verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Söz konusu çalışma sera koşullarında, tesadüf parsellerinde 4 faktörlü faktöriyel deneme deseninde yürütülmüştür. Topraktan uygulamada iki farklı çinko dozu (0.1 ve 1 mg kg<sup>-1</sup>) ve iki farklı azot dozu (200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>) kullanılırken, yapraktan uygulamalarda çinkosuz (-Zn) ve çinkolu (+ Zn, 0.5% ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) koşullarda %0, %0.1, %0.5 ve %1'lik üre çözeltileri kullanılmıştır. Yapraktan yapılan uygulamalarda yalnızca bayrak yaprağı ilgili çözeltilere daldırılmış ve toplam 25 sn bekletilmiştir. Yaprak uygulamaları birer gün arayla 6 kez yinelenmiştir. Bitkiler tane olgunluğuna ulaştıktan sonra hasat edilmiştir. Hasat sonucu elde edilen tanelerde N, Zn ve Fe analizleri yapılmıştır.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, ortalamalar bazında, topraktan N uygulaması, tane Zn konsantrasyonunu %29, topraktan Zn uygulaması %40 oranında arttırmıştır. Yapraktan Zn uygulaması, tane Zn konsantrasyonunu %33 oranında artırırken, yapraktan üre uygulaması ise düşük düzeyde artış sağlamıştır. Topraktan N uygulaması, tane Fe konsantrasyonunu %26 arttırmış, topraktan Zn uygulaması ise %28 oranında azaltmıştır. Yapraktan Zn uygulaması tane Fe konsantrasyonunda %6'lık artış sağlamıştır. Yapraktan üre uygulaması tane Fe konsantrasyonu üzerinde önemli bir etki yapmamıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, elde edilen bulgular, bitkinin N ve Zn beslenmesinin, tanenin Zn ve Fe konsantrasyonu üzerinde önemli bir unsur olduğunu göstermektedir. Bitki için ortama yeterince Zn sağlandığı zaman, hem topraktan hem de yapraktan azot uygulaması ile tanenin Zn içeriği artmıştır. Sonuç olarak, yeterli Zn dozu ile yüksek N dozu uygulamasının Zn ve Fe'in alınımı ve remobilize olmasına katkısı olmuştur.

**Anahtar kelimeler :** Azot, buğday, çinko, demir, remobilizasyon

## Effects of Soil and Foliar Nitrogen and Zinc Treatments on Wheat Grain Zinc and Iron Concentrations

### Abstract

This study was conducted to investigate the effects of foliar and soil nitrogen (N) and zinc (Zn) treatments of bread wheat (*Triticum aestivum* cv. Adana 99) on grain nitrogen (N), zinc (Zn), iron (Fe) concentrations and yields. This study was carried out in 4-factorial trial random plot design under greenhouse. Two

\* Bu makale doktora tezinden türetilmiştir.

different zinc (0.1 and 1 mg kg<sup>-1</sup>) and nitrogen doses (200 and 500 mg kg<sup>-1</sup>) were applied to the soil and 0%, 0.1%, 0.5% and 1% urea solutions were foliarly applied to zinc-free (-Zn) and zinc containing (+ Zn, 0.5% ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) conditions. For foliar applications, only the flag leaf was immersed 25 seconds into solution. Immersion of the leaves in the solutions was repeated 6 times with a single day intervals. Plants were harvested after grains matured and grain samples were analysed for N, Zn and Fe concentrations.

Statistical analysis showed that average grain Zn concentration was increased 29% with soil applied N and increased 40% with soil applied Zn. Foliar applied Zn increased grain Zn concentration 33% while foliar applied urea resulted with low increases at that value. Soil applied N increased grain Fe concentration 26% whereas soil applied Zn reduced Fe concentration 28%. Foliar applied Zn resulted with 6% increase in grain Fe concentrations. Foliar urea application was not effective on grain Fe concentrations. Results revealed in general that N and Zn-nutrition had significant effect on grain Zn and Fe concentrations. When the plants were supplied with sufficient Zn, both soil and foliar nitrogen treatments increased grain Zn concentrations. It was concluded that sufficient Zn and high N rates promoted Zn and Fe uptake and also their re-mobilization from the vegetative tissues into grains.

**Keywords:** Iron, nitrogen, remobilization, wheat, zinc

## GİRİŞ

Mikro besin elementi eksiklikleri, dünya genelinde 3 milyondan fazla insanın etkilendiği yaygın bir sağlık problemidir (Hotz ve Brown, 2004; Welch ve Graham, 2004; Çakmak vd., 2010). Mikro besin elementi eksiklikleri arasında, çinko (Zn) ve demir (Fe) eksiklikleri en yaygın olanlarıdır. Buğday, gelişmekte olan birçok ülkede en önemli temel enerji kaynağıdır ve bu nedenle beslenme kalitesinin artırılması gerekmektedir.

Tahıl tanelerinin çinko içeriğini yükseltmek, insanlarda beslenme yoluyla ortaya çıkan Zn eksikliğine bağlı sağlık problemlerini azaltmada önemli bir global stratejidir. Son yıllarda kontrollü koşullarda yapılan çalışmalarda, tanenin Zn ve Fe konsantrasyonunun, azot uygulamasıyla artırılabilirliği ve Zn ve N uygulamalarının makarnalık buğdayın tane Zn konsantrasyonunun artırılmasında sinerjik etki yaptığı belirtilmiştir (Kutman vd., 2010; Shi vd., 2010). Azot beslenme statülerinin etkilediği birçok fiziksel ve moleküler mekanizmalardan dolayı, yiyeceklerin Zn ve Fe bakımından zenginleştirilmelerinde, bitkilerin N beslenmesinin en önemli komponent olduğu gösterilmiştir (Çakmak vd., 2010). Literatürde, amino asit ve nicotianamine gibi birkaç azotlu bileşiğin Zn ile şelat oluşturarak floemde taşınmasında muhtemel bileşikler olduğu tartışılmaktadır (Grusak vd., 1999; Von Wiren vd., 1999). Bu azotlu bileşikler aynı zamanda Zn'nun kök bölgesinden bitkinin yeşil aksamına taşınmasında rol oynarlar. Bitkiye uygulanan azot miktarının artmasıyla yapraklardaki toplam serbest

amino asitlerin miktarı artmakta ve bu asitler Zn'nun floemde taşınmasını teşvik etmektedir (Caputo ve Barneix, 1997; Kutman vd., 2011).

Yapraklarda biriken fotoasimilantların, tane ve meyveye gönderilmesi, doğal yaşlanma sırasında (senesens) generatif dönemde gerçekleşen fizyolojik bir olaydır. Senesens sırasında besin asimilasyonu yerini besin remobilizasyonuna bırakmakta ve artan miktarlarda besin (amino asitler, basit şekerler, mineral besin elementleri) taneye taşınmaktadır (Feller ve Fischer, 1994; Marschner, 1995). Yapılan moleküler çalışmalarla, senesens ve tane protein konsantrasyonunun, tanede Zn birikimi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Modern ekmeklik buğday- *T. dicoccoides* kromozom hatları ile yürütülen çalışmalarda tanede Zn birikimi ile ilişkili genlerin 6A ve 6B kromozomunda lokalize olduğu bildirilmiştir (Çakmak, 2002; Çakmak vd., 2004). Daha sonra yapılan çalışmalarda ise *T. dicoccoides* 6B kromozomundan Gpc-B1 lokusunun modern buğdaya aktarılması ile elde edilen transgenik buğdaylarda, senesensin hızlanmasıyla tane protein konsantrasyonunun (Olmos vd., 2003) ve Zn konsantrasyonunun da arttığı (Distelfeld vd., 2007) belirlenmiştir. Deckard vd. (1996)'na göre 6B kromozom hattının yüksek protein konsantrasyonu muhtemelen kökler tarafından N alımındaki artışlara ya da taneye artan düzeyde N taşınımıyla ilişkilidir. Tane proteinleri, Zn depolama kapasitesini artırarak Zn'nun taneye taşınmasına katkıda bulunmaktadır. Bu durum, birçok araştırmada belirtildiği gibi, tane

proteinleri ile tane Zn'su arasında (aynı şekilde Fe için de) var olan yüksek pozitif korelasyon ile desteklenmektedir (Petersen vd., 1986; Zebarth vd., 1992; Feil ve Fossati, 1995; Morgounov vd., 2007; Pleg vd., 2008).

Erenoğlu vd. (2011), besin çözeltisi ortamında yetiştirilen buğday bitkisinin N beslenme düzeyleri artırıldığında, Zn'nun kökler tarafından alınımı, yeşil aksama taşınması ve yeşil aksamda mobilizasyonunun arttığını belirtmişlerdir. Bu etkinin, buğday tanesinde artan N ile tane protein içeriğinin artması ve artan protein içeriğinin de Zn bağlanması için önemli olacağı belirtilmiştir (Kutman vd., 2010).

Bu çalışmada, çinko ve azot uygulamalarının buğdayda tane azot, çinko ve demir birikimi üzerine etkisi araştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Sera denemesinin yürütülmesi ve analizler

Bu çalışma, sera koşullarında, tesadüf parsellerinde 4 faktörlü faktöriyel deneme deseninde yürütülmüştür. Sera denemesinde, Zn eksikliği olduğu bilinen Eskişehir-Sultanönü toprağı kullanılmıştır (Çizelge 1). Tohum materyali olarak Adana-99 ekmeçlik buğday çeşidi kullanılmıştır. Plastik saksıların kullanıldığı denemelerde her saksıya 2800 g toprak konulmuştur. Temel gübreleme olarak tüm saksılara 150 mg kg<sup>-1</sup> N, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> formunda; 100 mg kg<sup>-1</sup> P, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> formunda; 2.5 mg kg<sup>-1</sup> Fe, FeEDTA formunda ve 20 mg kg<sup>-1</sup> S, CaSO<sub>4</sub> formunda uygulanmıştır. Toprakta uygulamada iki farklı çinko dozu (0.1 ve 1 mg kg<sup>-1</sup>) ve iki farklı azot dozu (200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>) kullanılırken, yaprakta uygulamalarda çinkosuz (-Zn) ve çinkolu (+Zn, %0.5'lik ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) koşullarda %0, %0.1, %0.5 ve %1'lik üre çözeltileri kullanılmıştır. Saksı başına 12 tohum ekilmiş ve çimlenmeden sonra bu sayı önce 6'ya ve 3 gün sonra 5'e seyreltilmiştir. Daha sonra bayrak yaprağından uygulamaları yapabilmek için

her saksıdaki bitki sayısı 4'e seyreltilmiştir. Saksılarda 4 ana sap kalacak şekilde kardeşler kesilmiştir. Yaprak uygulamalarında bayrak yaprağı, %0.01'lik yapıştırıcı (Tween) içeren %0.5'lik ZnSO<sub>4</sub> ve %0, %0.1, %0.5 ve %1'lik üre çözeltilerine daldırılmış ve toplam 25 sn bekletilmiştir. Yaprak uygulamaları birer gün arayla 6 kez yinelenmiştir. Bitkiler tane olgunluğuna ulaştıktan sonra hasat edilmiştir.

### Çinko, Demir ve Azot analizleri

Denemelerin hasat edilmesi sonucu elde edilen tane örnekleri (0.2 g) mikrodalga cihazında (Mars Xpress) yaş yakma metoduna göre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-HNO<sub>3</sub> asit karışımında yarım saat süreyle yakılıp saf su ile son hacmi 20 ml'ye tamamlanmış ve mavi bant filtre kağıdından süzölmüştür. Daha sonra bu örneklerde ICP-OES (Varian Vista) cihazında Zn (213.8 nm dalga boyunda) ve Fe (234.3 nm dalga boyunda) ölçümleri yapılmıştır. Azot konsantrasyonlarının belirlenmesi için Dumas yöntemine göre çalışan LECO TruSpec C/N Analyser (Leco Corp. St Joseph, MI, USA) cihazı kullanılmıştır.

### Toprak analizleri

Toprakta bitkiye yarayışlı mikro element (Zn, Fe, Mn, Cu) konsantrasyonları Lindsay ve Norvel'e (1978) göre DTPA yöntemine göre AAS'de belirlenmiştir. Topraklarda bitkiye yarayışlı P içeriği, Olsen ve ark. (1954) tarafından geliştirilen yöntemle yapılmıştır. Toprakta K analizi, amonyum asetat (pH: 7, 1N) yöntemine göre AAS'de belirlenmiştir (Carson, 1980). Toprakta pH, saturasyon çamuru oluşturulduktan sonra dijital pH metreyle belirlenmiştir (Jackson, 1959). Toprak organik madde içeriği, Walkley-Black yaş yakma metoduyla belirlenmiştir (Jackson, 1959). Kum, silt ve kil fraksiyonlarının belirlenmesi hidrometre yöntemiyle yapılmıştır (Bouyoucus, 1952). Toprak kireç içeriği Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek hesaplanmıştır (Çağlar, 1949). Saturasyon çamurunda total tuz Wheatstone köprüsü yöntemi ile saptanmıştır (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

**Çizelge 1.** Sera Denemelerinde Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.

**Table 1.** Some Physical and Chemical Properties of the Soil Used in the Greenhouse Experiments.

Tekstür	pH	Tuz	Kireç	O. M.	P*	K*	Zn*	Fe*	Mn*	Cu*
Sınıfı	(1:2.5)	(mmhos cm <sup>-1</sup> )	(%)				(mg kg <sup>-1</sup> )			
CL	8.06	0.21	12	1.08	3.63	340	0.17	4.11	4.65	1.04

\*Bitkiye yarayışlı

### İstatistik analizler

İstatistik analizlerde MSTAT paket programı kullanılmıştır. Varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli çıkan faktör ortalamaları LSD testi ile karşılaştırılmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Sera koşullarında tane çinko konsantrasyonunun artırılmasına yönelik olarak yürütülen denemede, farklı dozlarda uygulanan çinko (toprakdan 0.1 ve 1 mg kg<sup>-1</sup>, yaprakdan %0 ve %0.5 ZnSO<sub>4</sub>) ve azotun (toprakdan 200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>, yaprakdan %0, %0.1, %0.5 ve %1 üre) etkileri araştırılmıştır. Uygulamaların ekmeçlik buğday çeşidinin tane azot, çinko ve demir konsantrasyonu ile verim değerleri üzerine etkisi incelemiş ve varyans analiz sonuçları aşağıda Çizelge 2’de verilmiştir.

#### Uygulamaların tane azot konsantrasyonuna etkileri

Genel olarak, topraktan Zn ve N uygulamaları ile yaprakdan Zn uygulamasının tane N konsantrasyonu üzerine etkileri önemli olmuştur (Çizelge 2 ve 3). Ortalamalar bazında bakıldığında, topraktan yapılan N uygulamasının 200 mg kg<sup>-1</sup>’ dan 500 mg kg<sup>-1</sup>’a çıkarılmasıyla tane N

konsantrasyonu %1.97’den %3.13’e yükselmiştir (Çizelge 3). Bu artış, özellikle toprakta yeterli Zn (1 mg kg<sup>-1</sup>) bulunduğu koşullarda daha fazla görülmektedir. Ramussen ve Rodhe (1989) buğdayda azot uygulamasının verimi ve bitkilerce azot alımını arttırdığını belirtmişlerdir. Kutman vd. (2010) tarafından yürütülen çalışmada da, bitki için yeterli Zn sağlandığı zaman tanenin Zn ve N içeriği arasında önemli ve pozitif bir korelasyon olduğu saptanmıştır.

Toprakdan yapılan Zn uygulamasının 0.1 mg kg<sup>-1</sup>’den 1 mg kg<sup>-1</sup>’e çıkarılması ile tane N konsantrasyonu %2.60’tan %2.50’ye düşmüştür (Çizelge 3). Bitki büyüme ve gelişiminin daha iyi olmasından dolayı N konsantrasyonunda seyrelme meydana gelmektedir. Bitki biyomas üretiminin artışına bağlı olarak bitki dokusunda bulunan herhangi bir besin elementinin seyreltilmesi nedeniyle, söz konusu elementin dokudaki konsantrasyonunun yükselmemesi iyi bilinen bir olgudur (Marschner, 1995). Tüm koşullarda yaprakdan artan oranlarda üre uygulaması tane N düzeyi üzerinde önemli bir etki göstermemiştir (Çizelge 2 ve 3). Yapraktan N uygulamalarının ise tane N konsantrasyonu üzerine etkisi istatistik olarak önemli olmamıştır. Çizelge 4’te üre uygulamalarının tane Zn konsantrasyonunu yeterince arttırmaması bitkilerin Zn miktarının

**Çizelge 2.** Tane Azot, Çinko ve Demir Konsantrasyonu ile Tane Verimi Değerlerine Ait Varyans Analizi

**Table 2.** Analysis of Variance for Grain Nitrogen, Zinc and Iron Concentrations and Grain Yield Values

Varyasyon Kaynakları	Tane N Kons. (%)			Tane Zn Kons. (mg kg <sup>-1</sup> )		Tane Fe Kons. (mg kg <sup>-1</sup> )		Tane Verimi (g başak <sup>-1</sup> )	
	SD	K.Ort.	F Pr.	K. Ort.	F Pr.	K. Ort.	F Pr.	K.Ort.	F Pr.
Toprak Zn (A)	1	0.326	12.91**	924.50	306.56**	4197.57	644.48**	8.005	236.22**
Toprak N (B)	1	42.990	1702.73**	528.12	175.12**	2072.07	318.14**	0.519	15.31**
AxB	1	3.585	141.97**	180.50	59.85**	82.883	12.72**	0.018	0.5397
Yaprak Zn (C)	1	0.109	4.32*	657.03	217.87**	134.070	20.58**	0.460	13.56**
AxC	1	0.389	15.42**	140.28	46.51**	173.445	26.63**	0.066	1.9523
BxC	1	0.018	0.6962	2.531	0.8394	5.695	0.8745	0.009	0.2640
AxBxC	1	0.554	21.93**	0.031	0.0104	2.258	0.3467	0.017	0.4982
Yaprak N (D)	3	0.030	1.1995	8.250	2.7358*	1.654	0.2539	0.042	1.2407
AxD	3	0.004	0.1512	5.250	1.7409	13.904	2.1347	0.036	1.0637
BxD	3	0.052	2.0745	0.375	0.1244	2.945	0.4522	0.006	0.1718
AxBxD	3	0.013	0.5275	3.000	0.9948	2.008	0.3083	0.024	0.6935
CxD	3	0.044	1.7600	8.865	2.9396*	17.404	2.6721	0.035	1.0464
AxCxD	3	0.004	0.1476	7.615	2.5250	11.029	1.6933	0.062	1.8323
BxCxD	3	0.036	1.4061	0.781	0.2591	3.154	0.4842	0.017	0.5037
AxBxCxD	3	0.020	0.8028	3.531	1.1710	19.299	2.9632*	0.035	1.0235
Hata	96	0.025		3.016		6.513		0.034	
CV (%)			6.23		10.81		7.24		7.72

\* P< 0.05 düzeyinde önemli, \*\* P< 0.01 düzeyinde önemli

**Çizelge 3.** Çinko (topraktan 0.1 ve 1 mg kg<sup>-1</sup>; yapraktan %0 (-Zn) ve %0.5 ZnSO<sub>4</sub> (+Zn)) ve Azot Uygulamalarının (topraktan 200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>, yapraktan %0, %0.1, %0.5 ve %1 Üre) Adana-99 Ekmeklik Buğday Çeşidinin Tane Azot Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi.

**Table 3.** Effects of Zinc (soil: 0.1 and 1 mg kg<sup>-1</sup>, foliar: 0 % (-Zn) and 0.5 % ZnSO<sub>4</sub> (+Zn)) and Nitrogen Treatments (soil: 200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>; foliar: 0 %, 0.1 %, 0.5 % and 1 % urea) on the Grain Nitrogen Concentrations (%) of the Bread Wheat Cultivar Adana-99.

Top. Zn	Top. N	-Zn					+Zn					Genel Ort.
		Üre (%)					Üre (%)					
(mg kg <sup>-1</sup> )		0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	
0.1	200	2.01	2.21	2.33	2.19	2.18 <sub>d</sub>	2.12	2.30	2.21	2.16	2.20 d	2.19 c
	500	2.82	2.90	2.79	2.90	2.85 c	3.29	3.17	3.15	3.09	3.18 b	3.01 b
	Ort.	2.42	2.55	2.56	2.54	2.52 b	2.71	2.73	2.68	2.63	2.69 a	2.60 a
1	200	1.69	1.73	1.82	1.67	1.73 e	1.71	1.79	1.82	1.82	1.78 e	1.75 d
	500	3.24	3.32	3.38	3.38	3.33 a	3.26	3.21	3.14	3.07	3.17 b	3.25 a
	Ort.	2.46	2.52	2.60	2.53	2.53 b	2.48	2.50	2.48	2.44	2.48 b	2.50 b
Genel Ort.		2.44	2.54	2.58	2.53		2.60	2.62	2.58	2.53		

Top. Zn Ort.: (0.1 mg kg<sup>-1</sup> Zn): 2.60 a, (1 mg kg<sup>-1</sup> Zn): 2.50 b  
 Top. N Ort.: (200 mg kg<sup>-1</sup> N): 1.97 b, (500 mg kg<sup>-1</sup> N): 3.13 a  
 Yap.Zn Ort.: (-Zn): 2.52 b, (+Zn): 2.58 a  
 Yap.Üre Ort.: (%0 Üre): 2.52, (%0.1 Üre): 2.58, (%0.5 Üre): 2.58, (%1 Üre): 2.53

düşüklükleriyle ilişkili görünmektedir. Kutman (2010, 2011)'a göre, N ve Zn arasındaki olumlu ilişki her iki elementin dokularda yeterli bulunması durumunda ortaya çıkmaktadır.

### Uygulamaların tane çinko konsantrasyonuna etkileri

Topraktan Zn ve N ile yapraktan Zn ve üre uygulamaları tane Zn konsantrasyonu üzerinde etkili olmuştur (Çizelge 2 ve 4). Ortalamalar bazında bakıldığında; tane Zn konsantrasyonundaki genel artışın %40 ile topraktan Zn uygulamasında, %33 ile yapraktan Zn uygulamasında ve %29'luk bir artış ile topraktan N uygulamasında meydana geldiği görülmüştür (Çizelge 4). Yapraktan artan oranlarda N uygulaması tane Zn konsantrasyonu üzerinde düşük seviyede de olsa artışa neden olmuştur (Çizelge 4). Besin çözeltisi ortamında yetişen buğday bitkisinde N beslenme düzeyi arttırıldığında Zn'un (Zn-65) bitki köklerinde alımı, yeşil aksamın taşınımı ve yeşil aksamda mobilizasyonu da artmaktadır (Erenoğlu vd., 2011). Sera koşullarında yetiştirilen buğday toprak ve yapraktan N uygulandığında da tane Zn kapsamı arttırılabilmektedir (Kutman vd., 2010). Söz konusu etki, buğday tanesinde artan N ile tane protein kapsamının artması ve proteinlerin de Zn için bir cazibe odağı (sink) olması ile açıklanmaktadır.

En düşük Zn konsantrasyonu, yapraktan Zn uygulanmayan ve topraktan ise düşük dozda Zn ve N uygulaması koşullarında saptanmıştır. Çinkonun noksan olduğu bu koşullarda, yapraktan N uygulaması tanenin Zn konsantrasyonu üzerinde olumlu bir etki yapmamıştır (Çizelge 4). Öztürk vd. (2011)'nin yürüttükleri çalışmada, yetersiz Zn ortamında yetişen bitkilerin N ve S beslenme durumu, Zn alımı ve mobilizasyonuna etki yapmazken, yeterli Zn koşullarında ise N ve S beslenmesinin iyileştirilmesi ile Zn alımı ve mobilizasyonunun da artış gösterdiği belirtilmiştir. Tahıl tanesinde Zn birikiminin arttırılmasında, dengeli N ve S gübrelenmesi anahtar role sahiptir. Çinkonun taneye taşınabilmesi için organik ligandlarla şelat oluşturması gerekmektedir (Marschner, 1995). Bitkilerde Fe ve Zn'nun şelatlanması ve taşınımında değişik bileşikler rol oynamaktadır. Bunların başında nicotianamin (NA), aminoasitleri, organik asitler ve fitosideroforlar gelmektedir. Buna karşılık, Zn'nun topraktan yeterli (veya yüksek) dozda uygulanması ve yapraktan Zn uygulanması tanenin Zn konsantrasyonu üzerinde önemli-olumlu etki yapmıştır. Yapraktan Zn gübrelenmesine ilave olarak, topraktan uygulanan N dozunun arttırılması tüm Zn uygulamalarında tane Zn konsantrasyonunu arttırmıştır. Yapılan sera deneme sonuçlarına göre, yapraktan Zn ve topraktan N uygulamaları tane Zn konsantrasyonunu arttırmaktadır (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Çinko (topraktan 0.1 ve 1 mg kg<sup>-1</sup>; yapraktan %0 (-Zn) ve %0.5 ZnSO<sub>4</sub> (+Zn)) ve Azot Uygulamalarının (topraktan 200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>, yapraktan %0, %0.1, %0.5 ve %1 Üre) Adana-99 Ekmeklik Buğday Çeşidinin Tane Çinko Konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) Üzerine Etkisi.

**Table 4.** Effects of Zinc (soil: 0.1 and 1 mg kg<sup>-1</sup>, foliar: 0 % (-Zn) and 0.5 % ZnSO<sub>4</sub> (+Zn)) and Nitrogen Treatments (soil: 200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>; foliar: 0 %, 0.1 %, 0.5 % and 1 % urea) on the Grain Zinc Concentrations (mg kg<sup>-1</sup>) of the Bread Wheat Cultivar Adana-99.

		Tane Zn Konsantrasyonu (mg kg <sup>-1</sup> )										
Top. Zn	Top. N	-Zn					+Zn					Gen. Ort.
		Üre (%)					Üre (%)					
(mg kg <sup>-1</sup> )		0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	
0.1	200	8.75	9.75	8.75	9.00	9.06	14.00	15.50	16.25	18.25	16.00	12.53 d
	500	11.00	11.75	10.75	10.75	11.06	17.00	15.50	17.75	19.25	17.38	14.22 c
	Ort.	9.88	10.75	9.75	9.88	10.06 c	15.50	15.50	17.00	18.75	16.69 b	13.38 b
1	200	14.00	14.00	15.00	13.75	14.19	17.00	15.75	18.25	16.50	16.88	15.53 b
	500	21.00	20.25	20.50	21.75	20.88	21.75	23.00	24.75	22.75	23.06	21.97 a
	Ort.	17.50	17.13	17.75	17.75	17.53 b	19.38	19.38	21.50	19.63	19.97 a	18.75 a
Gen. Ort.		13.69 c	13.94 c	13.75 c	13.81 c		17.44 b	17.44 b	19.25 a	19.19 a		
Top. Zn Ort.:		(0.1 mg kg <sup>-1</sup> Zn): 13.38 b, (1 mg kg <sup>-1</sup> Zn): 18.75 a										
Top. N Ort.:		(200 mg kg <sup>-1</sup> N): 14.03 b, (500 mg kg <sup>-1</sup> N): 18.09 a										
Yap. Zn Ort.:		(-Zn): 13.80 b, (+Zn): 18.33 a										
Yap. Üre Ort.:		(%0 Üre): 15.56 b, (%0.1 Üre): 15.69 ab, (%0.5 Üre): 16.50 a, (%1 Üre): 16.50 a										

Azotla besleme, Zn'nun kökten alınımı, kökten üst aksama taşınması veya Zn'nun floem sistemine yüklenmesi gibi taşıma işlemlerinde görevli ZIP family proteinler ve YLS taşıyıcıları gibi proteinlerin miktarını (sayısını, çokluğunu) etkileyebilmektedir (Waters vd., 2006; Haydon ve Cobbet, 2007). Bitkide Zn'nun taşınması veya şelat oluşturmayı etkileyen nicotinamine, peptitler ve amino asitler gibi bileşiklerin konsantrasyonları bitkiye verilen azottan etkilenebilmektedir. Yüksek N uygulaması, amino asit olarak yapraktaki veya floemdeki azotlu bileşiklerin kaynağını önemli ölçüde arttırabilmektedir (Caputo ve Barneix, 1997; Rubio-Covarrubias vd., 2009). Son yıllarda yapılan genetik çalışmalarda, makarnalık buğdayda, senesens sırasında N'un remobilizasyonu ve Fe ve Zn'nun remobilizasyonu arasında yakın ilişki belirlenmiştir. 6B kromozomunun kısa kolunda bulunan Gpc-B1 lokusunda lokalize olan NAM-B1 geni, N, Fe ve Zn'nun remobilizasyonu ve bu elementlerin tanedeki konsantrasyonlarına katkıda bulunmaktadır (Distelfeld vd., 2007; Uauy vd., 2006a,b; Waters vd., 2009). Yabani gernik buğdayından elde edilen Gpc-B1 geninin hem tane proteinini hem de her iki elementin tanedeki konsantrasyonunu etkilediği bulunmuştur. NAC trancription faktörle kodlanan bu gen (NAM-B1), olgunlaşmayı ve besin elementlerinin (N, Fe ve Zn) yeşil aksamdan taneye taşınmasını hızlandırmaktadır

(Uauy vd., 2006a). Yüksek doz N uygulaması çiçeklenme sonrası dönemde sadece kökten Zn alımında etkili olan taşıyıcıların etkinliğini arttırmakla veya kökten üst aksama Zn taşımada etkili olan şelatların miktarını arttırmakla değil, aynı zamanda, bitki yaşlanmasını geciktirerek tane dolum süresini artırarak bitki tarafından Zn alınımını ve taneye birikimini arttırabilmektedir (Yang ve Zhang, 2006).

#### Uygulamaların tane demir konsantrasyonuna etkileri

Tane Fe konsantrasyonları (Çizelge 2 ve 5) açısından değerlendirildiğinde; topraktan Zn uygulamasının tane Fe konsantrasyonlarını 41.00 mg kg<sup>-1</sup>'den 29.55 mg kg<sup>-1</sup>'e düşürerek %28 oranında azalttığı bulunmuştur (Çizelge 5). Çinkonun arttırılması ile bitki gelişiminin artması ve dolayısıyla verimlerin de artmasından dolayı, tanedeki konsantrasyonda seyrelme meydana gelmiştir. Çinko ile Fe arasındaki zit ilişki hem bitkilerin hemde memelilerin sisteminde saptanmıştır (Çakmak, 2000; Niles vd., 2008). Buna karşılık, topraktan N ve yapraktan Zn uygulamaları tane Fe konsantrasyonu üzerinde arttırıcı etkide bulunmuştur. Topraktan N uygulaması ortalamalar bazında tane Fe düzeyini %26 arttırırken, yapraktan Zn uygulaması tane Fe düzeyinde sadece %6'lık bir artış sağlamıştır. Yapraktan artan üre uygulaması tane Fe konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkiye bulunmamıştır (Çizelge 2, 5).

**Çizelge 5.** Çinko (topraktan 0.1 ve 1 mg kg<sup>-1</sup>; yapraktan %0 (-Zn) ve %0.5 ZnSO<sub>4</sub> (+Zn)) ve Azot Uygulamalarının (topraktan 200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>, yapraktan %0, %0.1, %0.5 ve %1 Üre) Adana-99 Ekmeklik Buğday Çeşidinin Tane Demir Konsantrasyonu (mg kg<sup>-1</sup>) Üzerine Etkisi.

**Table 5.** Effects of Zinc (soil: 0.1 and 1 mg kg<sup>-1</sup>, foliar: 0 % (-Zn) and 0.5 % ZnSO<sub>4</sub> (+Zn)) and Nitrogen Treatments (soil: 200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>; foliar: 0 %, 0.1 %, 0.5 % and 1 % urea) on the Grain Iron Concentrations (mg kg<sup>-1</sup>) of the Bread Wheat Cultivar Adana-99.

		Tane Fe Konsantrasyonu (mg kg <sup>-1</sup> )										
Top. Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Top. N (mg kg <sup>-1</sup> )	-Zn					+Zn					Gen. Ort.
		Üre (%)					Üre (%)					
		0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	
0.1	200	36.25	35.50	35.00	37.00	35.94	37.75	39.75	41.25	40.75	39.63	37.78 b
	500	42.00	44.50	41.00	40.50	41.69	45.00	45.50	46.25	50.25	46.75	44.22 a
	Ort.	39.13	39.38	38.00	38.75	38.81b	41.38	42.63	43.25	45.50	43.19a	41.00 a
1	200	25.00	25.00	25.75	24.00	24.94	24.00	24.25	25.75	24.00	24.50	24.72 d
	500	37.50	31.75	33.75	34.75	34.44	33.50	35.50	37.25	33.25	34.31	34.75 c
	Ort.	31.25	28.38	29.75	29.38	29.69c	28.75	29.88	30.38	28.63	29.41c	29.55 b
Gen. Ort.		35.19	33.88	33.88	34.06		35.06	36.25	36.81	37.06		

Top. Zn Ort.: (0.1 mg kg<sup>-1</sup> Zn): 41.00 a, (1 mg kg<sup>-1</sup> Zn): 29.55 b  
 Top. N Ort.: (200 mg kg<sup>-1</sup> N): 31.25 b, (500 mg kg<sup>-1</sup> N): 39.30 a  
 Yap. Zn Ort. : (-Zn): 34.25 b, (+ Zn): 36.30 a  
 Yap. Üre Ort. : (%0 Üre): 35.13, (%0.1 Üre): 35.06, (%0.5 Üre): 35.34, (%1 Üre): 35.56

Yüksek N uygulamasının Fe'in alınımı, yeniden taşınması ve taneye yerleşmesi üzerine olan pozitif etkisi daha önce tanımlanan Zn mekanizması gibi açıklanabilir. Nitekim, bitkideki Zn ve Fe nin taşınmasında görev yapan şelatörler ve taşıyıcılar aynı veya benzerdirler (Haydon ve Cobbett, 2007). Son yıllarda yapılan genetik çalışmalarda, senesens sırasında N'un remobilizasyonu ve Fe ve Zn'nun remobilizasyonu arasında yakın ilişki belirlenmiştir (Distelfeld vd., 2007; Uauy vd., 2006a,b; Waters vd., 2009). Transgenik tütün bitkisi kullanarak yapılan bir çalışmada, nikotianaminin (NA) olasılıkla NA-Fe spesifik transporter proteini aracılığıyla, Fe'in (ve Zn'nun) genç yapaklara ve tohumlara taşınımında kritik bir rol oynadığı belirtilmiştir (Takahashi vd., 2003). Von Wiren vd. (1999)'da Zn ve Fe'in floemde taşınmasında, nicotianamine ile şelatlanmış olabileceğini belirtmiştir. Methionine'den sentezlenen nicotianamine, sadece fitosideroforlar familyasından mugineic asitin (precursor) değil aynı zamanda Fe ve Zn'nun floemde taşınması, translokasyonu ve depolanmasını içermektedir (Waters vd., 2006; Curie vd., 2009; Trampczynska vd., 2010). Fitosideroforlar, Fe ve Zn içeren metallerin hem alımı hem de translokasyonunu sağlar (Marschner ve Romheld, 1994; Suzuki vd., 2008; Tsukamoto vd., 2009). Fitosideroforlardan, örn. Deoxymugineic asit Zn translokasyonuna katkıda bulunmaktadır (Suzuki vd., 2008). Benzer

şekilde, bitkilere Fe'in alımında ve taşınmasında Fe-deoxymugineic asit etkili olmaktadır (Alam vd., 2005; Tsukamoto vd., 2009).

Genel olarak, elde edilen bu bulgular, bitkinin N ve Zn beslenmesinin, tane Zn ve Fe konsantrasyonu üzerinde önemli bir unsur olduğunu göstermektedir.

#### Uygulamaların tane verimi üzerine etkileri

Tane verimi açısından değerlendirildiğinde, topraktan Zn ve N ile yapraktan Zn uygulamalarının tane veriminde önemli oranda artışa yol açtığı bulunmuştur (Çizelge 2 ve 6). Topraktan yapılan Zn uygulamasının 0.1 mg kg<sup>-1</sup>'den 1 mg kg<sup>-1</sup>'e yükseltilmesi tane verimini 2.13 gr/başak'tan 2.63 gr/başak'a yükselttiği görülmektedir (Çizelge 6). Topraktan N uygulaması ile yapraktan Zn uygulamalarının tane verimi üzerindeki artırıcı etkisi benzer olmuştur. Artan oranlarda üre uygulamalarının ise tane verimi üzerindeki etkisi anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 2 ve 6). Eskişehir'de Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Konya'da Bahri Dağdaş Milletler arası Kışlık Hububat Araştırma Merkezinde yürütülen çalışmalarda da, topraktan çinko uygulamasıyla buğday veriminde sırasıyla %35 ve %69'luk artışlar elde edilmiştir (Çakmak, 1994). Benzer sonuçlar değişik araştırmacılar tarafından da bulunmuştur (Yılmaz vd., 1998; Mungan ve Doran, 2003; Toğay vd., 2005).

**Çizelge 6.** Çinko (toprakdan 0.1 ve 1 mg kg<sup>-1</sup>; yaprakdan %0 (-Zn) ve %0.5 ZnSO<sub>4</sub> (+Zn)) ve Azot Uygulamalarının (toprakdan 200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>, yaprakdan %0, %0.1, %0.5 ve %1 Üre) Adana-99 Ekmeklik Buğday Çeşidinin Tane Verimi (g başak<sup>-1</sup>) Üzerine Etkisi.

**Table 6.** Effects of Zinc (soil: 0.1 and 1 mg kg<sup>-1</sup>, foliar: 0 % (-Zn) and 0.5 % ZnSO<sub>4</sub> (+Zn)) and Nitrogen Treatments (soil: 200 ve 500 mg kg<sup>-1</sup>; foliar: 0 %, 0.1 %, 0.5 % and 1 % urea) on the Grain Yield (g spike<sup>-1</sup>) of the Bread Wheat Cultivar Adana-99.

		Tane Verimi (g başak <sup>-1</sup> )										
Top. Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Top. N	-Zn					+Zn					Genel Ort.
		Üre (%)					Üre (%)					
		0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	
0.1	200	2.02	2.05	2.00	2.01	2.02	2.19	2.16	2.16	2.08	2.15	2.08
	500	2.07	2.01	2.00	2.26	2.08	2.25	2.35	2.30	2.26	2.29	2.19
	Ort.	2.05	2.03	2.00	2.14	2.05	2.22	2.25	2.23	2.17	2.22	2.13 b
1	200	2.51	2.70	2.39	2.47	2.52	2.60	2.61	2.59	2.60	2.60	2.56
	500	2.53	2.87	2.70	2.60	2.68	2.86	2.76	2.70	2.67	2.74	2.71
	Ort.	2.52	2.78	2.55	2.54	2.60	2.73	2.68	2.65	2.63	2.67	2.63 a
Genel Ort.		2.28	2.41	2.27	2.34		2.47	2.47	2.44	2.40		

Top. Zn Ort.: (0.1 mg kg<sup>-1</sup> Zn): 2.13 b, (1 mg kg<sup>-1</sup> Zn): 2.63 a  
 Top. N Ort. : (200 mg kg<sup>-1</sup> N): 2.32 b, (500 mg kg<sup>-1</sup> N): 2.45 a  
 Yap.Zn Ort.: (-Zn): 2.32 b, (+ Zn): 2.44 a  
 Yap.Üre Ort.: (%0 Üre): 2.38, (%0.1 Üre): 2.44, (%0.5 Üre): 2.35, (%1 Üre): 2.37

Toprakta yapılan N uygulaması da benzer şekilde tane verimini arttırmıştır. Toprakta N uygulamasının 200 mg kg<sup>-1</sup>'den 500 mg kg<sup>-1</sup>'e çıkarılması tane verimini 2.32 gr/başak'tan 2.45 gr/başak'a yükseltmiştir (Çizelge 6). Yaprakta yapılan Zn uygulamasıyla tane verimi 2.32 gr/başak değerinden 2.44 gr/başak değerine yükselmiştir (Çizelge 6). Yürütülen başka bir çalışmada da; topraktan artan oranlarda uygulanan N ile tane veriminde belirgin bir artış meydana geldiği belirtilmiştir (Coşkun ve Öktem, 2003). Yapılan diğer araştırmalarda da; toprakta yeterli Zn olmadığı zaman, bitki tane veriminin, biyomas (tane hariç diğer aksam=sap/saman/yaprak/kavuz vs.) verimine göre Zn eksikliğine karşı hem tarla hem de sera koşullarında daha hassas olduğu saptanmıştır (Kutman vd., 2010). Tane veriminin Zn eksikliğine olan hassasiyetinin esas nedeninin; Zn eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkan üreme organlarındaki bozulmalar olduğu bildirilmiştir (Sharma vd., 1990; Çakmak ve Engels, 1999). Yapılan diğer çalışmalarda da, Orta Anadolu'nun değişik bölgelerinde buğdayda çinko uygulamasının tane veriminde %5-550 arasında artışlar sağladığı belirtilmektedir (Çakmak vd., 1995; Yılmaz vd., 1995).

## SONUÇLAR

Eldedilen bu bulgular, bitkinin N ve Zn beslenmesinin, tane Zn ve Fe konsantrasyonu

üzerinde önemli bir unsur olduğunu göstermektedir. Sera koşullarında yürütülen bu araştırmanın sonuçları, yeterli dozda N uygulamasının, buğday tanesinin hem Zn ve hem de Fe konsantrasyonunu yükseltmede hassas veya kritik bir faktör olduğunu ortaya koymuştur. Yeterli Zn dozu ile yüksek N dozu uygulamasının Zn ve Fe'in vejetatif dokudan alınımı ve remobilize olmasına katkısı olmuştur. Azot uygulamasının tanenin Zn ve Fe konsantrasyonu üzerine olan pozitif etkisi insan beslenmesi açısından önem taşımaktadır. Buğdayın Zn ve Fe içeriğinin yükseltilmesi konusunda daha fazla agronomik ve genetik çalışmaların yapılması yararlı sonuçların elde edilmesini sağlayabilir.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yürütülmesindeki önemli katkılarından dolayı, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi ve Sabancı Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Alam S, Kamei S and Kawai S (2005). Effectiveness of phytosiderophore in absorption and translocation of (59) iron in barley in the presence of plant-borne, synthetic and microbial chelators. Journal of Plant Nutrition, 28: 1709-1722.



Bouyoucos GJ (1952). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.

Çağlar KO (1949). Toprak su koruma mühendisliği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 108, Adana.

Çakmak I (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146(2): 185-205.

Çakmak I (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant Soil*, 247:3-24.

Çakmak I and Engels C (1999). Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. In Z. Rengel (Ed.), *Crop Nutrition* (141-168). New York: The Haworth Press.

Çakmak I, Pfeiffer WH and McClafferty B (2010). Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal Chemistry*, 87(1): 10-20.

Çakmak I, Torun A, Millet E, Feldman M, Fahima T, Korol A, Nevo E, Braun HJ, Ozkan H. (2004). *Triticum dicoccoides*: An important genetic resource for increasing zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil Science Plant Nutrition*, 50: 1047-1054.

Çakmak İ, Atlı M, Kaya R, Eviya H and Marschner H (1995). Association of high light and zinc deficiency in cold induced leaf chlorosis in grapefruit and mandarin trees. *Journal Plant Physiol*, 146: 355-360.

Caputo C and Barneix AJ (1997). Export of amino acids to the phloem in relation to N supply in wheat. *Physiologia Plantarum*, 101(4): 853-860.

Carson PL (1980). Recommended potassium test. P. 20-21. In: Recommended chemical soil test procedures for the North Central Region. Rev. Ed. North Central. Regional Publication no. 221. North Dakota Agric. Exp. Stn. North Dakota State University, Fargo USA.

Coşkun Y ve Öktem A (2003). Farklı Dozlarda Ve Zamanlarda Uygulanan Azotun Makarnalık Buğdayın Verim Ve Verim Unsurlarına Etkisi. *HR. Ü.Z.F.Dergisi*, 7 (3-4):1-10 *J.Agric Fac. HR. U.* 7 (3-4): 1-10.

Curie C, Cassin G, Couch D, Divol F, Higuchi K, Jean M L, Misson J, Schikora A, Czernic P and Mari S (2009). Metal movement within the plant: contribution of nicotianamine and yellow stripe 1-like transporters. *Annals of Botany*, 103(1): 1-11.

Çakmak, İ., 1994. Selection and characterisation of Cereal genotypes with high resistance to zinc deficiency and boron toxicity and evaluation of bioavailability of zinc in cereals for GAP and Central Anatolia Regions. "TU-GENOTYPES" NATO Science for Stability Programme. III. Progress Report, Çukurova University, Adana

Deckard EL, Joppa LR, Hammond J J, Hareland G A (1996). Grain protein determinants of the Langdon durum-dicoides chromosome substitution lines. *Crop Science*, 36 (6): 1513-1516.

Distelfeld A, Çakmak I, Peleg Z, Ozturk L, Yazici AM, Budak H, Saranga Y, Fahima T (2007). Multiple QTL-effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations. *Physiol Plant*, 129: 635-643.

Erenoğlu EB, Kutman UB, Ceylan Y, Yıldız B and Çakmak I (2011). Improved nitrogen nutrition enhances root uptake, root-to-shoot translocation and remobilization of zinc (65Zn) in wheat. *New Phytologist*, Vol.189, No.2, 438-448 (SCI)

Feil B and Fossati D (1995). Mineral composition of triticale grains as related to grain yield and grain protein. *Crop Sci.* 35: 1426-1431.

Feller U, Fischer A (1994). Nitrogen metabolism in senescing leaves. *Crit. Rev. Plant Science*,13: 241-273.

Grusak MA, Pearson JN, Marentes E (1999). The physiology of micronutrient homeostasis in field crops. *Field Crop Research*, 60: 41-56.

Haydon MJ and Cobbett CS. (2007). Transporters of ligands for essential metal ions in plants. *New Phytologist*, 174:499-506.

Hotz C and Brown KH (2004). Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG) Technical Document -1. Hotz C and Brown KH, eds. *Food and Nutrition Bulletin*, 25: 91-204.

Jackson ML (1959). *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs, New Jersey.

Kutman UB, Yıldız B, Çakmak I (2011). Effect of nitrogen on uptake, remobilization and partitioning of zinc and iron throughout the development of durum wheat. *Plant Soil*, 342: 149-164.

Kutman UB, Yıldız B, Özturk I, Çakmak I (2010). Biofortification of durum wheat with zinc through soil and foliar applications of nitrogen. *Cereal Chemistry*, 87: 1-9

Lindsay WL and Norvell WA (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.

Marschner H (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd edn. Academic Press, London.

Marschner H and Romheld V (1994). Strategies of plants for acquisition of iron. *Plant and Soil*, 165(2): 261-274.

Mishra SS, Gulati JML, Nanda SS, Garyanak LM, Jenz SN (1989). *Micronutrient Studies in Wheat*. Orissa Journal Of Agriculture Research, 2(2): 94-96.

Morgounov A, Gomez-Becerra HF, Abugaliyeva A, Dzhususova M, Yessimbekova M, Muminjanov H, Zelenskiy Y, Ozturk L, Çakmak I (2007). Iron and zinc grain density in common wheat grown in Central Asia. *Euphytica*, 155: 193-203.

Mungan S ve Doran İ (2003). Farklı Doz ve Yöntemlerle Uygulanan Çinkonun Makarnalık Buğday ve Arpanın Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri. Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi. 13-17 Ekim 2003.

Niles BJ, Clegg MS, Hanna LA, Chou SS, Momma TY, Hong H and Keen CL (2008). Zinc deficiency-induced iron accumulation: a consequence of alterations, iron regulatory protein binding activity, iron transporters, and iron storage proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 283(8): 5168-5177.

Olmos S, Distelfeld A, Chicaiza O, Schlatter AR, Fahima T, Echenique V, Dubcovsky J (2003). Precise mapping of a locus affecting grain protein content in durum wheat. *Theoretical Applied. Genetics*, 107: 1243–1251.

Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS and Dean LA (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ., 939. U.S. Gov. Print Office, Washington D.C.

Ozturk L, Erenoğlu B, Kaya Y, Altıntaş Z, Haklı E, Andi E, Yılmaz Ö (2011). Çinko'nun Buğday Tanesine Tasınmasını Etkileyen Fizyolojik Mekanizmaların Araştırılması, TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 108T436.

Peleg Z, Saranga Y, Yazici A, Fahima T, Ozturk L and Cakmak I (2008). Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc-efficiency in wild emmer wheat under contrasting irrigation regimes. *Plant and Soil*, 306(1-2): 57-67.

Peterson CJ, Johnson VA and Mattern P J (1986). Influence of cultivar and environment on mineral and protein concentrations of wheat flour, bran and grain. *Cereal Chemistry*, 63(3): 183-186.

Ramussen PE and Rohde CR (1989) Stubble Burning Effects On Winter Wheat Yield and Nitrogen Utilization Under Semiarid Conditions. *Soils and Fertilizers* October, Vol.52 No: 10, p. 1443.

Rubio-Covarrubias OA, Brown PH, Weinbaum SA, Johnson RS and Cabrera RI. (2009). Evaluating foliar nitrogen compounds as indicators of nitrogen status in *Prunus persica* trees. *Scientia Horticulturae* 120(1): 27-33.

Sharma PN, Chatterjee C, Agarwala SC and Sharma CP (1990). Zinc deficiency and pollen fertility in maize (*Zea mays*). *Plant and Soil*, 124(2): 221-225.

Shi R, Zhang Y, Chen X, Sun Q, Zhang F, Romheld V and Zou C (2010). Influence of Long term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science*, 51(1): 165-170.

Suzuki M, Tsukamoto T, Inoue H, Watanabe S, Matsuhashi S, Takahashi M, Nakanishi H, Mori S and Nishizawa NK (2008). Deoxymugineic acid increases Zn translocation in Zn-deficient rice plants. *Plant Molecular Biology*, 66(6): 609-617.

Takahashi M, Terada Y, Nakai I, Nakanishi H, Yoshimura E, Mori S and Nishizawa NK (2003). Role of nicotianamine in the intracellular delivery of metals and plant reproductive development. *Plant Cell*, 15: 1263-1280.

Toğay Y, Toğay N, Kocakaya Z, Erdal İ ve Çiğ F (2005). Van Koşullarında Çinko Uygulamasının Farklı Buğday Çeşit ve Hatlarında Verim ve Verim Öğeleri Zerine Etkisi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül, Antalya (Araştırma Sunusu Cilt I, Sayfa 595-600)

Trampczynska A, Kupper H, Meyer-Klaucke M, Schmidt H and Clemens S (2010). Nicotianamine forms complexes with Zn(II) in vivo. *Metallomics* 2(1): 57-66.

Tsukamoto T, Nakanishi H, Uchida H, Watanabe S, Matsuhashi S, Mori S and Nishizawa NK. (2009). Fe-52 translocation in barley as monitored by a positron-emitting tracer imaging system (PETIS): Evidence for the direct translocation of Fe from roots to young leaves via phloem. *Plant Cell Physiology*, 50(1): 48-57.

Uauy C, Brevis JC and Dubcovsky J (2006a). The high grain protein content gene *Gpc-B1* accelerates senescence and has pleiotropic effects on protein content in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 57(11): 2785-2794.

Uauy C, Distelfeld A, Fahima T, Blechl A and Dubcovsky J (2006b). A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. *Science* 314(5803): 1298–1301.

US Salinity Laboratory Staff. (1954). Diagnosis and Improvement of, Saline and Alkaline Soils (Ed L. A. Richards). USDA Agriculture Handbook B, No: 60, U. S. Gov. Printing Office, Washington, 160 P.

Von Wiren N, Klair S, Bansal S, Briat JF, Khodr H, Shioiri T, Leigh RA and Hider RC (1999). Nicotianamine chelates both Fe-III and Fe-II. Implications for metal transport in plants. *Plant Physiology*, 119: 1107-1114.

Waters BM, Chu H-H, Didonato RJ, Roberts LA, Easley RB, Lahner B, Salt DE and Walker E L (2006). Mutations in *Arabidopsis* Yellow Stripe-Like1 and Yellow Stripe-Like3 reveal their roles in metal ion homeostasis and loading of metal ions in seeds. *Plant Physiology*, 141(4): 1446-1458.

Waters BM, Uauy C, Dubcovsky J and Grusak MA (2009). Wheat (*Triticum aestivum*) proteins regulate the translocation of iron, zinc, and nitrogen compounds from vegetative tissues to grain. *Journal of Experimental Botany*, 60(15): 4263-4274.

Welch RM and Graham RD (2004). Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *Journal of Experimental Botany*, 55: 353–364

Yang J and Zhang J (2006). Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist* 169(2): 223-236.

Yılmaz A, Ekiz H, Torun B, Aydın A, Çakmak İ (1995). Determination of zinc application methods in zinc-deficient wheat growing areas of Central Anatolia. Pp. 91-95. Soil Fertility and Fertilizer Management 9 th International Symposium of CIEC.

Yılmaz A, Gültekin İ, Ekiz H ve Çakmak İ (1998). Tohumla Uygulanan Farklı Konsantrasyonlardaki Çinko Sülfatın Buğday Verimine etkilerine Belirlenmesi. I. Ulusal Çinko Kongresi, Eskişehir.

Zebart BJ, Warren CJ and Sheard RW (1992). Influence of the rate of nitrogen fertilization on the mineral content of winter wheat in Ontario. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 40: 1528- 1530.