



Farklı Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Ayçiçeği ve Yonca Bitkilerinin Kobalt ve Nikel Alınımının Karşılaştırılması

Bihter ÇOLAK ESETLİLİ^{1*} Burçin ÇOKUYSAL¹ Dilek ANAÇ¹

Özet

Bu model çalışmada, değişik iki bünyeli toprakta yetiştirilen iki farklı bitkinin kobalt ve nikel (Co ve Ni) alınımını ile bu toprakların kil tipleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla sera şartlarında, kumlu killi tın ve killi bünyeli topraklar kullanılarak kurulan saksı denemesinde, ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ve yonca (*Medicago sativa* L.) bitkileri ortama değişik dozlarda Co ve Ni uygulanarak yetiştirilmiştir. Bitkilerin Co ve Ni içerikleri ile hasat sonrası toprakta kalan miktarları incelenmiştir. Toprakların fizikokimyasal özellikleri ile söz konusu metallerin bitkiler tarafından alınım ilişkileri değerlendirilerek, bu bitkilerin Ni ve Co'ca zengin topraklarda ki absorplama kabiliyetlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Ayrıca toprakların kil tipleri belirlenerek, hasat sonrasında topraktaki Co ve Ni'in kil tipleri ile olan ilişkileri irdelenmiştir. Toplam ve alınabilir ağır metal analiz sonuçlarına göre smektit ve illit formunda kil içeriği yüksek olan killi bünyeli toprağın Co ve Ni adsorpsiyon düzeylerinin kumlu killi tın bünyeli topraktan daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayçiçeği ve yonca bitkilerinin Co ve Ni alımları değerlendirildiğinde, yoncanın ayçiçeğine göre daha yüksek oranda bu ağır metalleri alabildiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kobalt, nikel, absorpsiyon, ayçiçeği, yonca, kil tipi

Cobalt and Nickel Absorption of Sunflower and Lucern Grown under Different Soil Textures

Abstract

A pot experiment was established to study the effect of soil textures on cobalt (Co) and nickel (Ni) absorptions (uptakes) by sunflower and Lucerne plants and to evaluate these analytical results with the clay types of the experimental soils. With this objective, sandy clay loam and clayey soils were placed in the pots and different doses of Co and Ni (A0; A1 and A3) were applied. After the harvest, Co and Ni contents of the plants and the remaining Co and Ni left in the soils in the pots were studied. In this regard, total and plant extractable Co and Ni in the soils were analyzed. The specified remaining Co and Ni contents were also correlated with the clay types of these soils. Results showed that the experimental soil with high in smectite and illite clays had higher Co and Ni adsorption capacities than the other soil with a sandy clay loam texture. With respect to the absorption capacity of the plants, findings showed that Lucerne can remove more metals than sunflower.

Key words: Cobalt, nickel, absorption, sunflower, clover, clay type

Giriş

Son yüzyılın başından itibaren artan sanayileşme ve dünya nüfusu beslenme kaygısını ortaya çıkarmıştır. Modern tarım etkisiyle de doğal kaynaklar ciddi oranda tahrip edilmekte ve kirlenmektedir. Toprak en önemli doğal kaynaklarımızdan birisidir. Ancak toprağın tarım dışı amaçlarla kullanılması, ağır metal, organik kirletici gibi etmenlerle kirlenmesi ve erozyon ile kayıplara uğraması sonucunda verimliliği kaybolabilmektedir.

Toprağın kirlenmesi yaşayan tüm canlı organizmaları etkileyebilir ve besin zincirinin son halkası olan insanoğlunu da ciddi anlamda tehdit edebilir.

Toprakta biriken ağır metallerin bitkiler tarafından alınarak doku ve organlarda ki aşırı birikimi, vejetatif ve generatif organların gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir (Gür ve ark., 2004). Ayrıca bitkilerde transpirasyon, stoma hareketleri, su alımı, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, protein sentezi, membran

¹Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bornova-İZMİR

Farklı Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Ayçiçeği ve Yonca Bitkilerinin Kobalt ve Nikel Alınımlarının Karşılaştırılması

stabilitesi, hormonal denge gibi pek çok fizyolojik olayın da bozulmasına sebep olabilmektedir (Kennedy ve Gonsalves, 1987; Öktüren Asri ve Sönmez, 2006). Ancak, Co ve Ni elementlerinin ortamda yüksek miktarda bulunmaları toksisite etkisi yaratırken, yeterli miktarda bulunmamları da ciddi problemler ile sonuçlanabilir. Yüksek bitkiler için gerekli olmalarının yanı sıra bakteriler ve algler için yaşamsal öneme sahiptirler (Salisbury ve Ross, 1992; Marschner, 1995). Özellikle Co'nun, B12 vitamininin bir parçası olması nedeni ile biyolojik aktivite için büyük önem taşıdığı bilinmektedir.

Toprakta Ni, Co'ya göre daha az kuvvetle bağlanmaktadır. Her iki elementin toprak içindeki dağılımı ve davranışı, pH, diğer metaller (Mn, Fe vb.), organik madde ve kil miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Dünya topraklarının ortalama toplam Co konsantrasyonunun 7.90 mg kg^{-1} olduğu bildirilmiştir (Scheffer-Schachtshabel, 1989). Ancak, topraklardaki Co kirliliği sınır değeri pek çok araştırmacı tarafından 50 mg kg^{-1} saptanmıştır. (El-Bassam ve Tietjen, 1977; Kabata ve Pendias, 1979; Kitagishi ve Yamane, 1981; Kloke, 1982). Dünya topraklarının toplam Ni içeriğinin ise ortalama 2.20 mg kg^{-1} olduğu belirlenmiştir (Kabata-Pendias ve Pendias, 1992). Topraklarda toplam Ni'nin toksite etkisi gösterdiği sınır değerleri, El-Bassam ve Tietjen (1977), Kabata-Pendias (1979), Kitagishi ve Yamane (1981) ve Linzon (1978) tarafından 100 mg kg^{-1} , Goncharuk ve Sideronko (1986) tarafından 35 mg kg^{-1} , Schachtschabel ve Blume (1984) ve Kloke (1979) tarafından 50 mg kg^{-1} , Bergmann (1993) tarafından ise $40-50 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak kabul edilmiştir. Ancak topraktaki metallerin içeriğinden çok topraktan bitkiye geçen miktarın belirlenmesi çok önemlidir.

Bu model çalışmada, bünyeleri ve diğer bazı fizikokimyasal özellikleri farklı olan iki tarım toprağına değişik dozlarda kobalt ve nikel (Co ve Ni) uygulayarak, ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ve yonca (*Medicago sativa* L.) bitkileri yetiştirmek ve bu bitkilerin Co ve Ni konsantrasyonları ile toprakta kalan (birikim) Co ve Ni miktarlarını saptamak hedeflenmiştir. Ayrıca toprakların fizikokimyasal özellikleri ile ayçiçeği ve yoncanın Co ve Ni alınım

ilişkilerini belirlemek için transfer faktörlerini hesaplamak ve fitoremediasyon amaçlı kullanılabilirliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Farklı fiziksel özelliklere sahip olan iki tarım toprağında ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ve yonca (*Medicago sativa* L.) bitkileri saksılarda sera şartlarında yetiştirilmiştir. Nikel ve Co bitkilere artan dozlarda uygulanmış ve absorpsiyon kapasiteleri belirlenmiştir. Bu iki bitkinin fitoremediasyonda yaygın kullanıldığı rapor edilmektedir (Lee ve Yang, 2010; Wang et al., 2011). Ayrıca bitkiler seçilirken hem hayvan hem de insan besin zincirine dolaylı ya da doğrudan katılıyor olması göz önüne alınmıştır.

Çizelge 1'de Torbalı-İzmir ve çevresinden alınan deneme topraklarının fizikokimyasal özellikleri görülmektedir. Kil bünyeli olan deneme toprağı (K-2), "Vertic Xerofulvent" alt grubunda, kumlu killi tın bünyeli deneme toprağı (K-1) ise "Typic Xeropsamment" alt grubunda tanımlanmıştır (Anonim, 1999).

Ayrıca, deneme topraklarında kil tipi tayini de gerçekleştirilmiştir. Kil bünyeli toprakta smektit baskın kil minerali olarak belirlenmiş (%41-46), illit (%30-35), kaolinit (%15-20) ve klorit (%7-12) izlemiştir. Kumlu killi tın bünyeli toprakta ise illit baskın kil minerali olarak saptanmış (%62-67), smektit (%16-21) kil minerali izlemiştir. Kaolinit+Klorit kil mineralinin oranı ise %17-22 olarak bulunmuştur. Toprakların kil tipi tayini, Çolak (2012) tarafından bildirilen yöntemle göre X-ray diffraction (XRD) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Saksı denemesi, Ege Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlı olarak kurulmuştur. Deneme toplam 48 saksıdan oluşmuş (3 doz ağır metal (Co ve Ni) uygulaması x 4 tekrar x 2 farklı toprak x 2 bitki = 48 saksı) ve her saksıya önceden kurutulmuş, 2 mm'den elenmiş ve analizleri yapılmış 5 kg toprak (kuru ağırlık üzerinden) doldurulmuştur. Toprak analiz sonuçları dikkate alınarak

Farklı Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Ayçiçeği ve Yonca Bitkilerinin Kobalt ve Nikel Alınımının Karşılaştırılması

Çizelge 1. Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (K-1: Kumlu killi tın; K-2: Killi)

	pH	Tuz (%)	Kireç (%)	O.M. (%)	Bünye	N (%)	P	K	Mg	Ca	Fe	Cu
							mg kg ⁻¹					
K1	7.48	0.013	11.96	0.36	Kumlu killi tın	0.039	1.22	92	51	3903	3.03	0.51
K2	7.41	0.041	19.5	1.65	Killi	0.095	1.35	136	166	8758	9.20	1.31
	Alınabilir Co		Toplam Co		Alınabilir Ni		Toplam Ni		Mn	CEC me/100gr		
	mg kg ⁻¹											
K1	1.08		4.07		0.98		36.96		0.63	15.36		
K2	1.71		6.46		0.67		57.58		1.69	48.98		

saksılara N (150 mg kg⁻¹), P (50 mg kg⁻¹) ve K (200 mg kg⁻¹) besin elementleri sırasıyla NH₄NO₃, (NH₄)H₂PO₄ ve K₂SO₄ formlarında uygulanmıştır. Saksıların altına drenajın sağlanması için 3 adet delik açılmıştır ancak sızan suyun toplanması için plastik kaplar saksı altlarına yerleştirilmiştir.

Her saksıya 5 adet ayçiçeği ve 20 adet yonca bitkisi ekilmiştir. Çimlenme sonrasında ayçiçeği bitkisinden 3, yoncadan ise 10 adet bitki bırakılarak seyreltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kobalt ve Ni, CoCl₂.6H₂O ve Ni(NO₃)₂.6H₂O formlarında, Çizelge 2’de bildirilen dozlarda uygulanmıştır. Uygulama dozları, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği dikkate alınarak belirlenmiştir (Anonim, 2005). Bitkilerin Co ve Ni’ye verdikleri tepkiler gözlemlenerek ortalama 45 gün sonunda hasat yapılmıştır. Hasat sonrasında her saksıdaki topraktan ayrı ayrı örnek alınarak topraktaki toplam Co ile Ni içerikleri, Kral suyu (HNO₃ + 3HCl) kullanılarak, alınabilir Co ve Ni içerikleri ise Diethylenetriaminepentaacetic Asit (DTPA) yöntemi ile ekstrakte edilerek Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde

Çizelge 2. Deneme planı ve topraklara uygulanan dozlar (mg kg⁻¹)

A0	A1	A2
kontrol	Ni -35 Co-15	Ni - 70 Co-30

belirlenmiştir (Slawin, 1955; Kick ve ark., 1980). Ayrıca hasat edilen bitkilerin Co ve Ni içerikleri belirlenmiştir. Yaş yakma yöntemi ile hazırlanan ekstraksiyonların Co ve Ni içeriklerinin belirlenmesinde, atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılmıştır (FAO, 1967; Kacar, 1984).

Transfer faktörü; Toprakta bitkiler tarafından ağır metallerin alınması ve bitki dokularında birikim oranının belirlenmesinde kullanılan indeks “Transfer Faktörü” olarak ifade edilmektedir. Bitki tarafından absorplandığı belirlenen metal miktarının toprak içindeki metal miktarına oranlanması ile hesaplanmaktadır. Hesaplanan Transfer faktörü 1 ve üzerinde bir değer ise bitkinin yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip olduğu, fitoremediasyon ve fitoekstraksiyon amaçlı kullanılabileceğini göstermektedir. Transfer Faktörünün 1’in altında bulunması ise bitkinin ağır metal alınımının zayıf olduğu ve tüketiminde bir sakınca olmadığını düşündürmektedir (Rangnekar ve ark., 2013).

Elde edilen sonuçlara varyans analizi uygulayarak toprak bünyesi, bitki ve doz ile bunların karşılıklı etkileşimleri (interaksiyon) 3 faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre incelenmiş ve ortalamalar arasındaki farkı belirlemek için En Küçük Önemli Fark (Least Significant Difference; LSD) testi kullanılmıştır. Söz konusu istatistik analizlerin yapılmasında TARIST istatistik paket programından yararlanılmıştır.

Farklı Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Ayçiçeği ve Yonca Bitkilerinin Kobalt ve Nikel Alınımının Karşılaştırılması

Bulgular ve Tartışma

Nikel Uygulamalarının Ayçiçeği ve Yonca Bitkisi Üzerindeki Etkileri

Ayçiçeği bitkilerinin hasatı sonrasında her bir saksıdan toprak örneği alınmış ve Ni içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 3). Hasat sonrası alınan kumlu killi tın toprak örneğinin Kontrol (A0) uygulamasında toplam Ni miktarı ortalama 34.87 mg kg⁻¹, A1 (35 mg kg⁻¹) ve A2 (70 mg kg⁻¹) doz uygulamalarında ise sırasıyla 71.88 mg kg⁻¹ ve 98.79 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Toplam Ni, killi toprağın Kontrol saksılarında ortalama 56.40 mg kg⁻¹, A1 ve A2 doz uygulamalarında da sırasıyla 74.71 mg kg⁻¹ ve 99.97 mg kg⁻¹ ölçülmüştür. Değerler alınabilir Ni içerikleri açısından incelendiğinde ise kumlu killi tın toprak örneğinin Kontrol uygulamasında ortalama 0.97 mg kg⁻¹, A1 ve A2 doz uygulamalarında da sırasıyla 5.74 mg kg⁻¹ ve 9.77 mg kg⁻¹ saptanmıştır. Killi toprakta ise Kontrol saksılarında ortalama 0.62 mg kg⁻¹, A1 ve A2 doz uygulamalarında sırasıyla 4.54 mg kg⁻¹ ve 5.24 mg kg⁻¹ bulunmuştur. Kontrol saksılarında ölçülen Ni içerikleri ile uygulama öncesi topraklarda belirlenen Ni içeriklerinin uyumlu olduğu görülmektedir.

Denemede bünyesi kumlu killi tın olan şartlarda yetiştirilen yoncanın hasatı sonrasında saksılardan alınan topraklar örneklerinde toplam Ni, Kontrol uygulamasında ortalama 35.67 mg kg⁻¹, A1 ve A2 doz uygulamalarında ise sırasıyla 69.74 mg kg⁻¹ ve 95.47 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Killi toprakta ise Kontrol topraklarında ortalama 56.63 mg kg⁻¹,

A1 ve A2 doz uygulamalarında ise sırasıyla 69.39 mg kg⁻¹ ve 97.50 mg kg⁻¹'dir. Durum alınabilir Ni açısından incelenirse, kumlu killi tın şartlarda Kontrol uygulamasının topraklarında ortalama 0.89 mg kg⁻¹, A1 ve A2 dozlarında ise sırasıyla 5.87 mg kg⁻¹ ve 9.59 mg kg⁻¹ ölçülmüştür. Killi bünye şartlarında ise Kontrol topraklarının ortalama 0.58 mg kg⁻¹, A1 ve A2 doz uygulamalarında ise sırasıyla 4.68 mg kg⁻¹ ve 4.99 mg kg⁻¹ alınabilir Ni içerdiği belirlenmiştir. Kontrol saksılarında bulunan Ni içerikleri ile uygulama öncesi topraklarda belirlenen Ni içeriklerinin uyumlu olduğu görülmektedir.

Kabata-Pendias ve Pendias (1992), dünya topraklarının ortalama toplam Ni içeriğinin 2.20 mg kg⁻¹ olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bergmann (1993), normal şartlarda topraklarda 5-500 mg kg⁻¹ arasında Ni bulunduğunu bildirmiştir. Topraklarda toplam Ni'in toksite etkisi gösterdiği sınır değerleri, El-Bassam ve Tietjen (1977), Kabata-Pendias (1979), Kitagishi ve Yamane (1981) ve Linzon (1978) tarafından 100 ppm, Goncharuk ve Sideronko (1986) tarafından 35 mg kg⁻¹, Schachtschabel ve Blume (1984) ve Kloke (1979) tarafından 50 mg kg⁻¹, Bergmann (1993) tarafından ise 40-50 mg kg⁻¹ olarak bildirilmiştir. Ülkemizde ise tarım topraklarının ağır metal kirliliğini belirlemek üzere yapılan çalışmalarda Ni kirliliğinin izin verilebilir sınır değeri olarak 50 mg kg⁻¹ kabul edilmiştir (Saatçi vd., 1988; Hakerlerler vd., 1994; Elmacı, 1995). Nikel kirliliğinin sınır değeri olarak 50 mg kg⁻¹ dikkate alınırsa killi

Çizelge 3. Ayçiçeği hasatından sonra farklı bünyeli deneme topraklarının toplam ve alınabilir Ni içeriği (mg kg⁻¹)

Uygulama	Toplam Ni			Alınabilir Ni		
	kumlu tın	killi	Ort.	kumlu tın	killi	Ort.
A0	34.87c	56.40c	45.63c	0.97c	0.62b	0.79c
A1	71.88b	74.71b	73.30b	5.74b	4.54a	5.14b
A2	98.79a	99.97a	99.38a	9.77a	5.24a	7.50a
Ort.	68.52b	77.02a		5.49a	3.47b	
toprak bünyesi LSD _{0.1} = 5.494			toprak bünyesi LSD _{0.1} = 0.418			
doz LSD _{0.1} = 6.729			doz LSD _{0.1} = 0.512			
bünyexdoz LSD _{0.1} = 9.516			bünyexdoz LSD _{0.1} = 0.724			

Farklı Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Ayçiçeği ve Yonca Bitkilerinin Kobalt ve Nikel Alınımının Karşılaştırılması

Çizelge 4. Yonca hasatından sonra farklı bünyeli deneme topraklarının toplam ve alınabilir Ni içeriği (mg kg^{-1})

Uygulama	Toplam Ni			Alınabilir Ni		
	kumlu tın	killi	Ort.	kumlu tın	killi	Ort.
A0	35.67c	56.63c	46.15c	0.89c	0.58b	0.74c
A1	69.74b	69.39b	69.57b	5.87b	4.68a	5.27b
A2	95.47a	97.50a	96.49a	9.59a	4.99a	7.29a
Ort.	66.96b	74.51a		5.45a	3.42b	
toprak bünyesi $\text{LSD}_{0.1} = 3.108$			toprak bünyesi $\text{LSD}_{0.1} = 0.357$			
doz $\text{LSD}_{0.1} = 3.807$			doz $\text{LSD}_{0.1} = 0.437$			
bünyexdoz $\text{LSD}_{0.1} = 5.384$			bünyexdoz $\text{LSD}_{0.1} = 0.618$			

toprağın Ni içeriğinin bu sınır değerinin biraz üzerinde bulunduğu görülmektedir.

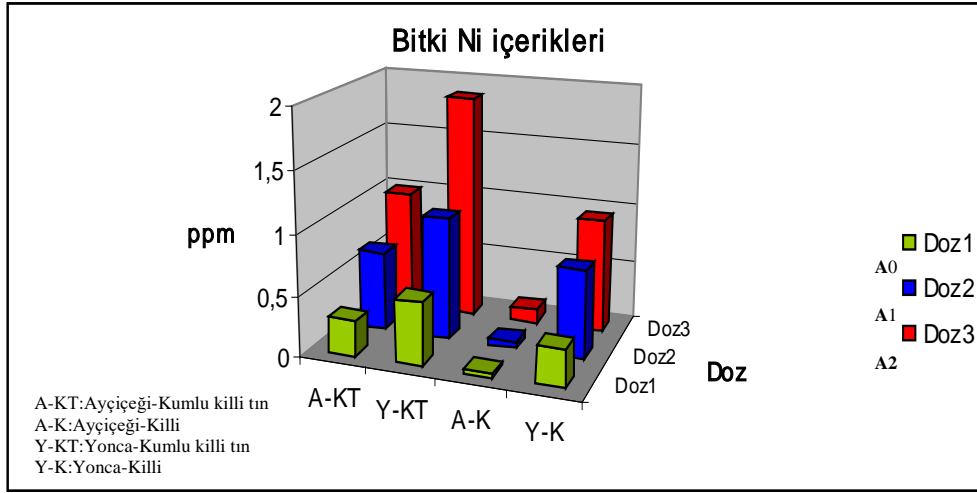
Farklı toprak bünyeleri ile bunların kil fraksiyonlarında Ni adsorpsiyon değerlerinin konsantrasyona bağlı olarak değişiminin incelendiği bir çalışmada, illit tipi kil minerali içeren toprağın en yüksek adsorpsiyon değerine sahip olduğu ve bunu smektit tipi kil mineralini içeren toprağın izlediği ve en düşük değer kaolinit tipi kil minerali içeren topraklarda elde edildiği bildirilmiştir (Uluocak Güzel, 2006). Elzinga ve Sparks (2001) toprak pH'sının ve zamanın Ni adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, pH 6.5'un üzerinde olduğu şartlarda illit kil mineralinin adsorpsiyon kapasitesinde artış saptadıklarını bildirmektedirler. Topraklarımızın kil tipi, miktarları ve toprakların pH'ları incelendiğinde, her iki toprağın pH'sının >6.5 olması, killi bünyeli toprağın smektit ve illit formunda yüksek oranda kil içermesi, alınabilir Ni içeriği ile killi toprakların adsorpsiyon kapasitesi arasındaki ilişkiyi de açıkladığı düşünülmektedir.

Bitkilerin farklı Ni alınımını grafiksel olarak Şekil 1'de görülmektedir. Ayçiçeği bitkisinin Ni içeriğinin kumlu killi tın toprakta 0.29 mg kg^{-1} ile 1.00 mg kg^{-1} , killi toprakta ise 0.03 mg kg^{-1} ile 0.11 mg kg^{-1} arasında değiştiği belirlenmiştir. Yoncanın Ni içeriği ise kumlu killi tın toprakta 0.52 mg kg^{-1} ile 1.87 mg kg^{-1} , killi toprakta 0.31 mg kg^{-1} ile 0.94 mg kg^{-1} arasında bulunmuştur.

Scheffer ve Schachtschabel (1989)'e göre bitkilerde $0.10-3.00 \text{ mg kg}^{-1}$ Ni normal kabul edilmektedir. Alloway (1990) normal Ni değerini $0.02-5.00 \text{ mg kg}^{-1}$, Kabata Pendias-Pendias (1984) ise $0.10-5.00 \text{ mg kg}^{-1}$ aralıklarında bildirmektedirler. Hutchinson (1981) havuç, soğan ve marul için Ni elementinin normal değerlerini 2.80 ile 6.20 mg kg^{-1} arasında vermektedirler. Almanya Tarımsal Araştırma Kurumları Birliği, otsu bitkilerdeki Ni element içeriğini 90 mg kg^{-1} , diğer bitkilerdeki Ni'i ise $20-30 \text{ mg kg}^{-1}$ aralığında bildirmektedir (Anonim, 1982). Bitkilerde tolere edilebilir Ni konsantrasyonunun 20 ile 30 mg kg^{-1} arasında olduğu rapor edilmektedir. (Mengel, 1991). Bildirilen sınır değerleri ile ayçiçeği ve yonca bitkilerinin Ni içerikleri karşılaştırıldığında, bulgularımızın sınır değerlerin üzerinde olmadığı, her iki bitkinin de artan yüksek dozdaki Ni'i alma eğiliminde olmadığı görülmektedir. Ancak artan dozlarda verilen Ni ile özellikle kumlu topraklarda yetiştirilen yonca bitkisinin Ni içeriği ciddi miktarda artış gösterdiği söylenebilir. Nikelin, kök, sürgün ve yaprakta büyüme-gelişiminin gerilemesine (Mishra ve Kar, 1974, Seregin ve Kozhevnikova, 2006) ve verim kayıplarına (Molas, 1997, Gerendas ve ark., 1999) neden olduğu bildirilmiştir.

Ayçiçeği ve yonca bitkileri Ni alımları açısından karşılaştırıldığında ise yoncanın Ni içeriğinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak her iki bitkinin transfer faktörünün 1'in

Farklı Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Ayçiçeği ve Yonca Bitkilerinin Kobalt ve Nikel Alınımının Karşılaştırılması



Şekil 1. Yonca ve Ayçiçeği Bitkilerinin Farklı Bünyeli Topraklarda Ni Alımı

altında olması bu bitkilerin Ni alım kapasitelerinin yüksek olmadığını düşündürmektedir.

Kobalt Uygulamalarının Ayçiçeği ve Yonca Bitkisi Üzerindeki Etkileri

Ayçiçeği bitkilerinin hasadı sonrasında her bir saksıdan toprak örneği alınmış ve Çizelge 5'te görüldüğü gibi toplam ve alınabilir Co içerikleri belirlenmiştir. Kumlu killi tın toprak örneğinin Kontrol uygulamasında toplam Co ortalama 4.00 mg kg^{-1} , A1 (15 mg kg^{-1}) ve A2 (30 mg kg^{-1}) doz uygulamalarında ise sırasıyla 12.31 mg kg^{-1} ve 26.32 mg kg^{-1} bulunmuştur. Killi toprağın Kontrol uygulamasında ise ortalama

6.21 mg kg^{-1} , A1 ve A2 doz uygulamalarında da sırasıyla 11.08 mg kg^{-1} ve 21.09 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Durum alınabilir Co içerikleri açısından incelendiğinde, kumlu killi tın toprağın Kontrol uygulamasında 0.98 mg kg^{-1} , A1 ve A2 doz uygulamalarında sırasıyla 7.95 mg kg^{-1} ve 15.29 mg kg^{-1} saptanmıştır. Killi toprağın Kontrol uygulamasında 1.66 mg kg^{-1} , A1 ve A2 doz uygulamalarında da sırasıyla 6.80 mg kg^{-1} ve 9.68 mg kg^{-1} ölçülmüştür. Kontrol saksılarında bulunan Co içerikleri ile uygulama öncesi topraklarda belirlenen toplam Co içeriklerinin benzer olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Ayçiçeği hasatından sonra farklı bünyeli deneme topraklarının toplam ve alınabilir Co içerikleri (mg kg^{-1})

Uygulama	Toplam Co			Alınabilir Co		
	kumlu killi tın	killi	Ort.	kumlu killi tın	killi	Ort.
A0	4.00c	6.21c	5.11c	0.98c	1.66c	1.32c
A1	12.31b	11.08b	11.69b	7.95b	6.80b	7.37b
A2	26.32a	21.09	23.71a	15.29a	9.68a	12.48a
Ort.	14.21a	12.79b		8.07a	6.04b	
toprak bünyesi $\text{LSD}_{0.1} = 0.808$			toprak bünyesi $\text{LSD}_{0.1} = 0.551$			
doz $\text{LSD}_{0.1} = 0.990$			doz $\text{LSD}_{0.1} = 0.674$			
bünyexdoz $\text{LSD}_{0.1} = 1.400$			bünyexdoz $\text{LSD}_{0.1} = 0.954$			

Farklı Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Ayçiçeği ve Yonca Bitkilerinin Kobalt ve Nikel Alınımının Karşılaştırılması

Durum diğer deneme bitkisi için değerlendirildiğinde, kumlu killi tın ve killi toprak bünyelerinde yetiştirilen yonca bitkilerinin hasat işlemi yapıldıktan sonra her bir saksıdan toprak örnekleri alınmış ve toplam ve alınabilir Co analizleri yapılmıştır. Kumlu killi tın bünyeli toprağın Kontrol uygulamasında toplam Co ortalama 3.99 mg kg^{-1} , A1 ve A2 doz uygulamalarında da sırasıyla 13.03 mg kg^{-1} ve 25.02 mg kg^{-1} bulunmuştur (Çizelge 6). Killi toprağın Kontrol uygulamasında ortalama 6.20 mg kg^{-1} , A1 ve A2 doz uygulamalarında ise sırasıyla 13.05 mg kg^{-1} ve 21.62 mg kg^{-1} belirlenmiştir. Durum alınabilir Co içerikleri açısından incelendiğinde, kumlu killi tın bünyeli toprağın Kontrol uygulamasında ortalama 1.00 mg kg^{-1} , A1 ve A2 doz uygulamalarında ise sırasıyla 7.24 mg kg^{-1} ve 14.92 mg kg^{-1} saptanmıştır. Killi toprağın Kontrol saksılarında 1.91 mg kg^{-1} , A1 ve A2 doz uygulamalarında ise sırasıyla 7.93 mg kg^{-1} ve 9.33 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir (Çizelge 6).

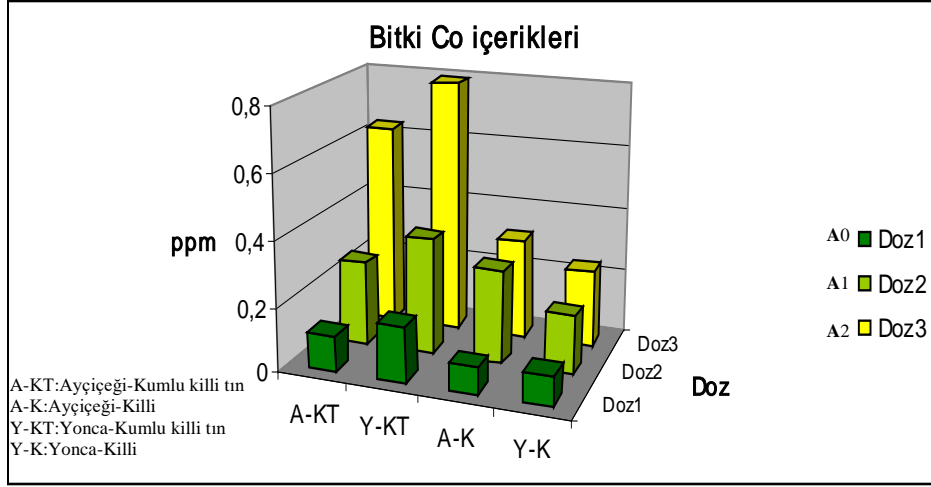
Kobalt toprakta hem değişebilir formda ve hemde değişebilir olmayan formda tutulmaktadır. Adsorbe edilen Co sadece Cu ve Zn gibi ağır metallere yer değiştirebilmekte ve değişir olmayan formda adsorbe olan Co ise kil kafesleri arasında tutulmaktadır. Scheffer-Schachtshabel (1989) tarafından ana materyalin bileşimine bağlı olarak toprakların Co

içeriklerinin genellikle $5-15 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği bildirilmiştir. Alloway (1990) ise topraklardaki normal Co sınır değerinin $0.5-65 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında belirtmiştir. El-Bassam ve Tietjen (1977), Kabata ve Pendias (1979), Kitagishi ve Yamane (1981), Kloke (1982) tarafından, topraklardaki kirliliğin sınır değeri 50 mg kg^{-1} Co olarak bildirilmiştir. Kobalt toprakta şelat oluşturan ağır metallere biridir ve Mn^{+2} ile yer değiştirme yoluyla toprakta mangan oksitlere kuvvetli bir şekilde bağlanmaktadır (Haktanır, 1983). Deneme topraklarımızın Co içerikleri değerlendirildiğinde kil ve organik madde içeriklerine bağlı olarak bildirilen değerlerin altında bulunduğu düşünülmektedir. A1 ve A2 doz uygulamalarında topraktaki Co içeriklerinin doz artışına paralel olarak arttığı ancak kil içeriği ve organik madde miktarı düşük olan kumlu tın bünyeli toprakta dozlar arasındaki farkın belirginleştiği görülmektedir. Bitkilerin farklı Co alınımını ile ilgili grafiksel görünüm Şekil 2’de izlenmektedir. Ayçiçeği bitkisinin Co içeriğinin kumlu toprakta 0.11 mg kg^{-1} ile 0.63 mg kg^{-1} , killi toprakta 0.08 mg kg^{-1} ile 0.31 mg kg^{-1} arasında değiştiği belirlenmiştir. Yoncanın Co içerikleri ise kumlu killi toprakta 0.17 mg kg^{-1} ile 0.79 mg kg^{-1} , killi toprakta 0.09 mg kg^{-1} ile 0.24 mg kg^{-1} arasında bulunmuştur. Mengel ve Kirkby (2004) baklagiller ve otlarda Co’nın sırasıyla $0.15-0.30 \text{ mg kg}^{-1}$ ve $0.04-0.08 \text{ mg kg}^{-1}$

Çizelge 6. Yonca hasatı sonrasında farklı bünyeli deneme topraklarının toplam ve alınabilir Co içeriği (mg kg^{-1})

Uyg.	Toplam Co			Alınabilir Co		
	Kumlu killi tın	killi	ort.	Kumlu killi tın	killi	ort.
A0	3.99c	6.20c	5.10c	1.00c	1.91c	1.46c
A1	13.03b	13.05b	13.04b	7.24b	7.93b	7.58b
A2	25.02a	21.62a	23.32a	14.92a	9.33a	12.12a
Ort.	14.01a	13.63b		7.72a	6.39b	
toprak bünyesi $\text{LSD}_{0.1} = 0.557$			toprak bünyesi $\text{LSD}_{0.1} = 0.310$			
doz $\text{LSD}_{0.05} = 0.934$			doz $\text{LSD}_{0.1} = 0.380$			
bünyexdoz $\text{LSD}_{0.1} = 0.964$			bünyexdoz $\text{LSD}_{0.1} = 0.538$			

Farklı Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Ayçiçeği ve Yonca Bitkilerinin Kobalt ve Nikel Alınımının Karşılaştırılması



Şekil 2. Yonca ve Ayçiçeği Bitkilerinin Farklı Bünyeli Topraklarda Co Alımı

bulunabileceğini rapor etmektedirler. Scheffer and Schachtschabel (1989) bitkilerdeki Co sınır değerini 0.02-0.50 mg kg⁻¹ düzeyinde, Kabata Pendias and Pendias (1992) ise 10-20 mg kg⁻¹ olarak bildirmişlerdir. Tek yıllık bitki yaprak örneklerinin Co içerikleri >0.3 mg kg⁻¹ değeri dikkate alınarak incelendiğinde, ayçiçeğinin ve yoncanın Co içeriklerinin A1 ve A2 doz uygulamaları sonucunda arttığı özellikle kumlu bünyeli topraklarda yetişen bitkilerin Co içeriklerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Topraklardaki Co fazlalığı bitkiler için toksik etki yapmakta, Co'nun bitki bünyesinde yeterince bulunmaması halinde ise geniş getiren hayvanlarda iştahsızlık ve devamında ölümler görülmektedir (Gençkan, 1985).

Ayçiçeği ve yonca bitkileri Co alımları açısından karşılaştırıldığında Ni'e benzer olarak, yoncanın Co içeriğinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak her iki bitkinin transfer faktörünün 1'in altında olması bu bitkilerin Co alım kapasitelerinin yüksek olmadığını düşündürmektedir.

Sonuç

Kentleşmenin ve giderek artan endüstriyelleşmenin olumsuz sonuçlarından biri de topraklarımızda ağır metal birikimidir. Bu amaçla yaptığımız model çalışmamızda, Ni ve Co'nun artan dozlarında ayçiçeği ve yonca bitkileri yetiştirilerek fitoremediasyon (yeşil ıslah) amaçlı kullanımları karşılaştırılmıştır.

Kumlu killi tın bünyeli toprakta yetişen bitkilerde killi bünyeli topraklarda yetişen bitkilere göre daha yüksek oranda ağır metal birikimi olmuştur. Alınabilir formdaki ağır metal içeriğinin kumlu killi tın bünyeli toprakta daha yüksek olmasının bu sonucu yarattığı düşünülmektedir. Ayrıca bitki kök ve vejetatif gelişimi üzerine artan ağır metallerin olumsuz etkili olduğu da gözlenmiştir. Kontrol bitkilerinin köklerine oranla ağır metali toprakta yetişen bitkilerin köklerinin daha az geliştiği saptanmıştır. Ayçiçeği ve yonca bitkileri ağır metal alımı açısından karşılaştırıldığında, yoncanın ayçiçeğine göre daha yüksek oranda ağır metal alabildiği görülmektedir. Yüksek besin içeriği ile yem bitkileri arasında önemli bir yere sahip olan yoncanın Ni ve Co'yu daha yüksek oranda alım potansiyeline sahip olması dikkat çekicidir. Ancak her iki bitkinin de Transfer Faktörü oranlarının 1'in altında olması nedeni ile her iki bitkinin de hiperakümülatör bitki özelliğine sahip olmadığı ve fitoremediasyon amaçlı kullanılmayacağını göstermektedir.

Kaynaklar

- Alloway, B. J., 1990, Heavy Metals in Soils, Blackie and Sou Ltd., Glasgow and London.
- Anonim, 2005. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, sayı: 25831 Ankara.

Farklı Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Ayciçeği ve Yonca Bitkilerinin Kobalt ve Nikel Alınımının Karşılaştırılması

- Bergmann, W., 1993. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen, Dritte Erweiterte Auflage, Gustav Fisher Verleag Jena, Stuttgart.
- Çolak, M. 2012. Heavy metal concentrations in sultana-cultivation soils and sultana raisins from Manisa (Turkey). *Environ Earth Sci.*, 67:695–712.
- El-Bassam, N. and Tietjen, C., 1977. Municipal Sludge as Organic Fertilizer with Special Reference to the Heavy Metals Constituents in Soil Organic Matter Studies. Vol. 2. IAAE. Vienna, 253 p.
- Elmacı, Ö. L., 1995. Güney Marmara Bölgesi Sanayi Domates Alanlarındaki Toprak, Sulama Suyu ve Domates (*Lycopersicum Esculentum*) Meyvelerinde Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. İzmir.
- Elzinga, E. J., Sparks, D.L., 2001. Reaction Condition Effects on Nickel Sorption Mechanisms in Illite-Water Suspensions. *Soil Science Society of American Journal*, 65(1): 1–278.
- FAO, 1967. Fisheries Technical Paper. No:158. Roma.
- Gençkan, M. S., 1985. Çayır-Mera Kültürü, Amenajmanı ve Islahı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 483, İzmir
- Gerendas, J., Polacco, J.C., Freyermuth, S.K., Sattelmacher, B., 1999. Significance of nickel for plant growth and metabolism. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 162: 241-256.
- Goncharuk, E.J., Sideronko, G.J., 1986. Hygienic Regulation for Chemic Substance in Soils. *Medicina. Moscow.* 320 p.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö ve Çobanoğlu, D., 2004. Ağır Metal İyonlarının (Cu^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Cd^{+2}) *Clivia* sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. *F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16(2), 177-182.
- Hakerlerler, H., Anaç, D., Okur, B. ve Saatçi, N., 1994. Gümüldür ve Balçova'daki Satsuma Mandarin Bahçelerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. E.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 92-ZRF-47. Bornova-İzmir
- Haktanır, K., 1987. Çevre Kirliliği. A.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notu, Teksir No:140.
- Hongping, H., Jiugau, G., Xiande, X., Jinlian, P., 2000. Experimental Study of the Selective Adsorption of Heavy Metals onto Clay Minerals. *Chinese Journal of Geochemistry.* 19(2):105–109.
- Hutchinson, T.C., 1981. Nickel. in *Effect of Heavy Metals on Plants.*(ed) N:W. Lepp.Applied Science Publishers. London.
- Kabata Pendias, A., Pendias, A., 1979. Current Problems in Chemical Degradation of Soils. Paper Presented at the Conf. on Soil and Plant Analyses in Environment Protection. Falenty/Warsaw. October 29.7.
- Kabata Pendias, A., Pendias, H., 1992. Trace Elements in Soils and Plants, 2 nd. Edition CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor London.
- Kacar, B., 1984. Bitki Besleme. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları. 899. 2. Bas. A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Kennedy, C. D.,Gonsalves, F. A. N., 1987. The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on the trans-root potential and efflux of excised roots, *J.Exp. Bot.*, 38, 800-817.
- Kıtığışlı, K. and Yamane, I., 1981. Heavy Metal Pollution in Soils of Japan. *Japon Science Society Press.*, Tokyo, 302 p.
- Kick, H., Bürger, H., Jommer, K. 1980. Gesamtgehalte an Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Cu, Ni, Cr und Co in Landwirtschaftlich und Görtnerisch Genutzen Böden NordrheinWestfalen, *Landwirtschaftliche Forschung*,No:33(1):12-22.
- Kloke, A., 1979. Content of Arsenic. Cadmium. Chromium. Fluorine. Lead. Mercury and Nickel in Plants Grown on Contaminated Soil. Paper Presented at United Nations-ECE Symp. on Effect of Air-Borne. Pollution on Vegetation. Warsaw. August 20. 192 p.
- Lee, M., Yang, M., 2010. Rhizofiltration Using Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. *vulgaris*) to Remediate Uranium Contaminated Groundwater, *Journal of Hazardous Materials*, 173, 589-596.
- Linzon, S.N., 1978. Phytotoxicology Excessive Levels for Contaminants in Soil and Vegetation. Report of Ministry of the Environment. Ontario. Canada.

Farklı Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Ayrıççeği ve Yonca Bitkilerinin Kobalt ve Nikel Alınımının Karşılaştırılması

- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, UK. 889s.
- Mengel, K ., 1991. Ern ährung und Stoff wechsel die Pflanze. Gustav Fischer Verlag, Jena, Germany.
- Mishra, D., Kar, M., 1974. Nickel in plant growth and metabolism. Bot. Rev., 40: 395-452.
- Molas, J., 1997. Changes in morphological and anatomical structure of cabbage (*Brassica oleracea* L.) outer leaves and in ultrastructure of their chloroplasts caused by an in vitro excess of nickel. *Photosynthetica* 34 (4): 513-522.
- Öktüren Asri, F., Sönmez, S., 2006. Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri, *Derim* 23 (2), 36-45 (2006).
- Rangnekar, S. S., Sahu, S. K., Pandit, G.G. and Gaikwad, V. B., 2013. Accumulation and Translocation of Nickel and Cobalt in Nutritionally Important Indian Vegetables Grown in Artificially Contaminated Soil of Mumbai, India, *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*. Vol. 1(10).
- Saatçi, F., Hakerlerler, H., Tuncay, H., Okur, B., 1988. İzmir İli ve Civarındaki Bazı Önemli Endüstri Kuruluşlarının Tarım Arazileri ve Sulama Sularında Oluşturdukları Çevre Kirliliği Sorunu Üzerinde Bir Araştırma. E.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 127. Bornova – İzmir.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W., 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth, California, USA, 682s.
- Schachtschabel, P., Blume, H.P., 1984. Hartge. K.H. und Schwertmann. U. *Lehrbuch der Bodenkunde*. F. Enke Verlag. Stuttgart. 441 p.
- Scheffer, F. und Schachtschabel, P., 1989. *Lehrbuch Der Bodenkunde*. 12 Aufl. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart. 442 P.
- Seregin, Kozhevnikova A.D., 2006. Physiological role of nickel and its toxic effects on higher plants. *Russian Journal of Plant Physiology* 53 (2): 257-277.
- Slawin, W., 1955. *Atomic Absorbtion Spectroscopy* Interscience Publishers. New York London Sydney.
- Uluocak Güzel, E., 2006. Ağır Metallerin Kil Mineralleri Tarafından Tutulması ve Bitkilerce Alımı, Sütçü İmam Üniversitesi, Toprak anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Wang, X., Song, Y., Ma, Y., Zhuo, R. ve Jin, L., 2011. Screening of Cd Tolerant Genotypes and Isolation of Metallothionein Genes in Alfalfa (*Medicago Sativa* L.). *Environmental Pollution*, 159, 3627-3633.