



www.ziraat.selcuk.edu.tr/dergi

Selçuk Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (39): (2006) 24-31



BITKİ BESLEMEDE BESİN ELEMENTLERİ ARASINDAKİ ETKİLEŞİMİN ÖNEMİ VE BOR İLE DİĞER BESİN ELEMENTLERİ ARASINDAKİ ETKİLEŞİMLER

Sait GEZGİN¹

Mehmet HAMURCU¹

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET

Bitki besin maddeleri, bitkinin büyümesi ve normal gelişmesi için gerekli olan ve kendi fonksiyonları yönünden başka hiçbir kimyasal elementin yerlerini dolduramadığı elementlerdir. Tarım yoğunlaştıkça ve besin elementi eksikliğinin ciddiyeti ve miktarı arttıkça besin elementleri arasındaki etkileşimlerin önemi de artmaktadır. Bitki beslenmesinde önemli bir yeri bulunan borun N, Ca, Mg, Fe ve Mn ile antagonistik; P, K, S, Zn ve Cu ile de sinerjistik etkileşiminin olduğu belirlenmiştir. Besin elementleri arasındaki etkileşimlerin gübre uygulamasında iki önemli meselenin sonuçlarını ve gidişatını belirlemede anahtar role sahip olduğu bilinmektedir. Bu iki önemli faktör dengeli ve etkili gübre kullanımıdır. Özellikle belirtilmelidir ki denge, yüksek ve kaliteli ürün elde etmek için olmazsa olmaz bir faktördür ve aynı zamanda etkili gübre kullanımının ana unsurudur.

Bundan dolayı bu derlemede tarımda besin elementleri ve özellikle de bor ile diğer besin elementleri arasındaki etkileşim konusuna dikkat çekmek ve yüksek kalitede ürün elde etmek için bu etkileşimlerin oranları ve şekillerini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitki besin elementi, interaksyon, gübreleme, bor.

THE IMPORTANCE OF THE NUTRIENTELEMENTSINTERACTIONAND THE INTERACTIONS BETWEEN BORON WITH THE OTHER NUTRIENT ELEMENTS İN PLANT NUTRITION

ABSTRACT

Plant nutrition elements are necessary for plant growing and normal development and their roles are not substituted by other chemicals. Together with the agricultural progresses the consciousness on nutrient deficiency problems have increased accordingly and the interactions of the elements have become more important. While boron, an important element in plant nutrition, has antagonistic interactions with N, Ca, Mg, Fe and Mn it also has synergistic relationships with the elements P, K, S, Zn and Cu. It is known that interactions among the nutrition elements have key roles in determination of the two important subjects in fertilizer supplying. These two factors are the balanced and the effective fertilizations. it is especially emphasized that balance is a unique factor for high yield and quality in crops and at the same time it is the main factor in effective fertilizer usage.

In this paper, therefore, the aim was not only to attract the attention of the reader to the interactions among nutrient elements, prevailing the interactions of B with other nutrition element, but also to put forward these interaction rates in order to get high quality crops.

Keywords: Plant nutrition element, interaction, fertilizing, boron

GİRİŞ

Bitkilerin optimum bir şekilde büyüyüp gelişebilmeleri için 16 besin elementi gereklidir ve bu elementler nadiren yalnız başlarına etkinlik gösterebilirler. Bir ürünün bir hektar alandan kaldırdığı besin elementi miktarı 200 kg azottan 20 g molibdene kadar 10 000 kat bir farklılık gösterebilmektedir. Besin maddeleri arasındaki etkileşim, biyolojik sistemlerin standart bir özelliği olup, bu durum en yüksek kalitede ve miktarda ürün elde etmek için çiftçiler tarafından uygulanan gübre miktarı ve maliyeti üzerinde etkili olmaktadır.

İki veya daha fazla besin maddesi arasındaki etkileşim pozitif (sinerjistik) ve negatif (antagonistik) olduğu gibi, besin elementleri arasında herhangi bir

etkileşim olmaya da bilir. Bitki beslenmesinde besin elementleri arasındaki farklı etkileşimleri, bu etkileşimleri etkileyen faktörleri ve nedenlerini bilmek, bitkilerin dengeli beslenmesi ve yüksek kalitede ürün elde etmek için oldukça önemlidir. Besin elementleri arasındaki pozitif ve negatif etkileşimleri bilmek aynı derecede önemlidir, çünkü bilimsel olarak ürün kalitesinin ve miktarının artırılması besin elementleri arasında meydana gelen pozitif etkileşimlerden elde edilen kazanımları artırmak ve negatif etkilerden meydana gelen ürün kayıplarını minimuma indirmekte yatmaktadır.

Tarım yoğunlaştıkça ve besin elementi eksikliğinin ciddiyeti ve miktarı arttıkça besin elementleri arasındaki etkileşimlerin önemi de artmaktadır. Türk tarımı çoklu besin elementi eksikliği safhasına girmiş

bulunmaktadır. Bununla ilgili olarak buğday üretimi ile uğraşan ortalamanın üstündeki bir çiftçi tarlasında en az 4-6 arasında bitki besin elementini sağlamak durumundadır. Besin elementleri arasındaki etkileşimlerin gübre uygulamasında iki önemli meselenin sonuçlarını ve gidişatını belirlemede anahtar role sahip olduğu bilinmektedir. Bu iki önemli faktör dengeli ve etkili gübre kullanımıdır. Özellikle belirtilmelidir ki, denge yüksek ve kaliteli ürün elde etmek için olmazsa olmaz bir faktördür ve aynı zamanda etkili gübre kullanımının ana unsurudur.

Bundan dolayı derlemede tarımda besin elementleri arasındaki etkileşim konusuna dikkat çekmek ve yüksek kalitede ürün elde etmek için bu etkileşimlerin oranları ve şekillerini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Alım ve Metabolizma Esnasında Mineral Elementler Arasındaki Etkileşimler

İnteraksiyon, bitki gelişmesinde faaliyet gösteren besin elementinin diğer bir besin elementi üzerinde ortak veya karşılıklı bir etkisi olarak tanımlanabilir. İnteraksiyonlar bitki gelişmesinde ilerlemeyle ve daha

Tablo 1. Bitkilerde Önemli İnteraksiyonlara Sahip Besin Elementleri (Magnickij 1964; Wollring ve Wehrmann, 1981; Vielemeyer ve ark., 1985; Gorlitz ve ark., 1986)

N/K	P/Fe	K/Mg	Ca/Mg	Cu/Mn	Mn/Mg	Fe/Zn	Mo/S
N/Ca	P/Zn	K/Ca	Ca/Al	Cu/Fe	Mn/Fe	Fe/Ni	Mo/Cu
N/Mg	P/Al	K/Na	Mg/Al	Cu/Zn	Mn/Zn	Fe/Cr	Mo/Mn
		K/B	Mg/Zn			Fe/Co	

Tablo 2. Çiçeklenme Döneminde Bitkilerde Olması Gereken Normal Besin Elementi Oranları (Dennis, 1971; Trier ve Bergman, 1974)

Bitki Çeşitleri	ppm Değerlerinden Hesaplanan Besin Elementi Oranları								
	N/Zn	P/Zn	K/Mn	Ca/B	S/Zn	S/Mn	Fe/Mn	Fe/Cu	Fe/Cu+Zn
Mısır	1000	100	400	300	80	30	2	12.5	3.5
Soya Fasulyesi	900	90	200	500	100	40	1	8.0	2.0
Sorgum	800	125	400	400	80	50	2	10.0	2.5
Buğday	750	140	350	600	100	30	0.5	4.0	1.0
Yonca	1000	130	550	750	70	50	1.5	6.0	2.0
Şeker Pancarı	1200	110	225	350	130	30	1.5	13.0	3.0

Mineraller arasındaki bu tür etkileşimler gübre kullanımı arttıkça daha önemli hale gelmektedir. Özellikle aşırı gübre kullanımı sonucu oluşan interaksiyonlar çok çeşitli formlar alabilmektedir. Bunlar, bitkiler tarafından besin elementlerinin alımının engellenmesi veya uyarılması, metabolizmada besin elementlerinin konsantrasyonlarının değişmesi, zor çözünebilen çökeltilerin veya seyreltme etkilerinin oluşması şeklinde görülebilmektedir. Sözü edilen oluşumlar bitkide besin elementlerinin noksanlık veya toksisite belirtilerinin tetiklenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bununla ilgili olarak Blas ve Mayr (1978), belli besin elementlerinin nispi oranlarına ve bitki besin elementlerinin çok fazla olmasına özellikle dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişler ve bu besin elementlerini şu şekilde sıralamışlardır: N/S, N/K, N/Ca, N/Mo, S/Ca, P/Ca, K/Ca, K+Mg/Ca. Aynı araştırmacılar bunları metabolik olarak bitkide önemli etkileşimler olarak değerlendirmişlerdir. Bununla ilgili

sağlıklı bitkilerin oluşumu ile sonuçlanabildiği gibi bitkilerde gelişimin gerilemesi ve ürün kaybı ile de sonuçlanabilmektedir (Tandon, 1995). Örneğin baklagil bitkisi asidik bir toprakta yetersiz şekilde gelişme gösterirken toprağa ilave edilen kireç ile bitki gelişimi normale dönebilmektedir. Yine aşırı fosforlu gübre kullanımı sonucu bitkilerde sıklıkla çinko noksanlıkları ortaya çıkabilmektedir.

Bitkide interaksiyonlar, mevcut bir element bitki tarafından fazla miktarda alındığında ve toksik seviyeye ulaştığı durumlarda artabilir. Bu durum bitkide diğer besin elementlerinin normal metabolik görevlerinin aksamasına neden olabilmektedir. Örneğin, bir bitki tarafından çinkonun aşırı alınımı demirin metabolik görevlerini olumsuz yönde etkileyebilmekte ve bitki bünyesinde yeterli seviyede demir bulunmasına rağmen bitkide kloroz görülebilmektedir. Tek yanlı ve aşırı nitratlı gübre kullanımı özellikle toprak çözeltisindeki besin dengesinin olumsuz yönde bozulmasına ve bunun sonucunda kendini akut semptom olarak gösteren beslenme bozukluklarına yol açabilmektedir.

olarak bitki yapraklarında ve meyve etindeki aşırı yüksek K/Ca ve K+Mg/Ca oranlarını bitkilerde hasta çekirdek oluşumu, elmalarda depolama hastalıkları ile domateslerde, kavunlarda ve diğer bahçe kültürü ürünlerinde çiçek burnu çürüklüğü ile ilişkilendirmişlerdir. Yine Magnickij (1964), Wollring ve Wehrmann (1981), Vielemeyer ve ark. (1985) ve Gorlitz ve ark. (1986)'ya göre de bitkilerde önemli interaksiyonlara sahip olan bitki besin elementleri şu şekilde sınıflandırılmışlardır (Tablo 1).

Bu tür oransızlıklar fazla miktarda azotlu gübre kullanımının neden olduğu potasyum eksikliği, fazla miktarda fosfor alan bitkilerde P/Zn oranının bozulması ile de ortaya çıkabilir.

Dennis (1971), Trier ve Bergman (1974) bir bütün olarak bitkinin besin elementi içeriğini bilmenin yanı sıra bitkinin farklı parçalarındaki nispi besin elementi konsantrasyonlarını bilmenin de son derece önemli

olduğunu belirtmişlerdir. Bununla ilgili olarak Tablo 2 ve 3'te belirtilen besin elementi oranlarını bitkilerin

sadece mineral beslenmesinde gerekli olan oranlar olarak belirlemişlerdir.

Tablo 3. Bazı Bitkilerdeki P/Zn Oranları (Dennis, 1971; Trier ve Bergman, 1974)

Bitki Çeşitleri	ppm Değerlerinden Hesaplanan P/Zn Oranları			
	Akut Zn Eksikliği	Belirti Göstermeyen Zn Eksikliği	Yeterli Zn Durumu	Aşırı Zn
Mısır	>300	201-300	50-200	<25
Çalı Fasulyesi	>300	201-300	80-200	<40
Ayçiçeği	>400	201-400	80-200	<50
Patates	>300	201-300	100-200	<60

Tablo 4. Mısırdaki P, Zn ve Fe ile İlgili ppm Değerinde Hesaplanmış Oranlar (Blasl ve Mayr, 1978)

Besin Elementleri	Kabul edilebilir Oran	Optimum Oran
P/Zn	15-180	65 civarında
P/Fe	4-20	12 civarında
Fe/Zn	3-15	5 civarında

Eğer besin elementi oranları tablolarda verilen değerleri geçerse veya belirtilen değerlerin altına düşerse besin elementlerinin birinin eksikliği veya diğerinin fazlalığının beklenebileceği, bu durumda söz konusu elementin miktarı bitki için yeterli olarak değerlendirilse bile, bitki metabolizmasında bozulmaya neden olabileceği belirtilmiştir. Benzer çalışmada Blasl ve Mayr (1978) mısır bitkisinin normal gelişimi için P/Zn, P/Fe ve Fe/Zn oranlarını belirlemişlerdir (Tablo 4). Boawn ve Leggett (1964), Watanabe ve ark. (1965) da mısır bitkisinin normal gelişimi için P/Zn oranının 150 olması gerektiğini, eğer bu oran 300'ü aşarsa çinko eksikliği görülebileceğini bildirmişlerdir.

Dingus ve Keefer (1968) 42 günlük mısır yapraklarındaki 0.6-1.0 arasındaki Mn/Zn oranını sağlıklı bitki gelişimi ve yüksek ürün ile, 8-12 arasındaki Mn/Zn oranını ise sağlıklı bitki gelişimi ve yetersiz ürün ile ilişkilendirmişlerdir. Brar ve ark. (1974) normal bir gelişim için Fe/Zn oranlarını mısırdaki 2.5-7.3/8.1 arasında, çeltikte ise 2 olarak aktarmışlardır. Baier (1985) 120 günlük şeker pancarı bitkisi yapraklarında besin elementi oranlarının P/N: 0.14-0.65; K/N: 1.00- 3.17; Ca/N: 0.34-0.96 ve Mg/N: 0.18-0.57 arasında olduğu zaman bitkide optimum bir gelişimin olabileceğini belirtmişlerdir.

Bucher (1970), Zn içeriklerini sağlıklı asma yapraklarında 28 ppm, orta derecede gelişmiş asma yapraklarında 32 ppm ve Zn eksikliği semptomlarının çok fazla olduğu asma yapraklarında ise 49 ppm olarak belirlemiştir. Asma yapraklarında yapılan analizlerde hasta yaprakların fosfor içeriğinin sağlıklı asma yapraklarındakine göre iki kat daha fazla olduğunu, bunun sonucunda da sağlıklı yaprakların çinko içeriğinin yüksek olmasına rağmen P/Zn oranının bozuk olduğu ve bitkilerde sadece Zn miktarına bakılarak sağlıklı bitki oluşumunun nedeninin belirlenemeyeceğini göstermiştir. Bundan dolayı bir elementin eksikliği aynı zamanda diğer elementlerde nispi olarak veya kesin fazlalık anlamına gelmektedir. Besin elementinin fazlalığı varsa bu durumun tersi de doğrudur. Her iki durumda da sonuç bitkiler için dengesiz beslenmedir

ve bundan dolayı besin eksikliği veya fazlalığının olup olmadığını belirlemek çok basit bir olgu değildir. Bu durumda kararlar bitkilerin kimyasal analizlerine veya farklılığın önemli olduğu yerlerde bitki öz suyu testlerine dayalı olmalıdır.

Optimum bitki gelişimi için, besinler bitki bünyesine belli oranlarda alınmalı ve dağılmalıdır (Baier, 1985; Busler, 1971; Gollmick ve ark. 1970). Bu durumla ilgili olarak Smith (1962) ve Baier (1985) bitki besin element konsantrasyonlarının oldukça geniş aralıklarda büyümeyi negatif yönde etkilemeden çeşitlilik gösterebileceğini, bir başka ifadeyle minimum besin elementi ihtiyaçlarının hesaba katılması gerekmesine rağmen optimum bitki gelişimi için besin elementi konsantrasyon aralıkları için verilen sınırların çok katı bir şekilde dikkate alınmaması gerektiğini, belli bir toleransın her zaman kabul edilmesi gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Bu tür toleransların hem besin elementinden besin elementine, hem de bitki tür ve çeşitleri arasında önemli ölçüde çeşitlilik göstereceğini belirtmişlerdir. Bununla ilgili olarak molibden noksanlık ve toksisite arasındaki konsantrasyon aralığının çok geniş olduğunu, bor ve bakır söz konusu olunca bu aralığın çok dar olduğunu belirtmiş ve burada önemli olan durumun besin elementlerinin bitki-deki içeriklerinin belli sınırlar dahilinde kalması ve aralarındaki oranların aşılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

BOR İLE DİĞER BESİN ELEMENTLERİ ARASINDAKİ ETKİLEŞİMLER

Bor bitki bünyesinde karbonhidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşması, oksin ve fenol metabolizmasında, zar geçirgenliğinde, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde önemli roller üstlenmektedir (Marschner, 1995).

Bitkilerin ihtiyaç duydukları bor miktarı oldukça azdır. Genellikle tek çenekli (monokotiledon) bitkilerin bor ihtiyacı çift çenekli (dikotiledon) bitkilerinkinden daha azdır (Rerkasem ve ark., 1991). Gerek duyulan borun çok az da olsa fazlası, bor noksanlığında

olduğu gibi bitkilerin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmaktadır.

Türkiye’de Orta Güney Anadolu Bölgesinde daha önce yapılmış araştırmalarda arpa ve buğday üretim alanlarında ciddi boyutta bor toksisitesi bulunmasına karşılık bunun yanında önemli miktarda bor noksanlığı bulunan alanların da olduğu görülmüştür. Gezgin ve ark. (2002)’nin Konya ili tarım alanlarından topladıkları 667 adet toprak örneğinin analiz sonuçlarına göre, toprakların bitkiye elverişli bor kapsamı 0.01-63.9 ppm (ort. 2.48 ppm) olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu çalışmada şeker pancarı için elverişli bor kapsamının ise toprak örneklerinin % 26.5’inde yetersiz (<0.5 ppm), % 64.3’ünde yeterli (0.5-5 ppm) ve % 9.2’sinde toksik (> 5 ppm) düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Gezgin ve ark. (1998) şeker pancarı yetiştirilen pancar tarlalarından 15 Temmuz - 15 Ağustos arasında alınan yaprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre bitki bünyesinde B ile Ca arasındaki dengenin yaklaşık olarak tarlaların % 67’sinde bor aleyhine, Fe ile Mn, Cu, Cu+Zn arasındaki dengenin ise % 71’inde Fe aleyhine bozuk olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanında Çakmak ve ark. (1996) Orta Anadolu Bölgesinde yaptıkları çalışmalarında Zn ve B arasındaki antagonistik etkileşim nedeniyle bor içeriği yüksek olan topraklarda yetiştirilen farklı buğday çeşitlerinde çinko noksanlığının arttığını bildirmişlerdir. Bu nedenle bitki beslenmesinde önemli bir yer alan borun diğer besin elementleri ile interaksyonu önemli olmaktadır.

Bor-Azot Etkileşimi

Sakal (1987), bor ve azot arasındaki ilişkinin birbirine ters yani antagonistik olduğunu belirlemiştir. Aggarwal ve Yadav (1984), 8.1 pH’lı, 0.40 ppm bor içeren bir toprakta yaptıkları saksı denemesinde, toprağa önemli derecede bor uygulamasının 45 günlük buğdayların kuru madde verimini 14.21 g/saksı’dan 6.6 g/saksıya azalttığı ve buğday yaprağındaki bor konsantrasyonunun 35.6 ppm’den 145.5 ppm’e çıktığını belirlemiştir. Aynı toprakta azot uygulamasının kuru madde verimini 9.8 g/saksıdan 13.6 g/saksıya arttırdığını ve bor konsantrasyonunu ise 109.5 ppm’den 49.2 ppm’e azalttığını belirlemiştir. Benzer çalışmada bor yetersiz bir toprakta yapılan sera çalışmasında yoncaya N uygulamasının bitkide bor konsantrasyonunu ve bor alımını azalttığını, bor uygulamaksızın azot uygulamasının bitkileri öldürdüğü bu durumun da muhtemelen bor yetersizliğinden kaynaklandığını belirlemiştir (Willett, 1985). Bir başka denemede bor uygulamasının nohut, buğday ve mercimekte azot konsantrasyonunu artırdığı, yer fıstığında 2 ppm bor ilavesinin azot alımını kayda değer ölçüde yükselttiğini, bu durumun aynı zamanda nodul miktarını % 37’ye kadar arttırdığını ve borun nodul oluşumu üzerine olumlu etkisi bulunduğunu belirlemiştir (Yadav ve Manchanda, 1979; Singh ve Singh, 1983; Patel ve Golakia, 1986).

Bu sonuçlarla ilgi olarak bor ve azot arasında kesin bir antagonistik ilişkinin olduğunu söylemek yanlış olabileceği için konuyla ilgili araştırma sayısının artırılması ve bulunan sonuçların çalışma yapılan bitkilere göre değerlendirilmesi önerilebilir.

Bor-Fosfor Etkileşimi

Singh ve Singh (1990) ve Patel ve Golakia (1986), bor ve fosfor arasındaki sinerjik bir ilişkinin var olduğunu göstermişlerdir. Kireçsiz sierozem kumlu bir toprakta 0 ppm’den 6 ppm’e kadar bor uygulamasının nohut filizlerinde fosfor içeriğini % 0.75’den % 1.60’a kadar artırdığı ve bunun yanında bor içeriğini de 58 ppm’den 416.6 ppm’e kadar yükselttiği, buğday filizlerinde fosfor içeriğinin % 1.01’den % 1.30’a kadar artırdığı ve bor içeriğini 28 ppm’den 29.3 ppm’e kadar yükselttiği belirlenmiştir (Yadav ve Manchanda, 1979). 0.43 ppm bor içeren 8.5 pH’lı kumlu tın bünyeli allüviyal bir toprakta yapılan sera denemesinde mercimeğe 0 ve 8 ppm dozlarında fosfor uygulamış ve altı hafta sonra mercimek yapraklarının bor içeriğinin 56.7 ppm’den 413.3 ppm’e yükseldiğini belirlemiştir (Singh ve Singh, 1983).

Bor-Potasyum Etkileşimi

Yadav ve Manchanda (1979), kontrollü sera şartlarında nohut ve buğdayda yaptıkları çalışmada bor uygulamasının K konsantrasyonunu nohutta % 3.78’den % 7.02’ye ve buğdayda ise % 5.50’den % 6.87’ye artırdığını belirlemiştir. Singh ve Singh (1983), benzer şekilde sera koşullarında allüviyal kumlu tın bir toprakta yaptıkları çalışmada bor uygulamasının mercimek filizlerinde K konsantrasyonunu % 3.90’dan % 5.50’ye kadar yükselttiğini belirlemişler ve B ile K arasında sinerjik bir ilişkinin olduğunu ifade etmişlerdir. Sakal (1988), kumlu-tın tekstüre sahip kireçli topraklarda yaptıkları tarla denemelerinde K uygulamasıyla ortalama dane veriminin 977 kg/ha’dan 1067 kg/ha’a arttığını, bor uygulamasıyla dane veriminin 939 kg/ha’dan 1168 kg/ha’a çıktığını, en yüksek dane veriminin ise 1238 kg/ha ile 30 kg K₂O + 2 kg B/ha uygulamasıyla elde edildiğini belirlemiş ve bor ile potasyum arasında sinerjik bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur.

Bor-Kükürt Etkileşimi

Mevcut literatürler B- S interaksyonu üzerine birbirleri ile sinerjik bir etkinin varlığından bahsetmektedir. B ve S uygulamaları bitkide her birinin konsantrasyonunu azaltmıştır. Shukla (1983), elverişli S ve B’u yetersiz olan kumlu- tın tekstüre sahip allüviyal bir toprakta yürütülen tarla denemesinde 20 kg S + 1 kg B/ha karışımının uygulanmasından maksimum (1600 kg/ha) hardal tohumunun elde edildiği, söz konusu tohumlarda da yağ içeriğinin % 40.3’den % 44.1’e ve protein içeriğinin % 19.1’den % 21.6’ya çıktığını belirlemiştir. B ve S arasında benzer sinerjik ilişki yerfıstığı tohumu ve yağ üretiminde de kaydedilmiştir. Shukla (1983), hardal üzerine yaptıkları bir

denemede 20 kg S +10 kg Boraks/ha ilavesi N ve P kontrolünde tohum verimini % 42'ye kadar arttırdığını belirlemiştir. Karle ve Babula (1985) ve Tandon (1991) da bor ve kükürt arasında sinerjik bir etkinin var olduğundan bahsetmektedirler.

Bor-Kalsiyum Etkileşimi

Bir çok araştırma sonucunda B ve Ca arasındaki ilişkinin antagonistik olduğu belirlenmiştir (Fox, 1968; Chauhan ve Power, 1978). Bu durum belirli şartlarda bitki gelişimi açısından avantajlı olabilmektedir. Tütün bitkisinde yapılan bir çalışmada bor toksik alanlarda yetiştirilen bitkiye kalsiyum ilavesi bitkinin Ca miktarını artırmış ve bitki üzerindeki bor toksisitesinin etkisi azalmıştır. Yine benzer bir çalışmada B'un toksisite semptomları veya eksikliğinin 365-1578 Ca/B oranında gözlemlendiği ve bu oran 1792'yi aştığı zaman bor eksikliği semptomları görüldüğü belirlenmiştir (Patel ve Mehta, 1966). Ayrıca optimum Ca/B oranını kum darıda 200 ve yer fıstığında 218-224 olarak bildirmişlerdir. Jones ve Scarseth (1944) Ca ve B arasındaki ideal dengeyi tütün için 1200, soya fasulyesi için 500 ve şeker pancarı için 100 olarak belirlemişlerdir.

Borca zengin sodik topraklarda kireç taşı uygulaması, kalsiyum borat komplekslerinin sentezlenmesi ve aynı zamanda toprak geçirgenliğini artırması sonucu toprakların bor kaybını artırmış ve bor toksik alanlarda toksisite belirtilerinin azalmasına neden olmuştur (Golakia ve Patel, 1988).

Bor-Magnezyum Etkileşimi

Singh (1988) börülce üzerinde yaptığı sera çalışmasında bor seviyesini 1 ppm'den 16 ppm'e arttırdığında bitkinin Mg içeriğinin % 0.37'den % 0.30'a ve Mg alımının da 9.1 mg/saksıdan 4.5 mg/saksıya düştüğünü belirlemiştir. Benzer çalışmada Singh ve Singh (1983) kumlu-tın tekstüre sahip allüviyal bir toprakta mercimek üzerinde yaptıkları çalışmada bor seviyesini 0 ppm'den 8 ppm'e çıkarttıklarında mercimek filizlerinde Mg konsantrasyonunun % 0.19'dan % 0.10'a azaldığını saptamışlardır. Bu sonuçlar B ve Mg arasında antagonistik bir ilişkinin var olduğuna işaret etmektedir.

Bor-Çinko Etkileşimi

Shukla (1983) allüviyal bir toprakta yaptığı tarla denemesinde Zn uygulamasının hardalda tohum verimini, yağ ve protein içeriğini önemli ölçüde arttırdığını, B ilavesinin de Zn ile nominal değerler üzerindeki parametreleri geliştirdiğini ve Zn+B birleştirilen etkilerin parametreler üzerinde artışa yol açtığını belirlemiştir.

Sing ve ark.,(1990), çinko noksanlığının giderilmesi ile kök hücreleri civarındaki koruyucu etki nedeniyle bitki dokularındaki bor konsantrasyonunun azaldığını ve bor toksitesinin önlenemediğini bildirmişlerdir.

Hamurcu ve Gezgin (2001) şeker pancarı üzerine yaptıkları tarla denemesinde şeker pancarı bitkisine dört farklı bor dozu (0, 0.5, 1, 2 kg B/da) ve dört farklı çinko dozu (0, 1, 2, 4 kg Zn/da) uygulamışlar ve uygulama sonucunda kök verimi ve şeker verimi üzerine Zn x B interaksyonunun etkisini önemli bulmuşlardır. Uygulama sonucunda en yüksek kök verimi ve şeker oranının 1 kg Zn/da + 2 kg B/da uygulamasından elde edildiğini belirlemiştir.

Sonuç olarak B-Zn interaksyonları P-Zn interaksyonları ile benzerlik göstermektedir. İlginç öneri şudur ki; yarı kurak bölgelerde yüksek bor içerikli alkalın topraklarda düşük Zn elverişliliği, henüz belirlenemeyen bir sebepten dolayı B toksisitesindeki artışa bağlı olarak ürün veriminde azalmaya neden olmaktadır. Bununla birlikte topraklarda Zn eksikliğinin buğdayda kuru madde miktarını azaltırken B konsantrasyonunu arttırdığı belirlenmiştir (Singh ve ark., 1990; Tandon, 1995).

Bor-Demir Etkileşimi

Kumlu-tın tekstürdeki bir allüviyal toprakla yürütülen sera denemesinde bor seviyesini arttırmak bölgede Fe konsantrasyonunu 142.5 ppm'den 245 ppm'e yükseltmiş, bununla birlikte bitkinin toplam Fe alımı bor seviyesini arttırmakta herhangi bir tutarlı değişim göstermemiştir (Singh 1988). Santra (1989), çeltik bitkisine bor uygulandığı durumlarda çeltik hasat edildikten sonra toprakların elverişli demir içeriklerinin azaldığını ortaya koymuştur.

Hamurcu ve ark. (2005), kontrollü sera şartlarında makarnalık buğday ile yürüttükleri bir çalışmada yedi farklı bor dozu (0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 ppm) ve dört farklı demir (0, 6, 12, 24 ppm) dozunu uygulamışlardır. Bitkiye uygulanan bor dozu arttıkça bitki bor konsantrasyonunun arttığını, demir miktarı arttıkça demir konsantrasyonunun belli bir noktaya kadar artış gösterdiğini, belli bir seviyeden sonra düştüğünü belirlemişlerdir. Uygulanan bor miktarının bitkinin demir alımı üzerine bir etkisinin olmadığını, buna karşın uygulanan demir miktarının artışına bağlı olarak bitkinin bor alımını azalttığını belirlemişlerdir.

Bor-Mangan Etkileşimi

Garate (1984), domates bitkisiyle su kültüründe yaptığı çalışmada B ve Mn arasındaki interaksyonu araştırmış ve B eksikliği durumunda bitki kökleri tarafından Mn alımının arttığını, B fazlalığı durumunda ise bitki köklerinde Mn nispi hareketliliğinin azaldığını belirlemiştir.

Singh (1988) allüviyal kumlu bir toprakta, sera koşullarında börülcede mangan konsantrasyonu üzerine yaptığı bir araştırmada bor seviyesindeki artışla birlikte börülce bitkisinin mangan konsantrasyonunun 120 ppm'den 172.5 ppm'e yükseldiğini belirlemiştir. Santra (1989) ise bor ve mangan arasında antagonistik bir ilişkinin bulunduğunu rapor etmiştir.

Bor-Bakır Etkileşimi

Tandon (1995), bitkilerde B ve Cu arasındaki interaksiyonun tam olarak belirginlik kazanmadığını bildirmiş olmasına rağmen; Singh (1981), peat topraklarda fazla miktarda B uygulamasının yağ palmiyesinde Cu alımını azalttığını belirlemiştir. Benzer çalışmada Alvarez-Tinaut (1979) ve Gomez (1981), ayçiçeğinde farklı bakır konsantrasyonları üzerine yaptıkları araştırmada yeterli düzeyde bor sağlandığında bakır konsantrasyonlarının etkilenmediğini, bor fazlalığı durumunda ise bitkide bakır taşınması ve hareketliliğinin azaldığını tespit etmişlerdir. Ancak El-Gharabby ve Bussler (1986), pamuk bitkisinde yaptıkları araştırmada bitkide bor miktarının artışı ile birlikte bakır miktarında da artışlar belirlemişler ve bor ile bakır arasında sinerjik bir ilişkinin varlığından bahsetmişlerdir. Santra (1989) topraklarda bakırın elverişliliği durumunda bor ve bakır arasındaki ilişkinin sinerjik olduğunu belirlemiştir.

Bor-Molibden Etkileşimi

Singh ve Singh (1992), sera şartlarında yaptıkları bir çalışmada 0.30 ppm bor ve 0.03 ppm molibden içeren kumlu tın bir toprağa bor uygulamasıyla buğday dane ve samanında bor ve molibden alımının ileri derecede arttığını, dane ve saman tarafından Mo'nin alımının 0.5 ppm B + 1 ppm Mo uygulamasında en yüksek düzeyde olduğunu, bununla birlikte borun en yüksek seviyede uygulandığı durumda molibden alımında bir azalma gözlemlendiğini belirlemişlerdir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitki kökleri tarafından yapılan absorpsiyon büyük ölçüde toprak nem rejimleri, ışık yoğunluğu ve atmosferik ısı ile belirlenir. Bundan dolayı interaksiyon çalışmalarında bu faktörler de dikkate alınmalıdır. Bitkilerdeki su dengesini muhafaza etmede borun rolü araştırılmalıdır. Bu durumun belirlenmesi tarla şartlarında yapılan pratik uygulamalarda kuraklık ve aşırı sulama durumunda ürün zararını azaltmada yardımcı olacak tedbirlerin geliştirilmesinde yardımcı olacaktır.

Çoğu durumlarda iki veya daha fazla besin elementi arasındaki etkileşim birbirleri arasındaki oranlara bağlıdır. Yani belli bir konsantrasyon düzeyine kadar sinerjiktir ve bu iki elementten birinin konsantrasyonundaki artışla birlikte antagonistik etki başlamaktadır. Bu nedenle bitki beslenmesinde gübreleme yapılırken bitki içerisindeki besin elementi konsantrasyonlarının belirtilen oranların çok altında veya çok üstünde olmamasına özellikle dikkat edilmelidir.

Etkileşim çalışmalarının yapıldığı toprağın bünyesindeki besin elementi konsantrasyonlarını bilmek çok önemlidir. Borun diğer mikro besin elementleriyle etkileşimi üzerine mevcut olan bilgiler yetersizdir ve büyük ölçüde sera veya saksı çalışmaları neticesinde elde edilmiş sonuçlardır. Bundan dolayı bu konuda

tarla koşullarında daha fazla araştırma yapılarak daha fazla veri üretmek gerekmektedir.

Toprak-bitki sistemindeki bor etkileşim alanları kesin olarak tanımlanmalı ve tüm bitki yerine farklı gelişme dönemlerinde farklı bitki parçalarındaki bor ve diğer besin elementleri arasındaki etkileşim araştırmaya tabi tutularak analiz edilmelidir.

Dengeli bitki besleme oranlarını belirlemek için her bitki türü için ayrı çalışma yapılarak ürün çeşitlerine göre sonuçlar yazılmalı ve değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Aggarwal, S.C. and Yadav, D.V., 1984. Effect of boron and nitrogen on yield and boron content of wheat. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 32, 197-200.
- Alvarez-Tinaut, Mc, 1979. Physiological effects of boron-manganese interaction in tomato plants. III. Uptake and translocation of the microelements Mn, Cu and Zn. *An. Edafol. Y. Agrobiol.* 38, 1013-1029.
- Baier, J., 1985. Sronavaci studie zivinnychpomeru cukrovky. *Rostlina vyroby*, 31, 663-668.
- Blasl, S. and Mayr, H.H., 1978. Der Einflub von Zink auf die Ernährung der Maispflanze und seine Wechselbeziehungen mit phosphor und eisen. *Bodenkultur*, 29, 253-269.
- Boawn, L.C. and Leggett, G.E., 1964. Phosphorus and zinc concentrations in Russett Burbank potato tissue in relation to development of zinc deficiency symptoms. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28: 229-232.
- Brar, S.P.S., Randhawa, N.S. and Dwivedi, R.S., 1974. Studies on differences in maize varieties for susceptibility of zinc deficiency chemical and biochemical indices. *Proc. 7th Int. Coll. Plant Anal. and Fertilizer*, 1, 55-69.
- Bucher, R., 1970. Vorlaufige untersuchungsergebnisse über die bedeutung einer gestörten zinkernahrung bei reben für das zustandekommen des chlorosesyndroms auf karbonatböden Weinberg u. Keller, 17, 427-446.
- Busler, W., 1971. Zur Problematik einer optimalen Kombination der Spurennährstoffe in der Dunung. *Landw. Forsch.*, 26, 84-92.
- Chauhan, R.P.S. and Power, S.L., 1978. Tolerance of wheat and pea to boron in irrigation water. *Plant and Soil*, 50, 145-190.
- Çakmak, İ., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Ekiz, H., Ülger, A.C. and Brown, H.J., 1996. Zinc deficiency and boron toxicity as critical nutritional problems in wheat production in Turkey. *5th Int. Wheat Conference*, June 10-14, Ankara, Turkey, p. 279.

- Dennis, E.J., 1971. Micro nutrients a new dimension in agriculture. Publ. Nation. Fert. Sol. Assoc. Peoria, Illinois, USA.
- Dingus, D.D. and Keefer, R.F., 1968. Effect of interrelations among the elements Zn, Cu, Mn and Mg on the growth and composition of corn (*Zea mays* L.). Proc. West Virginia Acad. Sci. 40, 12-18.
- El-Gharably., G.A. and Bussler, W., 1986. Critical levels of boron in cotton plants. Egypt J. Bot. 26, 81-90.
- Fox, R.H., 1968. The effect of calcium and pH on boron uptake from high concentrations of boron by cotton and alfalfa. Soil Sci., 106,435-439.
- Garate, A., 1984. Effect of boron on manganese and other nutrients in fluids of vascular tissues. An Edafal. Agrobiol. 43, 1467-1477.
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M. ve Ayaslı, Y., 1998. Konya Ovasında şeker pancarı bitkisinin beslenme sorunlarının toprak ve bitki analizleri ile belirlenmesi. Konya Pancar Ekicileri Kooperatifi Eğitim ve Sağlık Vakfı Yayınları, Bahçıvanlar Basım San. A.Ş., Konya.
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N., Yorgancılar, M., Ceyhan, E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, İ., Işık, Y., Şeker, C. and Babaoğlu, M., 2002. Determination of B Contents of Soils in Central Anatolian Cultivated Lands and its Relations between Soil and Water Characteristics. Boron in Plant and Animal Nutrition. Edited by Goldbach et al., Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York
- Golakia, B.A. and Patel, M.S., 1988. Effect of Ca/B ratio on yield attributes and yield of groundnut. J. Indian Soc. Soil Sci. 36, 287-290.
- Gollmick, F., Neubert, P. and Vielemeyer, H.P., 1970. Möglichkeiten und Grenzen der Pflanzenanalyse bei der Ermittlung des Mineralstoffbedarfs landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Fortschr. Ber. Adl der DDR Bd 8, H. 4, Berlin.
- Gomez, R.M.V., 1981. Boron, copper, iron, manganese and zinc contents in leaves of flowering sunflower plant (*Helianthus annuus* L.) grown with different boron supplies. Plant and Soil, 62, 461-464.
- Gorlitz, H., Völker, U. and Vielemeyer, H.P., 1986. Entwicklung und Anwendung von Schnellmethoden zur Bestimmung des N im Boden und zur Pflanzenanalyse als Grundlage für die operative N-Düngung. Feldwirtschaft 27, 177-180.
- Hamurcu, M. ve Gezgin, S., 2001. Şeker pancarının (*Beta vulgaris* L.) verim ve kalitesi üzerine çinkove bor uygulamasının etkisi. S.Ü. Ziraat Fak. Derg. 15(26): 116-128.
- Hamurcu, M., Harmankaya, M., Soylu, S., Gökmen, F. ve Gezgin, S., 2005. Makarnalık Buğdayın (*Triticum durum* L.) Bazı Besin Elementleri Kapsamına Farklı Dozlarda Bor ve Demir Uygulamalarının Etkisi. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Basıkıda.
- Jones, H.E. and Scarseth, G.D., 1944. The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. Soil Sci. 57: 15-24.
- Karle B.G., Babula A.V. 1985. Effect of B and S on yield attributes and quality of groundnut. Proc. TNAU - FACT Seminar on Sulphur. Coimbatore, 158-168.
- Magnickij, K., 1964. Kontrolle des ernährungszustandes von landwirtschaftlichen und gärtnerischen kulturpflanzen. Moskova.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Pres, New York. Pp. 379-396.
- Patel, N.K. and Mehta, B.V., 1966. Effect of various calcium-boron and potassium-boron ratios on the growth and chemical composition of aromatic strains of Bidi tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). J. Indian Soc. Soil Sci. 14, 241-251.
- Patel, M.S. and Golakia, B.A., 1986. Effect of calcium carbonate and boron application on yield and nutrient uptake by groundnut. J. Indian Soc. Soil Sci. 34, 815-820.
- Rerkasem, B.S., Lordkaew, S., and Jampod, S., 1991. Assessment of grain set failure and diagnosis for boron deficiency in wheat. In: D.A. Saunders (Ed.), Wheat for non- traditional warm areas. Pp. 500-504. Mexico D.F. : CIMMYT.
- Sakal, R., 1987. Boron and sulphur-nutrition of groundnut in calcareous soil. Annual Progress Report of the All India Co-ordinated Scheme of Micro and Secondary Nutrients and Pollutant Elements in Soils and Plants (ICAR) pp. 37-40. Rajendra Agril. Univ., Pusa, Bihar.
- Sakal, R., 1988. Effect of boron application on blackgram and chickpea production in calcareous soil. Fert. News. 33 (2), 27-30.
- Santra, G.H., 1989. Relationship of boron with iron, manganese, copper and zinc with respect to their availability in rice soil. Environ. Eco., 7, 874-877.
- Shukla, M.P., 1983. Sulphur, zinc and boron nutrition of Rai (*Brassica juncea*). J. Indian Soc. Soil Sci. 31, 517-520.
- Singh, G., 1981. Micro nutrient studies on the oil palm on peat. Perak Planter's Association J., 69, 83.

- Singh, V. and Singh, S.P., 1983. Effect of applied boron on the chemical composition of lentil plants. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 31, 169-170.
- Singh, D.P., 1988. Effect of gypsum on boron tolerance in cowpea. *New Botanist* 15, 145-148.
- Singh, B.P., Singh, B., 1990. Response of French bean to phosphorus and boron in acid Alfisols in Meghalaya. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 38, 769-771.
- Singh, V. and Singh R.P., 1992. Effect of Mo and B application on yield and their uptake by wheat. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 40, 876-877.
- Smith, P.F., 1962. Mineral analysis of plant tissues. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 13, 81-108.
- Tandon, H.L.S., 1991. Secondary and Micro nutrients in Agriculture. *FDCO, New Delhi*, pp. 122.
- Tandon, H.L.S., 1995. Micro nutrients in Soils, Crops and Fertilisers-a source book-cum directory. *FDCO, New Delhi*, pp.138.
- Trier, K. and Bergmann, W., 1974. Ein Beitrag zur Diagnose des Zinkmangels bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. *Arch. Acker-u. Pflanzenb. U. Bodenkde.* 18,53-63.
- Vielemeyer, H.P., Fischer, F., Bergman, W., Jakob, F., Witter, B. and Podlesak, W., 1985. Operative Bemessung der 2. N-Gabze zu Wintergetreide mit dem Nitrat-Schnelltest. *Feldwirtsch* 26, 109-112.
- Watanabe, F.S., Lindsay, W.L. and Olsen, S.R., 1965. Nutrient balance involving phosphorus, iron and zinc. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29: 562-565.
- Willett, I.R., 1985. Nitrogen-induced boron deficiency in Lucerne. *Plant and Soil*, 86, 443-446.
- Wollring, J. and Wehrmann, J., 1981. Der nitrat-Schnelltest-Entscheidungshilfe für die N-Spätzung. *Mitt. DLG* 8, 448-449.
- Yadav, O.P. and Manchanda, H.R., 1979. Boron tolerance studies in gram and wheat grown on a sierozem sandy soil. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 27, 174-180.