



2014

Cilt/Volume : 2

Sayı/Number : 2

eISSN : 2146 - 8141

www.toprak.org.tr

Türkiye Toprak Bilimi
Derneği Yayınıdır

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Journal of Soil Science and Plant Nutrition)



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

SAHİBİ

Dr.Ayten NAMLI, *Türkiye Toprak Bilimi Derneği Başkanı*
Ankara Üniversitesi, Ankara

YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ

Dr.Rıdvan KIZILKAYA, *Türkiye Toprak Bilimi Derneği Başkan Yardımcısı*
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

EDİTÖRLER KURULU BAŞKANI

Dr.Coşkun GÜLSER, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun*

EDİTÖRLER KURULU

Dr.Abdulkadir SÜRÜCÜ, *Bingöl Üniversitesi, Bingöl*

Dr.Ayten NAMLI, *Ankara Üniversitesi, Ankara*

Dr.Bülent OKUR, *Ege Üniversitesi, İzmir*

Dr.Fusun GÜLSER, *Yüzüncüyıl Üniversitesi, Van*

Dr.Günay ERPUL, *Ankara Üniversitesi, Ankara*

Dr.Hasan Sabri ÖZTÜRK, *Ankara Üniversitesi, Ankara*

Dr.Hikmet GÜNAL, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat*

Dr.İbrahim ERDAL, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta*

Dr.İbrahim ORTAÇ, *Çukurova Üniversitesi, Adana*

Dr.İlhami BAYRAMİN, *Ankara Üniversitesi, Ankara*

Dr.İmanverdi EKBERLİ, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun*

Dr.Kadir SALTALI, *Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş*

Dr.Necat AĞCA, *Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay*

Dr.Nur OKUR, *Ege Üniversitesi, İzmir*

Dr.Nutullah ÖZDEMİR, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun*

Dr.Ömer Lütfi ELMACI, *Ege Üniversitesi, İzmir*

Dr.Refik UYANÖZ, *Selçuk Üniversitesi, Konya*

Dr.Rıdvan KIZILKAYA, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun*

Dr.Sabit ERŞAHİN, *Karatekin Üniversitesi, Çankırı*

Dr.Sait GEZGİN, *Selçuk Üniversitesi, Konya*

Dr.Salih AYDEMİR, *Harran Üniversitesi, Şanlıurfa*

Dr.Sezai DELİBACAK, *Ege Üniversitesi, İzmir*

Dr.Suat ŞENOL, *Çukurova Üniversitesi, Adana*

Dr.Taşkın ÖZTAŞ, *Atatürk Üniversitesi, Erzurum*

Dr.Tayfun AŞKIN, *Ordu Üniversitesi, Ordu*

Dr.Tuğrul YAKUPOĞLU, *Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş*

Dr.Yasemin KAVDIR, *Onsekizmart Üniversitesi, Çanakkale*

AMAÇ ve KAPSAM

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, Türkiye Toprak Bilimi Derneği'nin (TTBD) yayın organıdır. Dergi, bu alanda yeni bulgular ortaya koyan erişilebilir ve uygulanabilir temel ve uygulamalı yöntem ve tekniklerin sunulduğu bir forumdur. Dergi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme alanında yapılmış özgün araştırma makalelerini veya önemli bilimsel ve teknolojik yenilikleri ve yöntemleri açıklayan derleme niteliğindeki yazıları yayımlar.

e-ISSN: 2146-8141

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

Cilt : 2

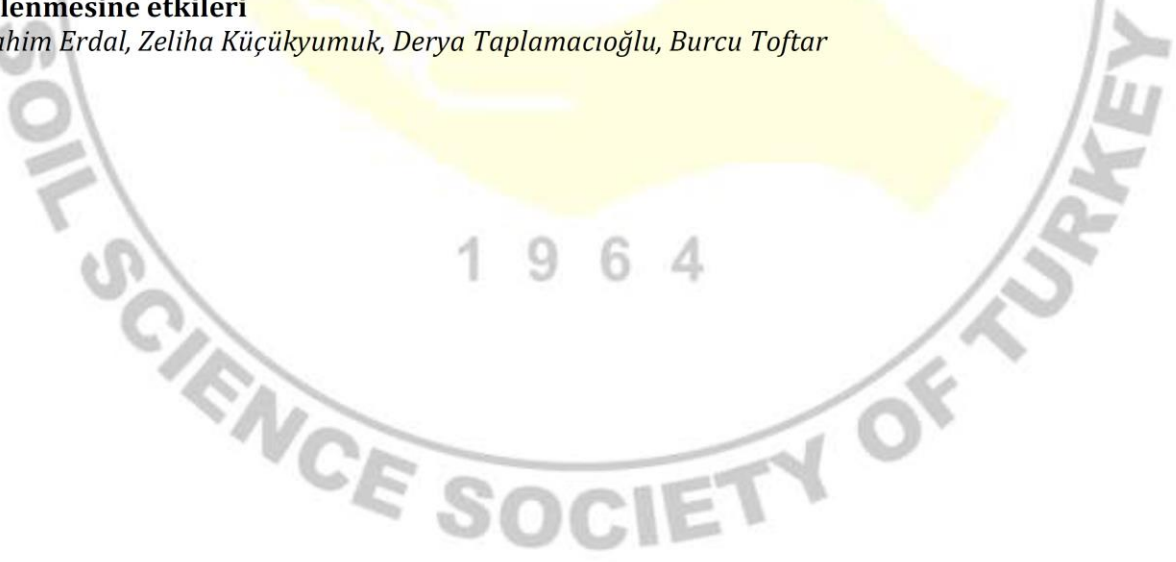
Sayı : 2

Sayfa: 33 - 74

İÇİNDEKİLER

- Tuzlu toprakların yıkanmasının matematiksel modellenmesi** 33
Fariz Mikayilsoy
- Şanlıurfa ili Halfeti ilçesi topraklarının bazı özellikleri ve bitki besin elementi kapsamalarının belirlenmesi** 38
Mehtap Saraçoğlu, Abdulkadir Sürücü, İslim Koşar, Meral Anlağan Taş, Murat Aydoğdu, Hatice Kara
- Evsel ve endüstriyel arıtma çamurlarının solucanlar (*Eisenia fetida*) ile kompostlanması** 46
Ayten Namlı, Onur Akça, Ceyda Perçimli, Selin Beşe, Şafak Gür, Hazal Arıkan, İdil Eser, Ezgi İzci, Esen Gümüşay, Gürcan Tunca, Inrareque Jorge Khálau, Zeynep Mutaçlılar, Özge Demirtaş
- Kireçli ana materyal üzerinde oluşmuş bir toprakta iyot adsorpsiyonu ve desorpsiyonu** 57
Muhittin Onur Akça, Sadık Usta, Mehmet Keçeci
- Kireçli bir toprakta humik ve fulvik asit uygulamalarının domatesin gelişimi ve beslenmesine etkileri** 70
İbrahim Erdal, Zeliha Küçükumuk, Derya Taplamacıoğlu, Burcu Toftar

1 9 6 4





TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Tuzlu toprakların yıkanmasının matematiksel modellenmesi

Fariz Mikailsoy *

İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İğdır

Özet

Dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde yıllık toplam yağış miktarı, aşırı buharlaşma ve yüzeye yakın taban sularının bitki kök bölgesinde birikmesine sebep olduğu çözünebilir tuzların yıkamaya yeterli düzeyde değildir. Bu sebeple, arazi ıslah çalışmalarında topraktaki mevcut olan tuzluluk probleminin bilinmesi ve yıkama sonucundaki tuz değişiminin doğru olarak tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Günümüze kadar söz konusu problemin çözümü ile ilgili pek çok araştırmalar yapılmış olmakla beraber, bu çalışma ile tuzlu toprakların ıslahı, yani yıkama suyunun miktarı, verilme zamanı ve tuz konsantrasyonundaki değişimin tahmini daha geniş boyutlarda incelenmiş ve gerekli yıkama suyu normu formülü bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tuzlu toprak, ıslah, matematiksel modelleme, yıkama normu.

Mathematical modeling of salt leaching of saline soils

Abstract

Salinization is mainly associated with the arid and semi-arid regions, where there is insufficient rain to leach away soluble salts caused by evaporation from the soil and up movement of groundwater. Therefore, present salt concentration in soil profile and accurately estimation of salt variation after leaching are very important for reclamation of salt affected soils. This problem can be solved by clearly understanding of water-salt regime in soils. It is very actual to estimate the salt concentration with mathematical modelling by using the mass transport theory in 'water - soil - plant' ecosystems

Keywords: Saline soil, reclamation, mathematical modeling, washing norm.

© 2014 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Dünyada toplam arazilerin yaklaşık 950 milyon ha'ında tuzluluk problemi mevcut olup bu da tarım yapılan arazilerin yaklaşık % 33'üne eşdeğerdir (Rowel, 1994; Lal ve Stewart, 1990). Tuzlu topraklar genellikle arazi yüzeyine yayılmış veya toprak profilindeki tuz kristalleri ile tanınırlar. Tuzlu topraklarda genellikle Na, Ca, ve Mg 'un klor veya sülfat formundaki tuzları bulunmaktadır. Tuzlu toprakların 25 °C' de saturasyon ekstraktındaki elektriksel iletkenlik (EC) değeri 4 dS/m ve pH< 8.2' dir. Söz konusu topraklarda EC>4 dS / m ve sodyum adsorpsiyon oranı, SAR <15 ise sadece tuzlu; EC>4 dS / m SAR> 15 ise tuzlu-sodyumlu topraklar olarak adlandırılır (Mikayilov ve ark. 1998).

Tuzlaşma; özellikle kurak ve yarı-kurak yani yıllık toplam yağış miktarının toprağın bitki kök bölgesinde birikmiş tuzları yıkamak için yeterli miktarda olmadığı bölgelerde yaygındır. Doğu Anadolu gibi bölgelerde de tuzlulaşmanın kaynağı, aşırı buharlaşma ve taban sularının derin olmamasıdır. Bu sebeple, yörede tuzlu toprakların ıslahı zorunluluk arz etmektedir. Günümüzde tuzlu toprakların ıslahında bilimsel esaslara uygun hesaplama ve modelleme kullanmak büyük önem taşımaktadır. "Su - Toprak" ekosisteminde kütle taşınım teorisi kullanılarak söz konusu tuzluluğun hesaplanması ve tahmin edilebilmesi için matematik modelin yapılması güncel önem taşımaktadır. Ancak, bu güne kadar tuzlu toprakların yıkama suyunun verilme

* Sorumlu yazar:

İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 76000 İğdır

Tel.: 0(505)9688288

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: farizmikayilov@gmail.com

zamanının ve miktarının hesaplanması amacıyla yapılan çalışmaların problemin çözümünde yeterli olmaması sebebiyle bu çalışma tuzlu toprakların ıslahında kullanılacak yöntem ve teorileri daha derin bir şekilde incelenmeyi amaçlamıştır.

Tuzlu toprakların yıkanması için kullanılan yöntemlerin sınıflandırılması

Yıkama suyunun miktarının ve uygulama süresinin hesaplanması, tuzlu toprakların ıslahı teorisinin önemli sorunlarından biridir. Birçok deneysel ve teorik araştırmalardaki temel amaç, yıkama suyu miktarının hesaplanması için bilinen Hidrodinamik yasalara uygun olarak fonksiyonel bir formülün tespit edilmesidir. Dünyada ıslah konusunda çalışan bilim adamları çalışmalarını bu konuya ayırmıştır. Günümüze kadar araştırmacılar pek çok sayıda formül kullanımını önermişlerdir. Tüm bu formüller, elde edilmesine göre üç temel grup altında toplanabilir. Bunlar;

A. Basit-Mantıksal Modeller. Bu gibi modeller, yıkamanın başarısını etkileyen temel faktörleri ayrıntılı bir biçimde göz önüne almadan, topraklarda sadece tuz taşınımını kabaca analiz etmişlerdir. Bu modeller genel olarak aşağıdaki gibi yazılabilir (Volobuyev, 1948; Kostyakov, 1960; Kovda, 1973; Beybudov, 1977; vb):

$$N_v = (\Pi - W) + Q = N_n + N_v \quad (1)$$

Eşitlikte; $N_n = (\Pi - W)$ – yıkama yapılacak derinlikteki boş olan gözenekleri tamamen dolduracak su miktarı, (m^3 / ha); Π – toprağın su tutma kapasitesi, (m^3/ha); W – yıkamadan önce topraktaki su miktarı, (m^3 / ha); N_v – çözülmüş tuzların taşınması için gerekli su miktarı, (m^3/ha).

N_n değerinin hesaplanması oldukça kolay olmasına rağmen, N_v değerinin bulunması oldukça zordur ve çok sayıda faktörlere bağlıdır. Kostyakov (1960) N_v değerinin bulunmasında aşağıdaki eşitliğin kullanılabileceğini bildirmiştir:

$$N_v = \frac{S_0 - S_t}{k} \quad (2)$$

Eşitlikte; S_0 ve S_t – hesaplanması istenen toprak derinliğindeki yıkamadan önceki ve sonraki tuz miktarı, (ton/ha); k – toprak özelliklerine, yıkanması gereken tuzların miktar ve karakterlerine bağlı katsayıdır.

B. Olasılık Modeller. Bu grup modeller çok sayıda yıkama denemeleri sonuçlarının istatistiksel analizleri sonucundan elde edilirler (Reeve ve ark. 1955; Morozov, 1956; Volobuev, 1959, 1975; Panin, 1962; Haydarov, 1985) ve genel olarak deneysel modeller olarak adlandırılırlar. Bu modellerden ıslah çalışmalarında en çok kullanılanları sırasıyla aşağıda verilmiştir (Reeve ve ark.1955; Volobuev, 1959; Panin,1968; Aydarov, 1985):

$$N_v = \frac{R}{5} \left(\frac{S_0}{S_t} + \frac{3}{4} \right), \quad N_v = \alpha \lg \frac{S_0}{S_t}, \quad N_v = 2,3k \Pi \alpha \lg \left(\frac{S_0}{S_t} \right), \quad N_v = \alpha \left[\lg \left(\frac{S_0}{S_t} \right) + \frac{h}{\mu} \right] \quad (3)$$

Eşitlikte; h , R – yıkanacak toprak derinliği, (m); S_0 ve S_t – yıkamadan önceki ve sonraki ortalama tuz konsantrasyonu, (g/l veya %); Π – tarla kapasitesi (m^3/ha); α ve k – toprakların tuz terkiplerine ve tekstürüne bağlı olan deneysek katsayılarıdır. α – katsayısının ($R=1$ metre için) değerleri Orta Asya ve Azerbaycan'ın tuzlu topraklarında pek çok sayıda yapılan tarla ve laboratuvar denemeleri ile hesaplanmıştır (Volobuev, 1959).

Her iki grup modelde de genellikle sabit bir katsayı (k veya α gibi) vardır ki, onlar da toprağın ve tuzun özelliklerine bağlıdır. Bu sabit katsayılar toprakta su-tuz arasında oluşan çeşitli ilişkileri, tuzların toprak katmanlarında dağılımını ve toprağın (mekanik ve fiziksel-kimyasal) özelliklerini göz önüne almamaktadır. Bu sebeplerden dolayı, söz konusu modellerin yıkamada uygulanabilmesi, sadece bu eşitliklerin ıslah yapılacak toprak şartlarında kullanılması ile mümkün olacaktır.

C. Teorik Modeller. Bu grup modeller Jeokimyasal ve Hidrodinamik metot ve prensiplere dayanarak elde edilirler. Çok sayıdaki laboratuvar ve arazi araştırmaları, teorik incelemeler ve bilimsel edebiyat sonuçları göstermiştir ki, çözülmüş tuzların topraklardan yıkanmasını "Piston hareketi" olayı (A ve B grup modellerde olduğu) gibi ele almak doğru değildir. Toprakta su ve tuzların hareketi bileşik fiziki-kimyasal işlem olarak:

— tuzların topraktaki (sulama ve yeraltı suları da dahil) miktarına ve dağılımına,

- gözeneklerin karakterlerine (tabiat ve niteliğinden),
- gözeneklerdeki suyun hareket hızına,
- çözülmüş tuzların moleküler difüzyon ve konvektif dispersiyonuna,
- toprağın sıvı ve katı fazları arasında oluşan iyon alışverişine ve başka pek çok sayıda faktörlere bağlıdır.

Demek ki, tuzlu toprakların ıslahının daha detaylı olarak bilimsel yönden incelenmesi, teorik modellerin temelleştirilmesi, ancak gözenekli ortamda madde taşınım mekanizmalarının daha derin araştırılması ile belirlenebilir. Bu gün toprak biliminde ortaya çıkan ıslah problemlerini çözmek, matematiksel modelleme kullanmadan mümkün değildir.

Bu amaçla biz, tuzlu toprakların ıslahında kullanılacak yıkama suyu miktarını ve zamanını belirlemede teorik metotlar kullanarak inceleyeceğiz.

Teorik modeller

50. li yıllardan beri tuzlu toprakların ıslahı için gerekli su miktarının ve yıkama zamanının belirlenmesi için jeokimyasal-hidrokinamik yöntemlerin kullanımı ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır. Tuzların çözünmesini ve taşınımını ifade eden kısmi türevli diferansiyel denklemlerin çeşitli şartlardaki çözümüne dayanarak yıkama suyunu (N_v) ve yıkama zamanını (T) tayin edecek çok sayıda teorik modeller elde edilmiştir (Brenner, 1962; Averyanov, 1978; Verigin, 1979; van Genuchten, 1981; Bresler ve ark.1982; Mikayilov, 2007; van Genuchten ve Wierenga, 1990; Pachepsky, 1990; Jury ve ark. 1991). Genel olarak bu modellerin matematiksel şekli kapalı fonksiyon olarak şu şekilde yazılabilir;

$$N_v = m_0 \cdot R \cdot \tau(R) \quad (4)$$

Eşitlikte; m_0 – yıkanması gereken toprak derinliğinde ortalama etkin porozite (%); R – yıkanacak toprak derinliği(m); $\tau(R)$ – parametresinin değeri aşağıdaki konvektif difüzyon denkleminin

$$\frac{\partial}{\partial t}(\theta C + \rho b_1 + b_2) = \theta D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \theta v \frac{\partial C}{\partial x} - \theta \mu C, b_1 = k C, \frac{\partial b_2}{\partial t} = -\gamma(C_H - C) \quad (5)$$

tuzlu toprakların yıkanması sürecini en uygun ifade eden başlangıç ve sınır koşulları için bulunmuş ortalama integral çözümünü (Mikayilov, 1985; 1986; 1989; 1997), yani:

$$S_t = S(R, t) = \Phi(R, t, \theta, D, v, \mu, k, \gamma, S_0, S_H, S_{II}) \quad (6)$$

kullanılarak; 1) toprağın daha fazla homojen veya daha fazla heterojen yapıda, 2) taban suyunun toprak yüzeyine yakın veya daha derinde, 3) topraktaki tuzların yıkanmasının: kolay, orta ve zor olmasına bağlı olarak çeşitli eşitliklerden bulunabilir. Örneğin, aşağıdaki eşitlikten (Mikayilov, 2012);

$$\frac{S_t - S_{II}}{S_0 - S_{II}} = \left[\frac{\sin(2\lambda_1) \sin(2a\lambda_1)}{2a(\lambda_1^2 + \eta^2 + \eta)} \right] \exp \left[2a\eta - (\lambda_1^2 + \eta^2) \frac{\tau}{\eta} \right] \quad (7)$$

faydalanarak; taban suyunun toprak yüzeyine yakın olduğu durumda ve topraktaki kolay çözünebilen tuzların daha fazla olduğu şartlarda uygulanacak yıkama suyunun miktarını (N_v) ve yıkanma zamanını (T) hesaplayabiliriz;

$$N_v = \left(\frac{\theta \eta L}{h_1^2 + \eta^2} \right) \left\{ \ln \left(\frac{S_0 - S_{II}}{S_t - S_{II}} \right) + \ln \left[\frac{\sin(2h_1) \sin(2ah_1) \exp(2a\eta)}{2a(h_1^2 + \eta^2 + \eta)} \right] \right\}, T = \frac{N_v}{v} \quad (8)$$

$$\eta = \frac{vL}{4D}, \tau = \frac{vt}{\theta L}, 0 < a = \frac{R}{L} < 1 \quad (9)$$

Burada S_0 ve S_t – toprağın $[0, R]$ katmanının yıkamadan önce başlangıçtaki ve yıkamadan sonra kabul edilebilir ortalama tuzluluğu (tuza tolerans seviyesi), (%); S_{II} – yıkama suyunun konsantrasyonu, (%); θ – toprağın hacimsel nemi, (%); $\eta = L/4\lambda$ – Pekle parametresi; $D = D_m + \lambda v$ – konvektif difüzyon parametresi, (m²/s); D_m – moleküler difüzyon parametresi, (m²/s); λ – hidrokinamik-dispersiyon parametresi, (m); v – gözeneklerdeki çözeltinin infiltrasyon hızı, (m/s); t – zaman, (s); L – taban suyu derinliği, (m); R – yıkanacak toprak derinliği, (m); h_1 – transendental $\eta \cdot ctgh_1 = h_1$ denkleminin köküdür.

Tablo 1. Farklı η değerleri için $\eta \cdot ctgh_1 = h_1$ denkleminin kökleri

η	h_1	η	h_1	η	h_1	η	h_1
1	2	1	2	1	2	1	2
0,025	0,1575	1,025	0,8681	2,025	1,0806	3,025	1,1947
0,050	0,2218	1,050	0,8757	2,050	1,0843	3,050	1,1969
0,075	0,2705	1,075	0,8831	2,075	1,0879	3,075	1,1990
0,100	0,3111	1,100	0,8903	2,100	1,0915	3,100	1,2011
0,125	0,3464	1,125	0,8974	2,125	1,0950	3,125	1,2033
0,150	0,3779	1,150	0,9044	2,150	1,0985	3,150	1,2053
0,175	0,4065	1,175	0,9112	2,175	1,1019	3,175	1,2074
0,200	0,4328	1,200	0,9178	2,200	1,1052	3,200	1,2094
0,225	0,4573	1,225	0,9244	2,225	1,1086	3,225	1,2115
0,250	0,4801	1,250	0,9308	2,250	1,1118	3,250	1,2135
0,275	0,5015	1,275	0,9370	2,275	1,1151	3,275	1,2154
0,300	0,5218	1,300	0,9432	2,300	1,1183	3,300	1,2174
0,325	0,5410	1,325	0,9492	2,325	1,1214	3,325	1,2193
0,350	0,5592	1,350	0,9551	2,350	1,1245	3,350	1,2212
0,375	0,5766	1,375	0,9609	2,375	1,1275	3,375	1,2231
0,400	0,5932	1,400	0,9665	2,400	1,1306	3,400	1,2250
0,425	0,6092	1,425	0,9721	2,425	1,1335	3,425	1,2268
0,450	0,6244	1,450	0,9776	2,450	1,1365	3,450	1,2287
0,475	0,6391	1,475	0,9830	2,475	1,1394	3,475	1,2305
0,500	0,6533	1,500	0,9882	2,500	1,1422	3,500	1,2323
0,525	0,6669	1,525	0,9934	2,525	1,1450	3,525	1,2340
0,550	0,6801	1,550	0,9985	2,550	1,1478	3,550	1,2358
0,575	0,6928	1,575	1,0035	2,575	1,1506	3,575	1,2375
0,600	0,7051	1,600	1,0084	2,600	1,1533	3,600	1,2393
0,625	0,7170	1,625	1,0132	2,625	1,1560	3,625	1,2410
0,650	0,7285	1,650	1,0180	2,650	1,1586	3,650	1,2427
0,675	0,7397	1,675	1,0227	2,675	1,1612	3,675	1,2443
0,700	0,7506	1,700	1,0272	2,700	1,1638	3,700	1,2460
0,725	0,7611	1,725	1,0318	2,725	1,1664	3,725	1,2476
0,750	0,7714	1,750	1,0362	2,750	1,1689	3,750	1,2492
0,775	0,7813	1,775	1,0406	2,775	1,1714	3,775	1,2508
0,800	0,7910	1,800	1,0449	2,800	1,1738	3,800	1,2524
0,825	0,8005	1,825	1,0491	2,825	1,1763	3,825	1,2540
0,850	0,8097	1,850	1,0532	2,850	1,1787	3,850	1,2556
0,875	0,8187	1,875	1,0573	2,875	1,1810	3,875	1,2571
0,900	0,8274	1,900	1,0614	2,900	1,1834	3,900	1,2586
0,925	0,8359	1,925	1,0653	2,925	1,1857	3,925	1,2601
0,950	0,8443	1,950	1,0692	2,950	1,1880	3,950	1,2616
0,975	0,8524	1,975	1,0731	2,975	1,1902	3,975	1,2631
1,000	0,8603	2,000	1,0769	3,000	1,1925	4,000	1,2646

Sonuç ve öneriler

(7) ve (8) nolu eşitlikler kullanılarak yıkama sonucunda başlangıçtaki tuzluluğun S_0 istenen tuzluluk değerine S_t ulaşması için gerekli yıkama suyu miktarı ve yıkama süresi bulunabilir. Bunun için modelde yer alan $\theta, \lambda, v, D, S_0, S_t, S_{II}, S_H, R$ parametrelerinin önceden laboratuvar ve tarla denemeleri ile bulunmuş olması gerekir.

Kaynaklar

- Aydarov IP, 1985. Regulation of water and salt and nutrient regime of irrigated land. Moskova. Agropromizdat, 290 p.
- Averyanov SF, 1978. Sulanan Toprakların Tuzlaşması ile Mücadele (Rusça), Moskova, 300 s.
- Beybudov AK, 1977. Kür-Araz Ovasının Tuzlu Topraklarının İslahının Tecrübe Esasları, Bakü, 180 s.
- Brenner H, 1962. The diffusion model of longitudinal mixing in beds of finite length. Numerical values. Chem. Eng. Sci. 17: 229-243.
- Bresler E, Mc Neal B, Carter DL, 1982. Saline and Sodic Soils. Principle-dynamics- modelling, Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, 296 s.
- Juri WA, Gardner WR, Gardner WH, 1991. Soil Physics. New York. 328 p.
- Kostyakov AN, 1960. Fundamentals of the Reclamation, Selhozizdat, Moscow, 622 p.
- Kovda VA, 1973. Principles of Pedology [in Russian], 1-2 vols, Moskova, 911 p.
- Lal R, Stewart BA, 1990. Soil degradation. Advance in Soil Science, 11: 225 - 279.
- Mikayilov FD, Acar B, Tufan İ, 1998. Tuzlu Toprakların İslahında Matematiksel Metotların Kullanılması. " Doğu Anadolu Tarım Kongresi", Cilt: II, s. 1460 - 1466 (14-18 Eylül 1998, Erzurum)
- Mikayilov FD, 2007. Determination of Salt-Transport Model Parameters for Leaching of Saturated Superficially Salted Soils. Eurasian Soil Science 40(5): 544 - 554.
- Mikailsoy FD, Pachepsky YA, 2010. Average concentration of soluble salts in leached soils inferred from the convective-dispersive equation. Irrigation Science 28(5): 431-434.
- Mikayilov FD, 2012. The analysis of the solution of equations convective diffusion and sols. Eurasian Soil Science 48(4): 408 - 415.
- Pachepskii Ya A, 1990. Mathematical Models of Physicochemical Processes in Soils, Nauka, Moscow, [in Russian].
- Panin PS, 1968. Processes returns in salt leached soil strata. Novosibirsk.: Nauka, 1968. - 303.
- Reeve RC, Pillsbury AF, Wilcox LV, 1955. Reclamation of a saline and high boron soil in the Coachella Valley of California, Hilgardia, 24(4): 69 - 91
- Rowell DL, 1994. Soil Science. Methods and Applications. Longman Scientific and Technical, pp: 277-279.
- van Genuchten, MTh, 1981. Analytical solutions for chemical transport with simultaneous adsorption, zero-order production and first-order decay, J. of Hydrology, 49: 213-233.
- Verigin NN, 1979. Toprakların ve Taban Sularının Tuz Rejiminin Tahminin Metotları(Rusça), Moskova, 336 s.
- Volobuev VR, 1948. Tuzlu Toprakların Yıkanması. Bakü, 147 s. (Rusça),
- Volobuev VR, 1959. Tuzlu Toprakların İslahı. Moskova, Hidroteknika ve Meliorasiya, 12: 18 - 34, (Rusça),
- Volobuev VR, 1975. Tuzlu Toprakların Yıkanmasının Hesaplanması, Moskova, 80 s. (Rusça).
- Volobuev VR, 1983. Regularities of salt leaching from soil. Hydraulic Engineering and Land Reclamation, 7: 66-68.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Şanlıurfa ili Halfeti ilçesi topraklarının bazı özellikleri ve bitki besin elementi kapsamalarının belirlenmesi

Mehtap Saraçoğlu ¹, Abdulkadir Sürücü ^{2,*}, İslim Koşar ¹, Meral Anlağan Taş ¹,
Murat Aydoğdu ¹, Hatice Kara ¹

¹ GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa

² Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl

Özet

Bu çalışma 2008 yılında Şanlıurfa İli Halfeti ilçesi 'nin; tarım alanlarında yoğun olarak yetiştirilen ürünlerden, boş alan ve mera alanlarından toprak örnekleri alınarak yürütülmüştür. Gayeli toprak örnekleri metoduna uygun olarak 0-20 cm derinliğinden, yer koordinatları GPS ile belirlenen toplam 46 noktadan alınmıştır. Alınan tüm örnekler arazinin büyüklüğü, toprak ve topografik yapısı göz önünde bulundurularak alınmıştır. Örnekler paçal numune haline getirilmiş ve analiz edilmiştir. Alınan toprak örneklerinde su ile doymuşluk (%), pH, tuz (%), CaCO₃ (%), organik madde (%), P₂O₅ (kg/da), K₂O (kg/da), kum (%), kil(%), silt(%) ve bitkiye yararlı olan mikro elementlerden Fe (ppm), Cu (ppm), Zn (ppm) ve Mn (ppm) değerlerine bakılmıştır. Analiz sonuçlarına göre ise; Halfeti ilçesi toprakları kil bünyeli, kireçli, organik madde bakımından yetersiz, bitkiye yararlı Fe içeriği tüm topraklarda yeterli bulunmuştur, Zn bakımından %6,52 yüksek, Mn ve Cu bakımından yeterli, K₂O bakımından ise tüm topraklarda önerilen dozun üzerinde bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Halfeti, besin elementi, toprak.

Determination of some soil characteristics and in the nutrient of the scope contents district Halfeti Şanlıurfa

Abstract

This study was carried out on the soil samples that were taken pasture land, free space and intensive products that are grown in dry areas in Halfeti province of Şanlıurfa. Purposeful soil samples were taken from depth of 0-20 cm suitable to the method at total of 46 points that the coordinates defined by GPS. All samples were taken into account the structure of soil and topographic and sine of the land. This samples were made into aggregate sample and analyzed. Saturation with water (%), pH (%), salt (%), CaCO₃, organic matter(%), P₂O₅ (kg/da) and K₂O (kg/da), sand (%), clay (%), silt(%) and micro elements that available Fe (ppm), Cu (ppm), Zn (ppm) and Mn (ppm) valves of these soil samples were examined. According to the results of the analysis: Soil of Halfeti province were found textured clay soils, calcareous, low inorganic matter and at all samples Fe content was found sufficient, %6,52 higher in terms of Zn, sufficient in terms of Cu and Mn, all samples K₂O content was found over suggested doses.

Keywords: Halfeti, nutrient, soil.

© 2014 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Hızlı kentleşme ve sanayileşme ile birlikte nüfus artışı doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı arttırmakta, buna bağlı olarak arazi kullanımına yönelik sürdürülebilir faaliyetlerin planlanması ve uygulanması önem kazanmaktadır. Kalkınma için atılan her adım, aynı zamanda çeşitli çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Yirmi birinci yüzyılın özellikle son çeyreğinde çevre kirliliği, ekolojik dengeyi ve yaşayan her türlü canlının sağlığını ciddi bir şekilde tehdit eder hale gelmiştir.

* Sorumlu yazar:

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55139 Bingöl

Tel.: 0(426)2132550

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: asurucu@bingol.edu.tr

Pek çok dünya ülkesinde olduğu gibi, ülkemizde de çevre kirliliği konusu, temiz ve sağlıklı bir gelecek açısından en büyük ortak endişe haline gelmiştir. Artan insan nüfusu ile birlikte hızlı kentleşme ve insan faaliyetlerinin tarımsal ve endüstriyel alanda giderek yoğunlaşması, bu faaliyetleri çevre kirletici unsurlar haline getirmektedir. Bu faaliyetler bir yandan insan hayatını kolaylaştırırken, diğer yandan insan hayatının sağlıklı ve güvenli bir şekilde devamını tehdit eder duruma gelmektedir.

Tarımda istenilen miktar ve kalitede ürünün elde edilmesinin birinci şartı toprakların verimliliklerinin artırılmasıdır. Toprak verimliliğini arttırmada en önemli faktörlerden biri ise bitki besin elementleridir. Besin elementleri, bitki gelişiminin önemli bir parçası olup bir veya daha fazlasının noksanlığı verim ve kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Topraklardan en uygun verimi alabilmek için ise dengeli gübreleme yapmak ve bitki besin elementlerinin noksanlıklarını gidermek şarttır. Bundan dolayı toprakların besin element durumlarının bilinmesi zorunlu hale gelmektedir. Bu amaçla ülkemizde birçok araştırma yürütülmüştür.

Güzel ve ark. (1991), Harran Ovası'ndaki toprak serilerinin yayışlı çinko kapsamının 0.16–1.20 ppm, yayışlı demir kapsamının 2.68-6.40 ppm, yayışlı bakır kapsamının 0.65- 8.18 ppm ve yayışlı mangan kapsamının 2.62-13.05 ppm arasında değiştiğini belirtip, bunların ortalama değerlerinin sırası ile 0.43, 4.72, 1.60 ve 6.67 ppm olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada toprak serilerinin %80'inin çinko kapsamı, %40'unun da demir kapsamı kritik seviyenin altında belirlenmiştir. Başka bir çalışmada, mikro elementleri incelemek üzere Türkiye topraklarını temsilen 1511 adet toprak örneği alınmış, demir için 4,5 ppm, bakır için 0.2 ppm, çinko için 0.5 ppm, mangan için ise 1.0 ppm kritik değeri aldıklarında, buna göre Türkiye topraklarının %50'inde çinko, %27'sinde demir, %0.7'inde mangan eksikliği bulunmuştur. Bu, yaklaşık 14 milyon hektarda çinko, 7.5 milyon hektar alanda demir, 200 bin hektar alanda mangan eksikliği olabileceğini, bakırla ilgili eksiklik sorununun bulunmadığını göstermektedir (Eyüpoğlu ve ark. 1995).

Kızılgöz ve ark. (1998), Harran Ovası yaygın toprak serilerinde DTPA ile ekstrakte edilebilir mikro element içeriklerini ve bazı toprak özellikleriyle ilişkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada 0–20 cm toprak derinliğinde ortalama mikro element içeriklerinin 18.66 ppm Fe, 28.39 ppm Mn, 4.01 ppm Cu ve 0.80 ppm Zn düzeyinde olduğunu belirlemişlerdir.

Kızılgöz ve ark. (1999), Şanlıurfa Yöresinde antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) yetiştirilen toprakların verimlilik düzeylerinin saptanması üzerine bir araştırma adlı çalışmada, analizler sonucunda, toprakların hepsinde makro elementlerden azot ile mikro elementlerden bitkilerce alınabilir demir ve çinko noksanlığının şiddetli düzeyde olduğunu belirlemişlerdir.

Çimrin ve Boysan (2006), Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri adlı yapmış oldukları çalışmada, Heybeli köyü toprakları hariç tüm toprak örneklerinin değişebilir potasyum içeriklerinin yüksek düzeyde, toprakların büyük çoğunluğunda fosfor ve alınabilir çinkonun yetersiz olduğunu ancak alınabilir Fe, Cu, ve Mn'nin yeterli seviyede olduğunu saptamışlardır.

Saraçoğlu ve ark. (2009) Şanlıurfa İli Bozova ilçesi topraklarının bitki besin elementi kapsamının belirlenmesi adlı yaptıkları çalışmada, yaptıkları bazı toprak analizlere göre; Bozova ilçesi toprakları kil bünyeli, kireçli, organik madde bakımından yetersiz, Mn, Cu, ve K₂O bakımından ise yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Saraçoğlu ve ark. (2010) Şanlıurfa İli Harran İlçesi kuru alanlardaki toprakların bitki besin elementi kapsamının belirlenmesi adlı çalışmada Harran ilçesi kuru tarım alanlarındaki toprakların kil bünyeli, kireçli, organik madde bakımından yetersiz, Mn, Cu, ve K₂O bakımından yüksek, Fe bakımından %2.63 düşük, %15.78 yeterli, %81.57 yüksek; Zn bakımında ise %21.38 düşük, %57.89 orta ve % 21.05 yüksek bulmuşlardır.

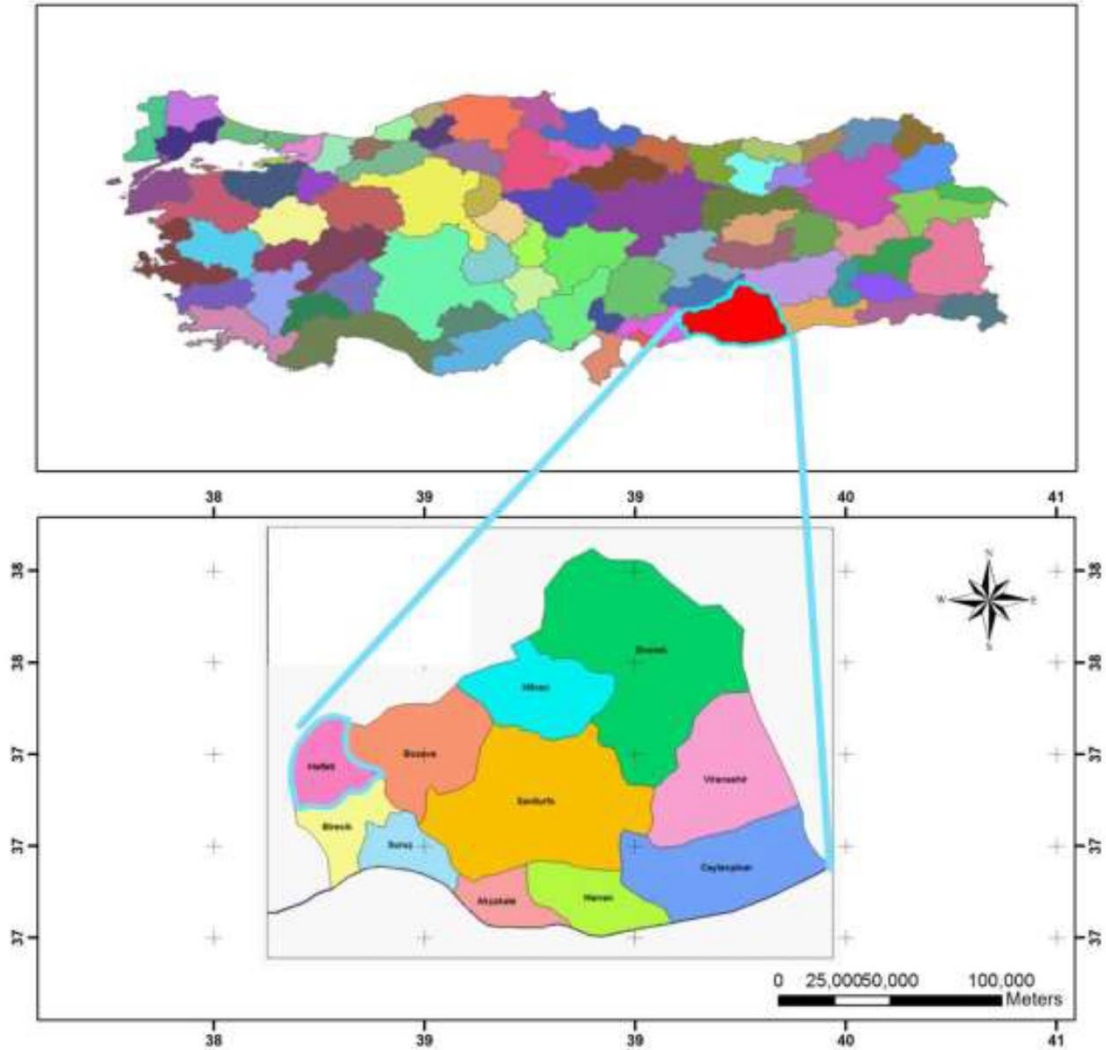
Saraçoğlu ve ark. (2013) Şanlıurfa İli Hilvan İlçesi kuru alanlardaki toprakların bitki besin elementi kapsamının belirlenmesi adlı çalışmada, Hilvan ilçesi topraklarının kil bünyeli, kireçli, organik madde bakımından yetersiz, bitkiye yayışlı Fe bakımından %65 yüksek, Zn bakımından %18 yüksek, Mn, Cu, ve K₂O bakımından ise %100 yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Bu araştırmanın amacı, Şanlıurfa İli Halfeti İlçesinin topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini analiz ederek toprakların verimlilik durumlarını genel olarak ortaya koymak olmuştur.

Materyal ve Yöntem

Şanlıurfa İli Halfeti ilçesinin tarım arazilerinden alınan toprak numuneleri araştırmanın materyalini oluşturmuştur. İlçe Şanlıurfa ilinin Kuzeybatısını oluşturmaktadır. Batısında Gaziantep iline bağlı Araban,

Yavuzeli ve Nizip ilçeleri, Kuzeyinde Adıyaman iline bağlı Besni ilçesi, Doğusunda Şanlıurfa'ya bağlı Bozova, Güneyinde ise Birecik ilçesi bulunmaktadır. Yüzölçümü 646 km²'dir. Rakımı 525 m'dir. 37 derece - 15/37-52 Enlem ve boylam dereceleri arasında yer almaktadır (Halfeti Kaymakamlığı web sitesi 24.09.2013) (Şekil 1).



Şekil 1. Şanlıurfa İli, Halfeti İlçesinin konumunu gösteren harita

Gayeli toprak örneği alma yöntemi ile Halfeti ilçesi kuru alanlarından toplam 46 adet toprak örneği alınmıştır. Her bir örnekleme noktasında, örnek alınacak arazinin büyüklüğü, toprak ve topografik yapısı göz önüne alınarak örnek alınıp paçal numune haline getirilmiştir.

Toprak örnekleri; yeni ekilmiş ve gübrelenmiş arazilerden olmayacak şekilde Jackson (1962) tarafından bildirildiği tarzda 0-20 cm derinlikten paslanmaz çelik kürek ile alınıp, polietilen torbalara konulmuş, etiketlenmiş ve laboratuara ulaştırılmıştır. Laboratuarda örnekler içindeki taş ve bitki parçacıkları ayıklanarak havada kurutulan toprak örnekleri 2 mm'lik plastik elekten elenmiş ve polietilen torbalara konulduktan sonra fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmak üzere muhafaza edilmiştir. Toprak örneği alınan yerlerin yer koordinatları Yer Konumlama Cihazı (GPS=Global Positioning System) ile belirlenmiştir.

Şanlıurfa İli Halfeti ilçesi tarım alanlarından alınan toprak örneklerinde aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır. Saturasyon (%) (Richards, 1954), Toprak Bünyesi (%) hidrometre metodu ile (Bouyoucus, 1951), Toprak Reaksiyonu (pH) (Horneck ve ark. 1989), Kalsiyum Karbonat (%) Scheibler kalsimetresiyle (Allison ve Moodie 1965), Toplam Tuz (%) (Jackson, 1962), Alınabilir Fosfor (P₂O₅), Olsen ve ark. (1954), Organik Madde (%) (Walkley ve Black, 1934), Alınabilir Potasyum (K₂O) (Carson, 1980) ve Bitkiye Yararışlı Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) ise Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirildiği şekilde 10 g toprak 20 ml, 0.005 M DTPA, 0.01 M CaCl₂ ve 0.1 M TEA ekstraksiyon çözeltisi karışımı (pH' sı HC1 ile 7.3'e ayarlanmış) ile 2 saat çalkalanıp filtre edilen süzükte A.A.S (Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi) ile tayin edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 1’de sunulmuştur. Çizelge 1’de görüldüğü gibi CV’ler çok farklılık göstermiştir. Değişkenliğin göstergesi olan varyasyon katsayısı değerini Wilding ve ark. (1994), CV değerlerine göre toprak özelliklerindeki değişkenliği $CV \leq 15$ ise küçük değişkenlik, $16-30$ ise orta değişkenlik ve ≥ 30 ise yüksek değişken olarak sınıflandırmışlardır. Buna göre toprakların özellikleri değerlendirildiğinde, en az değişkenliği toprak reaksiyonu ($CV=1,34$), orta değişkenliği kil ($CV=22,31$) ve silt ($CV=19,22$) miktarları, yüksek değişkenliği ise kum ($CV=31,62$), toplam tuz ($CV=71$), kireç ($CV=106,69$), OM ($CV=41,06$), alınabilir P ($CV=55,63$), K ($CV=36,73$), ve mikro elementler Fe, Cu, Zn ve Mn sırasıyla 99,00, 32,97, 42,98 ve 76,59 göstermiştir. Benzer sonuçlar başka araştırmalar tarafından da bulunmuştur (Wilding ve ark. 1994; Akbaş ve Durak 2006). Çalışma alanının farklı toprak oluşturan faktörlerin etkisinde oldukları ve farklı uygulamalara maruz kaldıkları göz önüne alındığında toprak özelliklerinin bu denli değişiklik göstermesi doğal olduğu düşünülmektedir.

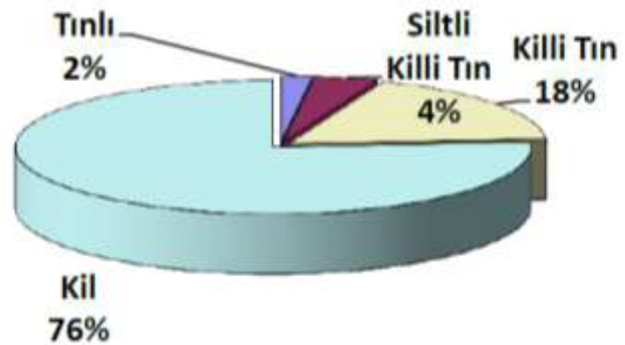
Çizelge 1. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri yönünden tanımlayıcı istatistikleri (n=46).

Özellik	Birim	Ortalama	Varyans	SD	CV	Max.	Min.	Çarpıklık	Basıklık
Kil	%	46,61	108,11	10,40	22,31	67,78	23,78	-0,44	-0,12
Silt	%	25,23	23,51	4,85	19,22	34,70	12,70	-0,32	0,60
Kum	%	28,15	79,23	8,90	31,62	55,52	17,52	1,27	1,14
pH	S.Ç.	7,68	0,01	0,10	1,34	7,83	7,38	-1,15	1,42
Toplam tuz	%	0,08	0,00	0,06	71,00	0,35	0,04	3,33	10,97
CaCO ₃	%	10,98	137,12	11,71	106,69	33,80	0,38	0,89	-0,86
O.M.	%	2,03	0,69	0,83	41,06	5,78	0,90	2,05	8,06
Alınabilir P	kg P ₂ O ₅ da ⁻¹	10,88	36,66	6,05	55,63	28,00	2,45	0,99	1,25
Alınabilir K	kg K ₂ O da ⁻¹	131,98	2349,54	48,47	36,73	316,00	54,00	1,23	3,43
Fe	mg kg ⁻¹	11,14	121,65	11,03	99,00	82,20	4,60	6,19	40,55
Cu	mg kg ⁻¹	3,33	1,21	1,10	32,97	7,68	1,61	1,22	4,31
Zn	mg kg ⁻¹	0,70	0,09	0,30	42,98	1,90	0,13	1,44	4,85
Mn	mg kg ⁻¹	72,95	3121,57	55,87	76,59	227,55	12,49	1,34	0,94

O.M.: Organik Madde, SD: Standart Sapma, CV: Varyasyon Katsayısı

Toprakların, bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre değerlendirilmesi Çizelge 2’de, toprakta bulunan bazı bitki besin elementlerinin değerlendirilmesi ise Çizelge 3’te sunulmuştur. Çizelge 1, 2 ve 3 birlikte değerlendirildiğinde;

Bünye; Genel tanımlamaya göre killi ve killi-tınlı bünyeye sahip olan toprakların Kil kapsamları % 23.78 – 67.78, Silt kapsamları % 12.7 – 34.7 Kum kapsamları ise % 17.52 – 55.52 arasında değişmekte olup, kil, silt ve kum değerlerinin ortalamaları sırasıyla %46.61, 25.23 ve 28.15 bulunmuştur (Çizelge 1). Oransal olarak değerlendirildiğinde, toprak numunelerinin %2’si tın, %4’ü siltli-killi-tın %18’i killi-tın ve %76’sı ise kil bünyeli sınıfa girmiştir. Saturasyon yüzdesine göre yapılan sınıflandırma da Bouyous yönteminde benzer sonuç vermiştir (Çizelge 3, Şekil 1). Bu sonuçlar birçok araştırmacının çalışmalarıyla paralellik göstermektedir (Kızılgöz ve ark. 1999; Seyrek ve ark. 1999; Saraçoğlu ve ark. 2009; 2010 ve 2013).

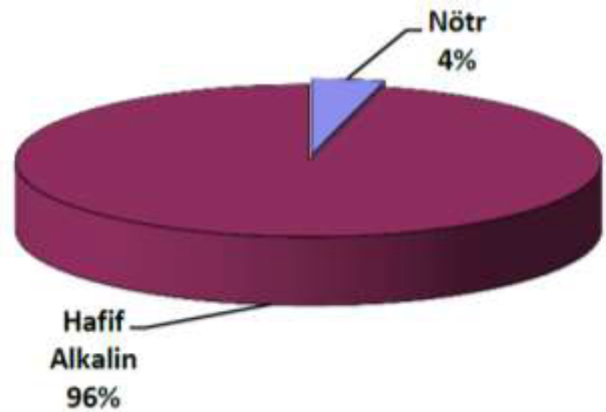


Şekil 1. Toprakların bünye sınıflarına göre % dağılımı

Çizelge 2. Toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre değerlendirilmesi

Toprak İçeriği	Birim	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek sayısı	%
Suyla Doygunluk (Ülgen ve Yurtsever, 1995)	%	<30	Kumlu	-	-
		31-50	Tınlı	3	6
		51-70	Killi-tınlı	9	20
		71-110	Killi	34	74
		>110	Ağır Killi	-	-
pH (Ülgen ve Yurtsever, 1995)	SÇ	<4.5	Kuvvetli asit	-	-
		4.5-5.5	Orta asit	-	-
		5.5-6.5	Hafif asit	-	-
		6.5-7.5	Nötr	2	4
		7.5-8.5	Hafif alkali	44	96
		>8.5	Kuvvetli alkali	-	-
Elektriksel İletkenlik (EC) (Richards, 1954)	(dS/m)	0-4	Tuzsuz	46	100
		4-8	Hafif tuzlu	-	-
		8-15	Orta derecede tuzlu	-	-
		>15	Çok fazla tuzlu	-	-
Organik Madde	%	<1	Çok az	4	9
		1 - 2	Az	19	41
		2 - 3	Orta	19	41
		3 - 4	İyi	3	7
		>4	Yüksek	1	2
Kireç	%	< 1	Az kireçli	2	4
		1 - 5	Kireçli	22	48
		5 - 15	Orta	8	17
		15 - 25	Fazla	4	8
		>25	Çok fazla	10	22
Toprak Bünyesi			Killi	35	76
			Killi Tınlı	8	18
			Siltli Killi Tınlı	2	4
			Tınlı	1	2

pH; Araştırma alanı topraklarının pH'ları 7,38-7,83 arasında değişmekte olup ortalama pH değeri 7,68'dir (Çizelge 1). Çizelge 2'de görüldüğü gibi toprak örneklerinin pH'ları nötr ile hafif alkalin arasında değişmekte ve toprakların % 4'ü nötr, % 96'sı ise hafif alkalin pH'da oldukları belirlenmiştir (Şekil 2). Benzer sonuçlar birçok araştırmacı tarafından da bulunmuştur (Kızılgöz ve ark. 1999; Seyrek ve ark. 1999; Saraçoğlu ve ark. 2009; 2010 ve 2013).



Şekil 2. Toprakların pH durumu

Toplam tuz; Araştırma topraklarının toplam tuz (%) değerlerine baktığımız (elektriksel iletkenlik) bu değerlerin % 0,04-0,35 arasında değiştiği görülmüştür. Ortalama değer ise 0,08'dir (Çizelge 1). Toprakların tamamı tuzsuz durumdadır (Çizelge 2). Bu değerler toprakların tuzluluk yönünden herhangi bir sorunu olmadığını göstermektedir (Tüzüner, 1990). Şanlıurfa ili ve çevresinde daha önceden yapılmış olan araştırmalarda Harran ile Akçakale'nin bir kısmı hariç, toprakların tuzluluk yönünden herhangi bir sorunun olmadığı ve bu alanlarda sınırlama olmaksızın birçok kültür bitkilerinin yetiştirilebileceği anlaşılmaktadır. Kızılgöz ve ark. (1999), Seyrek ve ark. (1999) ve Saraçoğlu ve ark. (2009; 2010; 2013) benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Çizelge 3. Toprakta bulunan bazı bitki besin elementlerinin değerlendirilmesi						
Besin Elementi	Yöntem	Birim	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek sayısı	%
Alınabilir Fosfor	(Ülgen ve Yurtsever, 1995)	kg P ₂ O ₅ da ⁻¹	0-3	Çok az	3	7
			3-6	Az	8	17
			6-9	Orta	7	15
			9-12	Yüksek	10	22
Alınabilir Potasyum	(Ülgen ve Yurtsever, 1995)	kg K ₂ O da ⁻¹	<20	Az	-	-
			20-30	Orta	-	-
			30-40	Yeterli	-	-
			>40	Yüksek	46	100
Fe (DTPA)	(Lindsay and Norvell, 1978)	mg kg ⁻¹	<2.5	Düşük	-	-
			2.5-4.5	Orta	-	-
Cu (DTPA)	(Lindsay and Norvell, 1978)	mg kg ⁻¹	<0.2	Yetersiz	-	-
			>0.2	Yeterli	46	100
Zn (DTPA)	(FAO, 1990)	mg kg ⁻¹	<0.2	Çok düşük	1	2
			0.2-0.7	Düşük	26	57
			0.7-2.4	Yeterli	19	41
			2.4-8.0	Yüksek	-	-
			>8.0	Çok yüksek	-	-
Mn (DTPA)	(FAO, 1990)	mg kg ⁻¹	<4	Çok düşük	1	2
			4-14	Düşük	20	44
			14-50	Yeterli	22	48
			50-170	Yüksek	3	6
			>170	Çok yüksek	-	-
Zn (DTPA)	(Lindsay and Norvell, 1978)	mg kg ⁻¹	<0,5	Düşük	11	24
			0,5-1,0	Yeterli	31	67
			>1,0	Fazla	4	9
Mn (DTPA)	(Lindsay and Norvell, 1978)	mg kg ⁻¹	< 1	Yetersiz	-	-
			1,0	Yeterli	46	100

Organik madde; Analiz yapılan toprak örneklerinin organik madde kapsamı % 0.90 – 5.78 arasında değişmiştir (Çizelge 1). Bu numunelerin %9'u çok az, %41'i az, %41'i orta ve %7'si iyi ve %2'sinde ise yüksek miktarda organik madde bulunmuştur. (Çizelge 3). Bu çalışma Seyrek ve ark.(1999)'nın yaptığı çalışmayla paralellik göstermekte olup oldukça fakir bulunmuştur. Bu sonuçlar birçok araştırmacının çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir (Kızılgöz ve ark. 1999; Seyrek ve ark. 1999; Saraçoğlu ve ark. (2009; 2010; 2013).

Kireç; Analiz yapılan toprak örneklerinin kireç kapsamı % 0.38 – 33.8 arasında değişmiştir (Çizelge 1). Bu numunelerin %4'ü az kireçli, %48'i kireçli, %17'si orta, %9'u fazla ve %22'si ise çok fazla kireçli çıkmıştır. (Çizelge 3). Aynı yörede yapılmış birçok çalışmada benzer sonuçlar bulunmuştur (Kızılgöz ve ark. 1999; Seyrek ve ark. 1999; Saraçoğlu ve ark. 2009; 2010 ve 2013). Kirecin bu kadar yüksek olması ana materyalden kaynaklanmaktadır. Çünkü yöre topraklarının ana materyalinin çoğu kireç taşıdır.

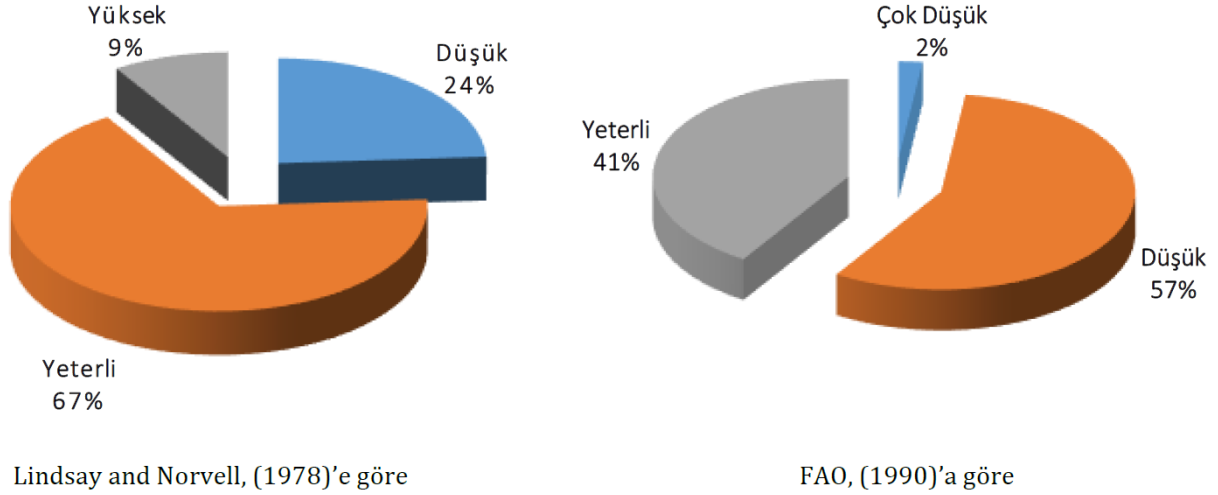
P₂O₅; Analiz yapılan toprak örneklerinin P₂O₅ kapsamı kg P₂O₅ da⁻¹ olarak 2.45 – 28.00 arasında değişmekte olup, ortalama değer ise 10,88'dir. (Çizelge 1). Bu numunelerin %3'ü çok az, %17'si az, %15'i orta ve %22'sinde ise yüksek miktarda fosfor bulunmuştur (Çizelge 3). Fosforun bu kadar farklılık göstermesinin nedeni toprakların hem tarım yapılan hem de tarım yapılmayan alanlardan alınmış olması ve ayrıca tarımsal alanlarda, çiftçiler arasında farklı miktarlarda gübre kullanılmasıyla açıklanabilir.

K₂O; toprakların alınabilir potasyum kapsamının 54,00-316,00 kg K₂O da⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Ortalama ise 131,98 kg K₂O da⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1). Alınan tüm topraklarda K₂O yüksek bulunmuştur. (Çizelge 3). Bu değerler genellikle toprakların alınabilir potasyum içeriği açısından iyi durumda olduğunu göstermektedir. Ancak potasyum, yetiştirilen ürünün renk, tat ve aroma gibi kalite unsurlarını etkilediğinden tarımı yapılan kültür bitkilerine yeterli miktarda potasyumlu gübre uygulanması yararlı olacaktır. Yörede yapılan bazı çalışmalarda toprakların yarıyıllık K içeriklerinin çoğunlukla yeterli ve çok yüksek düzeylerde olduğu görülmüştür (Kızılgöz ve ark. 1999; Seyrek ve ark. 1999; Saraçoğlu ve ark. 2009; 2010 ve 2013).

Fe; Analiz yapılan toprak örneklerinin Fe kapsamları % 4.60 - 82.20 mg/kg arasında değişmiş olup ortalama değer 11,14 mg/kg bulunmuştur.(Çizelge 1). Alınan tüm topraklarda Fe önerilen dozun üzerinde bulunmuştur. (Çizelge 3).

Cu; Analiz yapılan toprak örneklerinin Cu kapsamları 1.61-7.68 mg/kg arasında değişmiş olup, ortalama değer 3,33 mg/kg bulunmuştur (Çizelge 1). Alınan tüm topraklarda Cu önerilen dozun üzerinde bulunmuştur. (Çizelge 3). Bakır preparatlı gübrelere ihtiyaç bulunmamaktadır.

Zn; Araştırma topraklarının yarıyıllık Zn içeriği 0.13-1.90 mg/kg arasında değişmiş olup, ortalama değer 0,70 mg/kg bulunmuştur (Çizelge 1). Lindsay and Norvell, (1978)'in bildirdiği kritik değerlere göre, toprak numunelerinin %24 düşük, %67 yeterli ve %9'unda ise yüksek miktarda çinko bulunmuştur. (Çizelge 3; Şekil 3). FAO (1990)'ya göre ise %2'si çok düşük, %57'si düşük ve %41'i ise yeterli bulunmuştur. Kızılgöz ve ark (1999)' in yaptığı çalışma sonucunda Zn yetersiz bulunmuştur.



Şekil 3. Toprakların yarıyıllık Zn kapsamları bakımında % dağılımları

Mn; Araştırma alanı toprak örneklerinin Mn kapsamları 12.49 - 227,55 mg/kg arasında değişmiş olup, ortalama değer 72,95 mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 1). Alınan tüm topraklarda Mn, Lindsay and Norvell (1978)'in bildirdiği kritik seviyenin üzerinde bulunmuştur. FAO (1990)'ya göre ise %2'si çok düşük, %44'si düşük ve %48'i yeterli, %6'sı ise yüksek bulunmuştur (Çizelge 3; Şekil 4). Bu çalışma Bayraklı ve Gezgin (1996)'nın yaptığı çalışma ile uyum göstermektedir.



Şekil 4. Toprakların yarıyıllık Mn kapsamları bakımında % dağılımları (FAO, 1990'a göre)

Sonuçlar

Bu çalışma 2008 yılında Şanlıurfa İli Halfeti ilçesi 'nin; tarım alanlarında yoğun olarak yetiştirilen ürünlerden, boş alan ve mera alanlarından alınan 46 toprak örneği ile yürütülmüş olan analiz sonuçlarına göre; Halfeti ilçesi toprakları kil bünyeli, pH'ları nötr ve hafifi alkalın, tuzsuz, organik madde bakımından yetersiz, kireçli, alınabilir P yönünde değişkenlik gösteren, alınabilir K yönünden zengin, bitkiye yarıyıllık Fe, Mn ve Cu içeriği bakımından tüm topraklarda önerilen dozun üzerinde, Zn bakımından %6,52 yüksek, fakat yer yer çinko noksanlığı olan topraklardır. Topraklar organik maddece zenginleştirilmelidir. Sıcak bölge olduğundan organik madde hızlı parçalanmaktadır. Bundan dolayı her yıl çiftlik gübresi vb. organik gübreler ve azotlu gübreler uygulanmalıdır. Fosfor ve çinko noksanlığından dolayı toprak analizlerine dayanarak noksan olan topraklarda, fosfor ve çinkolu gübreleme yapılmasında fayda vardır.

Kaynaklar

- Akbas F, Durak A. 2006. Entisol ordosuna ait bir arazide bazı toprak özelliklerinin değişiminin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (39):43-52
- Allison LE, Moodie CD. 1965. Carbonate, In: C.A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy no. 9, ASA, SSSA, WI, USA, pp 1379-1400
- Bayraklı F, Gezgin S. 1996. Kanalizasyon suyu ile sulanan tarım topraklarında kirlenme durumu. İst. Büyükşehir Bel. Org. Bildiri. İstanbul.
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils, Agronomy Journal 43: 434-438
- Carson PL. 1980. Recommended potassium test. In: Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region. Rev .Ed. North Central Region Publication No: 221. North Dakota Agric.Exp. Stn. North Dakota State University, Fargo, USA
- Çimrin KM, Boysan S. 2006. Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 16(2):105-111.
- Eyüpoğlu F, Kurucu N, Talaz S. 1995. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararlı Bazı Mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. Toprak ve Su kaynakları Araştırma Yıllığı. Yayın No: 98, 1996, Ankara.
- Güçdemir İH, Usul M. 2004. Toprak Analiz Sonuçlarına Göre Gübre Tavsiyeleri. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim 2004, Tokat.
- Güzel N, Ortaş İ, İbrikçi H. 1991. Harran Ovası Toprak Serilerinde Yararlı Mikroelement Düzeyleri ve Çinko Uygulamasına Karşı Bitkinin Yanıtı. Çukurova Üniv. Zir.Fak.Dergisi 6(1): 15-30 Adana.
- Halfeti Kaymakamlığı, 24.09.2013. <http://www.halfeti.gov.tr/?page=13&mid=12>
- Horneck DA, Hart JM, Topper K, Koepsell B. 1989. Methods of soil analysis used in the Soil Testing Laboratory at Oregon State University. SM 89:4 Agric. Expt. Sta., 21 pgs. OSU, Corvallis, OR.
- Jackson ML. 1962, Soil Chemical Analysis, Constable and Company Ltd., London, England.
- Jackson MC. 1962. Soil chemical analysis. Prentice Hall. Inc. Eng. Cliff. USA.
- Kızılöz İ, Kızılkaya R, Kaptan H, Sürücü A, 1998. Harran Ovası yaygın toprak serilerinin DTPA ile ekstrakte edilebilir mikroelement içerikleri ve bazı toprak özellikleriyle ilişkileri. HR.Ü. Z.F. Dergisi, Cilt:2, sayı:4, 27-34.
- Kızılöz İ, Kızılkaya R, Açar İ, Seyrek A, Kaptan H, 1999. Şanlıurfa Yöresinde antepfıstığı (Pistacia vera L.) yetiştirilen toprakların verimlilik düzeylerinin saptanması üzerine bir araştırma. GAP I. Tarım Kongresi, 26-28 Mayıs 1999. II. Cilt:987-994. Şanlıurfa
- Lindsay WL, Norvell WA. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci., Soc. Am. J. 42.421-428.
- Olsen SR, Cole V, Watanable FS, Dean LA. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dep. of Agr. Cir. 939, Washington D.C.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement Saline and Alkaline Soils. U.S. Dep. Agr. Handbook 60.
- Saraçoğlu M, Taş M, Koşar İ, Yetim S, Sürücü A. 2009. Şanlıurfa İli Bozova İlçesi Topraklarının Bitki Besin Elementi Kapsamlarının Belirlenmesi. IX. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi. 7-10 Ekim 2009. Nevşehir.
- Saraçoğlu M, Anlağan Taş M, Koşar İ, Aydoğdu M, Kara H, Sürücü A, Oğur Özkan N. 2013. Şanlıurfa İli Hilvan İlçesi Kuru Alanlardaki Toprakların Bitki Besin Elementi Kapsamlarının Belirlenmesi. 6.Ulusal Bitki Besleme Ve Gübreleme Kongresi. 3 -7 Haziran 2013. Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Nevşehir.
- Saraçoğlu M, Polat H, Anlağan Taş M, Koşar İ, Yetim S, Sürücü A. 2010. Şanlıurfa İli Harran İlçesi Kuru Alanlardaki Toprakların Bitki Besin Elementi Kapsamlarının Belirlenmesi. I.Ulusal Toprak ve Su Kongresi. 1-4 Haziran 2010. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Eskişehir.
- Seyrek A, Kızılöz İ, Çullu MA, İnce F, 1999. Harran Ovasında Taban Suyu Etkisindeki Toprakların Ağır Metal İçerikleri. GAP 1. Tarım Kongresi, 26-28 Mayıs 1999, Şanlıurfa.
- Tüzüner A, 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Uyanöz R. 1998. Konya' da Sulama Suyu Olarak Kullanılan Atık Suların Tarım Topraklarının Bazı Fiziksel, Kimyasal Ve Biyolojik Özelliklerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi. Konya.
- Ülgen N, Yurtsever N, 1995. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, s.230, Ankara.
- Walkley A, Black IA, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63:251-263.
- Wilding LP, Bouma J, Gross DW. 1994. Impact of spatial variability on interpretative modelling, In: Quantitative Modelling of Soil Forming Processes R.B. Bryant and Arnold R.W. (ed), SSSA Special Publication Number 39, SSSA, Inc. Madison Wisconsin, USA



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Evsel ve endüstriyel arıtma çamurlarının solucanlar (*Eisenia fetida*) ile kompostlanması

**Ayten Namlı*, Onur Akça, Ceyda Perçimli, Selin Beşe, Şafak Gür,
Hazal Arıkan, İdil Eser, Ezgi İzci, Esen Gümüşay, Gürcan Tunca,
Inrareque Jorge Khálau, Zeynep Mutafçılar, Özge Demirtaş**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

Özet

Bu çalışmada; evsel nitelikli arıtma çamuru olan Yozgat Atıksu Arıtma Tesisi çamuru ile endüstriyel nitelikli Ankara Atıksu Arıtma Tesisi çamurunun karton fabrikası atık çamuru (KA) ve ahır gübresi (AG) ile farklı oranlarda karışımlarının *Eisenia fetida* türü solucanlarla kompostlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla 90 günlük inkübasyon denemesi kurulmuş, inkübasyon süresi boyunca karışımların C, N, C/N, pH ve EC değişimleri izlenmiştir. Ayrıca deneme sonunda saksılarda bulunan solucan sayısı ve biyokütleleri de belirlenmiştir. Inkübasyon denemesi sonuçlarına göre, kağıt atığının bulunduğu bütün karışımlar ile içerisinde %50'den fazla arıtma çamuru (AÇ) bulunan karışımlarda solucanlar yaşayamamıştır. Inkübasyonun tüm dönemlerinde karışımdaki AÇ'nin miktarı arttıkça (maksimum %50 AÇ) toplam azot ve pH'nın arttığı buna karşın, organik C, C/N oranı ile EC'nin düştüğü belirlenmiştir. Solucan biyokütlesi ve sayıları ile vermikompostların özelliklerine göre optimum karışım oranı %50 AÇ + %50 AG ve optimum vermikompostlanma süresi ise 90 gündür.

Anahtar Kelimeler: Vermikompost, arıtma çamuru, kağıt atığı çamuru, *Eisenia fetida*, ahır gübresi.

Vermicomposting of domestic and municipal sewage sludge with earthworm (*Eisenia fetida*)

Abstract

In this research, various vermicomposts were prepared by composting domestic and municipal sewage sludge (AÇ), board paper mill sludge and livestock manure (AG) with *Eisenia fetida* earthworms. For his purpose; 90 days incubation experiment were set up and variation of organic C, N, C/N, pH and EC of vermicompost samples were monitored during the incubation period. As a results of incubation treatment; earthworms could not live in all mixtures of paper mill sludge and contains more than 50% of sewage. In all periods of incubation, total N and pH increased whereas decreased organic C, C/N ratio and EC with the increasing amounts of AÇ. Based on earthworm biomass and population data and various vermicompost characteristics, incubation experiments revealed an optimum mixture ratio of 50% AÇ + 50% AG and an optimum vermicomposting duration of 90 days.

Keywords: Vermicompost, sewage sludge, paper mill sludge, *Eisenia fetida*, livestock manure.

© 2014 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Vermikompost (solucanlı kompost) organik atık/artıkları kompostlaştırma işleminin solucanlara yaptırılması işlemidir. Bu yer solucanlarının sindirim sisteminden geçen organik atık/atıklar hızlandırılmış bir humifikasyon ve detoksifikasyon işlemine tabi tutulurlar. Vermikompost eldesi termofilik komposta göre çok daha kısa sürede gerçekleşmekte olup, Şimşek-Erşahin (2007)'e göre, kalitesi bakımından vermikompost ürünleri, termofilik kompost ürünlerinden fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan çok daha üstün niteliklere ve ekonomik değere sahiptir ve vermikompost son ürününde insan sağlığını tehdit eden

* Sorumlu yazar:

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 06110 Dışkapı Ankara

Tel.: 0(312)5961758

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: aytenkr@gmail.com

patojenler olmadığı için uygulayıcıların ana materyal kanalizasyon atığı dahi olsa vermikomposta çıplak elle dahi dokunabilmektedir. Vermikompost, solucan ve mikroorganizmaların etkileşimi aracılığıyla organik materyallerin biyolojik parçalanmasıyla üretilir. Vermikompost; nitrat, fosfat, değişebilir kalsiyum ve çözülebilir potasyumu bünyesinde bulundurmaktadır. Ayrıca mikroorganizmalar tarafından salgılanan bitki büyüme teşvik edici hormonlarını da içermektedir (Joshi ve Pal Vig, 2010). Organik materyallerin solucanlarla kompostlanması sonucunda elde edilen vermikompostun özellikleri ve besin maddesi kapsamı, başlangıçtaki organik materyalin bileşenine göre önemli oranda farklılıklar göstermektedir. Vermikompostun besin maddesi içeriği vermikompostlanmamış materyale göre çok daha yüksek seviyelerdedir. Evsel ve endüstriyel organik atıkların geri kazanımında, vermikompost hem işlem hem de ürün itibarıyla aerobik komposttan daha üstün özelliklere sahiptir (Dominguez ve ark. 1997, Şimşek-Erşahin, 2011). Parvaresh ve ark. (2004), endüstriyel atık su arıtma tesislerinden elde edilen arıtma çamurlarını *Eisenia fetida* türü solucanlar ile 9 haftalık inkübasyona tabi tutmuşlar ve arıtma çamurlarının bir kısmına *Eisenia fetida* ilavesi yaparak, solucan aşılması yapılmayan arıtma çamurları ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar arıtma çamuruna *Eisenia fetida* ilavesinin alınabilir P kapsamını artırmasına karşın toplam N üzerinde her hangi bir değişikliğe sebep olmadığını belirlemişlerdir. Contreras-Ramos ve ark. (2005), tekstil endüstrisi ve evsel atık sulardan elde edilen arıtma çamurları ile yulaf samanı ve ahır gübresinin farklı oranlarda *Eisenia fetida* solucanları ile kompostlanması ve elde edilen kompostun kalitesinin USEPA standartlarına uygunlukların araştırmışlardır. 60 günlük inkübasyon denemesi sonunda araştırmacılar, tüm karışımların metal kapsamlarının USEPA standartlarına uygun olduğunu ancak, inkübasyon süresince bazı karışımların kimyasal özelliklerinde stabilite sağlanmadığı, hem USEPA standartlarına uygunluk ve hem de stabilite açısından en uygun karışımın 1400 gr arıtma çamuru + 200 gr yulaf samanı + 200 gr ahır gübresi karışımından elde edildiğini belirtmişlerdir. Kızılkaya ve ark (2010), arıtma çamuru (AÇ), fındık zuru (FZ) ve ahır gübresini (AG) içeren vermikompostların ideal karışım oranı ile ideal vermikompostlanma süresinin belirlenmesi amacıyla, *Eisenia fetida* türü solucanlarla AÇ, FZ ve AG'yi farklı oranlarda karıştırmışlar ve solucan sayı ve biyokütle verileri ile farklı vermikompostların özelliklerine (biyolojik, kimyasal ve ağır metal kapsamı) göre ideal karışım oranının %30 AÇ + %35 FZ + %35 AG ve ideal vermikompostlanma süresinin ise 90 gün olduğunu belirtmişlerdir. Selladurai ve ark. (2009)'a göre, vermikompost prosesi zararlı arıtma çamurlarının besin açısından zengin, toksik içermeyen materyale dönüşmesi için potansiyel bir teknoloji olabilir, ayrıca belediye atık yönetimine biyolojik yeni bir yaklaşım sağlar.

Bu çalışmada, evsel ve endüstriyel nitelikli 2 farklı arıtma çamurunun karton fabrikası atık çamuru ve ahır gübresinin karıştırılması ve *Eisenia fetida* türü solucanlarla kompostlanması (vermikompost üretimi) ve en uygun kompost bileşeni ve kompostlama süresinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada evsel nitelikte Yozgat Atıksu Arıtma çamuru (YAÇ), endüstriyel nitelikli Ankara Atıksu Arıtma Tesisi çamuru (AAÇ), karton fabrikası atık çamuru (KA), ahır gübresi (AG) ve kompostlayıcı materyal olarak da *Eisenia fetida* solucan türü kullanılmıştır.

Yozgat atıksu arıtma tesisi çamuru (YAÇ): Yozgat Belediyesi AAT, 73.000 kişiye hizmet etmektedir. Tesise herhangi bir endüstriyel atıksu katkısı bulunmamaktadır. Tesise, özellikle yağışların fazla olduğu dönemlerde Yozgat Belediyeler Birliği'ne ait düzenli depolama alanından belli aralıklarla sızıntı suyu taşınmaktadır. Tesisten çıkan çamurun analiz sonuçları değerlendirildiğinde, metal derişimlerinin Evsel ve Endüstriyel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'in Ek IB tablosunda listelenen sınır değerlerinin çok altında olduğu görülmüştür. Yozgat tesisi, İç Anadolu Bölgesi'nde görece yüksek kapasiteli, evsel nitelikte atıksuları arıtan tesislerden biri olduğundan ve bu tesiste İç Anadolu bölgesinde bulunan diğer tesislerden farklı olarak aerobik stabilizasyon yöntemi uygulanmakta olduğundan, evsel nitelikli bir tesis olarak seçilmiştir. Bu tesiste atıksu klasik aktif çamur sistemi ile arıtılmakta, oluşan çamur ise yoğunlaştırma, stabilizasyon ve susuzlaştırmayı takiben belediye katı atık depolama sahasında depolanmaktadır.

Ankara atıksu arıtma tesisi çamuru (AAÇ): Ankara Büyükşehir Belediyesi AÇ yalnızca Türkiye'nin değil, Avrupa'nın en büyük atıksu arıtma tesislerinden biridir. Bu nedenle Türkiye'nin arıtma çamurlarının yönetilmesinde gerek miktar, gerekse de olası yararlı kullanımların olabileceği bölgelere yakınlık açısından büyük önem taşıyan bir tesistir. Tesiste ön arıtımı ve ön çökeltmeyi takiben klasik aktif çamur sistemi ile biyolojik arıtma gerçekleştirilmektedir. Ön çökeltim ve son çökeltim çamurları bir arada yoğunlaştırılmakta, anaerobik olarak çürütülmekte ve belt filtre ile susuzlaştırılmaktadır. Susuzlaştırılmış

çamur katı atık depolama sahasında bertaraf edilmektedir. Ankara AAÇ tesisine gelen atıksuyun yaklaşık %10'u endüstriyel niteliklidir. Gelen endüstriyel atıksular tam arıtım ya da ön arıtım sonrası kanala verilmekte, bu atıksular tekstil, kimya, maden ve metal sanayi, çinko kaplama sanayi ile bir miktar da Sincan Organize Sanayi Bölgesi'nden kaynaklanmaktadır. Bu nedenlerle tesisin uygun bir endüstriyel AÇ olduğuna karar verilerek seçilmiştir.

Karton fabrikası kağıt atık çamuru (KA): Ülkemizde geri dönüştürülmüş kağıt kullanan sanayi kuruluşlarının en büyük sıkıntısı atık kağıtların kalitesi olmaktadır. Atık kağıtların ülkemizde kaynağında ayrıştırılmaması bir yandan kağıtların geri dönüşümü esnasında daha zor temizlenmesine neden olurken diğer yandan da ortaya çıkan plastik, metal vb. kirliliklerin depolanması sorununu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca basım sanayinde gittikçe daha çok kullanılan selefona kaplı kağıt ürünleri ve yüksek oranda kuşe içeren kağıtlar geri dönüşüm oranlarının düşmesine neden olmaktadır." Ülkemizde geri dönüştürülmüş kağıt kullanan sanayi kuruluşlarının en büyük sıkıntılarının bir tanesi atık çamur olarak da nitelendirilen atıkların bertaraf edilmesi/yeniden değerlendirilmesidir. Söz konusu atık materyalinin farklı amaçlar doğrultusunda geri kazanım için ayrılmasında dikkat edilecek en önemli husus bunların kirlenmemiş/kirletilmemiş olmasıdır. Ancak bu şekilde geri dönüşümleri mümkün olacaktır. Bu özelliklere sahip atık materyalin değerlendirilmesi için Dünya'da değişik alternatif yöntem arayışları konusunda pek çok araştırma yapılıyor olmasına rağmen, ülkemizde ise bu tür karton fabrikasından çıkan atık materyallerin değerlendirilmesi yönünde yeterince araştırma bulunmamaktadır. Bu çalışmada Muratlı Karton fabrikası kağıt atık çamuru kullanılmıştır.

İnkübasyon denemesinin kurulması: Kompostlama materyali olarak kullanılan organik atıklar (Yozgat ve Ankara arıtma çamuru-YAÇ ve AAÇ, ahır gübresi -TG ve karton fabrikası kağıt atığı-KA) tamamen kurutulduktan ve öğütüldükten sonra (2 mm) farklı oranlarda birbirleri ile karıştırılmış ve organik materyallerin farklı oranlarını kapsayan uygulamalara ait optimum nem ve sıcaklık koşullarında inkübasyon denemesi kurulmuştur.

Birinci inkübasyon denemesi uygulama konuları:

- [1] %0 AÇ + %100 AG (ahır gübresi kontrol)
- [2] %100 AÇ + %0 AG + %0 KA (çamur kontrol)
- [3] %50 AÇ + %25 AG + %25 KA
- [4] %25 AÇ + %50 AG + %25 KA
- [5] %25 AÇ + %25 AG + %50 KA
- [6] %70 AÇ + %15 AG + %15 KA
- [7] %15 AÇ + %70 AG + %15 KA
- [8] %15AÇ + %15AG + %70 KA

5lt'lik ışık geçirmeyen silindirik plastik saksılara 2500 gr yukarıda verilen karışımlar konulup, her bir karışımın içerisine eşit ağırlıkta 5'er adet Eisenia fetida türü solucan ilavesi yapılmıştır (Şekil 1). Solucan ilavesini müteakip, saksıların üst kısmı havalanmayı engellemeyecek tül ile kapatılıp solucan için optimum koşulları sağlamak amacı (Reincke ve ark. 1992) ile saksılara her bir karışımın %80 oranında su kapsayacak şekilde su ilavesi yapılmıştır. Saksılar 20 °C'de karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır. Vermikompost denemesinin kurulmasından 24 saat sonra %100 AG (1 numaralı uygulama) dışındaki tüm uygulamalarda solucanlar karışımların içerisine girmemiş ve bu uygulamalardaki tüm solucanlar karışımların yüzeylerinde ölmüştür %100 Ahır gübresi bulunan saksılardaki solucanların ölmeyip, AÇ ve KA bulunan tüm saksılardaki solucanların ölmesinin nedeninin AÇ ve KA'nın içeriğinde bulunan yüksek kireç, toksik metaller veya yüksek amonyum azotu gazının ortaya çıkmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. AÇ ve KA yüzdeleri düşürülerek deneme 2 kez daha tekrarlanmış ancak arıtma çamurunun %50 ve üzerindeki düzeylerinde ve KA bulunan karışımlarda inkübasyonun en başından itibaren vermikompost elde edilememiştir. Sadece ahır gübresi bulunan saksılarda solucanların yaşamlarını sürdürmesinden yola çıkılarak solucanı öldüren materyalin karışımdaki çamur veya kağıt atığı olduğu varsayılarak kağıt atığı içermeyen çamur ve ahır gübresinin farklı uygulamaları ile çamur içermeyen kağıt atığı ve ahır gübresi uygulamaları denemeye alınmıştır. Kağıt atığı bulunan tüm uygulamalarda solucanlar ölmüş, arıtma çamurunun ise maksimum %50 olduğu saksılarda solucanlar yaşamlarını devam ettirirken, çamur yüzdesinin %60 ve üzeri olduğu uygulamaların tamamında solucanlar 2. gün ölmüşlerdir. Solucanların yaşamlarını sürdürebildikleri uygulama konularıyla denemeye devam

edilmiş diğer konular sonlandırılmıştır. Aşağıda denemeye devam edilen ve analizleri yapılan uygulama konuları verilmiştir.



Şekil 1. İnkübasyon denemesinin kurulması

İkinci inkübasyon denemesi uygulama konuları:

- [1] % 0 AÇ + %100 AG (ahır gübresi kontrol)
- [2] %50 AÇ + %50 AG
- [3] %40 AÇ + %60 AG
- [4] %30 AÇ + %70 AG
- [5] %20 AÇ + %80 AG

90 günlük inkübasyon süresince saksılar her gün tartılarak eksilen su miktarı ilave edilmiştir. İnkübasyonun 1., 30., 60. ve 90. günlerinde karışımların toplam karbon, azot, C/N oranı, pH ve EC analizleri yapılmıştır. Ayrıca inkübasyonun son döneminde karışımlarda bulunan solucanlarda sayı ve biyokütle tespitleri de yapılmıştır. Organik karbon içerikleri kuru yakma ile (Ryan ve ark., 2001), toplam N Kjeldahl yöntemine göre (Bremner, 1965), pH ve EC 1:10 vermikompost : saf su süspansiyonunda (w/v) Ryan ve ark (2001)'e göre; toplam P kuru yakma yöntemiyle (Kacar, 1972), C/N oranı hesap yoluyla belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara ait istatistiksel değerlendirmeler (Varyans analizi, LSD testi, korelasyon analizi) Minitab 15 paket programında yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

İnkübasyon denemesinde kullanılan materyallerin genel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Elazığ arıtma çamuru en yüksek OC, N ve NH⁺-N kapsamına sahip olup, toplam P ise en yüksek ahır gübresinde bulunmaktadır. pH bakımından birbirlerine yakın değerler içeren atıklardan, en yüksek kireç içeriği kağıt atığı çamurunda bulunmaktadır. Organik materyallerin EC kapsamları bakımından değerlendirildiğinde; AG'nin EC değerleri diğer 3 organik atığa göre yüksek ancak bütün organik atıkların EC değerleri kullanımı sınırlandıracak değer olan 4 dSm⁻¹'nin oldukça altındadır (Kirven, 1986). Denemede kullanılan arıtma çamurlarından Ankara çamurunun Zn miktarı Elazığ çamuruna kıyasla oldukça yüksek olup, diğer metaller bakımından Elazığ çamuru ile birbirine yakın değerler içermektedir. Denemede kullanılan çamurların metal

kapsamları Arıtma çamurları (2010) yönetmeliği sınır değerlerinin altındadır. Denemede kullanılan ahır gübresinin ağır metal kapsamları Elazığ çamurundan yüksek, Ankara çamurundan düşük; kağıt atığı çamurunun metal kapsamları ise diğer materyallere göre (Cu hariç) düşük bulunmuştur.

Çizelge 1. İnkübasyon denemesinde kullanılan materyallerin genel özellikleri

Özellikler	Yozgat AÇ	Ankara AÇ	Kağıt atığı	Ahır gübresi
Organik C %	37,08	26,06	19,05	28,42
pH	8,07	8,65	7,03	8,51
EC (dSm ⁻¹)	0,448	0,895	0,97	2,08
Kireç (%)	3,03	5,77	56,57	10,92
Toplam azot (N), %	3,39	2,62	0,18	0,71
NH ₄ ⁺ -N, mgkg ⁻¹	2318	2210	31	198
Toplam fosfor (P), %	0,07	0,07	0,014	2,61
Cd, mgkg ⁻¹	<0,05	1,2	<0,05	0,89
Cr, mgkg ⁻¹	1,15	153	2,91	98
Cu, mgkg ⁻¹	25,41	161,4	39,81	113
Ni, mgkg ⁻¹	7,64	92,16	0,46	48
Pb, mgkg ⁻¹	<0,5	62	1,54	7,5
Zn, mgkg ⁻¹	<5	644	17,22	315

İnkübasyon süresi boyunca organik karbon (OC) miktarlarındaki değişimler

İnkübasyon süresi boyunca Elazığ çamuru (EAÇ) uygulamasında en yüksek OC değerleri 2 numaralı karışımda belirlenmiş (Çizelge 2; P<0.05), Ankara çamuru (AAÇ) uygulamasında ise karışımlar arasındaki fark istatistiksel olarak inkübasyonun son periyodunda anlamlı bulunmamıştır. EAÇ uygulamasında 2 numaralı karışımda çamur miktarı diğer karışımlara göre yüksek olup, 2 numaralı karışımda diğerlerine göre yüksek karbon değerinin bulunmasının temelindeki nedeninin Elazığ çamurunun daha fazla karbon içermesindedir. Her iki AÇ uygulamasında da, karışımların tamamında OC kapsamları inkübasyon süresince organik atığın mineralizasyonuna bağlı olarak azalmaya başlamıştır (Smernik ve ark. 2004). Vermikompostlama süreci solucan ve mikropların aktif katılımını gerektirmektedir. Dominguez (2004)'e göre, solucan organik materyali kas hareketleriyle homojenize eder, mukus salgılar ve enzimce zengin bir çevre oluşur, mikrobiyal faaliyet için yüzey alanı artar ve mikroorganizmalar biyokimyasal parçalanmayı gerçekleştirir. Mikrobiyal faaliyetler solucanın ekstraselüler enzimatik çevresinde tam olarak gerçekleşir ve bu biyolojik olaylar arıtma çamurunun ayrışması ve mineralizasyon sırasında C şeklinde TOC kaybına neden olmaktadır.

Çizelge 2. Doksan günlük inkübasyon döneminde elde edilen vermikompostun organik C kapsamı (%)

Uygulama	1.Gün	30. gün	60. gün	90. gün
ELAZIĞ ÇAMURU				
1	28,33bc	28,01c	27,66c	25,03c
2	33,08a	33,01a	31,14a	30,63a
3	32,41a	31,58b	30,16a	28,95b
4	30,13b	30,02b	29,65b	28,87b
5	29,36b	28,16c	28,01b	26,78c
ANKARA ÇAMURU				
1	28,33a	28,01a	27,66a	25,03öd
2	28,00a	27,36a	27,21a	25,13öd
3	27,25ab	27,01a	26,85a	25,89öd
4	26,58b	26,98b	25,87b	25,85öd
5	28,10a	27,85a	27,41a	25,11öd

Uygulama 1) %0 AÇ + %100 AG (ahır gübresi kontrol), 2) %50 AÇ + %50 AG; 3) %40 AÇ + %60 AG; 4) %30 AÇ + %70 AG, 5) %20 AÇ + %80 AG.

Elazığ için LSD>0.05=1.102; Ankara için LSD>0.05=1.033; Küçük harf düzey olarak uygulamalar arasındaki karşılaştırmayı gösteriyor; öd: uygulamalar arasındaki fark önemli değil

İnkübasyon süresi boyunca toplam azot (N) miktarlarındaki değişimler

İnkübasyon süresi boyunca EAÇ uygulamasında en yüksek N değerleri 2 ve 3 numaralı uygulamalarda belirlenmiş (Çizelge 3; $P<0.05$), AAÇ uygulamasında ise en yüksek N değerleri 2 numaralı karışımda belirlenmiştir. Her iki çamur uygulamasında da uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Arıtma çamuru miktarının karışımdaki oranı arttıkça karışımın N değerleri artmakta, bunun temeldeki nedeni Elazığ çamurunun diğer organik materyallere göre daha fazla azot içermesidir. Genel olarak materyallerden vermikompost üretimi sırasında solucanlar N bakımından zengin mukus, boşaltım ürünleri ve vücut sıvıları salgılayarak azot seviyesini artırmaya neden olmakta ayrıca ölü solucanların çürüyen dokuları da azotun artışındaki diğer önemli nedendir (Selladurai ve ark, 2009). Karışımların tamamında toplam karbona benzer şekilde N kapsamları inkübasyon süresince organik atığın mineralizasyonuna bağlı olarak azalmaya başlamıştır.

Çizelge 3. Doksan günlük inkübasyon döneminde elde edilen vermikompostun toplam N kapsamı (%)

Uygulama	1.Gün	30. gün	60. gün	90. gün
ELAZIĞ ÇAMURU				
1	0,74c	0,79c	0,91c	0,87c
2	2,14a	2,18a	2,08a	2,00a
3	2,10a	2,10a	2,01a	1,98a
4	1,65b	1,63b	1,78b	1,72b
5	1,16b	1,17b	1,23b	1,19b
ANKARA ÇAMURU				
1	0,74c	0,79c	0,91c	0,87d
2	1,66a	1,67a	1,60a	1,71a
3	1,40b	1,35b	1,31b	1,39b
4	1,19bc	1,21bc	1,24b	1,24b
5	0,93c	0,96c	1,09c	1,18c

Uygulama 1) %0 AÇ + %100 AG (ahır gübresi kontrol), 2) %50 AÇ + %50 AG; 3) %40 AÇ + %60 AG; 4) %30 AÇ + %70 AG, 5) %20 AÇ + %80 AG.

Elazığ için $LSD>0.05= 0.105$; Ankara için $LSD>0.05=0.114$; Küçük harf düzey olarak uygulamalar arasındaki karşılaştırmayı gösteriyor; öd: uygulamalar arasındaki fark önemli değil

İnkübasyon süresi boyunca C/N oranındaki değişimler

İnkübasyon süresi boyunca karışımların karbon miktarının azalması ve azot miktarının artmasıyla C/N oranları da azalma göstermiştir (Çizelge 4). Borah ve ark. (2007)'ye göre, vermikompostun C/N oranı 20'den az olmalıdır. Buna göre 2, 3 ve 4 numaralı uygulamaların C/N oranları daha uygun gözükmektedir. Fatehi ve Seayegan (2010)'a göre, vermikompostlama işlemi süresince C/N oranındaki düşmenin nedeni, havadan N fiksasyonuna bağlı olarak N kapsamının artması ve solucanın metabolik aktivitesi sırasında organik C'nun CO₂'ye mineralizasyonudur.

Çizelge 4. Doksan günlük inkübasyon döneminde elde edilen vermikompostun C/N oranı

Uygulama	1.Gün	30. gün	60. gün	90. gün
ELAZIĞ ÇAMURU				
1	38,28a	35,46a	30,40a	28,77a
2	15,46d	15,01d	15,87d	15,31cd
3	15,43d	15,04d	15,00d	14,62d
4	18,26c	18,42c	16,66c	16,78c
5	25,31b	24,07b	22,77b	22,50b
ANKARA ÇAMURU				
1	38,28a	35,46a	30,40a	28,77a
2	16,87e	16,38d	17,01d	14,70d
3	19,46d	20,01cd	20,50c	18,63c
4	22,34c	22,30c	20,86c	20,85b
5	30,22b	29,01b	25,15b	21,28b

Uygulama 1) %0 AÇ + %100 AG (ahır gübresi kontrol), 2) %50 AÇ + %50 AG; 3) %40 AÇ + %60 AG; 4) %30 AÇ + %70 AG, 5) %20 AÇ + %80 AG.

Elazığ için $LSD>0.05= 1,366$; Ankara için $LSD>0.05= 1,385$; Küçük harf düzey olarak uygulamalar arasındaki karşılaştırmayı gösteriyor; öd: uygulamalar arasındaki fark önemli değil

İnkübasyon süresi boyunca pH miktarlarındaki değişimler

İnkübasyon periyodu süresince her iki çamur denemesinde de pH değerleri artma eğilimi göstermiş, EAÇ uygulamasında uygulamalar arasındaki fark $P>0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek pH değeri 1 numaralı tek başına AG uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 5). AAÇ uygulamalarında ise ilk 1 ay boyunca pH'daki değişimler anlamlı bulunmamıştır, son 2 aylık periyotta ise 1, 2 ve 3 numaralı karışımlarda pH diğer 2 karışıma göre yüksek bulunmuştur ($P>0.05$).

Yetiştirme ortamlarında arzu edilen pH değerleri yetiştirilecek bitki çeşidine göre değişiklik göstermekle beraber büyük oranda organik materyal içeren toprak karışımlarında bu değer 5,3 – 6,0 arasında belirtilmektedir (Lucas ve ark. 1975). Bu pH değerleri fosfor ve mikro bitki besin maddelerinin yararlılıklarını arttırmaktadır (Çaycı ve ark., 1995). Buna göre inkübasyon denemesi süresince elde edilen vermikompostların pH değerleri yüksek olup uygulanacak bitki besleme programlarında bu konuya dikkat etmek gerekmektedir. Fatehi ve Seayegan (2010)'e göre, vermikompost işlemi boyunca artan pH değerine yönelik en muhtemel teori, solucanların kalsiferoz (kalsiyumlu) bezleri ve NH_4^+ salgıladıklarını ve H^+ iyonlarının azaldığı şeklindedir.

Çizelge 5. Doksan günlük inkübasyon döneminde elde edilen vermikompostun pH değeri

Uygulama	1.Gün	30. gün	60. gün	90. gün
ELAZIĞ ÇAMURU				
1	8,51a	8,59a	8,74a	8,89a
2	8,21c	8,24c	8,25c	8,22c
3	8,40b	8,42b	8,54b	8,68b
4	8,42a	8,45b	8,53b	8,70b
5	8,48a	8,48ab	8,63ab	8,70b
ANKARA ÇAMURU				
1	8,51öd	8,59öd	8,74a	8,89a
2	8,57öd	8,58öd	8,81a	8,89a
3	8,55öd	8,52öd	8,73a	8,91a
4	8,55öd	8,53öd	8,68b	8,79b
5	8,53öd	8,55öd	8,59b	8,69b

Uygulama 1) %0 AÇ + %100 AG (ahır gübresi kontrol), 2) %50 AÇ + %50 AG; 3) %40 AÇ + %60 AG; 4) %30 AÇ + %70 AG, 5) %20 AÇ + %80 AG.

Elazığ için $LSD>0.05=0.087$; Ankara için $LSD>0.05=0.093$, Küçük harf düzey olarak uygulamalar arasındaki karşılaştırmayı gösteriyor; öd: uygulamalar arasındaki fark önemli değil

İnkübasyon süresi boyunca EC miktarlarındaki değişimler

İnkübasyon süresi boyunca karışımlarda belirlenen EC değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Denemeye alınan uygulamaların tamamında, inkübasyon zamanına bağlı olarak EC değerlerinde azalma görülmüştür. Uygulamaları kendi içerisinde kıyasladığımızda, EAÇ uygulamasında çamur dozunun en yüksek olduğu 2 numaralı uygulamada en düşük EC bulunmuş, AG'nin miktarının artmasıyla da karışımların EC miktarları artış göstermiştir. Şüphesiz bu artış AG materyalinin içermiş olduğu tuzlarla ilgili olup (Hargreaves ve ark. 2008) AG'nin uygulanan dozu arttıkça da bu etki belirginleşmektedir. Uygulamalara bağlı olarak karışımların EC değerlerindeki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Bu sonuçların aksine Fatehi ve Seayegan (2010), vermikompost işlemi boyunca EC miktarlarının arttığını, bu artışın organik madde kaybindan ve alınabilir formda fosfor, amonyum ve potasyum gibi değişik minerallerin üretiminden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Kirven (1986), sature ortam ekstraktını esas alan çalışmalarda organik materyallerin EC kapsamının 2-4 dSm^{-1} 'nin orta, 4-6 dSm^{-1} 'nin yüksek ve 4-8 dSm^{-1} 'nin ancak iyi gelişmiş bitkiler için uygun olduğunu belirtmiştir. Bildirilen sınır değerleri ve bitkilerin tuza duyarlılıkları farklı olmakla beraber, 4 dSm^{-1} 'nin üzerindeki elektriksel iletkenlik değerleri risk taşımaktadır. Araştırmada kullanılan bütün arıtma çamuru materyallerinin tuz kapsamı 2-4 dSm^{-1} 'den düşüktür. Organik materyallerden vermikompost elde edilmesinden sonra da EC değerleri sınır değerlerin oldukça altında olup, toprakta kullanılmalarında tuzluluk oluşturmaları bakımından sorun bulunmamaktadır. ABD Kompost Kalite Standartları Rehberine göre, kompostun maksimum EC kapsamının 2 dSm^{-1} olması gerektiği ve 1-2 dSm^{-1} EC'ye sahip kompost materyalinden tuza toleranslı bitki yetiştirildiğinde 15 ltm^{-2} ve tuza dayanıklı bitki yetiştirilmesi durumunda da 60 ltm^{-2} uygulanması gerektiği, kompostun EC kapsamının 2-4 dSm^{-1} olması durumunda ise bu miktarların yarı yarıya düşürülmesi gerektiği bildirilmiştir (Brinton, 2000).

Solucan sayı ve biyokütlesindeki değişimler

İnkübasyon denemesine alınan arıtma çamurlarının %50'den fazla miktarlarda olduğu karışımlarda solucanlar karışımın içerisine girmeyip yüzeyde kaldıklarından dolayı 24 saat içerisinde ölmüşler ve arıtma çamurunun %50 ve üzerindeki düzeylerinde inkübasyonun en başından itibaren vermikompost elde edilememiştir. Edwards (1988) organik materyalin kapsadığı yüksek amonyumun (>500 mgkg⁻¹) *E.fetida* türü solucanlara toksik etki yaptığını bildirmiştir. İnkübasyon denemesinde kullanılan arıtma çamurları da yüksek seviyede NH₄⁺-N içermekte olup, solucan aktivitesi ve populasyonun yüksek amonyumdan olumsuz yönde etkilenmiş olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde karton fabrikası atık çamuru (KA) içeren karışımlarda solucanlar yaşamlarını devam ettirememiş, bunun nedeninin de KA'nın çok yüksek kireç içermesinden kaynaklandığı düşünülerek KA içeren uygulamalar deneme konusundan çıkarılmıştır.

Çizelge 6. Doksan günlük inkübasyon döneminde elde edilen vermikompostun EC değeri (dSm⁻¹)

Uygulama	1.Gün	30. gün	60. gün	90. gün
ELAZIĞ ÇAMURU				
1	2,01a	1,98a	1,78a	1,56a
2	1,12c	1,03c	0,93b	0,90b
3	1,59b	1,48b	1,14b	1,03b
4	1,85a	1,43b	1,20b	1,15b
5	1,91a	1,79a	1,65a	1,30a
ANKARA ÇAMURU				
1	2,01a	1,98a	1,78a	1,56a
2	1,48b	1,42b	1,25b	1,20b
3	1,67ab	1,54b	1,61a	1,35a
4	1,89a	1,74a	1,63a	1,41a
5	1,93a	1,71a	1,70a	1,36a

Uygulama 1) %0 AÇ + %100 AG (ahır gübresi kontrol), 2) %50 AÇ + %50 AG; 3) %40 AÇ + %60 AG; 4) %30 AÇ + %70 AG, 5) %20 AÇ + %80 AG.

Elazığ için LSD>0.05= 0.349; Ankara için LSD>0.05=0.327, Küçük harf düzey olarak uygulamalar arasındaki karşılaştırmayı gösteriyor; öd: uygulamalar arasındaki fark önemli değil

Arıtma çamuru miktarının azaltılarak yeniden tekrarlanan inkübasyon denemesinde ise solucanlar karışımların arasına girmiş ve çoğalarak yaşamlarını devam ettirmişlerdir. Doksan günlük inkübasyon süresi sonunda saksılardaki solucan sayıları ile toplam solucan biyokütlesindeki değişimler belirlenmiş olup sonuçlar Çizelge 7'de, karışımlarda belirlenen bütün parametrelere ait yüzde artış ve azalışlar ise Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 7. Deneme sonunda saksılarda belirlenen solucan sayı (adet) ve biyokütlesi (gr)

Uygulama	ELAZIĞ ÇAMURU		ANKARA ÇAMURU	
	Solucan sayısı	Solucan ağırlığı gr	Solucan sayısı	Solucan ağırlığı gr
1	105a	37,05öd	105a	37,05a
2	70b	20,35öd	73b	16,71b
3	75b	22,18öd	75b	14,45b
4	82b	25,34öd	75b	20,12b
5	92a	33,2öd	79bb	23,13b

Uygulama 1) %0 AÇ + %100 AG (ahır gübresi kontrol), 2) %50 AÇ + %50 AG; 3) %40 AÇ + %60 AG; 4) %30 AÇ + %70 AG, 5) %20 AÇ + %80 AG.

Elazığ için LSD>0.05= 18,31; Ankara için LSD>0.05=11,19, Küçük harf düzey olarak uygulamalar arasındaki karşılaştırmayı gösteriyor; öd: uygulamalar arasındaki fark önemli değil

İnkübasyonun başlangıcında tüm saksılara 5'er adet solucan konulmuş ve her bir solucanın biyokütlesi ortalama 0.5g olarak belirlenmiştir. İnkübasyonun sonlandırıldığı 90. günde saksılarda özellikle ergin ve orta ergin solucanların sayılmasına dikkat edilmiş, genç solucanlar sayıma alınmamaya çalışılmıştır. Doksanıncı günde başlangıca göre solucan sayı ve biyokütlesinde artışlar belirlenmiş, bu artışların karışım

oranlarına bağlı olarak da değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Solucan biyokütlesi en fazla %100 AG bulunan saksılarda belirlenmiş, en düşük sayı ve biyokütle ise her iki arıtma çamurunda da en yüksek AÇ (%50 AÇ) bulunan saksılarda belirlenmiştir. Arıtma çamurları kıyaslandığında ise, her iki AÇ'nin benzer dozlarında belirlenen sayılar benzerlik gösterirken, biyokütle olarak Elazığ çamurundaki solucanların ağırlıkları Ankara çamuruna göre fazla bulunmuştur. [Harstenstein ve Mitchell \(1978\)](#)'e göre, arıtma çamurunun aerobik veya anaerobik olarak olgunlaştırılması solucan populasyonunun aktivitesinde önemli oranda etkili olup, anaerobik olarak olgunlaştırılan arıtma çamurlarının *Eisenia fetida* türü solucanlar için akut toksisite oluşturduğunu bildirmişlerdir. Denemede kullanılan EAÇ aerobik, AAÇ ise anaerobik olarak olgunlaştırılan çamur olup, EAÇ içeren karışımlarda AAÇ içeren karışımlara göre daha fazla sayı ve biyokütle belirlenmesinin nedenlerinden bir tanesinin de AAÇ'nin anaerobik oluşundan dolayı, bu olgunlaştırma şeklinin *E.fetida* türü solucanlara toksisite göstermiş olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 8. Vermikompost üretimi süresince karışımların özelliklerindeki değişimler

Elazığ çamuru	OC	N	C/N	pH	EC	Solucan sayısı	Solucan biyokütlesi
1	-11,65	+17,57	-24,84	+4,47	-22,39	+2000	+1382
2	-7,41	-6,54	-0,97	+0,12	-19,64	+1300	+714
3	-10,68	-5,71	-5,25	+3,33	-35,22	+1400	+787
4	-4,18	+4,24	-8,11	+3,33	-37,84	+1540	+914
5	-8,79	+2,59	-11,10	+2,59	-31,94	+1540	+914
Ankara Çamuru	OC	N	C/N	pH	EC	Solucan sayısı	Solucan biyokütlesi
1	-11,65	+17,57	-24,84	+4,47	-22,39	+2000	+1382
2	-10,25	+3,01	-12,86	+3,73	-18,92	+1360	+568
3	-4,99	-0,71	-4,27	+4,21	-19,16	+1400	+478
4	-2,75	+4,20	-6,67	+2,81	-25,40	+1400	+705
5	-10,64	+26,88	-29,58	+1,88	-29,53	+1480	+825

Sonuçlar

Araştırma sonuçlarına göre; karton fabrikası kağıt atık çamurunun bulunduğu tüm karışımlar ile %50'den fazla atıksu arıtma tesisi arıtma çamuru (AÇ) içeren karışımlarda solucanların yaşamadıkları, %20-%50 arasında AÇ'nin ahır gübresiyle birlikte kullanıldığı uygulamalarda ise solucanların gerekli aktiviteyi göstererek vermikompost oluşturduğu belirlenmiştir. Arıtma çamuru (en fazla %50) yanmış ahır gübresi ile karıştırılmış, kırmızı kaliforniya (*A. Fetida*) solucanları karışıma ilave edilip ortalama 21 °C'de karanlıkta %65 nemli koşullarda yaklaşık 3 ay sürede kompostlanmış ve solucan gübresi elde edilmiştir. Elde edilen solucan gübresi (vermikompost) içeriğinde bulunan ağır metal miktarları organik gübre yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerin altında olup (çalışmanın ağır metalle ilgili bölümleri Environmental Monitoring and Assesment dergisinde hakem incelemesinde olduğundan sonuçlar burada verilmemiştir), verimlilik parametreleri bakımından da piyasada mevcut solucan gübreleriyle aynı kalitededir. Araştırmada %50 EAÇ +%50 AG karışımından 90 günün sonunda elde edilen vermikompostun OC, N, pH, EC ve C/N oranı değerleri sırasıyla %30.63, %2, 8.22, 0.90 dS⁻¹ ve 15.31 olarak belirlenmiş; %50 AAÇ +%50 AG karışımından ise sırasıyla %25.13, %1.71, 8.89, 1.20 dS⁻¹ ve 14.70 şeklinde belirlenmiştir. [Parvaresh ve ark. \(2004\)](#) ise kentsel arıtma çamurlarından elde edilen vermikompostun OC, N, pH ve C/N oranı değerlerini sırasıyla %22, %1.04, 7.5, 2.00 dS⁻¹ ve 22.6 olarak rapor etmişlerdir. ABD Kompost Kalite Standartları Rehberine göre de, kompostun maksimum OM kapsamının %>30, azotun en az %0.03, pH değerinin 6-7 ve EC'nin 2 dS⁻¹ olması gerektiği belirtilmiştir ([Brinton, 2000](#)). Araştırmamızda elde edilen vermikompostların içerikleri de pH hariç bu standart değerler arasındadır. Vermikompostların pH değerleri ise yüksek olup uygulanacak bitki besleme programlarında bu konuya dikkat etmek gerekmektedir.

İnkübasyonun tüm dönemlerinde gerek evsel gerekse endüstriyel atık su arıtma tesisi çamurunun ahır gübresiyle farklı oranlarda karıştırılıp solucanlarla kompostlanması süresince, arıtma çamurunun karışımdaki miktarı arttıkça toplam azot ve pH'nın arttığı buna karşın, organik C, C/N oranı ile EC'nin düştüğü belirlenmiştir. Benzer şekilde yapılan pek çok çalışma ile ([Tiwari ve ark. 1989](#); [Kızılkaya ve Hepşen, 2007](#)) solucanların vermikompostlaştırdığı ortamların veya solucan aktivitesinin olduğu toprağın

başta organik C olmak üzere toplam N kapsamlarının önemli oranlarda artış gösterdiği, karışıma dahil edilen organik materyalin içeriğinin vermikompostun içeriğini belirlemede önemli olduğu belirtilmiştir. [Edwards ve Burrows \(1998\)](#)'a göre, solucanlar ile kompostlanan organik atıklar, başlangıçtaki durumlarına göre su tutma kapasitesi ve boşluk hacmi yüksek olmakta, yapısındaki besin maddelerinin alınabilir miktarları da artmaktadır. [Fatehi ve Seayegan \(2010\)](#) ise vermikompostlama sürecinde karışımların OC miktarlarının azaldığını buna karşın azot, fosfor, pH ve EC değerlerinin arttığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmayla evsel veya endüstriyel nitelikli atık su arıtma tesisi çamurlarının %50'yi geçmeyecek şekilde ahır gübresiyle karıştırılıp *Eisina fetida* türü solucanlarla 90 gün sürede vermikompost elde edilmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir. [Borah ve ark. \(2007\)](#)'ye göre, eğer vermikompostlama süresi 3 aydan fazla uzatılırsa vermikompostun kalitesi bozulmakta, auxin, giberrellin vb büyüme hormonları ile enzimler kayba uğramaktadır. Bu çalışma sonucunda elde edilen verilere göre; arıtma çamurlarının tarımsal kullanımı söz konusu olduğunda vermikompost (maksimum %50 AÇ) diğer kullanım şekillerine (doğrudan kullanım, termofilik kompostlama, vb) göre daha etkilidir. Ancak arıtma çamurlarından elde edilen vermikompostların bitki gelişimi ve toprak kalitesi üzerine etkilerine yönelik sera ve tarla denemelerine gereksinim bulunmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Ankara Üniversitesi BAP Öğrenci Odaklı Projeler kapsamında desteklenmiştir (Proje No: 13Ö4347001). Ayrıca proje analizlerinin yapılmasına katkıda bulunan Biyotar Organik Tarım Sanayi A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Borah MC, Mahanta P, Kakoty SK, Saha UK, Sahasrabudhe AD. 2007. Study of quality parameters in vermicomposting. Indian J. Biotechnol. 6(3): 410-413.
- Bremner JM, 1965. Total nitrogen pp:1149-1178. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Ed. C.A. Black. Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agron. Series No: 9, Madison, Wisconsin, USA.
- Brinton WF. 2000. Compost quality standards and guidelines. New York State Association of Recyclers. Report to NYSAR by Woods End Research Laboratory, Inc.
- Contreras-Ramos SM, Escamilla-Silva EM, Dendooven L. 2005. Vermicomposting of biosolids with cow manure and oat straw. Biol. Fert. Soils 41: 190-198.
- Dominguez J, Briones MJI, Mato S. 1997. Effect of the diet on growth and reproduction *Essenia andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae), Pedobiologia 41: 566-576.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F. 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodlar II). A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı: 295, Ankara.
- Dominguez J. 2004. State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research, in: Edwards, C.A., Eds., Earthworm ecology. CRC Press, Boca Raton, pp: 401-424.
- Edwards CA, Burrows I. 1998. The potential of earthworms composts as plant growth media. In: Edwards, C.A., Neuhauser, E.F. (Eds.) Earthworms in waste and environmental management. SPB Academic Press, The Hague, The Netherlands, pp.21-32.
- Edwards CA. 1988. Burrows, I., The potential of earthworms composts as plant growth media. In: Edwards, C.A., Neuhauser, E.F. (Eds.) Earthworms in waste and environmental management. SPB Academic Press, The Hague, The Netherlands, pp.21-32.
- Fatehi MH, Shayegan J. 2010. Vermicomposting of Organic Solid Waste with the E. Fetida in Different Bedding Materials. J. Environ. Stud, 36: 55.
- Hargreaves JC, Adl MS, Warman PR, 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Agr. Ecosyst. Environ. 123: 1-14.
- Harstenstein R, Mitchell MJ, 1978. Utilization of earthworms and microorganisms in stabilization, decontamination and detoxification of residual sludges from treatment of wastewater. Final Report, US Department of Commerce, National Technical Information Services, PB 286018, Springfield, Virginia. 34 pp,
- Joshi R, Pal Vig A. 2010. Effect of Vermicompost on Growth, Yield and Quality of Tomato (*Lycopersicum esculentum* L). African J. Basic Appl. Sci. 2 (3-4): 117-123.
- Kirven DM. 1986. An Industry Viewpoint: Horticultural Testing is Your Language Confusing. Proc. of the Sym. Interpretation of Extraction and Nutrient Determination Procedures for Organic Potting Substrates, 215-217.
- Kızılkaya R, Hepşen Ş. 2007. Microbiological properties in earthworm *Lumbricus terrestris* L. cast and surrounding soil amended with various organic wastes. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 38: 2861-2876.
- Kızılkaya R, Türkay H, Aşkın T, Akça İ, Ceyhan V, Bayraklı B, Türkmen C. 2010. Fındık zürufu ve arıtma çamurunun solucanlar (*Eisina fetida*) ile kompostlanması, elde edilen vermikompostun sera ve tarla koşullarında buğday

- (*Triticum aestivum*) bitkisinin verim ve bazı toksik metal kapsamına etkisinin belirlenmesi (yayınlanmamış). TÜBİTAK Proje No: 1070128.
- Kütük C, Çaycı G, Baran A. 1995. Çay atıklarının bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilme olanakları. Tarım Bilimleri Dergisi. 1(1): 1.
- Jackson ML. 1969. Soil Chemical Analysis. Advanced Course, Univ.of Wiskonsin, USA.
- Lucas RE, Rieke PE, Shicluna VC, Cole A. 1975. "Lime and Fertilizer Requirements for Peats". Peat in Horticulture, New York, Academic Press, 51-75.
- Parvaresh A, Movahedian H, Hamidian L. 2004. Vermistabilization of municipal wastewater sludge with *Eisenia fetida*. Iranian J. Environ. Health Sci. Eng. 1(2), 43-50.
- Reinecke AJ, Viljoen SA, Sayman RJ. 1992. The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (*Oligochaeta*) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their requirements. Soil Biol. Biochem. 24, 1295-1307.
- Ryan J, Estefan G, Rashid A, 2001. Soil and plant analysis laboratory manual. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Syria.
- Smernik RJ, Oliver IW, McLaughlin MJ. 2004.Changes in the nature of sewage Sludge organic matter during a twenty-one-month incubation. J. Environ. Qual, 33(5), 1924-1929.
- Selladurai G, Anbusaravanan N, Prakash Shyam K, Palanivel K, Kadalmani B. 2009. Biomanagement of municipal sludge using epigenic earthworms *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida*. Adv. Environ. Biol. 3(3): 278-284.
- Şimşek-Erşahin Y. 2007. Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. GÖÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2007, 24 (2), 99-107.
- Simsek-Ersahin Y. 2011. The Use of Vermicompost Products to Control Plant Diseases and Pests. In: Karaca A (ed) Biology of Earthworms, Soil Biology Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Tiwari SC, Tiwari BK, Mishra RR. 1989. Microbial populations, enzyme activities and nitrogen-phosphorus-potassium enrichment in earthworm casts and in the surrounding soil of a pineapple plantation. Biol. Fertil. Soils 8, 178-182.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Kireçli ana materyal üzerinde oluşmuş bir toprakta iyot adsorpsiyonu ve desorpsiyonu

Muhittin Onur Akça¹, Sadık Usta^{1,*}, Mehmet Keçeci²

¹Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

²Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

Özet

İnsan sağlığı üzerinde önemli etkisi bulunan çoğunlukla da topraklarda yetersizliğinde guatr hastalığına yol açan iyodun topraktaki davranışlarının araştırıldığı bu çalışmada, kireç ana materyalli bir toprakta iyodun adsorpsiyonu ve desorpsiyonuna toprak bileşenlerinden; organik madde, kireç, serbest Fe/Al oksitlerin etkileri araştırılmıştır. Toprak bileşenleri tek tek ve birlikte giderilmiş topraklarda Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermi uygulanmıştır. Adsorpsiyon sıralaması ve maksimum adsorpsiyon değerleri; Fe/Al giderilmiş toprak (29,3 mg kg⁻¹) > İşlem görmemiş toprak (19,3 mg kg⁻¹) > hepsi giderilmiş toprak (15,4 mg kg⁻¹) > organik maddesi giderilmiş toprak (10,5 mg kg⁻¹) > kireci giderilmiş toprak (4,5 mg kg⁻¹) şeklinde sıralanmıştır. Toprak bileşenlerinin etkisi Duncan'a göre önemli bulunmuştur. Desorpsiyon oranı sıralaması ise; kireci giderilmiş toprak > işlem görmemiş toprak > hepsi giderilmiş toprak > Fe/Al giderilmiş toprak > organik maddesi giderilmiş toprak şeklinde sıralanmıştır. Araştırma sonuçlarından adsorpsiyonda kirecin, desorpsiyonda da organik maddenin daha etkin olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İyot, adsorpsiyon, desorpsiyon, langmuir eşitliği, freundlich eşitliği, kireç, organik madde, demir-alüminyum oksitler.

Iodine adsorption and desorption in a soil formed on lime parent material

Abstract

This study focuses on the behavior of iodine in the soil, which has an important effect on human health and which leads to goiter if deficient in the soil. Impacts of organic matter, lime, and free Fe/Al oxides on adsorption and desorption of iodine in the soil containing lime as the main substance are examined in this study. In order to study iodine adsorption and desorption in soil, we used Langmuir and Freundlich models in a calcareous soil before and after the removal of chemically active soil components, organic matter, lime and free Fe/Al oxides. The results indicated following order of adsorption and respective maximum adsorption values: soil deprived of Fe/Al (29,3 mg kg⁻¹) > unprocessed soil (19,3 mg kg⁻¹) > soil deprived of all (15,4 mg kg⁻¹) > soil deprived of organic substance (10,5 mg kg⁻¹) > decalcified soil (4,5 mg kg⁻¹). The impact of soil components is found significant according to Duncan Test. With respect to desorption rates, the results were as follows: decalcified soil > unprocessed soil > soil deprived of all > soil deprived of Fe/Al > soil deprived of organic matter. According to these results, lime proved to have a greater effect on adsorption, with organic matter creating the greatest effect on desorption.

Keywords: Iodine, adsorption, desorption, langmuir equation, freundlich equation, lime, organic matter, iron- aluminium oxides.

© 2014 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Sürdürülebilir tarımsal üretimde en önemli faktör, toprakların bozulmasına neden olmadan toprakların üretkenliğini artırarak, verimlilik parametrelerinin kalitesinin devamlılığının sağlanmasıdır. Bu da ancak tarımsal üretim yapılan alanlarda toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değişimine neden olan etkin süreçlerin belirlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması ile gerçekleştirilebilmektedir. Bitkiler tarafından topraklardan sömürülen bitki besin maddelerinin yeniden toprağa kazandırılması günümüzde tarımsal sürdürülebilirliğin en yaygın uygulamasıdır. İyot gibi insan ve hayvanlar için zorunlu temel besin

* Sorumlu yazar:

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 06110 Dışkapı Ankara

Tel.: 0(312)5961185

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: usta@agri.ankara.edu.tr

elementlerinin bitkiler için eksikliği günümüz için bir sorun oluşturmaya bile, bitkisel ve/veya hayvansal ürünlerde yeterince bulunması sağlanmalıdır.

İyot, insan ve hayvanların normal büyüme ve gelişmesi için gerekli olan önemli bir besin elementidir. İnsan vücudunda çok az miktarda bulunan iyot, besinler ve su ile vücuda alınmaktadır. Dünya genelinde 1,6 milyar, Avrupa'da ise yaklaşık 140 milyon insan iyot yetersizliği ile ilgili hastalıklara yakalanma riski altındadır. Zira bu insanlar iyot kaynaklarınınca fakir çevrelerde yaşamaktadırlar. Bu rakam dünya nüfusunun yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır. İyotlu tuz kullanarak sorunun çözümü yönünde yapılan çalışmalar her zaman ve her koşulda yeterli olmayabilmektedir. Sorunun, direkt olarak topraktan bitkiler vasıtasıyla sağlanabilmesi iyot eksikliğinin olumsuz etkileri oldukça azaltılabilecektir. Bitkilerin ve dolayısıyla da diğer canlıların iyot gereksinimlerinin karşılanabilmesi için toprakların iyot depolama kabiliyetleri ortaya konmalıdır. Temel olan; besin zincirinin ilk ayağını oluşturan toprağın iyot bağlayabilme ve bitkilerin ihtiyacını karşılayabilme yeteneğinin belirlenmesi gerekmektedir. Gıda zincirindeki eksikliğin sonradan iyot tuzları şeklinde karşılanması yolunun birçok sıkıntılarının olmasından dolayı topraklarda iyodun yeterli miktarlarda bulunması esas hedef olmalıdır.

İyot doğada en az bulunan elementlerdendir. Yer kabuğunu oluşturan kayalardaki miktarları hakkında bir hayli veri mevcuttur. Miktarı çok geniş sınırlar arasında ($<0,1-150 \text{ mg kg}^{-1}$) bulunabilir. Ortalama değeri $0,25-0,3 \text{ mg kg}^{-1}$ kadardır (Christiansen ve Carlsen, 1989). İyot geçmişten günümüze eksikliği en fazla görülen besin elementidir (Ngo vd. 1997). Asya ve Afrika'da (I, Se) yetersizliği belirlenmiştir (Lyons ve ark. 2004). Denizden uzaklıkla iyot arasında negatif korelasyon bulunsa da toprakların iyot depolama kapasitesinin bu durumu önemli oranda etkilediğini, genellikle yağmurdaki iyodun en yaygın formunun % 50'sinden fazlasını oluşturanın iyodür olduğunu ve iyodat iyonunun ikinci önemli bileşenin olduğunu, bunun dışında az da olsa organik ve inorganik iyot formları bulunabilmektedir (Fuge, 2005). Topraktaki iyodun ana kaynağı atmosferdir, ayrıca toprağa karışmış ölmüş hayvanlar ve bitkilerdir. Ana materyalin bozulmasıyla da bazen önemli katkılar olur. Bunlara ilave olarak gübreler ve bazı biyositler verilebilir. Toprakların iyot kapsamı toprağa giren ve çıkan iyot dengesine bağlıdır (Whitehead, 1984). İyot kendisi bitkiler için temel besin elementleri olmasa da toprakların iyot kapsamı ile bitki ve bitkisel ürünler arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Toprak ve su kaynaklarındaki yetersizliği bitki ve hayvansal ürünlere de yansımakta buna bağlı olarak da insanlarda guatr hastalığına yol açabilmektedir (Thompson, 2011). Topraklardan gaz şeklinde iyodun atmosfere dönüşü konusu iyot çevriminde üzerinde durulan önemli bir konudur. Kayıplar konusunda çok net bilgiler henüz mevcut değildir. İyodun gaz halinde topraktan kaybını görmek adına yapılan inkübasyon denemesinde toprağa KI uygulanmış 30 gün sonunda asit kumlu podzol topraklarda gaz halinde kayıp % 57 bulunmuştur. Kumlu topraklarda serbest kalma oranı % 100'e kadar yükselmiştir. Gaz kaybını en çok organik madde önlemiştir. Kil ve seskioksitlerin de etkisi olumlu bulunmuştur (Fuge, 2005). Toprak çeşidine göre iyodun düzeyi değişmektedir. Toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyot üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. pH ve redoks potansiyeli burada örnek verilebilir. Serin yağışlı iklimlerde oluşan podzol topraklarda iyot organik madde ve seskioksitlerle yüzeyden B horizonuna taşınabilmektedir. Organik katmana sahip peat topraklarda da iyot düzeyi mineral katmanlara göre çok daha fazladır (Johnson ve ark. 2003).

İyotun toprakta adsorblanabilirliği birçok toprak koşuluna bağlıdır. Bunlar organik madde durumu, toprak bünyesi, iyodun kimyasal formu, oksidatif koşullar ve toprak asitliğidir (Eh/pH). Ormanlık ve dağlık bölgeler, yıkanmanın yoğun olduğu asit podzolik topraklarda iyot eksikliği görülebilmektedir (Johnson ve ark. 2003). Da ve ark. (2004), Çin'de farklı topraklarda Langmuir ve Freundlich eşitlikleri kullanılarak iyodat adsorpsiyon izotermi üzerinde çalışmışlardır. Toprakların serbest demir oksit içeriği ile olumlu, toprak organik maddesi ile olumsuz önemli ilişki bulmuşlardır. Katyon değişim kapasitesi (KDK) ve toprak pH'sı ile ilişki bulunmamıştır. İyodat adsorpsiyon kapasitesi $9-34 \text{ mg kg}^{-1}$ bulunmuştur. Toprak pH'sı ile bitkilerin iyot kapsamı arasında negatif ilişki bulunmuştur. Kireçleme iyot alımını etkilememiştir (Mc Grath ve Fleming 1988). Whitehead (1974a), pH'sı 6'dan aşağıda olan topraklarda iyot seskioksitlerin yüzeylerinde adsorbe edilmiş olarak bulunabildiğini belirtmiştir. pH 6,9'un altında ise iyodun kil ve organik maddece adsorbe edildiğini, daha yüksek pH'larda OH^- gruplarıyla yer değiştirebildiğini bildirmiştir. İyodun toprakta organik maddeye bağlanmış halde bulunduğuna dair birçok araştırma bulunmaktadır. Organik maddeye bağlanan iyot formunun iyodür olduğu belirtilmektedir. Johanson (2000), toprak profilinde iyodun en yüksek değerini üst yüzey katmanında gösterdiğini ve zaten bu katmanda organik maddenin de en yüksek düzeyde bulunduğunu bildirmiştir. Peat topraklar en yüksek düzeyde iyot içerirler. İyodun toprak organik maddesinin trosin, tiyol ve polifenollerine bağlı olarak buldukları düşünülmektedir. Sözüdoğru ve ark. (1997), Kastamonu İli toprak, su, bitki kaynaklarının iyot durumları üzerine yaptıkları çalışmada toprakların

iyot kapsamalarının 57-219 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında değiştiğini, aynı araştırmacıların su kaynaklarının iyot durumları üzerine yaptıkları çalışmada ise su kaynaklarının hepsinde iyot miktarları insan sağlığı için olması gereken değerlerin altında ($0,8-8,3 \mu\text{g L}^{-1}$) bulunduğunu belirtmişlerdir. [Mc Nally \(2011\)](#), yaptığı bir çalışmada, toprakların insanlar tarafından işlenmesinin iyot kapsamını azalttığını belirtmiştir. İyot miktarının toprakların alüminyum ve demir kapsamaları ile ilişkili olduğunu belirtmiş, kil mineralleri ve demir oksitlerin iyodun tutulmasında çok etkili olduğunu bildirmiştir.

[Fuge \(2005\)](#), çoğu topraklar için, suda çözünen iyodun, toplamın sadece küçük bir yüzdesine tekabül edeceği, ama kurak bölgelerde alkalın toprakların daha fazla miktarda suda çözünen iyot içermesinin muhtemel olduğunu belirtmektedir. [Hosseini ve Usta \(2000\)](#) yapmış oldukları araştırmada, Kastamonu-Azdavay yöresi topraklarının suyla ekstrakte olabilen iyot kapsamaları 15 ila 145 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında olup, ortalamasının 36.5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ olduğunu ve bu değerlerin dünya ortalamasının altında olduğu gibi, sağlık yönünden de yeterlilik düzeyinin çok altında olduğunu bildirmektedirler. [Whitehead \(1978\)](#), toprak oluşturuş koşulların yoğun olduğu (yağışlı) iklim koşullarında oluşan kil ve organik madde iyodu çok güçlü tuttuklarından (fikse ettiklerinden) iyodun biyo yararlılığı üzerinde oldukça etkili olup potansiyel jeokimyasal guatr hastalığı nedeni olabileceğini ifade etmiştir.

İngiltere’de yapılan bir çalışmada seskioksitlerin iyodür üzerindeki adsorpsiyon yetenekleri üzerinde, pH değerinin belirgin bir etkisinin olduğu belirtilmiştir. Adsorpsiyon yeteneği, artan pH ile azalmaktadır ([Whitehead 1973a,b; 1974a,b](#)). [Whitehead \(1973a,b\)](#)’a göre, toprak bileşeni formundaki organik madde, iyot tutulumu konusunda en önemli etkiye sahiptir. Dolayısıyla, farklı topraklarda iyot içeriği ile organik madde içeriği arasında makul bir korelasyon olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışma ile adsorpsiyon ve desorpsiyona etkili olabilecek olan toprak bileşenlerinden kireç, organik madde ve demir-alüminyum oksitlerin, toprakta, iyot adsorpsiyon ve desorpsiyonuna etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Böylelikle Türkiye’de yaygın olarak bulunan kireçtaşı ana materyali üzerinde oluşmuş bir toprakta iyot adsorpsiyon ve desorpsiyonu Freundlich ve Langmuir izotermleri ile ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada kullanılan toprak örneği Polatlı ilçesi sınırları içerisinde bulunan, Ankara’ya 130 km, ilçeye 54 km uzaklıktaki Polatlı Tarım İşletmesi arazisinden alınmıştır. İşletme İç Anadolu Bölgesinin Yukarı Sakarya kesiminde Polatlı İlçesi sınırları içerisinde ve ilçenin 54 km Güneyinde 39 derece kuzey enlemi ile 32 derece doğu boylamları arasında yer almaktadır. Araştırmada kullanılan toprak örneği [Jackson \(1958\)](#) tarafından belirtildiği gibi 0-20 cm derinlikten alınıp güneş görmeyen bir yerde kurutulmuştur. İyice karışan toprak örnekleri 2 mm’lik elekten elenmiştir. Toprak örneğinde nem, [U.S. Salinity Laboratory Staff \(1954\)](#)’e göre, toprak tekstürü [Gee ve Or \(2002\)](#) tarafından bildirildiği şekilde pipet yöntemine göre, pH ve EC [Richards \(1954\)](#) tarafından bildirildiği şekilde saturasyon çamuru ve saturasyon ekstraktında, organik madde Walkley-Black yöntemine göre ([Jackson 1962](#)), kireç Scheibler kalsimetresi ile Jackson (1962)’a göre, katyon değişim kapasitesi [Polemio ve Rhoades \(1977\)](#) tarafından bildirildiği gibi sodyum asetat metoduna göre belirlenmiştir.

Çalışmada, toprağın temel bileşenlerinden olan organik madde, kireç ve demir-alüminyum oksitlerin iyot adsorpsiyonu ve desorpsiyonuna etkilerinin kireçli ana materyal üzerinde oluşmuş bir toprakta araştırılması için her birinin ayrı ayrı uzaklaştırıldığı ve hepsinin birlikte giderildiği ortamlarda belirli iyot çözeltileri ile dengeye getirme, denge durumunu Langmuir ve Freundlich izoterm eğrileri ile değerlendirme adımları uygulanmıştır. Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermlerine göre de iyot adsorpsiyon maksimumları bulunmuştur. Topraklarda kireç uzaklaştırma işlemi [Kunze ve Dixon \(1986\)](#)’a göre 1 N Sodyum asetat ile organik madde uzaklaştırma işlemi [Hartge \(1971\)](#)’a göre %30’luk H_2O_2 ile, demir-alüminyum oksitleri uzaklaştırma işlemi [Mehra ve Jackson \(1960\)](#)’a göre 0,5 M NaHCO_3 ve 0,3 M $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ile Na-dithionite ile gerçekleştirilmiştir.

Adsorpsiyon-desorpsiyon işlemleri

Toprak numunelerinde giderme işlemleri yapıldıktan sonra örneklerin pH’ları 0,1 N NaOH ve 0,1 N CH_3COOH ile orijinal toprak pH’sına ayarlanmıştır (pH 7,8-8,0). 0,5 mm’lik elekten geçirilmiş 1 gram toprak örneği üzerine 20 ml içinde 0, 2, 4, 6, 8 mg L^{-1} iyodür bulunan 0,01 M’lık CaCl_2 çözeltisi ilave edilmiştir ve süspansiyonlar 25°C’de 40 saat boyunca 160 devir/dk’de çalkalanmıştır. Dengeleme periyodundan sonra süspansiyonlar 20 dakika boyunca 4000 devir/dk santrifüjlenmiştir. Elde edilen bu çözelti filtre edilip sıvı

fazı ayrılıp elde edilen ekstrakttaki iyot değeri iyonmetre kullanılarak iyodür elektrodu ile belirlenerek adsorpsiyon izotermi uygulanmıştır (Whitehead 1973a).

Desorpsiyon işlemi ise, adsorpsiyon çalışmasından sonra her tüpe 20 ml 0,01 M CaCl₂ çözeltisi ilave edilmiş ve süspansiyonlar 25°C'de 40 saat boyunca 160 devir/dk da çalkalanmıştır. Daha sonra süspansiyonlar 20 dakika boyunca 4000 devir/dk santrifüjlenmiştir. Elde edilen bu çözelti filtre edilip sıvı fazı ayrılıp elde edilen ekstrakttaki iyot değeri iyonmetre kullanılarak iyodür elektrodu ile belirlenerek desorpsiyon hesaplanmıştır (Whitehead 1973a).

Langmuir ve Freundlich izoterm yöntemlerinin uygulanması

İyodun adsorbe edilen miktarları, başlangıç konsantrasyonu ile denge konsantrasyonu arasındaki farktan aşağıda verilen denklemlerle hesaplanmıştır:

$$S_i = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{W}$$

Denklemlerde S_i adsorbe edilen miktar (mmol kg^{-1}), C_0 iyodun başlangıç konsantrasyonu (mmol L^{-1}), C_e iyodun denge konsantrasyonu (mmol L^{-1}), V çözelti hacmi, W ise denemede kullanılan toprağın kuru ağırlığı (g) dir.

Elde edilen verilerin Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon modelleri aşağıda verilmiştir:

İzotermeler:

$$C_e/S_i = C_e/b + 1/kb \quad (\text{Langmuir 1918})$$

Denklemlerde S_i birim miktar toprağın adsorbe ettiği iyot miktarı (mmol kg^{-1}), C_e denge konsantrasyonu (mmol L^{-1}), k ve b sırasıyla bağlanma enerjisi ve maksimum adsorpsiyonla ilgili katsayıdır.

$S_i = K_f C_e^n$ şeklinde verilen Freundlich izotermi log tabanlı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\log(S_i) = \log K_f + n \log C_e$$

Denklemlerde S_i birim miktar toprağın adsorbe ettiği iyot miktarı (mmol kg^{-1}), C_e denge konsantrasyonu (mmol L^{-1}), K_f ve n ise katsayıdır.

İstatistiksel Değerlendirme

Toprak bileşenlerinin giderilmesi konularından elde edilen Freundlich ve Langmuir izotermelerinin adsorpsiyon maksimumları arasında varyans analizine bakıldığında konular arası fark istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Duncan gruplandırılması yapıldığında giderme işlemleri yapılan her bir konunun farklı gruplarda yer aldığı ve her bir konunun da adsorpsiyon maksimum değerlerinin birbirinden istatistiksel anlamda farklı olduğu tespit edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Araştırmada kullanılan toprak örneği; kil bünyeli, pH'sı 7,86, EC'si 0,252 dS m⁻¹, organik madde içeriği % 0,7, kireç içeriği %16,9, kation değişim kapasitesi 32,54 cmol_c kg⁻¹dir. Deneme toprağı incelendiğinde organik madde düzeyi çok az, tuzsuz, hafif alkali, kireç kapsamının fazla olduğu görülmektedir.

Toprak Bileşenlerinin İyot Adsorpsiyonuna Etkisi

Adsorpsiyon verilerine modifiye edilmiş log tabanlı Freundlich izotermi ile lineer Langmuir izotermi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Ayrıca bu parametrelere ait grafiksel veriler de Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir. Araştırma toprağında ve bu toprağın bazı bileşenlerinin giderilmiş olduğu topraklarda gerçekleştirilen denge çözeltileri sonucunda, Langmuir izoterminden faydalanarak bulunan iyot adsorpsiyon maksimumları; organik maddesi giderildiği durumda 10,5 mg kg⁻¹, kireci giderilmiş olduğu zaman 4,49 mg kg⁻¹, demir-alüminyum oksitleri giderildiği zaman 29,32 mg kg⁻¹, hepsi giderilmiş olduğu durumda 15,4 mg kg⁻¹, işlem görmemiş orijinal toprakta 19,3 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Çalışma toprakları üzerinde işlem görmüş ve görmemiş topraklarda yapılan adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermelerine ait K değerleri 0,690 ila 6,928 L/kg arasında bulunmuştur. Shetaya (2011) asit mera topraklarında yaptığı doktora tezi araştırmasında Freundlich izotermine göre bu değerleri 1,5 ila 5,3 L/kg arasında bulmuştur. Asidik mera topraklarında iyodat adsorpsiyonu iyodür adsorpsiyonuna göre daha fazla bulunmasına rağmen işlenebilen tarım arazilerinde iyodür adsorpsiyonunun daha güçlü olduğunu ifade etmiştir. Yapılan işlemler sonucunda; işlem görmüş ve görmemiş toprakların Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermeleri belirlenmiştir. Buna göre bir karşılaştırma yapılacak olursa organik maddesi giderilmiş, kireci giderilmiş ve her üç bileşenin de giderildiği (hepsi) durumda R^2 değerleri daha yüksek bulunduğu için Langmuir adsorpsiyon izotermi Freundlich

adsorpsiyon izotermine göre daha uygun bulunmuştur. Ancak sadece demir-alüminyum oksitlerin giderildiği durumda R^2 değerine bakıldığında Freundlich adsorpsiyon izotermine göre daha uygun bulunduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Toprakların Langmuir ve Freundlich izoterm parametreleri

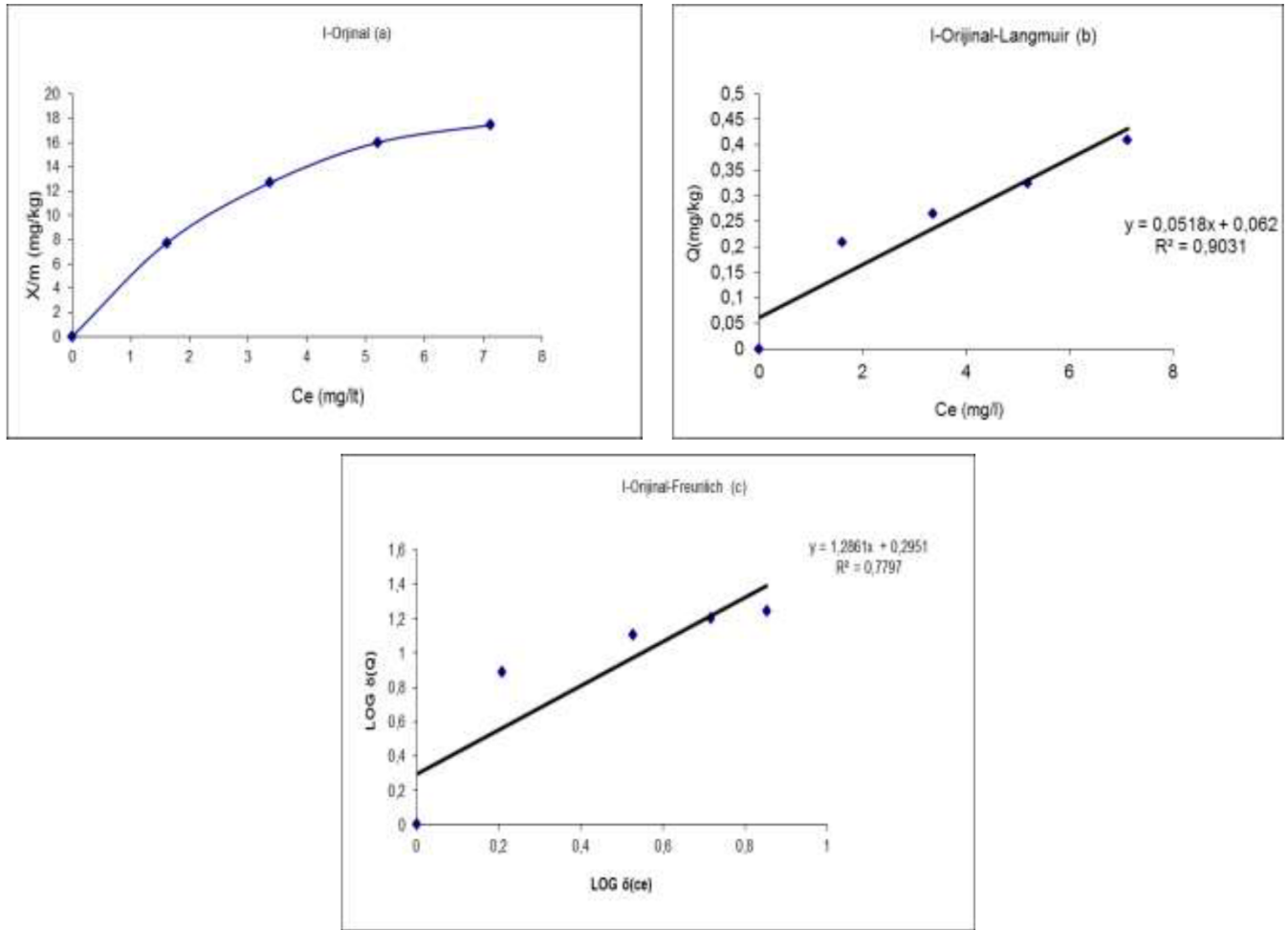
Toprak	Langmuir İzotermi			Freundlich İzotermi		
	R^2 değeri	b mg/kg	k L/kg	R^2 değeri	n	kf
İşlem görmemiş	0,9031	19,305	0,835	0,7797	0,78	6,1
Organik maddesi giderilmiş	0,9983	10,460	6,928	0,5815	1,08	2,3
Kireci giderilmiş	0,9617	4,494	1,594	0,8670	1,45	9,9
Demir-alüminyum oksitleri giderilmiş	0,8904	29,325	0,850	0,9809	1,07	1,13
Organik madde+ kireç+demir-alüminyum oksitleri (hepsi) giderilmiş	0,8550	15,384	0,690	0,8490	0,81	1,630

b: adsorpsiyon maksimum değeri (mg/kg)

k: bağlanma enerjisi (L/kg)

n: adsorpsiyon yoğunluğu

kf: adsorpsiyon kapasitesi



Şekil 1. İşlem görmemiş orijinal toprağın: a. adsorpsiyon maksimum eğrisi, b. Langmuir İzotermi, c. Log tabanlı Freundlich izotermi

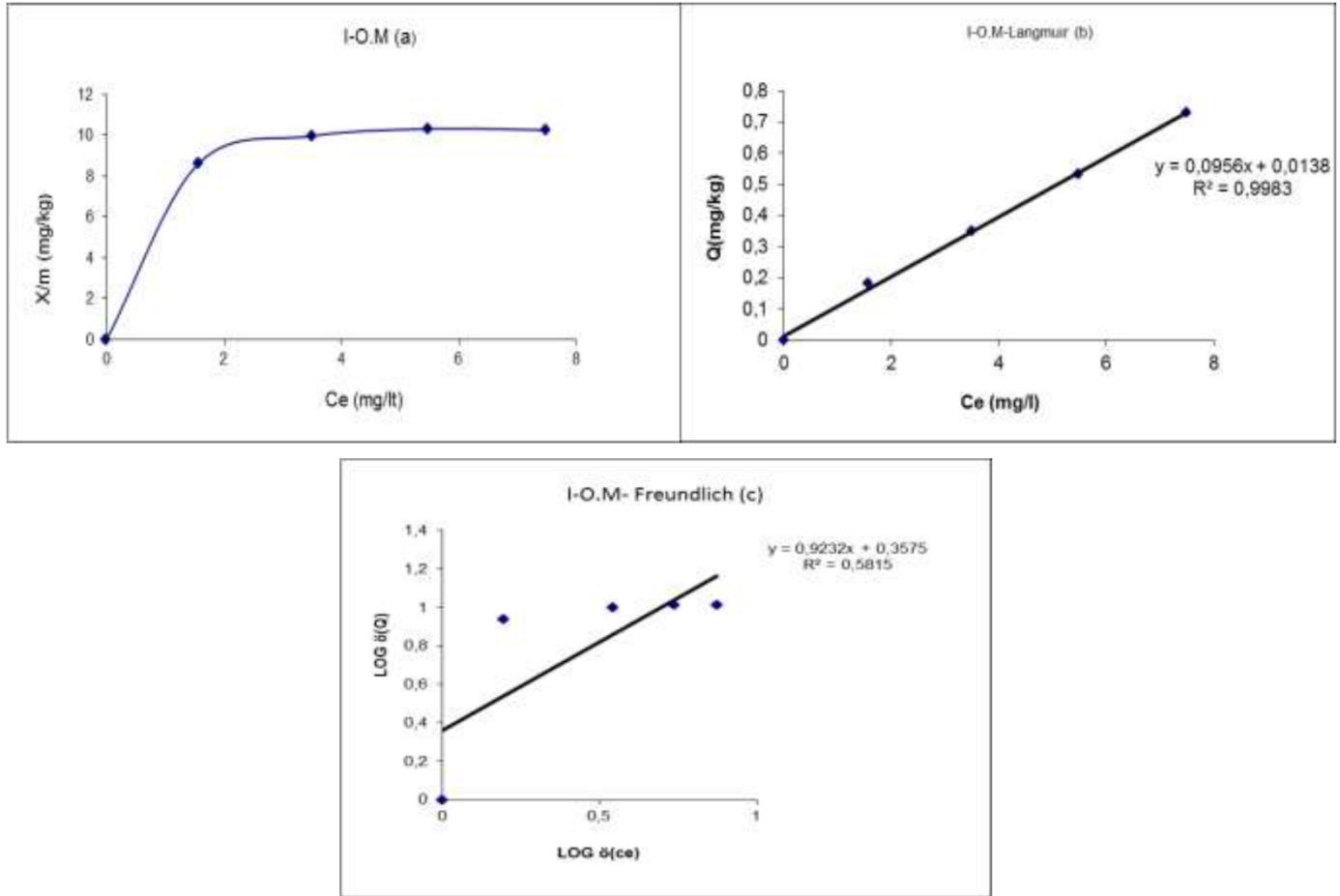
Araştırılan toprağın organik maddesi giderildikten sonra iyot adsorpsiyon maksimumu değerinin $19,3 \text{ mg kg}^{-1}$ değerinden $10,5 \text{ mg kg}^{-1}$ değerine düştüğü görülmektedir. Organik madde giderme işlemi başka bir ifade ile bu toprakta organik madde bulunmadığı durumda iyot adsorpsiyon kapasitesi düşmüştür. Bu etki istatistiki olarak da tespit edilmiştir (Çizelge 2). Toprakta var olan organik maddenin iyot adsorpsiyonu üzerine olumlu etkisinin olduğu görülmektedir. Whitehead (1973a), toprak organik maddesinin iyot

adsorpsiyonu üzerine pozitif etkisinin olduğunu bildirmiştir. Aynı şekilde [Whitehead \(1978\)](#), toprak oluşturan koşulların yoğun olduğu (yağışlı) iklim koşullarında oluşan kil ve organik maddenin iyodu çok güçlü tuttuklarından (fikse ettiklerinden) iyodun biyo yararlanılabilirliği üzerinde oldukça etkili olup potansiyel jeokimyasal guatr hastalığı nedeni olabildiğini bildirmiştir. Ayrıca buna karşılık [Da ve ark. \(2004\)](#), toprak organik maddesinin iyot adsorpsiyonunda olumsuz etkisinin olduğunu, ayrıca inceledikleri topraklarda iyodat adsorpsiyon kapasitelerini 9-34 mg kg⁻¹ arasında bulduklarını belirtmişlerdir. Ancak yapılan bu çalışmada iyodür anyonunun adsorpsiyonunun organik madde varlığıyla arttığı belirlenmiştir. Ayrıca [Lieser ve Steinkopff \(1989\)](#), [Bors ve Martens \(1992\)](#) organik maddenin iyot adsorpsiyonuna etkisinin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Yine bir anyon olan fosfor ile yapılan bir çalışmada araştırmacılar, sığır gübresi uygulayarak toprak organik madde seviyesini kontrol etmişler ve bu durumda fosfor adsorpsiyonunun artışı organik madde artışı sonucu oluştuğunu bildirmişlerdir ([Potarzycki ve ark. 2004](#)). Ayrıca [Marzadori ve ark. \(1991\)](#) yaptıkları çalışmada organik maddenin topraktan uzaklaştırılmasıyla bor adsorpsiyonunun bir hayli arttığını, bunun sebebinin de organik maddenin adsorpsiyon yüzeylerini kapladığını, organik maddenin uzaklaştırılmasıyla bu yüzeylerin aktif hale geçtiği şeklinde yorumlamışlardır.

Çizelge 2. Toprakların Duncan gruplandırması

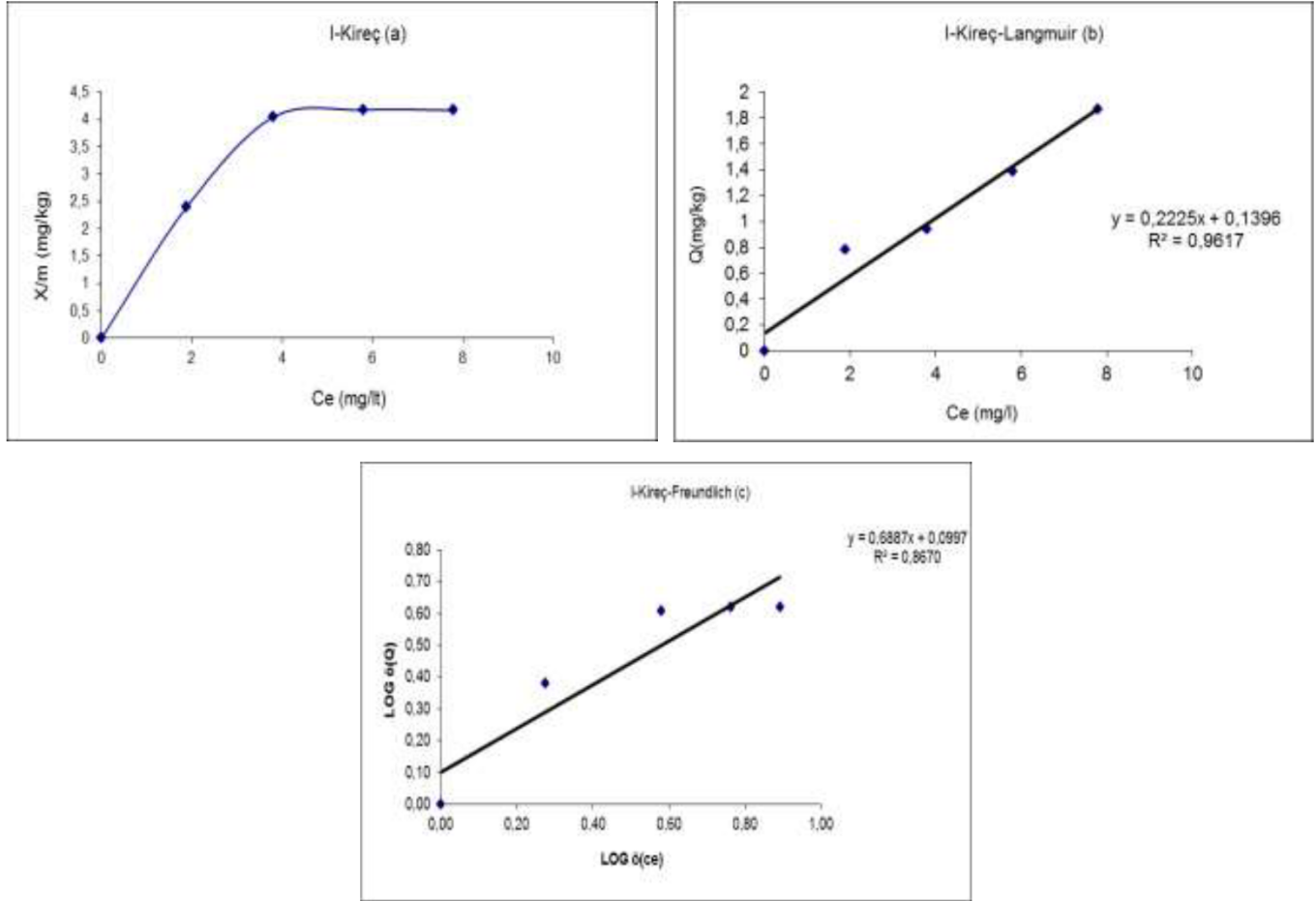
Konular	Tekerrür			Ort. ^(b)	Duncan
	I	II	III		
Orijinal	19,564	19,305	19,046	19,305	B
Kireç	4,879	4,564	4,039	4,494	E
Organik	10,438	10,46	10,482	10,482	D
Fe-Al	29,326	29,323	29,326	29,325	A
Hepsi	15,571	15,267	15,314	15,384	C

b: adsorpsiyon maksimumu



Şekil 2. Organik maddesi giderilmiş toprağın: a. adsorpsiyon maksimum eğrisi, b. Langmuir İzotermi, c. Log tabanlı Freundlich izotermi

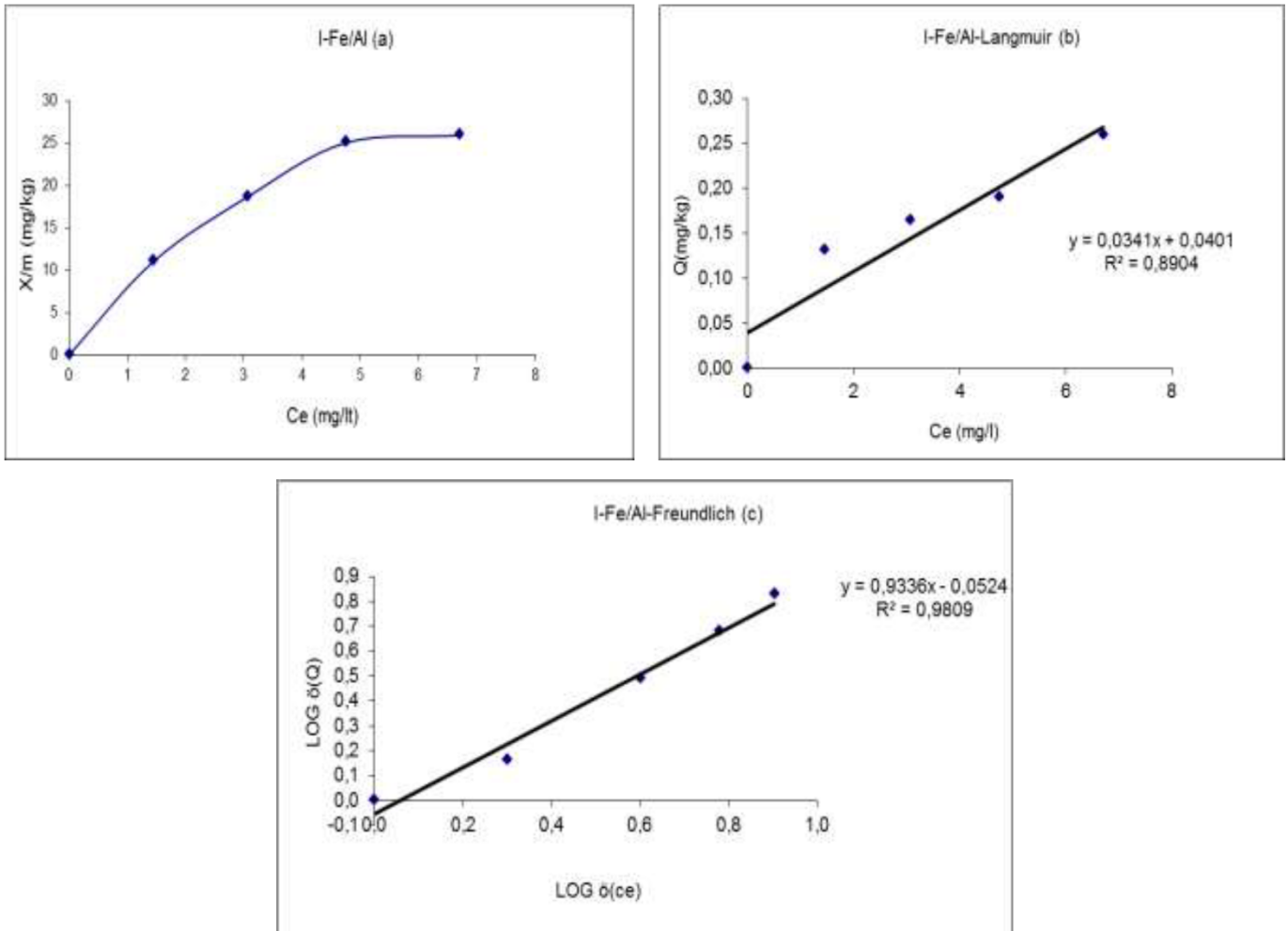
Kireç giderilmesi yapılmış araştırma toprağının adsorpsiyon durumu incelendiğinde, kirecin topraktan uzaklaştırılması toprağın iyot adsorpsiyon gücünü azaltıcı yönde bir etki yaptığını ortaya koymuştur. İyot adsorpsiyon maksimumu değerinin önemli miktarda ($19,3 \text{ mg kg}^{-1}$ dan $4,49 \text{ mg kg}^{-1}$ a kadar) düştüğü görülmektedir. Toprakta var olan kirecin iyot adsorpsiyonu üzerine olumlu etkisinin olduğu istatistiksel olarak da belirlenmiştir (Çizelge 2). Bir anyon olan fosfor ile ilgili yapılan bir çalışmada yüksek kireçli 10 toprakla fosfor sorpsiyonunun, Langmuir izoterminden bulunan adsorpsiyon maksimumununun pH, kil, KDK (kasyon değişim kapasitesi) ile pozitif, CaCO_3 ile negatif korelasyon verdiği bildirilmiştir (Ghanbari ve ark. 1998). Kireçtaşları üzerinde oluşmuş kahverengi topraklar iyotça zengin olabilir (Vinegradov 1959). Fuge (2005), çoğu topraklar için, suda çözünen iyodun, toplamın sadece küçük bir yüzdesine tekabül edeceği, ama kurak bölgelerde alkalın toprakların daha fazla miktarda suda çözünen iyot içermesinin muhtemel olduğunu bildirmektedir.



Şekil 3. Kireci giderilmiş toprağın: a. adsorpsiyon maksimum eğrisi, b. Langmuir İzotermi, c. Log tabanlı Freundlich izotermi

Demir-alüminyum oksitleri giderilmiş araştırma toprağında, seskioksitlerin giderilmesinin toprağın adsorpsiyonunu arttırıcı yönde bir etki yaptığı görülmüştür. İyot adsorpsiyon maksimumu değeri $19,3 \text{ mg kg}^{-1}$ değerinden $29,3 \text{ mg kg}^{-1}$ değerine yükselmiştir. Toprakta var olan seskioksitlerin iyot adsorpsiyonu üzerine olumsuz etkisinin olduğu istatistiksel olarak da belirlenmiştir (Çizelge 2). Topraklarda demir-alüminyum oksitler giderildiğinde iyot adsorpsiyonundaki belirgin artış, bu oksitlerin iyot adsorpsiyonunda azaltıcı bir etkisinin olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu çalışmadaki bulguların aksine Whitehead (1973b), İngiltere’de yapılan 23 adet toprakta yaptığı çalışmada iyot içeriği ile seskioksit içeriği arasında pozitif bir korelasyon bulmuştur, ayrıca çöktürülmüş Fe_2O_3 ve Al_2O_3 ‘ün iyodürü adsorbe edebileceğini belirlemiştir. Yoshida ve ark. (1992), iyotun Japonya’daki Andosol topraklarda iyodat formunda demir-alüminyum oksitlere kolaylıkla adsorbe olacağını bildirmişlerdir. Da ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada toprakların serbest demir oksitlerin iyodat adsorpsiyonu üzerine olumlu etkilerinin bulunduğunu bildirmişlerdir. Mc Nally (2011), iyot miktarının toprakların alüminyum ve demir kapsamları ile ilişkili olduğunu belirtmiş, ayrıca demir oksitlerin iyodun tutulmasında çok etkili olduğunu bildirmiştir. Bu

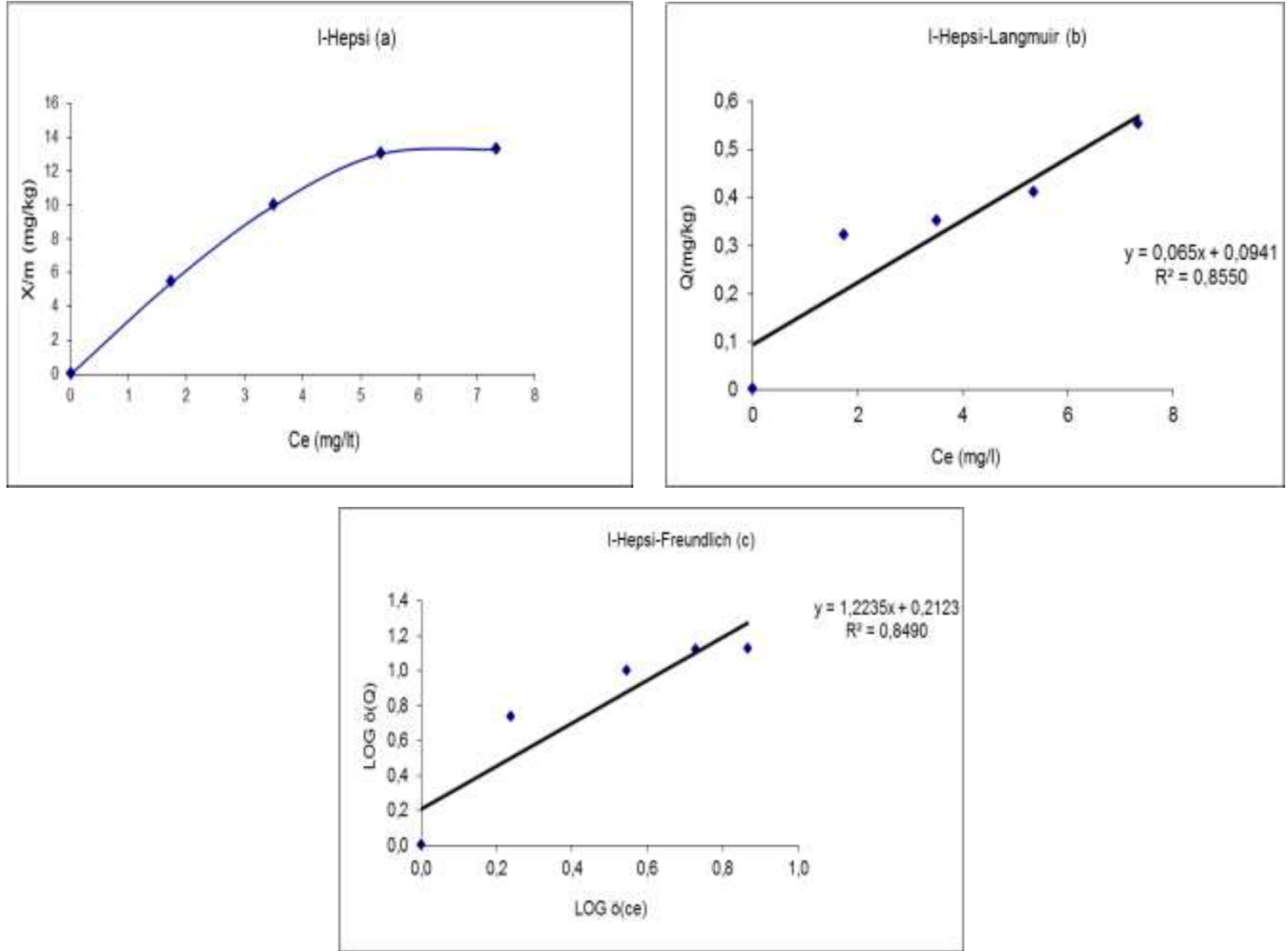
çalışmada olduğu gibi alkalın pH'larda demir-alüminyum oksitlerin iyodür adsorpsiyonu azalmaktadır. Benzer şekilde Whitehead (1973b), topraktaki pH değerinin 7 ve 8'in üzerinde olduğu zamanlarda seskioksitlerin iyodürü adsorbe etmediğini bildirmiştir. Bu durum demir-alüminyum oksitlerin iyodürü daha çok fiziksel adsorpsiyonla yani elektrostatik kuvvetlerin etkisiyle adsorbe ettiğini işaret etmektedir. Bilindiği üzere demir-alüminyum oksitlerin sıfır yüklü pH değerleri 7-8 pH aralığına düşmektedir. Bu da gösteriyor ki bu kritik pH değerinin altında pH'ya bağlı olarak pozitif yüklerin oluşumu söz konusudur (Sposito 1984;1990). Asit topraklarda iyotun iyodat formu demir-alüminyum oksitlerin hidroksil gruplarıyla yer değiştirme ile kimyasal sorpsiyon şeklinde olduğu ifade edilmektedir. (Whitehead, 1973a, 1974b, 1978; Ullman ve Aller, 1985; Fukui ve ark. 1996; Um ve ark. 2004). Bu çalışmada kullanılan toprağın pH'sının alkalın reaksiyonlu olması sebebiyle iyodür adsorpsiyonu daha baskın bir şekilde açığa çıkmaktadır. Diğer taraftan demir-alüminyum oksitler topraklarda farklı şekillerde bulunabilmektedir. Örneğin serbest oksitler, diğer toprak bileşenlerinin yüzeyinde film kaplamaları şeklinde veya kil taneciklerinin arasında çimentolayıcı etkileri bulunmaktadır. Özellikle demir oksitlerin çimentolayıcı etkisi ortadan kalktıktan sonra diğer adsorbanların adsorpsiyon yüzeylerinde önemli bir artış ortaya çıkabilmektedir ki bu yüzeylerde iyodür adsorbe edilebilmektedir. Bu da iyodür adsorpsiyonunu arttıracaktır. Ayrıca Langmuir eşitliği kullanarak tayin edilen fosfor adsorpsiyonunun, demir oksitleri uzaklaştırılmış topraklarda düştüğü, toprakların demir oksit yüzeylerindeki fosfor adsorpsiyon kapasitesinin amorf ve kristalin demir oksit yüzeylerine bağlı olduğu bildirilmiştir (Borggaard 1983).



Şekil 4. Demir-alüminyum oksitleri giderilmiş toprağın: a. adsorpsiyon maksimum eğrisi, b. Langmuir İzotermi, c. Log tabanlı Freundlich izotermi

Hem organik madde ve kireç hem de demir-alüminyum oksitlerin yani her üç bileşenin de giderimi yapılmış araştırma toprağı incelendiğinde, yani üç bileşenin de toprakta olmadığı durumda iyot adsorpsiyonu orijinal toprağı göre daha düşük bulunmuştur. İyot adsorpsiyon maksimumu değerinin $19,3 \text{ mg kg}^{-1}$ değerinden

15,38 mg kg⁻¹ değerine düştüğü görülmektedir. Bu etkiler istatistiksel olarak da tespit edilmiştir (Çizelge 2). Bu muamelede adsorpsiyonu olumlu veya olumsuz etkileyen bileşenlerden organik madde, demir-alüminyum oksitler ve kireç giderilmiş durumdadır. Mevcut adsorpsiyonu muhtemelen kil ve diğer fraksiyonlar yapmaktadır. Yine bir anyon olan bor ile yapılan çalışmalarda, borun çözünübilirliği ve sorpsiyonu toprak pH'sı, kil mineralinin miktar ve tipi, demir-alüminyum oksit içeriği, organik madde, tekstür ve kireç içeriği gibi toprak özelliklerine bağlı olduğu bildirilmiştir (Elrashidi ve O' Connor 1982, Keren ve Bingham 1985).



Şekil 5. Kireci, organik maddesi ve demir-alüminyum oksitleri (hepsi) giderilmiş toprağın: a. adsorpsiyon maksimum eğrisi, b. Langmuir İzotermi, c. Log tabanlı Freundlich izotermi

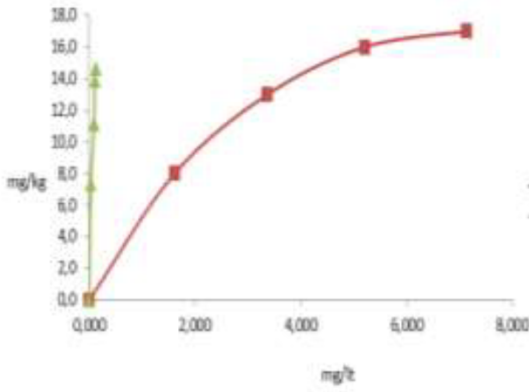
Toprak Bileşenlerinin İyot Desorpsiyonuna Etkisi

Araştırmada adsorbe olan iyodun bağlandığı yerlerden tekrar ayrılma durumunu görmek için yapılan desorpsiyon çalışmalarının sonuçları adsorpsiyon eğrisine göre, desorpsiyon durumları ise uygulanan her bir konsantrasyona göre desorplanan iyodür miktarı, denge çözeltilerinin pH'ları da eklenerek Çizelge 3'de verilmiştir. Ayrıca bu parametrelere ait grafiksel veriler de Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir.

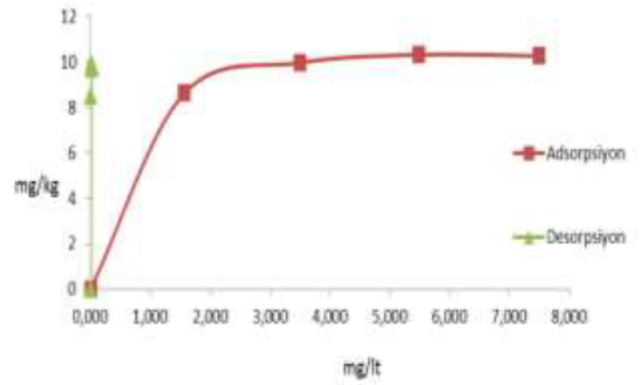
Organik maddesi giderilmiş orijinal toprağa bakıldığında uygulanan her bir konsantrasyona göre desorplanan iyodür miktarlarının arttığı görülmektedir (Çizelge 3). Artan dozlarda iyodür uygulaması yapıldığında çözeltilere geçen iyodür miktarının artması organik maddenin olmadığı toprakta iyodür tutunabilirliğinin zayıf olduğunu başka bir ifadeyle organik maddenin iyot tutulmasında etkin olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. Herbir uygulama konusuna göre desorpsiyon miktarları

Toprak	Konsantrasyon (mg L ⁻¹)	Adsorblanan (mg L ⁻¹)	Desorblanan (mg L ⁻¹)	Desorblanan (%)	pH
Orijinal	0	0	0	0	7,76
	2	0,387	0,032	8,35	7,78
	4	0,634	0,093	14,61	7,82
	6	0,800	0,105	13,16	7,84
	8	0,872	0,118	13,57	7,85
Organik maddesi giderilmiş	0	0	0	0	7,55
	2	0,432	0,007	1,621	7,62
	4	0,499	0,015	3,008	7,69
	6	0,516	0,019	3,682	7,77
	8	0,513	0,023	4,480	7,78
Kireci giderilmiş	0	0	0	0	7,58
	2	0,120	0,002	1,944	7,66
	4	0,202	0,024	12,046	7,71
	6	0,209	0,032	15,470	7,73
	8	0,208	0,042	19,967	7,79
Demir-alüminyum oksitleri giderilmiş	0	0	0	0	7,66
	2	0,551	0,004	0,726	7,68
	4	0,933	0,011	1,179	7,70
	6	1,252	0,058	4,633	7,75
	8	1,295	0,113	8,726	7,82
Organik madde+kireç+demir- alüminyum oksitleri(hepsi) giderilmiş	0	0	0	0	7,56
	2	0,270	0,013	4,815	7,57
	4	0,498	0,049	9,839	7,64
	6	0,651	0,064	9,831	7,69
	8	0,664	0,073	10,994	8,03



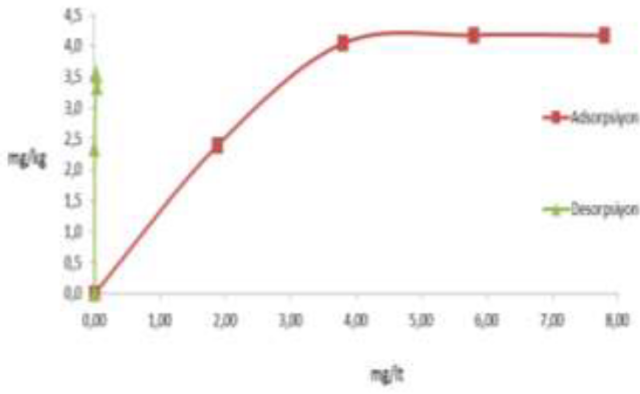
Şekil 6. Orijinal topraktan iyodür desorpsiyon izotermi



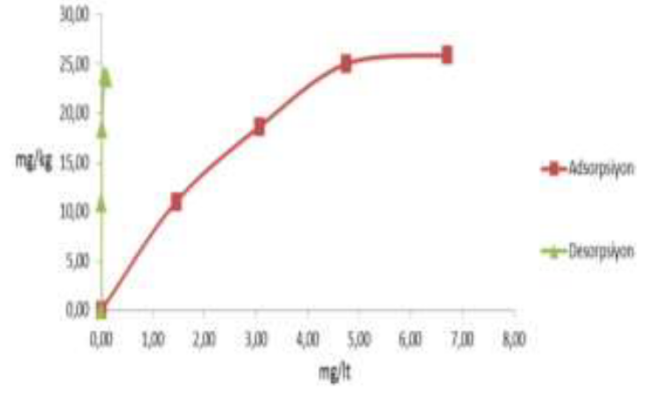
Şekil 7. Organik maddesi giderilmiş toprağın desorpsiyon izotermi

Kireci giderilmiş orijinal toprağa bakıldığında uygulanan her bir konsantrasyona göre desorplanan iyodür miktarlarının arttığı görülmektedir (Çizelge 3). Artan dozlarda iyodür uygulaması yapıldığında çözeltiliye geçen iyodür miktarının artması kirecin olmadığı toprakta iyodür tutunabilirliğinin zayıf olduğunu göstermektedir.

Demir-alüminyum oksitlerin giderilmiş olduğu orijinal toprağa bakıldığında uygulanan her bir konsantrasyona göre desorplanan iyodür miktarlarının arttığı görülmektedir (Çizelge 3). Artan dozlarda iyodür uygulaması yapıldığında çözeltiliye geçen iyodür miktarının artması demir-alüminyum oksitlerin olmadığı toprakta iyodür tutunabilirliğinin zayıf olduğunu göstermektedir.



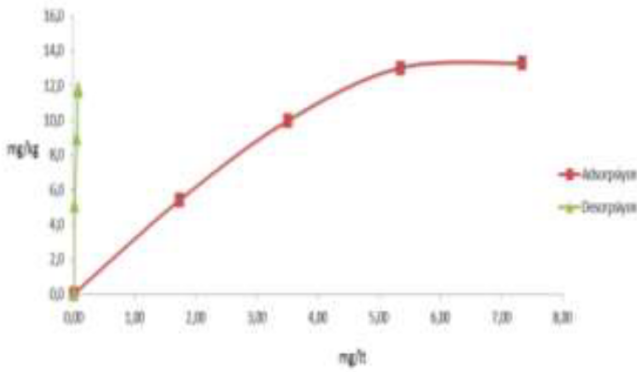
Şekil 8. Kireci giderilmiş toprağın desorpsiyon izotermi



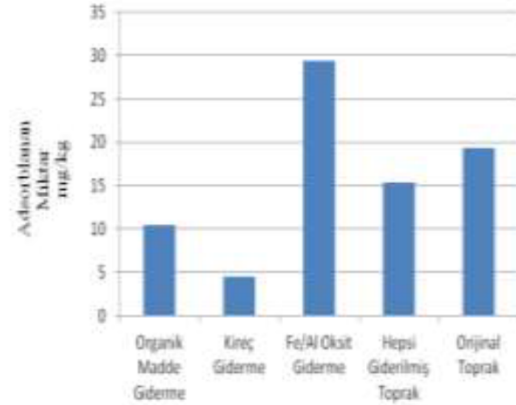
Şekil 9. Demir-alüminyum oksitleri giderilmiş toprağın desorpsiyon izotermi

Organik madde, kireç, demir-alüminyum oksitlerin giderilmiş olduğu orijinal toprağa bakıldığında uygulanan her bir konsantrasyona göre desorplanan iyodür miktarlarının arttığı görülmektedir (Çizelge 3). Artan dozlarda iyodür uygulaması yapıldığında çözeltiye geçen iyodür miktarının artması organik madde+kireç+demir-alüminyum oksitlerin toprakta iyodür tutunabilirliğinin zayıf olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle bu bileşenlerin hepsinin giderilmesi ile iyot tutulumu arasında etkin bir ilişki olduğu görülmektedir.

Toprak bileşenlerinin iyot desorpsiyonuna etkileri genel olarak değerlendirilirse; her bir konsantrasyona göre desorplanan iyodür miktarı, toprak bileşenleri ayrı ayrı ve her üçünün birden giderildiği durumlarda orijinal toprakla kıyaslama yapıldığında desorplanan iyodür miktarı artan konsantrasyonlarda daha az bir artış göstermiştir.



Şekil 10. Organik madde+kireç+demir-alüminyum oksitleri giderilmiş toprağın desorpsiyon izotermi



Şekil 11. Bazı toprak bileşenlerinin iyot adsorpsiyon maksimumuna etkileri

Sonuçlar

Bu çalışma ile kireçli ana materyal üzerinde oluşmuş bir toprakta iyotun adsorpsiyon ve desorpsiyon davranışları üzerine farklı toprak bileşenlerinin etkisi ilgili bileşenin topraktan giderilmesiyle ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Yapılan araştırma sonuçlarına göre; orijinal toprağa kıyasla yalnızca demir-alüminyum oksitleri giderilmiş toprağın daha yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu, ancak diğer bileşenlerin giderildiği durumlara bakıldığında orijinal toprağa kıyasla adsorpsiyon kapasitelerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Toprak bileşenlerinin iyot adsorpsiyonu üzerindeki etkileri bileşenler ayrı ayrı ele alınıp incelendiğinde; kireci giderilmiş toprağın iyot adsorpsiyon kapasitesi orijinal toprağa göre çok düşük bulunmuş bu da, kirecin bu toprakta iyot adsorpsiyonundaki en önemli bileşen olduğu sonucunu doğurmuştur. Yine bir toprak bileşeni

olan organik maddenin de iyot adsorpsiyonunda kireçten sonra önemli bir bileşen olduğu belirlenmiştir. Buna karşın demir-alüminyum oksitleri giderilmiş toprağın iyot adsorpsiyon kapasitesinin diğer 4 farklı duruma göre gözle görülür bir şekilde arttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre kireç ve organik maddenin toprağın iyot adsorplama yeteneğini arttırdığı fakat demir-alüminyum oksitlerin ise iyodun toprakta tutunabilirliğini azalttığını göstermektedir. Ayrıca bu durumlar istatistiki olarak değerlendirilmiş olup konular arası fark önemli bulunmuştur.

Toprak bileşenlerinin iyot desorpsiyonu üzerindeki etkilerine bakıldığında; toprak bileşenlerinden olan kireci giderilmiş toprağın desorbe ettiği iyot miktarının orijinal toprakla kıyaslandığı zaman daha yüksek miktarda olduğu bulunmuştur. Bu durum kirecin bulunmadığı durumda iyot tutulumunun daha zayıf olduğunu göstermektedir. Diğer bileşenlerden biri olan organik maddenin giderilmiş olduğu duruma bakıldığında ise desorbe edilen iyot miktarının daha az olduğu yani iyodun daha az bırakıldığını göstermektedir. Yine aynı şekilde demir-alüminyum oksitlerin giderildiği toprakta da desorbe edilen iyot miktarının orijinal toprağa kıyasla daha az olduğu görülmektedir.

Araştırma sonuçları toprak bileşenlerinin iyotun adsorpsiyon ve desorpsiyonuna etkilerinin önemli olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma ile ülkemizde bu konuda daha sonra yapılacak çalışmalara öncülük edilmiş, iyotun davranışları ve yararlanılabilirliği konularında çalışmak isteyen kişilere bilgi kaynağı sağlanmıştır. Burada elde edinilen bilgiler, özellikle ülkemizde ve dünyada çok yaygın ve önemli bir sağlık sorunu oluşturan guatr hastalığının, toprak ve çevresel boyutu konusunda çalışacak araştırmacılara bir yol gösterici olacağı ümit edilmektedir. Toprakların iyot adsorpsiyon kapasiteleri ve toprağı oluşturan bileşenlerin de verimlilik programlarına alınması gerekli, takip gerektiren konular olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- Borggaard OK. 1983. The Influence of Iron Oxides on Phosphate Adsorption by Soil. *European J. Soil Sci.* 34(2); 333-341.
- Bors J, Martens R. 1992. The contribution of microbial biomass to the adsorption of radioiodide in soils. *J. Environ. Radioact.* 15 35-49.
- Christiansen JV, Carlsen L. 1989. Iodine in the environment revisited. An evaluation of the chemical and physico-chemical processes possibly controlling the migration behaviour of iodine in the terrestrial environment Chemistry Department, Risø National Laboratory DK-4000 Roskilde, Denmark.
- Da JL, Zhang M, Zhu YG. 2004. Adsorption and desorption of iodine by various Chinese soils: I. Iodate. *Environ. Inter.* 30(4); 525-530.
- Elrashidi MA, O'Connor GA. 1982. Boron sorption and desorption in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46; 27-31.
- Fuge R. 2005. Soil and iodine deficiency. *Essential of Medical Geology, Impact of the Natural Environment on Public Health* (Ed.O.Selinus). Academic Press, Vol.16; pp.417-433.
- Fukui M, Fujikawa Y, Satta N. 1996. Factors affecting interaction of radioiodide and iodate species with soil. *J. Environ. Radioact.* 31; 199-216.
- Gee GW, Or D. 2002. Particle-Size Analysis. In *Methods of Soil Analysis*. Dane and Topp (ed). Part 4. Physical Methods. p. 255-294. SSSA Book Ser. 5. SSSA Madison, WI.
- Ghanbari A, Maftoun M, Karimian N. 1998. Phosphorus Adsorption Desorption Characteristics of Some Selected Highly Calcareous Soil of Fars Province. *Iranian J. Agri. Sci.* 29(1); 181-194.
- Hartge KH. 1971. *Die Physikalische Untersuchung Von Böden*. Enke Verlag Stuttgart. pp. 31-50.
- Hosseini S, Usta S. 2000. Kastamonu-Azdavay Yöresinde Yaygın Toprakların ve Su Kaynaklarının iyot Durumları. *Tarım Bilimleri Dergisi*; 6(4); 87-91.
- Jackson ML. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall. Inc. Eng. Cliffs. New Jersey, USA.
- Jackson ML. 1962. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall. Inc. Eng. Cliffs. N. J., USA.
- Johanson KJ. 2000. Iodine in soil. Department of Forest Mycology and Oarhtology, The Swedish University of Agricultural Science, Uppsala, Technical Report TR-00-21.
- Johnson CC, Fordyce FM, Stewart AG. 2003. Environmental Controls in Iodine Deficiency Disorders. Project Summary Report Environmental controls in Iodine Deficiency Disorders Project Summary Report. British Geological Survey Commissioned Report. CR/03/058N.BGS, Keyworth, Nottingham, UK.
- Keren R, Bingham FT. 1985. Boron in Water, soil and plants. *Adv. Soil Sci.* 1; 229-276.
- Kunze GW, Dixon JB. 1986. Pretreatment for Mineralogical Analysis. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part 1, second ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 91-99.
- Langmuir I. 1918. Adsorption of Gases on plane surfaces of Glass. Mica and Platinum. *J. Amer.Chem. Soc.* 40; 1361-1402.
- Lieser KH, Steinkopff T. 1989. Chemistry of radioactive iodine in the hydrosphere and in the geosphere. *Radiochim. Acta.* 46; 49-55.
- Lyons GH, Stangoulis JCR, Graham RD. 2004. Exploiting micronutrient interaction to optimize biofortification programs; the case for inclusion of selenium and iodine in the Harvest Plus Program. *Nutrition Reviews.* 62; 247-252.
- Marzadori C, Vittori Antisari L, Ciavatta C, Segui P. 1991. Soil Organic matter influence on adsorption and desorption of boron. *Soil Sci. Soc. Anl. J.* 55; 1582-1585.

- Mc Grath D, Fleming GA. 1988. Iodine Levels in Irish Soils and Grasses. *J. Agri. Res.* 27(1); 75-81.
- Mc Nally SR. 2011. The status of iodine and selenium in Waikato soils. Master thesis, Master of Science in Chemistry, The University of Waikato.
- Mehra OP, Jackson ML. 1960. Iron Oxide Removal From Soil and Clays by a Dithionite-Citrate System Buffered With Sodium Bicarbonate. *Proc. 7th Natl. Conf. on Clays and Clay Minerals*, 317-327, New York.
- Ngo DB, Dikassa LO, Kitolonda W, Kashala TD, Gervy C, Dumont J, Vanovervelt N, Comtempré B, Diplock AT, Peach S, Vanderpas J. 1997. Selenium status in pregnant women of a rural population (Zaire) in relationship to iodine deficiency. *Tropical Medicine & International Health* 2; 572-581.
- Polemio M, Rhoades JD. 1977. Determining Cation Exchange Capacity: New Procedure for Calcareous and Gypsiferous Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41; 524-528.
- Potarzycki J, Gaj R, Schnug E. 2004. Phosphorus Adsorption in Soils After 20 Years of Organic and Mineral Fertilization. *Landbauforschung Volkenrode*, 54; 13-20.
- Richards LA. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *U.S. Dept. Agr. Handbook* 60.
- Shetaya WHAH. 2011. Iodine Dynamics In Soil. PhD Thesis. The University of Nottingham.
- Sözüdoğru S, Usta S, Halilova H, Hosseini S, Ünver İ. 1997. Kastamonu Yöresinde Su, Toprak ve Bitki Örneklerinin İyodür Kapsamları. *Türk Tarım ve Ormanlık Der.* 21(3); 213-218.
- Sposito G. 1984. *The Surface Chemistry of Soils*: Oxford University Press, Oxford.
- Sposito G. 1990. Molecular Models of ion Adsorption on mineral surfaces. In: Hochella, M.F., White A.F. (Eds), *Mineral Water Interface Geochemistry*. *Rev Mineral.*, 261-279.
- Thompson B. (edited). 2011. Combating micronutrient deficiencies: Food-based approaches. FAO. p292-293, U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *U.S.D.A. Handbook* 60, USA.
- Ullman WJ, Aller RC. 1985. The geochemistry of iodine nearshore carbonate sediments. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 49; 967-978.
- Um W, Serne RJ, Krupka KM. 2004. Linearity and reversibility of iodide adsorption on sediments from Hanford, Washington under water saturated conditions. *Water Research*, 38; 2009-2016.
- Vinegradov AP. 1959. *The Geochemistry of Rare and Dispersed Chemical Elements in Soils*. Consultants Bureau Press Inc., New York. pp.65-70.
- Whitehead DC. 1973a. Sorption of Iodide by Soils as Influenced by Equilibrium Conditions and Soil Properties. *J. Sci. Food Agric.* 24; 547-556.
- Whitehead DC. 1973b. Studies on Iodine in British Soils. *J. Soil Sci.* 24; 260-270.
- Whitehead DC. 1974a. The influence of organic matter, chalk and sesquioxides on the solubility of iodide, elemental iodine and iodate incubated with soil. *Soil Sci.* 25; 461 -470.
- Whitehead DC. 1974b. Sorption of Iodide by Soil Components. *J. Sci. Food Agric.* 25; 73-79.
- Whitehead DC. 1978. Iodine in soil profiles in relation and aluminium oxides and organic matter. *J. Soil Sci.* 29(1); 88-94.
- Whitehead DC. 1984. The Distribution and Transformation of Iodine in the Environment. *Enviro. Int.* 10; 321-333.
- Yoshida S, Muramatsu Y, Uchida S. 1992. Studies on the sorption of I⁻ (iodide) and IO₃⁻ (iodate) onto andosols. *Water Air Soil Pollut.* 63; 321-329.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Kireçli bir toprakta humik ve fulvik asit uygulamalarının domatesin gelişimi ve beslenmesine etkileri

İbrahim Erdal*, Zeliha Küçükyumuk, Derya Taplamacıoğlu, Burcu Toftar

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta

Özet

Bu çalışmada, humik ve fulvik asidin kireçli bir toprakta yetiştirilen domates bitkisinin gelişimi ile bazı besin elementi konsantrasyonları üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, toprağa leonarditten elde edilmiş fulvik, humik ve humik+fulvik asitlerin 0, 250, 500 ve 1000 ppm'lik dozları uygulanmıştır. Kontrollü koşullarda yürütülen deneme sonunda bitki kuru ağırlığı üzerine fulvik asit daha etkili bulunurken artan dozların etkisi görülmemiştir. Humik madde uygulama ve dozlarının bitkinin P, Mg, Mn ve Zn içerikleri üzerine herhangi bir etkisi belirlenmemiştir. Bitki N konsantrasyonu 1000 ppm dozunda en yüksek değere ulaşmış olup en etkili kaynak humik+fulvik asit olmuştur. Bitkinin Fe konsantrasyonu üzerine dozların etkisi olumsuz olurken, en etkili uygulama humik asit olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fulvik asit, humik asit, bitki gelişimi, besin elementi, kireçli toprak.

Effects of humic and fulvic acid applications on growth and nutrition of tomato in a calcareous soil

Abstract

In this study, the effect of humic and fulvic acids on tomato growth and some nutrient concentrations were investigated. For this reason, 0, 250, 500 and 1000 ppm doses of humic, fulvic and humic+fulvic acids, derived from leonardite, were applied into the soil. At the end of the experiment carried out under controlled condition, while fulvic acid was much more effective on plant dry weight, there was not an effect of increasing doses on it. The effects of humic substances and application doses on P, Mg, Mn and Zn concentrations of plant were not significant. The highest N concentration was determined at the level of 1000 ppm and the most effective source was humic+fulvic acid. While the effect of humic substances doses on plant Fe concentration was negative, the most effective source on it was humic acid.

Keywords: Fulvic acid, humic acid, plant growth, plant nutrients, calcareous soil.

© 2014 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Toprak organik maddesi, çok sayıdaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileri sayesinde toprakların verimlilikleri artırmak ve toprak verimliliğini sürdürülebilir kılmak adına önemli bir toprak bileşenidir. Organik madde, toprakların su ve ısı tutma kapasitelerini, drenaj ve havalanma koşullarını ve toprak taneciklerinin agregatlaşma oranları vb. gibi özelliklerin iyileştirilmesi, çeşitli ayrışma ürünlerinin toprak mikroorganizmalarına olan olumlu katkıları, toprak pH sı, kireç içeriği, katyon değişim kapasitesi gibi özelliklere olan iyileştirici etkileriyle toprak verimliliği ve dolayısıyla bitki gelişimine dolaylı bir etki göstermektedir (Kütük ve ark., 2000; Okur ve ark., 2007). Aynı zamanda organik madde, mineralizasyon sonunda açığa çıkan bitki besin elementlerini bitkinin kullanımına sunmasıyla da doğrudan bir etkiye sahiptir. Ahır gübresi, yeşil gübre ve kompost gibi organik gübreler toprakların organik madde ihtiyacını karşılama için yaygın olarak kullanılan materyallerdir. Humik ve fulvik asitleri içeren humik maddeler yani humus, toprak organik maddesinin en önemli bileşeni olup, toprak organik maddesi sözcüğü yerine kullanılmaktadır (Chen ve Aviad, 1990). Humik materyallerin bitki gelişimine olan farklı şekillerdeki katkıları nedeniyle, toprak kimyası, toprak verimliliği, bitki fizyolojisi ve çevre bilimi gibi tarımın çok çeşitli

* Sorumlu yazar:

Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 32260 Isparta

Tel.: 0(246)2118591

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: ibrahimerdal@sdu.edu.tr

alanlarında kullanılmaktadır (Chen ve Aviad, 1990). Hümik maddelerin metalik katyonlarla olan şelatlatıcı özellikleri nedeniyle birçok besin elementinin çözünabilirliğini artırarak, bitkiye yararlılığı üzerine olumlu etki göstermektedir (Stevenson, 1994). Hümik maddeler, kök ve kök tüyü gelişimini ve dolayısıyla kökün yüzey alanı artırmakta ve böylelikle bitkinin potasyum, fosfor, ve demir gibi besin elementleri alabilme kapasiteleri yükselmektedir (Pinton ve ark. 1999; Cesco ve ark. 2002; Marschner, 1995). Hümik madde uygulamalarının besin elementi alımlarına olan olumlu etkilerinin bitkinin gelişimiyle elde edilen verimin miktar ve kalitesine de olumlu yansıtacağı kaçınılmazdır. Bu durum yapılan çeşitli çalışmalarla da ortaya konmuştur (Erdal ve ark. 2000; Pılanalı ve Kaplan, 2002; Çelik ve ark. 2008; Morard ve ark. 2011, Tahir ve ark. 2011; Kaptan ve Aydın, 2012, Cimrin ve ark. 2013).

Materyal ve Yöntem

Araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümüne ait iklim odasında yürütülmüştür. Deneme, 2 kg toprak alan saksılarda tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olacak şekilde planlanmıştır.

Denemede kullanılan toprak alkali karakterde olup (pH= 8.1), kireç içeriği çok fazla (%25), organik madde içeriği orta düzeydedir (% 1.9). NaHCO₃'ta ekstrakte edilebilen P içeriği yeterli (12.5 ppm), ekstrakte edilebilen K içeriği ise düşük (125 ppm), Mg içeriği ise yüksektir (872 ppm). Toprağın, DTPA ile ekstrakte edilebilir mikro elementlerden Mn ve Zn içerikleri yetersiz (3.1 ve 0.37 ppm), Fe içeriği orta (3.1 ppm), Cu içeriği ise yeter seviyededir (1 ppm).

Test bitkisi olarak domatesin kullanıldığı araştırma, hümik asit (HA) ve fulvik asidin (FA) ayrı-ayrı ve birlikte hümik+fulvik asit (HFA) olarak uygulandığı konulardan oluşmaktadır. Denemede HA, FA ve HFA'nın 0, 250, 500 ve 1000 ppm lik dozları fide dikiminden önce toprağa uygulanmış ve karıştırılmıştır. Deneme, bitkilerin çiçeklenme aşamasına kadar yürütülmüş bu süre içerisinde saf su ile sulanmıştır. Hasat edilen bitkiler toprak üstü aksamından kesilerek yıkanmış, 65°C sıcaklıkta sabit ağırlığa kadar kurutulmuş, kuru ağırlıkları belirlendikten sonra öğütülerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

Yaprak örneklerinde toplam N analizi modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemiyle yapılmıştır. Diğer analizler için örnekler mikro dalga yakma sisteminde yakılmış ve P analizi Vanadamolibdat sarı renk yöntemine göre Spektrofotometre cihazında, Ca, K, Zn, Fe, Cu, ve Mn ise Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında okunarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmesi COSTAT paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Ham madde olarak leonarditin kullanıldığı çalışmada, hümik ve fulvik asit fraksiyonlarının ayrıştırma işlemi, Rice (2008) tarafından bildirildiği şekilde, laboratuvar koşullarında yapılmıştır. Bunun için; 200 gr leonardit 600 ml %2'lik KOH çözeltisi ile ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi için, ısıtıcı tabla üzerinde tutulan karışım, 80-85°C'de 6 saat sürekli karıştırılmış ve sonra çözeltinin soğuması ve leonarditten geriye kalan çözünmeyen kısmın dibe çökmesi beklenmiştir. Çöken kısım etüvde 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş ve ağırlığı kaydedilmiştir. Üstte kalan çözelti (hümik+fulvik asit) alınarak pH'sı 2'ye düşene kadar HCl ilave edilmiş ve böylelikle FA ve HA'nın sıvı ve katı fazlara ayrılması sağlanmıştır. Bu işlemin ardından örnek satrifüj edilmiş ve üstte kalan sarı renkli sıvı kısım (fulvik asit) alınarak tartılmıştır. Dibe çöken koyu renkli kısım (hümik asit) ise 65°C'de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve tartılmıştır. Hümik asidi çözmek için %1 lik KOH çözeltisi kullanılmıştır. Elde edilen ağırlık değerlerinden yola çıkılarak leonarditin HA, FA ve HFA oranları aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

- 1- Leonarditin (200 g) alkali ortamla muamelesinde çözünmeden kalan kısmın kuru ağırlığı = 122 g
- 2- Çözünen kısım (HFA)=78 g
- 3- Sıvı kısım asit ilavesinin ardından çöken koyu renkli kısmın kuru ağırlığı (hümik asit)=36 g
- 4- Toplam hümik+fulvik asit oranı= %39
- 5- Toplam hümik asit= %18
- 6- Toplam fulvik asit (39-18)= %21

Bulgular ve Tartışma

Bitki kuru ağırlığı

Hümik madde uygulamalarının domates bitkisinin kuru ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel anlamda farklı bulunmuştur (Çizelge 1). En yüksek bitki kuru ağırlığı FA uygulamalarından elde edilmiş olup bunu HFA uygulaması izlemiştir. Hümik asit uygulamasında elde edilen kuru ağırlık değeri en düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Hümik asit ve HFA uygulamalarının bitki kuru ağırlıklarına etkileri istatistiksel olarak

benzer olmuştur (Çizelge 1). Hümik madde uygulama dozlarına ait ortalama değerlere bakıldığında, dozlar arası farkın bitki kuru ağırlığına etkisinin önemli olduğu görülmektedir. Bitki kuru ağırlıkları en fazla kontrol ve 1000 mg/kg dozlarında elde edilmiş, bunu 250 ve 500 mg/kg dozları izlemiştir. Farklı hümik madde uygulamalarından FA'nın bitki kuru ağırlığına etkisi HA ve HFA uygulamalarından daha fazla olmuştur. Fakat dozlara ait ortalama değerlerle karşılaştırıldığında, FA uygulamasından elde edilen değerlerin hümik madde uygulaması yapılmamış koşullarda elde edilen bitki kuru madde miktarıyla aynı istatistiksel grupta yer aldığı görülmüştür. Bu durumda, hümik madde uygulamalarının olumlu bir etkisinin olduğundan bahsetmek mümkün gibi görülmemektedir. Benzer durum yapılan çeşitli çalışmalarda da ortaya konmuş ve hümik madde uygulamalarının çeşitli bitkilerin verimi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ifade edilmiştir (Nikbakht ve ark. 2008). Bu konu en belirgin açıklamalar uygulanan hümik madde dozlarının yetersizliği olarak ifade edilmiştir (Chen ve Aavid, 1990; Pılanali, 1999; Cimrin ve Yılmaz, 2005). Hümik maddeler içerisinde en etkili kaynağın HFA uygulaması olduğu görülürken FA ve HA'nın etkinlikleri benzer bulunmuştur.

Çizelge 1. Uygulamaların domates bitkisinin kuru ağırlığı üzerine etkisi (g/saksı)

Uygulamalar	Dozlar (ppm)				Ortalama
	0	250	500	1000	
FA	78.55	74.67	70.95	76.89	75.26 a
HA	75.86	67.32	69.34	70.60	70.78 b
HFA	73.60	73.07	64.90	76.70	72.06 ab
Ortalama	76.00 a*	71.69 ab	68.39 b	74.73 a	

Besin elementi konsantrasyonları

Hümik madde uygulamalarının domates bitkisinin N, P, K ve Mg konsantrasyonlarına etkisine ilişkin değerler Çizelge 2'de görülmektedir. HA, FA ve HFA uygulamaları ve dozlarının bitkinin P ve Mg içeriklerine etkileri önemli bulunmamış, buna karşılık K içerikleri uygulama farklılığından, N içerikleri ise doz ve uygulamalardan önemli anlamda etkilenmiştir. Ortalama değerlerden hareketle, bitkinin N konsantrasyonları artan hümik madde uygulamalarına bağlı olarak artmış ve en yüksek dozda en yüksek değere ulaşmıştır. Hümik ve fulvik asidin ayrı-ayrı uygulamaları bitkinin N konsantrasyonuna benzer derecede etki yaparken, birlikte uygulanmalarında elde edilen etki daha yüksek bulunmuştur. Ortalama değerlere göre bitkinin K içerikleri FA uygulamasında en düşük değerde kalırken, HFA uygulamasında ise en yüksek değere ulaşmıştır.

Çizelge 2. Uygulamaların domates bitkisinin N, P, K ve Mg konsantrasyonlarına (%) etkisi

Uygulamalar	Dozlar (ppm)				Ortalama
	0	250	500	1000	
N					
FA	3.25	3.33	3.35	3.03	3.24 b
HA	3.25	3.50	3.65	3.45	3.46 b
HFA	3.20	3.38	3.50	5.60	3.92 a
Ortalama	3.23 b	3.40 b	3.50 b	4.02 a	
P					
FA	0.25	0.25	0.28	0.27	
HA	0.26	0.30	0.26	0.25	
HFA	0.27	0.33	0.26	0.23	
K					
FA	3.67	3.95	4.50	4.33	4.11 b
HA	5.08	4.20	4.70	4.38	4.59 ab
HFA	4.08	6.75	4.63	4.50	4.99 a
Mg					
FA	0.65	0.65	0.60	0.63	
HA	0.73	0.73	0.70	0.63	
HFA	0.63	0.85	0.70	0.70	

Farklı hümik maddelerin domatesin Cu konsantrasyonuna etkisi önemli olurken doz farkının etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 3). En düşük Cu konsantrasyonu 13 ppm ile FA uygulamasından elde edilmiş olup, FA ve HFA uygulamalarından elde edilen Cu konsantrasyonları 15 ppm olarak gerçekleşmiştir. Hümik maddelerin ve uygulama dozlarının bitkinin Mn ve Zn konsantrasyonları üzerine istatistiksel anlamda bir etkisi görülmemiştir. Bitkinin Fe konsantrasyonlarının, hümik madde farklılığı ve uygulama dozlarından istatistiksel anlamda etkilendiği görülmüştür. Ortalama değerlere göre bitki Fe konsantrasyonları artan dozlara bağlı olarak azalma eğilimi göstermiş ve kontrolde 102 ppm olan ortalama değer en yüksek dozda 82 ppm'e gerilemiştir. Bitkinin Fe konsantrasyonu HA uygulamasında en yüksek değere ulaşırken, HFA uygulamasında en düşük değerde kalmıştır.

Çizelge 3. Uygulamaların domates bitkisinin Cu, Mn, Fe ve Zn konsantrasyonlarına (ppm) etkisi

	Dozlar (ppm)				Ortalama
	0	250	500	1000	
Uygulamalar	Cu				
FA	12	12	14	13	13 b
HA	14	15	18	15	15 a
HFA	16	18	14	13	15 a
Uygulamalar	Mn				
FA	81	82	88	76	
HA	82	78	85	81	
HFA	83	102	78	68	
Uygulamalar	Fe				
FA	108	87	85	91	93 ab
HA	114	102	102	83	100 a
HFA	85	104	77	73	85 b
Ortalama	102 a	98 ab	88 ab	82 b	
Uygulamalar	Zn				
FA	17	17	16	18	
HA	19	20	15	18	
HFA	17	21	18	17	

Bitkinin N konsantrasyonu sadece en yüksek dozda artış göstermiş olup, bu durum N için uygulama dozlarının yetersiz kaldığını göstermektedir. Benzer şekilde hümik madde dozlarının bitkinin P, K, Mg, Cu, Mn ve Zn üzerine etkilerinin anlamlı olmaması yine uygulama dozlarının artırılması gerektiğinin bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat, Fe konsantrasyonlarına bakıldığında ise uygulama dozlarına bağlı olarak bir azalmanın olduğu da görülmektedir. Bu sonuçlar hümik maddelerin topraktaki davranışlarının ne kadar kompleks olduğunu ortaya koymaktadır. Bir taraftan bazı besin elementleri için uygulama dozları yetersiz kalabilirken diğer taraftan bir başka besin elementinin yararlılığını olumsuz etkileyebilmektedir. Toprak özellikleri bu durumu belirleyen temel faktörlerdir. Örneğin kireç içeriği hümik madde etkinliğini belirleyen önemli bir toprak özelliğidir. Yapılan çalışmalarda, yüksek kireç içerikli topraklarda hümik maddelerin etkinliğinin sınırlandığı ifade edilmektedir (Erdal ve ark. 2000; Pılanalı ve Kaplan 2002). Araştırmada kullanılan toprağın kireç içeriğinin yüksek olması uygulama dozlarının yetersiz kalmasına sebep olmuş olabilir.

Sonuç olarak kireçli bir toprakta yetiştirilen domates bitkisinin gelişimi ve üzerine hümik madde uygulamalarının etkisi olmamıştır. Ayrıca Fe hariç diğer bitki besin elementi konsantrasyonlarına bakıldığında uygulama dozlarının bu koşullar için 1000 ppm den fazla olması gerektiğini göstermektedir. Uygulamaların Fe'ye olan olumsuz etkisi ise araştırılması gereken diğer bir konu olarak görülmektedir.

Kaynaklar

- Cesco S, Nikolic M, Romheld V, Varanini Z, Pinton R, 2002. Uptake of ⁵⁹Fe from soluble ⁵⁹Fe-humate complexes by cucumber and barley plants. *Plant and Soil* 241: 121-128.
- Chen Y, Aviad T, 1990. Effects of humic substances on plant growth. In *humic substances in soil and crop science; selected readings* (pp. 161_/186). Madison: Am. Soc. Agron. and Soil Sci. Soc. Am.
- Cimrin KM, Yılmaz İ, 2005. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil Plant*, 55: 58-63
- Cimrin KM, Türkmen Ö, Turan M, Tuncer B, 2013. Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. *African J. Biotech.* 9(36), 5845-5851

- Çelik H, Katkat AV, Aşık BB, Turan MA, 2008. Effects of soil applied humic substances to dry weight and mineral nutrients uptake of maize under calcareous soil conditions. Arch. Agron. Soil Sci. 54 (6). 605-614
- Erdal I, Bozkurt MA, Cimrin KM, Karaca S, Sağlam M, 2000. Effects of humic acid and phosphorus applications on growth and phosphorus uptake of corn plant (*Zea mays* L.) grown in a calcareous soil. Turkish J. Agric. For. 24: 663-668.
- Kacar B, İnal A, 2008. Bitki analizleri. Nobel yayın, Ankara, Türkiye.
- Kaptan MA, Aydın M, 2012. Humik asidin pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) gelişimi ve kalite özellikleri üzerine etkileri. SAÜ Fen Edebiyat Dergisi, 1. 291-299.
- Kütük C, Cayci G, Baran A, Baskan O, 2000. Effect of humic acid on some soil properties. International symposium on desertification. Konya, Turkey: Soil Science Society of Turkey.
- Marschner H, 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press: London, England.
- Morard P, Eyheraguibel B, Morard M, Silvestre J, 2011. Direct effects of humic-like substance on growth, water, and mineral nutrition of various species. J. Plant Nutr. 34:46-59.
- Nikbakht A, Kafi M, Babalar M, Xia YP, Luo A, Etemadi N, 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. J. Plant Nutr. 31: 2155-2167.
- Okur N, Kayıkçıoğlu HH, Tuñç G, Tüzel Y, 2007. Organik tarımda kullanılan bazı organik gübrelerin topraktaki mikrobiyal aktivite üzerine etkisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 44 (2):65-80.
- Pılanalı N, 1999. Humik Asit Uygulamalarının Çilek bitkisinin verim ve besin maddeleri kapsamı üzerine etkilerinin belirlenmesi (Doktora tezi). Akdeniz Üniv. Fen Bilimleri Enst. Antalya.
- Pılanalı, N, Kaplan M, 2002. Çileğin meyve rengi ile farklı formlarda uygulanan humik asit ve toprağın bazı bitki besin maddesi kapsamı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 12(1):1-5
- Pinton R, Cesco S, Santi S, Agnolon F, Varanini Z, 1999. Water-extractable humic substances enhance iron deficiency responses by Fe-deficient cucumber plants. Plant Soil 210: 145-157.
- Rice JA, Senesi N, Wilkinson KJ, 2008. Biophysical Chemistry of Fractal Structures and Processes in Environmental Systems. A John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, 221-236.
- Stevenson FJ, 1994. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA.
- Tahir MM, Khurshid M, Khan MZ, Abbasi MK, Kazmi MH, 2011. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. Pedosphere 21(1): 124-131.

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ YAZIM KURALLARI

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ, bu alanda yeni bulgular ortaya koyan erişilebilir ve uygulanabilir temel ve uygulamalı yöntem ve tekniklerin sunulduğu bir forumdur. Dergi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme alanında yapılmış özgün araştırma makalelerini veya önemli bilimsel ve teknolojik yenilikleri ve yöntemleri açıklayan derleme niteliğindeki yazıları yayımlar. Yazar(lar) makalenin ne tür bir yazı olduğunu belirtmelidir. Dergiye sunulan çalışmanın başka yerde yayınlanmamış (bilimsel toplantılarda sunulan çalışmalar hariç) ve başka bir dergiye yayın için sunulmamış ve yayın hakkı verilmemiş olması gerekir. Buna ilişkin yazılı belge (sorumlu yazar tarafından onaylı) makale ile gönderilmelidir. Makale iyi anlaşılabilir bir Türkçe ile yazılmış olmalıdır. Etik Kurul Raporu gerektiren araştırma sonuçları makale olarak gönderilirken, Etik Kurul Raporu'nun bir kopyası eklenmelidir. Dergiye sunulan tüm çalışmalar, yayın kurulu ve bu kurul tarafından seçilen en az iki veya daha fazla danışman tarafından değerlendirilir. Dolayısıyla, çalışmanın dergide yayınlanabilmesi için yayın kurulu ve danışmanlar tarafından bilimsel içerik ve şekil bakımından uygun bulunması gerekir. Yayınlanması uygun bulunmayan eser yazar(lar)a iade edilir. Danışman veya yayın kurulu tarafından düzeltme istenen çalışmalar ise yazar(lar)a eleştiri ve önerileri dikkate alarak düzeltmeleri için geri gönderilir. Düzeltme istenen makaleler, düzeltme için verilen sürede (30 gün) yayın kuruluna dönmez ise, yeni sunulan bir makale gibi değerlendirilir.

Makale gönderilmesi

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ (www.toprak.org.tr) adresindeki (<http://dergi.toprak.org.tr>) linkine gönderilen makaleler hızla incelenecek ve değerlendirecek, sonuç yazarlara en kısa sürede bildirilecektir. Makaleler hakkında yapılan değerlendirmeler e-posta yoluyla sorumlu yazara bildirilecektir.

“Telif Hakkı Devir Sözleşmesi” formu

Sorumlu yazarca imzalanan Telif Hakkı Devir Sözleşmesi formunun dergiye makale sunumu esnasında gönderilmesi gerekmektedir. Yayın transfer formu gönderilmeyen makaleler değerlendirilmeye alınmayacaktır.

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ YAYIN YAZIM KURALLARI

Her çalışma MS Word 2007 (veya daha üst versiyonu) kullanılarak A4 boyutundaki kağıda kenarlarda 2.5 cm boşluk bırakılmış, Times New Roman yazı karakterinde 11 pt 1,5 satır aralıklı ve yaklaşık 20 sayfa ve aşağıdaki düzende olmalıdır. Makale başlık sayfası, Özet, Anahtar Sözcükler, İngilizce Başlık, Abstract, Keywords, Metin, Teşekkür, Kaynaklar, Şekiller (fotoğraf, çizim, diyagram, grafik, harita v.s.) ve Çizelgeler şeklinde sıralanmalıdır.

Yazar(lar) makale hazırlarken derginin web sayfasında bulunan makale örneğinden yararlanabilirler. Bölüm başlıkları da dahil tüm başlıklar küçük harflerle koyu yazılmış olmalıdır. Tüm sayfalar ve satırlar numaralandırılmış (sayfada yeniden) olmalıdır. Türk Dil Kurumu'nun yazım kuralı dikkate alınarak yazılmalı ve Türkçe noktalama işaretlerinden (nokta, virgül, noktalı virgül vb.) sonra mutlaka bir ara verilmiş olmalıdır. Metin içerisinde kısaltma kullanılacak ise ilk kullanıldığı yerde kavramın açık şekli yazılmalı ve parantez içinde kısaltması verilmelidir (katyon değişim kapasitesi (KDK) gibi). Yukarıdaki kurallara uymayan makaleler işleme alınmadan yazar(lar)ına geri gönderilecektir.

Başlık sayfası

Bu sayfada, a) Makale başlığı (Türkçe ve İngilizce başlıklar yazılmalı; başlık kısa ve konu hakkında bilgi verici ve tümü büyük harflerle yazılmış olmalı ve kısaltmalar kullanılmamalıdır), b) Yazar(lar)ın açık adı (ad ve soyad unvan belirtilmeden küçük harfler ile yazılmalı), c) Çalışmanın yapıldığı üniversite, laboratuvar veya kuruluşun adı ve adresi (sadece ilk harfleri büyük harfle yazılmalı), yazışmalardan sorumlu yazar belirtmeli ve bu yazarın telefon ile e-posta adresi verilmelidir. Bu sayfadaki tüm bilgiler koyu karakterde yazılmış olmalıdır.

Ana metin

Makalenin ana metin bölümü, makalenin Türkçe ve İngilizce başlığı ile başlamalı ancak yazar isim ve adres bilgilerini içermemelidir. Daha sonraki bölümler aşağıdaki gibi organize edilmelidir.

Özet (Abstract): Her makalenin Türkçe ve İngilizce özeti olmalıdır (paragraf girintisi verilmeden; konuya hakim, kısa ve makalenin bütün önemli noktalarını – niçin, ne ve nasıl yapıldığını, ne bulunduğunu ve bunların ne ifade ettiğini – vurgulayan özet metni yazılmalıdır. Bu bölümde kaynak verilmemelidir. Özet ve Abstract metnlerinin hemen altında sırasıyla Anahtar Sözcükler ve Keywords yer almalıdır. Anahtar sözcüklerin ilk harfleri büyük ve virgül ile ayrılmış, başlığı tekrarlamayan fakat onu tamamlayan özellikte olmalı ve 3-6 sözcükten oluşmalıdır.

Giriş

Bu bölüm makalenin içeriğini ve yapıma nedenini kaynak bilgileri ile açıklayan kısım olup, çalışmanın amacını ve test edilecek hipotezi açık şekilde sunmalıdır.

Materyal ve Yöntem (Alt başlıklar da yapılabilir)

Denemede kullanılan materyal ve yöntemlerin başka araştırmacılar tarafından yinelenmek istemine de cevap verebilmesi için ayrıntılı olarak açıklanmalıdır. Ancak yayınlanmış olanlar varsa kapsamlı açıklamalara girmeden atıfta bulunulabilir. Test edilecek hipoteze yanıt verecek uygun istatistiksel yöntem/yöntemler kullanılmalı ve açıklanmalıdır. Uluslararası SI birim sistemi kullanılmalıdır.

Bulgular ve Tartışma

Bulgular kısa ve açıklayıcı şekilde, çizelgeler ve şekiller ile desteklenerek bu bölümde sunulmalıdır. Özellikle çizelgede sunulan veriler metin içerisinde ve şekillerde tekrarlanmamalıdır. Ancak şekillerdeki önemli veriler metin içerisinde de verilmelidir. Tartışmada elde edilen sonucun önemi, bilime ve uygulamaya katkısı kaynak bilgileri ile tartışılmalı, değerlendirilmeli veya yorumlanmalıdır. İstenirse ayrı bir “**Sonuç**” başlığı düzenlenebilir. Elde edilen sonuçların bilime ve uygulamaya katkısı ve varsa öneriler ile birlikte sonuç kısmında verilebilir.

Teşekkür

Çalışmayı destekleyen kuruluşlar ve çalışmaya emeği geçenler için kısa bir teşekkür yazısı yazılabilir.

Kaynaklar

Kaynak listesi yazar soyadına göre alfabetik olarak düzenlenmelidir. Metin içerisinde ise kaynaklar Yazar-yıl esasına ve tarih sırasına göre (Acar, 1995; Gülser ve ark., 2011; Kızılkaya ve Hepşen 2014) verilmelidir. Aynı tarihli farklı yazarların kaynaklarının bildiriminde alfabetik sıra kullanılmalıdır (Aydın, 2001; Ekberli ve ark., 2001; Özdemir ve ark., 2001). Aynı yazar tarafından aynı yıl içinde yayınlanmış birden fazla kaynak kullanılması durumunda basım yılından sonra kaynak a, b, c gibi harfler ile gösterilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılan kaynakların tümü kaynaklar listesinde bulunmalıdır. Kaynak bölümünde değişik yerlerden alınan kaynakların yazımında aşağıdaki örneklerle uyulmalıdır.

Dergiden,

Candemir F, Gülser C, 2012. Influencing factors and prediction of hydraulic conductivity in fine textured-alkaline soils. Arid Land Res. Manag. 26:15-31(Dergilerin uluslararası veya ulusal kısaltmaları verilmelidir)

Kongre veya sempozyumdan,

Gülser C, Ekberli İ, Candemir F, Demir Z, 2011. İşlenmiş bir toprakta penetrasyon direncinin konumsal değişimi. Prof.Dr.Nuri Munsuz Ulusal Toprak ve Su Sempozyumu, 244-249, 25-27 Mayıs, Ankara.

Tezden,

Kızılkaya R, 1998. Samsun Azot Sanayi (TÜGSAŞ) ve Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) çevresindeki tarım topraklarında ağır metal birikiminin toprakların bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kitaptan,

Arshad MA, Lowery B, Grossman B, 1996. Physical tests for monitoring soil quality. In: Methods for Assessing Soil Quality (eds. Doran JW, Jones AJ), SSSA Special Publication vol. 49. Soil Sci. Soc. Am., Madison, USA, pp. 123-141.

Elektronik materyalden

Corwin DL, 2012. Delineating site-specific crop management units: Precision agriculture application in GIS. USDA-ARS, George E. Brown Salinity Laboratory. Available from URL: <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc05/papers/pap1184.pdf>

Şekil ve Çizelgeler

Her bir şekil ve çizelge metin içerisinde atfedilmiş olmalı ve ardışık olarak numaralandırılmalıdır (Şekil 1, Şekil 2 veya Çizelge 1, Çizelge 2 gibi). Şekil ve Çizelgeler ilk sunumda metin içerisinde görülmemelidir, ancak metinden ayrı olarak şekiller bir sayfada, Çizelgeler ayrı bir sayfada sırasıyla verilmeli ve sayfaya dik gelecek şekilde düzenlenmelidir. Şekil başlıkları şeklin altında Çizelge başlıkları Çizelgenin üstünde yazılmalıdır. Başlıklar, şekil ve çizelgedeki her bir hücreyi açıklayıcı kısa ve öz şekilde sadece ilk sözcüğün ilk harfi büyük olarak yazılmalıdır. Şekil ve Çizelgelerde uygulamayı veya uygulama özelliğini ve ortalamalar arasındaki farklılıkları açıklamak için kullanılan kısaltmaların açıklaması mutlaka şekil ve Çizelge altında dipnot olarak verilmelidir.

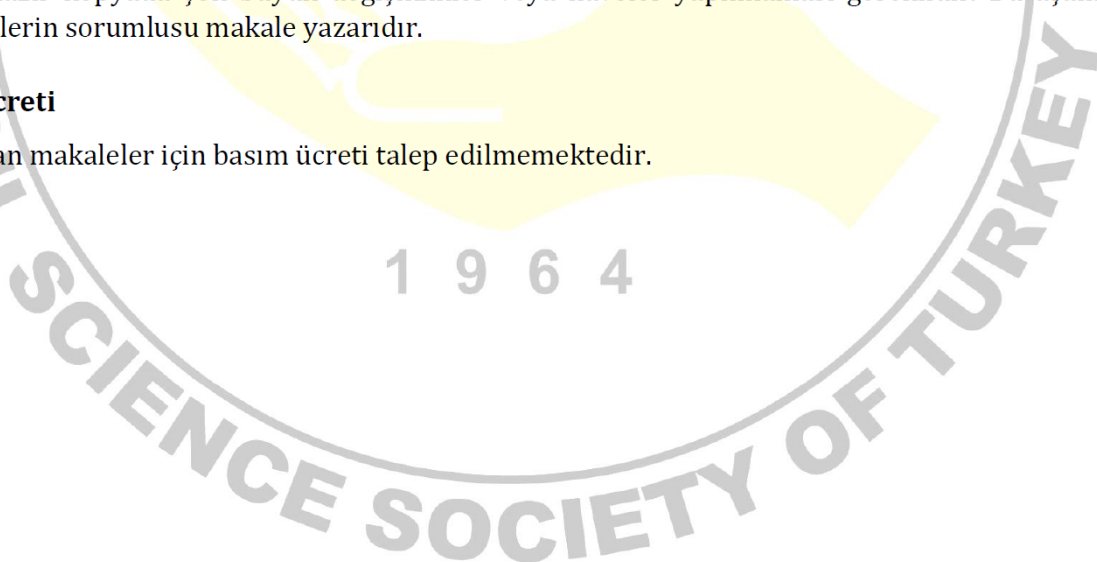
Kabul Sonrası

Yayın, basım için kabul edildikten sonra, makalenin basıma hazır hali (proof) sorumlu yazara e-posta ile gönderilir. Ya da derginin web sayfasında bulunan bağlantıyı kullanarak yazar kendi kullanıcı adı ve şifresi ile sistemden PDF dosyasını indirebilir. Yazar gerekli gördüğü düzeltmeleri liste halinde yazarak editöre bildirebilir. Düzeltmeler listelenirken sayfa ve satır numaraları işaret edilir. İlave olarak, basıma hazır kopyanın bir çıktısı alınır, üzerinde düzeltmeler yapılır ve e-posta ile gönderilebilir. Basıma hazır kopyada çok büyük değişiklikler veya ilaveler yapılmaması gereklidir. Bu aşamadaki düzeltmelerin sorumlusu makale yazarıdır.

Basım Ücreti

Yayınlanan makaleler için basım ücreti talep edilmemektedir.

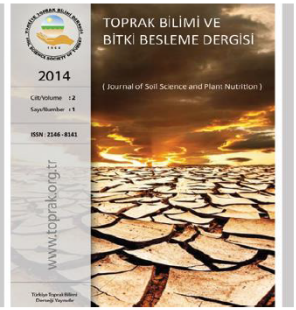
1 9 6 4





TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



TELİF HAKKI DEVİR SÖZLEŞMESİ *

Makale Başlığı :

Yazarlar ve tam isimleri :

Yayımdan sorumlu yazarın

Adı - Soyadı :

Adresi :

Telefon :

Cep Telefonu :

Faks :

E-posta:

Sunmuş olduğumuz makalenin yazar(lar)ı olarak ben/bizler aşağıdaki konuları taahhüt ederiz:

- Bu makale bizim tarafımızdan yapılmış özgün bir çalışmadır.
- Bütün yazarlar makalenin sorumluluğunu üstleniriz.
- Bu makale başka bir yerde yayınlanmamış ve yayınlanmak üzere herhangi bir yere yollanmamıştır.
- Bütün yazarlar gönderilen makaleyi görmüş ve sonuçlarını onaylamıştır.

Yukarıdaki konular dışında yazar(lar)ın aşağıdaki hakları ayrıca saklıdır:

- Telif hakkı dışındaki patent hakları yazarlara aittir.
- Yazar makalenin tümünü kitaplarında ve derslerinde, sözlü sunumlarında ve konferanslarında kullanabilir.
- Satış amaçlı olmayan kendi faaliyetleri için çoğaltma hakları vardır.

Bunun dışında, makalenin çoğaltılması, postalanması ve diğer yollardan dağıtılması, ancak bilim ve yayın kurulunun izni ile yapılabilir. Makalenin tümü veya bir kısmından atıf yapılarak yararlanılabilir.

Ben/Biz bu makalenin, etik kurallara uygun olduğunu ve belirtilen materyal ve yöntemler kullanıldığında herhangi bir zarara ve yaralanmaya neden olmayacağını bildiririz.

Makaleye ait tüm materyaller (kabul edilen veya reddedilen fotoğraflar, orijinal şekiller ve diğerleri), bilim ve yayın kurulunca bir yıl süreyle saklanacak ve daha sonra imha edilecektir.

Bu belge, tüm yazarlar adına sorumlu yazar tarafından imzalanmalı ve form üzerindeki imza, ıslak imza olmalıdır.

Sorumlu yazarın

Adı - Soyadı :

Tarih :

İmza:

*Makalenin Editörler Kurulunca yayına kabul edilmemesi durumunda bu belge geçersizdir.