

Suluova ve Merzifon Ovaları Topraklarının Yarayışlı Demir, Bakır, Çinko ve Mangan Konsantrasyonlarının Mesafeye Bağlı Değişimi

Elif GÜNAL^{1*}Halil ERDEM¹¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat

*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail): elifgunal@gop.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 25.02.2015

Kabul tarihi (Accepted) : 02.10.2015

Öz

Bitki besin elementlerinin doğru amenajmanı, yüksek ürün elde etme ve çevresel kalitenin korunmasında oldukça önemlidir. Bu çalışmanın amaçları; Suluova ve Merzifon Ovaları topraklarının DTPA'da ekstrakte edilebilir mikro element konsantrasyonlarını belirlemek, bu mikro elementlerin yarayışlılığına etki eden diğer toprak özellikleri ile ilişkisini anlamak ve mikro elementlerin mesafeye bağlı yapısını ortaya koymaktır. Merzifon ovasından 76 ve Suluova ovasından 143 adet toprak örneği alınmış ve yarayışlı çinko (Zn), demir (Fe), bakır (Cu) ve mangan (Mn) konsantrasyonları ile toprak kil, silt ve kum içerikleri, pH, elektriksel iletkenlik (EC), kalsiyum karbonat ve organik madde içerikleri belirlenmiştir. Tanımlayıcı istatistik sonuçları çalışma alanının büyük bir kısmının Zn ve Fe açısından yetersiz, ancak Mn ve Cu bakımından toprakların yeterli olduğunu göstermiştir. Ortalama Zn ve Fe konsantrasyonları Merzifon ovasında sırasıyla 0.28 mg kg⁻¹ ve 2.0 mg kg⁻¹ ve Suluova ovasında ise 0.28 mg kg⁻¹ ve 3.26 mg kg⁻¹'dir. Toprakların Zn konsantrasyonu istatistiksel olarak Mn ile pozitif ve pH ile negatif önemli korelasyonlar (P<0.01) göstermiştir. Genelde pH'nın yüksek olduğu yerlerde Zn yetersizliği görülürken, pH'nın 7.30-8.00 arasında olduğu bir kısım alanlarda Zn'nun bitkiler için yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Yarayışlı Fe, Cu ve Mn ile pozitif korelasyonlara sahip iken, kum içeriği ile negatif korelasyon göstermiştir. Merzifon ovasında Fe, Suluova ovasında ise Fe, Zn ve Cu'nun mesafeye bağımlılığının yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer mikro elementlerin ise orta düzeyde mesafeye bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir. Jeostatistiksel modellemede elde edilen range değerleri, çalışma alanında ilgili özelliğin örneklenmesinde minimum mesafe olarak alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Haritalama, jeostatistik, mesafeye bağımlılık, mikroelement

Spatial Variation of DTPA Extractable Iron, Copper, Zinc and Manganese Concentrations in Suluova and Merzifon Plain Soils

Abstract

Appropriate plant nutrient management is important for achieving high crop yield and protecting environmental quality. The aims of this study are; i.) to determine the DTPA extractable micronutrient concentrations in Suluova and Merzifon Plains, ii.) to understand the relationship between micronutrients and related soil properties affecting the availability of micronutrients, and iii.) to figure out the spatial structure of micronutrients. Seventy-Six soil samples from Merzifon and 143 samples from Suluova Plain were collected to measure available zinc (Zn), iron (Fe), copper (Cu) and manganese (Mn) concentrations along with soil clay, silt and sand contents, pH, electrical conductivity (EC), calcium carbonate and organic matter contents. Descriptive results showed that Zn and Fe deficiencies were widespread throughout the study area while soils had sufficient amount of Cu and Mn. Mean Zn and Fe concentrations in Merzifon Plain were respectively 0.28 mg kg⁻¹ and 2.0 mg kg⁻¹ and 0.28 mg kg⁻¹ and 3.26 mg kg⁻¹ for Suluova Plain, respectively. Soil Zn and Mn concentrations had positive and pH and Zn had negative

statistically important relations ($P < 0.01$). In general, Zn concentrations were inadequate level at high pH locations whereas adequate Zn concentrations were obtained at locations where soil pH is between 7.20 to 8.00. Available Fe had positive correlations with Cu and Mn concentrations whereas statistically important negative correlations were obtained with sand content. Iron in Merzifon Plain and Fe, Zn and Cu in Suluova Plain had strong spatial dependency, while other micronutrients showed moderate spatial dependency. The range values obtained in geostatistical modeling should be taken into consideration as the minimum sampling distance for the future studies in the study area.

Key Words: Mapping, geostatistics, spatial dependency, micronutrient

GİRİŞ

Toprakta bulunan mikro elementlerin bitkilerin gelişiminde oldukça önemli rolleri vardır ve genelde topraklarda oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunurlar. Mikro elementlerin toprakta konsantrasyonları ana materyale, pedojenik işlemlere (White ve Zasoski, 1999) ve bazı durumlarda topraktaki mikro element konsantrasyonlarının daha da azalmasına neden olan toprak amenajmanlarına bağlıdır (Pegoraro vd., 2006). Makro elementlere oranla çok daha düşük konsantrasyonlarda bulunan bu besin elementleri, bitkiler tarafından gereği kadar alınamadıklarında, bitkiler optimum gelişimlerini sağlayamazlar. Bu bitkiler ile beslenen hayvanlar ve insanlarda da, özellikle Zn ve Fe gibi mikro besin elementlerinin noksanlığından kaynaklanan bir kısım sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir (Alloway, 2008).

Mikro besin elementlerinin ana kaynağı toprak olduğundan, toprak özelliklerinin mikro elementlerin çözünürlüğünü ve yayılabilirliğini nasıl etkilediklerini belirlemek son derece önemlidir. Mikro elementlerin bitki gelişimi için yayılabilirliği toprak tuzluluğu, asitliği, organik madde içeriği, tekstürü ve biyolojik aktiviteler gibi çeşitli faktörler tarafından etkilenir. Bu nedenle, mikro elementlerin topraktaki davranışlarını tahmin edebilmek ve mikro elementlerin bitkilere yayılabilirliğini arttırmak için uygun yöntemleri tavsiye edebilmede bu parametrelerin belirlenmesi oldukça önemlidir (Foroughifar vd., 2013).

Toprakta bulunan mikro elementlerin mesafeye bağlı değişkenliklerinin sayısallaştırılması, ölçümlerin yapılmadığı ara noktalardaki mikro besin elementlerinin miktarlarının da tahmin edilmesini sağlamaktadır. Bu şekilde üretilen tahmin haritası, topraklarda mikro besin elementlerinin eksikliklerini anlama, lokasyonlarını tespit etme ve idaresi adına önemlidir (Heuvelink ve Webster, 2001). Belirli bir arazide mikro elementlerin bitkiye yayılabilirlikleri,

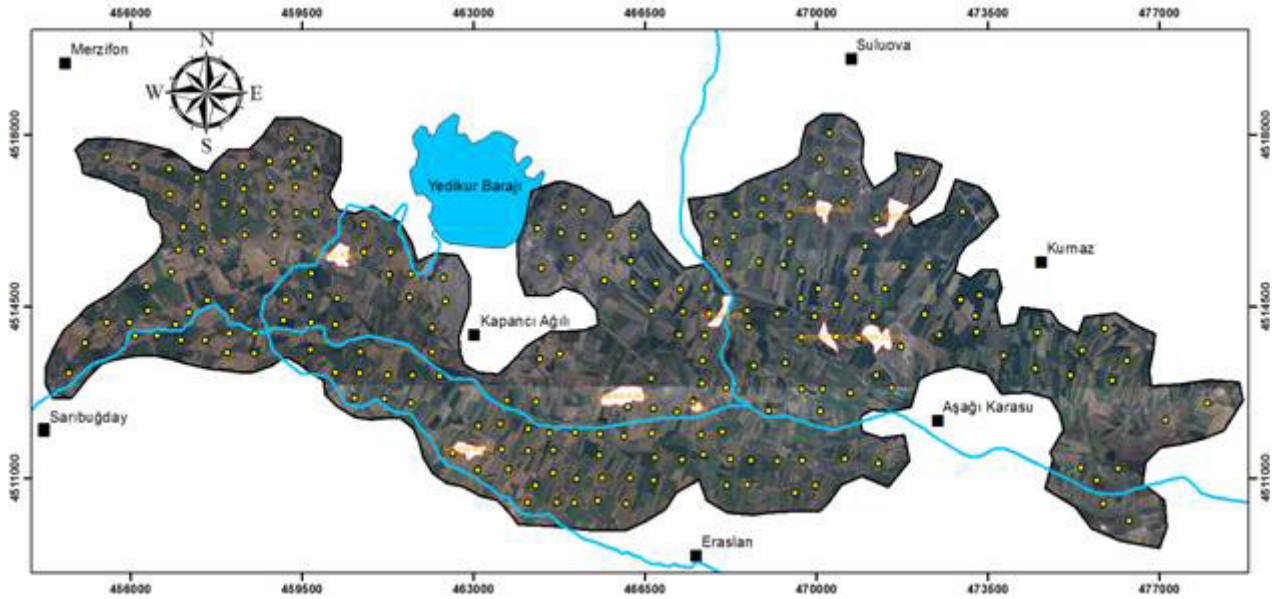
benzer toprak ve çevre koşulları ile ilişkilidir. Toprakta bulunan mikro elementler arasındaki ilişkinin anlaşılması, bu besin elementlerinin mesafeye bağlı değişkenliklerini etkileyen ve kontrol eden etmenlerin belirlenmesine de yardımcı olacaktır. Bu nedenle, mikro elementlerin mesafeye bağlı değişkenlikleri aralarındaki ilişkiyi de dikkate alacak şekilde incelenmelidir (Behera vd., 2011).

Bu çalışmada Merzifon ve Suluova Ovalarının topraklarının mikro element içeriklerinin belirlenmesi ve mesafeye bağlı dağılımlarının modellenerek haritalanması amaçlanmıştır. Ayrıca, mikro elementlerin arazideki dağılımlarına etki eden toprak özelliklerinin belirlenmesi, eksiklik veya fazlalıklarına etkileri gibi konular tartışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma alanı Amasya ilinin önemli tarımsal üretim merkezlerinden olan Suluova ve Merzifon ovalarını kapsamaktadır. Suluova Ovası, ilçe merkezi ve tüm yerleşim yerleri ile birlikte yaklaşık 40.000 ha olup denizden yüksekliği ortalama 510 m'dir. Suluova Ovasında toprak örneklemelerinin yapıldığı çalışma alanı ise, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nün Arazi Islahı çalışmalarını da yürüttüğü düz-düze yakın bir eğime sahip ve sulama imkânı olan toplam 6.019,30 ha'dır. Merzifon ovasının denizden yüksekliği ise ortalama 755 m'dir. Düz-düze yakın ve sulama olanağı bulunan toplam 2.644,7 ha araziden toprak örneklemeleri yapılmıştır (Şekil 1).

Merzifon'da iklim genellikle kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kuraktır. Merzifon'un uzun yıllar yağış ortalaması 388,3 mm ve ortalama sıcaklık ise 11,7 °C olarak ölçülmüştür. Merzifon Ovasına bitişik konumda olan Suluova Ovası, İç Anadolu Bölgesi karasal iklimi ile Karadeniz Bölgesi iklimi arasında kaldığından geçiş iklim özelliklerine sahip olup Suluova ilçesinin yıllık ortalama sıcaklığı 12,8°C'dir (Çoban, 2003).



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme noktalarını gösteren orto foto görüntüsü

Figure 1. Orto-photo image showing the study area and sampling locations

Toprak Örnekleme ve Analizleri

Merzifon Ovasından 76 ve Suluova Ovasından 144 olmak üzere toplam 220 adet 0-30cm derinliğinden toprak örnekleri alınmıştır. Arazilere 500m X 500m genişliğinde gridlere ayrılmış ve örnekleme noktalarının köşe noktalarından yapılmıştır (Şekil 1).

Oda sıcaklığında kurutulan toprak örnekleri, tahta tokmaklar ile ufaltıldıktan sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve laboratuvar analizlerine hazır hale getirilmiştir. Örneklerin tekstür analizleri hidrometre yöntemi (Gee ve Bauder, 1986) ile, toprak reaksiyonu (pH) ile elektriksel iletkenliği (EC) saturasyon çamurunda (Rhoades, 1982) belirlenmiştir. Organik madde içeriği Walkley-Black yöntemi ile (Nelson ve Sommers, 1982) ve örneklerin kireç içerikleri "Scheibler Kalsimetresi" yardımıyla (Allison ve Moodie, 1965) belirlenmiştir. Bitkiye elverişli olan mikro elementlerin Zn, Fe, Mn ve Cu tayininde DTPA yöntemi kullanılmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978).

İstatistiksel ve Jeostatistiksel Analizler

Çalışma alanında belirlenen toprak özelliklerinin genel karakteristikleri, tanımlayıcı istatistik tabloları yapılarak sunulmuştur. Bu tablolarda verilerin merkezi eğilimlerini ortaya koyabilmek amacıyla en küçük ve en yüksek değerler ile verilerin aritmetik ortalamaları, yaygınlıklarını ortaya koyabilmek amacıyla standart sapmaları ve varyasyon

katsayıları, verilerin dağılımının simetrikliğinin bir göstergesi olarak da yatıklık ve basıklık değerleri belirlenmiştir.

Çalışma alanının mikro besin elementleri içeriklerinin haritalanmasında jeostatistiksel teknikler kullanılmıştır. Jeostatistik, örnekler arası mesafeye bağlı ilişkiyi tanımlamayı, modellemeyi ve haritalamayı amaçlayan bir metod olarak kullanılmaktadır (McBratney vd., 2000). Gözlem verilerinin deneysel variogram yapısının belirlenmesi ve bu yapıya teorik bir modelin uydurulması jeostatistiksel çalışmaların temelini oluşturmaktadır (Vieira vd., 1981). Her bir özelliğin mesafeye bağımlılığının belirlenmesi için yapılan modelleme ve uygun enterpolasyon yönteminin belirlenmesinin ardından, çalışma alanında örnekleme yapılmayan noktalar için tahminlerin yapılmasının ardından haritalama şeklinde iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

Haritalanan özelliklere ait semivaryogramlar GS+ 7.0 (Gamma Design Software, 2004) paket programı kullanılarak modellenmiş, krigeleme işlemi ve sonrasında üretilen haritalar ise ArcGIS 9.2 (Esri, 2006) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Oluşturulan nihai haritalar 100x100m'lik raster formatına dönüştürülüp, arazinin sınırları boyunca bu raster katmanı kesilip lejantlar eklenerek haritalar elde edilmiştir.

Uygun enterpolasyon modeline ait variogramların range, sill ve nugget değerleri belirlenmiş, her bir özelliğin mesafeye bağımlılığı hesaplanmıştır. Mesafeye bağımlılık değeri, nugget semivaryansın toplam semivaryansa oranının (Co/Co+C) yüzde olarak ifadesidir. Şayet mesafeye bağımlılık değeri \leq % 25 ise değişken kuvvetli mesafeye bağımlı, %25-75 arasında ise orta derecede mesafeye bağımlı olarak sınıflandırılmakta ve bu oran %75'den fazla ise değişken zayıf mesafeye bağımlı olarak sınıflandırılmaktadır (Camberdella vd., 1994).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Merzifon Ovası Toprak Özellikleri

Merzifon toprakları çoğunlukla killi tekstüre sahip olup, ortalama kil içeriği %51,8'tir. Bununla beraber ovada kum içeriği %64,2 gibi yüksek olan lokasyonlarda bulunmaktadır. Özellikle çalışma alanı içerisinde geçen derelerin yakınlarında yer alan araziler, derelerin sedimentleri depolama desenine uygun bir şekilde daha kaba tekstürlü iken, derelerden uzaklaştıkça kil içeriğinin arttığı görülmektedir. Çalışma alanı topraklarının saturasyon çamurunda belirlenen pH'sı bölgenin iklimi ve ana materyalinin özelliklerinin de etkisi ile genelde hafif alkali ve kuvvetli alkali olup, 8,15-9,52 arasında değişirken, ortalama 8,51 olarak bulunmuştur. Merzifon ovasında ortalama EC değerleri tuzluluk probleminin olmadığını göstermekle beraber, sınırlı sayıda örneklem noktasında EC değeri bitkisel üretimde sorun yaratacak seviyede yüksek bulunmuştur (Çizelge 1).

Çalışma alanında Ülgen ve Yurtseven (1974)' e göre ortalama organik madde içeriği (%1,58) az olarak bulunmuştur. Bununla beraber organik madde içeriğinin %0,20 gibi çok az olduğu ve %3,59 gibi iyi olduğu örneklem noktaları da yer almaktadır. Bu değişkenliğin temel nedeni 2.644,7 ha olan çalışma alanında yapılan farklı tarımsal uygulamalardır. Allison ve Moodie (1965)' ye göre toprakların kireç içerikleri gruplandırıldığında ova topraklarının orta kireçli (%5-15) ve yüksek kireçli (%15-25) olduğu görülmüştür (Çizelge 1).

Merzifon topraklarının Zn konsantrasyonları 0,11 mg kg⁻¹ ile 1,05 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama Zn konsantrasyonu (0,28 mg kg⁻¹), Lindsay ve Norvell (1978) tarafından topraklarda noksanlık sınır değeri olarak belirtilen 0,5 mg kg⁻¹ 'in altındadır. Merzifon Ovasında örneklenen 76 noktadan 69 tanesinde Zn konsantrasyonu belirtilen sınır değerinin altında olduğundan, ovanın önemli bir kısmında yetiştirilen kültür bitkilerinin Zn içeren gübre uygulanmadığı takdirde Zn noksanlığından dolayı verim düşüşü riski bulunmaktadır.

Toprakta havalanmanın durumuna bağlı olarak Fe⁺³ ve Fe⁺² formlarında bulunan Fe'in bitkilere yararlılığı, topraktaki formu ve kimyasal özellikleri, toprak pH'sı, toprak kolloidleri ile etkileşimi, mikrobiyal aktivite, organik madde içeriği, havalanma, sıkışma, sıcaklık, nem ve diğer besin elementlerinin konsantrasyonları tarafından etkilenmektedir (Hodges, 2010). Merzifon Ovasında toprakların Fe konsantrasyonları, 0,60-4,67 mg kg⁻¹ arasında değişmiş ve ortalama 2,00 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Merzifon Ovası topraklarının bir kısım fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mikro element içeriklerinin tanımsal istatistikleri

Table 1. Some of physical, chemical characteristics and micro nutrient contents of soils in Merzifon Plain

N=76	Birim	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	CV*	Yatıklık	Basıklık
Kil	%	26,3	67,0	51,8	9,605	18,56	-0,82	0,14
Kum	%	12,2	64,2	27,3	9,975	36,55	1,58	3,28
Silt	%	7,1	37,5	21,0	6,273	29,93	0,62	0,58
Zn	mg kg ⁻¹	0,11	1,05	0,28	0,177	62,28	2,09	5,05
Fe	mg kg ⁻¹	0,60	4,57	2,00	0,765	38,32	1,43	2,42
Cu	mg kg ⁻¹	0,48	1,29	0,80	0,216	27,14	0,53	-0,72
Mn	mg kg ⁻¹	0,79	7,74	3,81	1,579	41,44	0,66	-0,15
pH		8,15	9,52	8,51	0,231	2,72	1,75	5,42
EC**	dS m ⁻¹	0,21	3,70	0,54	0,393	72,89	7,08	57,15
OM***	%	0,20	3,59	1,58	0,655	41,53	0,40	0,56
CaCO ₃	%	6,22	24,12	14,56	3,396	23,33	0,15	1,12

* CV: Varyasyon Katsayısı (%), ** EC: Elektriksel İletkenlik, *** OM: Organik Madde

Lindsay ve Norvell (1969), toprakları, Fe içeriği ile ilgili olarak; Fe konsantrasyonu $<2,5 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğunda az, $2,5-4,5 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğunda orta ve $>4,5 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğunda ise fazla şeklinde gruplandırmışlardır. Buna göre, Merzifon ovasında DTPA'da ekstrakte edilebilen ortalama Fe içeriğinin bitki gelişimi için yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Örnekleme yapılan 76 noktadan 46 tanesinde Fe içeriğinin 2 mg kg^{-1} 'dan daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Tarım topraklarının toplam Cu içeriğinin 50 mg kg^{-1} 'a kadar yüksek olabileceği belirtilmektedir. Topraklarda Cu çok çeşitli formlarda bulunmakla beraber, bitki besleme açısından en yararlı olanları çözülmüş ve değişebilir formda olan Cu'dur. Merzifon topraklarının Cu içeriği $0,48-1,29 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup, ortalama Cu içeriği $0,80 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dir (Çizelge 1). Follet (1969), DTPA çözeltisi ile ekstrakte edilebilir Cu içeriğine göre toprakları yetersiz ($< 0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) ve yeterli ($>0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) olacak şekilde iki gruba ayırmıştır. Bu sınıflamaya göre Merzifon Ovası toprakları, DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonu açısından yeterli görülmektedir. Bakırın yayılsılığı pH 7,0 ve üzerinde azalmakta ve yayılsılığın en yüksek olduğu pH değerinin ise 5,0 olduğu belirtilmektedir. Çalışma alanı topraklarının ortalama pH değerinin 8,51 olması, çalışma alanında yayılsılı Cu içeriğinin çok yüksek olmamasının nedenlerinden biri olarak düşünülebilir. Tarım topraklarında toplam 50 mg kg^{-1} a kadar toplam Cu konsantrasyonu bulunabilirken, Merzifon Ovasında ortalama Cu içeriği $0,80 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak

bulunmuştur. Bu çalışmada her ne kadar toplam Cu içeriği belirlenmemiş olsa da, genel itibari ile toplam Cu konsantrasyonu yüksek olan topraklarda yayılsılı Cu konsantrasyonunun toplam Cu'a göre düşük olması, Reyhanitabar ve Karimian (2008), belirttiği gibi yüksek kil içeriği ve kalsiyum karbonatın yüzey alanı ile ilişkilendirilebilir. Ortalama kireç içeriği %14,56 olan Merzifon Ovası topraklarının ortalama %51,75 gibi yüksek kil içeriğine sahip olması Cu'ın çözünebilirliğini zorlaştıran önemli faktörlerdir. Benzer şekilde Dudley vd., (1991), kireçli topraklarda Cu'ın spesifik adsorpsiyon reaksiyonları ile tutulduğunu ve karbonatların bulunduğu koşullarda Cu'ın etkin bir şekilde hareketsiz hale geçirilebileceğini belirtmişlerdir.

Merzifon Ovası topraklarının DTPA'da ekstrakte edilebilir Mn içeriği $0,79 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $7,4 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmiş ve ortalama $3,81 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Dünya Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO, 1990)'nun belirlediği kriterlere göre, Mn içeriği 14 mg kg^{-1} 'dan düşük olan konsantrasyonlar toprakta yetersiz olarak tanımlanmaktadır.

Suluova Ovası Toprak Özellikleri

Suluova Ovası topraklarının kil içeriği, %23,6-74,0 arasında değişmekte olup ortalama %52,1'dir. Ortalama kil içeriğinden de anlaşılacağı gibi ovanın genelinde toprakların kil içeriği yüksektir. Bununla beraber en yüksek kum içeriğine bakıldığında ovada %50 civarında kum içeren lokasyonların da olduğu anlaşılmaktadır. Toprak reaksiyonu Suluova Ovasında 8,06-9,47 arasında değişirken ovanın

Çizelge 2. Suluova Ovası topraklarının bir kısım fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mikro element içeriklerinin tanımsal istatistikleri

Table 2. Some of physical, chemical characteristics and micro nutrient contents of soils in Suluova Plain

N=143	Birim	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Std. Sapma	CV*	Yatıklık	Basıklık
Kil	%	23,6	74,0	52,1	10,587	20,32	0,-63	-0,17
Kum	%	8,1	50,1	24,4	7,510	30,75	0,58	0,38
Silt	%	10,0	42,5	23,5	6,898	29,39	0,48	-0,10
Zn	mg kg^{-1}	0,05	1,21	0,28	0,179	64,89	2,32	7,42
Fe	mg kg^{-1}	1,02	6,93	3,04	0,967	31,80	0,92	1,51
Cu	mg kg^{-1}	0,28	1,59	1,02	0,217	21,21	-0,16	0,48
Mn	mg kg^{-1}	0,99	8,32	3,86	1,414	36,61	0,88	0,50
pH		8,06	9,47	8,50	0,269	3,16	1,21	1,69
EC	dS m^{-1}	0,22	4,67	0,63	0,669	106,23	4,21	19,11
OM**	%	0,42	7,27	1,71	0,797	46,73	3,20	17,87
CaCO_3 ***	%	9,25	28,82	17,12	3,489	20,38	0,74	0,86

* CV: Varyasyon Katsayısı (%), ** EC: Elektriksel İletkenlik, *** OM: Organik Madde

ortalama pH değerinin kuvvetli alkali kabul edilen 8,50'de olduğu görülmektedir (Çizelge 2).

Ortalama EC değerlerine bakıldığında (0,63 dS m⁻¹) Suluova Ovası topraklarının tuz probleminin olmadığı söylenebilir, ancak en yüksek EC değerleri arasında 4,67 dS m⁻¹ değerinin olması, ovada yer yer tuz problemi olan alanların olduğuna işaret etmektedir. Ovanın organik madde içeriği, yoğun toprak işlemeli tarımın yapıldığı sahalarda %0,42 ve mera olarak kullanılan arazilerde %7,27 iken, ovanın ortalama organik madde içeriği %1,71'dir. Ova toprakları ortalama %17,12 kireç içermekte ve bu değer örnekleme yerine göre değişmektedir (Çizelge 2).

Benzer iklim, ana materyal ve çiftçi alışkanlıkları olduğundan dolayı Fe, Zn, Cu ve Mn içerikleri ile ilgili olarak Suluova Ovasında da Merzifon Ovasına oldukça benzer bir durum söz konusudur. Çinko konsantrasyonu 0,05-1,21 mg kg⁻¹ arasında değişirken ortalama 0,28 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Ortalama Zn konsantrasyonu ovada yer alan toprakların ciddi anlamda Zn açısından yetersiz olduğuna işaret etmektedir. Örnekleme yapılan 143 noktanın 129 tanesinde Zn konsantrasyonunun 0,5 mg kg⁻¹'dan düşük olması da bunu kanıtlar niteliktedir. Çalışma alanında yapılan tarımsal üretimde özellikle Zn gibi mikro elementlerin kullanımının yetersiz olması ve uzun süredir yoğun tarımsal faaliyetlerin yapılıyor olması toprakların Zn konsantrasyonlarının düşük olmasına yol açmıştır.

Çalışma alanı topraklarının Fe içeriği ise, 1,02-6,93 mg kg⁻¹ arasında değişmiş ve ortama 3,04 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu değer, Linsay ve Norvell (1979)' in belirtmiş olduğu yeterlilik sınır değerlerinin (>2,5 mg kg⁻¹) üzerindedir. Suluova Ovasında ortalama Cu (1,02 mg kg⁻¹) ve ortalama Mn (3,86 mg kg⁻¹) konsantrasyonları, Cu ve Mn açısından da ovada sorunun olmadığını göstermektedir.

Merzifon ve Suluova Ovalarının Toprak Özelliklerinin Korelasyonları

Bugüne kadar yapılan çalışmaların bir çoğunda (Sharma vd., 2004; Wu vd., 2010) bir kısım temel toprak özellikleri ile mikro element içerikleri arasındaki ilişki çalışılmış ve çoğunlukla mikro elementlerin yarayışlılığını etkileyen en önemli toprak bileşeninin toprak pH'sı ve organik madde içeriği olduğu ifade edilmiştir. Bu ilişkiyi belirlemek için yapılan korelasyon analizinde, çalışma alanı topraklarının organik madde içerikleri ile konsantrasyonları tayin edilen mikro elementlerden hiç birinin negatif veya pozitif istatistiksel olarak önemli bir ilişkisi olduğu tespit edilememiştir (Çizelge 3). Bununla beraber, toprak pH'sı ile Mn ve Zn arasında ise istatistiksel olarak önemli (P<0,01) negatif korelasyonlar olduğu görülmüştür.

Sharma vd., (1999 ve 2004), yaptıkları iki ayrı çalışmada mikro elementlerin yarayışlılıkları ile toprakların kalsiyum karbonat içeriği, katyon değişim kapasitesi, kil ve kum içerikleri arasında önemli ilişkiler tespit etmişlerdir. Çizelge 3' de

Çizelge 3. Suluova ve Merzifon Ovaları toprak özelliklerinin korelasyonu.

Table 3. Correlations for soil characteristics of Suluova and Merzifon Plains

N=218	Cu	Mn	Fe	Zn	Kil	Kum	Silt	pH	EC	OM	CaCO ₃
Cu	1										
Mn	0,105	1									
Fe	0,606**	0,340**	1								
Zn	-0,050	0,355**	-0,032	1							
Kil	0,309**	-0,236*	0,123	-0,180	1						
Kum	-0,234*	0,107	-0,226*	0,064	-0,795**	1					
Silt	-0,101	0,192*	0,172	0,174	-0,266*	-0,372**	1				
pH	0,107	-0,321**	0,001	-0,438**	0,062	0,120	-0,286**	1			
EC	0,162	-0,003	0,059	-0,027	0,069	0,080	-0,233*	-0,023	1		
OM	-0,049	0,101	-0,088	0,155	0,123	-0,195*	0,121	-0,151	0,017	1	
CaCO ₃	-0,199*	-0,123	0,056	0,157	0,410**	-0,490**	0,151	-0,026	-0,088	0,016	1

* P<0.01 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir

** P<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir

görüldüğü gibi, çalışma alanında kalsiyum karbonat içeriği ile ilişkili tek mikro elementin Cu'dur. Tekstür bileşenlerinden kil ile Cu ve Mn arasında (pozitif), kum ile Cu ve Fe arasında (negatif) ve silt ile Mn arasında (pozitif) istatistiksel olarak önemli %1 ve %5 düzeyinde ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Kum ile mikro elementler arasındaki istatistiksel olarak önemli negatif ilişkiyi Sharma vd., (2009), kum fraksiyonu içerisinde yer alan yüksek kuvars mineralinin varlığı ile açıklamışlardır. Elektriksel yapısı nötr olan kuvars mineralinin yoğun olduğu topraklarda, mikro elementlerin tutunması mümkün olmadığından yayılsı konsantrasyonları da düşük olmaktadır.

Ekstrakte edilebilir Zn içeriği ile yayılsı Mn içeriği arasında istatistiksel olarak önemli pozitif ($P<0,01$) bir ilişki tespit edilirken, Zn ile pH arasında önemli negatif ($P<0,01$) bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 3). Bu durumda çalışma alanında yer alan topraklarda, yayılsı Zn içeriğinin yüksek olduğu yerlerde Mn içeriğinin de yüksek olacağı beklenmelidir. Kaliforniya topraklarında yaptıkları bir çalışmada Bradford vd., (1996), nikel ve krom, magnezyum ve nikel, kobalt ve bakır ile krom ve magnezyum arasında görülen yüksek korelasyonunun nedenini toprakların ana materyali olan serpantin kayasına dayandırmışlardır.

Serpantin içerisinde bulunan bu elementlerin konsantrasyonları, ayrışma ürünü olan toprakta benzerlik göstermiştir. Çalışma alanı topraklarını oluşturan ana materyallerin nispeten homojen olması Zn ile Mn arasındaki yüksek korelasyona neden olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, İran'da toprakların bir kısım mikro element dağılımları üzerine jeo-pedolojik koşulların etkisini araştıran Nael vd., (2009), topraklardaki mikro element konsantrasyonlarının esas olarak ana materyal çeşidi ile ilişkili olduğunu rapor etmişlerdir.

Bunun tam aksi bir ilişkinin belirlendiği yayılsı Zn ile pH arasındaki önemli negatif ilişki ise, pH değerinin artış veya azalışına bağlı olarak, topraktaki Zn konsantrasyonunun yayılsılığının arttığı veya azaldığı söylenebilir. Çalışılan topraklarda görülen negatif ilişki, pH'nın yükselmesi ile birlikte, yayılsı Zn içeriğinin azaldığını ve aksi durumda ise Zn konsantrasyonunun arttığını göstermiştir. Bursa ili Kireçsiz Kahverengi büyük toprak grubu topraklarının bazı özellikleri ve besin maddesi içeriklerini belirleyen Tümsavaş ve Çelik (2005), toprakların pH'larının hafif asidik ile nötr ve hafif

alkalin arasında değiştiğini ifade etmiş ve toprakların değişebilir Fe, Mn, Cu ve Zn içerikleri yönünden yeterli olduklarını belirlemişlerdir. Bununla beraber, pH'sı çoğunlukla 8,0'ın üzerinde olan kireç içeriği yüksek Niğde'de Emen Ovası topraklarında çalışan Erdem vd., (2012) ise, çalışılan toprakların çoğunluğunda özellikle ekstrate edilebilir Zn içeriğinin düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Erdem vd., (2012), çalışma yaptıkları alanın pH değerlerine benzer olan çalışma alanı topraklarının Zn içeriğinin düşük olmasında pH değerlerinin yüksek olmasının da önemli bir etken olduğu düşünülmektedirler. Bir kısım çalışmalarda (Wenming vd., 2001), kireçli topraklarda Zn'nun adsorpsiyonu ve dolayısı ile yayılsılığının üzerine en etkili toprak bileşeninin CaCO_3 olduğu belirtilmesine rağmen, çalışma alanı topraklarında da Zn ile CaCO_3 arasında önemli bir ilişkinin varlığı tespit edilememiştir. Benzer şekilde, Güney İran'da kireçli toprakların mikro element içerikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi araştıran Nafaji-Ghiri vd., (2013), Zn konsantrasyonu ile CaCO_3 arasında önemli bir ilişki bulunmadığını belirtmişlerdir.

Bitkiler tarafından Cu'nun alınımının azot, fosfor, Zn, Mn ve molibden gibi besin elementleri tarafından da olumsuz etkilendiği bildirilmiştir (Hodges, 2010). Çalışmamızda ise, Cu ile Fe arasında önemli bir pozitif ilişki ($P<0,01$) tespit edilmiş, bununla beraber Cu ile Mn ve Zn arasında istatistiksel olarak önemli herhangi bir ilişkiye rastlanamamıştır. Bakır ile tekstür bileşenlerinden kil arasında önemli pozitif bir ilişki var iken, kum içeriği arasında negatif bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir (Çizelge 3). İran'da oldukça yüksek kireç içeren toprakların yayılsı Cu tamponlama kapasitesi üzerine çalışmalar yapan çalışan Ghasemi-Fasaei vd., (2006), yayılsı Cu konsantrasyonunun toprağın kireç içeriği, katyon değişim kapasitesi ve kil içeriği ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada da DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonu üzerine etkili olan parametreler Ghasemi-Fasaei vd., (2006) 'nin bildirdiği özellikler ile uyumludur. Çalışmada Cu konsantrasyonunun, katyon değişim kapasitesi üzerinde oldukça etkili olan kil içeriği ile pozitif ve kum içeriği ile negatif korelasyona sahip olması, çalışma alanı topraklarında yayılsı Cu konsantrasyonuna etki eden en önemli unsurların tekstür bileşenleri olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte Najafi-Ghiri vd., (2013), yayılsı Cu konsantrasyonuna etki eden parametreler içerisinde katyon değişim kapasitesi ve kireç içeriğine ilaveten

organik maddeyi de dahil etmişlerdir. Wu vd., (2010), Cu ile pH ve organik madde arasında önemli bir ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda Cu konsantrasyonu ile bu araştırmacıların belirttiği parametreler arasında önemli bir ilişki belirlenmemiştir.

Hong vd., (2010), pH değerinin artışı ile birlikte özellikle kireç içeriği yüksek olan topraklarda Mn' nin çözünmesi zor bileşikler oluşturmasından dolayı bitkilere yararlılığının azalacağı ve bitkilerde noksanlık görülebileceğini belirtmişlerdir. Araştırma alanında yer alan her iki ovada da yaklaşık 3.80 mg kg⁻¹'in üzerinde olan ortalama Mn konsantrasyonu, bitkiler açısından bir noksanlığa işaret etmemekle birlikte, pH değerleri ile Mn konsantrasyonu arasında istatistiksel olarak önemli (P<0,01) bulunan negatif korelasyon, pH artışı ile birlikte Mn konsantrasyonunun azaldığını göstermektedir (Çizelge 3). Bu sonucu destekler nitelikte, Havlin vd., (1999), toprakta pH' nın her bir birim artışı ile Mn⁺²'nin çözünürlüğünün 100 kat azalacağını rapor etmişlerdir.

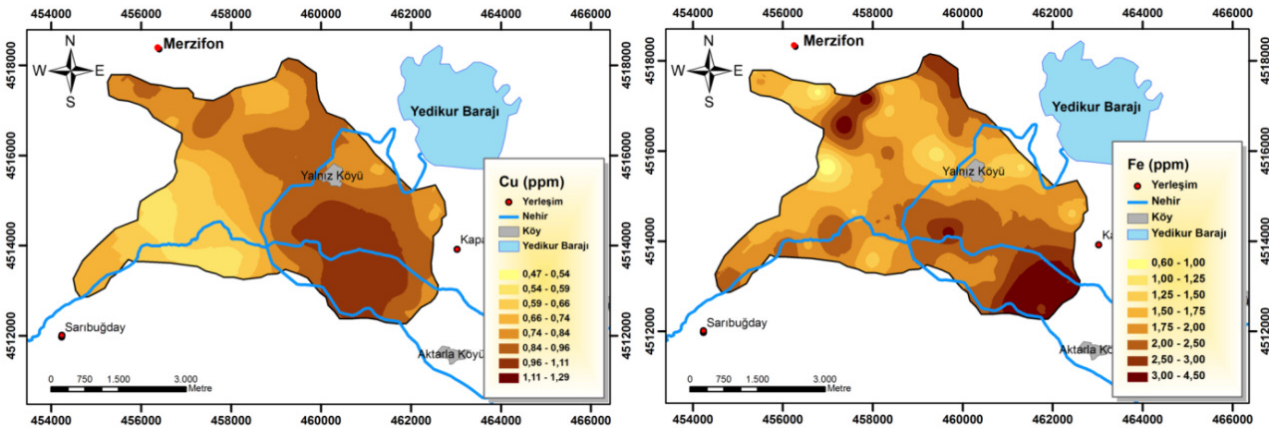
Merzifon Ovası Topraklarının Mesafeye Bağlı Değişimleri

Merzifon topraklarında mikro elementlerin tamamı üssel ve Suluova Ovası topraklarında ise üssel ve küresel modeller kullanılarak modellenmiştir. Modelleme ile elde edilen range değeri, gözlemlerin arazide benzerliğinin bittiği mesafeyi ifade etmekte kullanılır. Mangan konsantrasyonlarına ait semivariogramın uzun-range yapısı, muhtemelen kayaç gibi kalıtsal bir özellik tarafından kontrol edildiğine işaret etmektedir. Buna karşılık en düşük range değerine sahip olan Fe konsantrasyonunun ise lokal olarak insan aktiviteleri tarafından etkilendiğini göstermektedir. Demir konsantrasyonlarına ait semivariogramın range değeri 1191m'dir. Bundan sonraki en kısa range değerine sahip element Cu'dur. Merzifon Ovası topraklarının mikro element içeriklerinden Fe yüksek düzeyde mesafeye (%5,93) bağımlılık gösterirken, Cu (%70,24), Mn (49,96) ve Zn' nin (%31,29) mesafeye bağımlılığının orta düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Merzifon Ovası topraklarına ait semivariogram model parametreleri

Table 4. Semivariogram model parameters of Merzifon Plain soils

	Model	Aktif Lag Mesafesi	Uniform Aralık	Nugget Varyansı Co	Sill Co+C	Uzaysal Bağımlılık %	Range (A) m	R ²	Cross R ²
Cu	Exponential	6500	425	0,0038	0,00541	70,24	3630	0,758	0,204
Mn	Exponential	7200	720	1,861	3,725	49,96	20370	0,847	0,115
Fe	Exponential	4000	320	0,0074	0,1248	5,93	1191	0,722	0,206
Zn	Exponential	5500	410	0,0895	0,286	31,29	5580	0,922	0,260
pH	Exponential	5200	330	0,0038	0,033	11,52	1980	0,762	0,068



Şekil 2. Merzifon Ovasında Cu ve Fe içeriğinin mesafeye bağlı değişimi

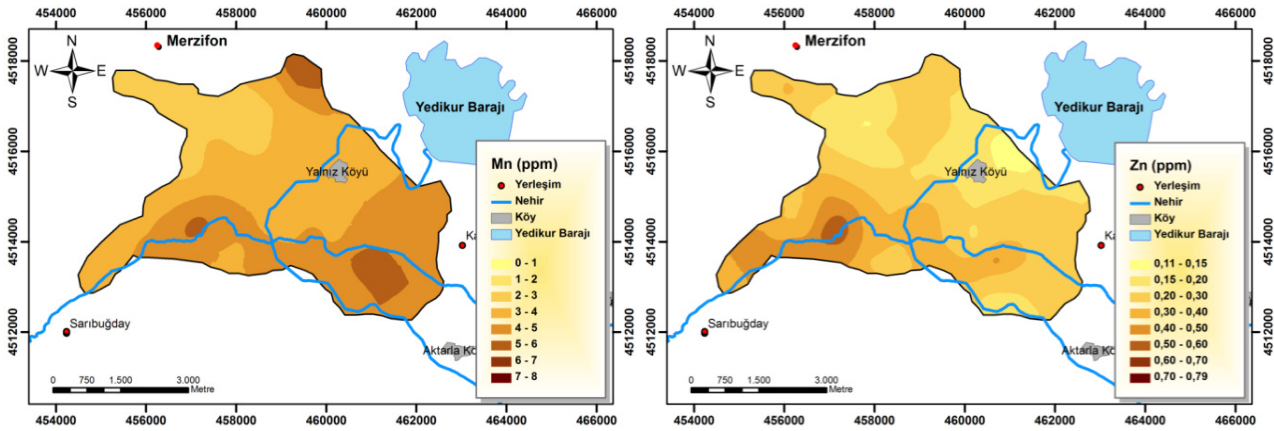
Figure 2. Spatial distribution maps of Cu and Fe for Merzifon Plain

Merzifon Ovasının tamamı Cu açısından sorunsuzdur, bununla birlikte Cu içeriğinin en yüksek olduğu topraklar (0,74-1,19 mg kg⁻¹ arası) çoğunlukla ovanın güney doğusunda yer alan Aktarla Köyü ile Yalnız Köyü arasında yer almaktadır. Bahsedilen bu alanlar çoğunlukla kil içeriğinin %50'den fazla olduğu alanlar olarak göze çarpmaktadır.

Bakır konsantrasyonu ile Fe konsantrasyonunun arazideki minimum ve maksimum değerlerinin bulunduğu bölgeler birbirlerine büyük benzerlik göstermektedir. Demir açısından yetersiz (2,5 mg kg⁻¹) olan alanlar çoğunlukla Yalnız Köyü ve etrafından ovanın kuzey doğusuna doğru kıvrımlı bir hat şeklinde uzanmaktadır (Şekil 2).

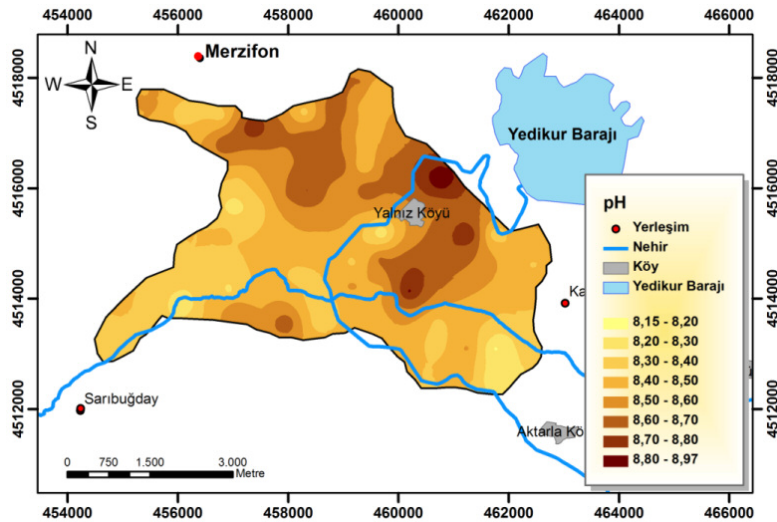
Çalışma alanının tamamında yeterli konsantrasyonda bulunan Mn içeriğinin en düşük olduğu örnekleme noktaları arazinin kuzey batı kısmında yer almaktadır. Bunun tam tersi istikamette yani ovanın güney-doğu kısmında ise Mn konsantrasyonunun 6,0-8,0 mg kg⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 3).

Merzifon Ovasında Zn'nun (Şekil 3) ve pH'nın (Şekil 4) değişimleri incelendiğinde, pH'nın düşük olduğu ovanın Güney Batı ucunda örneklenen arazilerde Zn'nun yeterli konsantrasyonda olduğu, bunun haricindeki hemen hemen tüm arazilerde ise noksanlık sınır değeri olan 0,5 mg kg⁻¹ in altında olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Merzifon Ovasında Mn ve Zn içeriklerinin mesafeye bağlı değişimi

Figure 3. Spatial distribution maps of Mn and Zn for Merzifon Plain



Şekil 4. Merzifon Ovasında pH değerlerinin mesafeye bağlı değişimi

Figure 4. Spatial distribution maps of pH values for Merzifon Plain

Suluova Ovası Topraklarının Mesafeye Bağlı Değişimleri

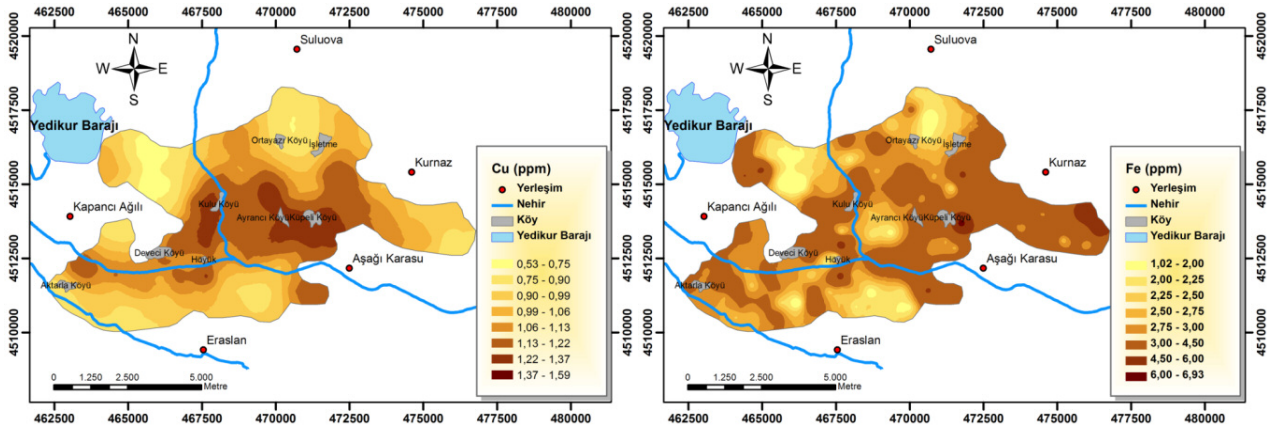
Suluova Ovası topraklarının Merzifon topraklarına nazaran mesafeye bağımlılıklarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Suluova Ovasında Mn, Fe ve Zn yüksek düzeyde uzaysal bağımlı iken, Cu' in orta düzeyde bağımlı olduğu belirlenmiştir. Mikro

elementler içerisinde ise range değeri en düşük olanlar 1110 m ile Mn ve 1120 m ile Zn olarak belirlenmiştir. Mesafeye bağımlılığı orta düzeyde olan Cu ise, mikro elementler içerisinde range değeri en yüksek özellik olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Suluova Ovası toprakları semivaryogram model parametreleri

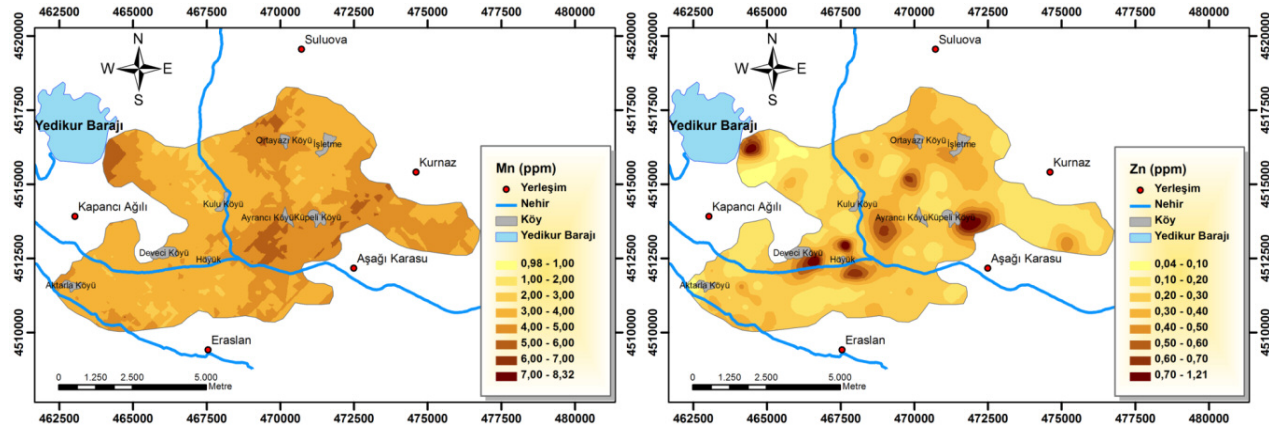
Table 5. Semivariogram model parameters of Suluova Plain soils

	Model	Aktif Lag Mesafesi	Uniform Aralık	Nugget Varyansı Co	Sill Co+C	Uzaysal Bağımlılık %	Range (A) m	R ²	Cross R ²
Cu	Spherical	7000	400	0,01709	0,04658	36,69	3080	0,847	0,344
Mn	Exponential	7000	425	0,258	1,955	13,20	1110	0,733	0,042
Fe	Exponential	7000	450	0,0115	0,10	11,50	1440	0,711	0,026
Zn	Spherical	5000	350	0,0001	0,3122	0,03	1120	0,769	0,018
pH	Spherical	7000	500	0,0259	0,0767	33,77	2790	0,954	0,242



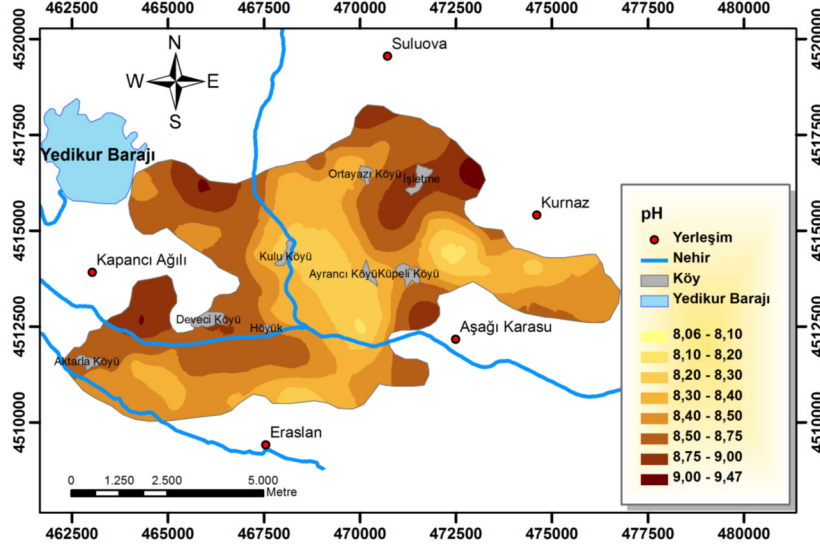
Şekil 5. Suluova Ovasında Cu ve Fe içeriklerinin mesafeye bağlı değişimi

Figure 5. Spatial distribution maps of Cu and Fe for Suluova Plain



Şekil 6. Suluova Ovasında Mn ve Zn içeriklerinin mesafeye bağlı değişimi

Figure 6. Spatial distribution maps of Mn and Zn for Suluova Plain



Şekil 7. Suluova'da pH değerlerinin mesafeye bağlı değişimi

Figure 7. Spatial distribution maps of pH values for Suluova Plain

Suluova Ovasında da Merzifon ovasında olduğu gibi kil içeriği ve Fe konsantrasyonunun yüksek olduğu bölgelerde, DTPA ile ekstrakte edilebilen Cu konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 5).

Suluova Ovasında örneklenen 143 noktanın tamamında topraklar bitki gelişimi açısından yeterli Mn içermektedirler. Bununla beraber Mn'nin mesafeye bağlı değişkenliğinin ifade edildiği haritada da görüldüğü gibi, kuzeyden gelen dere yatağı boyunca daha düşük konsantrasyonlarda olan Mn, Ortayazi ve Ayrancı Köyleri hattında daha yüksek konsantrasyonlardadır (Şekil 6).

Çalışma alanı topraklarının Zn konsantrasyonuna ait harita incelendiğinde, ovanın oldukça büyük bir kısmında Zn noksanlığının olduğu ve bitkisel üretimde verim artışı sağlamak için mutlaka Zn içeren gübrelerin kullanılması gerektiği görülmektedir (Şekil 6). Her ne kadar korelasyon analizinde önemli bir ilişki görülmemiş olsa da, Suluova Ovasının pH haritasında pH'nın düşük olduğu hatların mikro besin elementi konsantrasyonlarının nispeten daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 7).

SONUÇLAR

Orta Karadeniz Bölgesinde geçit iklim kuşağında yer alan Suluova Ovası (6019,3 ha) ve Merzifon (2644,7 ha) ovalarında yer alan kireç içeriği yüksek topraklarda mikro elementlerin yarıyıllık durumlarının tespiti, diğer toprak özellikleri ile ilişkileri ve mesafeye bağlı değişimlerinin

modellenecek haritalanması bitkisel üretimin planlanması ve girdilerin doğru kullanımı açısından oldukça önemlidir. Çalışma alanında 220 noktada 500m*500m genişliğindeki gridlerin köşe noktalarından alınan temsili yüzey topraklarının (0-30 cm) analiz sonuçları, özellikle Zn ve Fe noksanlığının bitkisel üretimde hedeflenen, arzu edilen ve beklentileri karşılayabilecek bir bitkisel üretimin önünde önemli sorunlar olarak ortaya çıkmaktadır. Zira her iki besin elementinin konsantrasyonları hem Suluova Ovası hem de Merzifon ovasında örneklenen arazilerin büyük çoğunluğunda noksanlık için belirlenen sınırların altındadır. Eksiklik görülen alanlarda geleneksel bitkisel üretimde çokça yer verilmeyen Zn ve Fe gibi mikro elementleri barındıran gübrelere yer vermek, bu sorunun çözümüne yardımcı olabilecektir. Bununla birlikte, çalışma alanının tamamında toprakların yarıyıllık Cu ve Mn açısından yeterli olduğu ve bitkisel üretim için bu iki mikro besin elementi ile ilgili bir gübrelemenin gereksiz olduğu tespit edilmiştir. Elbette, pH ve kireç içeriğinin yüksek olmasının bu iki besin elementinin yarıyıllıklarını etkileyebileceği ve gelecekte bitkisel üretimi tehdit edebilecek iki önemli etken olabileceğinin unutulmaması gerekmektedir.

Bu çalışmada ortaya konulan mesafeye bağlı değişkenlik haritaları, tarımsal üretim ile ilgili kurum ve kuruluşların bitkisel üretimde verimlilik ve bitkisel üretim deseni oluşturulması gibi çalışmalarına altlık oluşturabilecek niteliktedir. Coğrafi koordinatları kayıtlı olan örnekleme noktalarının varlığı, alanda

belirlenen özelliklerin zaman içerisindeki değişimlerinin izlenmesine olanak vereceğinden, toprak kalitesi ile ilgili gelecekte yapılan çalışmalar için güvenilir bir referans olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Elif Günal tarafından GaziOsmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalında yapılan yüksek lisans tezini kapsamaktadır.

KAYNAKLAR

Allison LE, Moodie CD (1965). Carbonate. In: C.A. Black et al (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy* (9):1379-1400. Am. Soc. Of Agron., Inc., Mad., Wisc, U.S.A.

Alloway BJ (2008). *Micronutrient deficiencies in global crop production*. Dordrecht, The Netherlands: Springer. 353 p.

Behera SK, Singh MV, Singh KN, Todwal S (2011). Distribution variability of total and extractable zinc in cultivated acid soils of India and their relationship with some selected soil properties. *Geoderma* (162): 242–250.

Cambredella CA, Moorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF, Konopka AE (1994). Field scale variability soil properties in Central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (58):1501-1511.

Çoban A (2003). Tarıma dayalı sanayinin beşerî ve ekonomik bakımdan hızlı değişim sürecine etkileri üzerine bir örnek: SULUOVA. *GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23 (3):71-87.

Dudley LM, Mclean JE, Furst TH, Jurinak JJ (1991). Sorption of cadmium and copper from an acid mine waste extract by two calcareous soils: Column studies. *Soil Sci.*, 151(2): 121-135.

Erdem H, Budak M, Acir N, Gokmen F, (2012). Micronutrient variability in a lacustrine environment of calcic haplosalids. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(3), 553-562.

Esri (2006). *Environmental System Research Institute*. Redland CA, USA.

FAO. (1990). *Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study*. FAO Soil Bulletin by Sillanpaa. Rome.

Follet RH (1969). Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils. PhD. Dissertation. Colo. State Univ.

Foroughifar H, Jafarzadeh AA, Torabi H, Pakpour A, Miransari M (2013). Using geostatistics and geographic information system techniques to characterize spatial variability of soil properties, including micronutrients. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(8):1273-1281.

Gamma Design Software (2004). *GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences*. Plainwell, Michigan, United States, Gamma Design Software.

Gee GW, Bauder JW (1986). Particle-size Analysis. P. 383 - 411. In: A.L. Page (ed.). *Methods of soil analysis, Part 1, Physical and mineralogical methods*. Second Edition, *Agronomy Monograph 9*, American Society of Agronomy, Madison, WI.

Ghasemi-Fasaei R, Maftoun M, Ronaghi A, Karimian N, Yasrebi J, Assad MT, Ippolito JA. (2006). Kinetics of copper desorption from highly calcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 37:797–809.

Havlin JL, Beaton JD, Tisdale SL, Nelson WL, (1999). *Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management*, 6th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Heuvelink GBM, Webster R (2001). Modelling soil variation: Past, present and future. *Geoderma* (100):269–301.

Hodges SC (2010). *Soil fertility basics*. Soil Science Extension, North Carolina State Univ.

Hong E, Ketterings O, McBride M. (2010). Manganese. *Nutrient Management Spear Program Agronomy Fact Sheet Series*. <http://nmsp.cals.cornell.edu>. Fact Sheet 49.

Lindsay WL, Norwell WA (1978). Development of DTPA Soil Test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42(3):421-428.

McBratney AB, Odeh IOA, Bishop TFA, Dunbar MS, Shatar TM (2000). An overview of pedometric techniques for use in soil survey. *Geoderma* 97 (3-4): 293-327.

Nael M, Khademi H, Jalalian A, Schulin R. (2009). Effect of geo-pedological conditions on the distribution and chemical speciation of selected trace elements in forest soils of western Alborz, Iran. *Geoderma* 152: 157–170.

Najafi-Ghiri M, Ghasemi-Fasaei, R, Farrokhejad E. (2013). Factors affecting micronutrient availability in calcareous soils of Southern Iran. *Arid Land Research and Management*, 27(3), 203-215.

Nelson DW, Sommer LE (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-579. In A.L. Page (ed.) *Methods of Soil Analysis*. 2nd Ed. ASA Monogr. 9(2). Amer. Soc. Agron. Madison, WI.

Pegoraro RF, Silva IR, Novais RF, Mendonça ES, Gebrim F, Moreira FF (2006). Fluxo difuso e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:859-868.

Reyhanitabar A, Karimian N (2008). Kinetics of copper desorption of selected calcareous soils from Iran. *Am Eur J Agric Environ Sci*, 4(3):287-293.

Rhoades JD (1982). Cation exchange capacity. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9*, Am. Soc. Agron., Madison, WI. P. 149-157.

Sharma BD, Kumar R, Singh B, Sethi M. (2009). Micronutrients distribution in salt-affected soils of the Punjab in relation to soil properties. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 55(4), 367-377.

Sharma BD, Arora H, Kumar R, Nayyar VK. (2004). Relationship between soil characteristics and total and DTPA-extractable micronutrients in Inceptisols of Punjab. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 35: 799–818.

Sharma BD, Jassal HS, Sawhney JS, Sidhu PS, (1999). Micronutrient distribution in different physiographic units of the Siwalik hills of the semiarid tract of Punjab, India. *Arid Land Research and Management* 13(2): 189–200.

Tümsavaş Z, Çelik İ. (2005). Bursa ili kireçsiz kahverengi topraklarının bazı özellikleri ve besin elementleri içerikleri. Ç. Ü. Z. F. Dergisi, 20(1): 69-83.

Ülgen N, Yurtsever N (1974). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayın No:28, Ankara.

Vieira SR, Nielsen DR., Biggar JW. (1981). Spatial variability of field-measured infiltration rate. Soil Sci. Soc. Am. J., 45: 1040-1048.

Wenming D Zhijun G, Jinzhou D, Liying Z, Zuyi T, (2001). Sorption characteristics of Zn (II) by calcareous soil-radiotracer study. Applied Radiation and Isotopes 54, 371-375.

White JG, Zasoski RJ (1999). Mapping soil micronutrients. Field Crops Research, 60 (1):11-26.

Wu C, Luo Y, Zhang L, (2010). Variability of copper availability in paddy fields in relation to selected soil properties in southeast China. Geoderma 156: 200-206.