

TOPRAKTAN YAPILAN BAKIR UYGULAMALARININ TOPRAK PH'SI VE BİTKİ BESİN MADDESİ İÇERİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ*

Sahriye SÖNMEZ¹ Mustafa KAPLAN¹ N. Kemal SÖNMEZ² Harun KAYA³

¹Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Antalya

²Akdeniz Üniversitesi Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, Antalya

³Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

Özet

Örtüaltı yetiştiriciliğinin yoğun bir şekilde yapıldığı Akdeniz Bölgesi'nde bakır (Cu) içeren gübrelerin ve fungisidlerin yoğun kullanımı nedeniyle yaygın olarak bitki analizlerinde yüksek bakır içerikleri belirlenmiştir. Muhtemel bakır toksisitesinin gözlenmesinde, özellikle demir noksanlığı ile benzerliği nedeniyle güçlükler bulunmaktadır. Bu çalışma, topraktan artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının toprak pH'sı ve topraktaki bitki besin maddesi [toplam azot (N), alınabilir fosfor (P), değişebilir potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg), bitkiye yararlı edilebilir demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu)] içerikleri üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla; topraktan 3 farklı düzeyde Cu [0 (Cu1), 1000 (Cu2) ve 2000 ppm (Cu3)], CuSO₄.5H₂O olarak uygulanmış ve saksı denemesi tesadüf parselleri deneme desenine göre 8 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Kurulan denemede, 2 dönemde toprak örnekleri alınmış ve alınan toprak örneklerinde pH, toplam N, alınabilir P, değişebilir K, Ca ve Mg, bitkiye yararlı Fe, Mn, Zn ve Cu analizleri yapılmıştır. Deneme sonucunda topraktan artan düzeylerde yapılan Cu uygulaması; toprak pH'sının, değişebilir Mg ve bitkiye yararlı Fe'in azalmasına neden olurken, toplam N, alınabilir P, değişebilir K, bitkiye yararlı Zn ve Cu içeriklerinin artmasına neden olmuştur. Toprakta yapılan Cu uygulamalarının değişebilir Ca ve bitkiye yararlı Mn içerikleri üzerine ise hiçbir etkisi olmamıştır. Sonuç olarak; bitki hastalıklarını kontrol etmek amacıyla topraktan artan düzeylerde yapılan Cu uygulamaları topraktaki bazı bitki besin maddelerinin içeriklerini artırmıştır. Bu artışın uygulanan bakır sülfatın (CuSO₄.5H₂O) yapısında bulunan kükürttten dolayı olduğu düşünülmektedir. Uygulanan bakırın toksisitesi ve özellikle topraktaki yararlı Fe üzerine olan olumsuz etkisi düşünülerek, topraktaki bitki besin maddelerinin yararlılığını artırmak için CuSO₄.5H₂O yerine kükürt (S) içeren başka materyallerin kullanılmasının daha yararlı olabileceği düşünülmelidir.

Anahtar Kelimeler: CuSO₄.5H₂O, Kükürt, Toprak pH'sı, Bakır Toksisitesi.

Effects of High Level Copper Applications to Soil on pH and Nutrient Element Contents of Soil

Abstract

It is determined that the copper contents are high level in plant and partially in soil analysis due to intensive use of Cu-containing fertilizers and fungicides in Akdeniz Region where greenhouse growing is intensive. Cu toxicity is difficult to determine since its symptoms are quite similar to Fe deficiency symptoms. The aim of the present study was to investigate the effects of Cu applications to soil on pH and nutrient element contents of soil. For this purpose, Cu was applied to soil as CuSO₄.5H₂O in three different levels (0, 1000 and 2000 ppm Cu). Pot experiments were carried out according to the completely randomized design with 8 replicates. After the experiment set up, soil samples were taken at 2 different periods and soil pH, total N, available P, exchangeable K, Ca and Mg, available Fe, Mn, Zn and Cu were analyzed. According to the results of pot experiment; soil pH, exchangeable Mg and available Fe decreased with increasing Cu applications while total N, available P, exchangeable K, available Zn and Cu increased with these Cu applications. Exchangeable Ca and available Mn were not affected by Cu applications. In conclusion, a high level of Cu applications to soil, with aim of controlling plant diseases, led to increase in the contents of the some nutrient element, but it is thought that this increase due to SO₄ ions in the structure of CuSO₄.H₂O. Additionally, it is thought that instead of CuSO₄.H₂O, S containing materials could be used to increase the availability of nutrient elements, considering that applied Cu would cause Cu toxicity and especially the negative effect on available Fe in soil.

Key words: CuSO₄.5H₂O, sulphur, soil pH, copper toxicity.

1. Giriş

Bakır, bütün canlıların beslenmesi için gerekli olan elementlerden birisidir.

* Bu araştırma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Tarafından 21.01.0104.07 No'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Ancak, fazlalığında bitkiler ve hayvanlarda (daha çok koyunlarda) bakır toksisitesi ortaya çıkabilmektedir. Buna karşılık insanlarda kronik bakır zehirlenmesi ile pek karşılaşmamaktadır (Marian, 1984).

Kirlenmemiş topraklarda bakır içeriği 2-40 ppm arasında değişirken, kirlenmiş topraklarda 1000 ppm'e kadar çıkabilmektedir. Bakır; toprakta organik maddelerce, mangan ve demir oksitlerce adsorbe edilmiş bir şekilde bulunmaktadır. Bunların dışında silikatlara bağlı olarak, az miktarda da değişebilir ve çözünebilir formda bulunmaktadır (Özbek ve ark., 1994). Mangan ve demir oksitlerce, aynı şekilde organik maddelerce adsorbe edilmiş şekilde bulunan bakırın büyük bir kısmı çok kuvvetli bağlı ve zor değişebilir bir şekilde bulunmaktadır (McLaren ve ark., 1983).

Tarım amacıyla kullanılan topraklarda toprak çözeltilerinde bakır konsantrasyonu 0.005- 0.080 ppm'e ve asit orman topraklarında ise 0.2 ppm'e kadar çıkabilmektedir. Bununla beraber, çözelti konsantrasyonu; pH'ya bağlı olarak adsorpsiyon ve desorpsiyon olayları ve çözünebilir organik kompleks oluşturuçuların miktarına bağlı olarak kompleks olayları tarafından etkilenmektedir. Ortamda organik kompleks oluşturuçular bulunduğu zaman ve toprak reaksiyonu $pH > 6$ olduğu durumda bakırın hemen hemen tamamı (% 99'un üzerinde) toprak çözeltilisinde organik kompleksler şeklinde bulunur. Her şeyden önce, organik atıkların mikrobiyel ayrışması sırasında oluşan veya canlı kökler tarafından salgılanan, küçük moleküllü kompleks yapıcılar, adsorbe edilmiş bakırla kompleks oluşturarak hareketli hale getirirler. Bu yolla, çözünebilir bakır miktarını önemli miktarda yükseltirler (Özbek ve ark., 1994).

Endüstriden kaynaklanan bakır kirlenmeleri dışında bazı tarımsal üretim alanlarında da bakır kirlenmeleri oluşmaktadır. Şerbetçi otu ve bağ yetiştiriciliğinin yaygın olduğu bölgelerde yıllardan beri bitki koruma materyali olarak kullanılan ilaçlar (35- 40 kg Cu/ha/yıl) toprakta bakır birikmesine neden olmaktadır. Toplam bakır içeriği toprakta 600 ppm değerine ulaşmıştır (Scwertman ve Huit, 1975; Scholl ve Enkelman, 1984).

Günümüzde nüfusun hızla artışı beraberinde yiyecek tüketimini de artırmaktadır. Bu da üretimde bir artışın gerekliliğini zorunlu kılmaktadır. Üretimde artışı sağlamak ancak mevcut tarım alanlarında entansif tarım tekniklerinin uygulanmasıyla mümkün olacaktır. Entansif tarımda yetiştirme koşulları kontrol altına alınarak yetiştirilen bitkiden maksimum ürün eldesi sağlamak esastır. Yetiştirme koşullarının kontrolü ancak örtüaltı yetiştiricilikle mümkün olabilmektedir.

Türkiye'de örtüaltı yetiştiriciliği yoğun olarak Akdeniz Bölgesinde yapılmaktadır. İklimsel özelliklerinin uygunluğu (ışıklenme süresi, su, sıcaklık vb.) bu bölgede sera yetiştiriciliğinin gelişmesine neden olmuştur. Ülkemizde toplam kapalı alanın 1998 yılı verilerine göre % 34'ü, toplam cam sera alanının % 83'ü, toplam plastik sera alanının % 47'si Antalya'da yer almaktadır (Anonim, 1999). 2003 yılında ise Türkiye'deki cam seraların % 84'ünü (59.905 da), plastik örtülü seraların % 44'ünü (78.682 da), yüksek ve alçak tünel tipi seraların sırası ile % 17'sini (16.799 da) ve % 9'unu (15.930 da) bulundurmakta ve Antalya'da toplam 171317 da'lık sera alanında üretim yapılmaktadır (Anonim, 2004).

Yoğun bir örtüaltı yetiştiriciliği yapılan Akdeniz Bölgesinde hatalı yoğun girdi kullanımının yeterince bilinçli bir şekilde uygulanmaması bir takım problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Özellikle son yıllarda Antalya bölgesindeki seralarda, bakır içeren gübrelerin, fungusidlerin ve bakterisidlerin yaygın bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Nitekim, Kaplan (1999) tarafından Batı Akdeniz Bölgesinde gerçekleştirilen bir araştırmada, Antalya bölgesindeki sera topraklarının % 8'inin Cu içeriğinin kritik toksisite sınırının üzerinde olduğu ve yaprak örneklerinin Cu içeriğinin yaprakta uygulanan Cu içeren kimyasallardan dolayı çok yüksek olduğu belirtilmiştir. Akdeniz bölgesinde, muhtemelen ciddi bir problem haline gelmiş, ancak henüz gözlenmesindeki güçlükler nedeniyle toksisitesi pek bilinmeyen bakırın incelenmesi gereği ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma, özellikle son yıllarda bitki

koruma amacıyla topraktan artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının toprak pH'sı ve topraktaki bitki besin maddesi içerikleri üzerine etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ndeki bilgisayar kontrollü cam serada yürütülen bu çalışmada; yetiştirme ortamı olarak Xerohent (Terra rosa) toprak kullanılmıştır. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'den görüldüğü gibi; denemede kullanılan toprak nötr, kireçli, az humuslu, killi, toplam N içeriği çok iyi, alınabilir P miktarı yüksek, değişebilir K ve Mg miktarı iyi, değişebilir Ca miktarı orta, bitkiye yarayışlı Fe ve Zn içeriği iyi, bitkiye yarayışlı Mn ve Cu miktarı yeterlidir (Kellog, 1952; Evliya, 1964; Thun ve ark., 1955; Loue, 1968; Olsen ve Sommers, 1982; Pizer, 1967; Lindsay ve Norvell, 1978).

Denemede topraktan yapılan Cu uygulamalarında, bakır kaynağı olarak bakır sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kullanılmıştır. Bakır sülfat % 24.9 Cu içermektedir.

2.1.1. Denemenin Kurulması ve Konular

Bu çalışmada; topraktan ve yapraktan yüksek düzeylerde uygulanan bakırın

domates bitkisi üzerine olan etkilerinin araştırıldığı projenin, sadece topraktan yapılan Cu uygulama sonuçları değerlendirilmiştir. Bu amaçla, deneme için temin edilen toprak, 4 mm'lik elekten elenerek 20 kg hava kuru toprak bünyeyi hafifletmek amacıyla 5 kg % 75 torf ve % 25 perlit karışımı ile karıştırılmış ve her saksıda toplam 25 kg olacak şekilde saksılara konulmuştur. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 8 tekerrürlü olarak kurulan denemede, topraktan 3 farklı düzeyde Cu ilavesi [0 ppm (Cu1), 1000 ppm (Cu2) ve 2000 ppm (Cu3)] $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ olarak uygulanmıştır. Bu uygulama dozları belirlenirken, bakır uygulamalarının sürekli kullanımı sonucu oluşabilecek bakır birikiminin olası etkilerini görebilmek amacıyla yüksek dozlar tercih edilmiştir.

2.1.2. Deneme Süresince ve Deneme Sonunda Uygulanan İşlemler

Deneme kurulduktan sonra, ilk 2 hafta toprağa karıştırılan bakırın inkübasyonu için bitkisiz olarak bekletilmiştir. İki hafta sonra, F-144 domates çeşidi fideler saksılara şaşırtılmıştır. Deneme süresince saksıların sulanması ve gübrenmesi eşit şekilde gerçekleştirilmiştir. Deneme kurulurken, taban gübresi olarak her bir saksıya 36 kg/ha N, 183 kg/ha P_2O_5 ve 135 kg/ha K_2O olacak şekilde monoamonyum fosfat ve potasyum sülfat verilmiştir. Vegetasyon dönemi boyunca da haftada 1 kez gübreleme yapılmış, her bir saksıya toplam 195 kg/ha N, 141 kg/ha P_2O_5 , 213 kg/ha K_2O , 26

Çizelge 1. Denemede Kullanılan Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları.

Parametreler	Birim	Değerler
PH	-	6.52
Tekstür	-	Killi
Kireç (CaCO_3)	%	4.40
Organik madde	%	2.60
Total N	%	0.175
Alınabilir P	ppm	110.80
Değişebilir K	meq/100 gr	0.62
Değişebilir Ca	meq/100 gr	13.75
Değişebilir Mg	meq/100 gr	4.51
Bitkiye Yarayışlı Fe	ppm	92.35
Bitkiye Yarayışlı Mn	ppm	295.80
Bitkiye Yarayışlı Zn	ppm	14.80
Bitkiye Yarayışlı Cu	ppm	15.30

kg/ha MgO, 3 kg/ha Fe, 3.0 kg/ha Mn, 1.13 kg/ha Zn, 0.38 kg/ha B ve 0.08 kg/ha Mo uygulanmış ve gübrelemede mono amonyum fosfat, potasyum nitrat, amonyum nitrat, magnezyum sülfat ve mikro elementli gübre olarak microplex ticari isimli gübre kullanılmıştır.

2.2. Metod

2.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması

Deneme, 8 aylık yetiştirme sonucunda tamamlanmıştır. Saksı denemesinde şaşırtmadan hemen sonra (2. haftanın sonunda, I. Dönem) ve hasattan sonra (II. Dönem) toprak örnekleri alınmış, alınan toprak örnekleri laboratuara getirilip kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir.

2.2.2. Toprak Analiz Yöntemleri

Toprak örneklerinin pH'ları Jackson (1967)'a göre 1:2.5 toprak: su karışımında ölçülmüştür. CaCO₃'ün ölçülmesinde Scheibler kalsimetresi kullanılmıştır (Çağlar, 1949). Bünye hidrometre metoduna göre belirlenmiştir (Bouyoucos, 1955; Black, 1957). Organik madde modifiye Walkley-Black metoduna göre analiz edilmiştir (Black, 1965). Toplam N modifiye Kjeldahl metoduna göre (Kacar, 1995); alınabilir P Olsen metoduna göre belirlenmiştir (Olsen ve Sommers, 1982). Değişebilir K, Ca ve Mg analizleri 1 N Amonyum Asetat (pH: 7) metoduna göre (Kacar, 1995); bitkiye yararlı Fe, Mn, Zn ve Cu analizleri DTPA metoduna göre yapılmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978).

2.2.3. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Deneme sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri MINITAB ve MSTAT-C paket programları kullanılarak yapılmış, ortalamalar arası farklılıklar LSD testi ile araştırılmış ve farklı grupların harflendirilmesinde % 5 önemlilik düzeyi esas alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Artan düzeylerde yapılan Cu uygulamaları I. ve II. Dönemde toprak örneklerinin pH'sı ve bitki besin elementlerinin içerikleri üzerine etkileri önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

Yürütülen saksı denemesinde, toprak pH'sı üzerine artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının etkisi her iki dönemde de istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Örnekleme dönemlerinde uygulamalara bağlı olarak toprak örneklerinin ortalama pH'ları kontrole göre (Cu1) daha düşük düzeylerde bulunmuş ve en düşük toprak pH'sı her iki dönemde de Cu3 uygulamasında elde edilmiştir (sırasıyla 5.42 ve 5.55) (Çizelge 2). Cu uygulaması arttıkça pH'larda düşme meydana gelmiştir. Bunun nedeni de, Cu kaynağı olarak S içeren CuSO₄.5H₂O'nun kullanılmasının olduğu düşünülmektedir. Nitekim, S uygulamaları ve S içeren materyallerin toprak pH'sını düşürmesi ile ilgili benzer bulgular pek çok araştırmacı tarafından da rapor edilmiştir. Kaplan ve Orman (1998); elementel kükürdü (0 ve 2000 kg/ha) ve kükürt içeren atığı (0 ve 100 ton/ha) kullanarak yapmış oldukları çalışmada, hem elementel kükürdün hem de S içeren atığın toprağın pH'sının düşmesine neden olduğunu belirlemişlerdir. Trzcinski ve Ferange (1964), yapmış oldukları S uygulamalarının toprağın 0-20 cm'lik derinliğinde pH'da önemli bir azalmaya neden olduğunu saptamışlardır. Olayinka ve Babalola (2001), bakır sülfat uygulamalarının önemli ölçüde toprağı asitleştirdiğini bildirmişlerdir. Huang ve Alva (1999)'da yapmış oldukları çalışmada artan oranlarda uygulanan bakır sülfatın toprak pH'sını düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

Toprak örneklerinin toplam N içerikleri üzerine artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının etkisi 1. dönemde istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunurken, II. Dönemde etkisi önemsiz olmuştur. I. Dönemde artan düzeylerde yapılan Cu uygulaması toprak örneklerinin toplam N içeriklerinin artmasına sebep olmuş ve en düşük toplam N içeriği % 0.168 ile Cu1 uygulamasında elde edilmiştir,

ancak Cu² ve Cu³ uygulamaları arasında farklılık olmamıştır (Çizelge 2). Wang ve ark. (2003); toprak ve bitkilerde mikro besin elementlerinin dağılımını ve yararlılığını araştırdıkları bir çalışmada, yararlı Cu ve toplam N içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli pozitif bir ilişkinin, diğer yandan pH ile arasında negatif bir ilişkinin olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Parat ve ark. (2002)'da bağlarda yapmış oldukları çalışmada, bakırın killi topraklarda azotla kuvvetli bir pozitif korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir.

Artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının her iki dönemde de toprak örneklerinin alınabilir P içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuş ve toprak örneklerinin alınabilir P içerikleri artış göstermiştir. En düşük alınabilir P içeriği her iki dönemde de Cu¹ uygulamasında (sırasıyla 67.54 ve 35.53 ppm) elde edilmiş, fakat Cu² ve Cu³ uygulamaları arasında bir farklılık olmamış ve aynı grupta yer almışlardır (Çizelge 2). Denemede, bakır kaynağı olarak CuSO₄.5H₂O'nun kullanılması toprak örneklerinin pH'sının düşmesine dolayısıyla alınabilir P miktarının artmasına neden olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, De Iorio ve ark. (1996)'da, marulda yapmış oldukları bir çalışmada P ve Cu arasında pozitif bir interaksiyonun olduğunu ifade etmişlerdir.

Toprak örneklerinin değişebilir K içerikleri üzerine artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının etkisi I. Dönemde istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, II. Dönemde % 1 düzeyinde önemli bulunmuş ve artmasına neden olmuştur. En yüksek değişebilir K içeriği % 0.57 ile Cu³ uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 2). Denemede kullanılan CuSO₄.5H₂O'nun yapısında bulunan S'ten dolayı toprak pH'sında meydana getirmiş olduğu azalma, topraktaki değişebilir K'un yararlılığının artmasına neden olmuştur. Nitekim, Chouliaras ve Tsadilas (1996), kivi bitkisi kullanarak yapmış oldukları saksı denemesinde toprağa artan düzeylerde uygulanan elementel kükürdün, topraktaki değişebilir K miktarını 0.183'den 0.33 cmol/kg'a yükselttiğini bildirmişlerdir.

Artan düzeylerde topraktan yapılan

Cu uygulamasının topraktaki değişebilir Ca içerikleri üzerine etkisi her iki dönemde de istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2).

Topraktan artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının toprak örneklerinin değişebilir Mg içerikleri üzerine etkisi I. Dönemde istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli iken, II. Dönemde % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan düzeylerde yapılan Cu uygulamaları toprak örneklerinin Mg içeriğinin azalmasına sebep olmuş ve en yüksek Mg içeriği Cu¹ uygulamasında (sırasıyla 2.92 ve 3.13 meq/100 gr) elde edilmiştir, yapılan diğer uygulamalar arasındaki farklılık önemli olmamış ve aynı grupta yer almışlardır (Çizelge 2). Alva ve ark. (1999) narenciye fidelerinde yapmış oldukları çalışmada, artan oranlarda Cu uygulamasının 5.7 ve 6.5 pH'ya sahip topraklarda Mg miktarının azalmasından dolayı bitkilerin kök ve yapraklarında Mg alımının azaldığını rapor etmişlerdir.

Toprak örneklerinin bitkiye yararlı Fe içerikleri üzerine topraktan artan düzeylerde yapılan Cu uygulamasının etkisi her iki dönemde de istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli olmuş ve bitkiye yararlı Fe içerikleri azalmıştır. Ancak Cu² ve Cu³ uygulamaları aynı grupta yer almıştır. En yüksek bitkiye yararlı Fe içeriği her iki dönemde de Cu¹ uygulamasında (83.66 ve 56.16 ppm) elde edilmiştir (Çizelge 2). Toprağa Cu uygulamasından 2 hafta sonra (I dönem) ve hasattan sonra (II. Dönem) alınan toprak örneklerinin bitkiye yararlı Fe içeriklerinin hiç uygulama yapılmayan Cu¹ uygulamasında yüksek olması denemede kullanılan toprağın Terra rosa olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir. Terra rosa topraklarının Fe ve Mn içeriklerinin yüksek olduğu pek çok literatürde bildirilmektedir (Özbek ve ark., 1994; Kabata Pendias ve Pendias, 1984). Artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının toprak örneklerinin Fe içeriklerini azalmasına neden olması, pek çok çalışmada da belirtildiği gibi Cu ve Fe arasındaki antagonistik etkiden kaynaklanmaktadır (Aktaş, 1991; Mengel ve Kirkby, 1982).

Artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının toprak örneklerinin bitkiye yararlı Mn içerikleri üzerine etkisi her iki

dönemde de istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2).

Toprak örneklerinin bitkiye yarayışlı Zn içerikleri üzerine topraktan artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının etkisi I. Dönemde istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, II. Dönemde % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. II. Dönemde artan düzeylerde yapılan Cu uygulamaları toprak örneklerinin bitkiye yarayışlı Zn içeriklerinin artmasına neden olmuş ve en yüksek Zn içeriği 11.93 ppm ile Cu3 uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 2). Cu ve Zn iyonları arasında antagonistik bir etkinin olduğu bilinmektedir (Aktaş, 1991). Ancak bu denemede Cu kaynağı olarak $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 'ın kullanılması toprak örneklerinin pH'larının düşmesine dolayısıyla Zn içeriklerinin artmasına neden olduğunu düşündürmektedir. Nitekim, Mahmoud ve ark. (1989) artan düzeylerde S uygulayarak (0, 200, 200 kg S/ha) yürüttükleri tarla denemesinde toprakta bitkiye yarayışlı Zn konsantrasyonunun arttığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde

Sevinç (2000); değişik oranlarda S uygulaması ile 4 aylık süre sonunda toprak reaksiyonunun 0.5- 0.9 birimlik düşmeler meydana geldiğini ve Zn miktarının arttığını ifade etmişlerdir.

Toprak örneklerinin bitkiye yarayışlı Cu içerikleri üzerine artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının etkisi her iki dönemde de istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuş ve Cu içeriklerinin artmasına neden olmuştur. En yüksek Cu içerikleri 537.80 ve 554.48 ppm ile Cu3 uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 2). Gimenez ve ark. (1992) kahve fidelerinde serada yaptıkları çalışmada, artan düzeylerde 6 farklı seviyede bakır (0, 5, 10, 50, 100 ve 200 ppm) kumlu ve killi topraklarda uygulamışlar ve Cu seviyesinin artmasıyla toprakların Cu içeriklerinin arttığını ve bu artışın killi topraklarda daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Barik ve Chandel (2001) bakır uygulamasının hasatta topraktaki alınabilir Cu içeriğini önemli ölçüde artırdığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 2. Topraktan Artan Düzeylerde Yapılan Cu Uygulamalarının Toprak pH'sı ve Bitki Besin Elementleri Üzerine Etkileri⁺.

Parametreler	Dönemler	Topraktan Cu Uygulamaları			F Değerleri	LSD p<0.05
		Cu1	Cu2	Cu3		
pH	I	6.12a	5.71b	5.42c ⁺⁺	125.84**	0.08847
	II	6.93a	5.98b	5.55c	150.28**	0.1629
Toplam N (%)	I	0.168b	0.200a	0.180a	6.64**	0.01736
	II	0.169	0.179	0.179	1.15 ^{öd}	-
Alınabilir P (ppm)	I	67.54b	103.82a	100.69a	5.92**	23.32
	II	35.54b	107.89a	107.30a	40.17**	18.52
Değişebilir K (meq/100gr)	I	0.41	0.41	0.40	0.84 ^{öd}	-
	II	0.20c	0.43b	0.57a	64.68**	0.06654
Değişebilir Ca (meq/100gr)	I	12.52	12.93	13.28	1.66 ^{öd}	-
	II	15.55	14.82	15.88	2.88 ^{öd}	-
Değişebilir Mg (meq/100gr)	I	2.92a	2.79ab	2.69b	3.50*	0.1737
	II	3.13a	2.67b	2.57b	18.12**	0.1987
Bitkiye yarayışlı Fe (ppm)	I	83.66a	1.83b	0.98b	308.11**	7.640
	II	56.16a	2.37b	1.12b	201.40**	6.256
Bitkiye yarayışlı Mn (ppm)	I	154.34	144.15	273.10	0.96 ^{öd}	-
	II	111.26	103.22	131.62	2.74 ^{öd}	-
Bitkiye yarayışlı Zn (ppm)	I	9.22	12.39	12.06	2.86 ^{öd}	-
	II	7.92b	9.27ab	11.93a	3.71*	2.994
Bitkiye yarayışlı Cu (ppm)	I	3.24c	491.48b	537.80a	3271.19**	14.61
	II	5.44c	515.85b	554.48a	6371.34**	10.84

⁺ Değerler 8 tekerrür ortalamasıdır.

⁺⁺ Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir.

** : P < 0.01, * : P < 0.05, öd: önemli değil

4. Sonuç

Topraktan artan düzeylerde yapılan Cu uygulamalarının toprak pH ve bitki besin elementleri üzerine önemli etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Artan düzeylerde yapılan Cu uygulamasının toprak pH'sını, değişebilir Mg ve bitkiye yararışlı Fe içeriklerini düşürdüğü; toprak örneklerinin toplam N, alınabilir P, değişebilir K, bitkiye yararışlı Zn ve Cu içeriklerini artırdığı belirlenmiştir. Toprak örneklerinin değişebilir Ca ve bitkiye yararışlı Mn içerikleri üzerine ise hiçbir etkisi olmamıştır.

Yüksek bakır uygulamalarının, özellikle yüksek Fe içeren topraktaki bitkiye yararışlı demir miktarını çok belirgin bir şekilde azaltması en dikkat çekici sonuçtur. Yüksek bakırın bitkilerin demir beslenmesini olumsuz etkilemesi yörede demir noksanlığını yaygınlaştırabilecek, noksanlığı gidermek üzere demir içeren şelatlı gübrelerin kullanımını artırmak zorunlu olabilecektir. Bu durum çiftçilere önemli bir mali yük getirmektedir. Zaten bakır toksisitesinin bitkilerdeki belirtileri, demir noksanlığı belirtileri ile aynı şekildedir.

Sonuç olarak; bitki koruma amacıyla toprağa yüksek $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ uygulamalarının çok sınırlı bazı olumlu dolaylı yararları bulunabilse de özellikle topraktaki Fe elementinin yararışlılığını azalttığı dikkate alınmalıdır. Dolaylı bazı yararlı etkilerinden yararlanmak üzere S içeren başka uygulamalar ve alternatif ilaçlar düşünülmelidir. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ uygulamalarının yüksek doz ve sürekli uygulamalarından kaçınılmalıdır. Ancak, bu bulgular demirce zengin bir toprakta ve yüksek $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ uygulamaları sonucu görülen, demir yararışlılığındaki azalma; daha düşük düzeyde demir içeren topraklara daha düşük dozlarda CuSO_4 uygulanarak çalılışılması gereğini ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

- Aktaş, M., 1991. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları: 1202, Ders Kitabı: 347, Ankara, 345 s.
Alva, A.K., Huang, B., Prakash, O. and Paramasivam, S., 1999. Effects of Copper Rates and Soil pH on

- Growth and Nutrient Uptake by Citrus Seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, 22 (11): 1687- 1699.
Anonim, 1999. Sayılarla Tarım. 1989- 1998. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. Antalya İl Müd., Antalya, 301 s.
Anonim, 2004. Proje ve İstatistik Şube Müdürlüğü Kayıtları. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. Antalya İl Müd. Antalya.
Barik, K.C. and Chandel, A.S., 2001. Effect of Copper Fertilization on Plant Growth, Seed Yield, Copper and Phosphorus Uptake in Soybean (*Glycine max.*) and Their Residual availability in Mollisol. *Indian Journal of Agronomy*, 46 (2): 319- 326.
Black, C.A., 1957. *Soil- Plant Relationships*. John Wiley and Sons Inc., NewYork, USA.
Black, C.A., 1965. *Methods of Soil Analysis*. Part 2, American Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA, 1372- 1376.
Bouyoucos, G.J., 1955. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils. *Agronomy Journal*, 4 (9): 434.
Chouliaras, N. and Tsadilas, C., 1996. The Influence of Acidulation of a Calcareous Soil by Elemental Sulphur Application on Soil Properties. *Georgike, Ereuna. Nea Seira*, 20: 9- 14.
Çağlar, K.Ö., 1949. *Toprak Bilgisi*. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları Sayı: 10, Ankara.
Delorio, A.F., Gorgoschide, L., Rendina, A. and Barros, M.J., 1996. Effect of Phosphorus, Copper and Zinc Addition on the Phosphorus/ Copper and Phosphorus/ Zinc interaction in lettuce. *Journal of Plant Nutrition*, 19 (3-4): 481- 491.
Evliya, H., 1964. *Kültür Bitkilerinin Beslenmesi*. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları Sayı:10, Ankara.
Gimenez, S.M.N., Chaves, J.C.D., Pavan, M.A. and Crues, I., 1992. Copper Toxicity in Coffee Seedlings. *Revista- Brasileira de Ciencia do solo*. 16:3, 361- 366.
Huang, B. and Alva, A.K., 1999. Copper Amendments and Soil pH Affect Distribution of Different Chemical Forms of Metals and Their Uptake by Swingle Citrumelo Seedlings. *Journal of Environmental and Agricultural Wastes*, 34 (6): 1065- 1082.
Jackson, M.L., 1967. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi, USA.
Kabata Pendias, h., Pendias, H. 1984. *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press. Boca Raton: 336 p.
Kacar, B., 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri. A.Ü. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, Ankara, 704 s.
Kaplan, M. ve Orman, Ş., 1998. Effect of Elemental Sulphur and Sulphur Containing Waste in a Calcareous Soil in Turkey. *Journal of Plant Nutrition*, 21 (8), 1655-1665.
Kaplan, M., 1999. Accumulation of Copper in Soils and Leaves of Tomato Plants in Greenhouses in Turkey. *Journal of Plant Nutrition*, 22 (2): 237- 244.
Kellogg, C.E., 1952. *Our Garden Soils*. The Macmillan

- Company, Newyork.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Amer. Jour.*, 42 (3): 421-428.
- Loue, A., 1968. Diagnostic petiolaire de Prospection. Etudes Sur la Nutrition et al Fertilisation Potassiques de la Vigne. Societe Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agronomiques, 31-41.
- Mahmoud, K., Filsoof, F. and Rezai-Nejad, Y., 1989. effect of Sulphur Treatments on yield an uptake of Fe, Zn and Mn by Corn, Sorghum and Soybeans. *Field Crops. Abs. May. Vol: 42, No:5.*
- Marian, E., 1984. *Metalle in der Umwelt.* Verlag Chemie, Weinheim, 722 p.
- McLaren, R.g., Williams, J.G. and Swift, R.S., 1983. Some Observations on the Desorption Behaviour of Copper with Soil Components. *Journal of Soil Science*, 34: 325-331.
- Mengel, L., Kirkby, E.A. 1982. principles of Plant Nutrition. *Int. Potash Inst. Bern, Switzerland*, 655 p.
- Olayinka, A. and Babalola, G.O., 2001. Effects of Copper Sulphate Application on Microbial Numbers and Respiration, Nitrifier and Urease Activities and Nitrogen and Phosphorus Mineralization in an Alfisol. *Biological Agriculture & Horticulture*, 19 (1): 1-8.
- Olsen, S.R. and Sommers, E.L., 1982. Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonate, *Methods of Soil Analysis, part 2, Chemical and Microbiological Properties.* Edit: A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney, 404- 430.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H., 1994. *Toprak Bilimi. Ç.Ü. Ziraat Fak. Ders Kitapları Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No: A-16, Adana, 816 s.*
- Parat, C., Chaussod, R., Leveque, J., Dousset, S. and Andreux, F., 2002. The Relationship Between Copper Accumulated in Vineyard Calcareous Soils and Soil Organic Matter and Iron. *European Journal of Soil Science*, 53 (4): 663- 669.
- Pizer, N.H., 1967. Some Advisory Aspect. *Soil Potassium and Magnesium. Tech. Bull. No.14: 184.*
- Scholl, W., Enkelman, R., 1984. *LandwForsch*, 37: 286-297.
- Schwertmann, V., Huit, M. 1975. *Z. Pflanzenernahr Bodenk*, 138: 397- 405.
- Sevinç, F., 2000. Toprak Reaksiyonunun (pH) Düşürülmesinde Kükürdün Etkisi. T.C. Orman Bakanlığı. Ege Bölgesi Orman Toprak Lab. Müd., Orman Bakanlığı Yayın No: 105, İzmir Orman Toprak Lab. Yayın No: 08, İzmir, 39s.
- Trzcinski, T. and Ferange, M.T., 1964. The Acidifying Effects of Sulphur on the pH of Calcareous Soil. *Bull. Inst. Gembl. 32, 256- 269.*
- Thun, R., Hermann, R., Knickman, E., 1955. *Die Untersuchung Von Boden.* Neuman Verlag, Radelbeul und Berlin, s: 48.
- Wang, S.P., Wang, Y.F., Hu, Z.F., Chen, Z.Z., Fleckenstein, J. and Schung, E., 2003. Status of Iron, Manganese, Copper and Zinc of Soils and Plants and Their Requirement for Ruminants in Inner Mongolia Steppes of China. *Communications in Soil science and Plant Analyses*, 34 (5-6): 655- 670.