

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANA BİLİM DALI

**ARITMA ÇAMURU VE HUMİK ASİT UYGULAMALARININ MARULUN
VERİM, BESİN ELEMENTİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN : Ferit SÖNMEZ
DANIŞMAN : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali BOZKURT

VAN – 2003

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANA BİLİM DALI

**ARITMA ÇAMURU VE HUMİK ASİT UYGULAMALARININ MARULUN
VERİM, BESİN ELEMENTİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN : Ferit SÖNMEZ

VAN - 2003

KABUL VE ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali BOZKURT danışmanlığında Ferit SÖNMEZ tarafından hazırlanan *Arıtma Çamuru ve Humik Asit Uygulamalarının Marulun Verim, Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriğine Etkisi* isimli bu çalışma5 / ...10 / 2003 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

Doç. Dr. Şefik TÜFENKÇİ

imza: 

Üye:

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali BOZKURT



Üye:

Yrd. Doç. Dr. Önder TÜRKMEN



Üye:

Üye:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun Sayılı kararı ile Onaylanmıştır.

7 / 11 / 2003 Gün ve 2003/15



Doç. Dr. Nezaket ADIGÜZEL
Enstitü Müdürü

ÖZET

ARITMA ÇAMURU VE HUMİK ASİT UYGULAMALARININ MARULUN VERİM, BESİN ELEMENTİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİNE ETKİSİ

SÖNMEZ, Ferit

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali BOZKURT

Ekim, 2003. 43 sayfa

Bu araştırmada, arıtma çamuru ve ahır gübresinin değişen dozları ile tek dozda humik asit uygulamasının marulun verim, besin elementi ve ağır metal içeriğine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Deneme, 2001 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe İhtikileri Araştırma ve Uygulama bahçesinde toplam 30 parselde tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Araştırmada arıtma çamuru ve ahır gübresinin değişen dozları (2, 4, ve 8 ton/da) parsellere uygulanmıştır. Arıtma çamuru verilen parsellere 25 kg/da düzeyinde humik asit uygulanmıştır. Araştırma sonunda, her parselden bitki ve iki derinlikten (0-20 cm ve 20-40 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerde makro ve mikro elementler ile ağır metal analizleri yapılmıştır. Ayrıca verim kriterleri de incelenmiştir.

Artan arıtma çamuru ve ahır gübresi dozları bitkinin verim kriterlerini olumlu yönde etkilemiştir. En yüksek verim değerleri arıtma çamuru ve ahır gübresinde 8 ton/da uygulamasında elde edilmiştir. Ayrıca bitkinin azot, fosfor, potasyum, magnezyum ve kadmiyum içeriklerini artırırken, kalsiyum içeriğini azaltmıştır. Artan arıtma çamuru uygulamaları ile bitkinin Fe, Mn, Zn, Cu, Ni ve Cr içeriğinde önemsiz değişimler belirlenmiştir. Humik asit uygulamaları yapılan parsellerde yetişen bitkilerin kadmiyum içerikleri, humik asit uygulaması yapılmayan parsellerin bitkilerine göre önemli bir azalma göstermiştir. Ahır gübresi uygulamaları ile bitkinin verim kriterleri, makro ve mikro element ile ağır metal içerikleri açısından arıtma çamuruna benzer sonuçlar elde edilmiştir. Artan arıtma çamuru dozuna bağlı olarak bitkide elde edilen ağır metal değerleri toksik düzeylerin altında olduğu görülmüştür. Arıtma çamuru ve ahır gübresi uygulamaları, toprakta organik madde, toplam azot, yarıyışlı fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyum içeriğini önemli düzeyde artırmıştır. Toprağın AB-DTPA ile ekstrakte edilebilir mikro element ve ağır metal muhtevası uygulamalara bağlı olarak artmıştır. Ahır gübresi uygulamaları ile toprağın Ca, Mg, Cu, Cd ve Ni içerikleri artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Marul, gübreleme, arıtma çamuru, humik asit, verim, ağır metal.

ABSTRACT

EFFECTS OF SEWAGE SLUDGE AND HUMIC ACIDS TREATMENTS ON THE YIELD, NUTRIENT AND HEAVY METAL CONTENTS OF LETTUCE

SÖNMEZ, Ferit

M. Sc. Soil Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Ali BOZKURT

October, 2003. 43 pages

This research was conducted to determine the effects of sewage sludge and humic acids treatments on the yield, nutrient and heavy metal contents of lettuce. The experiment was carried out according to randomized block experimental design with three replications at Yüzüncü Yıl University Agricultural Faculty, Horticultural Research and Application Area in 2001. Different doses of sewage sludge and manure (20, 40, 80 ton ha^{-1}) were applied in experimental plots.

Humic acid was applied on sewage sludge applied plots as 25 kg/da. At the end of the study, plant and soil samples (at two depths, as 0-20 cm and 20-40 cm) were taken from each plots. Macro, micro and heavy metal elements analysis were done on the samples. In addition, some yield criteria were investigated. Increasing sewage sludge doses influenced the yield traits positively increased the nitrogen, phosphorous, potassium, magnesium and cadmium contents, but decreased calcium content. Cadmium contents of plants obtained from the plots applied with humic acids were lower than those not applied with humic acids. Barnyard manure treatment gave similar result for yield, macro, micro and heavy metals as sewage sludge treatments. Sewage sludge and manure applications significantly increased organic matter, total nitrogen, available phosphorous, extractable potassium, microelement and heavy metal contents extracted with AB-DTPA of soil. Manure treatments also increased Ca, Mg, Cu, Cd and Ni contents of soil.

Keys Word: Lettuce, fertilizer, sewage sludge, humic acid, yield, heavy metal.

ÖNSÖZ

Artan dünya nüfusu ile açığa çıkan atık miktarı da artmaktadır. Çıkan bu atıkların çevreye zarar vermeden elden çıkarılması dünyanın bir çok ülkesinde önceliğini halen korumaktadır. Bu konuda yapılan uygulamalar genelde yakma, denize atılma, düzenli depolama ve son olarakta tarım alanlarında kullanma şeklindedir. İlkemiz topraklarının organik madde içeriğinin oldukça düşük oluşu açığa çıkan bu atıma çamurunun tarım alanlarında kullanılabilirliği konusuna önem kazandırmaktadır. Birçok şehrimizde kurulan atık su işleme tesislerinden çıkan arıtma çamurları ilerde sorun oluşturmaması için bu atıkların tarım alanlarında kullanımı ile ne gibi sorunlar ve avantajlar sağlayabileceği araştırılması gerekmektedir.

Bu araştırmada, Van belediyesinden elde edilen arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Uygulamalara bağlı olarak marul bitkisinin erim ve besin elementi içeriğindeki değişimler ile toprağın makro element, mikro element ve ağır metal içeriği araştırılmıştır.

Çalışmanın her aşamasında önemli yardımlarını gördüğüm ve beni her konuda yönlendiren danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali BOZKURT'a ve yardımlarını gördüğüm bölüm hocalarıma teşekkür ederim. Ayrıca denemenin kurulmasında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Önder TÜRKMEN'e, denememin kurulması sırasında yardımlarını gördüğüm yüksek lisans öğrencisi arkadaşlarıma ve maddi desteğinden dolayı Y.Y.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığına ve emeği geçen herkese teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Ferit SÖNMEZ
Ekim 2003, Van

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. Materyal	8
3.1.1. Araştırma yerinin tanımı ve iklim özellikleri	8
3.1.2. Araştırma yerinin toprak özellikleri	9
3.1.3. Tarla denemesi	9
3.1.4. Denemede kullanılan arıtma çamuru, ahır gübresi ve humik asitin özellikler	11
3.2. Yöntem	11
3.2.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması	11
3.2.2. Toprak örneklerinde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler	11
3.2.2.1. Tekstür	11
3.2.2.2. Toprak reaksiyonu	11
3.2.2.3. Total tuz	11
3.2.2.4. Kireç	12
3.2.2.5. Organik madde	12
3.2.2.6. Azot	12
3.2.2.7. Alınabilir fosfor	12
3.2.2.8. Değişebilir Potasyum, Kalsiyum ve Magnezyum	12
3.2.2.9. Yarıyışlı mikro besin ve ağır metal analizi	12
3.2.3. Bitki örneklerinde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler	12
3.2.3.1. Toplam verim (gr)	12
3.2.3.2. Baş çevresi (cm)	13
3.2.3.3. Baş yüksekliği (cm)	13
3.2.3.4. Tüketilebilir verim (gr)	13
3.2.3.5. Yaprak sayısı (adet)	13
3.2.3.6. Azot içeriği (%)	13
3.2.3.7. Besin elementi ve ağır metal analizi	13
3.2.4. Arıtma çamuru ve ahır gübresinde yapılacak analizler	13
3.2.4.1. Organik madde	13
3.2.4.2. pH	14
3.2.4.3. Toplam azot (%)	14
3.2.4.4. Toplam fosfor (%)	14
3.2.4.5. Toplam besin elementi ve ağır metal analizi	14
3.2.5. İstatistiksel Analizler	14

4. BULGULAR ve TARTIŞMA	
4.1. Uygulamaların Verim ve Verim Kriterlerine Etkileri	1
4.2. Uygulamaların Bitkinin Azot, Fosfor, Potasyum, Magnezyum ve Kalsiyum İçeriğine Etkisi	17
4.3. Uygulamaların Bitkinin Mikro Element İçeriğine Etkisi	20
4.4. Uygulamaların Bitkinin Ağır Metal İçeriğine Etkisi	21
4.5. Uygulamaların Toprağın Kimyasal Özelliklerine Etkisi	23
4.5.1. Uygulamaların toprağın organik madde, pH ve tuz içeriğine etkisi	23
4.5.2. Uygulamaların toprağın toplam azot, yarıyışlı fosfor ve değişebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum içeriğine etkisi	26
4.5.3. Uygulamaların toprağın ekstrakte edilebilir mikro element içeriğine etkisi	29
4.5.4. Uygulamaların toprağın ekstrakte edilebilir ağır metal içeriğine etkisi	32
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa	
Çizelge 3.1.	Van ilinin 2001 yılına ait bazı iklim özelliklerinin aylık ve uzun yıllar ortalama (UYO) değerleri	8
Çizelge 3.2.	Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	10
Çizelge 3.3.	Denemede kullanılan arıtma çamuru, ahır gübresi ve humik asite ait kimyasal özellikler	10
Çizelge 4.1.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin verim kriterlerine etkilerine ait varyans analiz tablosu	16
Çizelge 4.2	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin verim kriterlerine etkilerine ait ortalama değerler	17
Çizelge 4.3.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin makro element içeriğine etkilerine ait varyans analiz tablosu	17
Çizelge 4.4.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin makro element içeriğine etkilerine ait ortalama değerler	18
Çizelge 4.5.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin mikro element içeriğine etkilerine ait varyans analiz tablosu	20
Çizelge 4.6.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin mikro element içeriğine etkilerine ait ortalama değerler	20
Çizelge 4.7.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin ağır metal içeriğine etkilerine ait varyans analiz tablosu	21
Çizelge 4.8.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin ağır metal içeriğine etkilerine ait ortalama değerler (ppm)	22
Çizelge 4.9.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) kimyasal özelliklerine ait varyans analiz tablosu	23
Çizelge 4.10.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) kimyasal özelliklerine ait varyans analiz tablosu	24
Çizelge 4.11.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) kimyasal özelliklerine etkisine ait ortalama değerler.	25
Çizelge 4.12.	Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) kimyasal özelliklerine etkisine ait ortalama değerler.	25

Çizelge 4.13.	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) toplam azot, yarıyışlı fosfor ve değişebilir potasyum, kalsiyum magnezyum içeriğine ait varyans analiz tablosu	27
Çizelge 4.14.	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) toplam azot, yarıyışlı fosfor ve değişebilir potasyum, kalsiyum magnezyum içeriğine ait varyans analiz tablosu	27
Çizelge 4.15	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) toplam azot, yarıyışlı fosfor, ekstrakte edilebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğine ait ortalama değerler	28
Çizelge 4.16.	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-400 cm) toplam azot, yarıyışlı fosfor, ekstrakte edilebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğine ait ortalama değerler	28
Çizelge 4.17	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) ekstrakte edilebilir mikro element içeriğine ait varyans analiz tablosu	29
Çizelge 4.18.	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) ekstrakte edilebilir mikro element içeriğine ait varyans analiz tablosu	29
Çizelge 4.19.	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) ekstrakte edilebilir mikro element içeriğine ait ortalama değerler (ppm)	30
Çizelge 4.20.	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) ekstrakte edilebilir mikro element içeriğine ait ortalama değerler (ppm)	30
Çizelge 4.21.	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) ekstrakte edilebilir ağır metal içeriğine etkilerine ait varyans analiz tablosu	32
Çizelge 4.22.	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) ekstrakte edilebilir ağır metal içeriğine etkilerine ait varyans analiz tablosu	32
Çizelge 4.23.	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) ekstrakte edilebilir ağır metal içeriğine ait ortalama değerler (ppm)	33
Çizelge 4.24.	Aritma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) ekstrakte edilebilir ağır metal içeriğine ait ortalama değerler (ppm)	33

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	Santigrat Derece
%	Yüzde
da	Dekar
kg	Kilogram
kg/da	Kilogram/dekar
m ²	Metrekare
mm	Milimetre
ppm	Milyonda bir kısım

Kısaltmalar

KO	Kareler Ortalaması
SD	Serbestlik Derecesi
F	F Değeri
AB-DTPA	Amonyum Bikarbonat-Dietilen Triamin Penta Asetik Asit
AG	Ahır Gübresi
AÇ	Aritma Çamuru
HA	Humik Asit

1.GİRİŞ

Tarımda başarılı olmanın en önemli koşullarından biri de toprakların organik madde içeriklerini korumak ve artırmaktır. Tarım topraklarının çoğunlukla düşük olan organik madde içerikleri zaman içerisinde daha da azalmakta dolayısıyla toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri olumsuz etkilenmektedir.

Organik tabiatlı gübreler, bitki besin elementleri yanında fazla miktarda çeşitli mikroorganizmalar içerirler. Bu nedenle organik gübreler çok yönlü etkiye sahip gübreler olarak bilinirler. Bir başka ifade ile tarım topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olumlu ve önemli etki yaparlar. Çevre bilincinin giderek yaygınlaşıp gelişmesiyle günümüzde organik gübrelere karşı ilgi artmaktadır. Bunun temel nedeni organik gübrelerin çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden tarımsal ürünlerin nitelik ve niceliğini artırmasıdır (Kacar ve Katkat, 1999).

Arıtma çamuru, önemli düzeyde organik madde ve bitki besin maddesi içermesi nedeniyle tarım alanlarında organik gübrenin yerine kullanılabilir. Toplam olarak bir insandan bir yılda 400-600 kg atık elde edildiği düşünülürse ülkemizin her yıl 25-34 milyon ton atık potansiyeli mevcuttur. Arıtma çamuru ile her yıl ülkemizde, 816000-1224000 ton organik gübre, 136800-205200 ton azot, 31200-46800 ton P_2O_5 ve 64800-97200 ton K_2O kazancı olacağı beklenilmektedir (Kacar ve Katkat, 1999).

Arıtma çamurunun tarımda kullanılmasının yararlı olduğu kadar zararlı etkilerinin de akıldan çıkarılmaması gerekir. Arıtma çamuru özellikle organik madde, azot, fosfor, potasyum yanında demir, mangan, çinko, bakır bor gibi mikro elementler yönünden zengindir. Ayrıca arıtma çamurunda bulunabilecek bakterilerin, parazitlerin ya da virüslerin insan sağlığı üzerine olası etkileri önemle dikkate alınmalıdır. Arıtma çamurunda bulunan kadmiyum, kurşun, nikel gibi ağır metallerin de olumsuz etkisi unutulmamalıdır. Bütün bu durumlar göz önüne alınarak arıtma çamurunun kullanımına belli bir disiplin içerisinde izin verilebilir.

Arıtma çamurlarının topraklara uygulanması yoluyla bitkilerin yüksek miktarda ağır metal içermelerinin ve topraklardaki önemli miktarda ağır metal birikiminin önlenmesi için *Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği* çerçevesinde arıtma çamuru kullanımına izin verilebilir. Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliğine göre, topraklara uygulanacak arıtma çamurlarının analiz edilmesi gerekmektedir (Anonim, 2001).

Arıtma çamuru kullanımı, ahır gübresi kullanımına ve kimyasal gübre kullanımına alternatif olması söz konusu olabilir. Sommers ve Nelson (1978), arıtma çamurunun önemli miktarda azot ve fosfor içerdiğini, potasyum içeriğinin düşük miktarlarda bulunduğunu, ancak bunun yanı sıra değişen miktarlarda Ca, Mg, S ve mikro besin elementler ve de düşük miktarlarda Cd ve Ni gibi metalleri de içerebileceğini belirtmişlerdir.

Reed ve ark. (1991) tarafından New York State Üniversitesi ve Amherest Belediyesi işbirliği ile yapılan araştırmada, tarım topraklarına uygulanan arıtma çamurunun ticari gübreye alternatif olarak kullanılabilirliğini ve ağır metal birikimine neden olup olmadığını belirlemek için, uygulama sonrası toprak ve

bitkinin Zn, Cu, Ni, Cd ve Pb içeriklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Araştırmacılar arıtma çamuru uygulaması ile toprağın Cu ve bitkinin Zn içeriğinde az da olsa artış olduğu ve arıtma çamuru uygulamasının yararlı olacağını bildirmişlerdir.

Toprakların üretim kapasitelerinin kapsadıkları organik madde miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu, yüzyıl önce saptanmıştır. Toprakta organik maddenin parçalanma ve ayrışması sonucunda hümik ve fulvik asitlerin olduğu bilinmektedir. Toprak hümik maddeleri, bitkilerin beslenmesinde doğrudan ve dolaylı olarak önemli bir rol oynar. Dolaylı etkiler, suyun tutulması, drenaj ve havalanma gibi toprakların fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi ve topraktaki besin elementlerinin yayılabilirliğini değiştirerek, kökler tarafından besinlerin absorpsiyonu ile ilgilidir.

Yapılan çeşitli araştırmalarda humik asit ve benzeri organik materyallerin respirasyon, nitrifikasyon ve azot mineralizasyonu gibi biyokimyasal toprak aktiviteleri ile birlikte çeşitli besin elementlerinin çözünürlüğünü artırdığı bildirilmektedirler (Bermudez ve ark. 1993; Benedetti ve ark. 1996). Hümik asit ve mineral besin maddelerinin birlikte uygulanmasının bitki kuru ağırlığı, bitkinin besin elementleri içerik ve alımlarını ve tohumun çimlenmesine olumlu etkide bulunduğu belirtmektedirler. Bu nedenle bir çok araştırmacı toprağa veya besin çözeltilerine hümik asit uygulamışlar ve olumlu sonuç aldıklarını bildirmişlerdir (Senesi ve ark., 1990; David, 1991; Wang, 1995; Sözüdoğru ve ark., 1996; Valdrighi ve ark., 1996; Adani ve ark., 1998; Erdal ve ark., 2000, Çimrin ve ark.2001).

Bir kısım araştırmacılar da hümik asitin bitki hücre zarının geçirgenliğini artırarak besin elementlerinin alımına yardım ettiğini öne sürmüşlerdir (Valdrighi ve ark., 1996). Bir kısım araştırmacılar da hümik maddelerin içerisindeki hormon benzeri maddeler sayesinde bitki gelişimine olumlu etki yaptığı öne sürmüşlerdir (Caseneva de Sanfilippo ve ark., 1990).

Hümik maddeler metalik iyonlar ile kilyetli bileşikler ya da metalik hidroksitler oluşturarak suda çözünebilir formları meydana getirirler. Bu elementlerin bir çoğunun çözünürlüğünü de kontrol ederler. Bitkilere doğrudan etkisi, kök gelişimi ve bitkiler tarafından absorbe edilen besin elementlerinin metabolizmalarını etkilemesi ile meydana gelmektedir (Lobartini ve ark., 1998). Humik maddeler, toprakta bitki besin elementleri ve toksik bazı elementlerle güçlü kompleksler oluşturdıkları belirtilmektedir (Lobartini ve ark. 1998; Harper ve ark., 2000).

Bu araştırmanın amacı kentsel arıtma çamurunun gübre değerinin belirlenmesi, bitki ve toprakta ortaya çıkabilecek toksiteye karşı humik asitin etkisini incelemektir.

2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

Gerek kentsel, gerekse endüstriyel faaliyetler ile oluşan atıkların atıksu işletme tesislerinde işlemlerden geçirilerek elde edilen atıkların çevreye zarar vermeden elden çıkarılması günümüz sorunlarından biridir. Bunun için yapılan çalışmaların temel konusu bu atıkların tarım alanlarında değerlendirilebilirliğidir. Bu konuda yurt içinde ve yurt dışında bir çok çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Humik asit kullanımı konusu artık güncel konu olup bu konuda da çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Arıtma çamuru ve humik asit ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmeye çalışılmıştır.

Ardakani ve Stevenson, (1972), toprakta mevcut killer, organik madde, hidrate demir ve mangan oksitler, karbonatlar, inorganik asitler, amino asitler, humik ve fulvik asit, biyolojik atıklar ve organik-metal kompleksleri iz elementlerin topraktaki hareketliliğini sınırlandırabildiğini belirtmişlerdir.

Hinesley ve ark. (1972), hektara 140 ton arıtma çamuru uygulanmasının mısır veriminde herhangi bir düşüşe sebep olmadığı, topraktan ekstrakte edilebilir çinko ve kadmiyum miktarlarının arttığını ve mısır bitkisinin taneleri ile yapraklarında önemli ölçüde yüksek düzeyde çinko ve kadmiyum biriktiğini tespit etmişlerdir.

Crawford ve Mc Laren (1973), çoğu metallerin topraktaki düşük hareketliliğinin sırasıyla; mangan oksitler > organik madde > demir oksitler > kil mineralleri tarafından adsorpsiyonundan ileri geldiğini ifade etmişlerdir.

Gaynor ve Halstead (1976)'ın yapmış oldukları araştırmada, kumlu tın ve killi bünyeli toprağa arıtma çamuru ilavesi ile toprak pH'sı, toplam karbon, NaHCO_3 ile ekstrakte edilebilir fosfor, katyon değişim kapasitesi ve değişebilir kalsiyum miktarının arttığını bildirmişlerdir.

Lagerweff ve ark. (1976), kanalizasyon suyu katı kısmı içerisindeki Cd ve Zn'un, Cu ve Pb'den daha hareketli olduğunu bulmuşlardır.

White (1979), kanalizasyon suyundan arıtılmış katı kısmın toprağa uygulanabilecek maksimum emniyetli metal miktarının, toprağın katyon değişim kapasitesi ile yakından ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Williams ve ark. (1980), değişik seviyelerde nem ihtiva eden ve iz elementlerce zengin arıtma çamurunu uzun süreli uygulamanın tehlike oluşturma boyutunu belirlemek üzere yaptıkları araştırmada, her uygulamayı takiben arpa yetiştirerek 3 yıl sonunda topraktaki iz element durumunu araştırmışlardır. Her uygulamada hektara maksimum 225 tona kadarki arıtma çamuru toprağın üst 20 cm'lik kısmına karıştırmışlardır. Sonuç olarak, yüzey topraktaki toplam metal muhtevasının arttığını belirlemişlerdir. Çinko ve kurşun profilde 20 cm'lik üst tabakadan aşağıya 10 cm kadar hareket ettiği halde kadmiyum, krom, bakır ve civa ise ancak 5 cm kadar hareket ettiğini bulmuşlardır. Araştırmacılar, DTPA ile ekstrakte edilebilir miktarlar bakımından Cd, Cu, Zn, ve Pb'nin yüksek Mn, Co ve Ni'nin orta ve Fe ile Cr'nin düşük düzeyde olduğunu bulmuşlardır.

Bernardino ve ark. (1990), dona çilek çeşidi ile yapmış oldukları denemede N, P, K'lu gübreler ile hümik asidi uygulayarak etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda uygulanan N'lu gübreye bağlı olarak ürün miktarının azaldığını, hümik asite bağlı olarak ise, ürün miktarının arttığını saptamışlardır

Chen ve Avid (1990), humik asitin bitki gelişimi, fosfor ve diğer besin elementleri alımını olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir.

Senesi ve ark. (1990), toprağa ve besin çözeltisine hümik asit uygulamasının bitki kuru ağırlığına, bitki besin elementlerinin alınımına ve tohumların çimlenmesi üzerine olumlu etki yaptığını bildirmişlerdir.

Reed ve ark. (1991), arıtma çamurunun azot kaynağı olarak mısırdaki kullanımı üzerine yaptıkları tarla denemesinde, verim bakımından arıtma çamurunun etkisinin inorganik azotlu gübre kadar olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar arıtma çamuru uygulaması sonrası deneme toprağında ekstrakte edilebilir kadmiyum 2-5 misli, kurşun 2-3 misli, bakır 3-7 misli ve çinko 7-31 misli yükseldiğini bildirmişlerdir.

Wang ve ark. (1991), organik ve kimyasal gübrelerle birlikte 35 lt/ha hümik asit ilave ettikleri herçta üzüm yetiştirmişler ve kontrol parsellerine sadece N, P, K'lu gübre vermişlerdir. Araştırmacılar, hümik asit ile destekli organik gübrelerle daha yüksek meyve verimini elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Pujola ve ark. (1992), arıtma çamuru ilavesiyle toprakta miktarı artan ağır metallere hümik asitin interaksyonu araştırmışlardır. Araştırmaları sonucunda, hümik maddelerin metal katyonlarla kompleksler oluşturarak bitkiler tarafından bunların alınımını etkileyebildiğini bildirmişlerdir.

Cabral ve ark. (1993) tarafından meyve işleme fabrikasından alınan arıtma çamurları ile marulda yaptıkları çalışma sonucunda artan arıtma çamuru uygulamasının hektara 50 ton dozuna kadar verimi azaltmadığı, ancak hektara 50 tondan fazla arıtma çamuru verildiğinde verimde azalmaların olduğu belirlenmiştir.

Fagberno ve Agbolla (1993), Saça ağacının besin elementi ve büyümesi üzerine hümik asitin farklı seviyelerinin etkisini belirlemek için yaptıkları çalışma sonucunda, bitki kuru ağırlığı, bitkinin besin elementi içerik ve alımları ve tohumun çimlenmesine hümik asitin olumlu etkide bulunduğunu tespit etmişlerdir

Yonebayashi ve ark. (1994), humik maddelerin metalleri adsorbe etme gücünün şu sırayı takip ettiğini; $Cu > Fe > Zn > Mn$ ve humik maddelerin şelatlama etkisinin yüksek pH'da daha belirgin olduğunu, bu etkiyle ağır metallerin alınamaz formlara dönüştüğünü bildirmişlerdir.

Wallace ve Garn (1994), yaptıkları bir çalışmada ağır metallerin yalnız başlarına toksik etki yapmadıkları, ancak birlikte toksik etki yaptıklarını bildirmişlerdir. Ayrıca monokotillerin dikotiledonlardan daha fazla dayanıklı oldukları belirtilmiştir. Aynı araştırmacılar arıtma çamurunu bahçecilik ve peyzajda 20-30 yıl kullanmışlardır. Araştırma sonunda laboratuvar da yapmış olduğu analizler ile bitkilerde toksiditenin görüldüğü ve arıtma çamurunun bileşimindeki on ağır metalden beşinin toprakta ve yaprak dokularında arttığını bildirmişlerdir.

Gardiner ve ark. (1995), 5 yıl boyunca hektara 20 ton arıtma çamuru uygulamasının arpa ve ıspanağın kadmiyum içeriklerinde artışa neden olduğu ancak çirko, bakır ve nikel içeriklerinin kadmiyum kadar artmadığı hatta kritik düzeyin altında kaldığını bildirmişlerdir.

Wang (1995), alkalın özellikteki topraklara fosforlu gübre ve hümik asit uygulamasının bitkinin fosfor alımını ve kuru ağırlığını arttırdığını bildirmiştir.

Ayuso ve ark. (1996), arıtma çamuru ve kompostan elde ettikleri hümik asitin, bitki gelişmesi ve besin elementi absorpsiyonuna etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, uygulama ile bitkinin makro element (N, P ve K) içeriğinin arttığını ancak bu artışın her bir makro element için eşit düzeyde olmadığını bildirmişlerdir. Hümik asitin, kök gelişiminden ziyade toprak üstü organlarını daha fazla geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Pedrano ve ark. (1996), kireçli topraklarda verimi ve tarımsal kaliteyi artırmak amacıyla toprağa farklı organik materyal uygulamış ve arıtma çamurunun toprağın N, P, Fe, Cu ve Zn içeriğini artırdığı belirtmişlerdir. Araştırmacılar diğer organik atıklar ile arıtma çamuru arasında verim yönünden bir farklılığın olmadığını belirtmişlerdir.

Sözüdoğru ve ark. (1996), hümik asitin fasulyenin gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda hümik asitin bitki kuru ağırlığına önemli etkide bulunmadığı, bunun yanında besin elementi alımını önemli derecede arttırdığını bildirmişlerdir.

Bragato ve ark. (1997), arıtma çamurunun toprağa uygulamasının toprak mikrobiyal kütlelerine ve ağır metal içeriğine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar artan arıtma çamuru dozlarına bağlı olarak toprağın mikrobiyal kütlelerinin uygulama yapılmayan kontrol toprağına göre önemli düzeyde arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn, Cu, Ni ve Pb muhtevalarının arttığını belirtmişlerdir.

Pinamonti ve ark. (1997), altı yıl boyunca 3 ayrı organik madde uygulanan meyve bahçelerinden alınan bitki ve toprak örneklerinde yaptıkları araştırma sonucunda toprak örneklerinde toplam ve ekstrakte edilebilir Zn, Cu, Ni, Cr, Pb ve Cd miktarlarının arttığını, bitki örneklerinde ise yalnızca Pb ve Cd içeriklerinin yükseldiğini belirtmişlerdir.

Adani ve ark (1998), domatesin gelişimi ve mineral beslenmesi üzerine ticari hümik asitin etkisini araştırmışlar, araştırma sonucunda bitki kuru ağırlığı, bitkinin besin elementi içerik ve alımlarına olumlu etkide bulunduğunu belirtmişlerdir.

Fang ve Wong (1998), ağır metallerin hareketliliği üzerine kireç uygulamasının etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak, kireç uygulaması ile pH'da yükselme ve buna bağlı olarak da suda çözünebilir ve DTPA ile ekstrakte edilebilir metallerin konsantrasyonlarının azaldığını bildirmişlerdir.

Lobartini ve ark. (1998), hümik asit ve mineral besin maddesi uygulanmasının bitki kuru ağırlığına, bitkinin besin elementleri içerik ve alımlarına ve tohumun çimlenmesine olumlu etkide bulunduğunu bildirmişlerdir.

Baveye ve ark. (1999), uzun süreli arıtma çamuru uygulanmış topraklarda iz elementlerin dağılımı üzerine yaptıkları bir çalışmada toprağın 15-75 cm derinliğinde bu elementlerin hareketini incelemişlerdir. Araştırmacılar artan arıtma çamuru uygulamaları ile toprağı 30 cm derinliğinde Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn toplam miktarlarının arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, 30 cm derinlikten sonra kadmiyumun 75 cm derinlikte, çinkonun 45 cm derinlikte ve kromun da 60 cm derinlikte toplam miktarlarının arttığını bildirmişlerdir.

Krebs ve ark. (1999), Zn, Cu ve Cd ile kirlenmiş 3 ayrı lokasyondan aldıkları toprak ve bitki örneklerinde yaptıkları analizler sonucunda toprak pH'sinin üst toprak katmanında yükseldiğini ve toprağın Zn içeriğinin %65 den fazla azaldığını belirlemişlerdir. Yine lokasyonlara göre toprak örneklerindeki Cu azalmasının farklı olduğunu belirtmişlerdir. Alınan çavdar ve marul bitkisi örneklerinde de yaptıkları analizler sonucunda, çavdarda Cu içeriğinin azaldığını, marul da ise Zn ve Cd içeriğinin %22 ile %48 arasında değişen azalmalar olduğunu bildirmişlerdir.

Benítez ve ark. (2000), toprak-bitki sisteminde arıtma çamuru ile buğday bitkisinde yaptıkları çalışmada bitkinin Ni, Co, Cr, Pb ve Cd içeriğinin arttığını ve arıtma çamuru uygulamasının bitkinin kuru madde içeriğini azalttığını bildirmişlerdir.

Bozkurt ve ark. (2000_a), kentsel arıtma çamurunun kışlık arpada azot kaynağı olarak kullanımı üzerine azot gübresi ile karşılaştırmalı olarak yaptıkları araştırmada, arıtma çamuru uygulamaları ile bitkinin azot içeriğinin inorganik azotlu gübre uygulamalarına göre daha fazla arttığını bildirmişlerdir.

Bozkurt ve ark. (2000_b), kireçli bir toprağı uyguladıkları humik asit ve arıtma çamurunun, mısır bitkisinde besin maddesi ve ağır metal kapsamına etkisini araştırmışlardır. Deneme sonunda, artan arıtma çamuru uygulamasına bağlı olarak mısır bitkisinin kuru madde içeriğinin, kök kuru ağırlığının arttığını, yine uygulamaya bağlı olarak toprak üstü aksamalarının N, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu ve Co içeriklerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığını bulmuşlardır. Arıtma çamuru ve humik asitin birlikte uygulandığı saksılardan elde edilen bitkilerde yaptıkları analizlerde ise Cu, Co, Ni, Cr ve Cd içeriklerinde hafif bir azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Karaca ve Haktanır (2000), yaptıkları çalışmada iki farklı işletmenin artan dozlarda arıtma çamurlarını toprağı uygulamışlar ve belirli inkübasyon süresi sonunda toprak örneğinde alınabilir kurşun miktarını ve dehidrogenaz enzimi aktivitesini araştırmışlardır. Sonuç olarak her iki atık uygulaması ile toprağın alınabilir kurşun içeriğinin ve dehidrogenaz enziminin aktivitesinin arttığını belirlemişlerdir.

Theodoratos ve ark. (2000), Yunanistan'ın Lavrian bölgesinde madencilik faaliyetleri ile kirlenmiş alanlara belediye arıtma çamuru uygulamasının etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, %15'lik arıtma çamuru uygulaması yapılmış parsel topraklarında Pb, Zn ve Cd oranları sırasıyla %26, %36 ve %56'lık bir azalma olduğunu belirlemişlerdir.

Chaudri ve ark. (2001), uzun süren arıtma çamuru denemelerinde tarla denemesi olarak yürüttükleri bir çalışmada toprak çözeltisinde toplam ve ekstrakte edilebilir Cd'un önemli düzeyde yükseldiğini bildirmişlerdir. Ayrıca deneme toprağında yetiştirdikleri buğday bitkisinin tanesinde de önemli yükselmelerin olduğunu ancak, bu artışın belirlenen limitin altında olduğunu bildirmişlerdir.

Cogger ve ark. (2001), yaptıkları çalışmada 7 yıl boyunca arıtma çamuru uygulamışlar ve bunu mineral azotlu gübreler ile kıyaslamışlardır. Deneme sonunda toprakların organik C kapsamı, yarıyışlı fosfor, pH ve DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metal içeriğinin yükseldiğini belirtmişlerdir.

Çimrin ve ark. (2001), humik asit ve N, P, K uygulamalarının mısır bitkisinin gelişimi ve besin elementi içeriğine etkisini araştırmışlardır. Gübre uygulamaları ile birlikte humik asitin uygulanması ile bitkinin kuru madde ağırlığı ile N, P, K, Fe, Mn ve Zn içeriği artarken, Ca ve Mg içeriğinin azaldığını belirlemişlerdir.

Lombi ve ark. (2001), endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu kirletilmiş alanlar üzerinde mısır bitkisi ile yaptıkları çalışmada, ağır metallerin (Zn ve Cd için) bulundukları ortamdan uzaklaştırılabilirliğini araştırmışlardır. Yetiştirme periyodu sonucunda mısır bitkisi ile topraktan 8 mg/kg Cd ve 200 mg/kg Zn uzaklaştırabildiğini belirlemişlerdir.

Keller ve ark. (2002), arıtma çamuru uygulamasından sonra çayır-toprak sisteminde ağır metallerin yıkanabilirliğini araştırmışlardır. Bunun için araştırmacılar 100 ton/ha ve 200 ton/ha arıtma çamuru uygulamıştır. Araştırmacılar, uzun süreli uygulamalar sonucunda toprak üst katmanında (0-20 cm'de) ağır metal konsantrasyonunun yükseldiğini belirlemişlerdir. Ayrıca Ni, NO₃-N ve Ca konsantrasyonlarının da yükseldiğini, ancak bu artışın Cu, Cd ve Zn için toksik düzeylerde olmadığını bildirmişlerdir.

Korbulewsky ve ark. (2002), üzüm bağlarına değişen miktarlarda arıtma çamuru uygulayarak toprağın C, N, P ve ağır metal değişimini incelemişlerdir. Sonuç olarak arıtma çamuru ilavesiyle toprakların organik madde içeriği, makro besin elementleri ve ağır metal içeriğinde yükselmeler olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1. Araştırma yerinin genel tanıtımı ve iklim özellikleri

Araştırma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampus alanındaki Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkilerine ait araştırma ve uygulama bahçesinde tarla denemesi olarak yürütülmüştür.

Van ilimiz Doğu Anadolu Bölgesi'nde, karasal iklimin hüküm sürdüğü, batısında Van Gölü bulunan etrafı dağlarla çevrili bir ilimizdir. Denizden yüksekliği 1727 m. Olup, 33° 28' kuzey enlemi ve 43° 21' doğu boyları koordinatlarında yer almaktadır (Anonim, 1971).

Van ilinde kış mevsimi soğuk ve karla örtülü, yaz ayları ise serin ve kurak geçmektedir.

Araştırmanın yürütüldüğü vejetasyon periyoduna ait sıcaklık, yağış ve nispi nem değerleri Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Van ilinin 2001 yılına ait bazı iklim özelliklerinin aylık ve uzun yıllar ortalama (UYO) değerleri (Anonim, 2002)

Aylar	Sıcaklık (C°)				Yağ. Ort.		Nispi nem	
	Min.	Ort.	Max.	UYO	(mm)	UYO	(%)	UYO
Ocak	-9.0	-3.3	-0.2	-4.0	30.8	38.3	68.1	70.0
Şubat	-10.8	-0.8	-0.7	-3.6	7.7	33.4	71.7	70.0
Mart	-2.2	3.4	6.2	0.7	66.6	45.1	68.6	69.0
Nisan	1.1	6.9	8.8	7.2	107.4	54.4	69.5	63.0
Mayıs	4.3	10.3	12.3	12.9	54.8	46.3	57.6	67.0
Haziran	6.6	15.9	16.8	17.8	20.4	18.4	49.5	50.0
Temmuz	13.0	22.6	25.2	22.0	3.1	5.1	46.4	44.0
Ağustos	-	-	-	21.5	-	3.9	-	42.0
Eylül	10.5	15.9	16.9	17.0	1.5	10.5	40.0	43.0
Ekim	2.4	11.4	12.4	10.3	56.2	45.4	57.0	59.0
Kasım	-10.4	3.9	6.2	4.3	82.9	47.5	65.3	67.0
Aralık	-12.4	1.2	5.2	-1.1	51.3	32.1	67.0	69.0
Toplam					482	380		
Ortalamalar		8.5		8.8			60.1	58.6

3.1.2. Araştırma yerinin toprak özellikleri

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü laboratuvarında yapılan analizlerde denemeye ait toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2’nin incelenmesinden görüleceği üzere, bildirilen sınır değerlerine göre deneme alanı toprağı kumlu-killi-tınlı bünyeli, hafif alkali reaksiyonlu, tuzsuz, orta düzeyde kireçli, organik madde, azot ve kalsiyum içeriğı düşük, fosfor, potasyum ve magnezyum içeriğı yeterli düzeyde olduğı belirlenmiştir (Anonim 1982).

3.1.3. Tarla denemesi

Deneme 2001 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampus alanı içersindeki Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait araştırma ve uygulama bahçesinde kurulmuştur. Denemede bitki materyali olarak sertifikalı Yedikule marul çeşidi kullanılmıştır.

Deneme üç tekrarlamalı, tesadüf blokları deneme desenine göre toplam 30 parselde yürütülmüştür. Denemede şansa bağılı olarak belirlenen parsellere arıtma çamurunun 3 farklı dozu (2, 4, 8, ton/da) uygulanmıştır. Humik asit (25 kg/da) sabit doz olarak uygulanmıştır. Ayrıca deneme konusu içinde yer alan ahır gübresinin de şansa bağılı olarak belirlenen parsellere 3 farklı dozu (2, 4, 8, ton/da) uygulanmıştır.

Deneme konuları şu şekilde oluşturulmuştur:

- 1- Kontrol
- 2- A.Ç₁ (2 ton/da Arıtma çamuru)
- 3- A.Ç₂ (4 ton/da Arıtma çamuru)
- 4- A.Ç₃ (8 ton/da Arıtma çamuru)
- 5- A.Ç₁ + HA (2 ton/da Arıtma çamuru + 25 kg/da Humik asit)
- 6- A.Ç₂ + HA (4 ton/da Arıtma çamuru + 25 kg/da Humik asit)
- 7- A.Ç₃ + HA (8 ton/da Arıtma çamuru + 25 kg/da Humik asit)
- 8- A.G₁ (2 ton/da Ahır gübresi)
- 9- A.G₂ (4 ton/da Ahır gübresi)
- 10- A.G₃ (8 ton/da Ahır gübresi)

Denemenin yapıldığı yıl toprak işlemesi Nisan ayı içersinde yapılmıştır. Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamaları dikimden 1 hafta önce toprağı karıştırılmıştır. Denemede kullanılan marul fideleri, dikimden bir ay öncesinde kasalara ekilerek, 3-4 haftalık bir periyot sonunda 2-3 yapraklı olunca parsellere şaşırtılmıştır.

Deneme 2.5m² (1.25mx2m)’lik parsellerde toplam 75m² (2.5m²x30 adet) büyüklüğündeki alanda yapılmıştır. Ekim, parsel içersinde 5 sıra olacak şekilde ve parselde toplam 50 bitki olacak şekilde 20 cm sıra arasına ve 25 cm sıra üzerine yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	Tekstür sınıfı	pH	Tuz	Kireç	Organik madde	Toplam		Değişebilir							Yarayırlı		
						N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu			
0-20	Kumlu-killi-tın	8.92	0.026	6.6	1.05	0.07	16.0	760	0.39	357	5.8	9.2	1.4	2.6			
20-40	Kumlu-killi-tın	9.00	0.030	6.9	0.41	0.05	8.9	622	0.42	210	5.3	4.1	0.26	2.1			
	(1:2.5)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)			

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan arıtma çamuru, ahır gübresi ve humik asit'e ait kimyasal özellikler

Kullanılan materyaller	pH	Organik madde (%)	Tuz (%)	Toplam											
				Azot (%)	Fosfor (ppm)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	Cd (ppm)
Arıtma çamuru	8.22	29.4	0.03	1.22	1628	0.23	0.19	0.082	941	660	138	492	18.6	18.5	0.85
I.V.S.D.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3000	1200	-	1200	200	20
Ahır gübresi	6.42	33.8	1.20	0.74	1062	0.20	0.25	0.105	886	64	28	451	5.86	6.2	0.05
Humik asit	3.50	86.0	1.00	0.004	0.004	0.09	3.00	0.57	8800						

*I. V. S. D. (İzin Verilen Sınır Değerler): Özбек ve ark. (1995)

3.1.4. Denemede kullanılan arıtma çamuru, ahır gübresi ve humik asitin özellikleri

Denemede kullanılan arıtma çamuru Van Belediyesine ait arıtma tesisinden, ahır gübresi Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümüne ait ahırlardan alınmıştır. Ticari ismi Agrolig olan humik asit kullanılmıştır. Arıtma çamuru, ahır gübresi ve humik asite ait özellikler Çizelge 3.3'te verilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması

Deneme alanından Jackson (1958)'ın belirttiği şekilde alınan toprak örnekleri bez torbalara konulmuş ve laboratuara getirilmiştir. Laboratuarda uygun koşullarda kurutulduktan sonra ağaç tokmak ile dövülmüş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analiz süresince kapaklı plastik kutularda muhafaza edilmiştir.

3.2.2. Toprak örneklerinde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler

3.2.2.1. Tekstür

Bouyoucus (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir.

3.2.2.2. Toprak reaksiyonu

Jakson (1958) tarafından bildirilen 1:2.5 toprak-su karışımında belirlenmiştir.

3.2.2.3. Total Tuz

Richards (1954)'ın bildirdiği şekilde saturasyon çamurunda elektriksel iletkenlik, elektriki kondaktivitimetre aleti ile ($k=1$) ölçülerek toplam eriyebilir tuz içeriği hesaplanmıştır .

3.2.2.4. Kireç

Hızalan ve Ünal (1966) tarafından belirtildiği gibi, Scheibler kalsimetresi kullanılarak saptanmıştır.

3.2.2.5. Organik Madde

Modifiye edilmiş Walkey Black yöntemine göre belirlenmiştir (Walkley, 1947).

3.2.2.6. Azot

Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar, 1994).

3.2.2.7. Alınabilir fosfor

Sodyum bikarbonat yöntemine göre belirlenmiştir (Olsen ve ark., 1954).

3.2.2.8. Değişebilir Potasyum, Kalsiyum ve Magnezyum

Thomas (1982)'a göre 1 N Amonyum asetat ile çalkalanarak belirlenmiştir.

3.2.2.9. Yarayırlı mikro besin ve ağır metal analizleri

AB-DTPA ile çalkalanarak Güzel ve ark. (1990)'ın belirttiği şekilde yapılmıştır.

3.2.3. Bitki örneklerinde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler

3.2.3.1. Toplam verim (gr)

Kenar etki payı göz önüne alınarak kök boğazından hasad edilen bitkiler parselden alınan halleri ile tartılarak hesaplanmıştır.

3.2.3.2. Baş çevresi (cm)

Kök boğazından hasat edilen bitkilerin tam orta kısmından mezro ile baş çevresi ölçülmüş ve her parsel için ortalamalar hesap edilmiştir.

3.2.3.3. Baş yüksekliği (cm)

Kök boğazından hasat edilen bitkilerin kök boğazı ile tepe noktası arasındaki mesafe cetvel yardımıyla ölçülmüş ve her parsel için ortalamalar hesap edilmiştir.

3.2.3.4. Tüketilebilir verim (gr)

Kök boğazından kesilerek hasat edilen bitkilerin en dıştaki sararmış, bozulmuş, çürümüş veya çok katılaşarak yenilemeyen yaprakları kopararak tekrar tartılması ile bulunup ve her parsel için ortalamaları hesaplanmıştır.

3.2.3.5. Yaprak sayısı (adet)

Her parselden belli sayıda bitki alıp yaprakları sayılıp, ortalaması alınmıştır.

3.2.3.6. Azot içeriği

Kacar (1984) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir.

3.2.3.7. Besin elementi ve ağır metal analizleri

Kacar (1984)'ın bildirdiği şekilde kuru yakma yöntemi ile elde edilen ekstraktlarda fosfor, barton çözeltisi ile renklendirme yapılarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Diğer elementler Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde belirlenmiştir.

3.2.4. Arıtma çamuru ve ahır gübresinde yapılan analizler

3.2.4.1. Organik madde

Modifiye edilmiş Walkey Black yöntemine göre belirlenmiştir (Walkley, 1947).

3.2.4.2. pH

Jackson'a göre belirlenmiştir (Jakson, 1958).

3.2.4.3. Toplam azot (%)

Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar, 1994).

3.2.4.4. Toplam fosfor (%)

Yaş yakma yöntemine göre kolorimetrik olarak belirlenmiştir (Kacar, 1994).

3.2.4.5. Toplam besin elementi ve ağır metal analizleri

Yaş yakmayla Khan ve Frankland (1983)'a göre Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde ölçülmüştür.

3.2.5. İstatistiksel analizler

Denemede elde edilen veriler 'Costat' istatistik paket programından yararlanılarak analiz edilmiş, etkileri önemli bulunan uygulamalara ait tüm ortalamalar "Duncan çoklu karşılaştırma" testine göre gruplandırılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada ele alınan bitki ve toprak örnekleri için materyal ve yöntem bölümünde belirtilen analizlere ait değerler aşağıda belirtilmiştir.

4.1. Uygulamaların Verim ve Verim Kriterlerine Etkileri

Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi uygulamaların toplam verim, tüketilebilir verim, baş çevresi, baş yüksekliği ve yaprak sayısına etkisi önemli bulunmuştur.

Duncan testi sonucuna göre, arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının kontrole göre marul bitkisinin toplam verim, tüketilebilir verim, baş çevresi, baş yüksekliği ve yaprak sayısını artırdığı gözlenmektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2'den de görüldüğü gibi, toplam verimde en yüksek ağırlıklar sırasıyla, 303.6 gr, 283.7 gr ve 275.0 gr ile AG₃, AÇ₃ ve AÇ₃+HA uygulamalarında elde edilirken, en düşük ağırlık 98.7 gr ile kontrol parselinden elde edilmiştir.

Tüketilebilir verimde en yüksek ağırlıklar sırasıyla 268.9 gr, 265.7 gr ve 206.9 gr ile AG₃, AÇ₃+HA ve AÇ₃ uygulamalarında elde edilmiştir. En düşük tüketilebilir baş ağırlık ise 81.2 gr ile kontrol parselinden elde edilmiştir (Çizelge 4.2).

Gravnaska (1994), Türkmen ve ark. (2000), benzer konuda yaptıkları çalışmada arıtma çamuru ilavesiyle bitkilerin verimlerinin artırılabilirliğini bildirmişlerdir.

Bozkurt ve ark. (2000_b), arıtma çamuru ve humik asit ilavesi ile mısır bitkisinin toprak üstü aksamında kontrole göre önemli artış olduğunu bildirirlerken, Gültekin (1995), yapmış olduğu saksı çalışmasında, artan arıtma çamuru ilavesi ile marul bitkisinin kök ve yaparak kuru ağırlığının azaldığını belirtmiştir.

Çizelge 4.2 de görüldüğü gibi baş çevresinde en yüksek değerler sırasıyla, 39.3 cm, 37.9 cm ve 37.7 cm ile AÇ₃, AÇ₃+HA ve AG₃ uygulamalarında elde edilmiştir. En düşük baş çevresi ise 26.8 cm ile yine kontrol parselinde elde edilmiştir.

Baş yüksekliğin de en yüksek değerler sırasıyla, 28.1 cm, 28.1 cm ve 27.4 cm ile AÇ₃, AG₃ ve AÇ₃+HA uygulamalarında elde edilmiştir. En düşük baş yüksekliği ise 17.8 cm ile kontrol parselinde elde edilmiştir (Çizelge 4.2).

Yaprak sayısı bakımından da en yüksek ortalamalar sırasıyla 48 adet, 47 adet ve 47 adet ve ile AG₃, AÇ₃ ve AÇ₃+HA uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük ortalama ise 33 adet ile kontrol parselinden elde edilmiştir (Çizelge 4.2).

Arıtma çamuru ve humik asitin uygulandığı parsellerde verim kriterleri üzerine humik asitin etkisi önemsiz kalmıştır. Bu da kısmen humik asitin dozunun düşük oluşuna kısmen de marulun vejetasyon süresinin kısalığına bağlanabilir.

Arıtma çamuru ve ahır gübresi ilavesiyle marul bitkisinin verim ve verim kriterlerindeki bu artışlar hem arıtma çamurunun hem de ahır gübresinin organik madde ve besin elementi içeriğinin yüksek oluşuna ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmesi ile açıklayabiliriz.

Çizelge 4.1. Arıtma çamuru, humik asit ve ağır gübresi uygulamalarının bitkinin verim kriterlerine etkilerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Toplam verim		Tüketilebilir verim		Yaprak sayısı		Baş yıklıklığı		Baş çevresi	
		K.O	F Değeri	K.O	F Değeri	K.O	F Değeri	K.O	F Değeri	K.O	F Değeri
Blok	2	14930	10.3***	19256	10.9***	29	1.94	47.5	8.61**	1272.4	160.5***
Uygulamalar	9	13408	9.2***	11901	6.75***	63	4.28**	30.1	5.46**	47.0	5.85***
Hata	18	1455		1765		15		5.5		1.9	
Genel	29										

** ve *** ile gösterilen F değerleri sırasıyla %1 ve %0.1 düzeylerinde önemlidir

Çizelge 4.2. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin verim kriterlerine etkilerine ait ortalama değerler

Uygulamalar	Toplam verim (gr)	Tüketilebilir verim (gr)	Baş çevresi (cm)	Baş yüksekliği (cm)	Yaprak sayısı (adet)
Kontrol	98.7 d	81.2 d	26.8 d	17.8 d	33 c
AÇ ₁	189.2 c	173.7 c	36.2 ab	24.2 abc	43 ab
AÇ ₂	187.1 c	169.6 c	33.1 bc	24.6 abc	47 ab
AÇ ₃	283.7 a	206.9 ab	37.9 ab	28.1 a	47 a
AÇ ₁ +HA	142.5 cd	135.4 cd	32.5 bc	21.7 cd	39 bc
AÇ ₂ +HA	214.2 bc	190.8 bc	34.8 ab	25.4 abc	43 ab
AÇ ₃ +HA	275.0 ab	265.7 ab	37.7 ab	27.4 ab	47 a
AG ₁	146.0 cd	133.4 cd	29.3 cd	23.0 bc	44 ab
AG ₂	196.7 c	176.5 c	34.7 ab	24.8 abc	41 ab
AG ₃	303.6 a	268.9 a	39.3 a	28.1 a	48 a

a,b,c,d,: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir ($p<0.05$)

4.2. Uygulamaların Bitkinin Azot, Fosfor, Potasyum, Magnezyum ve Kalsiyum İçeriğine Etkisi

Çizelge 4.4.'de görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin azot, fosfor, potasyum ve magnezyum içeriğine etkisi önemli bulunmuştur. Bitkinin kalsiyum içeriğindeki değişim önemsiz bulunmuştur.

Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamaları kontrole göre marul bitkisinin azot, fosfor, potasyum, ve magnezyum içeriğini artırmasına karşılık uygulamalara bağlı olarak bitkinin kalsiyum içeriği azalmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait ortalama değerler (%)

Uygulamalar	Azot	Fosfor	Potasyum	Kalsiyum	Magnezyum
Kontrol	1.29 c	0.313 e	4.43 e	1.03	0.32 d
AÇ ₁	1.82 ab	0.346 de	4.93 de	1.14	0.34 cd
AÇ ₂	1.83 ab	0.386 cd	5.23 cd	1.13	0.44 ab
AÇ ₃	1.86 ab	0.496 a	5.97 ab	1.06	0.47 a
AÇ ₁ +HA	1.76 ab	0.383 cd	4.50 e	1.11	0.35 cd
AÇ ₂ +HA	1.78 ab	0.456 ab	5.23 cd	1.10	0.37 cd
AÇ ₃ +HA	1.90 ab	0.486 ab	6.17 a	1.07	0.38 bcd
AG ₁	1.95 ab	0.400 c	4.60 e	1.15	0.35 cd
AG ₂	2.02 a	0.400 c	5.43 bcd	1.10	0.40 abcd
AG ₃	1.81 ab	0.446 b	5.83 abc	1.05	0.42 abc
Yeter düzey*	4.0-5.5	0.45-0.70	4.2-6.0	1.20-2.10	0.35-0.60

a,b,c,d,e: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir ($p<0.05$)

*İbrikçi ve ark. (1994)

Çizelge 4.4. Artıma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin makro element içeriğine etkisine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Azot		Fosfor		Potasyum		Kalsiyum		Magnezyum	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
Blok	2	0.038	1.59	0.0051	9.10*	0.082	0.76	0.009	1.86	0.0012	0.66
Uygulamalar	9	0.120	4.94**	0.0100	18.63***	1.150	10.83***	0.005	0.99	0.0076	4.18**
Hata	18	0.023		0.0005		0.107		0.005		0.0018	
Genel	29										

*, ** ve *** ile gösterilen F değerleri sırasıyla %5, %1 ve %0.1 düzeylerinde önemlidir

Çizelge 4.3'den de izlenildiği gibi Duncan testine göre bitkinin azot içeriği kontrolden farklılık göstermesine karşılık bu artışlar kendi içerisinde önemsiz bulunmuştur. Uygulamalara bağlı olarak en yüksek azot içeriği %2.02 ile AG₂'de elde edilirken en düşük azot içeriği %1.23 ile kontrol parselinde elde edilmiştir.

Bitkinin fosfor içeriği bakımından en yüksek artışlar sırası ile %0.496 ve %0.486 ile AÇ₃ ve AÇ₃+HA iken ahır gübresi uygulamalarında en yüksek artış %0.446 ile AG₃ de görülmüştür . En düşük artış ise %0.313 ile kontrol parselinde elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Potasyum içeriğindeki en yüksek artışlar sırasıyla %6.17, %5.97 ve %5.83 ile AÇ₃+HA, AÇ₃ ve AG₃ 'de görülmüştür. En düşük potasyum içeriği ise %4.43 ile kontrol parselinde elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Uygulamalara bağlı olarak, bitkinin kalsiyum içeriğinde kontrole göre bir artış söz konusu iken, uygulamalar kendi içerisinde azalmakta ve bu azalma önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Bitkinin magnezyum içeriği ise uygulamalara bağlı olarak artmış ve en yüksek artışlar sırasıyla %0.47, %0.40 ile AÇ₃ ve AG₃ de görülmüştür. Humik asit ile arıtma çamurunun birlikte uygulandığı parsellerde ise en yüksek artış %0.38 ile AÇ₃+HA' da gözlenmiştir. En düşük değer ise %0.32 ile kontrol parselinden elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Humik asit uygulamasının bitkinin azot, potasyum ve kalsiyum içeriğine etkisi önemsiz iken fosfor içeriğinde artış sağlamış, magnezyum içeriğinde de çok az bir artış sağlamıştır (Çizelge 4.3).

İbrikçi ve ark. (1994)'nın bildirdiği yeterlilik değerleri ile karşılaştırıldığında, elde edilen bu değerler marul bitkisi için azot ve kalsiyum bakımından noksan, fosfor ve magnezyum kontrol parselinde noksan ancak uygulamalara bağlı olarak bir artış, potasyum bakımından ise yeterli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3.)

Gravnaska (1994), arıtma çamuru ile yaptığı çalışmada bitkinin azot, fosfor ve potasyum içeriğinin arttığını bildirirken, kalsiyum içeriğinin ise uygulamalara bağlı olarak azaldığını bildirmiştir. Magnezyum içeriğinin ise kontrole göre fazla bir fark göstermediğini belirtmiştir.

Bozkurt ve ark. (2000_a), yaptıkları çalışmada arıtma çamurunun artan dozlarına bağlı olarak arpa bitkisinin azot ve fosfor içeriğinin artmasına karşılık potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğindeki değişimlerin önemsiz olduğunu bildirmişlerdir.

Bozkurt ve ark. (2000_b), arıtma çamuru ve humik asit uygulamasının mısır bitkisinin azot, fosfor, kalsiyum ve magnezyum içeriğini artırmışken, potasyum içeriğinde ise önemli bir değişme olmadığını bildirmişlerdir.

4.3. Uygulamaların Bitkinin Mikro Element İçeriğine Etkisi

Çizelge 4.5’de görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin demir, mangan, çinko ve bakır içeriğine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin mikro element içeriğine etkilerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Demir		Mangan		Çinko		Bakır	
		K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
		Değeri		Değeri		Değeri		Değeri	
Blok	2	276.03	4.91*	84.23	2.47	16.03	0.86	0.223	1.99
Uygulamalar	9	53.18	0.94	42.81	1.25	32.81	1.07	0.123	1.10
Hata	18	56.14		34.04		18.51		0.111	
Genel	29								

*ile gösterilen F değeri %5 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi uygulamalara bağlı olarak bitkinin demir içeriğinde kontrole göre azalma olmakla birlikte bu azalma Duncan testine göre önemsiz bulunmuştur. Uygulamalara bağlı olarak bitkinin en düşük demir içeriği 82.7 ppm ve 81.7 ppm ile 8 ton/da ahır gübresi ve 8 ton/da arıtma çamuru uygulamalarından elde edilmiştir.

Uygulamalara bağlı olarak bitkinin mangan içeriğindeki en düşük değerler 50.3 ppm ve 51.0 ppm ile AÇ₃ ve AÇ₃+HA uygulamalarında elde edilirken, en yüksek değer 60.0 ppm ile kontrol parselinden elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin mikro element içeriğine ait ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	Demir	Mangan	Çinko	Bakır
Kontrol	95.3	60.0	41.0	6.60
AÇ ₁	86.7	59.0	41.7	6.36
AÇ ₂	84.3	54.6	39.7	6.23
AÇ ₃	81.7	50.3	39.6	6.03
AÇ ₁ +HA	91.3	55.7	34.7	6.43
AÇ ₂ +HA	88.7	56.0	33.7	6.20
AÇ ₃ +HA	84.3	51.0	33.3	6.20
AG ₁	89.7	58.0	35.7	6.63
AG ₂	87.7	56.0	34.7	6.60
AG ₃	82.7	52.3	33.4	6.40
Yeter düzey	50-100	15-200	25-250	8-25

*: Alpaslan ve ark. (1998)

Bitkinin çinko içeriği uygulamalara bağlı olarak azalma göstermekte, en düşük değerler, 33.3 ppm ve 33.4 ppm ile AC_3+HA ve AG_3 uygulama parsellerinde elde edilmiştir. En yüksek çinko içeriği ise 2 ton/da arıtma çamuru ve kontrol parsellerinde elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Uygulamalara bağlı olarak bitkinin bakır içeriğindeki en düşük değer 6.03 ppm ile AC_3 , en yüksek bakır içeriği ise 6.63 ppm ve 6.60 ppm ile AG_1 ve kontrol parselden elde edilmiştir (Çizelge 4.6)

Gardiner ve ark. (1995) yapmış oldukları çalışmada arıtma çamuru ilavesi ile arpa bitkisinin Zn, Cu ve Ni içeriğinin kontrole göre artış göstermediğini bildirirlerken, Kırımhan ve ark. (1983), Gültekin (1995), Pinamonti ve ark. (1997), Bozkurt (2000_a), Bozkurt (2000_b), Çimrin ve ark. (2001), Benitez ve ark. (2001), benzer konuda yaptıkları çalışmalar sonunda artan dozlarda arıtma çamuru uygulamaları ile bitkinin mikro element miktarlarının arttığını bildirmişlerdir. Araştırmamızda elde edilen sonuçlar ile literatürde bildirilen mikro besin elementi düzeyleri arasındaki bu farklılık muhtemelen araştırmada kullanılan arıtma çamurunun mikro element içeriği ve kullanılan dozların farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.6'da görüldüğü üzere elde edilen bu değerler Alpaslan ve ark. (1995)'nin bildirmiş olduğu değerler ile karşılaştırdığımızda demir, mangan ve çinko yeter düzeyler içerisinde olduğu, ancak bakır için ise yeter düzeyin altında olduğu görülmüştür.

4.4. Uygulamaların Bitkinin Ağır Metal İçeriğine Etkileri

Çizelge 4.7'de görüldüğü gibi uygulamaların bitkinin kadmiyum içeriğine etkisi önemli bulunmuştur. Nikel ve krom içeriğine etkisi ise önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Arıtma çamuru, hümkik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin ağır metal içeriğine etkilerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Kadmiyum		Nikel		Krom	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
Blok	2	6.87×10^{-4}	5.39*	0.250	1.75	1.03	1.92
Uygulamalar	9	4.00×10^{-4}	3.14*	0.194	1.38	0.63	1.17
Hata	18	1.27×10^{-4}		0.140		0.54	
Genel	29						

*ile gösterilen F değeri %5 düzeyinde önemlidir

Uygulamalara bağlı olarak bitkinin kadmiyum içeriğindeki en yüksek artışlar sırasıyla 0.078 ppm, 0.067 ppm ve 0.051 ppm ile AC_3 , AG_3 ve AC_3+HA 'da elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Bitkinin nikel içeriği ise uygulamalara bağlı olarak en yüksek değerler sırasıyla; 1.63 ppm, 1.52 ppm, 1.57 ppm, 1.53 ppm ve 1.37 ppm ile AG₃, AÇ₃, AÇ₃+HA, AÇ₂+HA ve AG₂ elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Marul bitkisinin artan dozlara bağlı olarak krom içeriğindeki en yüksek artışlar sırasıyla; 1.69 ppm, 1.67 ppm ve 1.53 ppm ile AG₃, AÇ₃+HA ve AÇ₃ de elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Arıtma çamuru verilmiş parsellerde kadmiyum içeriğinde önemli bir artış görülürken, nikel ve krom içeriğinde önemli bir değişim olmamıştır (Çizelge 4.8.).

Arıtma çamuru ve humik asitin birlikte uygulandığı parsellerde ki bitkilerin kadmiyum içeriğinde humik asit uygulanmayan arıtma çamuru parselleri bitkilerine göre daha az bir alınam söz konudur. Yani humik asit bitkinin kadmiyum alınımini azalttığını söyleyebiliriz.

Çizelge 4.8. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının bitkinin ağır metal içeriğine ait ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	Kadmiyum	Nikel	Krom
Kontrol	0.053 bc	1.10 d	1.13 b
AÇ ₁	0.052 bc	1.23 cd	1.37 ab
AÇ ₂	0.063 abc	1.32 bcd	1.50 ab
AÇ ₃	0.078 a	1.37 abcd	1.53 a
AÇ ₁ +HA	0.049 bc	1.25 cd	1.33 ab
AÇ ₂ +HA	0.050 bc	1.52 abc	1.57 a
AÇ ₃ +HA	0.051 bc	1.53 abc	1.67 a
AG ₁	0.058 bc	1.35 abcd	1.15 b
AG ₂	0.064 abc	1.57 ab	1.35 ab
AG ₃	0.067 ab	1.63 a	1.69 a
Normal değerler *	0.050-0.400	0.1-1.00	0.10-3.00

a,b,c,d: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir (p<0.05)

*: Özbek ve ark (1995)

Çizelge 4.8.'de görüldüğü gibi elde edilen bu değerler Özbek ve ark. (1995)'nin bildirdiği yeter düzeyler ile karşılaştırdığımızda kadmiyum ve krom için normal değerler içerisinde, nikel için ise normal sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. Buna karşılık bitkinin nikel konsantrasyonu Lopez-Mosquera ve ark. (2000)'nin bildirdiği kritik düzey ile karşılaştırdığımızda toksik düzeyin (5 ppm) altında olduğu anlaşılmıştır.

Gravnaska (1994), yaptığı çalışmada arıtma çamuru ilavesi ile sebze türleri arasında kadmiyum içeriği açısından farklılık olduğunu, kimi sebzelerde kontrole göre önemli bir artış söz konusu iken, kimi sebzelerde bir değişimin olmadığını bildirmiştir.

Bozkurt ve ark. (2000), arıtma çamuru ve humik asit ilavesi ile mısır bitkisinin Co, Ni, Cr ve Cd içeriklerinde hümik asit uygulanmaması durumuna göre hafif azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Yine Bozkurt ve ark. (2000_b), yaptıkları başka bir çalışmada arıtma çamuru ilavesi ile arpa bitkisinin Co, Ni, Cr ve Cd içeriğinde önemli bir değişimin olmadığını bildirmişlerdir.

Bunzi ve ark. (2001), arıtma çamuru ilave edilmiş topraklarda yetiştirdikleri marul bitkisinin As, Pb, Cu, TI ve Zn içeriklerinin kontrole göre çok daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Vasseur ve ark. (1998), kireçleme işlemine tabi tutulmuş arıtma çamuru ilavesi ile tere ve yonca bitkisinin kontrol bitkilerine kıyasla Cd ve Ni içeriklerinin çok az bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Pinamonti ve ark. (1997), 3 yıl boyunca arıtma çamuru uygulaması sonunda bitkinin ağır metal içeriğinde (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd ve Cr) önemli bir artış olmadığını belirlemişlerdir.

4.5. Uygulamaların Toprağın Kimyasal Özelliklerine Etkisi

4.5.1. Uygulamaların toprağın organik madde, pH ve tuz içeriğine etkisi

Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi uygulamalar toprağın organik madde ve tuz içeriğine etkisi önemli bulunmuştur. Uygulamaların toprak pH'sı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.9. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20cm) kimyasal özelliklerine etkilerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Organik madde		PH		Tuz	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
Blok	2	0.070	0.31	0.128	2.94	4.3×10^{-6}	1.08
Uygulamalar	9	0.130	5.81***	0.050	1.14	3.7×10^{-4}	9.43***
Hata	18	0.022		0.044		3.9×10^{-5}	
Genel	29						

*** ile gösterilen F değeri %0.1 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi uygulamaların alt toprağın organik madde ve tuz içeriğine etkisi önemli iken, uygulamaların toprak pH'sı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır

Çizelge 4.10. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) kimyasal özelliklerine etkilerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Organik madde		PH		Tuz	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
Blok	2	0.002	0.092	0.157	15.8***	7.58×10^{-4}	4.46*
Uygulamalar	9	0.098	4.97**	0.009	0.95	5.34×10^{-4}	3.14*
Hata	18	0.019		0.009		1.69×10^{-4}	
Genel	29						

*, ** ve *** ile gösterilen F değerleri sırasıyla %5, %1 ve %0.1 düzeylerinde önemlidir

Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi uygulamalara bağlı olarak üst toprağın (0-20 cm) tuz içeriğinde önemli bir artış olup en yüksek değerler sırasıyla; %0.034, %0.037 ve %0.037 ile AC_3 , AC_3+HA ve AG_3 'de elde edilmiştir.

Duncan testi sonucuna göre uygulamalara bağlı olarak alt toprağında (20-40 cm) tuz içeriği kontrole göre artış göstermiş ancak, önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.12).

Toprağın tuz içeriğinin yükselmesi kullanılan arıtma çamuru ve ahır gübresinin değişebilir katyon ve tuz içeriğinin yüksek oluşuna bağlanabilir.

Farklı kireç dozları ile muamele edilmiş arıtma çamurunun toprağa uygulanması ile toprağın tuz içeriğindeki değişimleri inceleyen Fang ve Wong (1998) araştırmaları sonucunda arıtma çamuru ilavesiyle toprağın tuz içeriğinin yükseldiğini ancak bu yükselişin kontrol toprağının tuz içeriğinin altında kaldığını bildirmişlerdir.

Üst ve alt toprağın pH değerleri kontrole göre dalgalı bir değişim göstermesine karşılık bu artışlar ve azalmalar Duncan testine göre önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.11., Çizelge 4.12.).

Snyman ve ark. (1998), arıtma çamuru uygulamasının toprak pH'sı üzerine etkisinin önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Bozkurt ve ark. (2000_b), arıtma çamuru uygulamalarının toprağın pH'sı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi üst toprağın (0-20 cm) organik madde içeriği uygulamalara bağlı olarak artmış, bu artışlar içerisinde en yüksek değerler sırasıyla; %1.76, %1.65 ve %1.57 ile AC_3 , AC_3+HA ve AG_3 uygulamalarında elde edilmiştir.

Alt toprağın (20-40 cm) organik madde içeriği de kontrol toprağına göre önemli düzeyde artmıştır. En yüksek artışlar sırasıyla; %1.01 %0.98, %0.98, %0.97 ve ile AC_3+HA , AC_3 , AG_3 ve AG_2 'de elde edilmiştir (Çizelge 4.12.).

Çizelge 4.11 Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) kimyasal özelliklerine etkisine ait ortalama değerler

Uygulamalar	Tuz (%)	pH	Organik madde (%)
Kontrol	0.026 d	8.89	1.05 e
AÇ ₁	0.032 bc	8.67	1.46 bd
AÇ ₂	0.033 bc	8.97	1.47 bd
AÇ ₃	0.034 bc	8.86	1.76 a
AÇ ₁ +HA	0.030 bc	9.02	1.25 de
AÇ ₂ +HA	0.029 cd	8.84	1.52 ad
AÇ ₃ +HA	0.037 a	9.05	1.65 ab
AG ₁	0.033 b	8.98	1.28 ce
AG ₂	0.031 bc	8.82	1.36 bd
AG ₃	0.037 a	8.99	1.57 ac

a,b,c,d,e: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir (p<0.05)

Çizelge 4.12. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) kimyasal özelliklerine etkisine ait ortalama değerler

Uygulamalar	Tuz (%)	pH	Organik madde (%)
Kontrol	0.030 b	9.01	0.41 c
AÇ ₁	0.036 ab	8.98	0.85 ab
AÇ ₂	0.037 ab	8.89	0.88 ab
AÇ ₃	0.037 ab	8.94	0.98 ab
AÇ ₁ +HA	0.032 b	9.01	0.73 b
AÇ ₂ +HA	0.041 a	8.91	0.99 ab
AÇ ₃ +HA	0.041 a	8.97	1.01 a
AG ₁	0.035 ab	9.01	0.79 ab
AG ₂	0.042 a	8.87	0.97 ab
AG ₃	0.041 a	9.02	0.9 8ab

a,b,c: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir (p<0.05)

Fang ve Wong (1998), bu konuda yaptıkları çalışmada kireçlenmiş arıtma çamurunun uygulaması ile toprağın C/N oranının kontrole göre daha az azaldığını bildirmişlerdir.

Cogger ve ark. (2001), artan arıtma çamuru uygulamaları ile toprağın 0-15 cm derinliğinde organik karbon içeriğinin arttığını bildirmişlerdir.

Lopez-Mosquera ve ark. (2000), dört yıl boyunca arıtma çamuru uygulanmış çayır topraklarının tuz, organik madde ve pH'sında önemli düzeyde değişimlerin olduğunu bildirmişlerdir.

Pinamonti ve ark. (1997), arıtma çamuru ve badem kabuğu uygulanmış parsellerde toprağın organik madde ve tuz içeriğinin arttığını belirlemişlerdir. Arıtma çamuru uygulanmış parsellerin tuz ve organik madde içeriğinin badem kabuğu uygulanmış parsel toprağının tuz ve organik madde içeriğinden daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

4.5.2. Uygulamaların toprağın toplam azot, yarıyışlı fosfor ve değışebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum içeriğine etkisi

Çizelge 4.13'de görüldüğü gibi uygulamaların üst toprağın (0-20 cm) toplam azot, yarıyışlı fosfor ve değışebilir potasyum içeriğine etkisi önemli iken, kalsiyum ve magnezyum içeriğine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Uygulamaların alt toprağın (20-40 cm) toplam azot, yarıyışlı fosfor, değışebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğine etkisi önemli iken, toplam azot içeriğine etkisi önemsiz olmuştur (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.15'de görüldüğü gibi üst toprakta azot içeriği bakımından uygulamalar içerisinde en yüksek değerler sırasıyla; %0.13, %0.16, %0.14, %0.15, %0.13 ve %0.12 ile AÇ₂, AÇ₃, AÇ₂+HA, AÇ₃+HA, AG₂ ve AG₃ uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük değer ise %0.07 ile kontrol da elde edilmiştir.

Alt toprağın azot içeriği kontrole göre bir artış göstermekle beraber bu artışlar önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.15'de görüldüğü gibi artan uygulama dozları ile üst toprağın yarıyışlı fosfor içeriği artmıştır. En yüksek değer 82.4 ppm ile AÇ₃+HA da elde edilmiştir. En düşük değer ise 16 ppm ile kontrolde elde edilmiştir. Alt toprakta ise yine en yüksek değer 21 ppm ile AÇ₃+HA'da elde edilmiştir. En düşük değer ise 8.9 ppm ile kontrol da elde edilmiştir (Çizelge 4.16.).

Uygulamalara bağlı olarak üst toprağın potasyum içeriği ise en yüksek değeri 1345 ppm ile AG₃ uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise 760 ppm ile kontrol da elde edilmiştir. Alt toprağın potasyum içeriği en yüksek değer yine 1072 ppm ile AG₃ uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer 622 ppm ile kontrol parselinde elde edilmiştir (Çizelge 4.15. ve Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.15'de görüldüğü gibi üst toprağın kalsiyum içeriğinde kontrole göre uygulamalara bağlı olarak bir artış söz konusu olmakla beraber bu artışlar Duncan testine göre önemli bulunmuştur.

Alt toprağın kalsiyum içeriği ise en yüksek değerler sırasıyla; %0.48, %0.49, %0.51 ve %0.51 ile AÇ₂, AÇ₃, AÇ₃+HA, ve AG₃ uygulamalarında elde edilmiştir. En düşük değer ise %0.42 ile kontrolde elde edilmiştir (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.15'de üst toprağın uygulamalara bağlı olarak magnezyum içeriğinde kontrole göre bir artış söz konusu iken bu fark Duncan testine göre önemli bulunmuştur. Alt toprağın magnezyum içeriği ise en yüksek değerler 248 ppm , 247 ppm ve 261 ppm ile AÇ₂+HA, AÇ₃+HA, ve AG₃ uygulamalarında elde edilmiştir. En düşük değer 210 ppm ile kontrol parselinde elde edilmiştir (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.13. Arıtma çamuru, hümik asit ve ağır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) toplam azot, yarıyışlı fosfor ve değişebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum içeriğine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Toplam Azot		Yarıyışlı Fosfor		Değişebilir Potasyum		Değişebilir Kalsiyum		Değişebilir Magnezyum	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
Blok	2	3.24x10 ⁻⁵	0.06	128.1	4.16*	3321	1.6	48054	0.76	7.4	0.32
Uygulamalar	9	2.20 x10 ⁻³	4.06**	1223.4	17.09***	72013	34.4***	112427	2.10	35.6	1.52
Hata	18	5.46 x10 ⁻⁴		71.6		2092		62898		23.4	
Genel	29										

*, ** ve *** ile gösterilen F değerleri sırasıyla %5, %1 ve %0.1 düzeylerinde önemlidir

Çizelge 4.14. Arıtma çamuru, hümik asit ve ağır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) toplam azot, yarıyışlı fosfor ve değişebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum içeriğine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Toplam Azot		Yarıyışlı Fosfor		Değişebilir Potasyum		Değişebilir Kalsiyum		Değişebilir Magnezyum	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
Blok	2	0.0015	4.15*	109.4	6.76**	1307	0.82	185563	2.79	8022	3.22
Uygulamalar	9	3.5330	0.93	42.5	2.63*	45827	28.8***	300342	4.56**	1829	7.36***
Hata	18	3.7730		16.2		1592		65896		248	
Genel	29										

*, ** ve *** ile gösterilen F değerleri sırasıyla %5, %1 ve %0.1 düzeylerinde önemlidir

Çizelge 4.15 Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) toplam azot, yarıyışlı fosfor, ekstrakte edilebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait ortalama değerler

Uygulamalar	Azot (%)	Fosfor (ppm)	Potasyum (ppm)	Kalsiyum (%)	Magnezyum (ppm)
Kontrol	0.07 d	16.0 d	760 f	0.39 c	356.7 b
AÇ ₁	0.10 cd	23.1 cd	852 e	0.41 ab	359.0 ab
AÇ ₂	0.13 abc	33.6 c	964 cd	0.43 a	362.0 ab
AÇ ₃	0.16 a	60.4 b	1067 b	0.40 ab	365.0 ab
AÇ ₁ +HA	0.10 bcd	26.8 cd	946 cd	0.40 ab	360.7 ab
AÇ ₂ +HA	0.14 abc	38.4 c	992 hd	0.41 ab	362.3 ab
AÇ ₃ +HA	0.15 ab	82.4 a	1023 bd	0.42 ab	367.3 a
AG ₁	0.11 bcd	22.2 cd	922 de	0.40 ab	358.7 ab
AG ₂	0.13 abc	26.8 cd	1051 b	0.41 ab	361.7 ab
AG ₃	0.12 abc	36.9 c	1345 a	0.42 ab	366.3 a

a,b,c,d,e: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir (p<0.05)

Çizelge 4.16. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) toplam azot, yarıyışlı fosfor, ekstrakte edilebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriklerine ait ortalama değerler

Uygulamalar	Azot (%)	Fosfor (ppm)	Potasyum (ppm)	Kalsiyum (%)	Magnezyum (ppm)
Kontrol	0.05	8.9d	622 f	0.42 c	210 d
AÇ ₁	0.06	14.2 ad	763 de	0.45 c	223 cd
AÇ ₂	0.07	14.4 ad	731 e	0.48 ab	231 bd
AÇ ₃	0.06	19.4 ab	817 cd	0.49 ab	235 ad
AÇ ₁ +HA	0.06	11.9 bd	889 bc	0.44 c	219 cd
AÇ ₂ +HA	0.06	15.0 ad	863 cd	0.45 bc	248 ac
AÇ ₃ +HA	0.06	21.0 a	921 b	0.51 a	258 ab
AG ₁	0.04	10.8 cd	825 cd	0.45 bc	225 cd
AG ₂	0.07	12.8 bd	930 b	0.44 c	242 ac
AG ₃	0.08	17.0 ac	1072 a	0.51 a	261 a

a,b,c,d,e: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir (p<0.05)

Lopez-Mosquera ve ark. (2000), dört yıl boyunca arıtma çamuru uygulanmış çayır topraklarının azot, fosfor, potasyum kalsiyum ve magnezyum içeriklerinin de artış olduğunu ve bu artışların kontrol toprağına göre önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Bozkurt ve ark. (2000₆), yaptıkları çalışmada arıtma çamuru ilavesi ile toprakların azot içeriğinde önemli artışın olduğunu, ancak fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğinde önemli bir değişimin olmadığını bildirmişlerdir.

Pinamonti ve ark. (1997), artıma çamuru ilavesi ile toprağın azot ve fosfor içeriğinin önemli bir artış gösterdiğini, ancak potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriklerinde önemli bir artışın olmadığını bildirmişlerdir.

4.5.3. Uygulamaların toprağın ekstrakte edilebilir mikro element içeriğine etkisi

Çizelge 4.17'de görüldüğü gibi uygulamaların üst toprağın ekstrakte edilebilir demir, mangan, çinko ve bakır içeriğine etkisi önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.17. Arıtma çamuru, hümkik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) ekstrakte edilebilir mikro element içeriğine ait varyans tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Demir		Mangan		Çinko		Bakır	
		K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
		Değeri		Değeri		Değeri		Değeri	
Blok	2	18.5	4.0*	13.4	9.85**	4.26	0.65	0.103	1.65*
Uygulamalar	9	159.8		8.7	6.38***	278.10	42.9***	0.562	9.06***
			33.2***						
Hata	10	4.6		1.4		6.40		0.062	
Genel	29								

*, ** ve *** ile gösterilen F değerleri sırasıyla %5, %1 ve %0.1 düzeylerinde önemlidir

Çizelge 4.18.'de görüldüğü gibi uygulamaların alt toprağın ekstrakte edilebilir demir, mangan, çinko ve bakır içeriğine etkisi önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Arıtma çamuru, hümkik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) ekstrakte edilebilir mikro element içeriğine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Demir		Mangan		Çinko		Bakır	
		K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F	K.O.	F
		Değeri		Değeri		Değeri		Değeri	
Blok	2	0.14	0.33	2.74	3.57*	0.075	1.29	0.08	1.5
Uygulamalar	9	3.39	8.08***	4.71	6.13***	5.158	89.00***	1.69	31.8***
Hata	10	0.40		0.76		0.057		0.05	
Genel	29								

* ve *** ile gösterilen F değerleri sırasıyla %5 ve %0.1 düzeylerinde önemlidir

Çizelge 4.19.'de görüldüğü gibi üst toprağın ekstrakte edilebilir demir içeriği uygulamalara bağlı olarak kontrole göre artmıştır. En yüksek artışlar 27.4 ppm ve 21.4 ppm ile AÇ₃ ve AÇ₃+HA uygulamalarında elde edilmiştir. En düşük değer ise 5.8 ppm ile kontrolde elde edilmiştir.

Alt toprakta en yüksek değerler 8.2 ppm ve 7.2 ppm ile AÇ₃ ve AÇ₃+HA uygulamaların da elde edilmiştir. En düşük değerler ise , 5.6 ppm, 5.4 ppm, 5.4 ppm ve 5.3 ppm ile AÇ₂, AÇ₁, AG₁ ve kontrol parsellerinde elde edilmiştir (Çizelge 4.20.).

Çizelge 4.19. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) ekstrakte edilebilir mikro element içeriklerine ait ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	Demir	Mangan	Çinko	Bakır
Kontrol	5.8 e	9.2 c	1.4 c	2.6 f
AÇ ₁	6.0 e	10.4 bc	13.5 b	3.5 bcd
AÇ ₂	13.9 c	11.0 abc	15.0 b	3.8 abc
AÇ ₃	27.4 a	15.0 a	26.6 a	4.0 a
AÇ ₁ +HA	10.1 d	9.4 c	12.6 b	3.3 cd
AÇ ₂ +HA	14.4 c	10.5 bc	14.8 b	3.4 bcd
AÇ ₃ +HA	21.4 b	11.2 bc	25.7 a	3.8 ab
AG ₁	7.6 de	11.4 bc	1.6 c	2.8 ef
AG ₂	7.8 de	11.6 bc	1.9 c	3.1 de
AG ₃	8.5 de	12.1 b	2.3 c	3.2 de

a,b,c,d,e, f: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir (p<0.05)

Çizelge 4.20. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) ekstrakte edilebilir mikro element içeriklerine ait ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	Demir	Mangan	Çinko	Bakır
Kontrol	5.3 cd	4.1 d	0.26 e	2.1 e
AÇ ₁	5.4 cd	4.2 d	0.54 de	3.9 ab
AÇ ₂	5.6 cd	7.0 ab	1.36 b	4.0 a
AÇ ₃	8.2 a	7.8 a	2.60 a	4.2 a
AÇ ₁ +HA	6.3 bc	4.3 cd	0.48 de	2.5 d
AÇ ₂ +HA	6.6 bc	4.6 cd	0.91 cd	3.9 ab
AÇ ₃ +HA	7.2 ab	4.8 cd	1.68 bc	4.1 a
AG ₁	5.4 cd	4.6 cd	0.24 e	2.5 d
AG ₂	6.1 bc	5.1 cd	0.34 e	2.8 d
AG ₃	6.2 bc	5.7 bc	0.96 bcd	3.5 c

a,b,c,d,e, f: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir (p<0.05)

Çizelge 4.19.'da görüldüğü gibi üst toprağın ekstrakte edilebilir mangan içeriği uygulamalara bağlı olarak artmıştır. Bu artış içerisinde en yüksek değer 15.0 ppm ile AC_3 'de elde edilmiştir. En düşük değer 9.2 ppm ile kontrol da elde edilmiştir.

Alt toprağın ekstrakte edilebilir mangan içeriği uygulamalara bağlı olarak artış göstermiş ve en yüksek değer yine 7.8 ppm ile AC_3 de elde edilmiştir. En düşük değer 4.1 ppm ile kontrol parselinde elde edilmiştir (Çizelge 4.20.).

Uygulamalara bağlı olarak üst toprağın ekstrakte edilebilir çinko içeriği artmıştır. Bu artışlar içerisinde en yüksek değerler sırasıyla; 26.6 ppm ve 25.7 ppm ile AC_3 ve AC_3+HA uygulamalarında elde edilmiştir. En düşük değer 1.4 ppm ile kontrol parselinde elde edilmiştir. Alt toprağın ekstrakte edilebilir çinko içeriği ise en yüksek değer 2.6 ppm ile AC_3 uygulamasında elde edilmiştir. En düşük değer 0.26 ppm ile kontrol parselinde elde edilmiştir (Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20.).

Çizelge 4.19.'da görüldüğü gibi üst toprağın ekstrakte edilebilir bakır içeriği uygulamalara bağlı olarak artmıştır. Bu artış içerisinde en yüksek değerler 4.0 ppm ve 3.8 ppm ile AC_3 ve AC_3+HA uygulamalarında elde edilmiştir. En düşük değer ise 2.6 ppm ile kontrol parselinden elde edilmiştir.

Alt toprağın ekstrakte edilebilir bakır içeriği uygulamalara bağlı olarak artış göstermiş ve en yüksek değer 4.0 ppm, 4.2 ppm ve 4.1 ppm ile AC_2 , AC_3 ve AC_3+HA elde edilmiştir. En düşük değer ise 2.1 ppm ile kontrol parselinden elde edilmiştir (Çizelge 4.20).

Kırımhan ve ark. (1983), Gravnaska (1994), Pedrano ve ark. (1996), Pinamonti ve ark. (1997), Bragato ve ark. (1998) ve Bozkurt ve ark. (2000_a), benzer konularda yaptıkları çalışmalarda arıtma çamuru ilavesi ile toprakların ekstrakte edilebilir demir, mangan, çinko ve bakır içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir.

Bu durum denemede kullanılan arıtma çamuru ve ahır gübresinin mikroelement içeriğinin yüksek oluşu ile açıklanabilir.

4.5.4. Uygulamaların toprağın ekstrakte edilebilir ağır metal içeriğine etkisi

Çizelge 4.21.'de görüldüğü gibi uygulamaların üst toprağın ekstrakte edilebilir kadmiyum ve krom içeriğine etkisi önemli iken nikel içeriğine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.21. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20 cm) ekstrakte edilebilir ağır metal içeriğine etkilerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Kadmiyum		Nikel		Krom	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
Blok	2	2.73×10^{-5}	0.417	45×10^{-4}	0.16	0.001	2.49
Uygulamalar	9	150×10^{-5}	23.37***	611×10^{-4}	2.20	0.004	10.61***
Hata	18	6.56×10^{-5}		277×10^{-4}		0.0038	
Genel	29						

*** ile gösterilen F değeri %0.1 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.22.'de görüldüğü gibi uygulamaların alt toprağın ekstrakte edilebilir kadmiyum içeriğine etkisi önemli, nikel ve krom içeriğine etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.22. Arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın (20-40 cm) ekstrakte edilebilir ağır metal içeriğine etkilerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Kadmiyum		Nikel		Krom	
		K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri	K.O.	F Değeri
Blok	2	8.11×10^{-5}	4.89*	0.218	0.75	2.8×10^{-5}	0.40
Uygulamalar	9	8.43×10^{-5}	5.09**	0.033	1.15	1.09×10^{-4}	1.57
Hata	18	1.65×10^{-5}		0.028		6.95×10^{-5}	
Genel	29						

* ve ** ile gösterilen F değerleri sırasıyla %5 ve %1 düzeylerinde önemlidir

Çizelge 4.23. ve Çizelge 4.24.'de görüldüğü gibi uygulamalara bağlı olarak üst toprak ve alt toprağın kadmiyum içeriği kontrol parseli toprağına göre artış göstermiştir. Üst toprakta en yüksek artışlar sırasıyla 0.082 ppm ve 0.088 ppm ile AC_3 ve AC_3+HA uygulamalarında elde edilmiştir. Alt toprakta ise en yüksek artış 0.021 ppm ile AC_3 uygulamasında elde edilmiştir.

Artan uygulama dozlarına bağlı olarak üst toprağın nikel içeriği kontrol parseline göre artmıştır. En yüksek artış 1.596 ppm ve 1.547 ppm ile AÇ₃ ve AÇ₃+HA uygulamalarında elde edilmiştir (Çizelge 4.23.).

Alt toprağın nikel içeriği uygulama dozlarının artışı ile kontrole göre bir artış olmakla beraber bu artış Duncan testine göre önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.23. Arıtma çamuru, hümkik asit ve ahır gübresi uygulamalarının üst toprağın (0-20cm) ekstrakte edilebilir ağır metal içeriklerine ait ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	Kadmiyum	Nikel	Krom
Kontrol	0.021 e	1.109 c	0.026 d
AÇ ₁	0.037 cd	1.351 abc	0.058 bcd
AÇ ₂	0.047 bc	1.370 abc	0.078 bc
AÇ ₃	0.088 a	1.596 a	0.130 a
AÇ ₁ +HA	0.030 de	1.250 bc	0.044 cd
AÇ ₂ +HA	0.054 b	1.351 abc	0.083 b
AÇ ₃ +HA	0.082 a	1.547 ab	0.128 a
AG ₁	0.028 de	1.384 abc	0.034 d
AG ₂	0.032 cde	1.398 abc	0.043 cd
AG ₃	0.043 bcd	1.511 ab	0.050 bcd

a,b,c,d,e: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir (p<0.05)

Çizelge 4.24. Arıtma çamuru, hümkik asit ve ahır gübresi uygulamalarının alt toprağın ekstrakte edilebilir ağır metal içeriklerine ait ortalama değerler (ppm)

Uygulamalar	Kadmiyum	Nikel	Krom
Kontrol	0.012 cd	1.189	0.021 b
AÇ ₁	0.013 cd	1.197	0.026 ab
AÇ ₂	0.018 bcd	1.267	0.028 ab
AÇ ₃	0.021 ab	1.128	0.041 a
AÇ ₁ +HA	0.010 d	1.196	0.018 b
AÇ ₂ +HA	0.018 bc	1.457	0.026 ab
AÇ ₃ +HA	0.017 bcd	1.202	0.028 ab
AG ₁	0.011 cd	1.185	0.021 b
AG ₂	0.016 bcd	1.139	0.024 ab
AG ₃	0.017 bcd	1.173	0.028 ab

a,b,c,d,e: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir (p<0.05)

Çizelge 4.23'de görüldüğü gibi üst ve alt toprağın krom içeriği uygulamalara bağlı olarak artmıştır. Üst toprakta en yüksek artışlar sırasıyla 0.130 ppm ve 0.128ppm ile AÇ₃ ve AÇ₃+HA uygulamalarında elde edilmiştir.

Alt toprakta en yüksek değer 0.041 ile AÇ₃ uygulamasında elde edilmiştir. Toprağın en düşük krom içeriği ise üst toprak için 0.026 ppm ile alt toprak için 0.021 ppm ile kontrol toprağında elde edilmiştir (Çizelge 4.24.).

Bu konuda Bragato ve ark. (1997), Krebs ve ark. (1998), Baveye ve ark. (1999), yaptıkları çalışmalar sonucunda arıtma çamuru ilavesi ile toprakların ekstrakte edilebilir ağır metal içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamalarının marulun verim ve verim kriterleri ile besin elementi içeriğine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Deneme Y.Y.Ü. Bahçe Bitkileri araştırma ve uygulama bahçesinde 2001 yılının ilkbahar döneminde, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Arıtma çamuru, humik asit ve ahır gübresi uygulamaları bitkinin verim ve verim kriterleri üzerine olumlu etki yaptıkları belirlenmiştir. Hümik asitin, bitkinin verim ve verim kriterlerine belirgin bir etkisi görülmemiştir. Verim ve verim kriterlerinde en yüksek değerler arıtma çamuru ve ahır gübresinin dekara 8 ton dozunda elde edilmiştir.

Bitkinin azot içeriğinde kontrole göre bir artış söz konusu olup, ancak bu artışlar uygulamaların kendi içerisinde önemli farka neden olmamıştır.

Bitkinin fosfor içeriği kontrole göre uygulamaların etkisi önemli olduğu görülmüştür. Humik asitin fosfor alınımlı üzerine olumlu etki yaptığı belirlenmiştir. Ahır gübresi uygulamalarının bitkinin fosfor içeriğine etkisi ise kontrolden farklılık göstermiş ancak arıtma çamuru kadar etkili olmadığı saptanmıştır.

Uygulamaların bitkinin potasyum ve magnezyum içeriği üzerine etkisi önemli iken, humik asitin bitkinin magnezyum alınımlı üzerine etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Kalsiyum içeriği ise uygulamalara bağlı olarak azalmasına karşın, bu azalma istatistiksel olarak ve Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli bulunmamıştır.

Bitkinin mikro element içeriği artan arıtma çamuru ve ahır gübresi uygulamaları ile azalma olmakla beraber, bu azalışlar Duncan testine göre önemsiz bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre arıtma çamuru, hümik asit ve ahır gübresi uygulamaları bitkinin ağır metal içeriği üzerine etkisi farklı şekillerde olmuştur. Artan dozlara bağlı olarak, bitkinin kadmiyum içeriği önemli düzeyde artmıştır. Nikel ve krom içeriği ise kontrole göre bir artış söz konusu iken bu artışlar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Humik asit uygulamalarının bitkinin kadmiyum alınımlı azalttığı görülmüştür. Nikel ve krom için aynı durum söz konusu olmamıştır. Humik asit ile birlikte uygulanan arıtma çamuru, bitkilerin nikel ve krom içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bitkide bulunan ağır metal düzeyleri izin verilebilir düzeylerin altında bulunmuştur.

Deneme sonunda toprakların bazı kimyasal özellikleri üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur. Artan dozlar ile üst toprağın organik madde ve tuz içeriğinin arttığı, pH'da ise önemli bir değişim olmadığı belirlenmiştir. Alt toprakta ise uygulamalara bağlı tuz ve organik madde içeriğinde önemli bir değişim söz konusu iken, yine pH bakımından önemli bir farklılık görülmemiştir.

Uygulamalar, üst toprağın toplam azot, yarıyıllı fosfor ve değişebilir potasyum içeriğinde önemli değişimlere neden olduğu görülürken, kalsiyum ve magnezyum içeriği üzerine etkisi ise önemsiz bulunmuştur.

Humik asitin fosfor üzerine etkisi görülmekte iken azot, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğine etkisi görülmemiştir. Uygulamalara bağlı olarak alt toprağın toplam azot içeriğinde önemli bir değişiklik yok iken, kalsiyum ve magnezyum içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ahır gübresinin alt toprağın potasyum içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Fosfor ve magnezyum açısından alt toprakta humik asitin etkisi açıkça görülmektedir.

Toprakların ekstrakte edilebilir mikro element kapsamı, artan dozlar ile arttığı belirlenmiştir. Bu artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Gerek üst toprakta gerekse alt toprakta demir, mangan, çinko ve bakır içeriklerindeki artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Üst toprağın demir ve çinko içeriği, artan arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarında kontrolden büyük farklılık gösterirken, ahır gübresi uygulanmış parsellerde kontrolden önemli bir fark belirlenmemiştir. Toprağın mangan içeriği 0-20 cm'de artan arıtma çamuru uygulamaları ile artış göstermiş ve bu artış önemli iken, arıtma çamuru x humik asit ve ahır gübresi uygulanmış parsellerde büyük bir fark belirlenmemiştir. Bakır açısından demir ve çinkoda olduğu gibi artan uygulamalara bağlı olarak önemli bir artış elde edilmiştir. Ahır gübresi uygulanmış parsellerde az da olsa bir artış elde edilmiş ve bu artışlar önemli bulunmuştur. Toprağın 20-40 cm derinliğindeki mikro element değerleri üst toprak gibi önemli değişimler göstermiştir.

Artan arıtma çamuru ve ahır gübresi uygulamaları ile üst toprağın kadmiyum ve krom içeriği önemli düzeyde artış göstermiş, nikel içeriğinde ise bir artış olmakla beraber bu artış önemsiz bulunmuştur. Alt toprakta uygulamalara bağlı olarak bir artış görülmekle beraber bu artışlar önemsiz bulunmuştur.

Sonuç olarak, ülkemiz topraklarının organik madde içeriğinin genelde düşük oluşu, arıtma çamurunun iyi bir organik madde kaynağı olarak kullanımını öne çıkarmaktadır. Ayrıca arıtma çamuru uygulamaları bitki gelişimi ve besin elementi içeriği üzerine etkisi son derece etkili olup kullanımında karşılaşılabilen ağır metal toksitesi kontrollü şartlar altında önlenabilir. Ancak Van bölgesinden elde edilen arıtma çamurları için böyle bir toksidite beklentisinden söz etmemiz mümkün değildir. Yine de arıtma çamuru kullanımını yasal düzenlemeler ile kontrolü mümkün olacak şekilde, izin verilebilir şartlar çerçevesinde kullanılabilir. Bunun yanı sıra humik asit yüksek katyon değişim kapasitesi ve kilyet yapıcı özelliklerinden dolayı bitkilerde karşılaşılabilecek ağır metal toksiditelerini engelleyebileceği düşünülmektedir. Bitki besleme ve toprak verimliliği alanındaki araştırmalarda amaç verimi ve kaliteyi arttırmaktır. Ülkemizde verimi arttırmak amacıyla gübre kullanımının yaygınlaştığı ve gübre hammaddelerinin büyük bir bölümünün dış alım yoluyla sağlandığı bildirilmektedir (Kacar ve Katkat, 1999). Bunun yanında kimyasal gübrelerin gereğinden fazla uygulanmasının çevre kirliliğine yol açtığı (Zabunoğlu ve Karaçal, 1983) bilinmektedir. Hem ekonomik hem de çevresel faktörler nedeniyle aşırı gübre kullanımından kaçınmak gerekmektedir. Bu nedenle organik tabiatlı maddelerin kullanımı konusu gün geçtikçe gerçek yerini bulacağı kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

- Adani, F., P. Genevi., G. Zocchi, 1998. The Effect of Commercial Humic Acid on Tomato Plant Growth and Mineral Nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21(3): 561-575.
- Alpaslan, M., A. Güneş, A. İnal, 1998. *Deneme Tekniği*. A.Ü.Z.F. Ders Kitabı no: 455. Ankara.
- Anonim, 1971. *Van Gölü Havzası Toprakları*. Tarım Orman Köyişleri Bakanlığı, Toprak-Su Genel Müdürlüğü Yayın No: 281. Köyişleri Bakanlığı Yayınları No: 197, Raporlar serisi No: 67, Ankara.
- Anonim, 1982. *Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı*. Tarım Orman ve Köy işleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim, 2001. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. Çevre Bakanlığı. *Resmi Gazete*, Sayı: 24609, Ankara
- Anonim, 2002. *Van İli İklim Verileri*. Van Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Kayıtları. Van.
- Ardakani, K. S., F. J. Stevenson, 1972. Organic Matter Recetions Involvino Micronutrients in Soils . in Micronutrients in Agriculture . J. J. Mortvedt., Giordano and W. L. Lindsay (eds.). *Soil Sci. Soc. Amer. Mad. Wis.*: 79-114.
- Ayuso, M., T. Hernandez, J. A. Garcia, 1996. Stimulation of Barley Growth and Nutrient Absorption by Humic Substances Originating from Various Organic Materials. *Bioresource Technology*. 57;3, 251-257.
- Baveye, P., M. B. McBride., D. Bouldin., T. HineslyM., S. A, Dahdoh,. 1999. Mass Balance and Distribution of Sludge-Borne Trace Elements in a Silt Loam Soil Following Long-Term Application of Sewage Sludge. *The Science of the Total Environment*. 227:13-28.
- Benedetti, A., A. Figliolia, C. İzza, S. Canali, G. Rossi, 1996. Some Throughts on the Physiological Effects of Humic Acid: Interactions with Mineral Fertilizers. *Agronomica*, 4 (5-6) 229-240.
- Benitez, E., E. Romero, M. Gomez, R. Nogales, 2001. Biosolid and Biosolid-Ash as Sources of Heavy Metals in a Plant-Soil System. *Water, Air and soil Pollution* 132: 75-87
- Bermudez, D., M. Juarez, J. Sanchez-Andreu, J. D. Jorda, 1993. Role of EDDHA and Humic Acids on the Soluibility of Soil Phosphorus. *Communucations in Soil Science and Plant Analysis*, 24 (7-8) 673-683.
- Bernardino, C., G. Cerorri, A. Fabbri, M. Paoletti, 1990. *Fertigation Experiments in Horticulture*. Coltre Protette, 19, 12.
- Bouyoucous, G. D. 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soil. *Agronomy J.*, 43 434-438.
- Bozkurt, M. A., İ. Yılmaz, K. M. Çimrin, 2000a. Kentsel Arıtma Çamurunun Kışlık Arpada Azot Kaynağı Olarak Kullanılması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1), 105-110.

- Bozkurt, M. A., İ. Erdal, K. M. Çimrin, S. Karaca, M. Sağlam, 2000b. Kentsel Arıtma Çamuru ve Humik Asit Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Besin Elementi İçeriği ve Ağır Metal Kapsamına Etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4), 35-43
- Bragato, G., L. Leita, A. Figliolia, M. de Nobil, 1997. Effects of Seage Sludge Pre-Treatment on Microbial Biomass and Bioavailability of Heavy Metals. *Soil and Tillage Research*. 49:129-134.
- Bunzi, K., M., Trautmannsheimer, P. Schramel, W. Reifenhauer, 2001. Availability of Arsenic, Copper, Lead, Thallium and Zinc to Various Vegetables Grown in Slag-Contaminated Soils. *J. Environ Qual*. 30:934-939.
- Cabral, F., E. Vasconcelos, M. A. C. Fragos, M. L. Van Beusichem, 1993. The Use as Fertilizer of Combined Primary/Secondary Pulp Mill Sludge. Optimization of Plant Nutrition: *Referred Papers From the Eight International Colloquium for Optimization of Plant Nutrition*, 31 August- 8 September 1992. Lisbon, Portugal.
- Caseneva de Sanfilippo, E., J. A. Argüello, G. Abdala, G. A. Orioli, 1990. Content of Auxin; Inhibitor and Gibberillin-Like Substances in Humic Acids. *Biol. Plant*, 32: 346-351.
- Chaudri, M. A., Allain, C. M., Badawy, S. H., Adams, L. M., McGrath, P. S., Chambers, B. J., 2001. Cadmium Content Of Wheat Grain from a Long-Term Field Experiment with Sewage Sludge. *J. Environ. Qual*, 30:1575-1580.
- Chen, Y., T. Avid, 1990. Effect of Humic Substances on Plant Growth. In Humic Substances in Soil and Crop Science; Selected Readings *American Society of Agronomy and Soil Science Society of America*. Madison, pp. 161-189
- Crawford, D. V., R. G. McLaren, 1973. Studies on Soil Copper: 2. The Specific Adsorption of Copper by Soils. *J. Soil. Sci.* 24: 443-452
- Cogger, C. G., A. I. Bray, S. C. Fransen, D. M. Sullivan, 2001. Seven Years of Biosolids Versus Inorganic Nitrogen Applications to Tall Fescue. *J. Environ Qual* 30: 2188-2194.
- Çimrin, K. M., S. Karaca, M. A., Bozkurt 2001. Mısır Bitkisinin Gelişimi ve Beslenmesi Üzerine Humik Asit ve N P K Uygulamalarının Etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 7(2), 95-100.
- David, P. P., 1991. Effects of Applied Humic Acid on Yield, Growth, Nutrient Accumulation / Content in Selected Vegetable Crops and Soil. Interaction that Recede their Effectiveness. *Dissertation Abstracts- International*. 52(3), 1136B-1137B
- Düzgüneş, A., O. T. Kesici, O. Kavuncu, F. Gürbüz, 1987. *Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları-II)*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1021, Ankara, 381 s.
- Erdal, İ., M. A. Bozkurt, K. M. Çimrin, 2000. Kireçli Bir Toprakta Yetiştirilen Mısır Bitkisinin (*Zea mays* L.) Gelişimi ve Fosfor Alımı Üzerine Humik Asit ve Fosfor Uygulamalarının Etkisi. *Türk. J. Agric. For.*, 24(6): 663-668.
- Fagberno, J. A., A. A. Agbolla, 1993. Effects of Different Levels of Humic Acid on Growth and Nutrient Uptake of Treak Seedling. *Journal of Plant Nutrition*, 16(8), 1465-1483.

- Yang, M., J. W. C. Wong, 1998. Effects of Lime Amendment on Availability of Heavy Metals and Maturation in Sewage Sludge Composting. *Environmental Pollution*, 106: 83-89.
- Jardiner, D. T., R. W. Miller, B. Badamchian, A. S. Azzari, D. R. Sisson, 1995. Effectiveness of Repeated Sewage Sludge Applications on Plant Accumulation of Heavy Metals. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 55(1), 1-6.
- Jaynor, J. D., R. L. Halstead. 1976. Chemical and Plant Extractability of Metals and Plant Growth on Soils Amended with Sludge. *Can. J. Soil Sci.*, 56: 1-8.
- Jiravnaska, S. M., 1994. Determination of the Effect of the Sludge from Waste Water Treatment Station Near Sofia-City Fertilizer. *N. Pousarov Institute of Soil Science and Agro-Ecology*, 1080, Sofia, Bulgaria.
- Jültekin, N. 1995. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kanalizasyon Atıklarının Gübre Değerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Van.
- Jüzel, N., Gülüt, Y. K., İ. Orta, H. İbrikçi, 1990. *Toprakta Verimlilik Analiz Yöntemleri. Laboratuvar El Kitabı*. Ç. Ü. Z. F. Ders Kitabı, No: 117, Adana.
- Karper, S., M. Kerven, G. L. Edwards, D. G. Ostatek-Boczyski, Z. 2000. Characterisation of Fulvic and Humic Acids From Leaves of Eucalyptus Comalduensis and From Decomposed Hay. *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 1331-1336.
- Kızılalan, E., E. Ünal, 1966. *Topraklarda Önemli Analizler*. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayın no: 278.
- Klinesley, T. D., R. L. Jonesand, E. L. Zigler, 1972. Effects on Corn by Applications of Heated Anaerobically Digested Sludge. *Compost. Sci.* 13: 26.
- Kokson, M. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Inc. New Jersey, USA.
- Korikçi, H., K. Y. Gülüt, N. Güzel, 1994. *Gübrelemede Bitki Analiz Teknikleri*. Çukurova Üniversitesi Genel Yayın No:95, Ders Kitapları Yayın No: 8. sf: 79, Adana.
- Kıracar, B. 1984. *Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 900, Uygulama Kılavuzu:214, Ankara, 140s.
- Kıracar, B. 1994. *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III Toprak Analizleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, Ankara, 705s.
- Kıracar, B., A. B. Katkat, 1999. *Gübreler ve Gübreleme Tekniği*. Uludağ Üniversitesi Güç. Vak. Yayın No: 144, Vipaş Yayın No: 20.
- Kıracar, A., K. Haktanır, 2000. Arıtma Çamurlarının Toprakta Alınabilir Kurşun ve Dehidrojenaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 6(3), 13-19.
- Keller, C., S. P. McGrath, S. J. Dunhan, 2002. Trace Metal Leaching Through a Soil-Grassland System after Sewage Sludge Application. *J. Environ. Qual.*, 31:1550-1560
- Khan, K. D., B. Frankland, 1983. Chemical forms of Cd and Pb in Some Contaminated Soils. *Environmental Pollution*, 6;15-31.

- Kırımhan, S., , M. T. Sağlam., S. Karakaplan, 1983. Erzurum da Kentsel Atık Sular ile Sulanan Tarım Topraklarında Kimyasal Kirlenme: II. Toprakta ve Bitkide Ağır Metal Birikimi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (3-4):13-23.
- Krebs, R., S. K. Gupta, G. Furrer, R. Schulin, 1998. Solubility and Plant Uptake of Metals With and without Liming of Sludge-Amended Soils. *J. Environ. Qual.* 27:18-23.
- Krebs, R., S. K. Gupta., G. Furrer., R. Schulin, 1999. Gravel Sludge as an Immobilizing Agent in Soils Contaminated by Heavy Metals; a Field Study. *Water, Air, and Soil Pollution*. 115 (1-4): 465-479
- Korbulewsky, N., S. Dupouyet, G. Bonin, 2002. Environmental Risks of Applying Sewage Sludge Compost to Vineyards: Carbon, Heavy Metal Nitrogen and Phosphorus Accumulation. *J. Environ. Qual.* 31:1522-1527.
- Lagerweff, J. V., G. T. Biersdorf, D. L. Brower, 1976. Retention of Metals in Sewage Sludge: I. Constituent Heavy Metals. *J. Environ. Qual.* 5: 19-23
- Lobartini, J. C., G. A. Orioli, K. H.Tan, 1998. Caraceterisrics of Soil Humic Acid Fractions Seperated by Ultrafiltration. *Com. Soil Sci. Plant Anal.*, 28(9&10): 787-796.
- Lombi, E., F. J. Zhao, S. J. Dunham, S. P. McGrath, 2001. Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Soils: Natural Hyperaccumulation Versus Chemically Enhanced Phytoextraction. *J. Environ. Qual.* 30:1919-1926.
- Lopez-Mosquera, M. E., C. Moiron, E. Carral, 2000. Use of Dairy-Industry Sludge as Fertilizer for Grassland in Northwest Spain: Heavy Metal Levels in the Soil and Plants. *Resource Conservation and Recycling* 30:95-109.
- Olsen, S. R., V. Cole, F. S. Watanabe, L. A. Dean, 1954. Estimations of Available Phosphorus in Soils by Extractions with Sodium Bicarbonate. *U.S. Dept. Of Agric. Cric.* 939.
- Özbek, H., M. Gök, H. Kaptan, 1995. *Toprak Bilimi*. Çukurova Üniversitesi Genel Yayın no: 73, Ders Kitapları Yayın no: 16. sf: 508. Adana.
- Pedrano, N. J., J. Gomez, M. R. Moral, L. Mataix, 1996. Improving the Agricultural Value of Semiarid Soil by Addition of Sewage Sludge and Almond Residue. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 58(2-3):1-6.
- Pinamonti, F., G. Stringari, G. Zari, 1997. The Use of Compost: It's Effects on Heavy Metal Levels in Soil and Plants. *Resources, Conversation and Recycling*. 21; 129-141.
- Pujola, M., J. Sana, N. Senesi, T. M. Miano, 1992. Effects of Organic Fertilizer on Functional Groups of Humic Acid in Soil. Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health: *Proceedings of the 6 th Internetal Meeting of the Internetal Humic Substances Society*, September 20-25, 1992, 695-700
- Reed, B. E., P. E. Carriere, M. R. Mtsumot, 1991. Effect of Nutrient and Applying Sludge on Agriculture Land. *Biocycle*, 32(7): 58-61.
- Richard, L. A. 1954. *Diagnosis and Imprvement of Saline and Alkaline Soils. Handbook*:60, U.S. Dept. Of Agriculture.

- Sommers, L. E., D. W. Nelson, 1978. *Analysis and Their Interpretation for Sludge Applications to Agricultural Land*. In Application of Sludges and Wastewaters on Agricultural Land: A Planning and Educational Guide, Ed. Ç. B. D. Knezek and R. H. Miller Mc, 35, USEPA, Washington.
- Şenesi, N., E. Loffredo, G. Padonava, 1990. Effects of Humic Acid. Herbicide Interactions on the Growth of Pisum Sativum in Nutrient Solution. *Plant and Soil*, 127: 41-47.
- Şözüdoğru, S., A. C. Kütük, R. Yalçın, S. Usta, 1996. Hümkik Asitin Fasülye Bitkisi Gelişimi ve Besin Maddeleri Alımı Üzerine Etkisi. *A.Ü.Z.F. Yayınları no:1452*, Bilimsel Araştırma ve İnceleme No: 800, Ankara.
- Şnyman, H. G., J. M. de Jong, T. A. S. Aveling, 1998. The Stabilization of Sewage Sludge Applied to Agricultural Land and the Effects on Maize Seedlings. *Wat. Sci. Tech.* 38(2) 87-95.
- Theodoratos, P., A. Moirou, A., Xenidis, I. Paspaliaris, 2000. The Use of Municipal Sewage Sludge for the Stabilization of Soil Contaminated by Mining Activities. *Journal of Hazardous Materials*. 77: 177-191.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable Cations. P. 159-165. Chemical and Microbiological Properties. *Agronomy Monography*. No:9, A.S.A.-S.S.S.A., Madison, Wisconsin. USA.
- Türkmen, Ö., M. Yıldız, T. Kabay, Y. Taşkın, 2000. Kentsel Arıtma Çamurunun Marulda Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. 6. *Ulusal Seracılık Sempozyumu*. 3-5 Eylül 2001. Fethiye, Muğla. s:123-131.
- Vasseur, L., M. J. Fortin, J. Cyr, 1998. Clover and Cress as Indicator Species of Impacts from Lined Sewage Sludge and Landfill Wastewater Land Application. *The Science of the Total Environment*. 217: 231-239.
- Valdrighi, M. M., A. Pera, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi, G. Vallini, 1996. Effects of Composts Derived Humic Acids on Vegetable Biomass Production Soil System: A Comparative Study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 58(2-3): 133-144
- Walkey, A. 1947. A Critical Examination of a Rapid Method for Determining Organic Carbon in Soils: Effect of Variations in Digestion Conditions and Inorganic Soil Constituents. *Soil Science*, 63 251-263.
- Wallace, A., A. Garn, 1994. A Possible Flaw in EPA's 1993 New Sludge Rule Due to Heavy Metal Interaction Common. *Soil Sci. Plant Anal.* 25(1&2): 129-135
- Wang, C. D., H. T. Chan, C. L. Lay, 1991. Effects of Organic Manures on the Yield and Quality of Grapes. *Bulletin of Touching District Agricultural Improvement Station*, No:32, 41-48.
- Wang, X.J., 1995. The Effects of Humic Acid on the Availability of Phosphorus Fertilizers in Alkaline Soils. *Soil Use and Management*, 11(2): 99-102.
- White, R. K., 1979. Applying Sewage Sludge to Farmlands. *Ag. Eng.*, 60:24-25.
- Williams, D. E. J., A. H. Vlamis, J. E. Corey, 1980. Trace Element Accumulation Movement and Distribution in the Soil Profile from Massive Applications of Sewage Sludge. *Soil Sci.*, 129: 119-132.
- Yonebayashi, K. M. Okazaki. J. Pechayapisit, P. Vijarnsom, A. B. Zahari, K. Kyuma, 1994. Distribution of Heavy Metals Among Different Bonding forms in Tropical Peat Soils. *Soil Science and Plant Nutrition*. 40(3):425-434

Zabunoğlu, S., İ. Karaçal, 1986. *Gübreler ve Gübreleme*. A.Ü.Z.F. Yayınları: 993, Ders Kitabı: 293.



ÖZ GEÇMİŞ

10.09.1978 yılında Van'ın Erciş İlçesinde doğdu. İlkokulu Erciş'te, orta ve lise öğrenimini Van'da tamamladı. 1995 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümüne kazandı. 2000 yılında mezun oldu. Aynı yıl Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bölümünde yüksek lisansa başladı.

