

149799

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

KİREÇLİ TOPRAK SİSTEMİNDE KENTSEL ARITMA ÇAMURUNUN ARPA
BİTKİSİNİN GELİŞİMİ BAZI AĞIR METALLERİN
ALIMI ÜZERİNE ETKİSİ

Cafer TÜRKMEN

149799

TOPRAK ANABİLİM DALI

ANKARA
2004

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Sevinç ARCAK danışmanlığında Cafer TÜRKMEN tarafından hazırlanan bu çalışma 17 / 12 / 2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından TOPRAK anabilim dalında doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

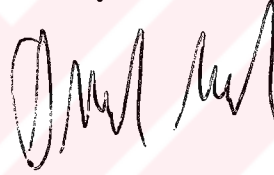
Başkan : Prof. Dr. Kemal GÜR



Üye : Prof. Dr. Koray HAKTANIR



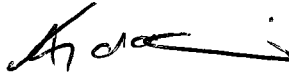
Üye : Prof. Dr. Sevinç ARCAK



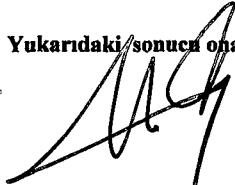
Üye : Prof. Dr. Nur OKUR



Üye : Doç. Dr. Ayten KARACA



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Metin OLGUN

Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

KİREÇLİ TOPRAK SİSTEMİNDE KENTSEL ARITMA ÇAMURUNUN ARPA BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE BAZI AĞIR METALLERİN ALIMI ÜZERİNE ETKİSİ

Cafer TÜRKMEN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sevinç ARCAK

Kireçli bir toprak sisteminde farklı düzeylerde uygulanan kentsel arıtma çamurunun, arpa (*Hordeum Vulgare* L.) bitkisinin (Tokak-157/37) gelişimi ve bazı ağır metallerin alımı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmada; Ankara Merkezi Atık Su Arıtma Tesisleri (AMAAT) arıtma çamuru (0, 300, 600, 1200, 2400 ve 4800 kg da⁻¹) ile kimyasal azotlu gübrenin (% 46 üre 0, 3, 6, 9 kg da⁻¹) farklı düzeyleri iki yıl süreyle tarla şartlarında faktöriyel olarak denenmiştir.

Arıtma çamuru uygulamalarının; toprakta toplam ve alınabilir Cd, Cu, Ni, Pb, Zn konsantrasyonlarında artışa neden olduğu bulunmuştur. Bitki boyu, başak boyu, başakta tane sayısı, m²'deki başak sayısı, başakta tane verimi, bin tane ağırlığı, dekara verim ile bitki sapında toplam N, P, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn; tanede N, P, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn konsantrasyonları ile Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn'nun biyolojik alınabilirliklerinin de arttığı ve bu artışın da istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır (p<0.01). Azot ile çamur'un birlikte uygulamasında toprakta; ekstrakte edilebilir Cd ve Pb, bitkide; başak tane verimi özellikleri ile bitki sapındaki Pb miktarındaki artışlar önemli bulunmuştur (p<0.01). İki yıl çamur uygulandıktan sonra arpa tanesinde Cd ve Zn konsantrasyonunun da arttığı belirlenmiştir.

2004, 207 sayfa

ANAHTAR KELİMELEER: Arıtma çamuru, arpa, verim, ağır metal transferi, kireçli toprak

ABSTRACT

Ph.D Thesis

EFFECTS OF MUNICIPAL WASTE TREATMENT SLUDGE ON BARLEY GROWTH AND HEAVY METAL INTAKE IN CALCEROUS SOIL CONDITIONS

Cafer TÜRKMEN

Ankara University
Institute of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science

Advisor: Prof. Dr. Sevinç ARCAK

This research was carried out to determine the effects of municipal waste treatment sludge applied at different levels on barley (*Hordeum Vulgare* L. – Tokak-157/37) growth and heavy metal intake in calcareous soil conditions. Waste treatment sludge of Ankara Central Waste Water Treatment Plant (AMAAT) and chemical nitrogen fertilizer were applied for two years. Factorial experimental design was carried out in field conditions. Six different sludge levels (0, 300, 600, 1200, 2400 and 4800 kg da⁻¹) and four different chemical fertilizer (46% urea) levels (0, 3, 6, and 9 kg da⁻¹) were applied.

It was determined that waste treatment sludge applications have increased soil total Cd, Cu, Pb, Zn and available Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn concentrations. Also, plant height, spike height, number of grain in spike, number of spike per m², spike grain yield, thousand grain weight, yield per decar (1000 m²), plant straw total N, P, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, grain N, P, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn concentrations and biological availability index of Cd, Cu, Ni, Pb, Zn values were increased with waste treatment sludge applications and this increases were found to be statistically significant at p<0.01 level.

For nitrogen x sludge interaction, statistically significant (p<0.01) increases were observed in soil extractable Cd and Pb, plant spike grain yield and straw Pb concentration. It was also determined that Cd and Zn concentrations in barley grains have increased following two years sludge application.

2004, 207 pages

Key Words: Sewage sludge, barley, yield, heavy metal transferring, calcareous soil

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Ülkemizde sayıları hızla artmakta olan atıksu arıtma tesisleri ile, tonlarca üretilen arıtma çamurlarının tarım alanlarında giderimi konusundaki bu çalışma (Ankara örneği) TOGTAG-2924 numaralı proje ile TÜBİTAK-TOGTAG Grubu tarafından desteklenmiştir.

Çalışmalarında yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Sevinç ARCAK'a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarımın her aşamasında desteklerini hissettiğim Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü öğretim üyelerinden sayın Prof. Dr. Koray HAKTANIR, sayın Prof. Dr. Sadık USTA'ya, sayın Prof. Dr. Mahmut YÜKSEL'e ve sayın Doç. Dr. Ayten KARACA'ya, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü öğretim üyelerinden sayın Prof. Dr. Fikret GÜRBÜZ'e, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Nur OKUR'a, ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi öğretim üyesi sayın Yrd. Doç. Dr. Rıdvan KIZILKAYA'ya, Araştırma Görevlisi sayın Yakup ÇIKILI'ya (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü), Araştırma Görevlisi sayın Ferhat TÜRKMEN'e (Karadeniz Teknik Üniversitesi Ordu Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü), Araştırma Görevlisi sayın Siyami KARACA'ya (Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü), Araştırma Görevlisi sayın Özgür KOŞKAN'a (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü) ve Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde isimlerini saymadığım hocalarıma arkadaşlarıma ve tüm bölümümüz çalışanlarına, çalışmalarımın tarla denemesi kısmına olanak sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi çalışanlarına ve bu kapsamda sayın İsmet Vecihi DÜNDAR ve sayın Burhan ASLAN'a teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmalarımın bir kısmına olanak sağlayan TÜBİTAK-Ankara Test ve Analiz Laboratuvarı çalışanlarına, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü çalışanlarına ve Gübretaş gübre fabrikası laboratuvarı çalışanlarına bu kapsamda sayın kimya mühendisi Bader SAĞLAM'a da teşekkür ederim.

Çalışmalarında manevi desteklerini hiç eksiltmeyen sevgili eşim Selma TÜRKMEN'e, oğullarım Alperen ve Mehmet Hakan TÜRKMEN'e ve babam Yaşa TÜRKMEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Cafer TÜRKMEN
Ankara, Aralık 2004

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
EKLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ ve KURAMSAL TEMELLER	5
2.1. Türkiye’de Arıtma Çamurları ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar	22
2.2. Yönetmelikler ve Kısıtlamalar	24
2.3. Arpa Bitkisi Verimlilik Kriterleri ile İlgili Bazı Çalışmalar	27
3. MATERYAL ve YÖNTEM	30
3.1. Materyal	30
3.1.1. Deneme yeri ve deneme toprağının özellikleri	30
3.1.2. Arıtma çamurunun özellikleri	32
3.1.3. Araştırmada kullanılan arpa bitkisinin özellikleri	34
3.1.4. Denemede kullanılan azotlu gübre	35
3.1.5. Deneme alanı iklim özellikleri	36
3.2. Yöntem	37
3.2.1. Tarla denemesinin kurulması ve yürütülmesi	37
3.2.2. Toprak ve arıtma çamuru analiz verilerinin elde edilmesi	38
3.2.3. Bitki analizleri ve verilerinin elde edilmesi	40
3.3. İstatistik Analizler	42
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	43
4.1. Deneme Toprağı ve Arıtma Çamurunun Bazı Özellikleri	43
4.2. Denemede Uygulanan Azotlu Gübre ile Arıtma Çamurunun Toprak ve Arpa Bitkisinin Bazı Özelliklerine Etkisi	44
4.2.1. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprak reaksiyonu (pH) üzerine etkisi	48
4.2.2. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın elektriksel iletkenliği (EC) üzerine etkisi	49
4.2.3. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın organik madde kapsamına etkisi	51
4.2.4. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam azot kapsamına etkisi	53
4.2.5. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir fosfor kapsamına etkisi	56
4.2.6. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir potasyum kapsamına etkisi	57
4.2.7. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın katyon değişim kapasitesine etkisi	59
4.2.8. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın NH ₄ -N ve NO ₃ -N kapsamına etkisi	60

4.2.9. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam kadmiyum kapsamına etkisi	62
4.2.10. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam bakır kapsamına etkisi	64
4.2.11. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam nikel kapsamına etkisi	65
4.2.12. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam kurşun kapsamına etkisi	66
4.2.13. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam çinko kapsamına etkisi	67
4.2.14. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir kadmiyum kapsamına etkisi	68
4.2.15. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir bakır kapsamına etkisi	70
4.2.16. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir nikel kapsamına etkisi	71
4.2.17. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir kurşun kapsamına etkisi	72
4.2.18. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir çinko kapsamına etkisi	74
4.2.19. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki boyuna etkisi	76
4.2.20. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin başak boyuna etkisi	78
4.2.21. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin başakta tane sayısına etkisi	79
4.2.22. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin m ² 'deki başak sayısına etkisi	82
4.2.23. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin başakta tane verimine etkisi	83
4.2.24. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bin tane ağırlığına etkisi	85
4.2.25. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki hasat indeksine etkisi	86
4.2.26. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin dekara tane verimine etkisi	87
4.2.27. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı azot kapsamına etkisi	91
4.2.28. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı fosfor kapsamına etkisi	92
4.2.29. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı potasyum kapsamına etkisi	93
4.2.30. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı kadmiyum kapsamına etkisi	95
4.2.31. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı bakır kapsamına etkisi	97
4.2.32. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı nikel kapsamına etkisi	98
4.2.33. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı kurşun kapsamına etkisi	101
4.2.34. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı çinko kapsamına etkisi	102
4.2.35. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin azot kapsamına etkisi	103
4.2.36. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin fosfor kapsamına etkisi	105
4.2.37. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin potasyum kapsamına etkisi	108

4.2.38. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin kadmiyum kapsamına etkisi	109
4.2.39. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin bakır kapsamına etkisi ...	111
4.2.40. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin nikel kapsamına etkisi ...	114
4.2.41. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin kurşun kapsamına etkisi	115
4.2.42. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin çinko kapsamına etkisi ..	116
4.2.43. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin Cd biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi	118
4.2.44. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin Cu biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi	120
4.2.45. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin Ni biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi	122
4.2.46. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin Pb biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi	124
4.2.47. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin Zn biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi	125
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	128
KAYNAKLAR	132
EKLER	153
ÖZGEÇMİŞ	207

SİMGELER DİZİNİ

A.Ü	Ankara Üniversitesi
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AKM	Askıda Katı Madde
AMAAT	Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi
As	Arsenik
ASKİ	Ankara Su Kanalizasyon İdaresi
BAİ	Biyolojik Alınabilirlik İndeksi
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
CRM	Sertifikalı Referans Madde
Cu	Bakır
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
DTPA	Dietilenpentaasetikasit
EC	Elektriksel İletkenlik
ETA AAS	Elektrotermal Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
EU-EPA	Avrupa Birliği Çevre Koruma Teşkilatı
F-AAS	Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
Fe	Demir
ICP-AES	Çift Plazma Yüklemeli Atomik Emisyon Spektrofotometresi
K	Potasyum
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
KM	Kuru Madde
Mn	Mangan
N	Azot
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
pH	Toprak Reaksiyonu
S.Ü	Selçuk Üniversitesi
TS	Türk Standartları
TÜBİTAK-ATAL	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu-Ankara Test ve Analiz laboratuvarı
TÜBİTAK-TOGTAG	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu-Tarım Orman ve Gıda Teknolojileri Araştırma Grubu
US-EPA	ABD Çevre Koruma Teşkilatı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
Zn	Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı yer buldur haritası	31
Şekil 3.2. Çalışma alanı profil resmi (Tatlar profili)	32
Şekil 4.1. Arıtma çamuru uygulamalarının toprak reaksiyonuna (pH) etkisi	49
Şekil 4.2. Yıllara göre toprağın EC değerlerindeki değişim	50
Şekil 4.3. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın EC' sine etkisi	50
Şekil 4.4. Yıllara göre toprak organik maddesindeki değişim	51
Şekil 4.5. Arıtma çamuru uygulamalarının toprak organik madde kapsamına etkisi	52
Şekil 4.6. Azot uygulamalarının toprağın azot kapsamına etkisi	54
Şekil 4.7. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın azot kapsamına etkisi	55
Şekil 4.8. Çamur uygulamalarının toprağın alınabilir fosfor kapsamına etkisi	56
Şekil 4.9. Yıllara göre toprağın alınabilir potasyum kapsamındaki değişim	57
Şekil 4.10. Çamur uygulamalarının toprağın alınabilir potasyum kapsamına etkisi	58
Şekil 4.11. Çamur uygulamalarının toprak katyon değişim kapasitesine etkisi	59
Şekil 4.12. Yıllara göre toprağın NO ₃ -N kapsamındaki değişim	61
Şekil 4.13. Çamur uygulamalarının toprak NO ₃ -N kapsamına etkisi	61
Şekil 4.14. Yıllar ve çamur uygulamalarının toprağın kadmiyum kapsamına etkisi	63
Şekil 4.15. Çamur uygulamalarının toprağın bakır kapsamına etkisi	64
Şekil 4.16. Yıllara göre toprağın toplam nikel kapsamındaki değişim	65
Şekil 4.17. Yıllar ve çamur uygulamalarının toprağın toplam kurşun kapsamına etkisi	66
Şekil 4.18. Yıllara göre toprağın toplam çinko kapsamındaki değişim	67
Şekil 4.19. Çamur uygulamalarının toplam çinko kapsamına etkisi	68
Şekil 4.20. Azot ve çamur uygulamaların toprağın alınabilir kadmiyum kapsamına etkisi	69
Şekil 4.21. Çamur uygulamaların toprağın alınabilir bakır kapsamına etkisi	70
Şekil 4.22. Çamur uygulamaların toprağın alınabilir nikel kapsamına etkisi	71
Şekil 4.23. Yıllara göre toprağın alınabilir kurşun kapsamındaki değişim	72
Şekil 4.24. Azot ve çamur uygulamaların toprağın alınabilir kurşun kapsamına etkisi	73
Şekil 4.25. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının toprağın alınabilir çinko kapsamına etkisi	75
Şekil 4.26. Yıllar ve azot uygulamalarının bitki boyuna etkisi	77
Şekil 4.27. Yıllar ve çamur uygulamalarının bitki boyuna etkisi	77
Şekil 4.28. Yıllar ve çamur uygulamalarının başak boyuna etkisi	79
Şekil 4.29. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının başakta tane sayısına etkisi	81
Şekil 4.30. Yıllar ve azot uygulamalarının m ² 'deki başak sayısına etkisi	82
Şekil 4.31. Çamur uygulamalarının m ² 'deki başak sayısına etkisi	83
Şekil 4.32. Yıllara göre başakta tane verimindeki değişim	84
Şekil 4.33. Azot ve çamur uygulamalarının başakta tane verimine etkisi	84
Şekil 4.34. Yıllara göre bin tane ağırlığındaki değişim	85
Şekil 4.35. Çamur uygulamalarının bin tane ağırlığına etkisi	86
Şekil 4.36. Yıllara göre bitki hasat indeksindeki değişim	87
Şekil 4.37. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının dekara tane verimine etkisi	90
Şekil 4.38. Azot uygulamalarının bitki sapı azot kapsamına etkisi	91
Şekil 4.39. Çamur uygulamalarının bitki sapı azot kapsamına etkisi	92

Şekil 4.40. Çamur uygulamalarının bitki sapı fosfor kapsamına etkisi	93
Şekil 4.41. Yıllara göre bitki sapı potasyum kapsamındaki değişim.....	94
Şekil 4.42. Azot uygulamalarının bitki sapı potasyum kapsamına etkisi	94
Şekil 4.43. Yıllara göre bitki sapı kadmiyum kapsamındaki değişim	95
Şekil 4.44. Çamur uygulamalarının bitki sapı kadmiyum kapsamına etkisi	96
Şekil 4.45. Yıllara göre bitki sapı bakır kapsamındaki değişim	97
Şekil 4.46. Çamur uygulamalarının bitki sapı bakır kapsamına etkisi	98
Şekil 4.47. Yıllara göre bitki sapı nikel kapsamındaki değişim	99
Şekil 4.48. Azot uygulamalarının bitki sapı nikel kapsamına etkisi.....	99
Şekil 4.49. Çamur uygulamalarının bitki sapı nikel kapsamına etkisi	100
Şekil 4.50. Yıllara göre bitki sapı kurşun kapsamındaki değişim	101
Şekil 4.51. Azot ve çamur uygulamalarının bitki sapı kurşun kapsamına etkisi	102
Şekil 4.52. Çamur uygulamalarının bitki sapı çinko kapsamına etkisi.....	103
Şekil 4.53. Yıllara göre tanenin azot kapsamındaki değişim.....	104
Şekil 4.54. Çamur uygulamalarının tanenin azot kapsamına etkisi	105
Şekil 4.55. Yıllara göre tanenin fosfor kapsamındaki değişim	106
Şekil 4.56. Azot uygulamalarının tanenin fosfor kapsamına etkisi	106
Şekil 4.57. Çamur uygulamalarının tanenin fosfor kapsamına etkisi	107
Şekil 4.58. Yıllara göre tanenin potasyum kapsamındaki değişim.....	108
Şekil 4.59. Çamur uygulamalarının tanenin potasyum kapsamına etkisi	109
Şekil 4.60. Azot uygulamalarının tanenin kadmiyum kapsamına etkisi	110
Şekil 4.61. Yıllar ve çamur uygulamalarının tanenin kadmiyum kapsamına etkisi	110
Şekil 4.62. Yıllara göre tanenin bakır kapsamındaki değişim	112
Şekil 4.63. Azot uygulamalarının tanenin bakır kapsamına etkisi	112
Şekil 4.64. Çamur uygulamalarının tanenin bakır kapsamına etkisi	113
Şekil 4.65. Azot uygulamalarının tanenin nikel kapsamına etkisi.....	114
Şekil 4.66. Çamur uygulamalarının tanenin nikel kapsamına etkisi	115
Şekil 4.67. Çamur uygulamalarının tanenin kurşun kapsamına etkisi.....	116
Şekil 4.68. Azot uygulamalarının tanenin çinko kapsamına etkisi.....	117
Şekil 4.69. Yıllar ve çamur uygulamalarının tanenin çinko kapsamına etkisi	117
Şekil 4.70. Yıllara göre kadmiyum biyolojik alınabilirlik indeksindeki değişim.....	118
Şekil 4.71. Çamur uygulamalarının kadmiyum biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi.....	119
Şekil 4.72. Yıllara göre bakır biyolojik alınabilirlik indeksindeki değişim	120
Şekil 4.73. Çamur uygulamalarının bakır biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi.....	121
Şekil 4.74. Yıllara göre nikel biyolojik alınabilirlik indeksindeki değişim.....	122
Şekil 4.75. Azot uygulamalarının nikel biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi	123
Şekil 4.76. Çamur uygulamalarının nikel biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi	123
Şekil 4.77. Yıllar ve çamur uygulamalarının kurşun biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi	124
Şekil 4.78. Yıllara göre çinko biyolojik alınabilirlik indeksindeki değişim.....	126
Şekil 4.79. Çamur uygulamalarının çinko biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi	126

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. EPA halk sağlığı risk unsurları.....	13
Çizelge 3.1. AMAAT'ın bazı özellikleri ve tasarım kriterleri.....	33
Çizelge 3.2. Azotlu gübrelerin son dört yıllık üretim/tüketim durumları.....	36
Çizelge 3.3. Tarla denemesi uygulama konuları ve dozlar.....	37
Çizelge 3.4. Denemede yapılan analizler ve metotlar	40
Çizelge 3.5. Bitki ölçüm, sayım, gözlem ve analiz yöntemleri	42
Çizelge 4.1. Deneme toprağı ve arıtma çamurunun bazı özellikleri ile ağır metal kapsamları	43
Çizelge 4.2. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamalarının toprak ve arpa bitkisi özellikleri ile ağır metallerin biyolojik alınabilirlik indekslerine etkileri	46
Çizelge 4.3. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının toprağın alınabilir çinko kapsamına etkisi	74
Çizelge 4.4. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının başakta tane sayısına etkisi	80
Çizelge 4.5. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının dekara tane verimine etkisi	88

EKLER DİZİNİ

EK 1. Çalışma alanı jeoloji haritası	154
EK 2. Çalışma alanı jeomorfoloji haritası.....	155
EK 3. Çalışma alanı profili fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelgesi	156
EK 4. Çalışma alanı profili tanımlama özellikleri çizelgesi	157
EK 5. Çalışma alanı profil horizonlarının bazı morfolojik özellikleri çizelgesi	158
EK 6. AMAAT kanalizasyon havza alanı planı.....	159
EK 7. AMAAT 1999-2003 yılları atıksu özellikleri yıllık ortalamaları çizelgesi	160
EK 8. Uzun yıllar iklim verileri çizelgesi, Ankara-Etimesgut.....	161
EK 9. Deneme bitkisinin sertifikasyon özellikleri çizelgesi	162
EK 10. Araştırma bulguları varyans analiz çizelgeleri	163
EK 11. Araştırma bulguları ham veri çizelgeleri.....	179



1. GİRİŞ

İnsanlar, tarih boyunca refah içinde yaşama ve genlerini sürdürme arzusunda olmuşlardır. Düşünebilme ve sosyal bir varlık olmaları da bu arzularına ulaşmalarını sağlamış ve sonuçta çevreye olan baskılarını artırmışlardır. **Çevre sorunları** bu baskılar sonucu özellikle son yüz yıl içinde önce bölgesel karakterler göstermekteyken 1970'li yıllardan bu yana **küresel** boyutlara ulaşmıştır. Küresel boyutlara ulaşan sorunlar içinde; iklim değişikliği ve ozon tabakası incilmesi, tropik ormanların yok edilmesi, toprak erozyonu ve taşkınlar, su, toprak ve gıdalarda kirlenme, kentleşme, endüstrileşme, nüfus artışı ve hepsinin istenmeyen son ürünü olan **atıklar** sıralanmaktadır.

Atıklar, insanı doğrudan etkileyen temel biyolojik ihtiyaçlarının karşılandığı ortamlara yani **alıcı ortamlar** olarak bilinen hava, su ve topraklara, doğrudan yada artılarak verilmektedir. Ekolojik açıdan alıcı ortamlardan herhangi birinde yeterli miktar ve temizlik bulunmadığı takdirde büyüme ve yaşam durmaktadır.

Atıklar sonucu, kayıp ve kirlenme dünyada olduğu gibi ülkemizde de çok **kısıtlı** olan **su** ve **toprak** kaynaklarında önemli sorunlar oluşturmaktadır. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de son yıllardaki kentleşme ve kentlerde nüfusun hızla artması sonucu büyük şehirlerde gecekondulaşma, gıda temini, su temini, yakıt temini, yeşil alan azalması, katı atıkların toplanması, kanalizasyon şebekelerinin geliştirilmesi, sağlık ve eğitim sorunları gibi birçok altyapı problemlerini beraberinde getirmiştir. Bunlar içinde su temini, katı atıkların **bertarafı**, kanalizasyonların toplanması ve arıtılması öncelikli olarak kabul edilmiştir. Sonuçta dünyada kent belediyelerinin çoğu atık suların arıtılmasını, sadece **sanitasyon** amacı için değil, su temini amacına yönelik olarak da düşünmektedirler.

Atık suların arıtılmasını gerektiren temel nedenlerden diğer biri de, atık suyun kendi karakteridir. Atık sular; renk, görünüm, koku, çözünmüş ve askıdaki maddeler yönünden tehlikeli ve pis olarak nitelenmesine rağmen yine de % 99.9 dan fazlası sudur (Lester 1996). Halen dünya nüfusunun üçte biri su sıkıntısı çekmektedir. Ülkemizde 2000 yılı verilerine göre toplam 234 km³ **yenilenebilir** suyumuz, yenilenebilir sulardan da toplam 110 milyar

m^3 'lük su ise **kullanılabilir** durumda bulunmaktadır (Anonim 2000). Bu miktarı nüfusa oranladığımızda ülkemizin su zengini olmadığı da ortaya çıkmaktadır. Bu durumda dünyada olduğu gibi ülkemizde de atık suları arıtmak; küresel bir ödev, tarihsel bir görev, çevre kirliliği ve temel yaşam ihtiyaçları açılarından da zorunluluk durumundadır.

Dünyada evsel atık suların 3000 yıldan fazla bir zamandır arıtıldığı (Akkad'lıların **Eshnunna** şehri) bilinmektedir. Türkiye'de bulunan **Efes** Antik şehri MÖ.700-600 yıllarında kanalizasyon ve arıtma sistemleri kullanılan şehirlerden olmuştur. Almanya'da yaklaşık 400 yıl öncesinde **atık su tarlaları** şeklinde araziye deşarj şeklinde arıtmalar başlamıştır. Avrupa'da, Pasteur ve Koch tarafından **Mikrop Teorisi**'nin geliştirilmesiyle 1800'lerin sonları ve 1900'lerin başında sanitasyon'un önemi anlaşılacak şekilde yapılan kanalizasyonların ardından atık suların da arıtılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Amerika'da ise ilk **stabilizasyon havuzlu** arıtma sistemi 1901'de yapılmıştır. Atık su arıtma sistemleri günümüze doğru; biyo-filtreler, oksidasyon hendekleri, aktif çamur sistemleri ve gelişmiş arıtma sistemleri şeklinde gelişim izleyerek kullanıma gelmişlerdir (WHO 1989).

Atık sularla ilgili ülkemizde en güncel veri olarak 2004 yılında yayınlanan 2001 yılı belediye kanalizasyon istatistikleridir. Buna göre; 3215 belediyeden kanalizasyon şebekesi olan belediye sayısı 1879 olarak verilmiştir. Bu belediyelerin hizmet ettiği nüfus yüzdesi 75.3 ve kanalizasyon şebekelerinden deşarj edilen atık su miktarı 2.73 milyar m^3 yıl⁻¹ olmuştur. Bu miktarın % 44'ü denizlere, % 40'ı akarsulara, % 5'i araziye, % 11'i de diğer baraj, göl, zezemin ve fosseptiklere deşarj edilmiştir. Ülke genelinde toplam atık su arıtma tesisinden yararlanan nüfus yüzdesi ise % 16.8 olmuştur. Arıtma tesislerinin kapasite toplamı 2.35 milyar m^3 yıl⁻¹ olmasına rağmen arıtılan atık su miktarı ise 1.2 milyar m^3 yıl⁻¹ olmuştur (DİE 2004).

Türkiye'de İller Bankası tarafından desteklenmeye başlayan arıtma tesisleri 1980'li yıllarda yapılmaya başlanmış, Konya ve Şanlıurfa ilklerden olmuştur. Türkiye'de arıtma tiplerine göre toplam 112 arıtma tesisinden 65'i biyolojik arıtma (% 49), 44'ü fiziksel arıtma (derin deniz deşarjı ön arıtmaları dahil % 37.8) ve 3 adedi de gelişmiş arıtma (% 13.2) tesisi şeklindedir (DİE 2004).

Tipik olarak arıtma çamurları organik karakterli olup (%60), içinde azot (%3), fosfor (%2), potasyum (%0.5) gibi tarımda kullanılmakta olan besin maddelerini ve bunlarla birlikte ağır metalleri, organik, biyolojik kirleticileri ve parazitik organizma yumurtalarını da içermektedirler (Arden 1977, Anonymous 1996). Literatüre göre, dünyada üretilen arıtma çamurları; düzenli depolama, yakma, denize boşaltma, araziye uygulama, tarım alanlarında kullanım gibi birçok şekilde bertaraf edilmektedir. Sadece yakma şeklinde 3×10^9 t çamur bertaraf edilmekte ve 3 – 36 t Cd, 240 – 300 t Pb, 150 – 400 t Zn'nun atmosfere yıllık olarak katıldığı tahmin edilmektedir (Nriagu and Pacyna 1988). Dünyadaki arıtma çamurlarının özellikleri arıtma şekline göre, ülkelere göre değiştiği gibi şehirlere göre, mevsimlere ve beslenme alışkanlıklarına göre de değişmektedir. Atık suların arıtılma tipi, atık suyun kaynağı, arıtma verimi gibi konular da arıtma çamurlarının bertarafını etkileyen konulardandır. Türkiye'de arıtma çamurlarının tarımda kullanımı 1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanununa istinaden çıkarılan “**Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği**” ile düzenlenmiştir. Bu yönetmelikteki temel kriterler arıtma çamuru ve uygulanacağı toprakların **ağır metal** kapsamı, topraklardaki zirai mücadele ilaç bakiyeleri ile bazı organik ve inorganik kirleticilerin sınır değerlerini kapsamaktadır. Yönetmelikte sayılan maddelerden pek çoğu **toksik** karakterli yada **kanserojen**'dir. Bu maddeler toprakta ve yetiştirilen bitki konsantrasyonlarında izlenerek, değişimlerin **besin zincirine** doğrudan yada dolaylı etkileri anlaşılabilir.

Arıtma çamurlarının tarım alanlarına uygulanması ile ilgili oldukça fazla literatür bulunmaktadır. Bunlar kaynak araştırmasında ayrıntılı olarak verilmiştir. Ancak araştırma konusunun temel gerekçesine yönelik olarak birkaç örnek vermek gerekirse; ağır metallerden Cd ve Zn miktarının arıtma çamurlarının topraklara uygulanması ile toprak çözültisinde arttığı ve bu topraklarda yetiştirilen bitki dokularında da biriktiği belirtilmektedir (Bingham *et al.* 1975, Hinesly *et al.* 1977, Hinesly *et al.* 1979, McBride 2003).

Dowdy *et al.* (1978), beş yıl boyunca ve her yıl 20 ton ha^{-1} arıtma çamuru uygulanmış bir alanda yetiştirilen arpa ve ıspanak bitkisinin Cd içeriğinde artma olduğunu ancak Zn, Ni ve Cu içeriklerinde bu artmanın Cd kadar artmadığını hatta kritik düzeyin altında kaldığını belirtmişlerdir. Fang and Wong (1998), ağır metallerin topraktaki suda çözünebilir ve DTPA (Dietilenpentaasetikası) ile ekstrakte edilebilir miktarlarına

kireç uygulamasının etkisini araştırmışlar ve kireç uygulamasının pH'ya (Toprak Reaksiyonu) bağımlı olarak her iki şekildeki alınabilir metal konsantrasyonlarını azalttığını belirtmişlerdir.

Arıtılmış ve arıtılmamış Hindistan'da çamurları ile sağlık çevre ve tarımsal alanlara toksit yüklemesi konusunda yapılan bir araştırmada, çamurların tarımsal alanlara hem olumlu hem olumsuz etkileri olduğunu, tarım alanlarına yüksek seviyede pestisit ve ağır metal yüklenirken N, P ve K yönünden de zenginleştirme etkisi bulunduğu ortaya çıkarılmıştır (Kunwar *et al.* 2003).

Bilimsel araştırmalardan anlaşıldığına göre topraklarda, bitkilerde, atık sularda ve arıtma çamurlarında bir dizi kompleks olay olmakta ve bu olaylar tamamen çevre şartlarına göre değişmektedir.

Sonuç olarak arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanımı konusunda çok dikkatli olunması; hangi atığın, hangi toprağa, ne kadar, ne şekilde ve hangi kriterlere göre verileceği sorularına bilimsel yanıtların bulunması gerekmektedir. Yapılan bu doktora çalışmasında; Ankara kenti atık sularının arıtılması ile elde olunan arıtma çamurları mineral azotlu bir gübre ile birlikte karřılařtırılmalđ olarak tesis civarındaki kireçli bir toprak sistemine artan dozlarda uygulanmış ve iki yıl kuru tarım şartlarında arpa bitkisi yetiştirilmiştir. Çalışmada; Arıtma çamuru ve kimyasal azotlu gübrenin arpa bitkisinin verimine etkileri, toprak (alınabilir ve toplam) ve bitkideki (sap ve tane) ağır metal (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) kapsamlarına etkileri ve toprak ve bitkideki (sap ve tane) N, P ve K düzeyleri ile diğer bazı temel toprak özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar istatistiksel olarak incelenmiş ve tartışılmıştır. Bu çalışma ile elde edilen bulguların; atık su arıtma tesisi etki bölgesindeki çiftçilere, ilgili kuruluşlara ve literatüre katkısı ile faydalı olması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ ve KURAMSAL TEMELLER

Yaklaşık 30 yıldan fazla süren çalışmalarda bitkilerin beslenmesiyle ilgili olarak ticari gübrelemeye ciddi bir alternatif olabileceği düşünülen atık çamurların kullanılması konusunda yoğun bir ilgi bulunmaktadır. Konuyla ilgili yapılan birçok çalışmada çamur uygulamasına bağlı olarak değişik tarımsal ürünlerde ürün artışı sağlandığı belirtilmektedir (Coker 1966, Watson *et al.* 1985, Utsching 1985, Utsching *et al.* 1986). Çamur uygulanmış alanlarda otlatılan çiftlik hayvanlarına ağır metal bulaşmalarının bu alanlardaki bitkilerin yüzey ve yapraklarının kirlenmesiyle ve yutma yoluyla da olabileceğini belirten araştırmacılar (Healy 1968, Boswell 1975, Chaney and Lloyd 1979, King and Giordano 1986) bulunmaktadır.

Baldwin (1972), ağır metallerin insan sağlığı ile doğrudan ilgili olduğunu, mesleki hastalıkların metal türüne bağlı değiştiğini, bunlardan Cd'un prostat'a, Ni'in sinüsler ve nazal sistemde bozukluklara neden olduğunu ve akciğer kanseri yaptığını belirterek mesleki hastalıklara bir örnek olarak *Itai-Itai*'nin Cd'a bağlı olarak arttığını bildirmiştir. Yine toprak ortamındaki değişimler sonucu atık çamurlardan kaynaklanan Cd, Cu, Zn, Pb gibi elementlerin (ağır metallerin), değişik mineralizasyon proseslerini ve dolayısıyla toprak verimliliğini etkilemesine rağmen, aynı zamanda atık çamurların kendisinin de ayrışmasını daha komplike hale getirdiği saptanmıştır (Bloomfield and Pruden 1975, Lagerweff *et al.* 1977, Silveira and Sommers 1977).

Bazı araştırmacılar Cr ve Pb'un bitkiye alınımında artış olmadığını yada çok az artış olduğunu belirtmişlerdir (Morthvedt and Giordano 1975, Davis 1984, King and Giordano 1986).

Sommers (1976), artma çamurlarının bileşimlerinin çok fazla değişkenlik gösterdiğini; Zn, Cd, Cu, Ni ve Pb miktarlarının da çamurda çok fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Bitkisel üretim alanlarındaki en önemli Cd kaynağının fosforlu gübreler olduğu, fosforlu gübrelerin genellikle 300 mg kg⁻¹ üzerinde Cd kapsadığı belirtilmektedir (Andersson 1977, Sing 1994, McLaughlin *et al.* 1996, Fergusson 1990). Ticari azotlu ve fosforlu gübrelerle

karşıt olarak çamurların içermiş olduğu N ve P'un doğrudan bitkilere yarayışlılığı birincil derecede önemli olmayıp, bu besin maddelerinin toprakta mineralizasyon yoluyla serbest kalmasının önemli derecede yarayışlılığı söz konusudur. Bitkilerin gelişme döneminde mikrobiyal yolla besin maddelerinin yavaş ve sürekli salınımı N ve P 'un bitkiye yarayışlılığını artırabilmektedir (Soon *et al.* 1978, Utsching *et al.* 1986).

Hayes ve Theis (1978), ağır metallerin metan bakterilerine etki mekanizmalarının tam olarak anlaşılmadığını, hangi metalin daha toksik olduğuyula ilgili (ağırlık esasına göre) inceledikleri beş metali Ni>Cu>Pb>Cr>Zn şeklinde sıralamışlardır.

Epstain *et al.* (1978), Tester *et al.* (1977), Tester *et al.* (1979) ve Hohla *et al.* (1978), atık çamurların mikrobiyal ayrışmasının genellikle N, P ve S gibi bitkiye yarayışlı besin maddelerinin serbest kalması ile sonuçlandığını belirtmektedirler.

Evans *et al.* (1979), yaptıkları çalışmalarla 80 yıl boyunca atık sulardan gelen metallerin % 85'ten fazlasının toprakta biriktiğini ve bu birikimin de çoğunlukla yüzey topraklarında olduğunu bildirmişlerdir.

Sommers *et al.* (1980), KDK (Kasyon Değişim Kapasitesi) değerleri farklı olan üç toprakta (<5, 5-15, >15 cmol kg⁻¹) arıtma çamuru uygulanması sonucu yükselen KDK değerine göre bulunabilecek maksimum ağır metal (Pb, Zn, Cu, Ni, Cd) miktarlarının da doğrusal olarak arttığını belirtmişlerdir.

Schaumberg *et al.* (1980), anaerobik olarak ayrıştırılmış 2 farklı atık çamur örneği ile hafif tekstürlü toprak kullanarak, farklı pH değerlerinde 4 farklı çamur-toprak kombinasyonunda inkübasyon periyodu içinde atık çamurlarda oluşan biyokimyasal olayların suda çözünebilir fraksiyonlarını infrared spektrofotometresi ile incelemişlerdir. Bu araştırma bulgularına göre; atık çamurların mikrobiyal olarak ayrışmasının, toprak reaksiyonu ve içerdikleri su düzeylerine bağlı olarak değiştiği ve bu iki parametrenin optimal olduğu koşulda biyokimyasal transformasyonların ancak 10 haftada tamamlanabildiği belirtilmiştir. Deneme sonunda su doygunluğu ve asit koşulların prosesi olumsuz yönde etkilediği de araştırmacılarca belirtilmiştir.

Guidi (1982), çamur uygulanmış topraklarda fiziksel koşulların iyileşmesinin çoğunlukla mikrobiyal kökenli olduğunu, bu nedenle topraklardaki diğer etkiler yanında atık çamur uygulamalarına strüktürel niteliğin geliştirilmesi bakımından özel bir önem verilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Magdoff ve Amadon (1980), aerobik arıtımın ikinci kademesinden çıkan çamurları kumlu tınlı ve kumlu toprak koşullarında mısır bitkisine uygulayarak azot yarıyışlılığını araştırmışlardır. Sıvı çamurlarda esas itibarıyla azot amonyum ve organik N formlarında bulunmakta ve belirli koşullar altında önemli miktarlarda buharlaşma ile kayba uğramaktadır. Bu nedenle atık çamurların bitkiye yarıyışlılığının araştırılmasında azot verimliliği açısından da test edilmesi araştırmacılar tarafından önerilmiştir.

Lynch (1981), toprak agregatlarının stabilitesinin mikrobiyal biyokütle ile artış gösterdiğini ve topraklara organik materyalin ilavesi yoluyla agregasyonunun geliştirilmesinde mikroorganizmaların dominant rol oynadığını belirtmektedir.

Arıtma çamurları aynı zamanda Cu, Zn, Mo, Fe, Mn gibi mikrobelerin maddeleri için mükemmel bir kaynak olabilmektedir. Ancak aynı zamanda bu gibi elementlerin potansiyel toksik elementler olarak da araştırılması gerektiği ifade edilmektedir. (McClaslin ve O'connor 1982, Logan ve Chaney 1983, Utsching 1985).

Chang *et al.* (1982), çamur uygulamasının durdurulduğu alanlarda uygulamayı takip eden üç ve dördüncü yıllarda bile yetiştirilen buğday tanelerinde Cd konsantrasyonlarının kontrol parseline göre çok yüksek olmaya devam ettiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bu alanlarda çamur uygulamasının ardından on yıl boyunca yapılan analizlere göre yonca ve çayırotunda Zn konsantrasyonlarının uygulama yılından itibaren on yıllık dönem boyunca uygulama öncesi seviyesinden yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

Özellikle Cd'un çiftlik hayvanlarının et yada sütünden çok akciğer ve böbreklerinde biriktiği belirtilmektedir (Anderson *et al.* 1982, Bray *et al.* 1985, King ve Giordano 1986).

Dam Kofoed ve Sondergaard-Krausen (1983), Danimarka'da uzun süreli çiftlik gübresi denemesinde, ticari gübrelerle toprağa giren Cd miktarının yarısına yakını kadar da çiftlik gübresinden girdiğini saptamışlardır.

Logan ve Chaney (1983), yaptıkları çalışmada nötr ve alkali topraklara çamur uygulamasının, bitkilerin yenebilir kısımlarında ağır metalleri biriktirmeyen ürünler yetiştirmek kaydıyla, çamurdaki toksik ağır metallerin potansiyel etkilerinin azaltılabileceğini ifade etmişlerdir.

Toprakta Pb-tetraalkil formunun çok hızla suda çözülebilir forma dönüştüğü ve böylece de bitkilerce kolaylıkla Pb'unun alınabildiği Diehl *et al.* (1983) tarafından belirtilmiştir.

Bitkilerin Cd, Cu ve Ni absorpsiyonları arasında antagonistik bir etki olabileceğine işaret edilmektedir (Kabata-Pendias 1984). Atık çamurun yüksek miktarda Cd kapsamı sebebiyle bitkinin Cu ve Ni'yi fazla absorbe edemeyeceği Moreno *et al.* (1997) tarafından belirlenmiştir.

Kloke *et al.* (1984), ağır metallerin toprak-bitki sistemindeki hareketliliği ile ilgili çalışmalarında; Cd'un yüksek toksisite, vücutta uzun süre kalması ve çevrede yüksek hareketliliğinin özel ilgi nedeni olduğunu, insanların beslenmesinde özellikle sebzelerin ve taneli besinlerin çamur uygulaması ile topraktaki artan miktarlarla ilişkili olarak potansiyel tehlike olduğunu belirtmektedirler. Aynı araştırmacılar Cd'un toprak-bitki sistemindeki transfer katsayısının çinko ve talyum gibi 1-10 arasında olduğunu, bu katsayının Cu ve Ni'de 0.1-1, Pb'da ise 0.01-0.1 olduğunu belirtmişlerdir.

Munsuz ve Bulur (1984), Ankara çayının bölge topraklarında yarattığı sorunların araştırılması ile ilgili çalışmalarında; Ankara çayı ile sulama yapılan iki farklı tekstürdeki topraklarda (Tatlar köyü; kil tekstür, Anayurt-Türkobası arası; tın tekstür) alkalileşme eğilimi olduğunu belirtmişlerdir.

Stronach *et al.* (1986), ağır metallerin artma çamurunun anaerobik stabilizasyonunda kullanılan metan bakterilerini olumsuz etkilediğini, bunun ağır metallerin sülfatlı

bileşiklerle değil de nitratlı ve klorlu bileşiklerle verildiğinde olduğunu, sadece demir için bunun geçerli olmadığını belirtmişlerdir. Demirin ise, $FeCO_3$ şeklinde çökmesinin metan bakterilerine toksik etkisini önlediğini vurgulamışlardır.

Çinkonun mikro element olmasına rağmen, aşırı dozlarda toprak kirliliğine neden olduğu zaman bazı ökaryotların (Kuduk 1987, Roszky *et al.* 1988) ve prokaryotların da (Mrozowska 1982, Wilke 1987) olumsuz etkilenmelerine neden olduğu belirtilmektedir.

Jones *et al.* (1987), yaş ağırlık üzerinden hektara 35 ton çiftlik gübresinin uzun yıllar uygulandığı bir alanda, toprağa giren Cd miktarının fosforlu gübreler ve atmosferik depozitlerden giren Cd miktarından daha büyük değerde olduğunu saptamışlardır.

Kabata-Pendias and Pendias (1992), yaptıkları araştırmada çiftlik gübresi yoluyla da topraklara önemli miktarlarda Cd girişi olabildiğini ve çiftlik gübresinde $0.3-1.8 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında Cd bulunduğunu belirtmişlerdir.

Cakmak ve Marschner (1988), çinko noksanlığında bitkilerin Cd alınımının artmasını bitki hücrelerinde membran geçirgenliğinin artmasına bağlamaktadırlar. Bu araştırmacılar Cakmak (2000), çinkonun bitkilerde Cd toksisitesinden kaynaklanan hücre zararlanmalarını önleme nedenlerinden biri olarak ise; bitkilerde Cd toksisitesi ile ortaya çıkan toksik oksijen radikallerine karşı çinkonun koruyucu etkisi şeklinde bir ilişkiden kaynaklanabileceğini belirtmiştir.

Christensen (1989), toprakta Cd ve Zn için dağılım katsayısının pH'ya bağımlı değiştiğini, pH'nın bir birimlik değişiminde Cd dağılım katsayısının 4 kat arttığını Zn'nun da Cd'a göre daha duyarlı olduğunu ve dalgalı dağılımlar gösterdiğini belirtmiştir.

Kanalizasyon arıtma çamurlarının tarımsal alanlarda kullanılması dünyada giderek artmakta ve yaygın bir giderim metodu haline gelmektedir (Lerch *et al.* 1990, Dalmau *et al.* 1990, Chui *et al.* 1992, USEPA 1995).

Erikson (1990), Willaert ve Verloo (1992) ve Grant *et al.* (1998), mineral azotlu gübrelerin normal olarak önemli düzeylerde Cd içermemesine rağmen azotlu gübreleme ile bitkilerin topraktan Cd alınımının artabileceğini belirtmişlerdir.

Sauerbeck (1991), arıtma çamurunun fazla kullanıldığı topraklarla sera denemeleri yapmış ve tek ve çift çenekli bitkiler yetiştirerek bünyelerindeki ağır metalleri incelemiştir. Araştırmada, çift çenekli bitkilerin tek çeneklilere göre daha çok metal alımı gerçekleştirdiği, Cd, Zn, ile Ni'in de Cu, Pb, ile Cr'a göre daha fazla alınabildiğini belirtilmiştir. Araştırmacı ayrıca bitkilerin genelde vejetatif organlarının generatif organlarına göre daha çok Zn ve Cd içerdiğini, Cu ve Ni'in de meyve ve tohumlara taşındığını belirtmiştir.

Sauerbeck ve Lübben (1991), toprak ve bazı bitkilerdeki Cd ve Zn konsantrasyonlarını belirleyerek, bitkilerdeki metal miktarlarının topraklardaki miktarlara oranlanmasıyla "Transfer Faktörü" belirledikleri çalışmalarında; Transfer faktörlerini Cd için, mısırın KM (Kuru Madde) olarak yenilen kısımlarında, 0.01-0.1, bezelye, yulaf, buğday, fasulye ve alfaalfanın; 0.1-0.5, havucun; 0.5-1.0, pırasa ve kırmızı turpun; 1.0-3.0 ve marul, kereviz, ıspanağın; 3.0-6.0 olarak tespit etmişlerdir. Zn için mısır, havuç ve yulafın transfer faktörü 0.1 - 0.5, bezelye, pırasa, buğday, fasulye, kereviz, marulun 0.5-1.0 olmuş ve alfaalfa, kırmızı turp, ıspanak için de 1.0 - 4.0 olduğunu belirtmişlerdir.

Allovey ve Jackson (1991), arıtma çamuru uygulanmış topraklarda ağır metallerin davranışı ile ilgili yayınlarında; arıtma çamuru kaynaklı ağır metallerin toprakta birikimi ile bitkiler tarafından metallerin biyoalınabilirlikleri arasında ilişki olduğunu, toprak mikroorganizma aktivitelerinin benzer ilişki gösterdiğini ve her iki ilişkinin de toprak özellikleri ile etkilendiklerini belirtmişlerdir. Toprak özellikleri ile bitkinin metal kaldırması arasındaki ilişkilere de değinilen araştırmada toprak pH'sı, toprakta metal miktar ve cinslerinin dağılımı, organik madde, hidroz oksitleri, toprak karbonatları ve katyon deşitricilerin durumuna bağımlı olarak metal alımının etkilendiği belirtilmiştir. Araştırmacılar, kanalizasyon atıklarıyla topraklara ağır metallerin girişi olabileceğini ve bunlardan Cd miktarlarının minimum <1 ve maksimum 3410 mg kg⁻¹ (KM) olabileceğini ve ayrıca, bakırın 50-8000, nikelin 6-5300, kurşunun 29-3600 ve çinkonun da 91-4900 mg kg⁻¹ (KM) arasında değerlerde olabileceğini belirtmişlerdir.

Hernandez *et al.* (1991), kireçli bir toprakta aerobik-anaerobik arıtma çamuru ile tavuk gübresini kıyaslamak amacıyla yaptıkları araştırmada, arıtma çamurlarının mısır ve

buğdayda bitki verimini artırdığını, topraktaki metallere Zn, Cu ve Pb'nun toplamda ve Fe, Cu, Mn, Zn ve Pb'nun ise ekstrakte edilebilirlerde yüksek bulunduğunu saptamışlardır. Bu araştırmada Cd alımının bitkilerin türüne bağlı olarak değişim gösterdiği de belirtilmiştir.

Hernandez *et al.* (1991), organik maddesi düşük, kireçli bir toprak örneğinde tavuk gübresi ile aerobik/anaerobik elde edilmiş atık çamurları kıyaslamak için bitki verimlerini ve ağır metal alınabilirliklerini araştırmışlardır. Atık çamur uygulamalarının hem mısır bitkisinde hem de buğdayda verimi artırdığı, topraklarda ağır metallere toplam Cu, Zn ve Pb ile ve ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Mn, Zn ve Pb'nin arttığını ve yalnızca toplam Fe'in azaldığını belirtmişlerdir. Araştırmada, kontrole göre yapılan değerlendirmelerde bitkilerin ağır metal adsorpsiyonunun türe bağlı olarak da farklılık gösterdiği de belirtilmiştir.

Toprakların metal adsorpsiyonuna ürün yetiştirme sistemlerinin etkisini araştıran; Basta ve Tabatabai (1992), değişik ürün deseninde ve iki farklı alanda uzun dönemli bir deneme kurmuşlardır. Denemede, gerek ürün deseninin gerekse toprak tipinin toprağın ağır metal adsorpsiyonuna, toprak pH'sının ve organik madde içeriklerinin etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Langmuir Adsorpsiyon Maximum değerlerinin de değiştiği gözlenen topraklarda bu değerlerin Pb için en yüksek olduğunu, Cu-Cd-Pb adsorpsiyonunun her iki alan toprağı için de toprak pH'sı ve bazla doygunluk yüzdesi ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Arıtma çamuru karakterlerinin, çamurlardaki metal yarayışlılığı konusunu doğrudan ve dolaylı olarak etkilediği belirtilmektedir. Doğrudan etkiler olarak çamurların metal içerikleri ile organik ve inorganik bileşimleri sayılmakta (Jing ve Logan 1992, Miner *et al.* 1997, Xiao *et al.* 1999, Zhou ve Wong 2001) ve dolaylı etkiler olarak da pH, EC, azot ve çamurun iyonik kapasitesi belirtilmektedir (Dann *et al.* 1989, Hooda ve Allovay 1993, Wegler-Beaton *et al.* 2000).

Dalmau *et al.* (1990); laboratuvar koşullarında yaptıkları çalışmada uçucu küllerle atık çamurların birlikte etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar bu tür heterojen materyallerin

araziye uygulanmadan önce zararlı etkilerinden kaçınmak için niteliklerinin ve davranışlarının toprak sisteminde bilinmesine gerek olduğunu vurgulamışlardır.

Lerch *et al.* (1990), atık çamurların tarım alanlarında (kuru tarım, kışlık buğday) uygulama oranlarının neler olabileceğini konusunu araştırmışlardır. Araştırmacılar arid koşullarda kışlık buğday – nadas amenajman sisteminde 3 ton acre⁻¹ (741,3 kg da⁻¹) atık çamurun maksimum emniyet düzeyi olduğunu ve bu dozun yüksek uygulama oranlarında gözlenen ağır metal birikmesi ve nitrat kirliliği sorunları olmaksızın bitkilere N, P sağladığını ve ayrıca buğdayda tanenin protein miktarını olumlu etkilediğini de belirtmişlerdir.

Bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda mısır bitkisinin metal alımının seçici bir sıra izlemediği belirtilmiştir (Hernandez *et al.* 1991). Arpa bitkisine arıtma çamuru uygulaması sonrası elde edilen ağır metallerin Fe, Zn ve Mn sırasını izlediği belirtilmiştir (Bozkurt vd 2000b). Metal absorpsiyonunun bitki türüne bağlı olduğu diğer araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Sequi ve Petruzzelli 1978; Delcarte *et al.* 1979; Hani ve Gupta 1983; Hovmand 1983).

Menelik *et al.* (1991), tarla denemesinde buğday bitkisinin azot ihtiyacını mineral gübre ve arıtma çamuru vererek karşılamışlardır. Araştırmacılar, buğday veriminin ve tanede N, P, Zn ve Cu konsantrasyonlarının arıtma çamuru uygulamalarında daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Hernandez *et al.* (1991), artan dozda arıtma çamuru uygulamasının toprakta alınabilir fosforu artırdığını, toprakta alınabilir fosfor değerlerinin 19,32-24,12 mg kg⁻¹ arasında olduğunu belirlemişlerdir. Bunun açıklamasında da toprak+çamur kapsamında fosforun bir kısmının humifikasyon periyodu boyunca mineralizasyona bağlı olarak alınabilir forma dönüşmesinden kaynaklanmaktadır.

Bitkide tolere edilebilir Pb limit değeri 5-10 mg kg⁻¹ olarak Kabata-Pendias and Pendias (1992) tarafından belirtilmiştir (Smith, 1996).

Kabata-Pendias and Pendias (1992), tarımda kullanılabilir topraklara ağır metallerin Maksimum Kabul Edilebilir Yükleme (MAL) ve Maksimum Kabul Edilebilir

Konsantrasyonları (MAC) ile ilgili oldukça önemli kriterler koymuşlardır. Ayrıca, bu metallere Cd'nin tüm diğer mikro besin elementi ve ağır metallere daha fazla biyoakümülyasyona uğradığını belirtmişlerdir.

Çinko'nun bitkide Cd alımını artırdığını belirten araştırmacılar (Moraghan 1993, Zhou *et al.* 1994, Zhongren *et al.* 2002) yanında bu görüşe karşı çıkanlar da vardır (Abdel-Sabour *et al.* 1988, Oliver *et al.* 1994, Choudhary *et al.* 1994, Grant ve Bailey 1997, Köleli 1998, Grant *et al.* 2002).

McKenna *et al.* (1993), arpa ve mısır bitkisinde yaptığı çalışmada Cd ve Zn'nun bitki kök ve gövdelerinde peptitlere bağlanma şeklinde kompleksler oluşturmakla bitkilerin yenen kısımlarına aşırı Zn ve Cd birikiminin engellendiğini ve taneyi koruyan başka fizyolojik olayların da olabileceğini belirtmişlerdir.

FAO ve WHO (1993), tahıllarda ve baklagillerde izin verilebilir maksimum Cd konsantrasyonunu 0.1 mg kg^{-1} olarak belirlemişlerdir.

EPA (1993), halk sağlığına ve çevresel etmenlere risk oluşturabilecek arıtma çamuru kaynaklı inorganik kirleticilerle ilgili risk yollarını Çizelge 2.1'deki gibi açıklamıştır. Bu açıklamayı NSSS (National Sewage Sludge Survey) tarafından yapılan ve 209 ayrı çamur üretim tesisinin çamurlarında ele alınan özelliklere göre yapılan değerlendirmelere dayandırmıştır.

Çizelge 2.1. EPA halk sağlığı risk unsurları*

Kirletici ve Ort. Miktarı, mg kg^{-1}	Etkileme Şekli	Kirliliğin Haraket Yolu (Pathway)	
Cd	6.94**	Çocuk-Beslenme	Çamur-Toprak-Çocuk
Cu	741	Bitki-Beslenme	Çamur-Toprak-Bitki
Ni	42.7	Bitki-Beslenme	Çamur-Toprak-Bitki
Pb	134.4	Çocuk-Beslenme	Çamur-Toprak-Çocuk
Zn	1202	Bitki-Beslenme	Çamur-Toprak-Bitki

* : EPA (1993)'ten uyarlanmıştır.

** : Kuru maddeki değerlerdir.

Saabye *et al.* (1994), Avrupa Topluluğunda 1991 yılında kabul edilen atık suların arıtılması direktifiyle, atık suların arıtımında arıtılmış su kalitesini artırmak konusunun önemine değinerek toplulukta 2000 yılı için 17 milyon ton arıtma çamurunun çıkabileceğini belirtmişlerdir.

Topraktaki tuzluluğun temel etkeni olan elementlerden klorun kadmiyum ile yaptığı kompleksler sonucu Cd'un kation değiştirici yüzeylerde tutunması azalmakta ve kadmiyum klorür bileşiklerinin toprakta daha mobil olduğu belirtilmektedir (Mc Laughlin *et al.* 1994, Smolders ve Mc Laughlin 1996).

Kargı (1995), organizmaların büyümesi için bazı iz elementlere de ihtiyaçları olduğunu bunlardan; Fe, Zn ve Mn'in kofaktör olarak metabolizma düzenleyici işlevinde; Cu, Co, Mo, Na, Cl, Ca, Ni ve Se'un ise bazı özel durumlarda kullanıldığını belirtmektedir. Örneğin Cu elektron aktarım zinciri elemanlarında görev almakta, Ni metanojenlerce kullanılmakta, Co ise B₁₂ vitamini yapısına girmektedir .

Alloway (1995), İngiltere'de kanalizasyon arıtma çamurlarında ortalama 17-23 mg kg⁻¹ KM ve ABD'de 16 mg kg⁻¹ KM Cd olduğunu bildirmiştir. Ayrıca araştırmacı dokularında 3 mg kg⁻¹ Cd içeren bitkilerle düzenli olarak beslenen insanlarda Cd toksisitesi görüldüğünü bildirmektedir.

Jackson ve Alloway 1995, kadmiyum ile çinkonun kimyasal özellikler yönünden benzer olduğunu, her iki elementin de aynı kimyasal grupta olduğunu (II b) ve kadmiyumun mutlak gerekli olmamasına rağmen çinko gibi bitki bünyesine geçebildiğini açıklamışlardır. Araştırmacılar çinko noksanlığında bitki Cd absorpsiyonunda artışlar olduğunu ve bitkinin yenen kısımlarında yüksek dozlarda birikerek besin zincirine Cd girişinin arttığını belirtmişlerdir.

Alloway (1995), bitkilerin Cd düzeylerinin 0.1-1 mg kg⁻¹ arasında olduğunu ve bitkilerin Cd alınımını etkileyen en önemli toprak faktörlerinden birinin toprak pH'sı olduğunu belirtmiştir.

Öborn *et al.* (1995), İsviçre'de 43 lokasyon bölgesinden alınan yazlık buğday tanelerinde ortalama 0.056 mg kg^{-1} Cd bulunduğunu saptamışlardır.

Cd insan vücudunda uzun yıllar tutunmakta ve akümüle olmaktadır. Cd içeriği yüksek besinlerin tüketimi kronik toksisiteye neden olmaktadır (Jackson ve Alloway, 1995). Yine, Codex Alimentarius Commission of FAO/WHO verilerine göre; Uluslararası ticarete, yağlı tohumlar ve tahılların Cd içerikleri için $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ sınır değerlerinin dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır (FAO/WHO, 1995).

Okur ve Çengel (1995a), alüvial bir toprakta Cd, Pb, Zn ve As metallerinin biyokütle ve proteaz aktivitesi üzerine etkilerini belirledikleri çalışmada, biyokütle açısından en toksik metalin Cd olduğunu ve bunu sırasıyla Zn, As ve Pb'ün izlediğini belirtmişlerdir. Proteaz aktivitesi açısından ise düşük metal konsantrasyonlarında (10-100 ppm) $\text{Cd} > \text{As} > \text{Zn} > \text{Pb}$ şeklinde olumsuz etki görülmüşken, yüksek dozlarda (500-1000 ppm) bu etki $\text{Cd} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{As}$ şeklinde sıralanmıştır.

Okur ve Çengel (1995b), bazı ağır metallerin (Cd, Cu, Ni, Zn) alüvial bir toprakta otoktan bakteriler, funguslar ve Dimetilsülfoksit (DMSO) redüksiyonuna etkilerini araştırmışlar ve bütün ağır metal dozlarında DMSO redüksiyonunun olumsuz etkilendiğini, fakat düşük dozlardaki metallerin bakteri ve fungusların sayısını artırırken, yüksek dozdaki metallerin ise azalttığını saptamışlardır. Ayrıca bu çalışmayla fungusların otoktan bakterilere oranla ağır metallerde daha toleranslı olduklarının ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Guo-Yan *et al.* (1995) ve Hart *et al.* (1998), Cd, Mn, B, Mo ve Se gibi ağır metallerin bitki kökleri tarafından alındıktan sonra kolayca yeşil aksamı taşınabildiğini belirtmişlerdir.

Karaca *et al.* (1996), topraklara Cd ve Pb ilavesinin bazı biyolojik olaylara etkisi konusundaki 60 günlük inkübasyon denemesi çalışmalarında; artan Cd dozlarına göre nitrifikasyonun olumsuz etkilendiğini, inkübasyon sonundaki CO_2 çıkışı ve katalaz enzim aktivitelerindeki düşüşlerin de buna paralellik gösterdiğini belirtmişlerdir.

Okur ve Çengel (1996), ağır metallerin toprak mikroorganizmalarına pH'nın etkisi ile ilgili yaptıkları araştırmada, ortam reaksiyonu alkalın olduğunda Cd ve Cu'nın genel bakterilerde daha toksik etkili olduğunu belirtmişlerdir. Nikelin ise 8-9 pH'larda daha az toksisite gösterdiğini ve Cd'un en etkili metal olduğunu belirtmişlerdir.

Arıtma amurlarının, bitki gereksinimlerini karşılamaya yönelik olan ticari gbrelelere benzemeyecek şekilde bitki besin maddeleri içerdiğini ve bunun da kontrol dışı bir durum olduğunu belirten kaynaklar (Anonymous 1996), arıtma amurlarının agronomik miktarlarda uygulanması sonucu diğer bazı besinlerin fazlalığına yada eksikliğine neden olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

U.S. EPA raporunda (Anonymous 1996), genellikle çamur uygulamalarının ilk yılında organik azotun %50'si, ikinci yılında ise %5-20'sinin mineralize olarak yararlı hale geldiği ve takip eden yıllarda bu oranın daha da düştüğü belirtilmektedir.

Smolders ve McLaughlin (1996), toprak çözeltisinde Cd⁺² iyonunun Cl⁻ iyonu ile CdCl_n²⁻ⁿ şeklinde bilinmeyen bir kompleks form oluşturduğunu ve bitkiler tarafından alınabileceğini belirtmişlerdir.

Toprakta klor miktarının yüksek olduğu alanlarda yetiştirilen makarnalık buğdaylarda Cd konsantrasyonunun yüksek olduğu birçok araştırmacı tarafından açıklanmıştır (Wenzel *et al.* 1996, Norvell *et al.* 2000).

Hemida *et al.* (1997), ağır metallerin toprağa bulaşmalarını doğrudan depolama, gübreler, arıtma çamurları ile birçok kentsel ve endüstriyel atık bileşimlerinden kaynaklandığını belirtmektedirler.

Tahıllar içerisinde makarnalık buğdayların ekmeleklik buğdaylara göre tanede daha fazla Cd biriktirdiğini belirten araştırmacılar bulunmaktadır. (Clarke *et al.* 1997, Kleli 1998, Hart *et al.* 2002).

Hooda *et al.* (1997), buğday, havuç ve ıspanakta metal konsantrasyonlarının, pH'sı 6.5 ve 7 olan topraklarda kireç uygulamasının etkisini araştırdıkları çalışmada, kireçlemenin havuç ve ıspanakta pH 7' de metal alımının azaldığını, buğdayda ise 6.5 pH'da metal alımına kireçlemenin etkisinin önemsiz olduğunu belirtmişlerdir.

Atık çamur uygulanan toprakların ağır metallere kontamine edildikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Toprakların toplam ağır metal miktarlarının direkt veya indirekt olarak bitkilere yararlı olamayacağı görülmektedir. Ancak söz konusu metallerin oluşturduğu değişik formlar toprak şartlarına bağlı olarak zamanla değişebilir ve potansiyel zarar her zaman mevcut olabilir (Moreno *et al.* 1997).

Rojas-Cifuentes (1998), yaptığı çalışmada 11 bitki türünün, 5 farklı lokasyondaki Cd içeriklerini incelemiş ve konsantrasyon artışına göre şöyle sıralamıştır; Mısır (0.01)< fasulye (0.02)< iki sıralı arpa ve yulaf (0.04)<altı sıralı yulaf ve sert kırmızı yazlık buğday (0.05)< durum buğdayı (0.22)< soya fasulyesi (0.24)< ayçiçeği (0.75)< flax (1.00).

Sings ve Myhr (1998), organik madde içeriği düşük olan bir toprakta organik madde ilavesi ile ilk yıl Cd alımının düştüğünü ancak ikinci ve üçüncü yıllarda Cd alımının etkilenmediğini belirtmişlerdir.

McLaughlin ve Sings (1999), Cd ile ilgili sınır değerlerin ülkelere göre değiştiğini ve bu sınır değerlerinin; Danimarka, Finlandiya ve İsveç'de 0.5, Fransa'da 2, Almanya'da 1.5, İspanyada 1, İngiltere'de 3 ve ABD'de de 20 mg kg⁻¹ KM olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir.

Bakırın organik madde ile kompleks oluşturma eğilimi, kil yüzeylerinde Cu OH⁺ adsorpsiyonu ve kalsiyum karbonattan bazik bir Cu karbonat oluşumu ile beraber toprakta Cu'nun tutulması ile ilgili en etkili mekanizmalardan biri olarak tanımlanmaktadır (Polo *et al.* 1999).

Chaney *et al.* (1999), topraktaki ağır metallerin bitki tarafından alınabilirliğini; bitki türü yanında toprak pH'sı, kil durumu, organik madde, KDK, kireç, sülfat, klor gibi

toprak faktörlerinin belirlediğini, bitkiler tarafından metallerin aşırı alımları sonucunda ise fitotoksik simptomların görülebileceğini, ürün kalite ve miktarı ile süs bitkilerinin görsel değerinin de düşebileceğini belirtmişlerdir.

Punshon *et al.* (1999), besin çözeltisi ortamında buğday, arpa, ıspanak, turp, marul, kırmızı lahana, çin lahanası, karnabahar, brokoli, Brüksel lahanası, havuç ve pırasa bitkilerinin 4 doz Cd (0, 0.01, 0.10 ve 5.0 mg Cd⁻¹) konsantrasyonunda Cd birikimlerini araştırmışlardır. Bu araştırmada en düşük Cd seviyesi kırmızı lahanada bulunurken en yüksek Cd'un brokoli ve karnabaharda olduğu yapılan testlerde belirlenmiştir.

Lehoczky ve Albrecht (1999), sera koşullarında asit ve nötr topraklarda dört doz Cd ile yaptıkları araştırmada, her iki toprakta ve tüm dozlarda yetiştirilen mısır bitkisinin Cd konsantrasyonlarının arttığını fakat asit topraklardaki mısırlarda Cd miktarlarının nötr topraklardaki bitkilere göre birkaç kat daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Öborn *et al.* (1999), uzun süreli bir tarla denemesinde patates yumrusu ve yazlık buğdayın Cd alımlarında kireçlemenin etkisiyle ilgili yaptıkları araştırmada, pH'nın artışına bağlı olarak her iki bitkide de Cd konsantrasyonunun azaldığını belirtmişlerdir.

Dowdy *et al.* (1999), çamur uygulanmış alanlarda 18 yıl sonrasında bile Cd ve Zn'nun biyolojik alınabilirlikleri olduğunu mısırdaki gövde dokularında artan seviyelerde Cd görüldüğünü ve tanelerde Cd birikimi görülmediğini belirtmişlerdir.

Tlustos *et al.* (2000), yaptıkları çalışmada arıtma çamuru uygulanmış dokuz farklı toprakta yetiştirilen ıspanak, yulaf ve mısırın Cd ve Ni birikimlerini incelemişlerdir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre; bitkilerin tamamında biyokütle artışı olduğu, bu artışların Fluvisollerde en az, Çernozyemlerde ve Luvisollerde önemli derecede yüksek olduğunu ve Kambisollerde değişken olduğunu belirtmişlerdir. Bitkilerin metal alımları açısından topraklara ve bitki çeşidine göre farklılıklar gösterdiği ıspanağın Fluvisoller ve Kambisollerde en yüksek Cd kaldıran bitki olduğu diğer bitkilerde de metal konsantrasyonlarında artışlar olduğu belirtilmiştir.

McGrath *et al.* (2000), yaptıkları yaklaşık 60 yıllık (1942 başlayan) bir çalışma ile arıtma çamurları uygulanan alanlarda Cd ve Zn'nun bitkiler tarafından topraktan alınımı araştırmışlardır. Aynı zamanda çiftlik gübresi ve mineral ticari gübrelerle gübrelenmiş alanlar da izlenmiş ve bu alanlara göre çamur uygulanmış alanlarda Zn ile Cd'un ekstrakte edilebilir miktarlarının çok daha yüksek olduğunu, çamur uygulamasının durdurulduğu 1961'den sonraki 23 yıllık dönem boyunca ise Cd ve Zn'nun ekstrakte edilebilirliğinde bir azalma olmadığını ve bu ağır metallerin bitki bünyesine alınabilirliklerinin 23 yıldan fazla izlenmesine rağmen halen azalmadığını belirtmişlerdir.

McGrath *et al.* (2000), yaptıkları araştırmada, kanalizasyon atıkları uygulanan marul, ıspanak ve şeker pancarı bitkilerinde, uygulanmayanlara oranla daha yüksek düzeyde Cd biriktiğini belirtmişlerdir.

Johnsson *et al.* (2000), yaptıkları çalışmada 0-30 cm'lik üst toprak dışında da bazı bitkilerin Cd alımı gerçekleştirdiğini, buğday tanesindeki Cd'un % 15-37'sinin yüzey altı topraktan alındığını belirtmişlerdir.

Nejmeddine *et al.* (2000), atık sularda metal giderimi ile ilgili çalışmalarında; Çözünmüş metallerin çökmesinde, bekleme süresi ve atık su bünyesindeki çözünmüş organik madde varlığının etki ettiğini, bu etkinin çözünmüş organik madde ile ters ve bekleme süresi ile doğru orantılı olduğunu belirtmektedirler.

Chaudri *et al.* (2001), uzun süreli atık çamur ile gübreleme yapılan alanlarda yaptıkları çalışmada, bu alanlarda yetiştirilen buğdayların tane analizlerinde Cd miktarının izin verilen maksimum sınır değerinden (0.1 mg kg^{-1}) fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Hocking ve McLaughlin (2001), sera koşullarında 17 farklı keten genotipinde tohumların Cd içeriğini araştırmışlar ve genotipler arasında tohumların Cd içeriklerinin değişken olduğunu saptamışlardır. Bu araştırmada keten bitkisinin yüksek miktarda Cd kaldırdığını ve maksimum izin verilebilir sınır olan 250 ppm üzerinde Cd birikimi olduğunu saptamışlardır.

Terelak *et al.* (2001), kışlık buğdaylarda 606 bitki örneğinde test yapmış ve bu bitkilerin ortalama 0.044 mg kg^{-1} Cd içerdiğini belirtmişlerdir.

Denaix *et al.* (2001), iki farklı serideki topraklarda marul bitkisi ile yaptıkları çalışmada Cd ve Zn içeriklerinin düşük pH'daki topraklarda yetiştirilen bitkilerde yüksek, yüksek pH'lı topraklarda yetiştirilen bitkilerde ise düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Kabata-Pendias *et al.* (2001), nötr ve hafif alkalın topraklarda yetiştirilen patates yumrularının Cd konsantrasyonlarını incelemişler ve her iki grupta da asit topraklara göre daha az Cd belirlemişlerdir. Araştırmacılar Polonya'da 6306 patates örneğinde Cd belirlemiş ve örneklerin %5.2'sinin Polonya gıda komisyonu sınırlarından yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Harris ve Taylor (2001), makarnalık buğdayda ^{109}Cd izotopu ile yaptığı çalışmada bu elementin önce gövdede toplandığını ancak sonra taneye de taşınarak gövdede azaldığını belirlemiştir. Bu çalışmada Zn'nun Cd taşınımını engellemediğine de değinilmiştir.

Wang (2002), mısır ve çeltik bitkisinin Cd toleransı konusundaki çalışmada, bu iki bitkinin de fizyolojik olarak Cd toksisitesine dayanıklı olmasına rağmen iki bitkinin de tanelerine kolayca Cd 'un taşındığını belirtmiştir.

Jansson (2002), Avrupa Birliği (EU)'nin 2002 yılından geçerli olmak üzere bazı ürünlerde izin verilebilir Cd konsantrasyonlarını yeniden belirlediğini açıklamıştır. Buna göre; havuç ve patatesten taze ağırlıkta maksimum Cd'un 0.1 mg kg^{-1} ve kuru ağırlıkta ise 0.5 mg kg^{-1} olması gerektiği belirtilmiştir.

Grant *et al.* (2002), Cd içeren Monoamonyumfosfat (MAP) gübresiyle üç yıllık tarla denemesinde, buğday tanesindeki Cd içeriğinin arttığını buna karşılık Zn içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir.

Moral (2002), Cd'un toprak-su sisteminde kolayca hareket edebildiğini ve bitkiler tarafından aynı kolaylıkla alınabildiğini belirtmiştir.

Merrington *et al.* (2002), arıtma çamurlarındaki metallerin yararışlılığı ile ilgili olarak, arıtma çamurlarının matriks yapısının ağır metaller için hem bir tampon hem de biriktiğı yer olarak kaynak görevi yaptığını ve bu görüşüne Corey *et al.* (1987) ve Smith (1996)'in de katıldığını belirtmişlerdir.

Nan *et al.* (2002), tarla koşullarında Cd ve Zn'nun toprak ve bitki sisteminde transferlerini araştırmışlardır. Bu araştırmada bitkilere metal transferinin toprak (pH, KDK, organik madde vb.) ve bitki (bitki türü, yaşı, dokusu vb.) şartlarına bağı olduğu ortaya çıkarılmıştır.

McBride (2003), kanalizasyon atıkları ve gübrelere, topraklara önemli miktarda Cd girişi olduğunu bildirmiştir.

Wu *et al.* (2003a), dört farklı arpa genotipinde, sera koşullarında ve besin çözeltisi kullanarak Cd ile Zn, Cu, Fe ve Mn'in etkileşimini ekimden başlayarak 10, 20, 50, 70, 100 ve 150. günlerde ayrı hasatlar ederek belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre; kadmiyum besin ortamına katıldıktan sonra yetiştirilen arpanın, bitkinin yeşil aksamında, kök ve tanesinde Mn ve Cu miktarları azalmış, Fe konsantrasyonunun ise yeşil aksam ve tanede azaldığını belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar yaptıkları bir başka çalışmada (Wu *et al.* 2003b), yine dört farklı arpa genotipinin Cd toksisitesine dayanımını belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre düşük dozlarda Cd birikiminde fark olmazken, yüksek dozlarda genotipler arasında fark görülmüştür. Aynı araştırmacılar sera koşullarında besin çözeltisi ortamına 0, 0.1, 1.0 ve 5.0 µmol seviyelerinde Cd verilmesiyle bitki dokularında Zn azalması olduğunu ve Zn'nun köklerden yeşil aksama taşınmasının engellendiğini belirtmişlerdir.

Özkutlu (2004), yaptığı doktora çalışmasında makarnalık buğdayda Cd alımı ve birikimi üzerine tuzluluğun ve çinko beslenmesinin etkisini sera koşullarında araştırmıştır. Araştırmacıya göre yapılan bu çalışmada, beslenme ortamına artan miktarlarda uygulanan NaCl ile birlikte bitkilerde Cd konsantrasyonunun çarpıcı olarak arttığı, bu artışın Zn eksikliğinde yetiştirilen bitkilerde daha önemli olduğu, toprağa Zn uygulanmasıyla bitki bünyesindeki Cd'da da çok önemli azalmalar olduğu, yapraktan

Cd uygulamasında nitrat ve sülfat anyonlarına göre klor anyonu kullanılmasıyla Cd taşınması ve tanede birikimin çok yüksek miktarda olduğu ve yapraktan uygulanan Zn'nun da yapraktan taneye olan Cd taşınmasını azalttığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

2.1. Türkiye'de Arıtma Çamurları ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar

Arcak vd (2000) ASKİ (Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi) atık çamurunun tarımsal kullanım potansiyeli ile ilgili sera şartlarında ve kireçli bir toprakta arpa bitkisi kullanarak yaptıkları araştırmada, tüm atık çamur dozlarında toprak pH'larının azaldığını, alınabilir fosforun arttığını, uygulanan atık çamur dozlarına göre toprak ekstraktlarında da EC (Elektiriksel Kondaktivite) değerlerinde bir yükselme olduğunu ve ayrıca yetiştirilen arpa bitkisinde N ve P içeriklerinin çamur dozları ile pozitif paralel bir ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir.

Türkmen vd (2001), arıtma çamuru uygulamasının sera şartlarında yetiştirilen arpa ile bazı ağır metallerin topraktan alınabilirliği konusundaki yaptıkları araştırmada; arıtma çamuru uygulamalarının, toprakta toplam ve alınabilir, Cu, Zn, Pb ve Ni miktarlarını artırdığını buna rağmen Mn'in ise alınabilir miktarlarını azalttığını ve Fe'in ise alınabilir veya toplam miktarları arasında fark olmadığını belirtmişlerdir. Aynı araştırmada yüksek dozlardaki uygulamalarda bitki bünyesindeki metallerden Cu ve Pb dışındaki metallerin (Fe, Zn, Mn, Ni) toprakta izin verilen sınırlarda kaldığını belirtmişlerdir.

Tarımsal amaçlarla çamur uygulanmasının ekonomik değeri açısından çok fazla bilgi bulunmamaktadır. Ülkemizdeki koşullarda atık çamurların tarımda ticari gübrelerle rekabet edebilmesi için bazı değerlendirmelere gereksinim vardır. Ekonomik değerlendirme üç açıdan önemli olabilir. 1. Tarımsal alanlara uygulama ile tarımsal verime katkı, 2. Atık çamurların bertarafı için yakma, düzenli depolama gibi uygulamalarla kıyaslanarak arıtma tesisleri açısından ekonomik fayda analizi, 3. Ekolojik açıdan veri tabanı oluşturarak gelecek tahminlerinin yapılmasıdır.

Bozkurt vd (2000a), kentsel arıtma çamurunun kışlık arpada azot kaynağı olarak kullanılmasına yönelik yaptıkları çalışmada; inorganik azotlu gübre ile arıtma çamurunu karşılaştırmışlar ve bütün uygulamalarda kontrole göre bitkide azot içeriği ve alımının arttığını, bu artışın arıtma çamuru uygulamalarında daha fazla olduğunu, arıtma çamurları uygulanan bitkilerde tanede P, Fe, Mn ve Cu konsantrasyonlarının arttığını ancak toprakta sadece Zn ve Cu miktarlarında artma olduğunu ve toksik düzey altında kaldığını belirtmişlerdir.

Bozkurt vd (2000b), kireçli topraklarda yetiştirilen mısır bitkisine arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının etkisini incelemişler ve bitkinin toprak üstü organlarında Fe, Mn, Zn ve Cu'nun konsantrasyon artışının istatistiksel olarak önemli olduğunu, Co, Ni, Cr ve Cd 'da görülen artışların ise istatistiksel olarak önemli olmadığını belirtmişlerdir. Bilgin vd (2002), 5 hafta boyunca her gün aldıklarını belirttikleri çamur örneklerinde ağır metallerle ilgili olarak ortalama değerleri ppm KM^{-1} olarak; Cd 6.4, Cu 286, Ni 76, Pb 181, Zn 3815 ve Cr 138 olarak vermişlerdir. Araştırmacılar çamurun gübre değeri ile ilgili yaptıkları çalışmada 13 aylık örnekleme (susuzlaştırma ünitesi palet çıkışından) ortalamasına göre Ankara çamurunun N, P, K ve organik madde kapsamının genel olarak diğer çamurlardan yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Bilgin vd (2002), Ankara atık su arıtma tesisinde üretilerek doğal şartlarda (güneşlenmeyle) kurutulan arıtma çamurunda yaptıkları çalışmada fekal koliform sayısının 4-506 g KM^{-1} olduğunu ve örneklerde Salmonella ve Helmint yumurtasına rastlanmadığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu sonuçlarla Ankara arıtma çamurlarının dezenfeksiyon yönünden USEPA'ya göre palet çıkışında "B" ve kurumuş örneklerde "A Sınıfı" arıtma çamurlarına girdiğini belirtmişlerdir.

Önal vd (2003), domates bitkisinde iki yıl yinelemeli iki tip arıtma çamuru ile yaptıkları çalışmada, domates bitkisinin verim ve bazı kalite özellikleri ile mineral madde içeriklerini incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan artan dozlarda arıtma çamurlarının; bitkilerde meyve miktarlarını, meyvelerde kuru madde kapsamlarını ve N, P, K, Mg, Fe konsantrasyonlarını artırdığını bununla beraber yüksek dozlarda uygulanan çamur tipine bağlı olarak bitkilerde fitotoksisite etkilerinin belirlendiğini ve bu tür

çalışmaların, arıtma çamurlarının tarım yoluyla güvenli geri kazanımı konusunda endişe verici olduğuna bir örnek olabileceğini belirtmişlerdir.

Güneri (2003), sera koşullarında arıtma çamuru uygulanmış topraklarda yetiştirilen kıvrıkcık bitkisinde Cd ve Zn'nun Biyolojik Alınabilirlik İndeksi (BAİ)'nin saptanmasıyla ilgili yaptığı tez çalışmasında; arıtma çamurlarının artan dozlarıyla birlikte toprakta Cd ve Zn'nun da konsantrasyonunun arttığını, kıvrıkcık bitkisinin arıtma çamuru uygulaması ile kuru maddesinin arttığı, bu artışın linear (düzenli) olmadığı, bitki bünyesindeki Zn miktarının ise düzenli olarak arttığı, Cd 'un 24 ton ha⁻¹ çamur dozunda bitki bünyesinde en yüksek konsantrasyonda olduğunu, çamurun düşük dozlarında BAİ'nin düşük olduğu ve son olarak da Zn'nun Cd'dan daha yüksek BAİ olduğunu belirtmiştir.

Toraman ve Topal (2003), "Kıvrıkcık bitkilerin ve arıtma çamurlarının değerlendirilmesinde alternatif termal teknolojiler ve uygulamaları" konulu makalelerinde Liptak ve Bouis (2000), 'in klasik çamur uzaklaştırma yöntemlerini; yakma, düzenli depolama, kompost-gübre elde ederek tarımsal alanlarda değerlendirme ve denize deşarj şeklinde belirttiğini bildirmişlerdir. Makalede alternatif teknolojiler olarak yaş oksidasyon, piroliz ve gazlaştırma belirtilmekte ve bunlarla ilgili verilen literatürlerde birçok alt teknolojik proses ve yöntemlerden söz edilmektedir. Bu yöntemlerle arıtma çamurlarından madeni yağ, metil alkol, yarı kok madde ve piroliz gazı üretimi gibi daha az hacimli ve inert artıklara dönüşümlerin daha ekonomik bertaraf (uzaklaştırma) sağladığı ve daha çevreci oldukları belirtilmektedir. Daha da önemlisi, yazarların ülkemizde çığ gibi büyüyen atık çamurların uzaklaştırılması konusunda benzer araştırmaların başlaması gerektiği görüşüdür. Klasik yakma yöntemlerinde baca gazı arıtma veya kül uzaklaştırma maliyetlerinin yüksekliği ve çevresel etkileri düşünüldüğü takdirde bu görüşün katılmamak mümkün değildir.

2.2. Yönetmelikler ve Kısıtlamalar

Arıtma çamurlarının içerebilecekleri potansiyel toksik elementlerle ilgili Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletlerindeki yönetmelikler incelendiğinde; Türkiye'nin Avrupa

Birliği sınır değerlerine eşit değerleri (Cr hariç) seçmiş olduğunu görmekteyiz. Türkiye yönetmeliklerinde Cr sınır değeri 1200 mg L^{-1} iken Avrupa Birliğinde bu değer hiç görülmektedir. Ancak Avrupa Birliğinin arıtma çamurları ile ilgili taslak yönetmeliklerine (2005-2015-2025 yılları perspektifleri) göre ölkemiz arıtma çamurlarının içerebileceği potansiyel toksik element değerlerinin neredeyse tamamı AB taslak yönetmeliği sınırlarından düşük kalacaktır (çinko yüksek). Avrupa Birliği ölkeleri içinde de yine her ülkenin ayrı kriterleri vardır ve bu değerler Avrupa Birliği değerlerini geçemeyecek düzeyde olmalıdır. Bu değerler 2025 yılı için Cd: 2, Cu: 600, Ni: 100, Pb: 200 ve Zn: 1500 mg kg^{-1} olarak öngörülmüştür (Anonymous 2000a).

Burada Akdeniz'e yakın kuşakta ve yüksek toprak pH'na sahip bölgelerde limitlerin daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Örneğin Hollanda'da Cd sınırı 1.25 mg l^{-1} iken Fransa'da 40 mg L^{-1} değerine kadar çıkabilmektedir. Amerika Birleşik Devletlerinde Se, As ve Mo elementleri de potansiyel toksik element sayılmış ve Türkiye yönetmelik sınırlarına göre potansiyel toksik elementlerin tamamının daha yüksek sınır değerlerde olduğu görülmüştür (Anonymous 1983, Bilgin vd 2002).

ABD Çevre Bakanlığı (USEPA 503) yönetmeliğinin (1995), topraklara verilebilecek maksimum metal yük değerleri, Alman yönetmeliği ile kıyaslandığında önemli düzeylerde yüksek olduğu görülmektedir. Örneğin, USEPA-503 'e göre, maksimum Cd yüklemesi 39 kg ha^{-1} olarak belirtilirken, Alman yönetmeliği bunu 6 kg ha^{-1} olarak belirtmektedir. USEPA, verilen limitlerin yanında 12 farklı toprakta yapılan çamur denemelerinde, topraklardaki ağır metal /C oranı (örneğin Cd/C) artışının önemli olduğu ve bu oran büyüdükçe bitki dokusuna taşınan Cd miktarının arttığı saptanmıştır. Bu durum çamurun bünyesinde bulunan organik fraksiyonların toprakta mineralize olması ve bitki tarafından alınması ile yakından ilişkilidir.

McBride (2003), USEPA-503 yönetmeliği ve ağır metal akümülasyonu konusunda yazmış olduğu makalede belirttiği gibi USEPA-503'ün önerdiği limitlerle tarım yapılan topraklarda atık çamurlardan kaynaklanacak toksik metal etkilerinin toprak-ürün sistemine tümü ile zararlı olduğu yargısı çok dikkat çekicidir. Gerçekten de bu değerler birçok Avrupa ölkelerinin değerleri ile kıyaslandığında çok yüksek kalmaktadır. Ve atık

çamurların tarımsal alanlarda kullanılmasında veya kullanılmamasında en hakim olan düşüncenin şu olması gerekmektedir. Amerika Birleşik Devletlerindeki tarımsal üretim kapasitesi olan toprakların çoğu halen kullanım altında bulunmaktadır. Eğer mevcut haliyle işlenen araziler degrade olursa bitkisel üretim kolaylıkla başka bir alana kaydırılamayacak, bu durum en iyi tarımsal toprakların üretkenliklerini ve burada yetiştirilen ürün kalitesini korumaya yetmeyecektir. Ürün kalitesini koruma 10-20 hatta 100 yıl değil sürekli olmalıdır.

Ülkemizde arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanılması özel izin almak ve bazı özel kriterleri sağlamak koşuluna bağlıdır. Türk Çevre Mevzuatında belirtilen Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY) gereği olarak bir yılda toprağa verilebilecek en fazla ağır metal yükü yıllık $g\ ha^{-1}$ olarak; Pb 2000, Cd 33, Cr 2000, Cu 2000, Ni 330, Hg 42 ve Zn 5000 olarak belirtilmiştir. Aynı yönetmelikte arıtma çamurlarında bulunabilecek en fazla ağır metal miktarları $mg\ kg^{-1}$ çamur kuru madde olarak; Pb 1200, Cd 20, Cr 1200, Cu 1200, Ni 200, Hg 25 ve Zn 3000 olarak belirtilmiştir. Yine aynı yönetmelik eklerindeki tablolara göre topraklardaki izin verilen en yüksek ağır metal değerleri $mg\ kg^{-1}$ olarak; Pb 100, Cd 3, Cr 100, Cu 100, Ni 50, Hg 2 ve Zn 300 olarak belirtilmiştir. İlgili belediye başkanlığı veya mahallin en büyük mülki amiri Tarım Bakanlığının ilgili İl veya Bölge Müdürlüğünün görüşünü alarak uygulama ile hasat arasında üç ay kalmak şartıyla bu yasak ve sınırları kaldırabilir ifadesi yönetmelikte dikkat çekmektedir. Daha sonra çıkarılan yönetmelikte (Anonim 1991) önceki yönetmelik ağır metal değerlerine atıf ile arıtma çamurlarının tarımda kullanılabilir miktarlarının Cd ve Hg dışındaki tüm ağır metallerin ilgili bölge amir ve kurumlarından izin alınarak % 5 artırılacağı belirtilmiştir. Daha yüksek artışlar için ilgili müsteşarlığın bağlı bulunduğu Devlet Bakanlığının onayı alınması gerektiği belirtilmektedir. Arıtma çamuru ile ilgili 10 Aralık 2001 tarih ve 24609 sayılı Resmi Gazete ile çıkarılan yönetmelikteki (Anonim 2001), değişiklikler oldukça önemli olmuştur. Bu yönetmeliğe göre tarımda kullanılabilir arıtma çamurunun $mg\ kg^{-1}$ olarak sınır değerleri; Pb, Hg ve Cr metallerinde değiştirilmezken, Cd iki katına çıkarılmış ($40\ mg\ kg^{-1}$), Cu $550\ mg\ kg^{-1}$ artırılarak $1750\ mg\ kg^{-1}$ ve Zn $1000\ mg\ kg^{-1}$ artırılarak $4000\ mg\ kg^{-1}$ 'a çıkarılmıştır. Bu yönetmelikte yalnızca Ni konsantrasyonu sınır değeri $1200\ mg\ kg^{-1}$ 'den $400\ mg\ kg^{-1}$ 'ye düşürülmüştür. Yine bu yönetmelikle

toprakta on yıllık dönem esas alınarak yılda dekara verilebilecek ağır metal yük sınırları (Pb 1500, Cd 15, Cr 1500, Cu 1200, Ni 300, Zn 3000, Hg 10) ve bu değerlerin de ilgili kuruluşların görüşleri alınarak % 5 artırılabilir (Hg ve Cd hariç) belirtilmektedir. Yönetmelikte topraklarda bulunabilecek ağır metallere Cu, Ni ve Zn'nun toprak pH'sı 7'den büyük olduğu takdirde sınırları % 50 artırılabilir belirtilirken toprak pH değeri 6 ve daha küçük olan topraklarda sınırları daha daraltıldığı da görülmektedir. Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda ağır metallere tamamının çevre ve insan sağlığına zararı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır. Katı Atıkların Kontrolü ile ilgili çıkarılan 25/04/2002 tarih ve 24736 sayılı Resmi Gazetede belirtilen yönetmelikte "Ham Çamur" ve "Epidemik Kusursuz Çamur" tanımlarının kaldırılmış olduğu belirtilmektedir (Anonim, 1991, 2001, 2002).

Atık çamurların çevre üzerine olası olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi ve arzu edilen tarımsal yararların optimize edilmesi bakımından, arıtma çamuru uygulanacak bölge toprakları ve ekolojik koşulları, lokal olarak dikkate alınarak güvenilir bilgilere sahip olabilir.

Tüm bu bilgiler ve kriterlerden anlaşılacağı gibi, atık çamurların bazı temel bilimsel analiz verileri olmadan tesadüfi bir şekilde tarım alanlarına verilmemesi gerekmektedir. Tarım topraklarının sürdürülebilir yönetimi dikkate alındığında tarımsal amaçlı atık çamur uygulamalarının uzun vadeli etkilerinin de araştırılması koşuluyla yaygın kullanılabilirliği hakkında karar verilmesi gerekmektedir. Özellikle ağır metallere toprak sistemine meydana getirmiş olduğu geri dönüşümsüz kirletici özellikteki yapılar, çok iyi bilinmeyen topraktan bitkiye transfer mekanizmalarının insan ve hayvan sağlığı üzerine oluşturabileceği olası zararlı etkiler nedeniyle çok dikkatli araştırılmalıdır.

2.3. Arpa Bitkisi Verimlilik Kriterleri ile İlgili Bazı Çalışmalar

Akbay (1970), 1966-1969 yılları arasında 14 arpa çeşidi ile yaptığı çalışmada bitki boyuna 3 gen çifti, başak boyuna 2 gen çifti tarafından ilave edildiğini, her iki özelliğin de dominant olduğunu ve çevre şartlarından etkilendiğini belirtmiştir.

Tosun ve Yurtman (1973), 60 ekmeclik buğday çeşidi ile tarla şartlarında verim öğelerini incelemişler ve verim ile m^2 'de başak sayısı, m^2 'de bitki sayısı, bin tane ağırlığı, başakta tane sayısı arasında önemli korelasyonlar olduğunu belirtmişlerdir. Bu öğelerin birbirini etkilediğini ve bunlardan yalnızca birini artırmakla verimin artırılmayacağını belirtmişlerdir.

İkiz (1976), buğdayla çeşitli karakter için regresyonları belirlemişler ve olumsuz çevre şartlarına özel uyum gösteren karakterlerin genotip x çevre interaksyonları ile doğrudan ilişkili olduğu belirtilmektedir. Kalıtım derecelerinin bitki boyu, bin tane ağırlığı, başak boyu, protein oranı ve verim için 0.92, 0.51, 0.46 ve 0.18 olarak bulunduğunu belirtmiştir.

Geçit ve Adak (1988), Ankara koşullarında 84 adet iki sıralı arpa hattı ile yaptıkları araştırmada bitki boyunun 47.40-80.70 cm, başak boyunun 7.40-11.40 cm, tane sayısının 15.66-26.66, ve tane veriminin 151-528 g/m^2 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Sönmez vd (1993), toplam 21 çeşit ve hat arpa ile yaptıkları denemede Van yöresinde Tokak çeşidini de araştırmışlardır. Sonuçta m^2 'de baş sayısını 439.2 adet, bitki boyunu 45.6 cm, başaktaki tane sayısını 24.7 adet, bin tane ağırlığını 36.7 g ve hasat indeksini de 24.1 olarak belirtmişlerdir.

Tosun vd (1993), tescilli 8 adet arpa çeşidi ile 2 yıllık denemelerinde verim ile bitki boyu, m^2 'de başak sayısı vb özellikler arasında olumlu ve önemli, başak boyu ve bin tane ağırlığı arasında olumsuz ve önemsiz ilişki tespit etmişlerdir.

Tuğay ve Bozkurt (1999), çeşitli çevre koşullarının bazı arpa çeşit ve hatlarının tane verimi ve diğer bazı özellikleri üzerine etkisini araştırmışlar ve genotip x yer, genotip x yıl ve genotip x yer x yıl interaksyonlarının tane verimi, bitki boyu, başak boyu, başakta tane sayısı ve m^2 deki başak sayısında önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Akman vd (1999), Isparta koşullarında 1996-1997 ve 1997-1998 yıllarında farklı azot ve fosfor dozlarının arpanın verim ve verim ögeleri ile bazı kalite özelliklerini inceledikleri araştırmada Tokak 157/37 arpa çeşidini kullanmışlar ve bitki boyunu 50.5-80.4 cm, başak uzunluğunu 5.37-6.87 cm, başakta tane sayısını 14.2-19.9 adet ve dekara verimi de 118.1-298.3 kg da⁻¹ olarak belirtmişlerdir.

Sönmez ve Yılmaz (2000), azotlu ve fosforlu gübre uygulanan arpada azot uygulamalarının bitkide N'ü artırırken P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, ve Mn'ı azalttığını, fosforlu gübrenin ise P ve Mn içeriğini artırdığını bildirmişler.

Adak ve Gürsoy (2001), Ankara koşullarında 1998-1999 yıllarında 4 arpa hattı ve Tokak 157/37 iki sıralı arpa çeşidi ile yaptıkları araştırmada farklı dozlarda azot uygulamasının verim ve kalite ögelerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada bitki boyunun 99,27-113,10 cm, tane veriminin 244-415 kg da⁻¹, protein oranının %10,51-12,89 ve hektolitre ağırlığının da 65,73-68,13 kg arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Aktaş (2002), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yaptığı çalışmada, 2000-2001 yıllarında toplam 10 adet genotip arpa materyalinin verim ve verim ögelerini incelemiş ve bitki boyunun 32.88-64.99 cm, m²'deki başak sayısının 286.35-444.15 adet, başak uzunluğunun 4.34-8.21 cm, başakta tane ağırlığının 0.81-1.13 g, tane veriminin 222-293.5 kg da⁻¹, hektolitre ağırlığının 60.31-69.09 kg, bin tane ağırlığının 37.9-42.7 g ve protein oranının % 10.43-13.37 olduğunu belirtmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Kireçli koşullarda farklı düzeylerde tarım topraklarına uygulanan kentsel arıtma çamurunun, arpa bitkisinin gelişimi ve bazı ağır metallerin alımı üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada, kullanılan materyal ve yöntemler hakkındaki bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1. Materyal

Denemede materyal olarak, tarla toprağı (Tatlar köyü arazisi), Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi (AMAAT) arıtma çamuru, azotlu kimyasal ticari bir gübre (%46 üre) ve test bitkisi olarak da “Tokak” çeşidi iki sıralı arpa kullanılmıştır.

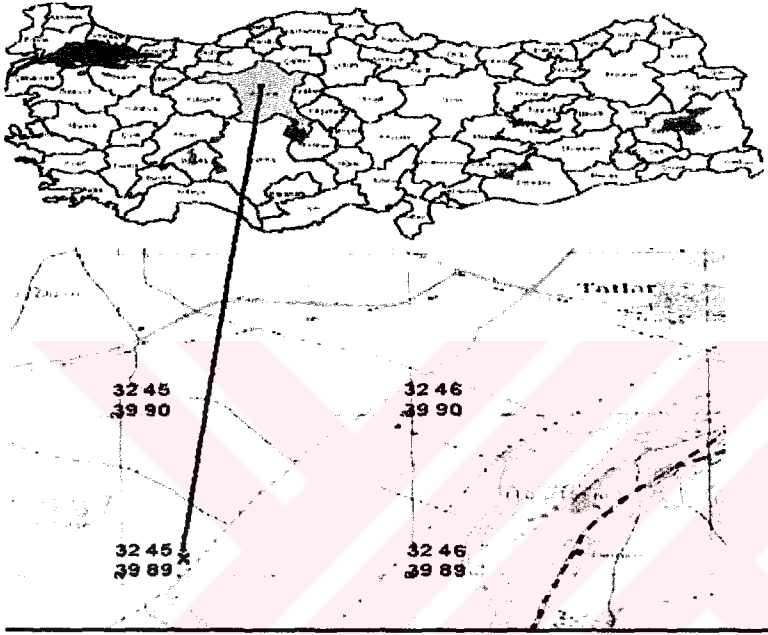
3.1.1. Deneme yeri ve deneme toprağının özellikleri

Deneme arazisi, 32° 45"- 32° 46" doğu boylamları ile 39° 89"- 39° 90" kuzey enlemleri arasında yer almakta olup, Ankara'nın 45 km kuzey batısında, Ankara ili Sincan ilçesi Tatlar köyü arazi sınırları içinde kalmaktadır.

Deneme arazisi, yeri açısından Ova Çayı yoluyla Sakarya Nehri havzasına bağlanmakta olan Zir vadisi ile Kesiktaş ovalarının devamı niteliğindedir (Şekil 3.1) ve denizden yüksekliği 758 m seviyesindedir. Alüviyal ve Kolüviyal ana materyaller üzerinde oluşan vadi tabanı özelliğindeki (Erol, 1973) deneme alanı toprakları, derin ve orta derin, ince bünyeli, sulu ve kuru tarım yapılabilen I. sınıf arazilerden oluşmuştur (Anonim 1992).

Deneme alanının toprak etüdü amacıyla bölgenin jeolojik, jeomorfolojik ve topoğrafik haritaları (Ek 1, Ek 2, Ek 3) incelenmiş, deneme alanına profil örneği açılmış ve açılan profil örneğinde gerekli ölçüm, gözlem ve analizler yapılmıştır (Şekil 3.2). Deneme alanı toprakları, alüviyal birikintiler (depozitler) üzerinde oluşmuş olması, % 0.2'den

fazla organik madde içermesi ve “*Xeric*” toprak rutubet rejiminde olması (Soil Survey Staff 1999) ile yapılan gözlem, ölçüm ve analizlere dayalı olarak “*Xeriofluvent*” büyük toprak grubuna ve bu büyük grubun tüm özelliklerini taşıması nedeniyle de “*Typic Xeriofluvent*” alt grubuna yerleştirilmiştir. Çalışma alanında açılmış olan toprak profilleri Soil Survey Staff 1993’e göre incelenerek tanımlanmıştır (Ek 4, 5, 6).



Şekil 3.1. Çalışma alanı yer buldur haritası, ölçek: 1/25.000 (Kaynak: KHGM)



Şekil 3.2. Çalışma alanı profil resmi (Tatlar profili)

3.1.2. Arıtma çamurunun özellikleri

Araştırmada; Ankara kentinin kent merkezi atık sularının arıtılmasını sağlayan Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi arıtma çamuru kullanılmıştır. Bu tesisin hizmet ettiği nüfus, Ankara il belediye nüfusunun % 96.1'i oranındadır. Ankara toplam 287 milyon $m^3 \text{ yıl}^{-1}$ olan atık su arıtma tesis kapasitesinde 182.4 milyon $m^3 \text{ yıl}^{-1}$ atık su biyolojik olarak arıtılmaktadır (DİE 2004). AMAAT'ın Ankara'nın kanalizasyon sularını arıtma tasarımı 2025 yılına kadardır. Kentin kanalizasyon suları Ankara çayı havza çıkışında toplanarak cazibe yoluyla AMAAT'a ulaşmaktadır (Ek 7).

Ankara çayı olarak adlandırılan çay; Çubuk çayına doğudan batıya doğru Hatip çayı, İncesu deresi, Dikmen deresi ve Balgat deresinin birleşmesinden sonra aldığı isimdir. Ankara çayı Zir vadisinden gelen Ova çayı ile birleşerek Sakarya nehrine dökülmekte ve önemli derecede kirlilik oluşturmaktadır. Ankara çayı havza alanı 3153 km² olarak belirtilmiştir (Munsuz ve Bulur 1984).

AMAAT'ın tasarımında evsel ve endüstriyel atıkların arıtımında; yüzeysel havalandırılmalı tam karıştırılmalı klasik aktif çamur sistemi ile karbon bazlı arıtma uygulanmakta ve N ile P'un da gelecekte giderimi planlanmıştır. Ankara atık su arıtma tesisi 1 Ağustos 1997 tarihinde işletmeye açılmış (Dündar 2002) ve halen yedinci yılında çalışmaktadır. AMAAT'ın bazı özellikleri ve tasarım kriterleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. AMAAT'ın bazı özellikleri ve tasarım kriterleri

Hedef yıl	2002	2010	2025
Gelişim aşaması	Güncel	İkinci	Üçüncü
Proses hattı sayısı	2,5	3	4
Tahmini nüfus	3 277 000	3 970 000	4 859 000
Eşdeğer nüfus	3 920 000	4 833 000	6 288 000
Ortalama atıksu miktarı (m ³ gün ⁻¹)	765 000	971 000	1 377 000
Ortalama kuru hava debisi (m ³ sn ⁻¹)	8,85	11.24	15.94
Maksimum kuru hava debisi (m ³ sn ⁻¹)	10.19	12.93	18.33
BOİ ₅ yükü, kişi başı 60 g gün ⁻¹ , (kg gün ⁻¹)	17.71	22.48	31.88
Ham ve fazla çamur % 1,5 KM(m ³ gün ⁻¹)	20 297	25 778	33 538
Özümlenmiş çamur (% 3.3 KM m ³ g ⁻¹)	6 272	7 733	10 061
Bant filtrasyon sonrası çamur kekindeki KM (% 30 m ³ g ⁻¹)	704	869	1130
Arıtım suyu (çıkış suyu) AKM (mg L ⁻¹)	Max 30		
Arıtım suyu (çıkış suyu) BOİ (mg L ⁻¹)	Max 30		

(Dündar 2002) alınmıştır.

Sakarya Nehrinin ve bu nehir üzerindeki barajların kirliliğinin % 50 si Ankara'nın atık sularından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle Ankara'nın kullanılmış sularının arıtılması Sakarya nehri havzası için hayati önem taşımaktadır (Dündar 2002).

Ankara kenti atık suyunun arıtılması sonucunda, tam kapasite çalışması durumunda günde yaklaşık 700 m³ çamur keki (% 24 - 30 kuru maddeli) elde edilecektir. Tesise gelen atık sudaki organik kirlilik yükü Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) olarak yaklaşık 300 mg L⁻¹ olup, arıtma sonrası su çıkış değerleri deşarj sınır değeri olan 30 mg L⁻¹'dan daha düşük seviyelerde gerçekleşmektedir. Askıda Katı Madde (AKM) değerleri de BOİ değerlerine paralellik göstermektedir. Deneme periyodunu kapsayan 2000, 2001 ve 2002 yılları atıksu giriş-çıkış değerleri ve susuzlaştırılan çamurla ilgili ortalama değerler Ek 8'de verilmiştir (Anonim 2004).

3.1.3. Araştırmada kullanılan arpa bitkisi özellikleri

Araştırmada "Tokak 157/37" iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare conv. distichon*) çeşidi, T.C. Tarım Bakanlığı Malya Devlet Üretim Çiftliği tarafından üretilen "Sertifikalı" tohumluktan temin edilmiş ve test bitkisi olarak kullanılmıştır.

Arpa ilk kültüre alınan bitkidir. Orijininin Ege ve Doğu Akdeniz çevresi olduğu belirtilmektedir. Hayvan beslenmesinde yemlik olarak önemli yer aldığı gibi insan beslenmesinde de kullanılmaktadır. Arpa giderek artan bira sanayisinin hammaddesidir (Elçi 1994).

Test bitkisinin arpa olarak seçilmesinde, kuraklığa ve tuzluluğa diğer hububatgillerden daha dayanıklı olması (Kearney and Scofield 1936), AMAAT bölgesinde yaygın olarak kuru tarım yapıyor olması, arpanın hem insan hem de hayvan besin zincirine doğrudan veya dolaylı olarak katılması ve Türkiye geneli ile Ankara ilindeki toplam üretim miktarları içindeki arpa üretimi paylarının yüksek olması gibi nedenlere dayanmaktadır. Ayrıca aynı bitki ile daha önce tarafımızdan sera denemesi yürütülmüş olması da arpa bitkisinin seçiminde etkili olmuştur.

Arpa bitkisinin Türkiye'deki ekim alanları 1983 yılından 2002 yılına kadar sürekli bir artış seyretmiş ve 2.900.000 ha' dan 3.600.000 ha' a yükselmiştir. Aynı yıllar içinde buğday ekili alanların miktarı 9.000.000 ha ile 9.600.000 ha arasında değişmekle beraber ortalama 9.300.000 ha olmuştur. Çavdar ve yulaf ekili alanlar giderek azalmış ve 2002 yılı

rakamlarına göre her ikisinin toplam ekiliş alanı 305.000 ha olmuştur. Ekilen alana göre verimler incelendiğinde arpa verimi, tüm tahıllar içinde 1983-2002 arasında birim alanda en yüksek verimi (2.307 kg ha^{-1}) göstermiştir. Aynı yıllara göre 2.101 kg ha^{-1} buğday, 1.787 kg ha^{-1} çavdar ve 1.887 kg ha^{-1} yulaf verimleri olmuştur. Türkiye geneli 2002 yılı için 30.686.650 ton tahıl üretimi olmuş bunun 19.500.000 ton'u buğday, 8.300.000 ton'u arpa ve 2.886.650 ton'u da diğer tahıllardan oluşmuştur (DİE 2002).

Ankara ili tarımsal yapı istatistikleri değerlendirildiğinde, 2002 yılı için 914.187 ha toplam tarım alanının; 814.568 ha tahıllar, 46.801 ha baklagiller, 23.294 ha endüstriyel bitkiler, 18.512 ha yağlı tohumlu bitkiler ve 11.012 ha yumru bitkiler ekili alanlardan oluştuğu görülmektedir. Tahıllar içindeki dağılım ise; 513.977 ha buğday, 289.504 ha arpa, 3.508 ha çavdar, 7.370 ha yulaf, 123 ha mısır ve 86 ha pirinç şeklinde olmuştur. Ankara için ortalama buğday verimi 2.317 kg ha^{-1} ve arpa için 2.565 kg ha^{-1} olmuştur. Ürün olarak 1.190.939 ton buğday ve 742.556 ton arpa üretilmiştir (DİE 2004).

Denemede test bitkisi olarak kullanılan arpa bitkisine ait bazı tanımlayıcı özellikler Ek 10' da verilmiştir.

3.1.4 Denemede kullanılan azotlu gübre

Azot organizmaların büyüme, gelişme ve neslini sürdürebilmesi için temel yapı taşıdır. Bitkiler biyolojik olarak genellikle en fazla azota gereksinim duyarlar, sonra fosfor ve potasyum gelmektedir. Türkiye topraklarının azotlu gübre ihtiyacı dikkate alındığında üretimin tüketimi karşılayamadığı hemen göze çarpmaktadır. Aşağıdaki çizelgede (Çizelge 3.2) azotlu gübre tüketim değerlerine bakıldığında gübrelerden deneme materyali olarak seçilen % 46 ÜRE gübresinin de son yıllarda tüketiminin artmakta olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.2. Azotlu gübrelerin son dört yıllık üretim/tüketim durumları, ton

Yıllar	2000		2001		2002		2003	
	Üretim	Tüketim	Üretim	Tüketim	Üretim	Tüketim	Üretim	Tüketim
A.Sülfat (%21)	171.980	328.420	190.671	250.528	193.646	295.748	94.2080	347.843
A.Nitrat (%26)	1070.27	1156.91	866.424	884.989	960.556	957.211	1021.25	1072.89
A.Nitrat (%33)	21.9580	581.114	62.2810	561.246	98.3560	67.0270	146.000	774.880
Üre (%46)	105.817	842.011	116.061	718.737	448.882	718.524	389.389	771.018
Genel Toplam	1370.025	2908.455	1235.437	2415.50	1701.44	2038.51	1650.847	2966.631

* Azot içeren kompoze gübreler dikkate alınmamıştır. Velioglu vd 2004'ten uyarlanmıştır.

3.1.5. Deneme alanı iklim özellikleri

Bölgenin uzun yıllar meteorolojik verilerine göre deneme alanı nemlilik indeksine (374.7/11.2=33.45) göre yarı kurak iklime sahiptir (Türkeş 1998). Genel olarak bölgede en düşük sıcaklık ortalaması olan -26,5 °C ile Aralık ayında iken, en yüksek sıcaklık ortalaması olan 42 °C ile Ağustos ayında olmaktadır. Ayların uzun yıllar sıcaklık ortalaması 11.2 °C'dir. Bölgenin yıllık ortalama yağış miktarı ise 374.7 mm'dir. Denemenin yürütüldüğü bölgenin 2001, 2002 ve 2003 yılları ile bu yılları da kapsayan uzun yıllar ortalamalı meteorolojik verileri Ek 9'da verilmiştir (DMİ 2004).

Çalışma alanı toprakları, yıllık ortalama toprak sıcaklığının 8 °C'den fazla fakat 15 °C'den düşük olması ve ortalama yaz sıcaklığı ile ortalama kış sıcaklığı arasındaki farkın 5 °C'tan fazla olması nedeniyle sıcaklık rejimi *Mesic*'tir. Yazın, yaz gün dönümünden (21 Haziran) sonra toprağın ardışık 45 gün den fazla kuru kalması ve kışın ise yine kış gün dönümünden (21 Aralık) sonra ardışık 45 günden fazla toprağın nemli olması nedeniyle nem rejimi *Xeric*'tir (Soil Survey Staff 1999).

3.2. Yöntem

3.2.1. Tarla denemesinin kurulması ve yürütülmesi

Tarla denemesi AMAAT alanı içerisinde, tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekerrürlü ve iki yıl tekrarlamalı çakılı tarla denemesi şeklinde kurulmuştur. Denemede kontrol dahil 6 doz (0, 300, 600, 1200, 2400 ve 4800 kg da⁻¹) arıtma çamuru ve 4 doz (0, 3, 6, 9 kg da⁻¹) kimyasal azotlu gübrenin (üre) test bitkisinin verimine, ağır metal içeriklerine ve bazı toprak özelliklerine etkileri faktöriyel olarak araştırılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3. 3. Tarla denemesi uygulama konuları ve dozlar

Ç ₀ 0 kg da ⁻¹	Ç ₁ 300 kg da ⁻¹	Ç ₂ 600 kg da ⁻¹	Ç ₃ 1200 kg da ⁻¹	Ç ₄ 2400 kg da ⁻¹	Ç ₅ 4800 kg da ⁻¹	DOZLAR
Ç ₀ N ₀	Ç ₁ N ₀	Ç ₂ N ₀	Ç ₃ N ₀	Ç ₄ N ₀	Ç ₅ N ₀	N ₀ : 0 kg da ⁻¹
Ç ₀ N ₁	Ç ₁ N ₁	Ç ₂ N ₁	Ç ₃ N ₁	Ç ₄ N ₁	Ç ₅ N ₁	N ₁ : 3 kg da ⁻¹
Ç ₀ N ₂	Ç ₁ N ₂	Ç ₂ N ₂	Ç ₃ N ₂	Ç ₄ N ₂	Ç ₅ N ₂	N ₂ : 6 kg da ⁻¹
Ç ₀ N ₃	Ç ₁ N ₃	Ç ₂ N ₃	Ç ₃ N ₃	Ç ₄ N ₃	Ç ₅ N ₃	N ₃ : 9 kg da ⁻¹

Denemede toplam 72 (24 x 3) parsel mevcut olup, her bir parsel büyüklüğü 13.5 m² (5m x 2.70 m)'dir. Parsel arası açıklıklar 1.5 m ve bloklar arası açıklıklar ise 3 m olup, deneme toplam 2200 m²'lik bir alan üzerinde tesis edilmiştir.

Deneme kurulmadan önce, arazi 20 cm'lik pulluk derinliğinde işlenmiş, kazayağı ile mevcut doğal kesekler küçültülmüş ve yüzey tesviyesi yapılmıştır. Deneme planına göre yapılan parselleme sonunda arıtma çamurları, parsellere 0.1 kg'a hassas topuzlu kantarla dozlarına göre tartılarak kuru ağırlık üzerinden yaş olarak el ile uygulanmıştır. Parsellere dökülen çamurlar parsel yüzeyine homojen olarak dağıtılmış ve bahçe tipi motorlu çapa makinesiyle kontrol parselleri dahil çapalanarak toprağa karışması (12-15 cm) sağlanmıştır. Kimyasal azotlu gübre olarak % 46 N içeren üre; TS (Türk Standartı) 4837 (Anonim 1986), hassas terazide dozlarına göre tartılarak önceden hazırlanmış ve yarısı ekim aşamasında yine el ile uygulanmıştır.

Arıtma çamurlarının topraklara uygulanmasından sonra, deneme arazisine arpa bitkisi ekimi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem esnasında bitkinin ihtiyaç duyduğu P kaynağını karşılamak amacıyla taban gübresi olarak 6 kg P, P_2O_5 da⁻¹ olarak Triple Süper Fosfat (TS 566) gübresinden (Anonim 1976) (%42-44 P_2O_5) uygulanmıştır. Bununla beraber arpa bitkisinin ihtiyaç duyduğu N'un karşılanması amacıyla uygulanan Üre gübresi de ikiye bölünerek verilmiştir. N'un ilk uygulamaları dozlarına göre hemen ekim öncesi elle uygulanmış ve tohum yatağına ulaştırmak amacıyla çapa makinesiyle karıştırılmıştır. N'un ikinci uygulaması ise, ekim işlemini takip eden Nisan ayının ilk haftasında yapılmıştır. Ekim işlemi, standart miktarda tohum ve gübre atabilen ekim makinesi ile metrekarede 500 tohum (± 30) yada 24 kg da⁻¹ olacak şekilde yapılmıştır. Ekim standart ekim derinliğinde (4-6 cm) ve 15 cm sıra aralığında yapılmıştır.

Bitkilerin ekimden başlayarak hasat olgunluğuna kadar gelişimleri izlenmiştir. Bitki gelişimleri süresince pestisit kullanılmamış ve hasat olgunluğuna gelen bitkiler Temmuz ayının ikinci haftasında hasat edilmiştir. Hasat tarla denemelerindeki hasat için özel olarak üretilmiş parsel biçerdöveri (HE-GE markalı Almanya patentli hasat harman makinesi) ile yapılmıştır. Aynı alanda çakılı olarak yürütülen denemenin ikinci yılında, birinci yıldaki işlemler aynen tekrar edilmiştir.

3.2.2. Toprak ve arıtma çamuru analiz verilerinin elde edilmesi

Deneme alanından, toprakları yatay ve dikey olarak temsil edecek şekilde çelik numune küreği ile tesadüfen alınan örnekler; polietilen kovada homojen hale getirilerek etiketlenip torbalanmış ve laboratuvara nakledilmiştir. Denemede kullanılan arıtma çamuru ise kullanıldığı andaki durumuyla susuzlaştırma ünitesi bant çıkışıdan gün kompoziti olarak örneklenmiş, etiketlenmiş ve polietilen torbalarla laboratuvara nakledilmiştir. Deneme alanından denemenin birinci ve ikinci yılı hasadı sonrası (Temmuz; 2002-2003) 72 parselin her birinden ayrı olarak parsel kompoziti olacak şekilde parsellerin üç yerinden ve 0-20 cm derinlikten alınan numuneler etiketlenerek polietilen torbalarla laboratuvara ayrıca nakledilmişlerdir.

A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü laboratuvarına alınan örnekler, toprak hazırlama odası ahşap kurutma dolaplarında temiz etiketli kurutma kağıtları üzerine serilerek bitki artıkları ve taşlar ayıklanmış ve gölgede kurumaya bırakılmıştır. Böylece hava kurusu hale getirilmiş örnekler temiz tahta tokmak ve tablalar yardımıyla ezilerek 2 mm'lik plastik elekten (polietilen sineklik telinden özel yapım) geçirilmiş ve analizlerde kullanılmak üzere etiketlenmiş polietilen torbalara konularak kaldırılmıştır.

Arıtma çamurlarının arazi uygulaması sırasında nem ve besin elementi kaybı olmaması için tesislerin AMAAT Kalite Kontrol Şube Müdürlüğü tarafından Sartarius MA 30 tipli hızlı nem tayini cihazı ile saat başı yapılan arıtma çamuru nem değerleri (%) kullanılmış ve bu değerler A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü laboratuvarında kontrol edilerek doğrulanmıştır. Laboratuvara nakledilen çamur örneklerinde hemen yapılması gereken analizler için ayrılan kısım dışındaki örnekler toprak örneklerindeki analize hazırlama aşamalarından geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir.

Toprakta ve arıtma çamurlarında ağır metaller dışında yapılan tüm analizler A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü A ve B blok laboratuvarlarında yapılmıştır. Topraklarda ağır metallerin okumaları (toplam ve bitkiye yarıyışlı), TÜBİTAK-ATAL'da F-AAS ve ETA-AAS ile yapılmıştır. Bitkilerdeki ağır metaller ise sap ve tanelerde ayrı olmak üzere; S.Ü. Ziraat Fakültesi Dekanlığı Araştırma laboratuvarlarında ICP-AES cihazıyla yapılmıştır. Metal okumaları Certificate Reference Material (CRM) lerle doğruluk kontrolü eşliğinde yapılmış ve hatanın % 10'luk sınır içinde kaldığı tespit edilmiştir. Denemede kullanılan toprak ve arıtma çamurlarına yönelik analizler ve ilgili metotlar Çizelge 3. 4'te sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Denemede yapılan analizler ve metotlar

Özellik-Analiz	Açıklama	Metotlar
Toprak reaksiyonu (pH)	Toprak-su karışımında (1:2.5)cam elektrotlu pH-metre ile (Aritma çamurunda ; 1: 5) ölçülerek,	Jackson (1958)
Toprak tuzluluğu (EC ₂₅ , dS m ⁻¹)	Toprak-su karışımında (1:2.5) EC-metre ile (Aritma çamurunda ; 1: 5) ölçülerek,	Richards (1954)
Toprak organik maddesi (OM, %)	Bir miktar toprak örneği porselen havanda ezilerek 0.2 mm'lik piriñ elekten geçirilmiş, yaş yakılmış organik C' u bulunmuş ve OM' ye çevrilmiştir.	Jackson (1962)
Toprak kireci (%)	Scheibler kalsimetresinde % 10 HCL ile tepkimeye giren CaCO ₃ ' ın çıkardığı gaz hacmi esasına göre,	Richards (1954)
Toprak nemi tayini (%)	Belirli bir miktar toprağın 105 °C' de sabit ağırlığa ulaşmasıyla uçurulan nemin hesabı şeklinde yapılmıştır.	U. S. Salinity Lab. Staff (1954)
Kasyon Değişim Kapasitesi (cmol kg ⁻¹)	NaOAc (pH 8.2) ile doyurulan topraktan Amonyum asetat (pH 7) ile geri alınan Na' un Alevli Fotometrede ölçülmesi şeklinde belirlenmiştir.	Jackson (1958), Chapman (1965)
Toprak tekstürü (% Kum, Silt, Kil)	Organik maddesi ve kireci giderilen örnekte hidrometre yardımı ile belirlenmiştir,	Bouyoucous (1951)
Toprakta NH ₃ ve NH ₄ (mg L ⁻¹)	Taze toprak örneklerinden 2 M KCl ile çalkalanıp süzülen örneklerin destilasyonu ve titrasyonuyla,	Bremner (1965b)
Toprakta toplam N (%)	Salisilik-Sülfirik asit karışımıyla yaş yakılan örnekler damıtma setinde damıtılmış borik asit-indikatör karışımına alınan örnekler H ₂ SO ₄ ile titre edilmiştir.	Bremner (1965a)
Toprakta toplam P (mg kg ⁻¹)	HNO ₃ ve HCL asitlerle (Kral suyu 3:1) yaş yakılan örneklerde spektrofotometrik olarak,	Jackson (1958)
Toprakta toplam K (mg kg ⁻¹)	H ₂ SO ₄ , H ₂ O ₂ ve HF asitlerle mikrodalga fırında yaş yakılan örneklerde fleym fotometrik olarak,	Jackson (1958)
Toprakta toplam Cd, Pb, Cu, Zn ve Ni (mg kg ⁻¹)	HNO ₃ ve HCl (Kral suyu 3:1) ortamında rodajlı balonlarda soğutmalı sistemli Hot Plate ile yaş yakılan 2 g toprak örnekleri süzülerek derecesine tamamlanmış ve doğrudan ISP-AES ve AAS ile okunmuştur	ISO/DIS (1994-1995)
Toprakta bitkiye yayayışlı Cd, Pb, Cu, Zn , Ni (mg kg ⁻¹)	Diethylenetriaminopentaacetic Asit (DTPA) metoduna göre çalkalanıp süzülerek ekstrakte edilen örnekler doğrudan ISP-AES ve AAS ile okunmuştur.	Lindsay ve Norvell (1978)
Toprakta bitkiye yayayışlı P (mg kg ⁻¹)	0.5 M NaHCO ₃ (pH 8.5) ile ekstrakte edilen P spektrofotometrik olarak belirlenmiştir.	Olsen et al. (1954)
Toprakta bitkiye yayayışlı K (mg kg ⁻¹)	1 N Amonyum asetat ile ekstrakta alınan K fleymfotometrede okunması ile belirlenmiştir.	Carson (1980)

3.2.3. Bitki analizleri ve verilerinin elde edilmesi

Bitkiler hasat olgunluğuna geldikten sonra (tane nem içeriği % 12-14 olduğunda), kenar tesiri dikkate alınarak parsellerin her birinden 20'şer bitki tesadüfen kökleriyle birlikte alınarak etiketlenmiş ve laboratuara nakledilmiştir. Kenar tesiri olarak, parsellerin sıra

üzeri her iki ucundan 50 cm ve sıra arası her iki kenarından 75'er cm'lik kısmı (her iki kenardan 5'er sıra) kenar tesirine ayrılarak atılmıştır.

Denemelerde her parselden alınan 20 bitkide yapılan gözlem ve ölçümler; "Bitki boyu, başak boyu, başakta tane sayısı ve başakta tane verimi" olmuştur.

Hasat öncesi ikinci bir örnekleme yapılmıştır. Bu örnekler de yine kenar tesiri atıldıktan sonra her parselden 0.25 m² alanı temsil edecek şekilde tesadüfen seçilmiş sıralardan ve yerlerden bitkilerin kök boğazından çelik makaslar kullanarak el ile hasat edilmiş ve önceden etiketlenerek hazırlanan temiz polietilen torbalarla laboratuvara nakledilmiştir. Parsellerden bu şekilde alınan örneklerde ise "Hasat indeksi, bin tane ağırlığı ve metrekaresindeki başak sayısı" ölçüm ve gözlemleri yapılmıştır. Dekara arpa verimi ise biçerdöver ile kenar tesir etkisi atılan parsellerden doğrudan hasat-harman yapılarak dekara verime uyarlanmıştır. Bitki bünyesindeki besin maddeleri ve ağır metallerin konsantrasyonlarının belirlenmesi için sap ve tanelerin analizinde temsil yeteneği daha yüksek olduğu için yine bu örneklerden yararlanılmıştır.

Bitkilerin kimyasal analizleri için 0.25 m² lik birim alandan alınan örnekler gerekli ölçüm, sayım ve tartım işlemlerinden sonra tanesi ve sapı el ile harmanlanarak ayrılmıştır. Buradan yetecek kadar ayrılan tane ve sap örnekleri, porselen ve çelik bıçaklı değirmenlerde öğütülerek etiketli polietilen torbalarda analizler için saklanmışlardır. Bu şekilde hazırlanan örneklerin kimyasal analizler için nem içerikleri 80 °C sıcaklıkta kurutularak belirlenmiş ve kuru ağırlık üzerinden tartımlar alınmıştır (Jones *et al.* 1991). Bitki analizleri ve ilgili metotlar Çizelge 3.5' te görülmektedir.

Çizelge 3.5. Bitki ölçüm, sayım, gözlem ve analiz yöntemleri

Veri	Ölçme şekli	Literatür
Bitki boyu (cm)	Kök boğazından son başakçık ucuna kadar (kılıçklar hariç)	Yürür vd 1981
Başak boyu (cm)	Ana başakta alt başakçık boğumundan üst başakçık ucuna kadar (kılıçklar hariç)	Yürür vd 1981
Başakta tane sayısı (adet)	Bitkide ana başağın el ile harmanlanması ve sayılmasıyla	Yürür vd 1981
Başakta tane verimi (g)	Bitkide ana başağın el ile harmanlanması ve hassas terazide tartılmasıyla	Yürür vd 1981
m ² 'de başak sayısı (adet)	Birim alandaki (0,25 m ²) fertil başaklar sayılarak m ² 'ye uyarlanmıştır	Yürür vd 1981
Bin tane ağırlığı (g)	Dört kez 100 tane sayılarak hassas terazide tartılmış ve ortalaması 10 ile çarpılmıştır.	Yürür vd. 1981
Verim (kg da ⁻¹)	Kenar tesir alanı sonrası net parsel veriminden hesap yoluyla (örneklemelerden gelen dahil)	Tosun ve Yurtman 1973
Hasat indeksi (%)	Birim alandaki tane ağırlığının bu alandaki bitki toprak üstü toplam ağırlığına oranıdır	Yürür vd 1981
Ağır metallerin Biyolojik Alınabilirlik İndeksi (BAI)	Elementlerin bitkideki konsantrasyonu/ topraktaki konsantrasyonu oranını ifade eder	Jarausch <i>et al.</i> 1999
Bitkide toplam N (%)	Sap ve tane ayrı olarak çelik bıçaklı değirmende öğütülmüş yaş yakılmış damıtılmış ve titrasyonla belirlenmiştir	Bremner 1965a
Bitkide toplam P (%)	Öğütülmüş örnekler kuru yakılmış ve spektrofotometrik olarak belirlenmiştir	Olsen <i>et al.</i> 1982
Bitkide toplam K (%)	Öğütülmüş örnekler kuru yakılmış ve fleymfotometrik olarak belirlenmiştir	Jackson 1958
Ağır metaller sap ve tanede Cd, Pb, Cu, Zn ve Ni (mg kg ⁻¹)	Yaş yakma sonrası ISP-AES (Vista AX CCD Simultaneous) ile belirlenmiştir.	Johnson ve Ulrich 1959

3.3. İstatistik Analizler

Araştırma sonuçları, üzerinde durulan özellikler bakımından, tekrarlanan ölçümlü (repeated measurement) varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Denemedeki faktörlerden yıl faktörünün iki seviyesi, arıtma çamuru faktörünün altı seviyesi (Ç₀, Ç₁, Ç₂, Ç₃, Ç₄, Ç₅), azot faktörünün ise dört seviyesi (N₀, N₁, N₂, N₃) bulunmaktadır. Tekrarlanan ölçümler yıl faktörünün seviyelerinde yapılmış ve üçer tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Esas etkilerin karşılaştırılmalarında ve İkili üçlü interaksiyonların önemli olduğu durumlarda alt grup ortalamalarının karşılaştırılmalarında “Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi” kullanılmıştır. Sayılarak elde edilen (m²'deki başak sayısı, başaktaki tane sayısı) özelliklerin değerlendirilmesinde ise gözlemlerin karekökleri alınarak transformasyona (dönüşüme) tabi tutulmuşlardır.. Hesaplamalarda “SPSS 12.0”, MSTAT” paket bilgisayar programları kullanılmıştır. Değerlendirmelerde Düzgüneş vd (1987) ile Gürbüz vd.2003'den yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Deneme Toprağı ve Arıtma Çamurunun Bazı Özellikleri

Araştırmada kullanılan deneme toprağı ve arıtma çamurunun bazı özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme toprağı ve arıtma çamurunun bazı özellikleri ile ağır metal kapsamaları

Özellik	Toprak		Arıtma Çamuru		Toprak Kirliliğı Kontrol Yönetmeliğı (pH>6), FKT	
	2002	2003	2002	2003	Toprak	Çamur, FKT
pH	7.98	8.08	7.02	7.02		
EC, dS m ⁻¹	1.11	1.14	2.55	2.75		
OM, %	1.01	1.04	36.39	35.68		
N, %	0.15	0.15	3.25	3.43		
C / N	3,9	4,02	6,5	6,0		
Kireç (CaCO ₃), %	17.15	17.34	8.12	8.26		
KDK, cmol kg ⁻¹	26.96	27.18	59.65	60.27		
NH ₄ , mg kg ⁻¹	55.28	52.84	3089.50	2933.28		
NO ₃ , mg kg ⁻¹	68.06	71.50	245.49	312.19		
Alınabilir P, mg kg ⁻¹	12	14	174.65	175.13		
Alınabilir K, mg kg ⁻¹	1178.13	1365.32	7647.15	6879.28		
Toplam Cd, mg kg ⁻¹	0.43	0.44	2.63	2.67	3	40
Toplam Cu, mg kg ⁻¹	33.06	32.51	205.38	229.65	140	1750
Toplam Ni, mg kg ⁻¹	28.04	30.03	60.01	55.81	75	400
Toplam Pb, mg kg ⁻¹	10.38	11.63	74.04	62.57	300	1200
Toplam Zn, mg kg ⁻¹	49.57	57.91	3334.95	3634.55	300	4000
Alınabilir Cd, mg kg ⁻¹	0.20	0.19	0.87	0.97		
Alınabilir Cu, mg kg ⁻¹	2.06	1.95	83.08	69.33		
Alınabilir Ni, mg kg ⁻¹	1.09	1.05	11.13	10.47		
Alınabilir Pb, mg kg ⁻¹	0.35	0.32	3.35	3.29		
Alınabilir Zn, mg kg ⁻¹	0.974	1.023	103.73	105.39		

Deneme toprağı kireçli, hafif alkalın karakterli, tuzsuz, toplam azot yeterli, alınabilir potasyum çok fazla, alınabilir fosfor orta seviyede, organik madde az, amonyum ve nitrat ise yüksek seviyelerdedir (Alganatay 1968, FAO 1990, Eyüpoğlu 1999, Anonymous 2000b). Deneme toprağının KDK ise bölgede yapılan çalışmalara (Munsuz ve Bulur 1984, Keskin ve

Yüksel 1998) paralel değerlerde ve orta seviyededir. Deneme toprağının toplam metal kapsamları tarım toprakları için bildirilen ağır metal konsantrasyon sınırları içinde kalmaktadır (Nriagu 1984, Alloway 1993). Tekstür üst horizonlarda Silt-Kil (SiC), alt horizonlara doğru kil içeriği artmaktadır. Hacim ağırlığı Ap için 1.12 ve A₂ için 1.36 olarak hesaplanmıştır. Profili açılarak tanımlanmış deneme topraklarında tarla kapasitesi ve solma noktası % nem değerleri ise sırasıyla 32.49 ve 16.49 olarak Ap horizonu için tespit edilmiş olup, diğer tanımlayıcı analizler Ek 4, Ek 5 ve Ek 6'da görülmektedir.

Denemede kullanılan arıtma çamuru ise organik maddece zengin, nötr pH'da ve KDK değeri de deneme toprağına göre oldukça yüksek değerdedir. Avrupa ülkelerindeki 209 farklı çamurdan elde edilen verilere göre, AMAAT çamurunun toplam azotu ve amonyum miktarı düşük, nitrat, alınabilir potasyum ve fosfor içeriğı yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada incelenen AMAAT arıtma çamuru ağır metallerinin Avrupa ülkeleri çamurlarından çinko dışında düşük olduğu görülmüştür (EPA 1993b). Kuru madde esasına göre yapılan analizlere göre, denemede kullanılan AMAAT arıtma çamurunda bazı ağır metal değerlerinin Avrupa ülkelerinin ağır metal değerlerine göre düşük olmasına rağmen, ağır metal içeriklerinin toplam çinko başta olmak üzere çevre açısından yüksek metal konsantrasyonları içerdikleri görülmüştür (Kabata Pendias and Pendias 1984, Nriagu 1984, EPA 1990, Alloway 1993).

4.2. Denemede Uygulanan Azotlu Gübre ile Arıtma Çamurunun Toprak ve Arpa Bitkisinin Bazı Özelliklerine Etkisi

Araştırmada kullanılan arıtma çamuru ve kimyasal azotlu gübrenin faktöriyel olarak iki yıllık tarla şartlarında arpa bitkisinde denenmesi sonucunda, deneme toprağı ve arpa bitkisinde bu çalışma kapsamındaki değişimleri izleyebilmek amacıyla gerekli analizler yapılmıştır.

Yapılan analizlere göre; deneme toprağı ve arpa bitkisinde; yıllara, azotlu gübre uygulamasına ve arıtma çamurları uygulamasına göre birçok özelliklerinde değişimler

görülmüştür. Bu değişimlerden istatistiksel açıdan önemli olanlar Çizelge 4.2'de görülmektedir.

Çizelgede 4.2 incelendiğinde uygulanan azotlu gübre ile istatistiksel olarak ilişkisi bulunan parametreler çoğunlukla bitki özellikleri olurken, arıtma çamuru uygulamaları ile daha çok ağır metallerin toprak ve bitkideki miktarları ile biyoalınabilirlik indekslerinin etkilenmiş olduğu görülmektedir. Çamur ve azot uygulamalarının yıllara göre değişimleri de çoğu bitki ve toprak parametreleri açısından önemli olmuştur. Araştırmada materyal olarak ele alınan toprak ve arpa bitkisinin özelliklerindeki değişimler, uygulamalar (arıtma çamuru ve azot) arasında etkileşimler (interaksiyonlar) göstermekte bu durum bazı özelliklerde yıl faktörünün de devreye girmesiyle birlikte üçlü interaksiyonlar göstermektedir. Deneme materyalleri üzerinde yapılan ölçüm gözlem ve analizlerin değerlendirmeleri incelenen özelliklerin karakterlerine göre beş bölüme ayrılarak ele alınmıştır. Bunlar;

- 1) Uygulamaların toprağın verimliliğiyle ilgili özelliklerine etkileri,
- 2) Uygulamaların toprağın metal kapsamı üzerine (toplam ve alınabilir) etkileri,
- 3) Uygulamaların arpa bitkisinin bazı agronomik özellikleri üzerine etkileri,
- 4) Uygulamaların arpa bitkisinin metal kapsamı (sap ve tane) üzerine etkileri,
- 5) Uygulamaların bitkilerin metal BAİ üzerine etkileri olarak ele alınmıştır.

Çizelge 4.2. Artma çamuru ve azotlu gübre uygulamalarının toprak ve arpa bitkisi özellikleri ile ağır metallerin biyolojik alınabilirlik indekslerine etkileri

Özellikler	Yıl	Azot	Çamur	Yıl x Azot	Yıl x Çamur	Azot x Çamur	Yıl x Azot x Çamur
pH			**				
EC	**		**				
OM	**		**				
N	**	**	**	*			
P	**		**		**		
K	*		**				
KDK			**				
NH ₄							
NO ₃	**		**				
Toplam Cd	**		**		**		
Toplam Cu			**				
Toplam Ni	**						
Toplam Pb	**		**		**		
Toplam Zn	**		**				
Alınabilir Cd		*	**				
Alınabilir Cu			**				
Alınabilir Ni			**				
Alınabilir Pb	*	*	**				
Alınabilir Zn	**		**	**	**	**	**
Bitki Boyu	**	**	**	*	**		
Başak Boyu	**		**		**		
Başakta Tane Say.	**	*	**		**	**	*
m ² de Başak Say.	**	**	**	**			
Başakta Tane Ver.	**		**			**	
Bin Tane Ağırlığı	**		**				
Hasat İndeksi	**						
Dekara Verim	**	**	**	*	**	**	**
Bit. Sapında N	**	**	**		**		
Bit. Sapında P			*				
Bit. Sapında K	**	**					
Bit. Sapında Cd	**		**				
Bit. Sapında Cu	**		**				
Bit. Sapında Ni	*	*	**				
Bit. Sapında Pb	**	**	**			**	
Bit. Sapında Zn	**		**		**		
Bit. Tanesinde N	*		**				
Bit. Tanesinde P	**	*	**				
Bit. Tanesinde K	**		**				
Bit. Tanesinde Cd	**	**	**		*		
Bit. Tanesinde Cu	**	**	**				
Bit. Tanesinde Ni		**	**				
Bit. Tanesinde Pb		**	**				
Bit. Tanesinde Zn	**	**	**		**		
Cd İndeksi	**		**				
Cu İndeksi	**		**				
Ni İndeksi	**	*	**				
Pb İndeksi	**		**		**		
Zn İndeksi	*		**				

* : p<0.05

** : p<0.01

Çizelge 4.2 incelendiğinde; uygulamalardan arıtma çamurunun hiçbir dozunun, toprak amonyumu, bitki hasat indeksi, bitki sapı K kapsamı ve toprak toplam Ni kapsamı ile istatistiksel ilişkisinin önemli olmadığı görülmektedir. Yapılan azot uygulamasıyla ise; toprak azotu, topraktan alınabilir Cd-Pb-Zn, bitki sapında Pb, bitki boyu, başakta tane sayısı, metrekarede başak sayısı, başakta tane verimi ve dekara verim özelliklerinin istatistiksel olarak ilişkili olduğunu görmekteyiz.

Denemede esas etkilerin (yıl, azot, çamur) her biri kendi içinde dozlar bazında ayrı olarak incelenmesi yanında, ikili ve üçlü karşılaştırmaları şeklinde birlikte etkileri de istatistiksel olarak (Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi) incelenmiştir. İkili (azot x çamur, azot x yıl, çamur x yıl) ve üçlü (azot x yıl x çamur) etkileşim (interaksiyon) durumlarındaki varyans analizleri incelendiğinde, özelliklerdeki değişimlerin interaksiyonlu durumlarda istatistik önemliliklerinin azaldığı ilk bakışta görülmektedir (Çizelge 4.2). Üçlü interaksiyon görülen üç özellik ise dekara verim, başakta tane sayısı ve topraktan alınabilir Zn seviyeleri olmuştur.

Topraktaki ağır metallerin bitki tarafından alınmalarının bir göstergesi olan Alınabilirlik İndeksi (BAİ);

$$BAİ = \frac{\text{Bitkideki ağır metal konsantrasyonu}}{\text{Topraktaki ağır metal konsantrasyonu}}$$

şeklinde ifade edilmektedir (Moreno 1996, Antoniadis ve Allovay 2001, Pascual, *et al.* 2004).

Denemenin yıl faktörü, tekrarlanan ölçüm olarak iki yıllık gözlem ve analizlerden elde edilmiştir. Yıl faktörüne göre toprak ve bitki özelliklerindeki değişimlerden önemlilik gösterenler yine bitki özellikleri açısından fazla değişim gösterirken toprak özelliklerinde daha az görülmektedir (Ek 10). Yıl açısından yıllar arasında farkın büyük olması, yıl sayısının az (2) olması ve yıllarda yağış miktarlarının farklılığından (Ek 9) kaynaklandığı düşünülmektedir (Madanoğlu 1977, Aktüzüm ve Kodal 1988, Kaydan 2003).

Çizelge 4.2' de belirtilen özelliklerin yapılan analiz verileri Ek 11'de, bu verilere uygulanan varyans analizleri sonuçları Ek 10'da görülmektedir.

Denemede uygulamaların elde edilen gözlem verileri üzerine etkileri ile ilgili istatistik bilgilere (Varyans analizi ve Duncan testleri) dayanılarak toplam 48 analiz parametresi aşağıda sırasıyla incelenerek tartışılmıştır.

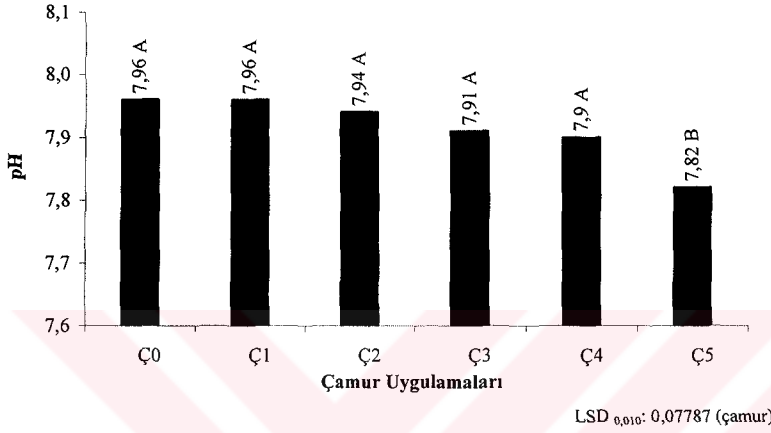
4.2.1. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprak reaksiyonu (pH) üzerine etkisi

Toprak pH'sı ile ilgili varyans analiz çizelgelerine göre (Ek 10.1), uygulamalar arası interaksiyonların önemli olmadığı, sadece çamur uygulamasının önemli olduğu görülmektedir. Çamur uygulamasının toprak pH değerlerine etkisi Şekil 4.1'de görülmektedir. Azot uygulamalarına ve yıllara göre değişimler (varyanslar) önemsiz bulunmuştur.

Arıtma çamuru uygulanmış toprakların pH değerleri 7.82 (Ç5)-7.96 (Ç0 ve Ç1) arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.1). Arıtma çamurunun toprağa iki yıllık uygulaması sonrası, toprak pH'sı kontrol (Ç0) düzeyi ile Ç1, Ç2, Ç3 ve Ç4 çamur dozları arasındaki fark yapılan Duncan testinde önemsiz bulunurken, Ç5 uygulama düzeyi ile 5 1 düzeyinde farklılık belirlenmiştir; Şekil 4.1'de aynı harfi taşıyan uygulamalar arasında istatistik farklılık yoktur.

Arıtma çamuru uygulanmış topraklarda ağır metallerin biyoalınabilirliğinin kontrolünde pH hızlı ve en etkili toprak parametresidir (Jackson ve Alloway 1992). Pek çok araştırmacı arıtma çamurları uygulanan topraklarda pH'nın artmasıyla bitkiler tarafından metallerin biyoalınabilirliğinin azaldığını belirtmişlerdir (Mahler ve Ryan 1988.). Arıtma çamurunun artan dozlarının toprak pH'sında meydana getirdiği asitleşme iki şekilde ortaya çıkabilir; birincisi, arıtma çamuru nötr bir reaksiyon (7,02) göstermesine karşın deneme arazisi ise 7.98-8.05 pH göstermektedir. Bu nedenle daha düşük pH'ya sahip materyallerin topraklara uygulanması sonucu toprak pH'sında göreceli olarak düşme meydana gelmesi kaçınılmazdır, ikincisi ise arıtma çamuru gibi organik materyallerin topraklara uygulanması sonucu bu materyallerin parçalanma ve ayrışması ile açığa çıkan organik asitler, arıtma çamurlarının kapsadığı yüksek organik madde ve besin elementlerinin toprak ortamında biyolojik aktiviteyi artırması sonucu üretilen CO₂'in sulu ortamda karbonik asit oluşturması, mikroflora tarafından gerek

organik ve gerekse inorganik asitlerin üretilmesi toprak pH'sında önemli oranda düşmeleri beraberinde getirmiş olabilmektedir. Benzer şekilde; Jackson ve Alloway (1991), Alloway ve Jackson (1991), Basta ve Tabatabai (1992), Alloway (1995), Henning *et al.* (2001) tarafından yapılan çalışmalarda topraklara arıtma çamurları uygulanması sonucu toprak pH'sında önemli düşmelerin olduğu ve pH düşmesinin de topraklardan özellikle Cd başta olmak üzere ağır metallerin ve iz elementlerin çoğunun alınabilirliklerini artırdıklarını belirtmişlerdir.

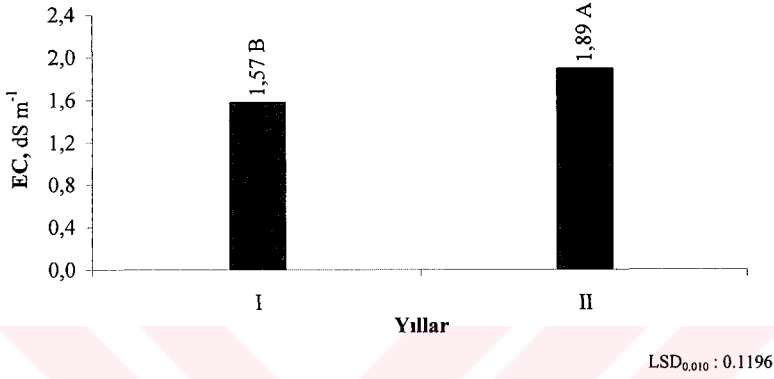


Şekil 4.1. Arıtma çamuru uygulamalarının toprak reaksiyonuna (pH) etkisi

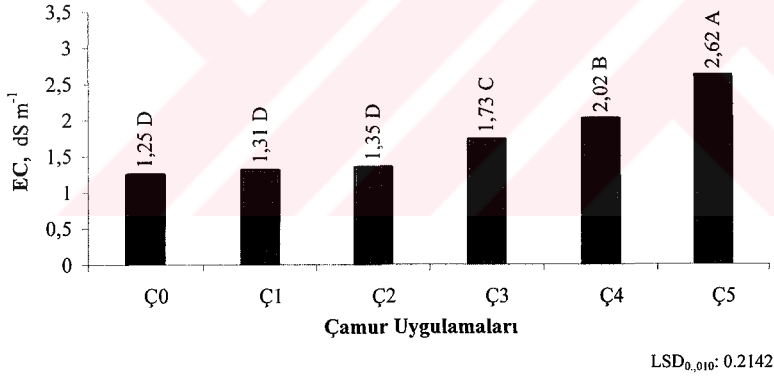
4.2.2. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın elektriksel iletkenliği (EC) üzerine etkisi

İncelenen varyans analiz çizelgesine göre (Ek 10.2), toprak EC'sinin çamur uygulamaları ve uygulama yıllarına göre değişimleri önemli farklar göstermektedir. ($p < 0.01$). Yıllara göre toprağın EC değerleri de 1. yıl 1.57 iken 2. yıl 1.89 $dS m^{-1}$ olarak artış göstermiştir (Şekil 4.2). Arıtma çamuru uygulanan toprakların EC değerleri 1.25 (Ç0) - 2.62 (Ç5) $dS m^{-1}$ değerleri arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3).

Arıtma çamuru uygulamaları sonucu toprak tuzluluk miktarlarındaki artışlar toprağın tuzsuz sınıfından hafif tuzlu sınıfa kaymasına neden olmuştur (Anonymous 2000b). Toprak tuzluluğunu, tuz içeriği daha yüksek olan arıtma çamuru uygulamalarının artırması orta tuzlu ($2.55-2.75 \text{ dS m}^{-1}$) arıtma çamurunun yoğun olarak topraklara uygulamanın doğal bir sonucu olarak düşünülebilir (Anonymous 2000a, Arcak *et al.* 2000). Arıtma çamurunun iki yıl uygulanmış olmasına rağmen yıllara göre toprakların 1.57 dS m^{-1} 'den tuzluluk kapsamının 1.89 dS m^{-1} 'ye artması bunun bir göstergesi olarak sayılabilir.



Şekil 4. 2. Yıllara göre toprağın EC değerlerindeki değişim



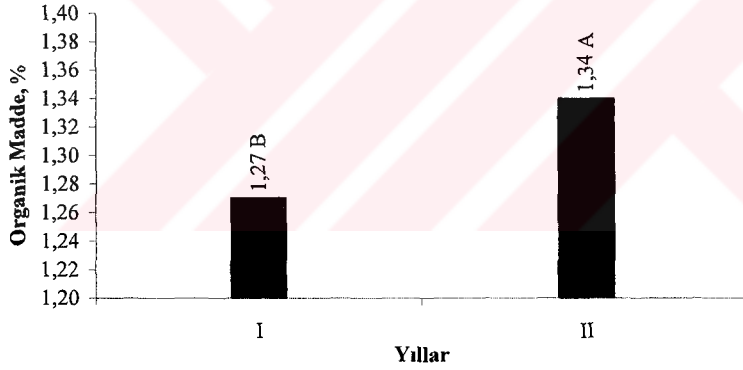
Şekil 4.3. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın EC'sine etkisi

Arıtma çamuru ve parçalanma ürünlerinin toprak pH'sını azaltarak toprak ortamındaki iyonların çözünürlüklerine de etki edebileceği ve tuzluluğun toprakta temel yapı taşı olarak bilinen agregatları parçalayıcı etkisi (dispers etki) göz önüne alınması gereken çok önemli bir konu olabilir (Arcak vd 2000, Garcia and Hernandez 1996, Mena *et al.*, 2003). Bütün bu etkiler toprak mikrobiyal aktivitesini etkilediği gibi arıtma çamurlarının biyoremedasyonunu (biyolojik yollarla özelliklerinin iyileştirilmesini) da olumsuz etkileyebilmektedir (Lynch 1981). Tuzlulukla ilgili bir başka önemli konu ise topraktaki tuzluluğun artmasına özellikle de Cl'un artışına bağımlı olarak bitkilerce kaldırılan Cd miktarlarında artışlara da neden olmasıdır (McLaughlin *et al.* 1996, Norvel *et al.* 2000, Wu *et al.* 2002, Özkutlu 2004).

4.2.3. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın organik madde kapsamına etkisi

Toprak organik maddesi ile ilgili varyans analiz çizelgesine göre; interaksiyonların önemli olmadığı, yalnızca yıllar ve çamur uygulamalarından kaynaklanan farkın $p < 0.01$ derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.3).

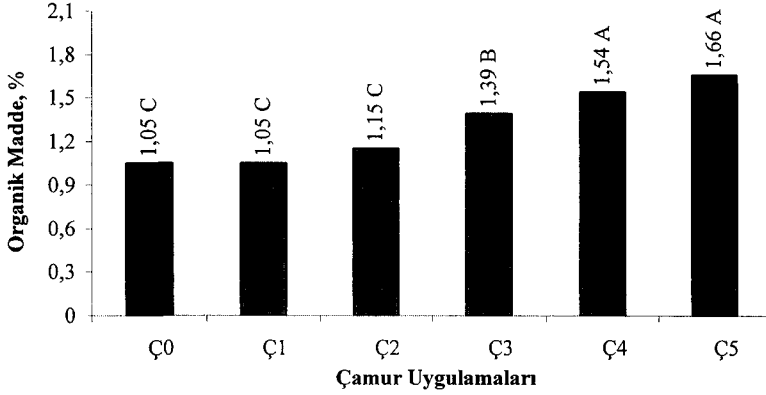
Çamur ve azot uygulamalarının yıl faktörüne göre toprak organik maddesine etkisi $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Ek 10.3). Yıllara göre toprağın organik madde içerikleri 1. yıl % 1.27 iken 2. yıl % 1.34 olarak artış göstermiştir (Şekil 4.4).



LSD_{0.010}: 0.06162

Şekil 4.4. Yıllara göre toprak organik maddesindeki değişim

Aritma çamuru uygulanmış toprakların organik madde miktarları % 1.05 (Ç0 ve Ç1)-1.66 (Ç5) arasında değişim göstermekte olup artan çamur dozlarına bağlı olarak artış göstermektedir. Aritma çamurunun kontrol (Ç0), Ç1 ve Ç2 düzeyleri ile Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri arasında ve Ç3 düzeyi ile Ç4 ve Ç5 düzeyleri arasında $p < 0,01$ derecesinde farklılık bulunmuştur (Şekil 4.5).



LSD_{0,010} : 0.1341

Şekil 4.5. Aritma çamuru uygulamalarının toprak organik madde kapsamına etkisi

Toprağa arıtma çamuru uygulandıktan birkaç hafta sonra organik maddenin hızlı bir şekilde parçalanmaya uğradığı, fakat anaerobik çamurların toprakta parçalanmaya karşı çok dayanıklı olduğu ve çamurun içerdiği organik karbonun % 55-80 'nin parçalanmadan yıllarca toprakta kalabileceği belirtilmektedir (Jackson and Alloway 1991).

Toprak organik maddesi tüm topraklarda ağır metaller için çok önemli bağlayıcı bir ortamdır. Ağır metal içeren diğer kirleticilerden farklı olarak arıtma çamurları çok önemli bağlayıcı materyallerdir (organik madde, Fe ve Mn). Fe ve Mn'nin bağlayıcı özelliği hidros oksitlere dönüşümlerine bağlıyken, çamurla beraber organik madde toprağa ulaştığı anda yüksek bağlama kapasitesine sahiptir (1991). King ve Dunlop (1982), arıtma çamurundaki ağır metallerin biyoalınabilirliğinin kontrolünde organik

maddenin pH'nın yerine kullanılabilir bir özellik olduğunu ve arıtma çamurlarının düşük pH içeren organik topraklara ilave edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Toprakta çamurun mikrobiyal parçalanması sırasında ortaya çıkan çözünür düşük molekül ağırlıklı organik moleküller ağır metallerle çözünür kompleksler oluştururlar. Bu kompleksler serbest metal iyonlarından çok daha hareketli (mobil), daha az bağlanabilir ve bitkiler tarafından daha fazla alınabilir durumdadırlar (Jackson and Alloway 1991). Fletcher ve Beckett (1987), arıtma çamurlarındaki organik maddenin 2 grup değişebilir bölgeye sahip olduğunu, bunlardan birinci grubun Ca, Mg, Zn, Ni, Co, Mn, Cd, Pb ve Fe' e bağlı, diğer grubun ise sadece Cu, Pb ve H'e bağlanmış olduğunu belirtmişlerdir.

O'Connor *et al.* (1984), organik ligantların çözeltideki serbest metal aktivitelerini azalttığını bulmuşlardır. Arıtma çamurunun içerisinde NTA (nitrotriasetik asit) gibi surfaktanların varlığında çamur ilave edilmiş topraklarda özellikle Cd, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metallerin çözünürlik ve hareketliliğinin arttığı belirtilmiştir (Elliot ve Denny 1982).

Toprağa doğrudan arıtma çamuru uygulamasıyla, toprakta çözünür organik karbon miktarının artışına bağlı olarak, Cd, Ni ve Zn metallerinin çim bitkisinde alınabilirliklerinin arttığı belirtilmektedir (Antoniadis ve Alloway 2002).

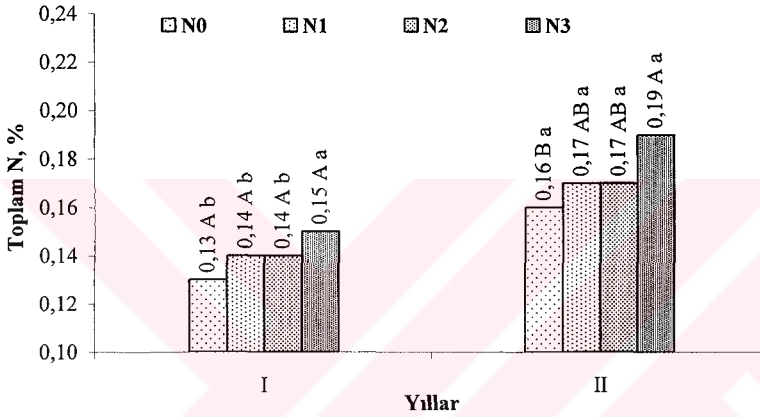
İnsan besin zincirine ağır metal transferinin arıtma çamuru uygulamalarının sonucu olduğu, özellikle Cd transferinin insan sağlığına risk oluşturabileceği belirtilen araştırmada bitki Cd alımının öncelikle topraklardaki toplam Cd miktarına bağlı olduğu (Jackson ve Alloway 1991), bunun yanı sıra toprak sıcaklığı, Cl tuzu miktarı (Bingham *et al.* 1983), pH (McClellan 1976), organik madde (Nan *et al.* 2002) ve kalsiyum (McClellan, 1976) konsantrasyonlarının da etkili olduğu belirtilmektedir.

4.2.4. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam azot kapsamına etkisi

Toprak azotuyla ilgili varyans analiz çizelgesine göre, çamur uygulaması ile azot x yıl interaksyonlarında $p < 0,01$ derecesinde fark görülmüştür (Ek 10.4).

Toprak toplam azotundaki değişimlerin, azot x yıl interaksiyonunda önemli çıkması sonucu ayrıca Duncan testi yapılmış, azot uygulamalarının kendi grupları içinde dozlara ve yıllara göre değişimleri Şekil 4.6'da verilmiştir.

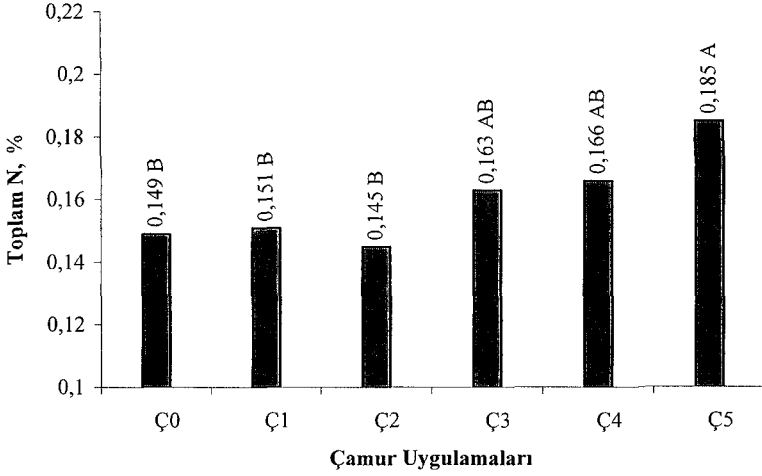
Toprakta toplam azot değerleri kontrole göre birinci yılda artmış ancak bu artışın önemli olmadığını görmüştür. İkinci yılda uygulanan azot seviyelerine göre topraklarda toplam azot kapsamlarında yine artışlar olmuş ve bu artışlar önemli olmuştur (Ek 10.4). İkinci yıl toprakta toplam azot kapsamlarında N₀, N₁ ve N₂ uygulamaları arasında farklılık görülmemiş, N₃ uygulaması ile diğer N uygulamaları arasında farklılık görmüştür (Şekil 4.6).



LSD_{0,010}: 0,02119 (yıl) LSD_{0,050}: 0,02092 (azot)
Büyük harfler yıllar, küçük harfler ise uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir.

Şekil 4.6. Azot uygulamalarının toprağın azot kapsamına etkisi

Aritma çamuru uygulanmış toprakların toplam N kapsamları % 0.145 (Ç2)-0.185 (Ç5) arasında belirlenmiştir. Toprakta toplam N miktarı bakımından çamurun; Kontrol (Ç0), Ç1 ve Ç2 düzeyleri ile Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri arasında farklılık olduğu saptanmıştır (Şekil 4.7).



LSD_{0,010} : 0.02449 (çamur)

Şekil 4.7. Arıtma çamuru uygulamalarının toprağın azot kapsamına etkisi

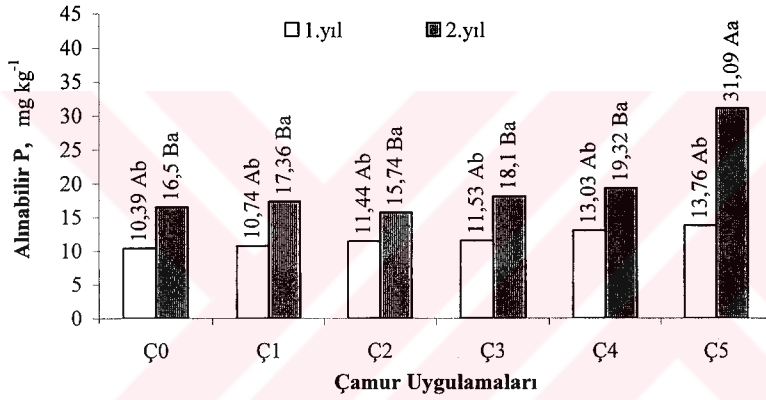
Arıtma çamuru uygulamalarının ağır metallerin yanı sıra topraktaki makro besin maddelerini de (N, P, K) artırdığına yönelik çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Utsching *et al.* 1986, Soon *et al.* 1987, Menelik *et al.* 1991, Moreno *et al.* 1997, Pinamonti *et al.* 1997, Lopez-Mosquera *et al.* 2000, Arcak *et al.* 2000, Korbulewsky *et al.* 2002, Bilgin vd. 2002). Arıtma çamuru ilave edildiğinde toprakta toplam azotun arttığı ile ilgili gözlemler mevcut olup, bu durum Hernandez *et al.* (1991) tarafından yapılan çalışmalarda da belirtilmiştir.

Akar vd (1999), Orta Anadolu'da uzun süren ekim nöbetlerinin verimlere ve toprak özelliklerine etkileri konulu araştırmalarında 14 yıllık sürede buğday bitkisinin ele alındığı farklı her yıl ekim uygulamalarında uygulamalar arasındaki farkın önemli olmadığını buna karşın tüm uygulamaların toprağın toplam azot içeriğini artırdığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar toprak toplam azotu bakımından ekim nöbeti uygulamaları arasında farkın olmayışını her ürün için uygulanan azotlu gübrelerin bu farkı silebileceği şeklinde açıklamışlardır.

4.2.5. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir fosfor kapsamına etkisi

Topraktaki alınabilir fosfor (P) ile ilgili varyans analiz tablosuna göre; çamur ve (yıl x çamur) etkilerinin p<0,01 derecesinde önemli (Ek 10.5) olduğu görülmüştür.

Arıtma çamuru uygulanmış toprakların alınabilir P kapsamı 1. yıl % 10,39 (Ç0)-13,76 (Ç5) ve 2. yıl % 15,74 (Ç2) - 31,09 (Ç5) arasında belirlenmiş olup, çamur dozu ve yıla bağlı olarak toprakların alınabilir P kapsamı artmıştır (2. yıl Ç2 hariç). Toprakta alınabilir P, arıtma çamuru bakımından uygulamaların ilk yılında dozlar arasında farklılık olmazken ikinci yılında Ç₅ dozu ile diğer çamur dozları arasında farklılık görülmüştür. Uygulanan arıtma çamurunun tüm dozları yıllar bakımından farklı olmuştur ve ikinci yıl toprakların alınabilir fosfor miktarları tüm çamur dozlarında birinci yıldan farklı ve yüksek bulunmuştur (Şekil 4.8).



LSD_{0,010}: 3.584 (yıl)

LSD_{0,010}: 3.505 (çamur)

Büyük harfler yıllar, küçük harfler ise uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir.

Şekil 4.8. Çamur uygulamalarının toprağın alınabilir fosfor kapsamına etkisi

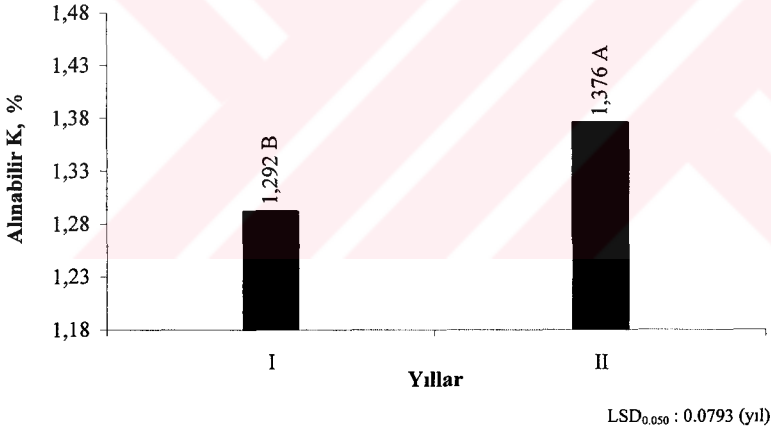
Hernandez *et al.* (1991), artan dozda arıtma çamuru uygulamasının toprakta alınabilir fosforu artırdığını ve toprak örneklerinde alınabilir fosfor değerlerinin 19,32-24,12 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu artışın, toprak+çamur kapsamında fosforun

bir kısmının humifikasyon periyodu boyunca mineralizasyona bağılı olarak alınabilir forma dönüşmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Toprakların alınabilir P kapsamlarına arıtma çamurunun katkısı konusunda önceki çalışmalarda, fosforun çamurun doğrudan içerdiği miktara bağılı artış etkisi yanında özellikle ortam pH'sını düşürmekle yararlılığının da artırabileceği belirtilmektedir (O'Riordan 1987 *et al.* Alloway 1993, Pinamonti *et al.* 1997, Lopez-Mosquera *et al.* 2000, Korbulewsky *et al.* 2002, Kunwar *et al.* 2003).

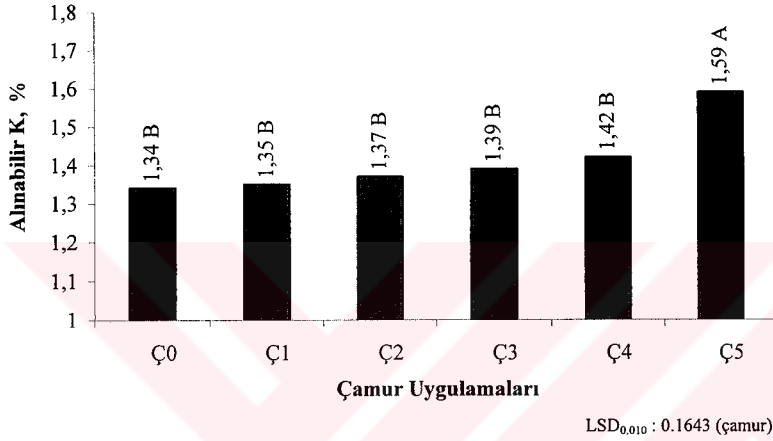
4.2.6. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir potasyum kapsamına etkisi

Topraktaki alınabilir potasyum (K) ile ilgili varyans analiz tablosuna göre; çamurun $p < 0.01$ ve yılın $p < 0.05$ derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.6). Bunun anlamı toprakta alınabilir K miktarları uygulama yapılan iki yıl arasında farklılık göstermiştir (Şekil 4.9). İkinci yıl toprak örneklerinde çamurun birikim etkisine ve ortam pH'sını azaltma eğilimine bağılı olarak bazı toprak özelliklerinde de alınabilir K farkının açıklanabileceği söylenebilir.



Şekil 4.9. Yıllara göre toprağın alınabilir potasyum kapsamındaki değişim

Aritma çamuru uygulanan toprakların alınabilir K kapsamı % 1.34 (Ç₀)-1.59 (Ç₅) değerleri arasında belirlenmiştir. Topraktaki alınabilir K miktarı bakımından çamurun, Ç₄ düzeyine kadar dozlar arası fark görülmemişken, Ç₅ düzeyi ile diğer dozlar arasında $p < 0,01$ derecesinde farklılık vardır (Şekil 4.10). Çamur miktarının artışına bağlı olarak alınabilir K miktarının artış gösterdiğini belirten araştırmalar (O’Riordan 1987 *et al.*, Pinamonti *et al.*1997, Kunwar *et al.*2003) bulunmakla beraber bu araştırmada yüksek dozlardaki çamur uygulamaları ile alınabilir K seviyelerinde artma eğilimi çok az olmuştur bu araştırmada, çamur uygulamalarının başlangıç seviyeleri ile yüksek seviyeleri (Ç₅ hariç) arasındaki fark önemsiz kalmıştır.



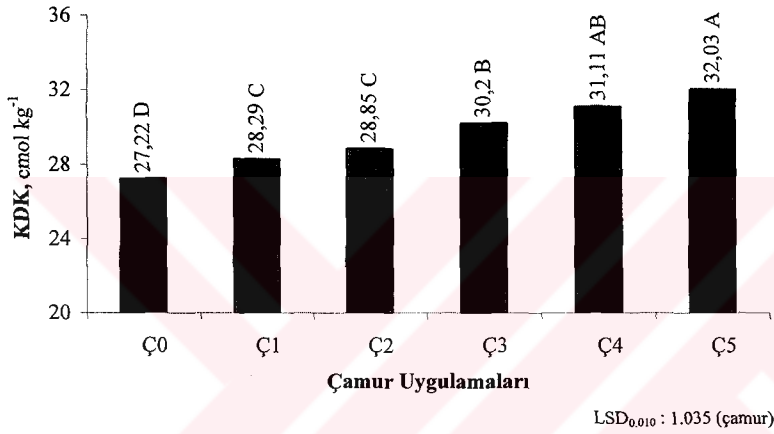
Şekil 4.10. Çamur uygulamalarının toprağın alınabilir potasyum kapsamına etkisi

Aritma çamurunun topraktaki K kapsamlarına etkisinin önemsiz olduğu bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Lopez-Mosquera *et al.* 2000, Bozkurt vd 2000a, Korbulewsky *et al.* 2002). Türkiye topraklarının yarıyıllık K kapsamı oldukça yüksek değerler göstermektedir. Topraklarımızın % 90’dan fazlası potasyumca yeterli durumdadır (Eyüpoğlu 1999). Aritma çamurunun yüksek dozlarda uygulanması halinde ülkemiz tarım toprakları açısından bunun ne kadar olumlu yada olumsuz etki yaratabileceği uzun vadeli yapılacak araştırmalarla ortaya konmalıdır.

4.2.7. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın katyon değişim kapasitesine etkisi

Toprağın katyon değişim kapasitesine sadece çamur uygulamasının $p < 0,01$ derecesinde önemli etkisi olduğu saptanmış olup azotlu gübre uygulamasının etkisinin önemsiz olduğu görülmüştür (Ek 10.7).

Arıtma çamuru uygulanan toprakların KDK'ları 27,22 (Ç0) - 32,03 (Ç5) cmol kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiştir. Toprağın katyon değişim kapasitesi ile çamurun; Kontrol (Ç0), Ç1, Ç2 düzeyleri ve Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri arasında $p < 0,01$ derecesinde farklılık olduğu ve bu farkın artan çamur dozlarına göre KDK değerinde de artışa neden olduğu saptanmıştır. Diğer gruplar arası fark önemsiz çıkmıştır (Şekil 4. 11).



Şekil 4.11. Çamur uygulamalarının toprak katyon değişim kapasitesine etkisi

Toprağın KDK özelliğinin topraktaki kil tipi ve miktarına, organik madde miktarı ve karakterine ve diğer iyonların dağılımı ve miktarına bağlı olduğu bilinmektedir (Rhoades 1982). KDK topraklarda besin elementlerinin bitkiler tarafından alımı yanında toksik karakterli elementlerin alınımı açısından da önemli bir toprak özelliğidir (O'Riordan 1987 *et al.* Dudka and Miller 1999, Alina Kabata-Pendias 2001). Arıtma

çamurları uygulaması ile toprağa organik madde ilavesi olacağından KDK değerinde artışa neden olduğu diğer araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Anonymous 1983, Alloway ve Jackson 1991, Taşatar 1997, Arcak vd 2000).

4.2.8. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın NH₄-N ve NO₃-N kapsamına etkisi

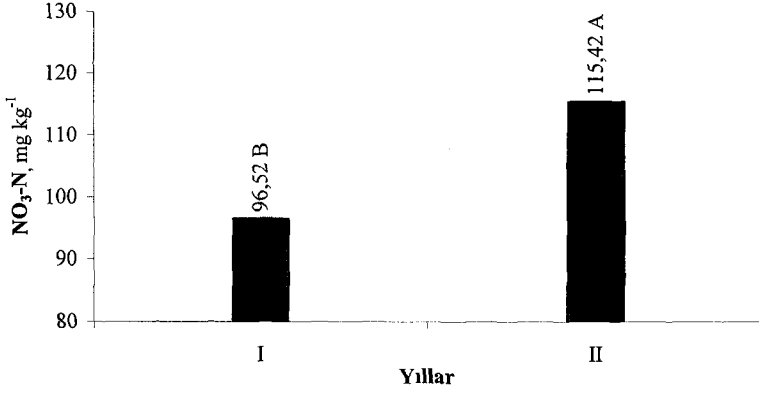
Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamalarının yada uygulamalar arası interaksiyonların (azot, çamur, yıl) toprakta NH₄-N konsantrasyonlarında önemli olmadığı bulunmuştur (Ek 10.8).

Arıtma çamurlarında amonyum azotu miktarları, 120-67600 mg kg⁻¹ (ortalama 9400 mg kg⁻¹) olurken nitrat azotu 2-4900 mg kg⁻¹ (ortalama 520 mg kg⁻¹) olmaktadır (Sommers 1977). AMAAT çamurundaki amonyum ve nitrat seviyeleri ise sırasıyla 2933-3089 mg kg⁻¹ ve 245-312 mg kg⁻¹ olmuştur (Çizelge 4.1). AMAAT çamurundaki Toplam N içindeki amonyum ve nitrat miktarları arıtma çamurları genel ortalamasına göre oldukça düşük seviyelerdedir. Arıtma çamurlarında özellikle anaerobik arıtılan çamurların toprakta azot mineralizasyonu ilk yıllarda % 10-20 olarak gerçekleşirken, daha sonraki yıllarda bu oran daha da düşmektedir (Anonymous 1994a).

Toprak örnekleme zamanının iki yılda da yılın en kurak dönemlerinden olan Ağustos ayı olduğu ve bu dönemde alınan örneklerin nem düzeylerinin hava kurusu nem değerlerine yakın kurulukta olduğu yapılan analizlerde görülmüştür.

Toprağın NO₃ azotu ile ilgili varyans analiz çizelgesine göre; çamur ve yıl faktörünün p<0.01 derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.8).

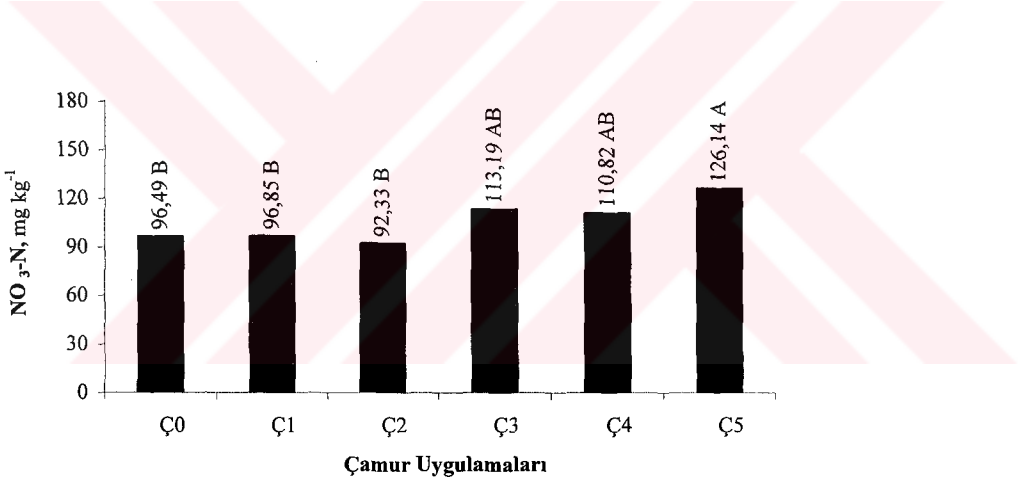
Yıllara göre toprağın toplam NO₃ azotu içerikleri 1. yıl 96.52 mg kg⁻¹ iken 2. yıl 115.42 mg kg⁻¹ olarak artış göstermiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.12. Yıllara göre toprağın NO₃-N kapsamındaki değişim

LSD_{0,010} : 12.82 (yıl)

Topraktaki NO₃ azotu bakımından çamurun; kontrol (Ç0), Ç1, Ç2, Ç3 ve Ç4 düzeyleri arasındaki farklar önemsiz iken hepsinin Ç5 seviyesi ile arasındaki fark p<0.05 derecesinde önemli olmuştur. Diğer gruplar arası fark önemsiz olmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Çamur uygulamalarının toprak NO₃-N kapsamına etkisi

LSD_{0,010} : 20.20 (çamur)

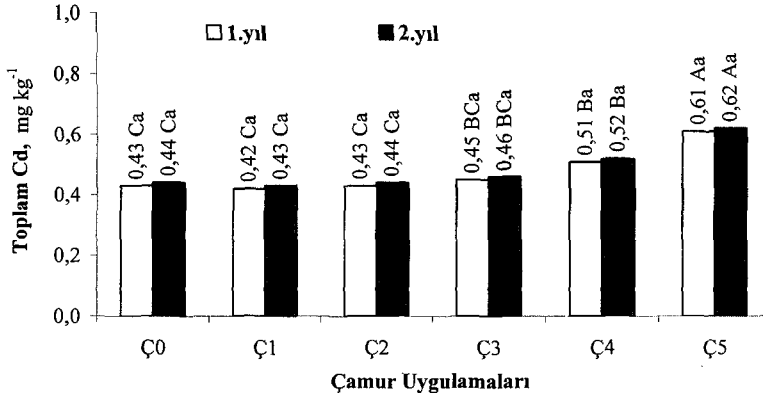
Toprakta nitrat konusu, Avrupa Birliği Nitrat Yasasıyla birlikte çok önemli duruma gelmiştir. Nitrat; besin maddesi olarak değeri (Sommers 1977, O'Riordan 1987) yanında özellikle fazla hareketliliği nedeniyle potansiyel kirlenici olarak önem kazanmıştır (Hernandez 2002). Organik azotun mineralizasyonu kompleks bir dizi toprak olayları (toprak tipi, toprak pH'sı, toprak sıcaklığı, toprak nemi ve uygulanan çamur karakterine bağlı olaylar) sonucunda ve bu olayların etkisi derecesinde olmaktadır (Epstein *et al.* 1978, Anonymous 1983, Sims 1990). Uygulamaların toprağın nitrat kapsamındaki değişimleri yıllarda tekrarlanan çamur uygulamasına ve organik azotun mineralizasyonuna bağlı olabileceği düşünölmüştür.

4.2.9. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam kadmiyum kapsamına etkisi

Toprakta toplam kadmiyum, ilgili varyans analiz tablosuna göre; azot uygulamaları ve azotlu intearaksiyonların hiç birinde önemli çıkmazken, çamur uygulamalarında alınan sonuçlar önemli olmuştur. Aynı zamanda (yıl x çamur) interaksiyonunun da p:0.01 derecesinde önemli olduğu görölmektedir (Ek 10.10).

Toprakta Cd miktarları, arıtma çamuru uygulama dozu ve yılına göre önemli değişim göstermiştir. Arıtma çamuru uygulanan topraklarda toplam Cd değeri 1. yıl 0.42 (Ç1)- 0.61 (Ç5) mg kg⁻¹ ve 2. yıl 0.43 (Ç1) - 0.62 (Ç5) mg kg⁻¹ değeri arasında belirlenmiştir. Arıtma çamurunun bu denemedeki en yüksek dozlarında (Ç₄ ve Ç₅) her iki yılda da farklar olmuştur (Şekil 4.14). Bu farklar çamur uygulamasının dozları arasında olup yıllar arasında da sayısal artış yani birikim eğilimi olmasına rağmen istatistik açıdan önemi bulunmamıştır.

Özellikle uzun süreli çamur uygulamaları sonucunda topraklarda birikim (akümülyasyon) olduğu görüşünü savunan araştırmacılar çamurun mineralizasyon süreci boyunca toprak özelliklerinin bu sonuçları etkilediklerini ayrıca belirtmektedirler (Grant *et al.* 1998, Basta ve Tabatabai 1992, Johnson *et al.* 2000, Kabata-Pendias 2001, Nan *et al.* 2002).



LSD_{0,010} : 0.06786 (çamur) LSD_{0,010} : 0.01095 (yıl)
 Büyük harfler uygulamalar, küçük harfler ise yıllar arasındaki farkı ifade etmektedir.

Şekil 4.14. Yıllar ve çamur uygulamalarının toprağın kadmiyum kapsamına etkisi

Moen (1986), kirlenmemiş topraklardaki Cd miktarının 0.01-1.00 mg kg⁻¹ arasında olduğunu belirtmiştir. Weast (1963), yer kabuğunda ortalama olarak Cd konsantrasyonunu 0.15 mg kg⁻¹ olarak bildirmiştir.

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda metallerin biyoalınabilirliği üzerinde çalışan araştırmacılar metallerin önemli miktarda toprakta alınabilir formda kaldığını rapor etmişlerdir. Bu araştırmacılardan bir kısmı, metal alınabilirliğinin üst üste çamur uygulaması ile artış gösterdiğini belirtirken (Chang *et al.* 1982, Mc Grath 1987) diğerleri ise üst üste çamur uygulamaları ile metallerin alınabilirliklerinin azaldığını belirtmişlerdir (Bidwell ve Dowdy 1987, Morel *et al.* 1988).

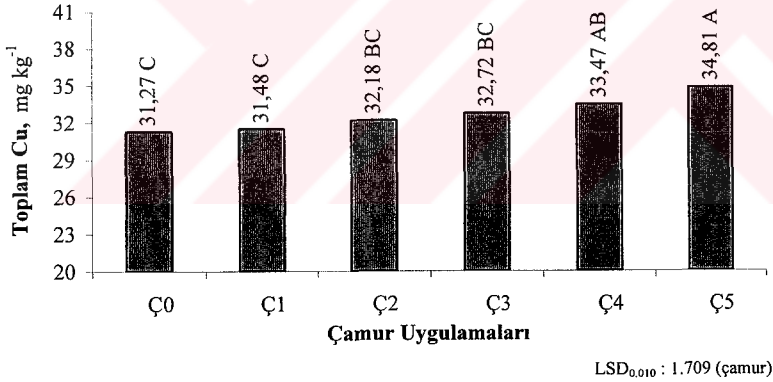
Bidwell ve Dowdy (1987), arıtma çamurunun ilk yıl uygulanmasından sonra toprakta Cd miktarında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Bu görüşlerin aksine Haan (1975), uzun yıllar çamur uygulaması ile Cd'un biyoalınabilirliğinin de diğer metaller gibi arttığını belirtmişlerdir. Araştırmacı bunun nedeninin, azotun nitrifikasyonuna bağlı olarak substratın asidifikasyonu ve çamurdaki kirecin hızlı yıkanması olduğunu ifade etmiştir.

Topraktaki organik madde aracılığıyla ağır metaller metal-organik kompleksler oluştururlar. Ağır metallerin çözünürlükleri ve yarıyışlılıkları da ortamda bulunan organik substratlar tarafından azaltılmaktadır. Ağır metallerin çözünürlükleri çözünebilir organik kompleks oluşturuvcu komponentler tarafından artırılabilir. Ancak zamanla organik maddenin toprakta mineralizasyonuvcu organik madde tarafından tutulmuş bulunan ağır metaller toprak çözültisine geçmektedir (Yuan ve Lavkulich 1997, Arnesen ve Singh 1999, Karaca 2004).

4.2.10. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam bakır kapsamına etkisi

Topraktaki toplam bakır ile ilgili varyans analiz çizelgesi incelendiğinde; çamur uygulamaları ile toplam Cu arasında $p < 0.01$ düzeyinde önemli ilişki olduğu görülmektedir (Ek 10.11).

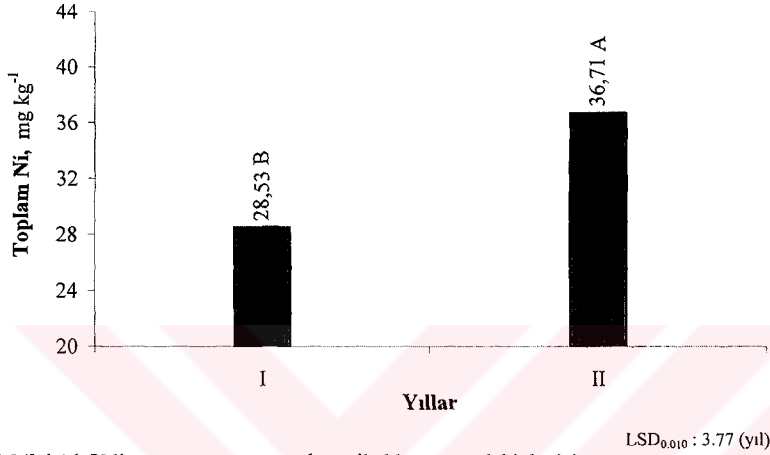
Arıtma çamuru uygulanan toprakların toplam Cu kapsamaları 31.27 (Ç0) - 34.81 (Ç5) mg kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiştir (Şekil 4.15). Toprakta toplam bakır bakımından çamurun, kontrol (Ç0), Ç1, Ç2 ve Ç3 düzeyleri ile Ç4 ve Ç5 düzeyleri arasında farklılık saptanmış olup, diğer gruplar arasındaki farklar önemsiz çıkmıştır.



Şekil 4.15. Çamur uygulamalarının toprağın bakır kapsamına etkisi

4.2.11. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam nikel kapsamına etkisi

Topraktaki toplam nikel ile ilgili varyans analiz çizelgesine göre; sadece yılların $p < 0.01$ derecesinde önemli olduğu, diğer uygulama ve interaksiyonların önemsiz olduğu görülmektedir (Ek 10.12). Arıtma çamuru uygulanan topraklarda toplam Ni değerleri birinci yıl $28,53 \text{ mg kg}^{-1}$ ve ikinci yıl $36,71 \text{ mg kg}^{-1}$ değerleri arasında belirlenmiştir (Şekil 4.16).



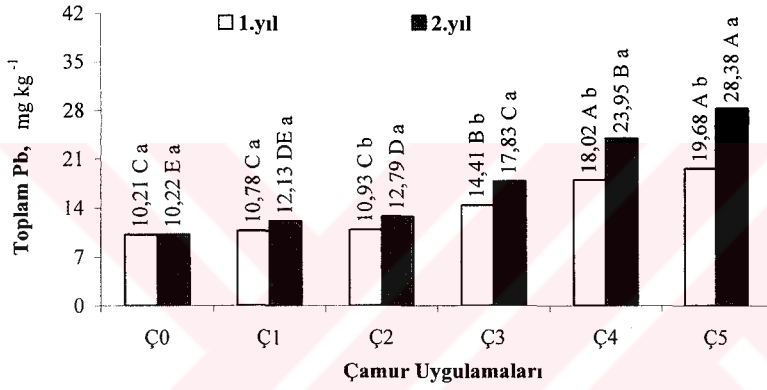
Şekil 4.16. Yıllara göre toprağın toplam nikel kapsamındaki değişim

Toprağın Ni kapsamındaki artmanın; çamurunun iki yıllık uygulaması sonucu birikim etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tarım topraklarında Ni kapsamı $2-1000 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında ve ortalama 50 mg kg^{-1} olduğu belirtilmekteyken (Ure 1993), arıtma çamuru Ni içeriği 42.7 mg kg^{-1} (EPA 1990) - 200 mg kg^{-1} olarak (Kloke *et al.* 1984) olarak belirtilmektedir. Denemede kullanılan AMAAT arıtma çamuru alınabilir Ni içeriği 2 yıl ortalaması yaklaşık 11 mg kg^{-1} olup, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği sınır değerlerinin altındadır. Ancak 2 yıl çamur uygulaması sonrası toprakların toplam Ni içerikleri istatistiksel olarak önemli sayılacak düzeyde artış göstermiş ve birinci yıl 28.53 mg kg^{-1} , ikinci yıl 36.71 mg kg^{-1} olmuştur.

4.2.12. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam kurşun kapsamına etkisi

Topraktaki toplam kurşun kapsamı değişimi; çamur x yıl interaksyonunun $p < 0.01$ derecesinde önemli olmuştur (Ek 10.13). Diğer uygulamalar ve interaksyonlar arasında fark görülmemiştir.

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda toplam Pb değerleri; 1. yıl 10.21 (Ç0)- 19.68 (Ç5) mg kg^{-1} ve 2. yıl 10.22 (Ç0) - 28.38 (Ç5) mg kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiş olup, çamur dozu ve yıla bağlı olarak artış göstermiştir. Arıtma çamuru uygulaması sonucu toprakta Pb miktarlarındaki değişim yıllara ve çamur miktarlarına göre değişmektedir (Şekil 4.17).



LSD_{0,010} : 2.586 (çamur) LSD_{0,010} : 1.851 (yıl)
Büyük harfler çamur uygulamaları, küçük harfler ise yıllar arasındaki farkı ifade etmektedir.

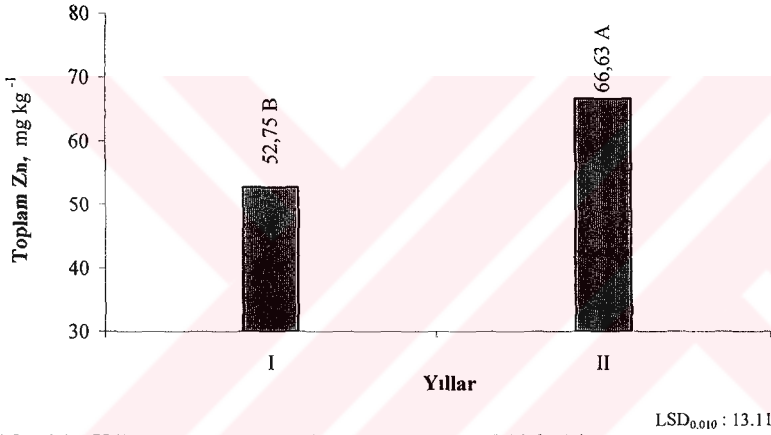
Şekil 4.17. Yıllar ve çamur uygulamalarının toprağın toplam kurşun kapsamına etkisi

Pb değerlerinde arıtma çamurunun ilk iki uygulama dozunda yıllara göre fark görülmezken son dört dozda yıllar arasında fark görülmüştür. Yine arıtma çamuru uygulamalarına göre birinci yılda ilk üç uygulama arasında ikinci yılda ilk iki uygulama arasında fark görülmemektedir. Her iki yılda da arıtma çamurunun yüksek dozlarında

yüksek değerler ve istatistiki farklar görülmektedir. Topraklarda Pb zenginleşmesinin temel öğeleri arasında arıtma çamurları, benzin katkı maddesi olarak kullanılan tetra-alkil ve tetra-aril bileşikleri, sabunlar ve batarya türü endüstri ürünleri ilk sıralarda sayılmaktadır (Davies 1993). Arıtma çamurunda kuru maddede 1.200 mg kg^{-1} değerlerine kadar Pb görülürken toprakta izin verilen Pb değeri 100 mg kg^{-1} ve topraklarda değişim aralığı $0.1-20 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb olarak belirtilmektedir (Kloke *et al.* 1984).

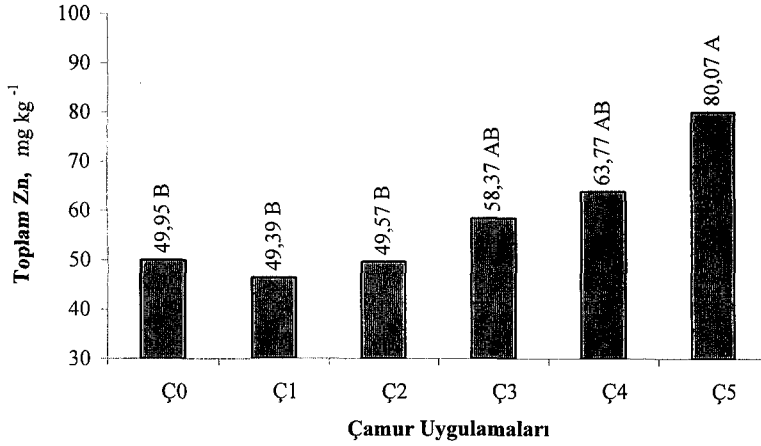
4.2.13. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın toplam çinko kapsamına etkisi

Arıtma çamuru uygulanmış topraktaki toplam çinko miktarı bakımından; birinci yıl düzeyi ile ikinci yıl toplam Zn düzeyleri arasında fark vardır (Ek.10.14). Toplam Zn yıllara göre değişim göstermiş olup, 1. yıl 52.75 mg kg^{-1} Zn iken 2. yıl 66.63 mg kg^{-1} olarak artış göstermiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Yıllara göre toprağın toplam çinko kapsamındaki değişim

Arıtma çamuru uygulanan toprakların toplam Zn kapsamları 49.39 (Ç1) - 80.07 (Ç5) mg kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiştir. Çamur uygulamalarında kontrol dahil ilk üç doz (Ç0, Ç1, Ç2) ile son üç doz (Ç3, Ç4, Ç5) arasında farklılık bulunmuştur (Şekil 4.19).



LSD_{0,010} : 23.34

Şekil 4.19. Çamur uygulamalarının toplam çinko kapsamına etkisi

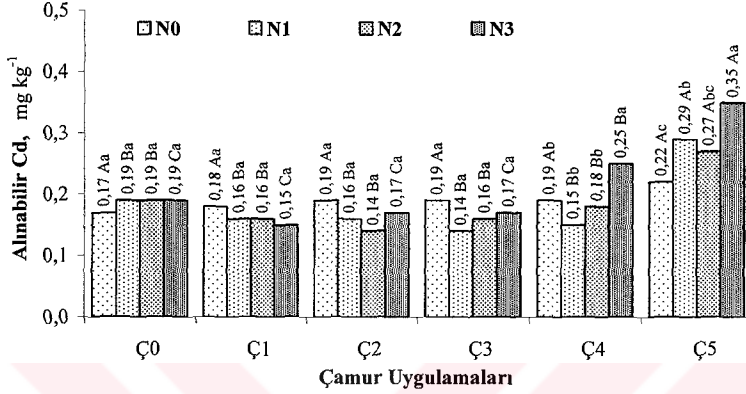
Arıtma çamurlarının topraktaki Zn kapsamını artırma nedenlerinden en önemlisi içerdiği yüksek Zn miktarının (3335-3635 mg kg⁻¹) doğrudan topraktaki konsantrasyonu artırması ve bu artışın miktarlarının büyük olması nedeniyle yıllar arasında da farkın çıkmasına neden olmaktadır. Çinko ile ilgili benzer şekilde çok sayıda araştırma sonuçları bulunmaktadır (Chang *et al.* 1982, Hernandez *et al.* 1991, Pinamonti *et al.* Bozkurt *et al.* 2000a, Arcak vd 2000).

4.2.14. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir kadmiyum kapsamına etkisi

Toprakta alınabilir kadmiyum ile ilgili varyans analiz çizelgesi incelendiğinde; azot ve azot x çamur interaksiyonlarının %5 seviyesinde yalnız çamur uygulamalarında ise %1 derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.15).

Toprağın alınabilir Cd kapsamı, uygulanan arıtma çamuru ve azotlu gübrenin interaksiyonu halinde değişim göstermektedir (Şekil 4.20).

Çamur'un azotla birlikte uygulandığı ilk 3 çamur dozunda toprakların alınabilir Cd miktarları değişmezken, çamurun Ç4 ve Ç5 dozlarının N ile birlikte uygulandığı topraklarda N dozu arttıkça (N2 dozu hariç) alınabilir Cd miktarları da artmıştır. Azotlu gübre ile birlikte uygulanan çamur dozları kendi aralarında kıyaslandığında ise çamurun Ç4 ve Ç5 dozlarının N2 ve N3 azot dozları ile interaksiyonları halinde alınabilir Cd artışları istatistiksel olarak önemli derecede artış göstermiştir (Şekil 4.20).



LSD_{0,050} : 0.05191 (azot)

LSD_{0,050} : 0.05191 (çamur)

Büyük harfler çamur uygulamaları, küçük harfler ise azot uygulamaları arasındaki farkı ifade etmektedir.

Şekil 4.20. Azot ve çamur uygulamalarının toprağın alınabilir kadmiyum kapsamına etkisi

Erikson (1990), Willaert ve Verloo (1992) ve Grant *et al.* (1998), mineral azotlu gübrelerin normal olarak önemli düzeylerde Cd içermemesine rağmen azotlu gübreleme ile bitkilerin topraktan Cd alımının artabileceğini belirtmişlerdir.

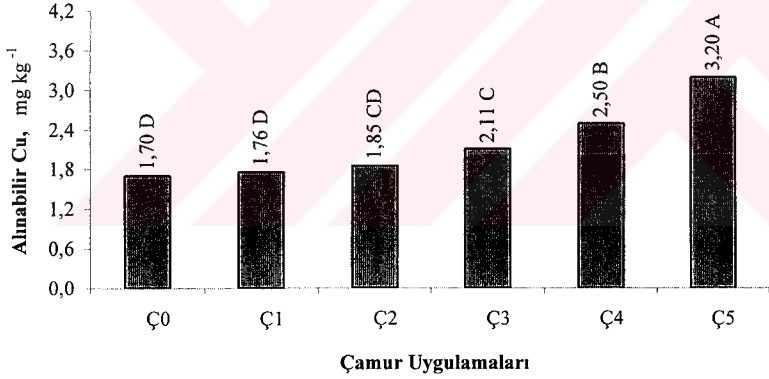
Topraklara genel tarımsal uygulama dozu olan 8 t ha⁻¹ çamur dozundan daha az doz olan Ç4 dozunda dahi alınabilir Cd miktarlarının artmış olması risk teşkil etmektedir. Antoniadis ve Alloway (2001) toprağa uygulanan 8 t ha⁻¹ çamur dozundan az çamur uygulamalarında toprakta Cd miktarlarının artış göstermesinin Cd ve Zn gibi hareketli metallerin toprakta alınabilirliklerini artıracak ve bunun da risk oluşturabileceğini belirtmişlerdir.

Toprakta bulunan Cd'un bitkiye geçen miktarlarını belirlemede toprağın toplam Cd içeriğinden çok DTPA ile ekstrakte edilebilir miktarının daha iyi bir gösterge olduğu pek çok araştırmacı tarafından saptanmıştır. Örneğin, Li *et al.* (1994), topraktaki toplam Cd miktarı ile bitkinin Cd kapsamı arasında çok zayıf bir ilişki olduğunu, buna karşılık DTPA ile ekstrakte edilebilir miktarının Cd birikimi için çok önemli bir gösterge olduğunu belirtmişlerdir. Allaway (1993), toprak çözeltilisindeki 0.001 mg kg⁻¹ düzeyindeki Cd'u sınır değer olarak belirtmiştir.

4.2.15. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir bakır kapsamına etkisi

Arıtma çamuru uygulanan toprakların alınabilir Cu kapsamları 1.70 (Ç0) - 3.20 (Ç5) mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiş olup, çamurun artan dozuna bağlı olarak toprakların alınabilir Cu kapsamları artış göstermiş ve bu artış istatistiki olarak önemli olmuştur (Ek 10.16).

Topraktaki alınabilir Cu miktarı bakımından çamurun; Ç0, Ç1, Ç2 düzeyleri ile Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç3 düzeyi ile Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç4 düzeyi ile Ç5 düzeyi, arasında da farklılıklar olmuştur ($p < 0.01$). Diğer gruplar arası farklar önemsiz olmuştur (Şekil 4.21).



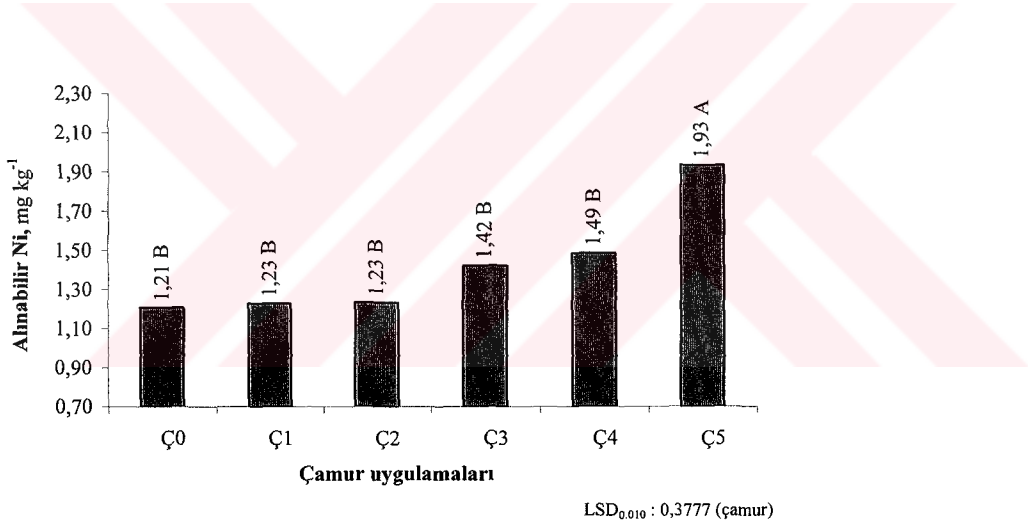
Şekil 4.21. Çamur uygulamaların toprağın alınabilir bakır kapsamına etkisi

DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonu kritik değeri 0.20 mg kg^{-1} (Adriano 1986) olup, deneme topraklarının alınabilir Cu kapsamı bu değerin üzerinde olmuştur ($1.7\text{-}3.2 \text{ mg kg}^{-1}$). Notral topraklarda toplam bakırın % 80'i oksitlere bağlı olarak tutulurken alt horizonlarda bakırın % 40'ı killerin kafes yapılarında tutulmaktadır (McLaren *et al.* 1983).

4.2.16. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir nikel kapsamına etkisi

Arıtma çamuru uygulanan toprakların alınabilir Ni kapsamı 0.595 (Ç0) - 1.013 (Ç5) mg kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiş olup, çamurun artan dozuna bağlı olarak toprakların alınabilir Ni kapsamı artış göstermiş ve bu artışlar istatistik açıdan önemli olmuştur (Ek 10.17).

Topraktaki alınabilir Ni miktarı bakımından çamurun; Ç5 düzeyi ile diğer düzeyleri (Ç0, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4) arasında farklılık vardır ($p < 0.01$), diğer gruplar arası fark önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.22).



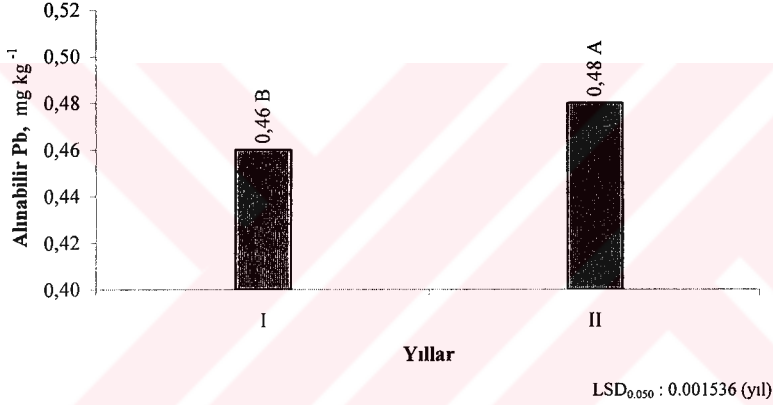
Şekil 4.22. Çamur uygulamalarının toprağın alınabilir nikel kapsamına etkisi

Kontamine olmuş topraklarda saturasyon ekstraktında $<10-90 \mu\text{g L}^{-1}$ nikel belirlenmiş, bu topraklardan sızan suda $3-15 \mu\text{g L}^{-1}$ nikel ölçülmüştür. Bu şekildeki nikel bakımından zengin topraklarda toprak çözeltisinde 3.3 mg L^{-1} nikel saptanmış ve bu topraklarda yetiştirilen bitkilerde Ni toksisitesi ortaya çıkmıştır (Bradford *et al.* 1971)

4.2.17. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir kurşun kapsamına etkisi

Topraktaki alınabilir kurşun değerlerinde yılların, azotlu gübre uygulamalarının ve azotlu gübre ile birlikte arıtma çamuru uygulamalarının $p<0.05$ düzeyinde; yalnız çamuru uygulamalarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Ek 10.18).

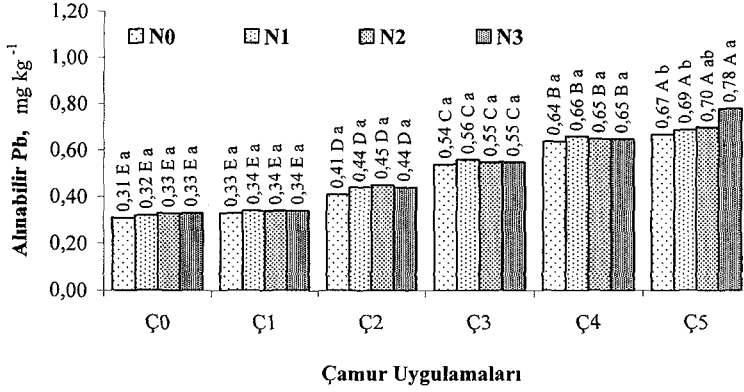
Alınabilir Pb miktarları yıllara göre değişim göstermiş olup, 1. yıl 0.46 mg kg^{-1} Pb iken 2. yıl 0.48 mg kg^{-1} olarak artış göstermiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Yıllara göre toprağın alınabilir kurşun kapsamındaki değişim

Alınabilir Pb değerlerinde arıtma çamurunun N ile interaksiyonunda kontrol dozu dışında (Ç0) artan çamur dozlarına göre gerek dozlar arası gerekse azot uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli farklar görülmüştür (Şekil 4.24). Kısaca, azot ve

çamurun birlikte uygulandığı durumda artan çamur ve azot dozlarına bağlı olarak toprakta alınabilir Pb miktarları artmıştır.



LSD_{0,050} : 0.02298 (azot)

LSD_{0,050} : 0.02298 (çamur)

Büyük harfler çamur uygulamaları, küçük harfler ise azot uygulamaları arasındaki farkı ifade etmektedir.

Şekil 4.24. Azot ve çamur uygulamalarının toprağın alınabilir kurşun kapsamına etkisi

John (1972), toprakların yarıyışlı Pb kapsamlarının toprak pH'sı ile ekstrakte edilebilir Al ve toplam Ni miktarları ile yakından ilişkili olduğunu belirlemiştir. Kurşunun toprakta yarıyışlılığı üzerine etki yapan etmenler ile ilgili bilinenler sınırlı olmakla beraber başta toprak pH'sı olmak üzere, toprak tekstürü, kil minerallerinin cins ve miktarları, organik madde miktarı, kation ve anyonların cins ve miktarları ile toprak drenajı kurşunun yarıyışlılığı üzerine etkilidir. Deneme topraklarının artan çamur dozuna bağlı olarak alınabilir Pb miktarları artış göstermiştir. Toprakların çamur dozuna bağlı pH değerlerinde azalma olmuş ve buna bağlı olarak da Pb miktarlarının artmış olabileceği söylenebilir (Basta ve Tabatabai 1992, Alloway 1995, Henning *et al.* 2001). Bunun yanı sıra, organik maddenin mineralizasyonu sonucu ikinci yıl Pb değerleri daha yüksek bulunmuştur. White *et al.* (1997), 9 yıl çamur uyguladıkları toprakta başlangıca göre ekstrakte edilebilir Pb değerlerinin organik maddenin mineralize olmasına bağlı olarak artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

4.2.18. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin toprağın alınabilir çinko kapsamına etkisi

Azotlu gübre ve azotlu gübre ile birlikte çamur uygulamalarının toprakta alınabilir çinko miktarları üzerinde önemli olmadığı buna karşılık çamur uygulamalarının alınabilir çinko miktarlarını $p < 0.01$ düzeyinde artırdığı saptanmıştır (Ek 10.19).

Alınabilir Zn değerlerinde arıtma çamurunun ilk iki uygulama dozunda yıllara göre fark görülmezken, son dört dozda yıllar arasında fark görülmüştür. Yine arıtma çamuru uygulamalarına göre birinci yılda ilk üç uygulama arasında ikinci yılda ilk iki uygulama arasında fark görülmemektedir. Her iki yılda da arıtma çamurunun yüksek dozlarında yüksek değerler ve istatistiki farklar görülmektedir (Çizelge 4.3, Şekil 4.25).

Yıllar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmakta olup, yıllara bağlı olarak ikinci yılda Zn değerleri daha yüksek bulunmuştur. Azot çamur interaksiyonuna göre ise, her iki yılda da çamurun düşük dozlarından yüksek dozlarına doğru alınabilir Zn değerleri yükselmiştir. Bu yükselme yalnız azot uygulamasına göre düşünüldüğünde ise doza bağımlı artışlar istatistiksel olarak önemli olmamaktadır.

Çizelge 4.3. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının toprağın alınabilir çinko kapsamına etkisi

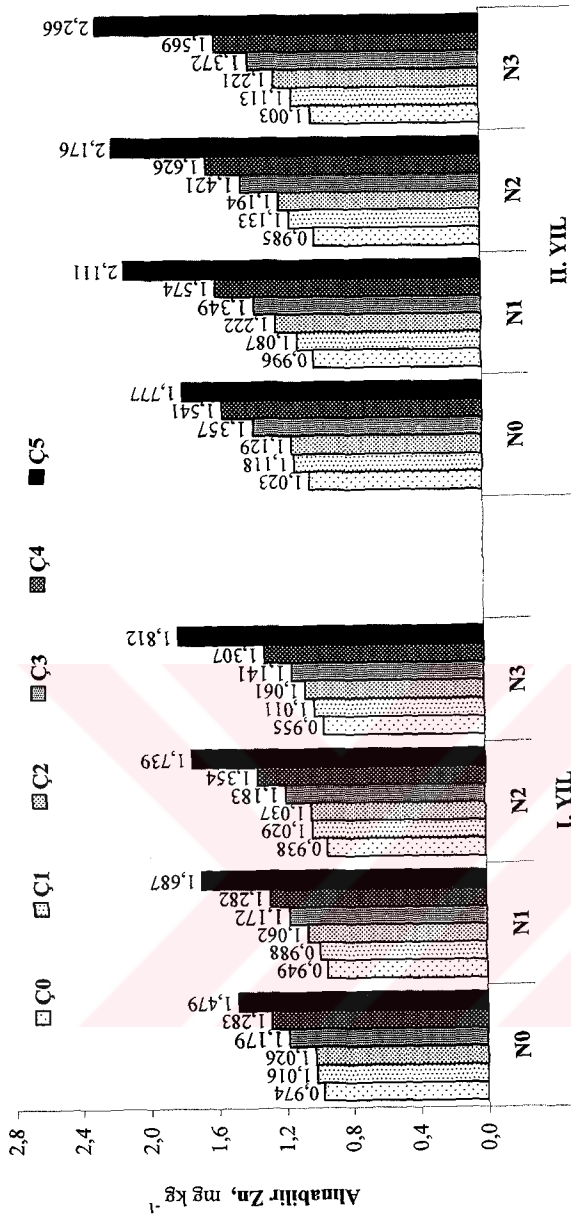
Yıl		N ₀	N ₁	N ₂	N ₃
I B*	Ç ₀	0.974 Ba**	0.949 Ba	0.938 Ca	0.955 Ca
	Ç ₁	1.016 Ba	0.988 Ba	1.029 BCa	1.011 BCa
	Ç ₂	1.026 Ba	1.062 Ba	1.037 BCa	1.061 BCa
	Ç ₃	1.179 ABa	1.172 Ba	1.183 BCa	1.141 BCa
	Ç ₄	1.283 ABa	1.282 Ba	1.354 Ba	1.307 Ba
	Ç ₅	1.479 Aa	1.687 Aa	1.739 Aa	1.812 Aa
II A	Ç ₀	1.023 Ca	0.996 Da	0.985 Da	1.003 Da
	Ç ₁	1.118 Ca	1.087 CDa	1.133 CDa	1.113 CDa
	Ç ₂	1.129 Ca	1.222 BCda	1.194 CDa	1.221 CDa
	Ç ₃	1.357 BCa	1.349 BCa	1.420 BCa	1.370 BCa
	Ç ₄	1.541 ABa	1.574 Ba	1.626 Ba	1.569 Ba
	Ç ₅	1.777 Ab	2.110 Aa	2.176 Aa	2.266 Aa

* $LSD_{0.010} : 0.04097$ (yıl)

** $LSD_{0.010} : 0.3213$ (azot x çamur)

Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Büyük harfler çamur uygulamaları, küçük harfler ise azot uygulamaları arasındaki farkı ifade etmektedir.



LSD_{0.05} : 0.3213 (azot x çamur)

LSD_{0.05} : 0.04097 (yıl)

Şekil 4.25. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının toplam alınabilir çinko kapsamına etkisi

Topraklara genel tarımsal uygulama dozu olarak ilave edilen 8 t ha⁻¹ çamur dozundan daha az doz olan Ç1, Ç2 ve Ç3 dozlarında dahi alınabilir Zn miktarlarının artmış olması dikkat çekmektedir. Bu konuda, Antoniadis ve Alloway (2001) yaptıkları çalışmada; toprağa uygulanan 8 t ha⁻¹ çamur dozundan daha az çamur uygulamalarında toprakta Zn miktarlarının artış göstermesinin nedenini Cd ve Zn gibi hareketli metallerin toprakta alınabilirliklerinin uygulanan bu dozda artacağını ve bunun da risk oluşturabileceğini belirtmişlerdir.

Çinko; kadmiumun ve talyum gibi 1-10 transfer katsayısı gösterecek boyutta hareketlidir, bu hareketlilik ise temel olarak toprak özelliklerine bağlıdır (Kloke *et al.* 1984, Sauerbeck 1991), birçok bitkinin transfer faktörünü belirlediği araştırmasında; bitkilerin farklı transfer faktörüne sahip olduğunu belirten araştırmacılarıdır. Bozkurt vd.(2000a), toprakta Zn ve Cu miktarının çamur uygulamalarına bağımlı olarak artış gösterdiğini belirtmişlerdir. McGrath *et al.* (2000), 23 yıl izledikleri alınabilir Cd ve Zn ile ilgili olarak, bu metallerin bitki bünyesine geçişlerinde bir azalma olmadığını belirtmişlerdir.

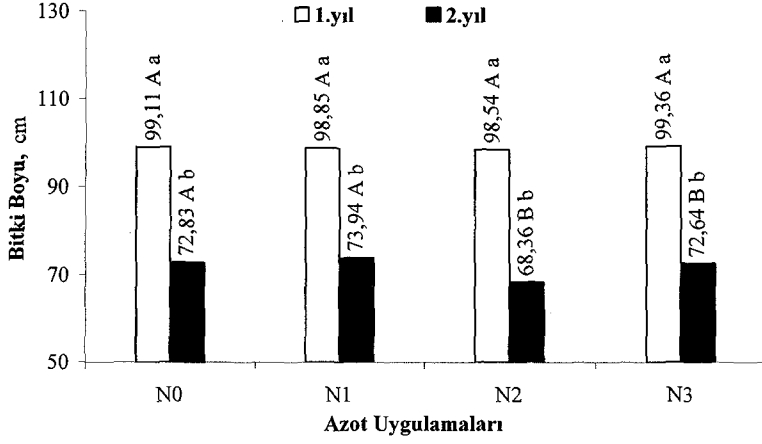
4.2. 19. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki boyuna etkisi

Toprağa azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarının bitki boyunu artırdığı bu artışın da $p < 0.01$ ve $p < 0.05$ derecelerinde önemli olduğu tesbit edilmiştir (Ek10.20).

Azotlu gübre uygulanan topraklarda yetişen arpada bitki boyu 1. yıl 98.54 (N2)- 99.36 (N3) cm ve 2. yıl 68.36 (N2) - 73.94 (N1) cm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.26).

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitkisinde bitki boyu 1. yıl 97.93 (Ç0)- 101.1 (Ç5) cm ve 2. yıl 67.87 (Ç0) - 79.23 (Ç5) cm değerleri arasında belirlenmiş olup, bitki boyu artan çamur dozuna bağlı olarak artış göstermiştir (Şekil 4.27).

Ülkemizde arıtma çamuru ile hububatlar üzerine yapılan tarla denemesi sayısı oldukça sınırlı olmuş ve yapılan çalışmalarda (Bozkurt vd. 2000a, Bilgin vd 2002) da yalnızca dekara verim baz alınmıştır. Yapılan bu çalışmada arpa bitkisinde diğer verim öğeleri ile kirlilik öğeleri birlikte ilk kez incelenmiştir.

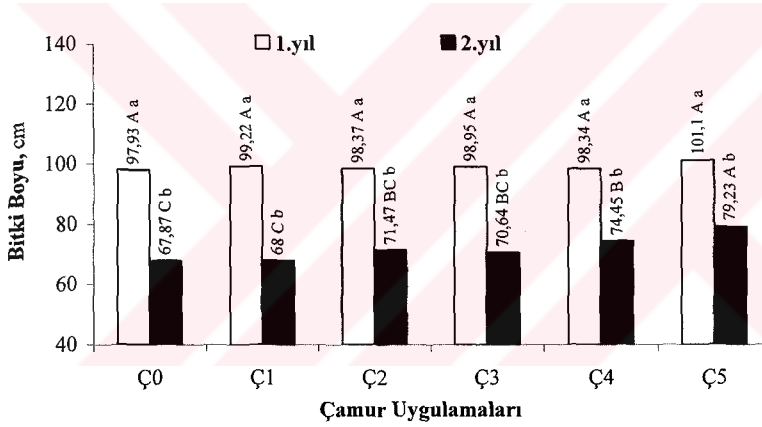


LSD_{0,050} : 2.471 (yıl x azot)

Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli değildir.

Büyük harfler azot uygulamaları, küçük harfler ise yıllar arasındaki farkı ifade etmektedir.

Şekil 4.26. Yıllar ve azot uygulamalarının bitki boyuna etkisi



LSD_{0,010} : 4.007 (yıl x çamur)

Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli değildir.

Büyük harfler çamur uygulamaları, küçük harfler ise yıllar arasındaki farkı ifade etmektedir.

Şekil 4.27. Yıllar ve çamur uygulamalarının bitki boyuna etkisi

Adak ve Gürsoy (2001), Ankara koşullarında 1998-1999 yıllarında 4 arpa hattı ve Tokak 157/37 iki sıralı arpa çeşidi ile yaptıkları araştırmada farklı dozlarda azot uygulamasının verim ve kalite öğelerine etkilerini incelemiştir. Araştırmada bitki boyunun 99,27-113,10 cm, tane verimi 244-415 kg da⁻¹, protein oranını %10,51-12,89 ile hektolitreye ağırlığının 65,73-68,13 kg arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Sönmez vd. (1993), toplam 21 çeşit ve hat (henüz çeşit olarak tescil edilmemiş) arpa ile yaptığı denemede Van yöresinde Tokak çeşidini de araştırmışlar ve bitki boyunu 45.6 cm olarak belirtmişlerdir.

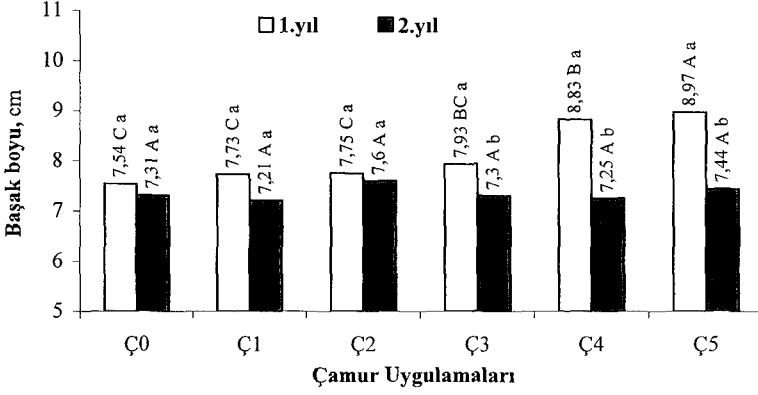
Tosun ve Yurtman (1973), 60 ekmeçlik buğday çeşidi ile tarla şartlarında verim öğelerini incelemişler ve verim ile m²'de başak sayısı, m²'de bitki sayısı, bin tane ağırlığı, başakta tane sayısı arasında önemli korelasyonlar olduğunu belirtmişlerdir. Bu öğelerin birbirini etkilediğini ve bunlardan yalnızca birini artırmakla verimin artırılmayacağını belirtmişlerdir.

Bu araştırmada ölçülen bitki boyu değerleri Adak ve Gürsoy (2001)'un sonuçları ile uyumlu iken, Sönmez vd (1993)'nın sonuçlarına uyum göstermemektedir. Çünkü söz konusu araştırma Van ilinde yapılmış olup, iklim ve toprak koşulları Ankara koşullarına göre çok farklı olmaktadır.

4.2.20. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin başak boyuna etkisi

Artan dozlarda arıtma çamuru uygulamalarının arpa bitkisinde başak boyuna etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). İlgili varyans analiz çizelgesi Ek 10.21'de verilmiştir.

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitkisinde başak boyu 1. yıl 7.54 (Ç0)- 8.97 (Ç5) cm ve 2. yıl 7.21 (Ç1) - 7.44 (Ç5) cm değerleri arasında belirlenmiş olup, çamur dozuna bağlı olarak bitki başak boyu artış göstermiştir (Şekil 4.28).



LSD_{0,010} : 0.5763 (yıl x çamur)

Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli değildir.

Büyük harfler çamur uygulamaları, küçük harfler ise yıllar arasındaki farkı ifade etmektedir.

Şekil 4.28. Yıllar ve çamur uygulamalarının başak boyuna etkisi

Akbay (1970), 1966-1969 yılları arasında 14 arpa çeşidi ile yaptığı çalışmada bitki boyuna 3 gen çifti, başak boyuna 2 gen çifti tarafından ilave edildiğini, her iki özelliğinde dominant olduğunu ve çevre şartlarından etkilendiğini belirtmiştir. Buğday bitkisine arıtma çamuru uygulaması şeklinde yapılan bir çalışmada kuru maddenin azaldığı ve bazı ağır metallerin (Ni, Co, Cr, Pb, Cd) arttığı bunun da verimle ilişik olduğu belirtilmektedir (Betinez *et al.* 2000).

4.2.21. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin başakta tane sayısına etkisi

Başakta tane sayıları karekökü alınmış ve transformasyona tabi tutularak varyans analizi yapılmıştır (Ek 10.22). Başakta tane sayısı yıllara, yalnız azot uygulamalarına ve yalnız çamur uygulamalarına göre değişimler ($p < 0.01$) göstermiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.29).

Arıtma çamuru uygulamalarının arpa bitkisinin verimini hangi verim ögeleri ile nasıl etkilediği fikrine yönelik olarak verim ögelerini incelemek gerektiği görüşüyle

başaktaki tane sayısı da sayılmıştır. Tosun ve Yurtman (1973), 60 ekmeleklik buğday hattıyla yaptıkları denemede; verimi ilgilendiren öğelerin başlıcalarının metrekarede bitki sayısı, metrekarede başak sayısı, bin tane ağırlığı, başakta tane sayısı olduğunu belirtmişlerdir. Yine benzer şekilde Dokuyucu ve Kırtok (1995), yaptıkları çalışmada 25 adet arpa çeşit ve hattının başakta tane sayılarının 15-22 olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.4. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının başakta tane sayısına etkisi

Yıl	N ₀		N ₁		N ₂		N ₃		
I B*	Ç ₀	17.31	Aa**	17.39	Aa	17.06	ABCa	17.72	BCa
	Ç ₁	17.64	Aa	16.97	Aa	17.72	ABa	17.89	Ba
	Ç ₂	16.97	Ab	16.97	Ab	18.84	Aab	20.52	Aa
	Ç ₃	14.98	Ba	16.08	Aa	16.73	BCa	16.81	BCa
	Ç ₄	16.32	Aba	17.06	Aa	17.14	ABCa	17.47	BCa
	Ç ₅	16.48	Aba	16.00	Aa	15.52	Ca	15.84	ca
II A	Ç ₀	20.79	BCa	20.52	Ba	21.25	ABa	21.07	Ba
	Ç ₁	19.01	Cc	21.34	ABb	22.37	Ab	24.70	Aa
	Ç ₂	21.34	Ba	21.81	ABa	22.75	Aa	22.09	Ba
	Ç ₃	23.52	Aa	21.53	ABa	22.00	ABa	22.00	Ba
	Ç ₄	21.25	Bb	23.33	Aa	20.07	BCb	20.61	Bb
	Ç ₅	19.71	BCa	19.89	Ba	18.58	Cab	17.72	Cb

* LSD_{0.010} : 0.2379 (yıl)

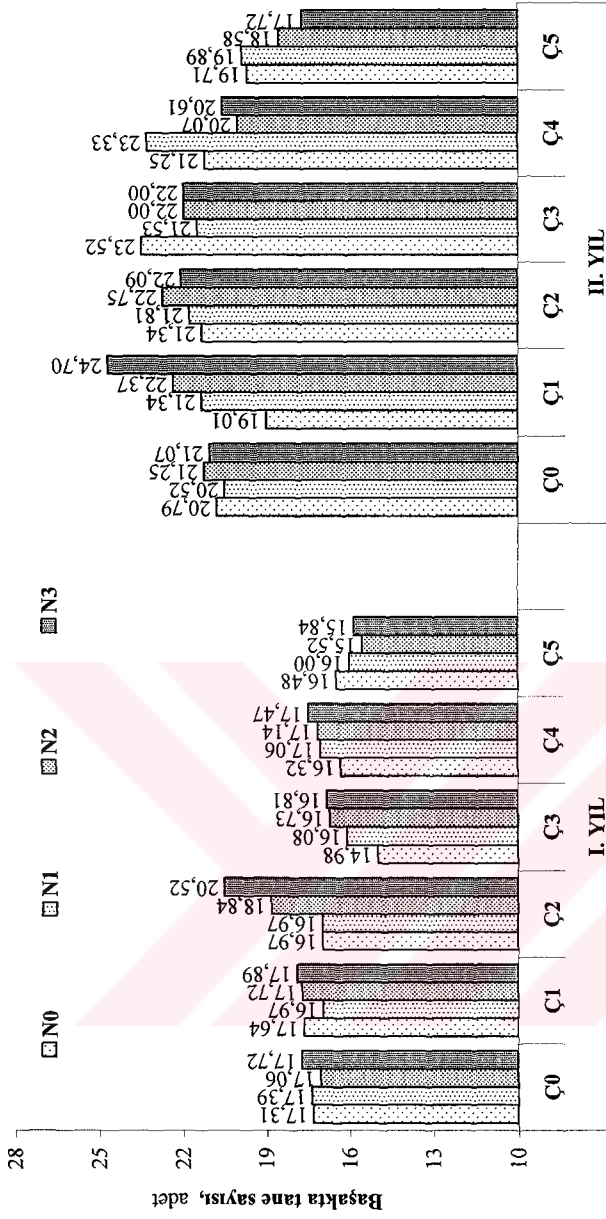
** LSD_{0.050} : 0.2144 (azot x çamur)

Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir.

Büyük harfler çamur uygulamaları, küçük harfler ise azot uygulamaları arasındaki farkı ifade etmektedir.

Sönmez vd (1993), toplam 21 çeşit ve hat arpa ile yaptığı denemede Van yöresinde Tokak çeşidini de araştırmışlar ve başaktaki tane sayısını 24.7 adet olarak belirtmişlerdir.

Geçit ve Adak (1988), Ankara koşullarında 84 adet iki sıralı arpa hattı ile yaptıkları araştırmada bitki boyunun 47.40-80.70 cm, başak boyu 7.40-11.40 cm, tane sayısının 15.66-26.66, tane verimi 151-528 g/m² arasında değiştiğini belirtmişlerdir.



LSD_{0,05} : 0,2379 (Yıl)

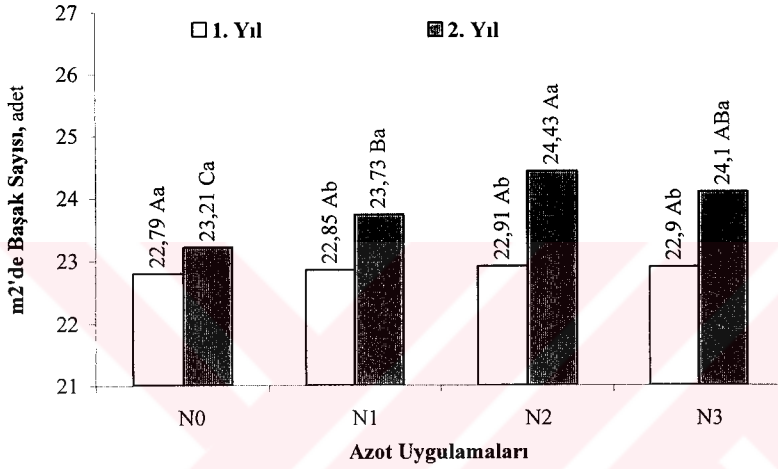
LSD_{0,05} : 0,2144 (azot x çamur)

Şekil 4.29. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının başakta tane sayısına etkisi

4.2.22. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin m²'deki başak sayısına etkisi

Başak sayısı ile ilgili varyans analiz çizelgesine göre; yıl x azot x çamur interaksiyonunun önemli olduğu ($p < 0.05$), azot, çamur, yıl ve yıl x azot interaksiyonunun $p: 0.01$ derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.23).

Azotlu gübre uygulanan topraklarda yetişen arpa bitkisinde m²'de başak sayısı 1. yıl 22.79 (N0)- 22.91 (N2) adet ve 2. yıl 23.21 (N0) - 24.43 (N2) adet olarak belirlenmiş olup, yıllara bağlı olarak bitki başak sayısı artış göstermiştir (Şekil 4.30).



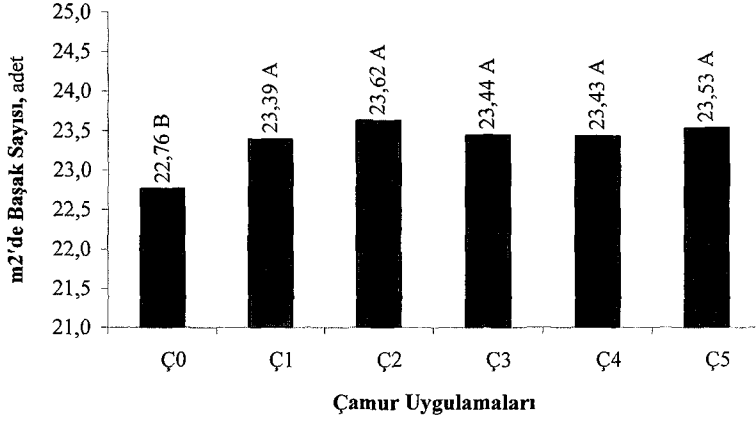
LSD_{0,010} : 0.5409 (yıl)

LSD_{0,010} : 0.5078 (yıl x azot)

Şekil 4.30. Yıllar ve azot uygulamalarının m²'deki başak sayısına etkisi

Metrekaredeki başak sayısı bakımından çamurun; kontrol düzeyi ile Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 arasında $p < 0.01$ derecesinde farklılık vardır. Diğer gruplar arası fark önemsizdir.

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen Arpa bitkisinde m²'de başak sayısı 22.76 (Ç0) - 23.53 (Ç5) adet arasında belirlenmiştir (Şekil 4.31).



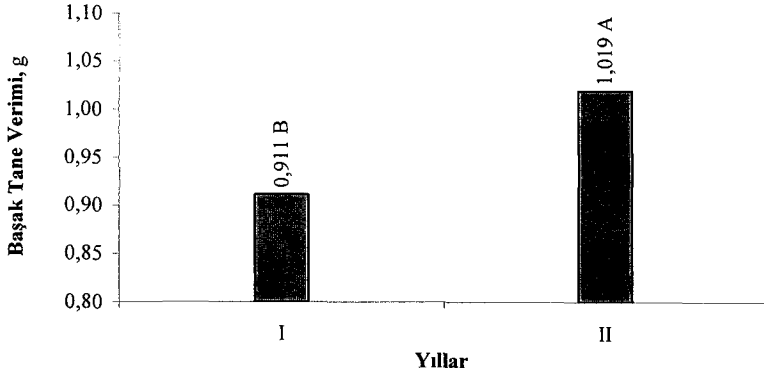
LSD_{0,010} : 0,4283 (çamur)

Şekil 4.31. Çamur uygulamalarının m²'deki başak sayısına etkisi

Sönmez vd (1993), toplam arpa 21 hat ve çeşitleri ile yaptıkları denemede Van yöresinde Tokak çeşitini de araştırmışlar ve m²'de baş sayısını 439.2 adet olarak belirtmişlerdir. Benzer çalışmalar birçok araştırmacı tarafından da bulunmuştur. (Tosun ve Yurtman 1973, İkiz 1976, Atlı vd 1989, Tosun vd. 1993, Dokuyucu ve Kırtok 1995, Tugay ve Bozkurt 1999).

4.2.23. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin başakta tane verimine etkisi

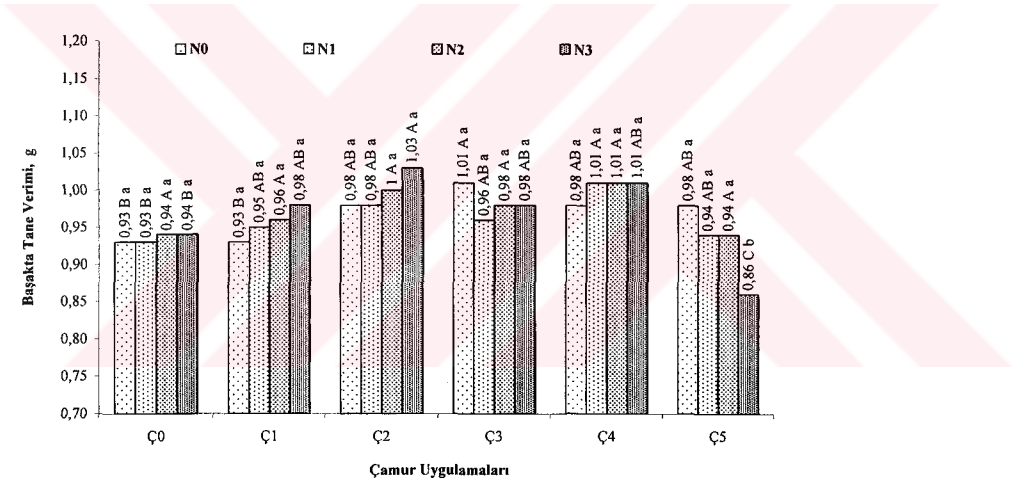
Başakta tane verimi yıllara göre değişim göstermiş olup, birinci yıl 0.91 g iken ikinci yıl 1.01 g olarak artış göstermiştir (Şekil 4.32). Aynı şekilde arıtma çamur uygulamaları sonucunda da başakta tane verimindeki artışın önemli ($p < 0.01$) olduğu belirlenmiştir (Ek 10.24).



Şekil 4.32. Yıllara göre başakta tane verimindeki değişim

LSD_{0,010} : 0,01414 (yıl)

Çamur azot interaksiyonuna bakıldığında ise, başakta tane verimi, Ç₀'dan itibaren Ç₃'e kadar artmış olmasına rağmen Ç₄ ve Ç₅ dozlarında yeniden azalmış, hatta Ç₅ dozunda kontrol değerinden düşük değerler elde edilmiştir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Azot ve çamur uygulamalarının başakta tane verimine etkisi

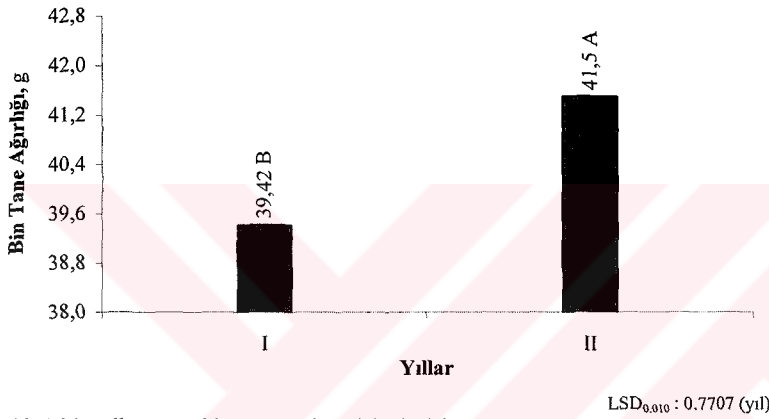
LSD_{0,010} : 0,06925 (çamur)

Büyük harfler çamur uygulamaları, küçük harfler ise azot uygulamaları arasındaki farkı ifade etmektedir.

Arpa bitkisi ile verimlilik konusunda yapılan verimlilik denemelerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. (Tosun ve Yurtman 1973, İkiz 1976, Atlı vd 1989, Tosun vd 1993, Tugay ve Bozkurt 1999).

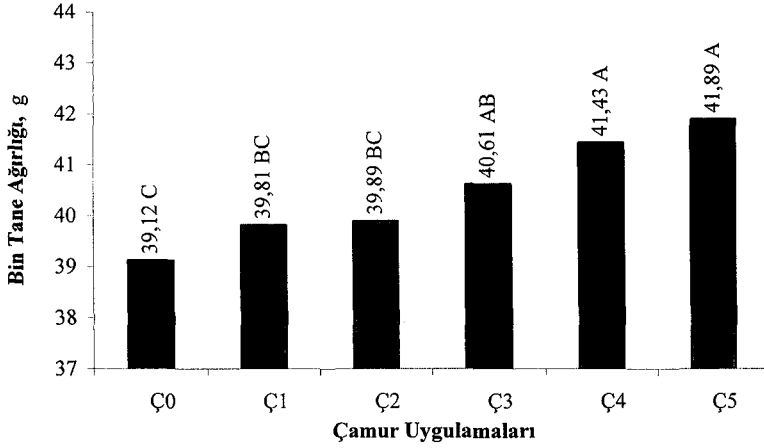
4.2.24. Aritma çamuru ve azotlu gübrenin bin tane ağırlığına etkisi

Bin tane ağırlığı ile ilgili varyans analiz çizelgesi incelendiğinde; azot, azot x çamur, yıl x azot, yıl x çamur ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olduğu görülmüştür (Ek 10.25). Bin tane ağırlığı I. yılda 39.42 g iken , 2 . yılda 42.5 g olarak saptanmıştır. (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Yıllara göre bin tane ağırlığındaki değişim

Aritma çamuru uygulanmış topraklarda yetişen arpa bitkisinde bin tane ağırlığı 39.12 (Ç0) – 41.89 (Ç5) g arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak artış göstermiştir (Ç1 hariç) (Şekil 4.35). Bin tane ağırlığı bakımından çamurun; Ç0, Ç1 ve Ç2 düzeyinin Ç4, Ç5 düzeyleri ile ayrıca Ç0 düzeyinin Ç3 düzeyi ile arasında farklılık olmuş, bu farklılık $p < 0.01$ derecesinde önemli olmuştur. Diğer gruplar arası fark önemsiz çıkmıştır.



LSD_{0,010} : 1,336 (çamur)

Şekil 4.35. Çamur uygulamalarının bin tane ağırlığına etkisi

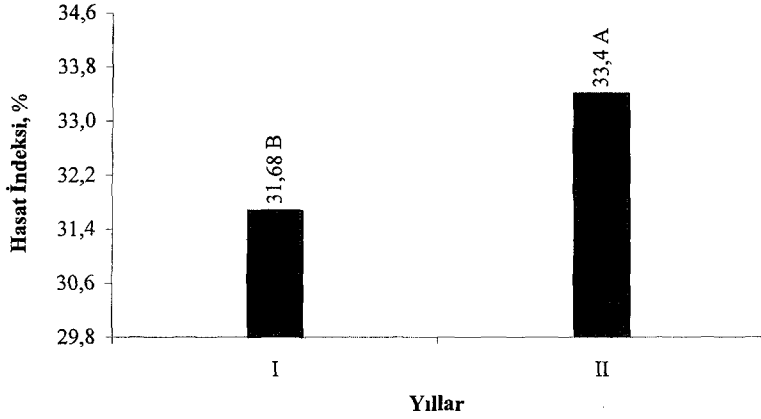
Sönmez vd (1993), toplam 21 çeşit ve hat arpa ile yaptığı denemede Van yöresinde Tokak çeşitini de araştırmışlar ve bin tane ağırlığını 36.7 g olarak belirtmişlerdir.

İkiz (1976), buğdayla çeşitli karakter için regresyonları belirlemişler ve olumsuz çevre şartlarına özel uyum gösteren karakterlerin, genotip x çevre interaksiyonları ile doğrudan ilişkili olduğunu belirtmiştir. Kalıtım derecelerinin bitki boyu, bin tane ağırlığı, başak boyu, protein oranı ve verim için 0.92, 0.51, 0.46 ve 0.18 olarak bulunduğunu saptamıştır.

4.2.25. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki hasat indeksine etkisi

Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulaması, hasat indeksinde yıllara göre fark oluşturmuş ve yıl faktörünün $p < 0.01$ derecesinde önemli olduğu görülmüştür (Ek 10.26).

Hasat indeksindeki yıllara göre fark; 1. yıl indeks değeri % 31.68 iken ikinci yılda bu değer % 33.4 şeklinde artış göstermiştir (Şekil 4.36).



LSD_{0,010} : 1,593 (yıl)

Şekil 4.36. Yıllara göre bitki hasat indeksindeki değişim

Yapılan birçok araştırmada arpa bitkisinin verim unsurlarının çevre faktörlerine bağımlı değişimler gösterebileceği belirtilmiş ve bu özelliklerden hasat indeksinin de tane verimi ile ilişkili ve değişken bir parametre olduğu belirtilmektedir (Tosun ve Yurtman 1973, İkiz 1976, Atlı vd. 1989, Tosun vd 1993, Sönmez vd. 1993, Tugay ve Bozkurt 1999).

4.2.26. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin dekara tane verimine etkisi

Yapılan bu çalışmada azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarının birinci ve ikinci yıllarda dekara tane veriminde artışa, bu artışın da $p < 0.01$ derecesinde önemli olduğu; bulunmuştur. (Ek 10.27). Yıllara göre dekara verimler arasında fark olup, bu farklar çamur azot interaksyonundaki bütün dozlarda görülmemektedir. Çamurun yalnızca Ç3 x N0, Ç2 x N1, Ç4 x N1, Ç1 x N2, Ç3 x N2, Ç1 x N3 ve Ç5 x N3 dozlarında yıllar arasında fark olup, 2. yıl dekara verim değerleri artışlar göstermiştir (Çizelge 4.5)

Çizelge 4.5. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının dekara tane verimine etkisi

Yıl		N ₀	N ₁	N ₂	N ₃
I. Yıl	Ç ₀	250.6 Aa**1*	251.6 AaI	260.0 AaI	256.4 BaI
	Ç ₁	251.6 AaI	256.8 AaI	265.5 AaII	271.0 BaII
	Ç ₂	253.9 AbI	258.7 AbII	287.6 AabI	313.5 AaI
	Ç ₃	253.8 AaII	263.2 AaI	286.2 AaII	290.2 ABaI
	Ç ₄	283.7 AaI	285.3 AaII	294.9 AaI	287.8 ABaI
	Ç ₅	280.5 AaI	275.7 AaI	266.9 AaI	254.7 BaII
II. Yıl	Ç ₀	232.0 CbI	248.7 DabI	272.7 CaI	277.5 CaI
	Ç ₁	251.8 CcI	269.8 CDcI	309.0 ABCbI	344.7 AaI
	Ç ₂	266.1 BCbI	314.4 ABaI	312.9 ABaI	338.7 ABaI
	Ç ₃	306.0 AabI	291.5 BCbI	329.4 AaI	326.2 ABaI
	Ç ₄	298.0 ABaI	331.7 AaI	329.1 AaI	274.1 CbI
	Ç ₅	290.3 ABaI	310.2 ABaI	290.0 BCaI	302.3 BCaI

* LSD_{0,010} : 36.27 (yıl)

** LSD_{0,010} : 34.93 (azot x çamur)

Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Büyük harfler çamur uygulamaları, küçük harfler ise azot uygulamaları arasındaki farkı, romen rakamları ise yıllar arasındaki farkı ifade etmektedir.

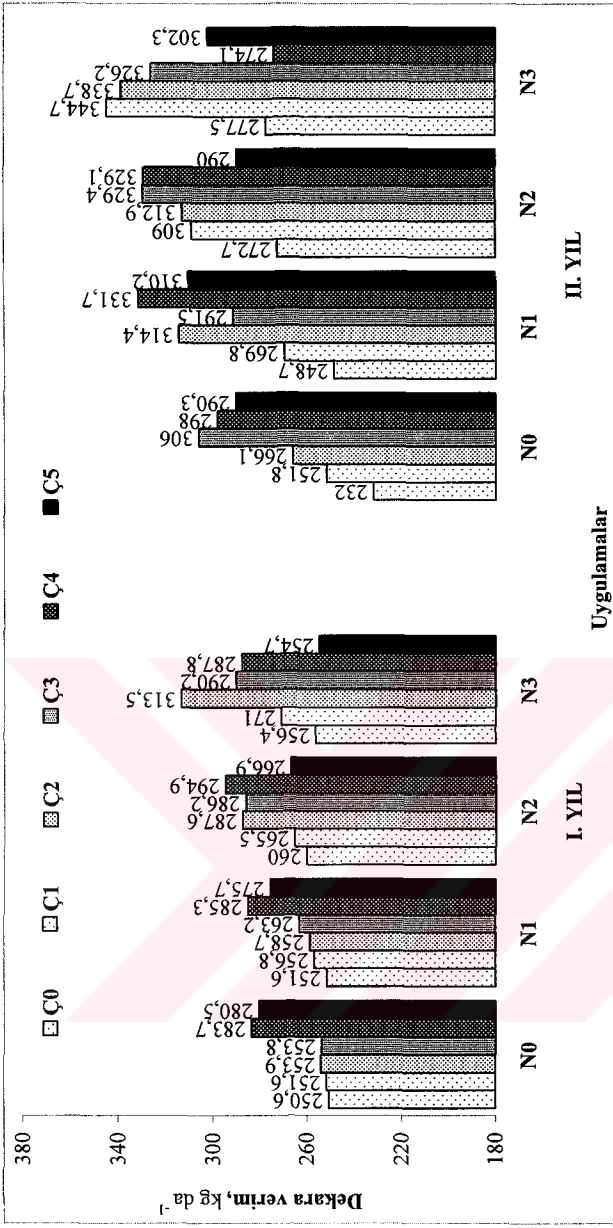
Dekara verim, verim parametrelerinden en çok dikkate alınan ve özellikle çiftçilerin ilgisini çeken konu olmaktadır. Bu çalışmada arıtma çamuru ile azotlu gübreyi interaksiyon halinde denemenin bir nedeni de bölge çiftçisinin yalnızca verime dayalı yaklaşımlarıdır. Yıllar, azot dozları ve çamur dozlarının kendi gruplarında (gruplar içi) istatistiksel farklar olduğu gibi her üç uygulamanın interaksiyonu durumunda da önemli farklar görülmüş ve interaksiyonlar değerlendirilmiştir. Elde edilen verim değerlerine göre en yüksek verim, 344.7 kg da⁻¹ ile ikinci yılda Ç1 x N3 interaksiyonunda ve en düşük verim 232 kg da⁻¹ değeri ile yine ikinci yılda görülmüştür. Arıtma çamurunun her iki yılda da özellikle Ç2, Ç3 ve Ç4 dozlarındaki verim artışları istatistiksel olarak azaldığı saptanmıştır. Çamur dozlarında dikkat çeken bir başka konu da Ç4 ve Ç5 dozlarındaki verim artışlarında, diğer dozlara göre duraksama hatta azalma saptanmıştır.

Verim değerlerinin hiç çamur verilmediği durumda azot uygulamalarına göre değişimi ise, uygulanan dört doz azotta doğrusal değişmemiş, N1 ve N2 dozlarındaki yüksek verimler N0 ve N3 dozlarında alınamamıştır. Birinci yıl azot uygulamalarına göre

verimlerdeki artış istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Azot uygulamalarının ikinci yıl verimlerine etkisi N2 ve N3 dozlarında önemli olmuştur, burada dikkati çeken bir başka konu da ikinci yıl Ç4 ve Ç5 seviyeleri ile azot uygulamalarının interaksiyonlarındaki istatistiksel değişimlerin önemsiz olmasıdır. Kontrol dozunun verimi (Ç0N0) ikinci yılda düşme göstermesine rağmen istatistiksel önemi olmamıştır , Şekil 4.37).

Verimi baz alan ve farklı ekim ve gübreleme tekniklerinin yanısıra farklı ekolojik koşullarda da araştırma yapılmış ve birçok araştırma sonuçlarında benzer sonuçlar elde edilmiştir (Akbaý 1970, Tosun ve Yurtman 1973, İkiz 1976, Geçit ve Adak 1988, Atlı vd 1989, Çölkesen ve Kaynak 1992, Tosun vd 1993, Akman vd 1999, Tuğay ve Bozkurt 1999, Sönmez ve Yılmaz 2000, Adak ve Gürsoy 2001).





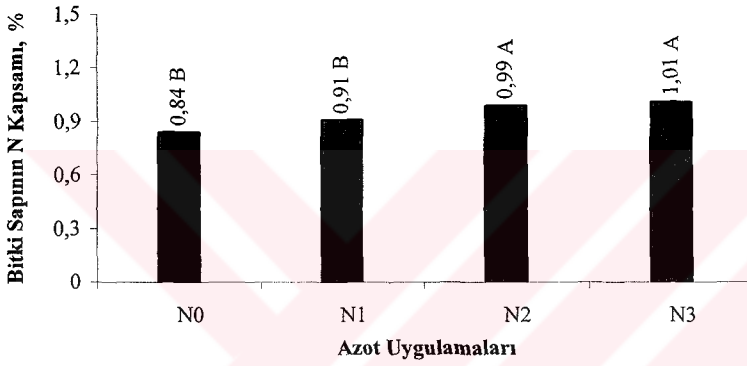
LSD_{0.01} : 36.27 (yıl) LSD_{0.01} : 34.93 (azot x çamur)

Şekil 4.37. Yıl, azot ve çamur uygulamalarının dekara tane verimine etkisi

4.2.27. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı azot kapsamına etkisi

Artan azot ve çamur dozlarının her iki yılda da bitki sapı azot kapsamına etkisi $p < 0.01$ derecesinde önemli bir artışa neden olduğu, bunun yanı sıra ilgili varyans analiz yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olmadığı; azot, çamur, yıl ve yıl x çamur interaksiyonlarının $p < 0.$ derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.28).

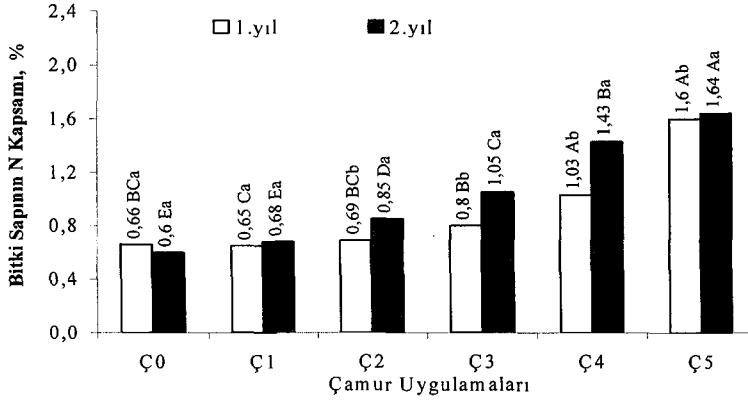
Bitkinin sapındaki N bakımından azotun; N0 düzeyi ile N2 ve N3, N1 ile N3 düzeyleri arasında $p < 0.05$ de farklılık bulunmuştur. Diğer gruplar arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Azotlu gübre uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki sapı N kapsamı % 0.84 (N0) - 1.01 (N3) değerleri arasında önemli belirlenmiş olup, uygulanan N dozuna bağlı olarak bitki sapındaki N miktarları artış göstermiştir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Azot uygulamalarının bitki sapı azot kapsamına etkisi

LSD $_{0.010}$: 0.07997 (azot)

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki sapı N kapsamı 1. yıl % 0.65 (Ç1)- 1.6 (Ç5) ve 2. yıl % 0.6 (Ç0) - 1.64 (Ç5) değerleri arasında belirlenmiştir (Şekil 4.39). Yıla ve çamur dozuna bağlı bitki sapı N kapsamlarında artış görülmüştür. Bunun nedeni; kendisinin kapsadığı ve zamanla mineralize olan N içeriği olabileceği gibi, çamurun indirekt etkileri gibi nedenlerden dolayı (pH düşmesi, organik madde artışı, P ve K kapsamı artışı vb.) kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



LSD_{0,010} : 0.1378 (çamur)

LSD_{0,010} : 0.1428 (yıl)

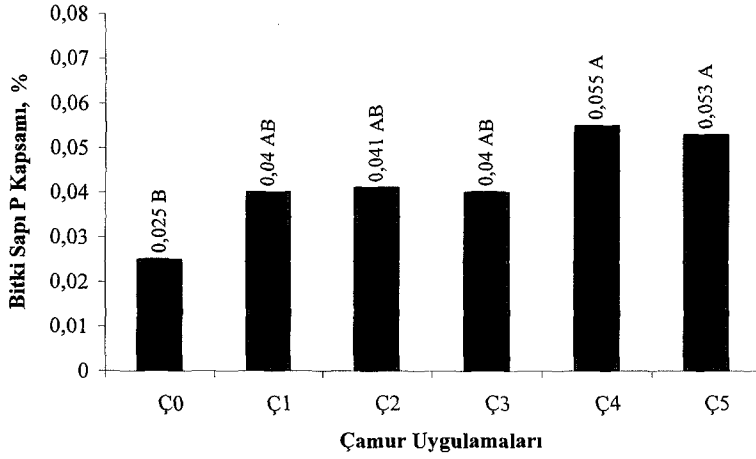
Şekil 4.39. Çamur uygulamalarının bitki sapı azot kapsamına etkisi

Marcy (1936), arpa bitkisi samanı N kapsamları ile ilgili olarak hasatta % 0.40 seviyesini eksiklik görülebilen seviye olarak belirtilirken % 0.80 seviyesinin kritik seviye olduğunu belirtmiştir.

4.2.28. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı fosfor kapsamına etkisi

Bitkinin sapındaki fosfor ile ilgili varyans analiz tablosuna göre; azot, yıl, azot x çamur, yıl x azot, yıl x çamur ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olmadığı, sadece çamurun p:0.05 de önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.29).

Arıtma çamurunun artan dozlarının arpa bitkisi sapında P kapsamına etkisi önemli düzeyde (p:0.10) görülmüştür (Ek 10.29). Bitkinin sapındaki fosfor miktarı bakımından çamurun; Ç0 düzeyi ile Ç4 düzeyleri arasında p<0.10 derecesinde farklılık vardır, diğer gruplar arası fark önemsiz çıkmıştır. Çamurun özellikle Ç4 ve Ç5 dozlarındaki artış dikkat çekmektedir. Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki sapı P kapsamı % 0.025 (Ç0) - 0.055 (Ç4) değerleri arasında belirlenmiştir (Şekil 4.40).



LSD_{0,050} : 0.01835 (çamur)

Şekil 4.40. Çamur uygulamalarının bitki sap fosfor kapsamına etkisi

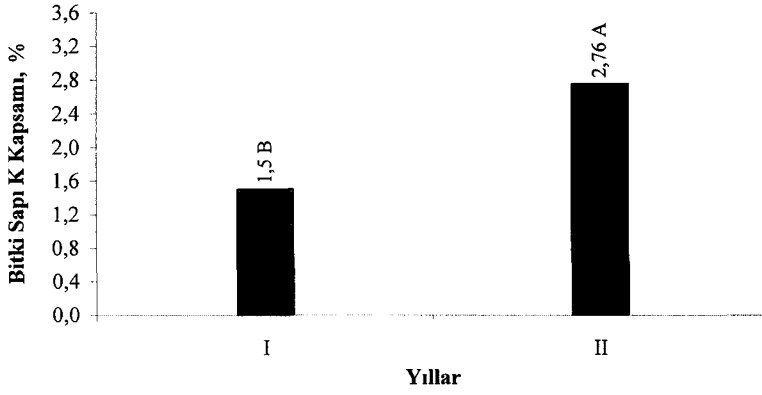
4.2.29. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı potasyum kapsamına etkisi

Bitkinin sapındaki potasyum ile ilgili varyans analiz çizelgesine göre; çamur, azot x çamur, yıl x azot, yıl x çamur ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olmadığı; azot ve yılın p:0.01 derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.30).

Bitkinin sapındaki K bakımından azotun; N0, N1 düzeyleri ile N2, N3 düzeyleri arasında p:0.01 derecesinde farklılık vardır. Diğer gruplar arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

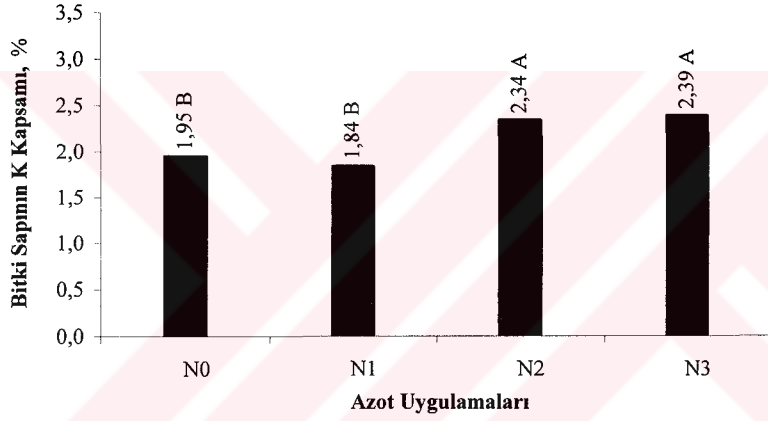
Arpa bitkisi sapında belirlenen K miktarları yıllara göre değişim göstermiş olup, 1. yıl % 1.5 iken 2. yıl % 2.76 olarak artış göstermiştir (Şekil 4.41).

Azotlu gübre uygulanan topraklarda yetiştirilen arpa bitki sapı K kapsamı % 1.84 (N1) - 2.39 (N3) değerleri arasında belirlenmiştir (Şekil 4.42).



LSD_{0,010} : 0.1696 (yıl)

Şekil 4.41. Yıllara göre bitki sapı potasyum kapsamındaki değişim



LSD_{0,010} : 0.3039 (azot)

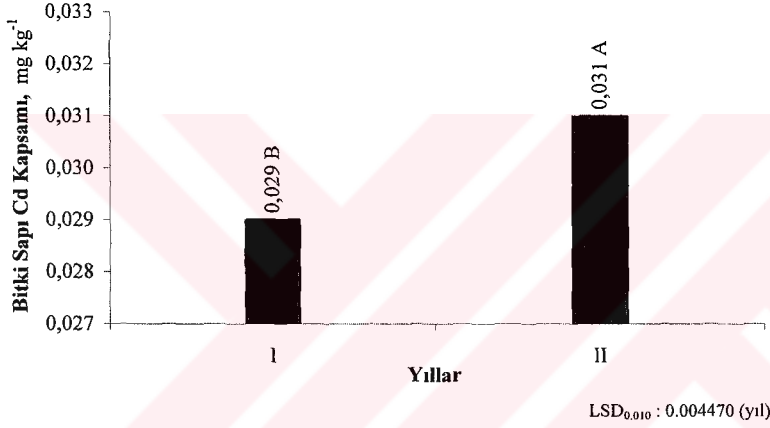
Şekil 4.42. Azot uygulamalarının bitki sapı potasyum kapsamına etkisi

Goodall (1948), arpa bitkisi samanı K kapsamları ile ilgili olarak hasatta % 1,01 seviyesini eksiklik görülmeyecek orta seviyeli değer olarak belirtmektedir.

4.2.30. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı kadmiyum kapsamına etkisi

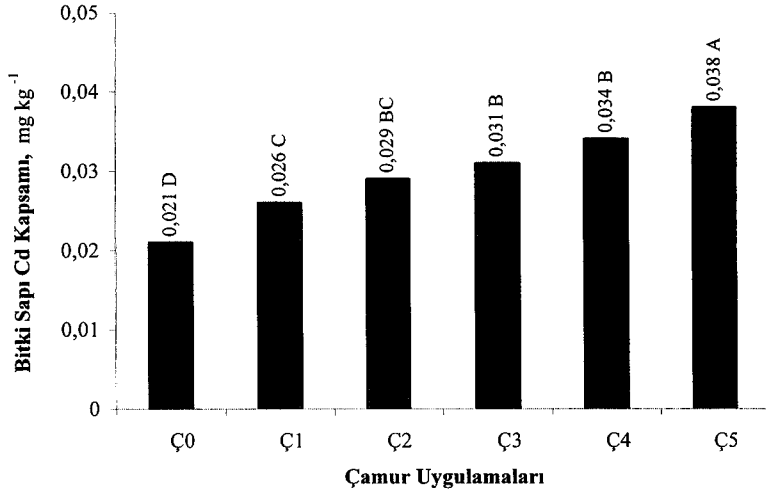
Bitki sapında Cd miktarı arıtma çamuru uygulamaları ile önemli düzeyde ($p < 0.01$) artış göstermiş olup buna yılların da önemli düzeyde etkili olduğu saptanmıştır (Ek 10.31). Bitkinin sapındaki Cd miktarı bakımından çamurun; Ç0 düzeyi ile Ç1, Ç2, Ç3, düzeyleri, Ç1 düzeyi Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç2 düzeyi ile Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç3 düzeyi ile Ç5 düzeyleri arasında $p:0.01$ derecesinde farklılık bulunmuş ve, diğer gruplar arası farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Arıtma çamuru uygulanmış toprakta yetişen arpa bitkisi sapının Cd kapsamı yıllara göre değişim göstermiş olup, 1. yıl 0.029 mg kg^{-1} iken 2. yıl 0.031 mg kg^{-1} olarak artış göstermiştir (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. Yıllara göre bitki sapı kadmiyum kapsamındaki değişim

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen Arpa bitki sapı Cd kapsamı 0.021 (Ç0) - 0.038 (Ç5) mg kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak bitki sapı Cd kapsamı artış göstermiştir (Şekil 4.44).



LSD_{0,010} : 0.007743 (çamur)

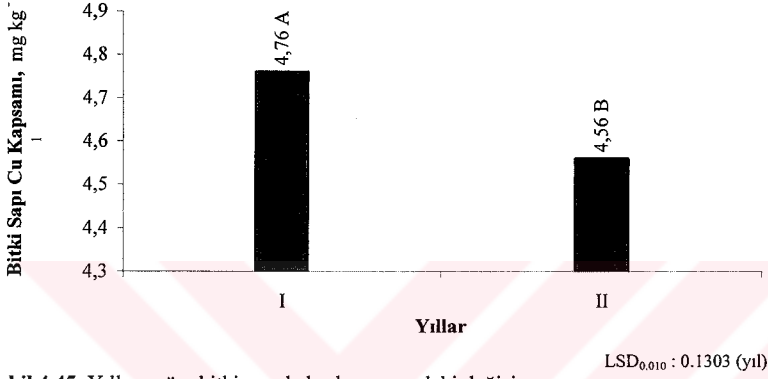
Şekil 4.44. Çamur uygulamalarının bitki sapı kadmiyum kapsamına etkisi

Arpa bitkisi sapında Cd, Zn, Cu, Pb, Ni vb. ağır metallere ait sınır değerler veya herhangi bir kodeks bulunmamıştır. Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha⁻¹ arıtma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin sapında Cd değerlerini sırasıyla 0.15 ve 0.16 mg kg⁻¹ olarak belirlemiştir. Araştırmacılar bitki sapı Cd içeriğinin kontrol topraklarında çamur uygulanmış topraklarda yetişen arpa bitkisine göre daha az belirlemiş olup, bunun nedeni olarak da arıtma çamurundaki organik maddenin Cd'yi tutmuş olmasından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Buna rağmen araştırmacılar kompostlaştırılmış çamur uyguladıkları toprakta arpa bitki sapında Cd değerlerinin kontrole göre fazla olduğunu, bunun sebebinin de kompostlaştırılmış çamurdaki organik maddenin nispeten hareketli olmasından ve bundan dolayı bitki tarafından Cd alımının desteklendiğini belirtmişlerdir. Alloway (1995), bitkilerin Cd düzeylerinin 0.1-1 mg kg⁻¹ arasında olduğunu ve bitkilerin Cd alımını etkileyen en önemli toprak faktörlerinden birinin toprak pH'sı olduğunu belirtmiştir.

4.2.31. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı bakır kapsamına etkisi

Bitkinin sapındaki bakır miktarı ile ilgili varyans analiz çizelgesi incelendiğinde; çamur uygulamalarının saptaki Cu kapsamını artırdığı ve bu artışın da önemli ($P < 0.01$) olduğu belirlenmiştir (Ek 10.32)

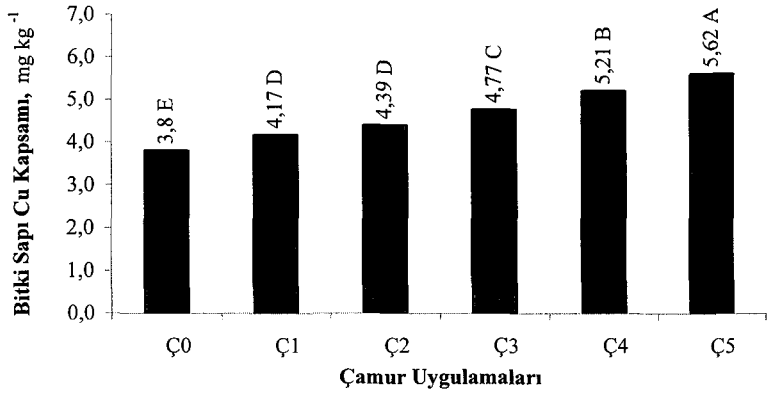
Arıtma çamuru uygulanmış toprakta yetişen arpa bitkisi sapında belirlenen Cu miktarları yıllara göre de değişim göstermiş olup, 1. yıl 4.76 mg kg^{-1} Cu iken 2. yıl 4.56 mg kg^{-1} olarak artış göstermiştir (Şekil 4.45).



Şekil 4.45. Yıllara göre bitki sapı bakır kapsamındaki değişim

Bitkinin sapındaki Cu miktarı bakımından çamurun; Ç0 düzeyi ile Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç1 düzeyi ile Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç2 düzeyi ile Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç3 düzeyi ile Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç4 düzeyi ile Ç5 düzeyleri arasında derecesinde de farklılık olup, diğer gruplar arası fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Ek 10.32).

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki sapı Cu kapsamı 3.8 (Ç0) - 5.62 (Ç5) mg kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak bitki sapı Cu kapsamı artış göstermiştir (Şekil 4.46). Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha^{-1} arıtma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin sapında Cu değerlerini sırasıyla 8.8 ve 7.1 mg kg^{-1} olarak belirlemiştir.



LSD_{0,010} : 0.2473 (çamur)

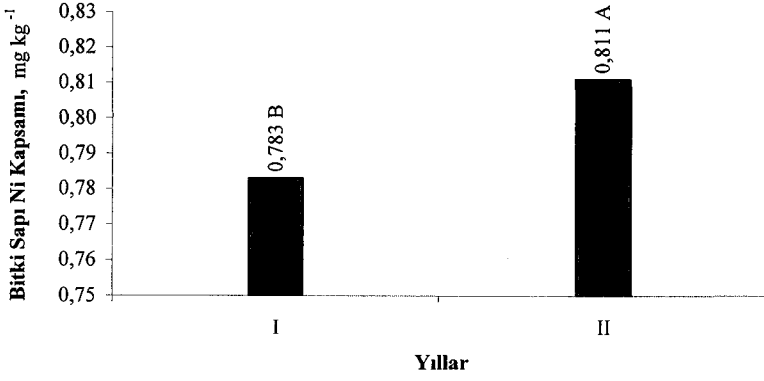
Şekil 4.46. Çamur uygulamalarının bitki sapı bakır kapsamına etkisi

4.2.32. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı nikel kapsamına etkisi

Bitkinin sapındaki nikel ile ilgili varyans analiz tablosuna göre; azot x çamur, yıl x azot, yıl x çamur ve yıl x azot x çamur interaksyonlarının önemli olmadığı; azot ve yılın $p < 0.05$ derecesinde önemli olduğu; çamurun $p < 0.01$ derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.33).

Bitkinin sapındaki Ni bakımından azotun; N0 düzeyi ile N3 düzeyi arasında $p:0.05$ derecesinde farklılık bulunmuştur, diğer gruplar arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

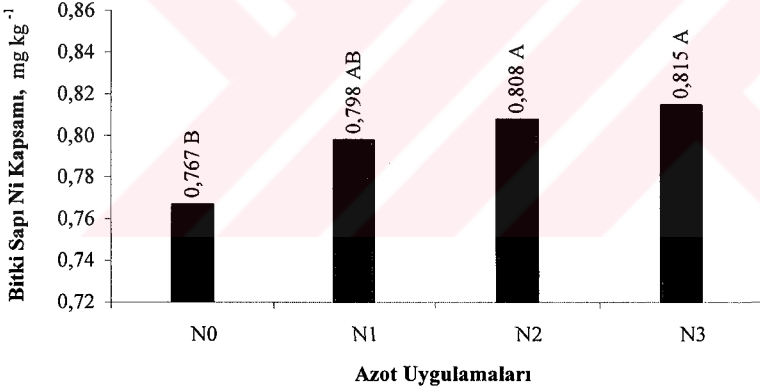
Bitkinin sapındaki Ni konsantrasyonu açısından yıllar arasında farklılık $p:0.05$ derecesinde önemlidir. Arpa bitkisi sapında belirlenen Ni miktarları yıllara göre değişim göstermiş olup, 1. yıl 0.783 mg kg^{-1} Ni iken 2. yıl 0.811 mg kg^{-1} olarak artış göstermiştir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Yıllara göre bitki sapı nikel kapsamındaki değişim

LSD_{0,050} : 0.0237 (yıl)

Azotlu gübre uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki sapı Ni kapsamı 0.767 (N0) - 0.815 (N3) mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiş olup, azot dozuna bağlı olarak artış göstermiştir (Şekil 4.48). Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha⁻¹ arıtma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin sapında Ni değerlerini sırasıyla 2.0 ve 3.9 mg kg⁻¹ olarak belirlemiştir.



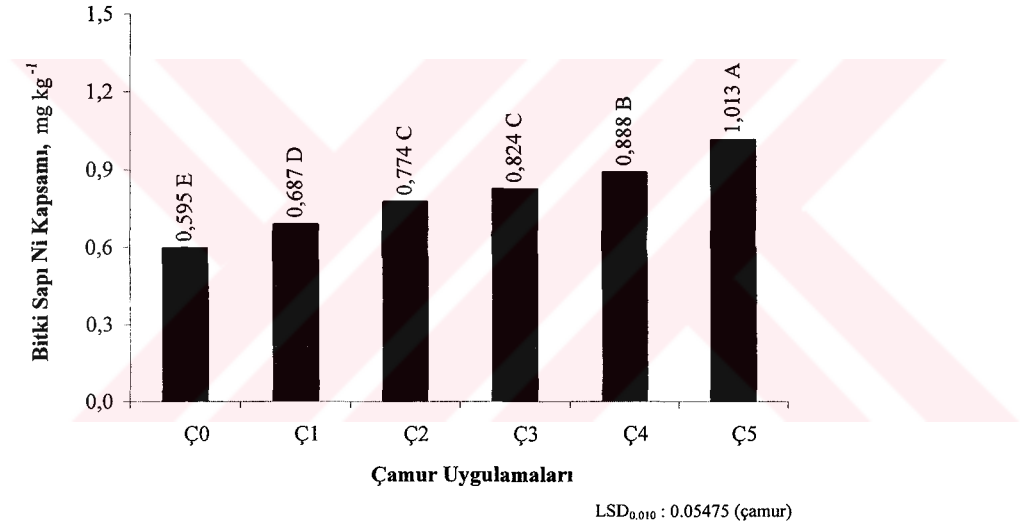
Şekil 4.48. Azot uygulamalarının bitki sapı nikel kapsamına etkisi

LSD_{0,050} : 0.03351 (yıl)

Bitkinin sapındaki nikel miktarı bakımından çamurun; Ç0 düzeyi ile Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç1 düzeyi ile Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç2 düzeyi ile Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç3 düzeyi ile Ç5 düzeyi, Ç4 düzeyi ile Ç5 düzeyi arasında p:0.01 derecesinde farklılık belirlenmiş ve diğer gruplar arası fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır.

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki sapı Ni kapsamı 0.595 (Ç0) - 1.013 (Ç5) mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak bitki sapı Ni kapsamları artış göstermiştir (Şekil 4.49).

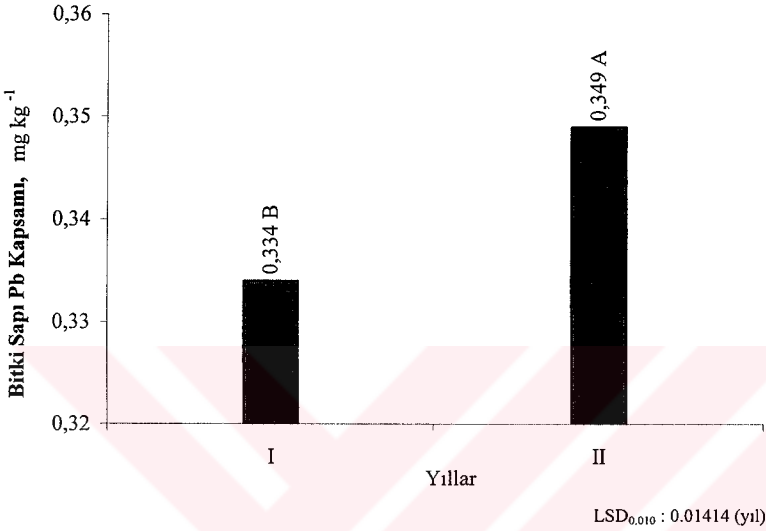
Nikel bitkilerin çoğu için esansiyel olmamakla beraber arpa tanesinde çimlenme gücü açısından önemli olduğu belirtilmektedir (McGrath ve Smith 1993). Bitkilerde kritik seviyenin kuru maddede 20-30 µg g⁻¹ olduğu ve Ni için toprak-bitki transfer katsayısının 0.1-1 olduğu belirtilmektedir (Sauerbeck 1991).



Şekil 4.49. Çamur uygulamalarının bitki sapı nikel kapsamına etkisi

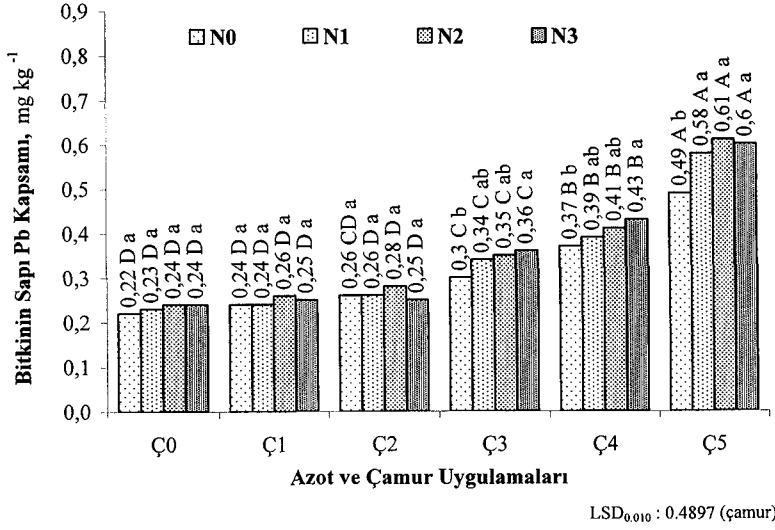
4.2.33. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı kurşun kapsamına etkisi

Arpa bitkisi sapında belirlenen Pb miktarları yıllara göre değişim göstermiş olup, 1. yıl 0.334 mg kg⁻¹ Pb iken 2. yıl 0.349 mg kg⁻¹ olarak artış göstermiştir (Şekil 4.50). Aynı şekilde azot ve çamur uygulamalarına göre de önemli ($p<0.01$) miktarda yükselme olduğu belirlenmiştir (Ek 10.34).



Şekil 4.50. Yıllara göre bitki sapı kurşun kapsamındaki değişim

Azot ve çamur uygulamalarının interaksiyon durumunda bitki sapı kurşun kapsamı üzerine etkileri, çamurun artan dozlarına göre Ç0 Ç1, Ç2, düzeyleri arasında fark görülmemişken bu dozlar Ç3, Ç4, Ç5 dozlarıyla istatistiksel farklılık göstermiştir. Çamurun Ç0, Ç1, Ç2 seviyelerindeki tüm azot düzeyleri arasında farklılık görülmemiştir. Ç3, Ç4 ve Ç5 seviyelerindeki azot uygulamaları arasında azot dozlarına göre istatistiksel farklar görülmüştür (Şekil 4.51).



Şekil 4.51 Azot ve çamur uygulamalarının bitki sapı kurşun kapsamına etkisi

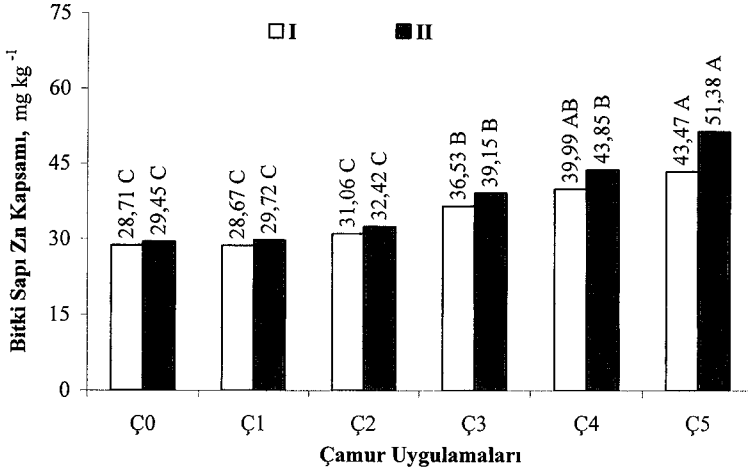
Bitki sapındaki Pb, azot x çamur interaksiyonunun Ç5 durumunda en yüksek konsantrasyona ulaşmış ve bu değer (0.61 mg kg^{-1}) tane için belirtilen kodeks değerlerini aşmıştır. Türk gıda kodeksi değerlerinde bitki sapı ile ilgili hiçbir ağır metal konsantrasyonları belirtilmemiştir (Sağlam 1999).

4.2.34. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin bitki sapı çinko kapsamına etkisi

Bitkinin sap kısmındaki çinko ile ilgili varyans analiz çizelgesine göre; azot, azot x çamur, yıl x azot ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olmadığı; çamur, yıl ve yıl x çamur interaksiyonunun $p < 0.01$ derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.35).

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitkinin sap kısmında Zn kapsamı 1. yıl 28.67 (Ç1)- 43.47 (Ç5) mg kg^{-1} ve 2. yıl 29.45 (Ç0) - 51.38 (Ç5) mg kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiş olup, çamur dozuna ve yıla bağlı olarak artış göstermiştir (Şekil 4.52).

Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha⁻¹ arıtma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin sapında Zn değerlerini sırasıyla 50.8 ve 74.2 mg kg⁻¹ olarak belirlemiştir.



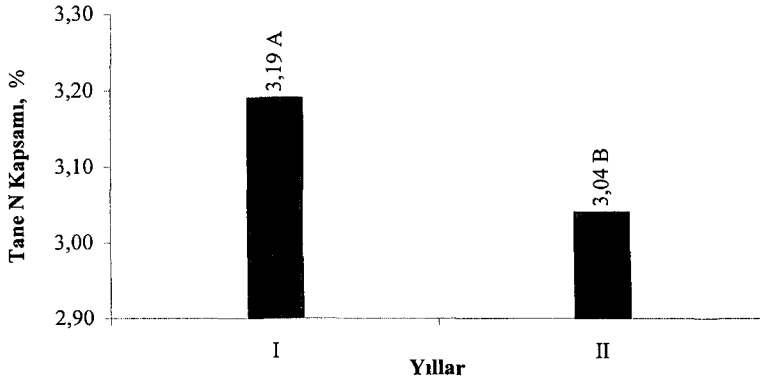
LSD_{0,010} : 4.854 (çamur) LSD_{0,010} : 0.3192 (yıl)

Şekil 4.52. Çamur uygulamalarının bitki sapı çinko kapsamına etkisi

4.2.35. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin azot kapsamına etkisi

Bitkinin tanesindeki azot kapsamına arıtma çamuru uygulamalarının etkisi önemli ($p < 0.01$) olduğu görülmüştür. Bununla birlikte bir ve ikinci yıl uygulamaları arasında da istatistiksel olarak fark olmuştur ($p < 0.05$). Bu farkların görüldüğü çizelge Ek 10.36'da sunulmuştur.

ile ilgili varyans analiz tablosuna göre; azot, azot x çamur, yıl x azot, yıl x çamur ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olmadığı; yılın Arpa bitki tanesi N içerikleri yıllara göre değişmiş olup, 1. yıl % 3.19 N iken 2. yıl % 3.04 N şeklinde azalma göstermiştir (Şekil 4.53).



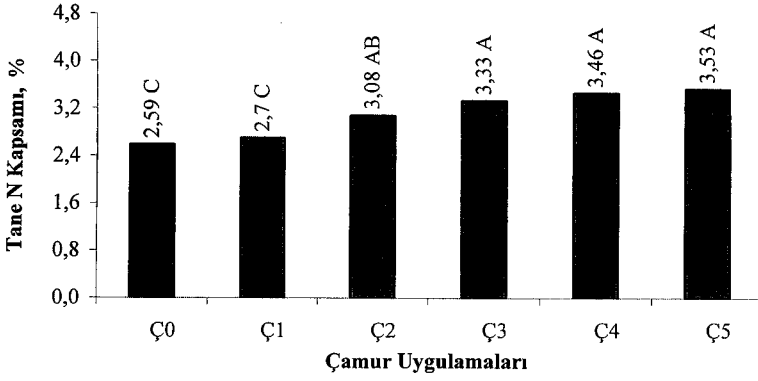
LSD_{0,050} : 0.1294 (yıl)

Şekil 4.53. Yıllara göre tanenin azot kapsamındaki değişim

Bitkinin tanesindeki N miktarı bakımından çamurun; Ç0 düzeyi ile Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç1 düzeyi ile Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç2, düzeyi ile Ç5 düzeyi arasında p:0.01 derecesinde farklılık tesbit edilmiş vardır. Diğer gruplar arası fark da önemsiz olmuştur (Şekil 4.54).

Aritma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tane N kapsamı % 2.59 (Ç0) - 3.53 (Ç5) değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak bitki tane N kapsamı artış göstermiştir (Şekil 4.54). Genel olarak arpa bitki tanesi N içeriği % 1.25->3.00 arasında değişmekte olup, optimum N değerleri % 1.75-3.00 'tür (Benton *et al.* 1991). Buna göre araştırma bitkisinin 1. yıl N içerikleri optimum değerden yüksek iken, 2. yıl azalma gösterip optimum değere yaklaşmıştır (Şekil 4.53). Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha⁻¹ arıtma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin tanesinde N değerlerini sırasıyla 25.5 ve 27.5 mg kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir.

Menelik *et al.* (1991), tarla denemesinde buğday bitkisinin azot ihtiyacını mineral gübre ve arıtma çamuru vererek karşılamışlardır. Araştırmacılar, buğday veriminin ve tanede N, P, Zn ve Cu konsantrasyonlarının arıtma çamuru uygulamalarında daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.



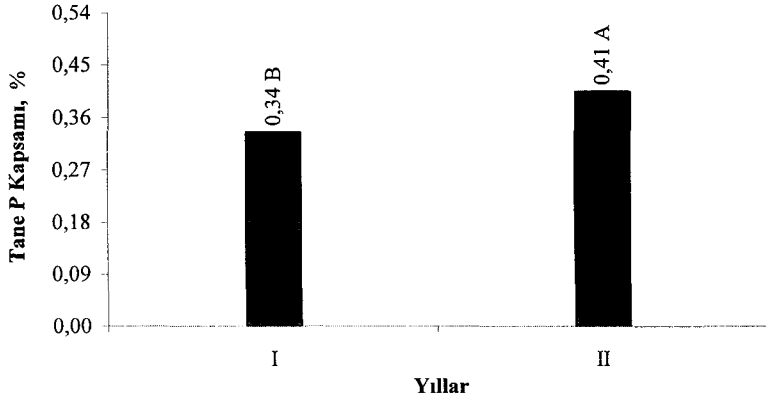
LSD_{0,010} : 0.2824 (çamur)

Şekil 4.54. Çamur uygulamalarının tanenin azot kapsamına etkisi

Bozkurt vd (2000a), kentsel arıtma çamurunun kışlık arpada azot kaynağı olarak kullanılmasına yönelik yaptıkları çalışmada; inorganik azotlu gübre ile arıtma çamurunu karşılaştırmışlar ve bütün uygulamalarda kontrole göre bitkide azot içeriği ve alımının arttığını, bu artışın arıtma çamuru uygulamalarında daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Sönmez ve Yılmaz (2000), azotlu ve fosforlu gübre uygulanan arpada azot uygulamalarının bitkide N'u artırırken P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, ve Mn'ı azalttığını, fosforlu gübrenin ise P ve Mn içeriğini artırdığını bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Katkat vd (1989) ve Fangmeir *et al.* (1997) tarafından da bulunmuştur.

4.2.36. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin fosfor kapsamına etkisi

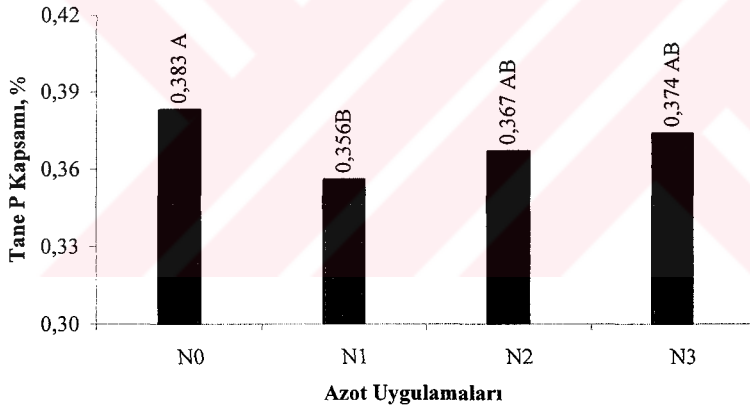
Bitkinin tanesindeki fosforun miktarındaki değişiminde azot x çamur, yıl x azot, yıl x çamur ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olmadığı; azotun $p < 0.05$ derecesinde ve çamur ve yılın $p < 0.01$ derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.37). Uygulamalar sonucu bitki tanesi P kapsamında farklılıklar görülmüş olup, bu farklılık yıllar arasında da önemli bulunmuştur. Arıtma çamuru uygulanmış toprakta yetişen arpa bitki tanesi P içerikleri yıllara göre değişmiş olup, 1. yıl % 0.34 P iken 2. yıl % 0.41 P şeklinde artma göstermiştir (Şekil 4.55).



LSD_{0,010} : 0,01414 (yıl)

Şekil 4.55. Yıllara göre tanenin fosfor kapsamındaki değişim

Bitkinin tanesindeki P bakımından azotun; N0 düzeyi ile N1 düzeyi arasında $p < 0.01$ derecesinde farklılık vardır, diğer gruplar arasındaki fark önemsizdir. Azotlu gübre uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tane P kapsamı % 0.356 (N1) - 0.383 (N0) değerleri arasında belirlenmiştir (Şekil 4.56).



LSD_{0,050} : 0,01499 (azot)

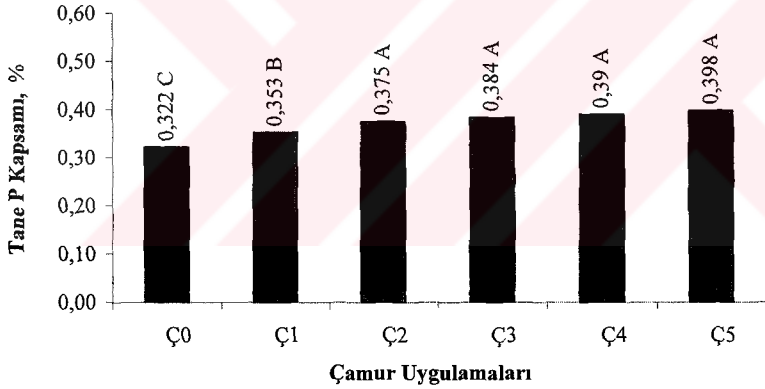
Şekil 4.56. Azot uygulamalarının tanenin fosfor kapsamına etkisi

Bitkinin tanesindeki P miktarı bakımından çamurun; Ç0 düzeyi ile Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç1 ile Ç4, Ç5 düzeyleri arasında $p < 0.01$ derecesinde farklılık belirlenmiştir. Diğer gruplar arası fark önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.57).

Arpa bitkisi tanesinin P kapsamı ile ilgili olarak hasatta % 0.32 seviyesi eksiklik görülebilen seviye olarak belirtilirken; % 0.44 seviyesinin orta seviye olduğunu belirtmişlerdir (Greaves ve Pittman 1946).

Aritma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tane P kapsamı % 0.322 (Ç0) - 0.398 (Ç5) değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak bitki tane P kapsamı artış göstermiştir (Şekil 4.57).

Genel olarak arpa bitki tanesi P kapsamı % 0.15- %0.50 arasında değişmekte olup, optimum değerler ise % 0.20 - %0.50 olarak belirtilmektedir (Benton *et al.* 1991). Buna göre araştırmada yetiştirilen arpa bitkisi P içeriği optimum değerler arasında kalmaktadır. Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha⁻¹ arıtma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin tanesinde P değerlerini sırasıyla 2.1 ve 2.8 mg kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Çamur uygulamasının bitki tanesi P kapsamına etkisinin istatistiksel olarak % 5 seviyesinde önemli olduğunu belirtmişlerdir.

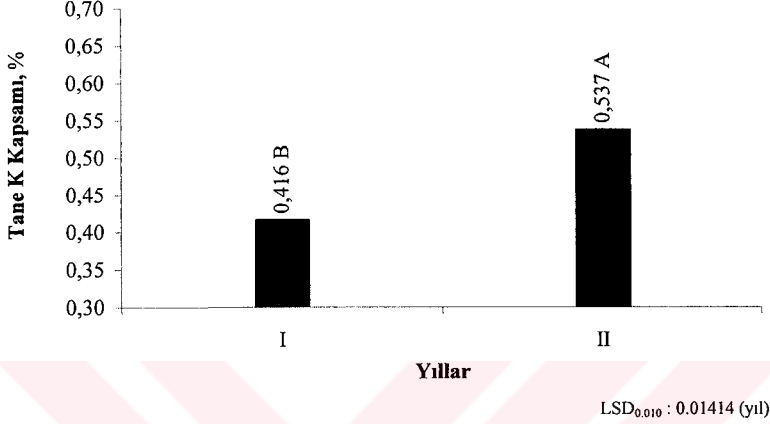


LSD_{0.010} : 0.02449 (çamur)

Şekil 4.57. Çamur uygulamalarının tanenin fosfor kapsamına etkisi

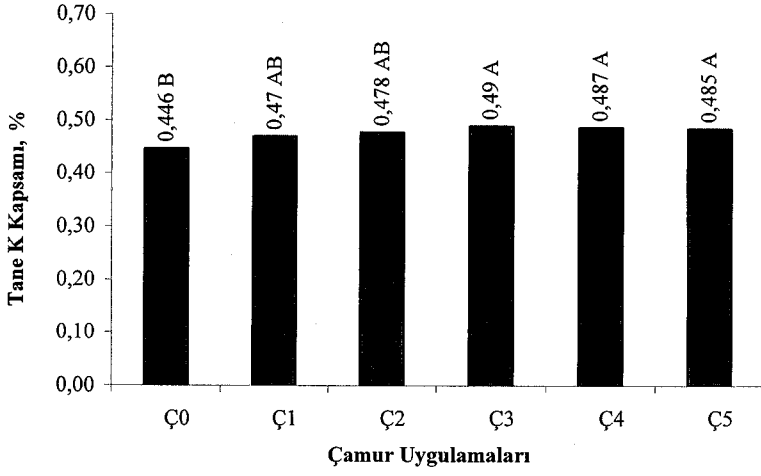
4.2.37. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin potasyum kapsamına etkisi

Arıtma çamuru uygulanmış toprakta yetişen arpa bitki tanesinin K içerikleri yıllara göre değişmiş olup, 1. yıl % 0.416 K iken 2. yıl % 0.537 K şeklinde artma göstermiştir (Şekil 4.58). (Ek 10.38). Bu artış istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$)



Şekil 4.58. Yıllara göre tanenin potasyum kapsamındaki değişim

Bitkinin tanesindeki potasyum miktarı bakımından çamurun; Ç0 düzeyi ile Ç3, Ç4 ve Ç5 düzeyleri arasında $p < 0.01$ derecesinde farklılık bulunmuştur. Diğer gruplar arası fark önemsizdir. Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tane K kapsamı % 0.446 (Ç0) - 0.499 (Ç3) değerleri arasında belirlenmiştir (Şekil 4.59). Genel olarak arpa bitki tanesi K kapsamı %1.25 - %3.0 arasında değişmekte olup, optimum değerler ise % 1.50 - %3.0 olarak belirtilmektedir (Benton *et al.* 1991). Buna göre araştırmada yetiştirilen arpa bitkisi K içeriği düşüktür. Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha⁻¹ arıtma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin tanesinde K değerlerini sırasıyla 5.6 ve 5.3 mg kg⁻¹ olarak belirlemiş, ancak çamura bağlı olarak bitki tanesi K kapsamındaki düşüşün istatistiksel olarak önemli olmadığını belirtmişlerdir.



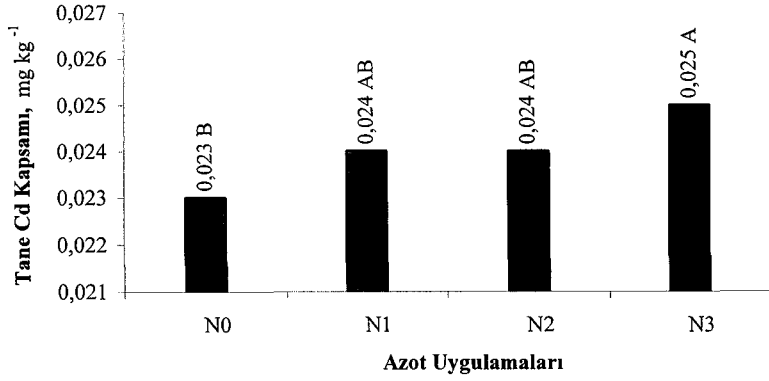
LSD_{0,010} : 0.3463 (çamur)

Şekil 4.59. Çamur uygulamalarının tanenin potasyum kapsamına etkisi

4.2.38. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin kadmiyum kapsamına etkisi

Bitkinin tanesindeki kadmiyum ile ilgili varyans analiz çizelgesine bakıldığında; azot x çamur, yıl x azot ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olmadığı; yıl x çamur interaksiyonunun p:0.05 derecesinde önemli olduğu; azot, çamur ve yılın ise p:0.01 derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.39).

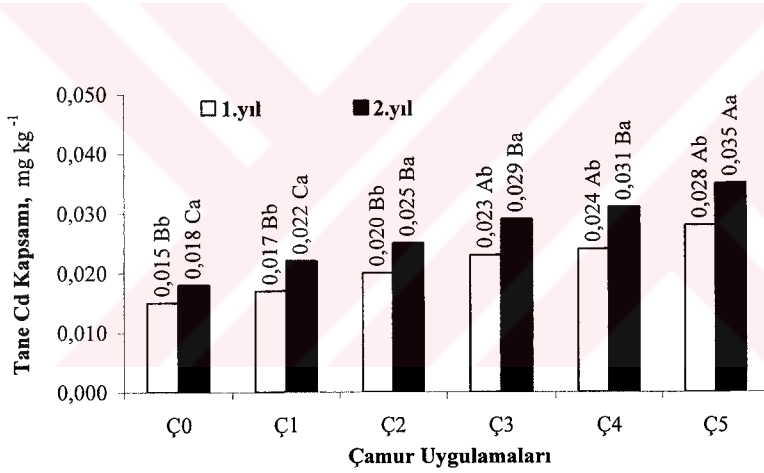
Bitkinin tanesindeki Cd bakımından azotun; N0 düzeyi ile N3 düzeyi arasında p:0.01 derecesinde farklılık oluşturduğu, diğer gruplar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. azotlu gübre uygulanan topraklarda yetişen arpa bitkinin tanesindeki Cd kapsamı 0.023 (N0) - 0.025 (N3) mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiş olup, doza bağlı bitki tanesi Cd kapsamları artış göstermiştir (Şekil 4.60).



LSD_{0,010} : 0.001999 (azot)

Şekil 4.60. Azot uygulamalarının tanenin kadmiyum kapsamına etkisi

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tanesi Cd değerleri 1. yıl 0.015 (Ç0)- 0.028 (Ç5) mg kg⁻¹ ve 2. yıl 0.018 (Ç0) - 0.035 (Ç5) mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiş olup, çamur dozuna ve yıla bağlı olarak bitki tanesi Cd kapsamları artış göstermiştir (Şekil 4.61).



LSD_{0,050} : 0.001161 (yıl)

LSD_{0,010} : 0.001146 (çamur)

Şekil 4.61. Yıllar ve çamur uygulamalarının tanenin kadmiyum kapsamına etkisi

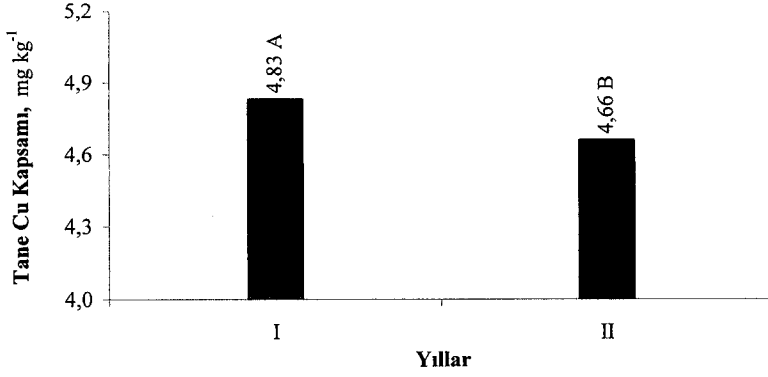
FAO ve WHO (1993), tahıllarda ve baklagillerde izin verilebilir maksimum Cd konsantrasyonunu 0.1 mg kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Türk Gıda Mevzuatı Kodeksi (1999)'e göre bu değerler daha yüksek olup arpa için tanede 0.3 mg kg⁻¹'dir. Buna göre deneme arpa bitkisinde belirlenen Cd değerleri çamur dozuna bağlı artış göstermiş olsa da yukarıda belirtilen değerlerin altında kalmaktadır. Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha⁻¹ arıtma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin tanesinde Cd değerlerini sırasıyla 0.032 ve 0.038 mg kg⁻¹ olarak belirlemiştir. Araştırmacılar kontrol toprağına göre çamur uygulanan topraklarda yetişen arpa bitkisi tanesinde önemli miktarda Cd biriktiğini, bunu sebebinin de öncelikle uygulanan çamurun içermiş olduğu Cd'den kaynaklandığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca özellikle diğer ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarda olmadığı durumlarda Fe ve Cd arasında sinerjistik etki olduğunu da belirtmişlerdir. Chang *et al.* (1982), çamur uygulamasının durdurulduğu alanlarda uygulamayı takip eden üç ve dördüncü yıllarda bile yetiştirilen buğday tanelerinde Cd konsantrasyonlarının kontrol parseline göre çok yüksek olmaya devam ettiğini belirtmişlerdir.

Öborn *et al.* (1995), İsviçre'de 43 lokasyon bölgesinden alınan yazlık buğday tanelerinde ortalama 0.056 mg kg⁻¹ Cd bulunduğunu saptamışlardır. Tahıllar içerisinde makarnalık buğdayların ekmeklik buğdaylara göre tanede daha fazla Cd biriktirdiğini belirten araştırmacılar bulunmaktadır. (Clarke *et al.* 1997, Köleli 1998, Hart *et al.* 2002).

Harris ve Taylor (2001), makarnalık buğdayda ¹⁰⁹Cd izotopu ile yaptığı çalışmada bu elementin önce gövdede toplandığını ancak sonra taneye de taşınarak gövdede azaldığını belirlemişlerdir.

4.2.39. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin bakır kapsamına etkisi

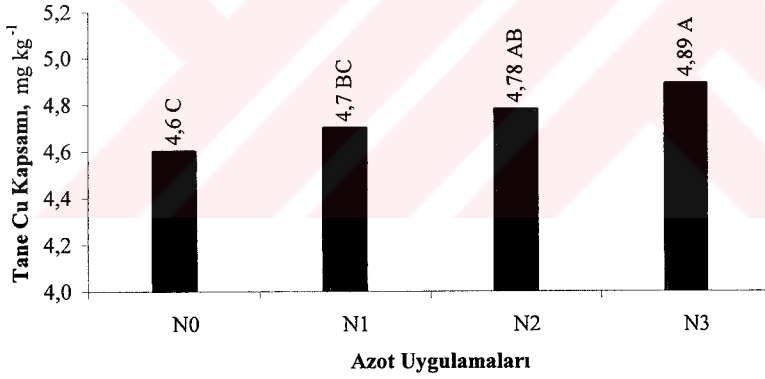
Bitkinin tanesindeki bakır miktarındaki değişikliklerde; azot x çamur, yıl x azot, yıl x çamur ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olmadığı; azot, çamur ve yılın p<0.01 derecesinde önemli olduğu görülmektedir(Ek 10.40). Arpa tanesi Cu içerikleri yıllara göre değişmiş olup, 1. yıl 4.83 Cu mg kg⁻¹ iken 2. yıl 4.66 mg kg⁻¹ Cu şeklinde azalma göstermiştir (Şekil 4.62).



LSD_{0,010} : 0.08714 (yıl)

Şekil 4.62. Yıllara göre tanenin bakır kapsamındaki değişim

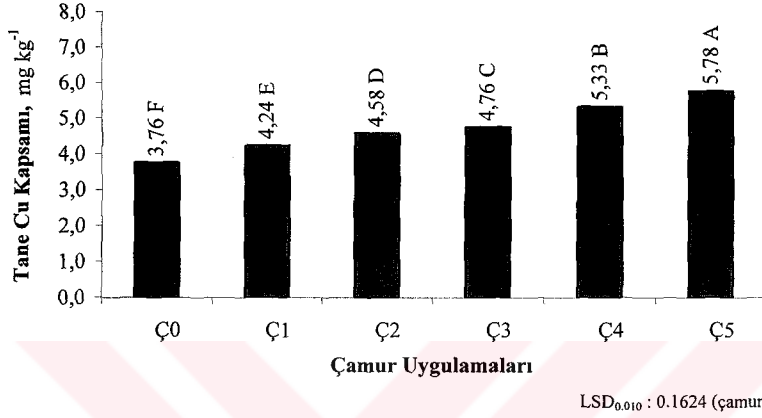
Bitkinin tanesindeki bakır bakımından azotun; N0 düzeyi ile N2, N3 düzeyleri, N1 düzeyi ile N3 düzeyi arasında p:0.01 derecesinde farklılık görülmüştür.. Diğer gruplar arasındaki fark önemsizdir. Azotlu gübre uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tanesi Cu kapsamı 4.6 (N0) - 4.89 (N3) mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiş olup, azot dozuna bağlı olarak bitki tane Cu kapsamı artış göstermiştir (Şekil 4.63).



LSD_{0,010} : 0.1326 (azot)

Şekil 4.63. Azot uygulamalarının tanenin bakır kapsamına etkisi

Bitkinin tanesindeki bakır miktarı bakımından çamurun; Ç0 düzeyi ile Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç1 düzeyi ile Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç2 düzeyi ile Ç4ve Ç5 düzeyleri, Ç3 düzeyi ile Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç4 düzeyi ile Ç5 düzeyi arasında $p<0.01$ derecesinde farklılık vardır. Diğer gruplar arası fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. (Ek 10.41) Artırma çamuru uygulanan topraklarda yetişen Arpa bitki tanesi Cu kapsamı 3.76 (Ç0) - 5.78 (Ç5) mg kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak bitki tane Cu kapsamları artış göstermiştir (Şekil 4.64).



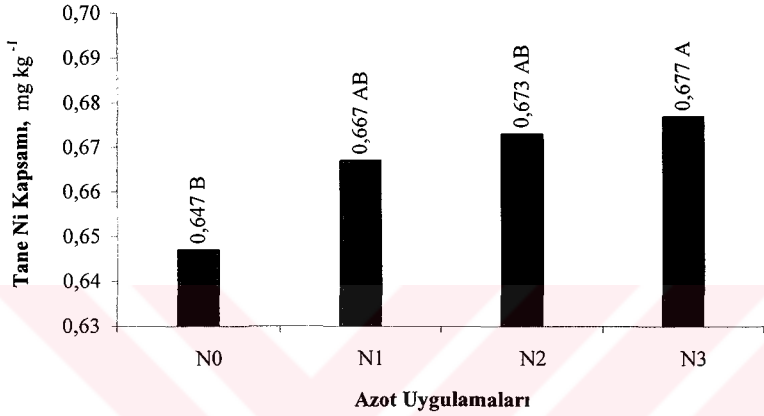
Şekil 4.64. Çamur uygulamalarının tanenin bakır kapsamına etkisi

Genel olarak arpa bitki tanesi Cu kapsamı 5-25 mg kg^{-1} arasında değişmektedir (Benton *et al.* 1991). Buna göre gerek N ve gerekse çamur uygulamalarında yetiştirilen arpa bitkisi Cu içeriği bu değerler arasında kalmaktadır. Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha^{-1} artırma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin tanesinde Cu değerlerini sırasıyla 6.00 ve 11.20 mg kg^{-1} olarak belirlemiştir. Araştırmacılar tanedeki Cu konsantrasyonun saptaki konsantrasyondan daha fazla olduğunu ve bundan dolayı da saptan taneye Cu geçişinde problem olmadığını belirtmişlerdir. Bununla beraber bakırdaki artışın doza bağımlı olarak fazlaca artmamasının nedenini bakırın organik madde tarafından bitkiye transferinin engellendiği, topraktaki bakır miktarının bitkideki Cu miktarı ile korelasyonunun zayıf olduğu belirtilmektedir Moreno *et al.* (1996).

4.2.40. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin nikel kapsamına etkisi

Bitkinin tanesindeki nikel ile ilgili varyans analiz çizelgesine göre (Ek 10.41); azot ve çamurun $p < 0.01$ derecesinde önemli olduğu görülmektedir.

Azotlu gübre uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tanesinde Ni kapsamı 0.647 (N1)-0.677 (N3) mg kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiş olup, doza bağlı olarak bitki tane Ni kapsamı artış göstermiştir (Şekil 4.65).

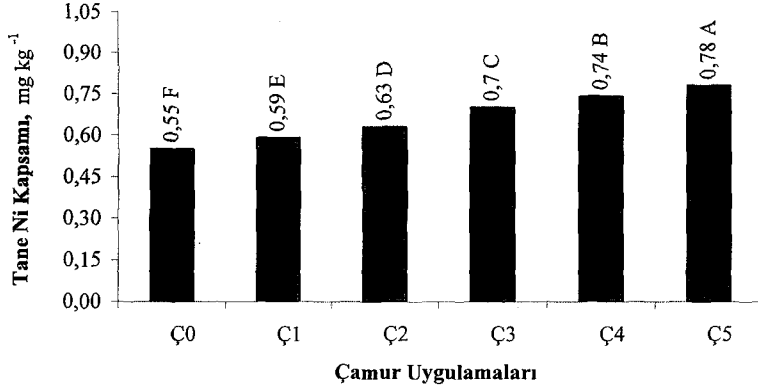


LSD_{0,010} : 0.01999 (azot)

Şekil 4.65. Azot uygulamalarının tanenin nikel kapsamına etkisi

Bitkinin tanesindeki nikel miktarı bakımından çamurun; Ç0 düzeyi ile Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç1 düzeyi ile Ç3, Ç4 ve Ç5 düzeyleri, Ç2 düzeyi ile Ç3, Ç4 ve Ç5 düzeyleri, Ç3 düzeyi ile Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç4 düzeyi ile Ç5 düzeyleri arasında $p < 0.01$ derecesinde farklılık olup, diğer gruplar arası fark önemsiz çıkmıştır.

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tane Ni kapsamı 0.55 (Ç0) - 0.78 (Ç5) mg kg^{-1} değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak bitki tane Ni kapsamları artış saptanmıştır (Şekil 4.66).



LSD_{0,010} : 0.02449 (çamur)

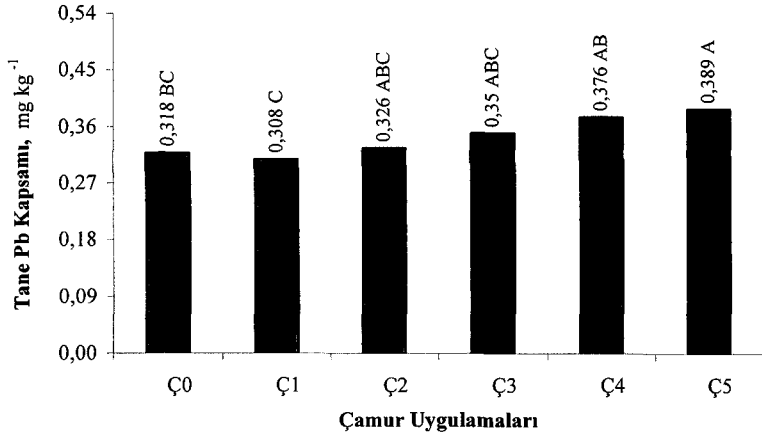
Şekil 4.66. Çamur uygulamalarının tanenin nikel kapsamına etkisi

Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha⁻¹ artıma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin tanesinde Ni değerlerini sırasıyla 1.21 ve 1.29 mg kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar Ni ve Cu'nun topraktaki seviyelerinde çamur uygulamasına bağlı artışlarına rağmen, toprağın karakteristik koruyucu özelliklerinden dolayı (kireçli ve pH=8.77) adsorbe edildiklerini ve bundan dolayı bu elementlerin bitkiye geçişlerinde engelleme yaptığını belirlemişlerdir.

4.2.41. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin kurşun kapsamına etkisi

Toprağa uygulanan çamurun artan dozlarına bağlı olarak özellikle Ç4 ve Ç5 dozlarında kurşun miktarının bitki tanesinde önemli derecede p<0.01 arttığı bulunmuştur.(Ek 0.42).

Bitkinin tanesindeki kurşun miktarı bakımından çamurun; Ç1 düzeyi ile Ç5 düzeyi arasında p:0.01 derecesinde farklılık vardır, diğer gruplar arası fark önemsizdir . Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tane Pb kapsamı 0.308 (Ç1) - 0.389 (Ç5) mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak bitki tane Pb kapsamları artış göstermiştir (Ç1 dozu hariç), (Şekil 4.67).



LSD_{0,010} : 0.05998 (çamur)

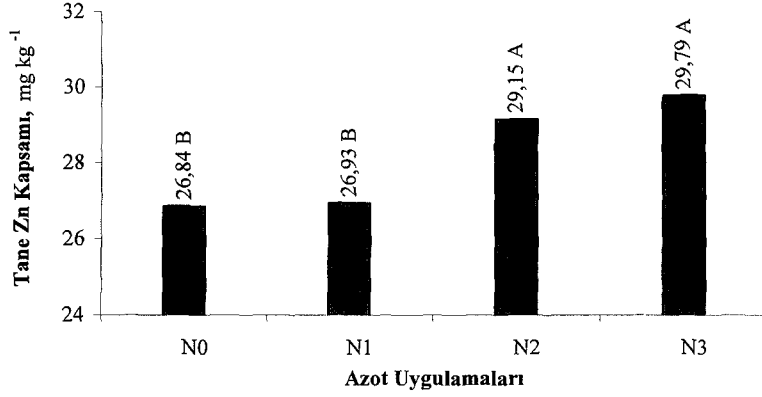
Şekil 4.67. Çamur uygulamalarının tanenin kurşun kapsamına etkisi

Türk Gıda Mevzuatı Kodeksi (1999)'e göre arpa bitkisi Pb içeriği tanede 0.3 mg kg⁻¹ belirtilmiştir. Buna göre deneme arpa bitkisinde belirlenen Pb değerleri çamur dozuna bağlı artış göstermiş olsa da kodeks değerlerinin altında kalmaktadır.

4.2.42. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin tanenin çinko kapsamına etkisi

Bitkinin tanesindeki çinko miktarındaki değişimlerin; azot x çamur, yıl x azot ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarında önemli olmadığı; azot, çamur, yıl ve yıl x çamur interaksiyonlarının p:0.01 derecesinde önemli olduğu bulunmuştur (Ek 10.43).

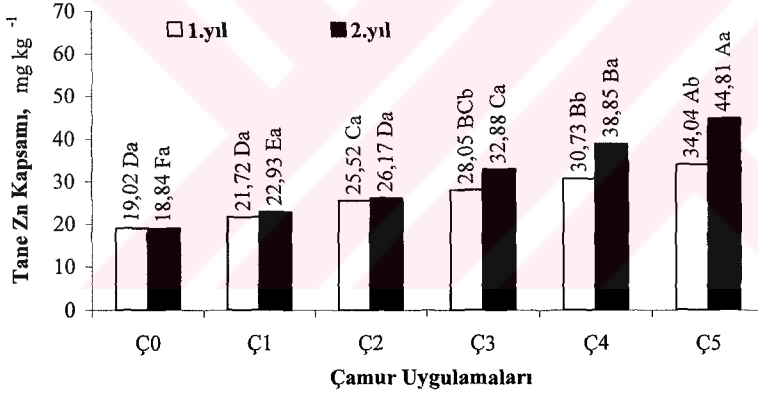
Bitkinin tanesindeki çinko bakımından azotun; N1 düzeyi ile N2, N3 düzeyleri arasında p<0.01 derecesinde farklılık olup, diğer gruplar arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Azotlu gübre uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tanesi Zn kapsamı 26.84 (N0) - 29.79 (N3) mg kg⁻¹ değerleri arasında olup, artan azot dozuna bağlı olarak bitki tane Zn kapsamı artış göstermiştir (Şekil 4.68).



LSD_{0,010} : 1.777 (azot)

Şekil 4.68. Azot uygulamalarının tanenin çinko kapsamına etkisi

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda yetişen arpa bitki tanesinin Zn değerleri 1. yıl 19.02 (Ç0)- 34.04 (Ç5) mg kg⁻¹ ve 2. yıl 18.84 (Ç0) - 44.81 (Ç5) mg kg⁻¹ değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozu ve yıla bağlı olarak bitki tane Zn kapsamları artış göstermiştir (Şekil 4.69).



LSD_{0,010} : 3.436 (yıl)

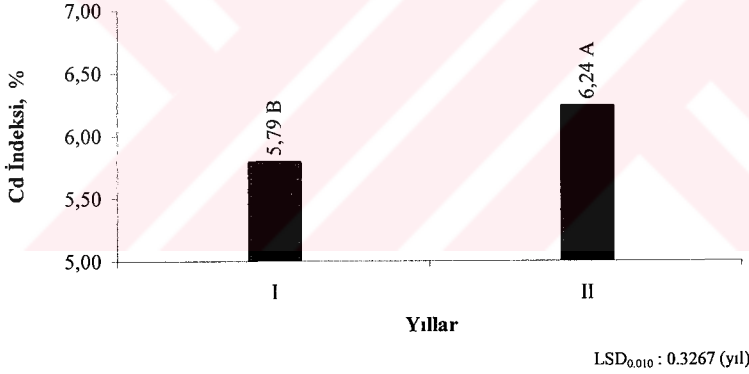
LSD_{0,010} : 3.196 (çamur)

Şekil 4.69. Yıllar ve çamur uygulamalarının tanenin çinko kapsamına etkisi

Genel olarak arpa bitki tanesi Zn kapsamı 15-70 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Arpa tanesinde Zn kapsamı 15 mg kg⁻¹ değerinden az ise düşük, 70 mg kg⁻¹'dan fazla ise yüksek Zn içermektedir şeklinde nitelenmiştir (Benton *et al.* 1991). Buna göre gerek N ve gerekse çamur uygulamalarında yetiştirilen arpa bitkisi Zn içeriği bu değerler arasında kalmaktadır. Moreno *et al.* (1996), 20 ve 80 t ha⁻¹ arıtma çamuru ilave ettikleri toprakta arpa bitkisinin tanesinde Zn değerlerini sırasıyla 49.3 ve 61.7 mg kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca Zn'nun arpa bitkisinin sapına göre tanesinde daha fazla biriktiğini, bunun tersine olarak Cd'un ise bitkinin sapında daha fazla birikim gösterdiğini saptamışlardır.

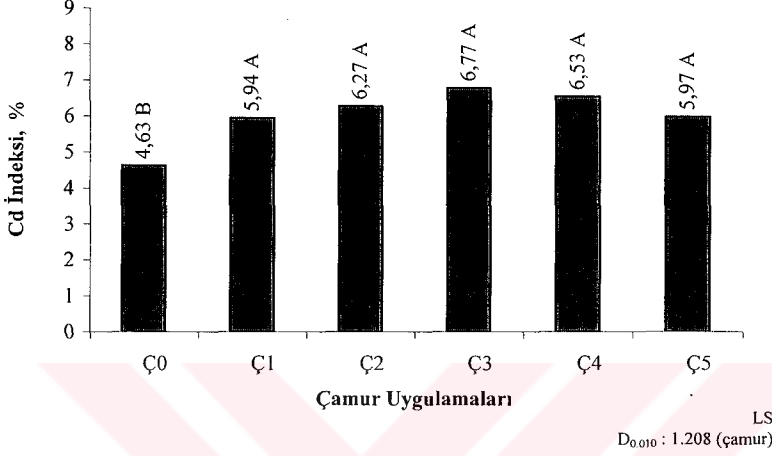
4.2.43. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin Cd biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

Alınabilirlik indeksi kadmiyum ile ilgili varyans analiz çizelgesine göre; yıl, yıl x azot, yıl x çamur ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olmadığı; azotun ve azot x çamur interaksiyonunun p<0.05 derecesinde, çamurun p<0.01 derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.44). Kadmiyum için alınabilirlik indeksi yıllara göre değişmiş olup, 1. yıl % 5.79 Cd iken 2. yıl % 6.24 Cd şeklinde artma göstermiştir (Şekil 4.70).



Şekil 4.70. Yıllara göre kadmiyum biyolojik alınabilirlik indeksindeki değişim

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda Cd için alınabilirlik indeksi % 4.63 (Ç0) - 6.77 (Ç3) değerleri arasında belirlenmiştir. Kontrol toprağıyla kıyaslandığında Ç3 dozundaki indekse göre Cd'un daha fazla alınabilir olduğu görülmektedir (Şekil 4.71).



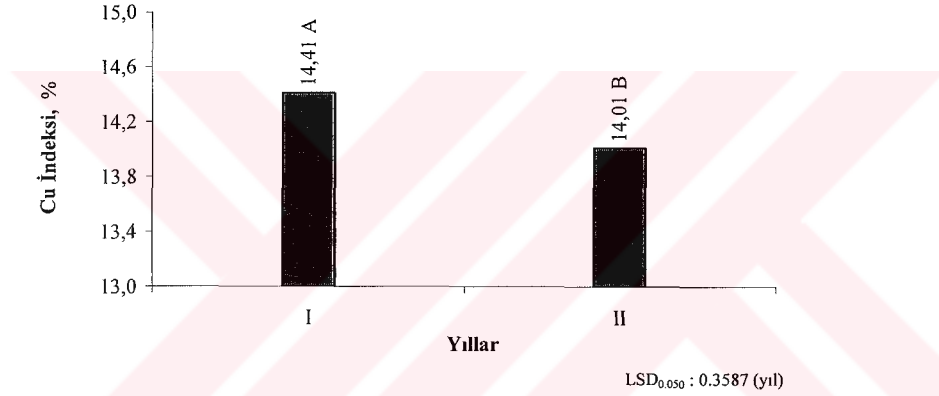
Şekil 4.71. Çamur uygulamalarının kadmiyum biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

Davis (1984), arıtma çamuru uygulanan topraklarda Cd, Cu, Ni ve Zn'nun Pb, Hg ve Cr'a göre çok daha fazla biyoalınabilir olduğunu belirtmiştir. Kloke *et al.* (1984), yaptıkları çalışmada transfer katsayısının en yüksek elementlerden olduğunu belirtmişlerdir. Aynı şekilde McGrath *et al.* (2000); marul, ıspanak ve şeker pancarının arıtma çamuru uygulaması ile transfer katsayısının arttığını beliten araştırmacılarndandır. Özkutlu (2004), makarnalık buğday ile sera koşullarında yaptığı denemede Zn eksikliğinde uygulanan Cd'un bitki tanesinde çarpıcı olarak arttığını belirtmiştir. Bu görüşünü Wu *et al.* (2003a) da desteklemiştir. Alloway (1995), bitkilerin Cd kapsamlarının 0.1-1 mg kg⁻¹ olduğunu ve bunu da etkileyen en önemli unsurun toprak pH'sı olduğunu belirtmiştir. Dowdy *et al.*

(1999), arıtma çamuru uygulanmış topraklarda yetiştirilen bitkilerde 18 yıl sonrasında bile Cd ve Zn'nun biyolojik alınabilirliklerinin olduğunu belirtmişlerdir. Kabata-Pendias (1992), kuru madde (KM) cinsinden bitkilerde Cd kapsamını 0.05-0.20 belirlemiştir.

4.2.44. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin Cu biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

Alınabilirlik indeksi bakır ile ilgili varyans analiz çizelgesine göre; yıl, azot, yıl x azot, yıl x çamur, azot x çamur ve yıl x azot x çamur etkilerinin önemli olmadığı, çamurun p:0.01 derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.45). Bakır için alınabilirlik indeksi yıllara göre değişmiş olup, 1. yıl % 14.41 Cu iken 2. yıl % 14.01 Cd şeklinde azalma göstermiştir (Şekil 4.72).



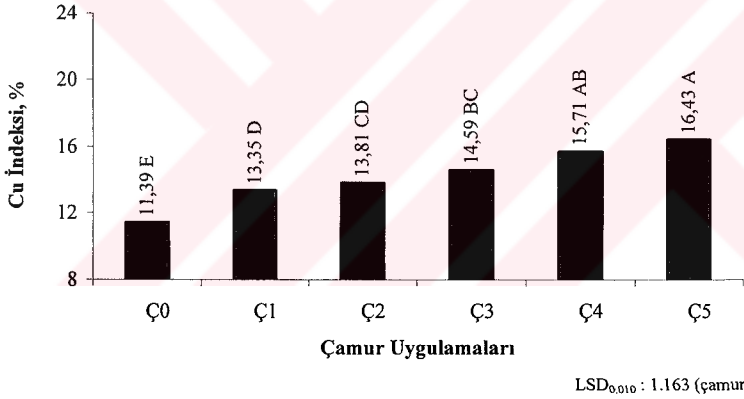
Şekil 4.72. Yıllara göre bakır biyolojik alınabilirlik indeksindeki değişim

Alınabilirlik indeksi bakır bakımından çamurun; Ç0 düzeyi ile Ç1, Ç2, Ç3, Ç4 düzeyleri, Ç1 düzeyi ile Ç4 ve Ç5 düzeyleri, Ç2 düzeyi ile Ç4, Ç5 düzeyleri, Ç3 düzeyi ile Ç5 düzeyi, Ç4 düzeyi ile Ç5 düzeyi arasında p<0.01 derecesinde önemli bir farklılık bulunmuştur. Diğer

gruplar arası fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Arıtma çamuru uygulanan topraklarda Cu için alınabilirlik indeksi % 11.39 (Ç0) - 16.43 (Ç5) değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak Cu'nun alınabilirlik indeksi de artmıştır (Şekil 4.73).

Bozkurt vd. (2001), yaptıkları çalışmada arpa bitkisinin arıtma çamuru uygulanan topraklarda daha fazla tanede Cu kaldırdığını ancak topraklardaki seviyesinin toksik sınır altında kaldığını belirtmişlerdir.

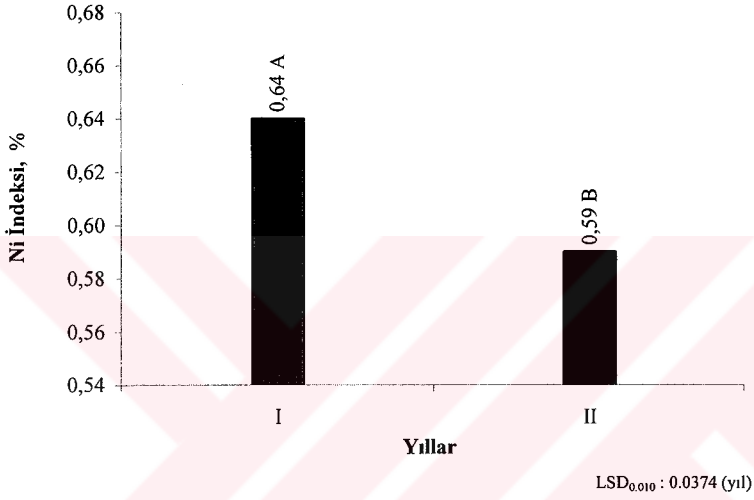
Cu elementinin ekolojideki en büyük kaynağı tarımsal savaş ilaçları olmaktadır, bakırın bu özelliğinin doğal sonucu olarak bitki bünyesine alınımı kadar doğrudan canlılara bulaşmalarla şeklinde oldukça toksik seviyelerde bakır yüklenilmektedir. Aynı şekilde toprak canlılarının hedef grup dışındaki önemli bir bölümü de yok olmaktadır. Bu konuda Hayes ve Theis (1978) yaptıkları çalışmada metan bakterilerinin etkilenme sıralamasını Ni>Cu>Pb>Cr>Zn şeklinde yapmışlardır. Bakır potansiyel toksik elementler kapsamında ve aynı zamanda mikrobesein maddesi durumundadır (McClaslin and O'Conner 1982, Usching 1985). McBride (1995) arıtma çamurunun içerdiği ağır metaller nedeniyle çevre dostu olmadığını belirten araştırmacılarndır.



Şekil 4.73. Çamur uygulamalarının bakır biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

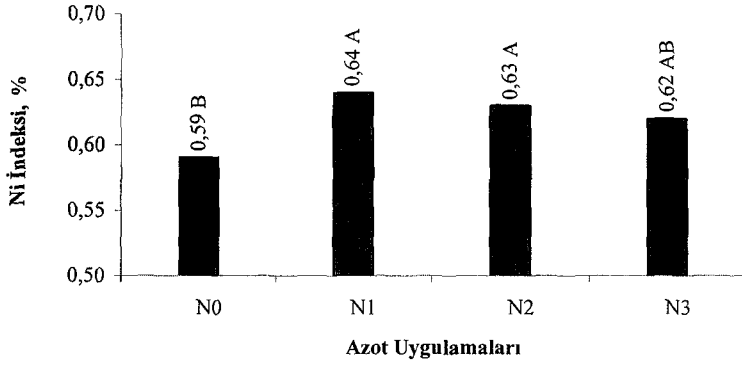
4.2.45. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin Ni biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

Alınabilirlik indeksi nikel ile ilgili varyans analiz çizelgesine göre; yıl, yıl x azot, yıl x çamur ve yıl x azot x çamur interaksiyonlarının önemli olmadığı; azotun ve azot x çamur interaksiyonunun p:0.05 derecesinde, çamurun p:0.01 derecesinde önemli olduğu görülmektedir (Ek 10.46). Nikel için alınabilirlik indeksi yıllara göre değişmiş olup, 1. yıl % 0.64 Ni iken 2. yıl % 0.59 Ni şeklinde azalma göstermiştir (Şekil 4.74).



Şekil 4.74. Yıllara göre nikel biyolojik alınabilirlik indeksindeki değişim

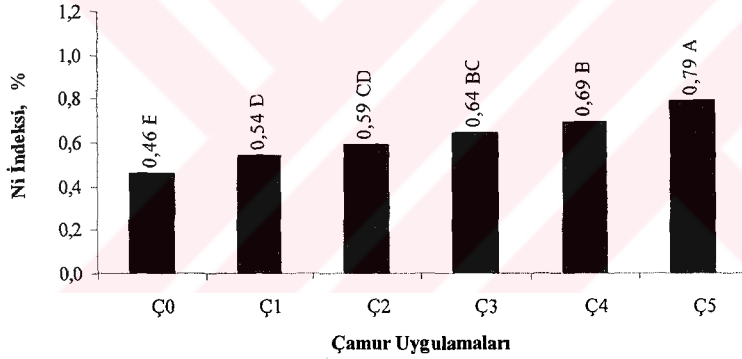
Azotlu gübre uygulanan topraklarda Ni için alınabilirlik indeksi % 0.59 (N0) - 0.64 (N1) değerleri arasında belirlenmiştir (Şekil 4.75).



LSD_{0,050} : 0.03351 (azot)

Şekil 4.75. Azot uygulamalarının nikel biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda Ni için alınabilirlik indeksi % 0.46 (Ç0) - 0.79 (Ç5) değerleri arasında belirlenmiş olup, artan çamur dozuna bağlı olarak Ni'in alınabilirlik indeksi de artmıştır (Şekil 4.76).



LSD_{0,010} : 0.05475 (çamur)

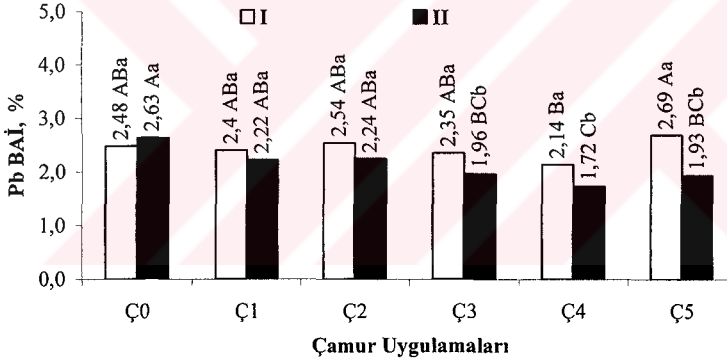
Şekil 4.76. Çamur uygulamalarının nikel biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

Nikel için Kloke *et al.* (1984), transfer katsayısının Cd gibi yüksek olmadığını ancak yine de potansiyel tehlike olması nedeniyle dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Yapılan araştırmalarla nikelin de kurşun ve bakıra göre daha çok biyolojik olarak alınabildiği ortaya çıkarılmıştır (Sauerbeck 1991).

4.2.46. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin Pb biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

Toprağa arıtma çamuru ilavesi kurşunun alınabilirlik indeksini ($p < 0.01$) arttırdığı belirlenmiştir (Ek 10.47).

Kurşun bakımından alınabilirlik indeksine bakıldığında çamurun; Ç1 düzeyi ile Ç5 düzeyi, Ç1 düzeyi ile Ç5 düzeyi, Ç2 düzeyi ile Ç4, Ç5 düzeyi, Ç3 düzeyi ile Ç5 düzeyi, Ç4 düzeyi ile Ç5 düzeyleri arasında $p < 0.01$ derecesinde farklılık olduğu saptanmıştır. Diğer gruplar arası fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Arıtma çamuru uygulanan topraklarda Pb için alınabilirlik indeksi 1. yıl % 2.4 (Ç1) - 2.69 (Ç5) ve 2. yıl % 1.72 (Ç4) - 2.63 (Ç0) değerleri arasında belirlenmiştir (Şekil 4.77).



LSD_{0.010} : 0.3428 (yıl) LSD_{0.010} : 0.4036 (çamur)

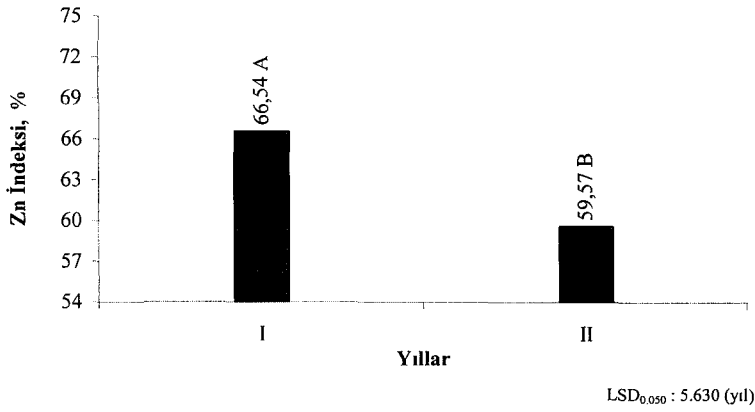
Şekil 4.77. Yıllar ve çamur uygulamalarının kurşun biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

Arıtma çamurunun fazla kullanıldığı topraklarda yapılan sera denemesinde yetiştirilen tek ve çift çenekli bitkiler yetiştirilmiş ve çift çenekli bitkilerin tek çeneklilere göre daha fazla ağır metal kaldırdıklarını, bunlar içinde de Cu, Pb ve Cr'un Cd, Zn ve Ni'e göre daha az kaldırdığı belirtilmiştir (Sauerbeck 1991). Bitkide tolere edilebilir Pb limitleri 5-10 mg kg⁻¹ olarak bildirilmiştir (Kabata-Pendias and Pendias 1992). Bazı araştırmacılar da kurşun'un bitkiye alınımında artış olmadığını belirtmektedirler (Morthvedt ve Giordano 1975, Davis 1984).

Organik maddesi düşük kireçli bir toprakla yapılan verim denemesinde kullanılan anaerobik arıtma çamuru hem mısırdaki hem de buğdayda verimi artırmış ancak bunun yanında Pb'nun da içinde bulunduğu bir grup ağır metalin, hem toprakta toplam ve alınabilir miktarlarının arttığını hem de bitkilerin türüne bağlı olarak bitki bünyesinde artış gösterdiğini yani alınabilir miktarın arttığını belirtmişlerdir (Hernandez *et al.* 1990). Topraklarda ağır metal hareketinin ve birikiminin diğer etmenler yanında toprak nemliliği ve toprak karbon kapsamına bağlı olduğunu da belirten araştırmacılar bulunmaktadır (Garcia *et al.* 2004).

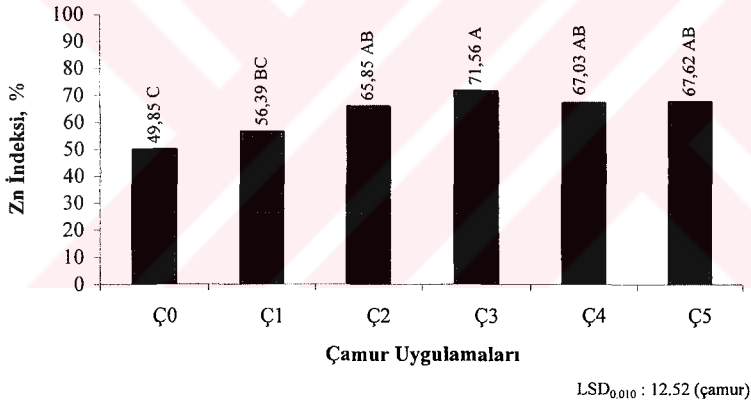
4.2.47. Arıtma çamuru ve azotlu gübrenin Zn biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

Çinkonun alınabilirlik indeksine üst üste 2 yıl arıtma çamuru uygulanan denemede uygulamaların etkili olduğu bulunmuştur ($p<0.01$). Çinko için alınabilirlik indeksi yıllara göre de değişmiş ($p<0.01$) olup (Ek 10.48), 1. yıl % 66.54 Zn iken 2. yıl % 59.57 Zn şeklinde azalma göstermiştir (Şekil 4.78).



Şekil 4.78. Yıllara göre çinko biyolojik alınabilirlik indeksindeki değişim

Aritma çamuru uygulanan topraklarda Zn için alınabilirlik indeksi % 49.85 (Ç0) - 71.56 (Ç3) değerleri arasında belirlenmiştir (Şekil 4.79).



Şekil 4.79. Çamur uygulamalarının çinko biyolojik alınabilirlik indeksine etkisi

Arıtma çamuru uygulanan topraklarda Zn için alınabilirlik indeksinin yüksekliği göreceli olarak Cd indeksinin düşmesi anlamına gelmektedir, Zn ile aynı grup üyesi olan Cd'un bitki tarafından alınabilirliğinin çinkoya göre yüksek olduğuna dair araştırma sonuçları bulunmaktadır (Kloke *et al.* 1984, Moreno *et al.* 1996, Grant *et al.* 2002, Wu *et al.* 2003a)



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kireçli bir toprak sisteminde farklı düzeylerde uygulanan kentsel arıtma çamurunun, arpa (*Hordeum Vulgare* L.) bitkisinin gelişimi ve toprağın pH, EC, organik madde kapsamı, toprak ve bitkinin toplam N, amonyum ve nitrat azotu, alınabilir P ve K kapsamı ile bazı ağır metallerin (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) toprakta ve bitkinin sap ve tanesindeki toplam ve alınabilir konsantrasyonları üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yürütülen çalışmada; Ankara merkezî atıksu arıtma tesisleri arıtma çamuru ile kimyasal azotlu gübrenin farklı düzeyleri iki yıl süreyle tarla şartlarında faktöriyel olarak denenmiştir.

Araştırmada; her iki yılın toprak özellikleri, bitki özellikleri ve bazı ağır metallerin topraktaki toplam ve DTPA ekstraktındaki miktarları belirlenmiştir. Aynı ağır metaller bitki sapında ve tanesinde de belirlenerek bitkilerin metal kapsamı ile topraktaki toplam metal miktarlarına göre biyolojik alınabilirlik indeksleri belirlenmiştir.

Küresel ölçekte diğer ağır metal kaynakları göz önüne alınca evsel arıtma çamuru kaynaklı metal kirliliği önemsiz gibi düşünülebilir. Ancak, başta tarım alanları olmak üzere ekolojik döngüye katılan ağır metallerin güçlü adsorbsiyon kapasitesine sahip bir matris özelliği gösteren arıtma çamuru uygulaması ile toprağın katyon değişim kapasitesinde de değişimler olmaktadır. Bir çok durumda üst toprağın tipi, yetiştirilen bitki, arıtma çamurunun arıtılma şekli, içerdiği ağır metallerin cinsi ve iklim faktörleri gibi değişkenlerin çok olduğu denemelerde uzun süreli denemeler sınırlı sayıda olsada devam ettirilmelidir.

Elde edilen tüm verilerin ışığında şu sonuçlara değinmek yararlı olacaktır;

1) Yılların etkisi sonucu; toprakta organik madde, EC, yarayıslı P, NO₃-N, toplam Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, alınabilir Pb, başakta tane sayısı, m²'de başak sayısı, başakta tane verimi, hasat indeksi, bin tane ağırlığı, dekara verim, bitki sapında N, K, Cd, Ni, Pb, Zn, tanedeki K, P, Cd, Cu, Zn konsantrasyonlarındaki artış %1 düzeyinde önemli olmuştur. Bitki boyu, başak

boyu, bitki sapında Cu ve bitki tanesindeki azot kapsamı ise azalma gösteren özellikler olmuştur ($p<0,01$). Yıl faktörüne göre toprakta toplam azot ile alınabilir potasyum artışları %1 düzeyinde önemli olmuştur. Ayrıca, incelenen ağır metallerin biyolojik alınabilirlik indekslerindeki (BAİ) değişim Cu ve Zn için %5 azaltıcı yönde; Cd için % 1 azaltıcı ve Ni ve Pb için ise %1 düzeyinde artış yönünde önemli etkiler göstermiştir.

2) Azot uygulamalarının toprakta toplam N ve alınabilir Pb, Zn ile bitki boyu, başakta tane sayısı, m^2 'deki başak sayısı, başakta tane verimi, bitki sapında toplam N, K, Ni, Pb, tanede toplam Cu, Ni, Zn üzerine %1 derecesinde önemli ve artırıcı, alınabilir Cd ve tanede toplam Ni'in BAİ üzerine etkisi de % 5 seviyesinde artış şeklinde bulunmuştur.

3) Arıtma çamuru uygulamalarının toprakta organik madde, EC, toplam N, bitkiye yarayışlı P, NO_3 -N, katyon değişim kapasitesi (KDK) ile toplam Cd, Cu, Pb, Zn ve alınabilir Cd, Cu, Ni, Pb, Zn konsantrasyonlarındaki değişim üzerine etkisi artırıcı; pH ve alınabilir K üzerine ise azaltıcı yönde %1 düzeyinde saptanmıştır. Bitki boyu, başak boyu, başakta tane sayısı, m^2 'deki başak sayısı, başakta tane verimi, bin tane ağırlığı, dekara verim ile bitki sapında toplam N, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn ve tanede N, P, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn konsantrasyonları üzerine arıtma çamuru uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli ve artırıcı bulunmuştur. Ağır metallerin BAİ değerleri üzerine arıtma çamuru uygulamalarının etkisi Pb indeksinde %1 düzeyinde önemli ve azaltıcı olmuş, diğer ağır metallerde ise artırıcı bulunmuştur ($p<0.01$).

4) Yıl x azot interaksyonunda, toprakta; toplam N üzerine %5 düzeyinde ve bitkide; bitki boyu ile metrekarede başak sayısındaki değişimler üzerine ise % 1 düzeyinde önemli ve artırıcı bulunmuştur. Yıl x çamur interaksyon durumunda, toprakta; yarayışlı P, toplam Cd ve Pb özellikleri ile bitkide; bitki boyu, başak boyu, sapta N ve Zn, tanede Cd ve Zn konsantrasyonları ve ayrıca Pb BAİ değerleri arasındaki farklar önemli ($p<0.01$) ve artan yönde olmuştur. Azot x Çamur uygulamasında toprakta; ekstrakte edilebilir Cd ($p<0.01$) ve Pb, bitkide; başak tane verimi özellikleri ile bitki sapındaki Pb değerlerindeki değişimler önemli ve artırıcı olmuştur. Uygulamaların üçünün birlikte etkisinin görüldüğü ekstrakte

edilebilir Zn, başakta tane sayısı ve dekara verim parametrelerindeki değişimlerin de önemli ve artırıcı olduğu yapılan istatistik çözümlerle belirlenmiştir.

5) Topraklara arıtma çamuru uygulama denemeleri özellikle kirlilik ve akümülyasyon değerlerini izleyebilmek adına çok daha uzun süreli yürütülmelidir. Yıllar arasında iklim farklılıkları olduğu sürece, bu çalışmada olduğu gibi bu farklar verime veya başka bir parametreye yansıyabilmektedir. Araştırmalar uzun yıllar denendiği takdirde sağlıklı korelasyon ve regresyon denklemleri elde edilebilmektedir. Bu çalışmada da metallerin toprak ve bitkideki kapsamları arasındaki ilişkiler incelenmiş ancak bahsedilen nedenlerle teze konulamamıştır.

6) Araştırmalarda öncelikle bir ön deneme kurulmalı ve uygulanacak istatistik metotlar önceden saptanmalıdır.

7) Ağır metallerin analizleri, ülkemizde standart metotlar ve sertifikalı referans maddelerle analiz edilmesi gerekmektedir. Analiz edilecek çamur örnekleri mutlaka çamuru temsil etmelidir, anlık örnekleme veya günlük örneklemeyle karar verilmemelidir. Giderek yaygınlaşan atıksu arıtma tesisleri ve buna bağlı olarak artan arıtma çamurları bilimsel araştırmalara dayanmadan topraklara özellikle de tarım topraklarına verilmemelidir. Bu konudaki yönetmelikler bilimsel çalışmalara dayanarak ülke şartlarına göre düzenlenmelidir.

8) Dekara tane verimi, verim parametrelerinden en çok dikkate alınan ve özellikle çiftçilerin ilgisini çeken konu olmaktadır. Bu araştırmada arıtma çamuru ile azotlu gübreyi interaksyon halinde denemenin bir nedeni de bölge çiftçisinin yalnızca verime dayalı yaklaşımları olmuştur. Bu açıdan arıtma çamurunun tane verimine katkısı, dozlara göre değişmekle beraber genel olarak olumlu olmuştur.

9) Arıtma çamuru denemeleri ülkemizde de uzun yıllar devam ettirilmelidir, bu çalışmada iki yıl ekim döneminde toprağa çamur uygulanmasına rağmen ağır metallerin toprakta, arpa bitkisinin sap ve tanesindeki miktarlarında istatistik olarak önemli artışlar görülmüştür.

10) Arıtma çamuru ile ilgili tarla, sera ve laboratuvar çalışmaları ÷lkemizde yeterince yaygın değildir, Avrupa Birliği M÷ktesebatına g÷re ÷lkemizde kanalizasyonu olan t÷m şehirlerimizde (olmayan şehirlerde de en kısa s÷rede kanalizasyon şebekesi kurulması kaydıyle) atıksu arıtma tesisleri kurulması gerektiği ve buna bağlı olarak da ÷lkemizde arıtma çamuru sorunu patlaması olacağı gerçeğini g÷rmemek m÷mk÷n değildir. Atıksuların arıtılma zorunluluğunu, her arıtma çamuru ve her toprağın kendine özg÷ özellikleri olduğunu ve bu konuda bilgi birikiminin çok az olduğunu d÷ř÷nd÷ę÷m÷z ÷lkemiz için bu tez çalışmasının faydalı olacağına inanmaktayım.



KAYNAKLAR

- Abdel-Sabour, M.F., Mordvedt, J.J., and Kelsoe, J.J. 1988. Cd-Zn interactions in plants and extractable Cd and Zn fractions in soil. *Soil Sci.* 145: 424-431.
- Adak, S. ve Gürsoy, M. 2001. Bazı iki sıralı arpa hatlarında farklı azot dozlarının verim ve kalite öğelerine etkileri. (Yüksek Lisans Tezi) Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü; Ankara
- Adriano, D.C. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer Verlag, New York
- Akbay, G. 1970. Orta Anadolu şartlarında arpa ıslahı için ön planda ele alınması gerekli başlıca karakterlerin kalıtımı üzerinde araştırmalar. A.Ü.Z.F. Yayınları, 603, Bilimsel Araştırmalar I; 346-375.
- Akman, Z., Karadoğan T. ve Çarkçı K. 1999. Farklı azot ve fosfor dozlarının arpanın verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 8 (1-2) s. 17-27.
- Aktaş, B. 2002. Bazı arpa çeşit ve hatlarında verim ve öğeleri ile maltlık özelliklerinin incelenmesi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi. Ankara.
- Aküzüm, T. ve Kodal, S. 1988. Orta Anadolu koşullarında arpa veriminin meteorolojik faktörler yardımıyla tahmini. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 1103, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 601, Ankara.
- Alganatay, N. 1968. Orta Anadolu kuzey bölgesi topraklarının fosfor durumu ve bu bölge topraklarında alınabilir fosfor miktarı tayininde kullanılacak metotlar üzerine bir araştırma (Doktora Tezi), A.Ü.Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Ankara. In: Kacar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III-Toprak Analizleri., A.Ü. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Yayınları, Yayın No 3, Ankara.
- Alloway B.J. 1993. Heavy metals in soils. Blackie, London. pp; 40-80.
- Alloway B.J. 1995. Heavy metals in soils. Blackie, London. pp; 122-152.
- Alloway B.J., and Jackson A.P. 1991. The behaviour of heavy metals in sewage sludge amended soils. *The science of the total environment*, 100; 151-176. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.
- Anderson, T.J., Barrett, G.W., Clark, C.S., Elia, V.J., and Majeti, M.A. 1982. Metal concentrations in tissues of meadow voles from sewage sludge-treated field. *J. Environ. Qual.* 11; 272-277.

- Andersson, A. 1977. Heavy metals in commercial fertilizers, manure and lime. Cadmium balance for cultivated soils. Reports of Agricultural College of Sweden Serie A. Nr. 283.
- Anonim 1976. Süperfosfat. Türk Standartları Enstitüsü (TS 566). Ankara.
- Anonim 1986. Üre. Türk Standartları Enstitüsü (TS 4837). Ankara.
- Anonim 1991. Resmi Gazete, 03.04.1991-20834.
- Anonim 1992. Ankara İli Arazi Varlığı. T.C. TOKB-KHGM yayınları. İl rapor no 06, Ankara.
- Anonim 2000. DPT VIII. 5 Yıllık Kalkınma Planı Su Havzaları Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyon Raporu, Ankara.
- Anonim 2001. Resmi Gazete, 10.12.2001-24609.
- Anonim 2002. Resmi Gazete, 25. 4. 2002-24736.
- Anonim 2004. Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Daire Başkanlığı 29.7.2004 Tarih ve 1147/19 sayılı yazı eki, Ankara.
- Anonim 1963. Orta Anadolu Zirai Araştırma Enstitüsü. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Belgesi Notları, Ankara.
- Anonymous 1983. Land Application of Municipal Sludge Proces Design Manual, EPA-625/1-83-016, October 1983.
- Anonymous 1994a. Land application of biosolids, process design manual. U.S. EPA, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, Ohio. Technomic Publishing Co. Inc. Pennsylvania 17604. U.S.A.
- Anonymous 1994b. Guide to septage treatment and disposal. U. S. EPA 625 R-94/002 Cincinnati, Ohio.
- Anonymous 1996. The use of reclaimed water and sludge in food crop production. Environmental Protection Agency. National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C.
- Anonymous 1996. Use of Reclaimed Water and Sludge in Food Crop Production. National Academy Press. Washington D.C.
- Anonymous 2000a. Working Document on Sludge 3RD Draft. Brussels, 27 April 2000.
- Anonymous 2000b Soil Analysis Handbook of Reference Methods. Soil and Plant Analysis Council. CRC Press, Florida.
- Antoniadis, V. and Alloway, B.J. 2001. Availability of Cd, Ni and Zn to ryegrass in sewage sludge-treated soils at different temperatures. Water, Air, and Soil Pollution. 132: 201-214.
- Antoniadis, V. and Alloway, B.J. 2002. The role of dissolved organic carbon in the mobility of Cd, Ni and Zn in sewage sludge amended soils. Environmental Pollution 117; 515-521.

- Arcak, S., Türkmen, C., Karaca, A. and Erdoğan, E. 2000. A study on potential agricultural use of sewage sludge of Ankara waste water treatment plant. International Symposium on desertification (ISD), sayfa 345-349, 13-17 Haziran, Konya,
- Arden, D. A. 1977. The agricultural use of sewage sludge in R. C. Loehr (ed.). Land as a Waste Management Alternative. Springer Verlag. Berlin, pp; 583-603.
- Arnesen, A. K. M., Singh, B.R. 1999. Plant uptake and DTPA-ekstractability of Cd, Cu and Ni in a Norwegian alum shale soil as effected by previous addition of diary and pig manures and peat. Can. J. Soil Sci., 531-539.
- Atlı, A., Koçak, N., Köksal, H. ve Tuncer, T. 1989. Yemlik ve maltlık arpada kalite kriterleri ve arpa ıslahı programlarında kalite değerlendirmesi. Arpa_Malt Senineri, 30 mayıs-1 haziran, Konya.
- Baker, D. E. 1993. Copper. In: Heavy metals in soils. Blackie, London. pp; 151-176.
- Baldwin, J. A. 1972. Link record health data systems. Statistician 21, 325-331. In: Uygulamalı Çevre Bilimi ve Çevre Epidemiyolojisi (Prof Dr. Fethi Doğan) İzmir 1988.
- Basta, N.T. and Tabatabai M.A. 1992. Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils. I. Single-metal adsorption. Soil Sci., 153(2): 108-114.
- Benton, J., Jones, Jr., Wolf, B. and Mills, H.A. 1991. Plant Analysis Handbook, p. 127, Georgia, ABD
- Betinez, E., Romero, E., Gomez, M. and Nogalez, R. 2000. Biosolid and Biosolid-Ash as Sources of Heavy Metals in a Plant-Soil System. Water, Air and Soil Pollution 132: 75-87.
- Bidwell, A. M. and Dowdy, R. H. 1987. Cadmium and zinc availability to corn following termination of sewage sludge applications. Journal of Environmental Quality 4; 207-211.
- Bilgin, N., Eyüpoğlu, H. ve Üstün, H. 2002. Ankara Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Arıtma Tesisi Daire Başkanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü. Biyokatıların (Arıtma Çamurlarının) Arazide Kullanımı, Ankara, 2002.
- Bingham, F. T., Strong J.E. and Sposito G. 1983. İnfluence of chloride salinity on cadmium by Swiss chard. Soil Science, 135: 160-165.
- Bingham, F.T., Page, A.L., Mahler, R.J. and Ganje, T.J. 1975. Growth and Cadmium accumulation of plants grown on a soil treted with cadmium-enriched sewage sludge. J. Environ. Qual., 4: 207-211.
- Bloomfield, C. and Pruden, G. 1975. The effect of aerobic and anaerobic incubation on the extractability of heavy metals in digested sewage sludge. Environ. Pollut., 8: 217-232.

- Boswell, F.C. 1975. Municipal sewage sludge and selected element applications to soil: effect on soil and fescue. *J. Environ. Qual.*, 4: 267-273.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recalibration of Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomy Journal*, 43: 9.
- Bozkurt M.A., Yılmaz İ., Çimrin K. M. 2000a. Kentsel arıtma çamurunun kışık arpada azot kaynağı olarak kullanılması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2000-7(1); 105-110.
- Bozkurt, M.A., Erdal, İ., Çimrin K.M., Karaca S. ve Sağlam M. 2000b. Kentsel arıtma çamuru ve hüyük asit uygulamalarının mısır bitkisinin besin elementi ve ağır metal kapsamına etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4), 35-43.
- Bradford, G. R., Bair, F. L and Hunsaker, V. 1971. *Soil Sci.* 112, 225-230. In: Scheffer/Schachtschabel Toprak Bilimi 12. Baskı, P. Schachtschabel, H. -P. Blume, G. Brümmer, K. -H. Hartge, U. Schwertmann. Çevirenler; H. Özbek, Z. Kaya, M. Gök ve H. Kaptan. Ç. Ü. Ziraat Fak. Gn. Yayın No: 73, Ders Kitapları No: 16. Adana 1993.
- Bray, B.J., Dowdy, R.H., Goodrich, R.D. and Pomp, D.E. 1985. Trace metal accumulation in tissues of goats fed silage produced on sewage sludge-amended soil. *J. Environ. Qual.*, 14:114-118.
- Bremner, J.M. 1965a. Total nitrogen. In: *Methods of Soil Analysis Part 2*; (C.A. Black, Ed). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1145-1178.
- Bremner, J.M. 1965b. Inorganic Forms of Nitrogen. In: *Methods of Soil Analysis*. Black, C.A. American Soc. of Agron. Inc. Publ. Madison, Wisconsin, USA, 1197-1287.
- Carlos, G., Polo, A., and Manuel, S.D. 2004. Plant availability of heavy metals in a soil amended with a high dose of sewage sludge under drought conditions. *Biol. Fertil. Soils* 40, 291-299
- Cakmak, İ. 2000. Role of zinc in protecting plant cells from reactive oxygen species. *New Phytol.*, 146: 185-205.
- Cakmak, İ. and Marschner, H. 1988. Increase in membrane permeability and exudation in roots of zinc deficient plants. *J. Plant Physiol.*, 132: 356-361.
- Carson, P.L. 1980. Recommended potassium test, p: 20-21. In: Kacar, B., 1995.vBitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III-Toprak Analizleri. A.Ü. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Yayınları, Yayın No: 3. Ankara.
- Chaney R.L., Li Y.M., Angle J.S., Baker A.J.M., Reeves R.D., Brown S.L., Homer F.A., Malik M. and Chin, M. 1999. Improving metal hyperaccumulators wild plants to develop commercial phytoextraction systems: Approaches and progress, *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water*, N Terry, G.S Banuelos. CRC Pres Boca Raton, FL.

- Chaney, R.L. and Lloyd, C.A. 1979. Aherence of spray-applied liqued digested sewage sludge to tall fescue. *J. Environ. Qual.* 8: 407-411.
- Chang, A.C., Page, A.L. and Bingham, F.T. 1982. Heavy metal absorption by winter wheat following termination of cropland sludge applications. *J. Environ. Qual.*, 11: 705-708.
- Chapman, H.D. 1965. *Methods of soil analysis Part 2. Chemical microbiological properties.* Ed. C.A. Black., Amer. Soc. of Agron. Inc. Publ. Agron. Series no: 9, Madison, Wisconsin, USA.
- Chaudri, A. M., Celine M. G., Alain, S. H., Badawy M. L., Adams S. P., McGrath, P., and Chambers, J. B. 2001. Cadmium content of wheat grain a long-term field experiment with sewage sludge. *J Environmental Quality* 30 (5): 1575-1580.
- Choudhary, M., Bailey, L.D., and Grant, C.A. 1994. Effect of zinc on cadmium concentration in the tissue of durum wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 74: 549-552. Chichester, 35-41.
- Christensen, T.h. 1989. Cadmium sorption at low concentration: VIII. Correlation with soil parameters. *Water Air Soil Pollut.*, 44; 71-82.
- Chui, V.W.D., Lam-Leung, S.Y., Cheung, M., and Wu, V.K.C. 1992. The use of sewage sludge as basal dressing for vegetable cultivation. *Environmental International*, Vol. 18, pp. 201-209.
- Clarke, J.M., Leisie, D., De Pauw, R.M., and Thiessen, L.L. 1997. Registration of five pairs of durum wheat genetic stocks near-isogenetic for cadmium concentration *Crop Sci.*, 37:197.
- Coker, E.G. (1966). The value of liquid digested sewage sludge. I. The effect of liquid sewage sludge on growth and composition of Grass Clover Swards in Southeast England. *J. Agri.Sci. (Cambridge)* 67: 91-97.
- Corey, R.B., King, L.D., Leu-Hing, C., Fanning, D.C., Street, D.J. and Walker, J.M. 1987. Effects of sludge properties on accumulation of trace elements by crops. In: Page, A.L. (ed.), *Methods of soil analysis, Argon. No.9, Part.2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed., Am. Soc. Argon., Madison, WI, USA.
- Çölkesen, M. ve Kaynak, M.A. 1992. Şanlıurfa koşullarında değişik kökenli arpa çeşitlerinin geliştirilmesi üzerinde araştırmalar. II. Arpa-Malt Semineri Tebliğleri, 205-218.
- Dalmau, J.U., Garau, M.A., and Folipo, M.T. 1990. Laboratory prediction of soluble compounds before soil recycling of wastes. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, 39: 141-146.
- Dam Kofoed, A., and Sondergaard-Klausen, P. 1983. Influence of fertilizer on the cadmium content of soils and crops. Investigations from long term field experiments. State Research Station Askov., 1894-1981. *Tidsskr. Planteavl* 87: 23-32 (in Danish).

- Dann, P.R., Dear, B.S. and Cunningham, R.B. 1989. Comparison of sewage ash, crushed limestone and cement kiln dust as ameliorants for acid soils. *Aust. J. Exp. Agric.*, 29: 541-549.
- Davies, B.E. 1993. Lead In: Heavy Metals. in soils. Blackie, London. pp; 125-146.
- Davis, R.D. 1984. Crop uptake metals (cadmium, lead, mercury, copper, nickel, zinc and chromium) and suludge-treated soil and its implications for soil fertility and for the human diet. In: P.L. Hermite and H. Ott (Eds), *Processing and Use of Sewage Sludge* Reidel, Dordrecht, pp. 349-357.
- DeHaan, S. 1975. Land application of liquid municipal wastewater sludges. *J. Water Pollut. Control*, 47; 2707-2710.
- Delcarte, D., Xanthoulis, C., and Impens, R. 1979. Valorisation agricole des boues. Problemes lies a la presence de metaux lourds. In: *Proceedings of the First European Symposium C.E.E. Treatment and Use of Sewage Sludge*, Cadarche, France (in French).
- Denaix, L., Carrilho De Almedia, L., Mason, P. 2001. Zn and Cd uptake by *Lettuca sativa* depending on pH in soils contaminated by industrial dust fallour. *Proceedings of 6th International Confence on the Biogeochemistry of Trace Elements*, pp 564. Guelph, Canada.
- DIN., 11542., 1978. Torf für Gartenbau und Landwirsthaft.
- Diehl, K.H., Rosopula, A., Kreuzer, W., Judel, G.K. 1983. Das verhalten van bleitetraalkylen im boden unda deren aufnahme durch die pflanze. *Pflanzenernaehr. Bodenk.*, 146, 551.
- Dokuyucu, T. ve Kırtok, Y. 1995. Kahramanmaraş Koşullarında 2 Sıralı Arpa Çeşit ve Hatlarının (*Hordeum distichon*) Bazı Tarımsal Özelliklerin İncelenmesi, III. Arpa-Malt Simpozyumu Bildirileri, Konya.
- Dowdy, R.H., Larson, W.E., Titrud, J.M., and Latterell, J.J. 1978. Growth and metal uptake of snap beans grown on sewage sludge amended soil. A four-year field study. *J. Environ. Qual.*, 7: 252-257.
- Dowdy, R.H., Sloan, J.J., and Dolan, M.S. 1999. Bioavailability of cadmium and zinc 18 years post biosolids applications: Interpretive summary, Agricultural Research Service, Tektran. <http://www.nalusda.gov/ttic/tektran/data/000010/04/0000100473.html>.
- Dudka, S., and Miller, W.P. 1999. Accumulation of potentially toxic elements in plants and their transfer to human food chain. *J. Environ. Sci. Health*, B34(4); 681-708
- Dündar, İ.V. 2002. Aktif çamur sistemlerindeki mikrobiyolojik sorunların tanımlanması ve bunların kinetik kontrolü. A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodlar II). A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı: 295, Ankara.
- Elçi, Ş., Kolsarıcı, Ö. ve Geçit, H.H. 1994. Tarla Bitkileri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1385, Ders Kitabı: 399, Ankara.
- Elliot, H.A. and Denenny, C. M. 1982. Soil adsorption of cadmium from solutions containing organic ligands. *J. Environ. Qual.* 11; 658-662.
- EPA. 1990. National Sewage sludge survey: Availability of information and data, and anticipated impacts on proposed regulations; Proposal Rule 40 CFR Part 503. *Federal Register* 55 (218): 47210-47283., In: The use of reclaimed water and sludge in food crop production. Environmental Protection Agency. National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C., 1996
- EPA. 1993. Technical Support Documents for 40 CFR Part 503. Land application of Sewage Sludge, Vol. IPB93-11075., In: Land Application of Sewage Sludge, Vol. II PB93-110583, Appendices A-L; Pathogen and Vector Attraction Reduction in Sewage Sludge PB93-110609; Human Health Risk Assessment for Use and Disposal of Sewage Sludge, Benefits of Regulation PB93-111540; The Regulatory Impact Analysis PB93-110625. Springfield, Virginia: National Technical Information Service.
- Epstein, E., Keane, D.B., Meisinger, J.J., 1978. Mineralization of nitrogen from sewage sludge and sludge compost. *J. Environ. Qual.*, 7: 217-221.
- Eriksson, J. 1990. Factors influencing adsorption and plant uptake of cadmium from agricultural soils. Department of Soil Sciences Reports and Dissertations. 4. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 29 pp.
- Erol, O. 1973. Ankara Şehri Çevresinin Jeomorfolojik Ana Birimleri. Geomorphological Outlines of The Ankara Area. A. Ü. Coğr. Araşt. Enst. Yayın No:16, Ankara.
- Evans, K.J., Mitchell, I.G., and Salau, B. 1979. Heavy metal accumulation in soils irrigated by sewage and effect in the plant-animal system. *Progressive Water Technology*. Pergamon Press, 11(4/5), pp 339-352.
- Eyüpoğlu, F. 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No: 220, Teknik Yayın No: T-67, Ankara.
- Fang, M.J., Wong, W.C., Li, G.X., and Wong, M.H. 1998. Changes in biological parameters during co-composting of sewage sludge and coal ash residues. *Biores. Technol.*, 64: 55-61.
- Fangmeir, A., Grütters, U., Högy, B. Vermehren, B. and Jager, H.J. 1997. Effects of elevated CO₂, nitrogen supply and tropospheric ozone on spring wheat-II Nutrients (N,P,K,S,Ca,Mg,Fe,Mn,Zn). *Environmental Pollution*, vol: 96, No:1, 43-59.

- FAO. 1990. Micronutrient assesment at the country level: an internatinal study. FAO Soils Bulletin 63, Rome.
- FAO/WHO. 1993. Report of the 8th session of the Codex Commitee on cereals, pulses and legumes held in Washington D.C., 26-30 October 1992. Joint FAO/WHO Food Standars Programme, Codex Alimentarius Commission, 20th Session, Geneva 28 June- 7 July 1993. pp 3.
- FAO/WHO. 1995. Codex Alimentarius Commission: Procedural Manual (Ninth Edition). FAO, Rome.
- Fergusson, J.E. 1990. The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effect. Pergamon Press, Oxford.
- Fletcher, P. and Beckett, P. H. T. 1987. The chemistry of heavy metals in digested sludge II, heavy metal complexation with soluble organic matter. *Water Res.*,21; 1163-1172.
- Garcia, C. and Hernandez, T. 1996. Influence of salinity on the biological and biochemical activity of calcciorthid soil. *Plant Soil*, 178: 155-263.
- Geçit, H.H. ve Adak, M. S. 1988. Osman Tosun Gen Bankasındaki 1-96 sıra numaralı arpa materyalinde bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklerin belirlenmesi. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Cilt 39, Fasikül 1-2; 326-335. Ankara.
- Genç, İ. 1974. Yerli ve yabancı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde verim ve verime etkili başlıca karakterler üzerinde araştırmalar. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 82, Bilimsel ve Araştırma Tezleri: 10, Adana.
- Goodall, D.W. 1948. Studies in the diognasis of deficiency IV. The mineral content pf barley plants in relation to potassium deficiency. *Ann. Apl. Biol.* 35, 605-623. In: Kacar, B. (1972) Bitki Analizleri, Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II., A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları 453, Uygulama Kılavuzu 155, Ankara.
- Grant, C.A. and Bailey, L.D. 1997. Effect of phosphorus and zinc fertilizier management on cadmium accumulation in flaxseed. *J. Sci. Food Agric.*
- Grant, C.A., Bailey, L.D., Harapiak, J.T., Flore, N.A. 2002. Effect of phosphate source rate and cadmium content and use of Penicillium bilaii on phosphorus, zinc and cadmium concetartion in durum wheat grain. *Journal of Science of Food and Agriculture*. Vol. 82, No: 3, pp. 301-308 (8).
- Grant, C.A., Buckley, W.T., Bailey, L.D., and Selles, F. 1998. Cadmium accumulation in crops. *Can. J. Plant Sci.*, 78: 1-17.
- Greaves, J.E. and Pittman D.W. (1946). Influence of fertilizerson the yield and composition of certain crops and on thhe soil. *Soil. Sci.* 61; 239-246. In: Kacar, B. (1972) Bitki Analizleri (Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II. A.Ü.Ziraat Fak. Yayınları 453, uygulama kılavuzu 155. Ankara.
- Guidi, G. 1982. Relationships between organic matter of sewage sludge and physico-chemical properties of soil. Characterization, treatment and use of sewage

- sludge. Proceedings of the second European symposium. P; 530-544. 21-23 October, Vienna.
- Guo-Yan, T., Marschner, H., and Guo, Y.T., 1995. Uptake, distribution and binding of cadmium and nickel in different plant species. *J. Plant Nutr.*, 18: 2691-2706.
- Güneri, E. 2003. Atık çamur uygulanan kireçli bir toprakta yetiştirilen kıvrıkcık bitkisinde kadmiyum ve çinkonun biyolojik alınabilirlik indeksinin saptanması. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- Gürbüz, F., Başpınar, E., Çamdeviren, H. ve Keskin, S. 2003. Tekrarlanan ölçümlü deneme düzenlerinin analizi. Van. 120s.
- Hani, H., Gupta, S. (1983). Second Report on the Standalized Cd-Pot Experiment 1980-81. In Concerted Action Treatment and Use of Sewage Sludge, Cost 68 Ter.
- Harris, N.S. and Taylor, G.J., 2001. Remobilization of cadmium in maturing shoots of near isogenic lines of durum wheat that differ in grain cadmium accumulation. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 52, No: 360, pp 1473-1481.
- Hart, J.J., Welch, R.M., Norvell, W.A., and Kochian, L.V. 2002. Transport interactions between cadmium and zinc in roots of bread and durum wheat seedlings. *Physiologia Plantarum*. 116(1): 73-78.
- Hart, J.J., Welch, R.M., Norvell, W.A., Sullivan, L.A., Kochian, L.V. 1998. Characterization of cadmium binding, uptake and translocation in incompact seedlings of bread and durum wheat cultivars. *Plant Physiology*, 116: 1413-1420.
- Hayes, T.D., and Theis T.L. 1978. The distribution of heavy metals. In: *Anae. digestion. Journal WPCF*.
- Healy, W.B. 1968. Ingestion of soil by dairy cows. *N.Z.J. Agric. Res.*, II. 487-490.
- Hemida, S.K., Omar, S.A. and Abdel-Mallek, A.Y. 1997. Microbial populations and enzyme activity in soil treated with heavy metals. *Water, Air, and Soil Pollution*, 95: 13-22.
- Henning, B. J., Snyman, H. G. and Aveling, T. A. S. 2001. Plant-soil interactions of sludge borne heavy metals and the effect on maize (*Zea mays* L.) seedling growth. *Water S. A.* Vol. 27, No. 1, P; 71-78. ISSN 0378-4738.
- Hernandez, T., Moral, R., Perez-Espinosa, J., Moreno-Caselles, J., Perez-Murcia, M. D. and Garcia, C. 2002. Nitrogen mineralisation potential in calcareous soils amended with sewage sludge. *Bioresource Technology*; 83 (2002), 213-219.
- Hernandez, T., Moreno, J.I., Costa, F., 1991. Influence of sewage sludge application on crop yields and heavy metal availability. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 37: 201-210.
- Hinesly, T.D., Jones, R.L., Ziegler, E.L., and Tyler, J.J. 1977. Effects of annual and accumulative applications of sewage sludge on assimilation of zinc and cadmium by corn *Zea mays* L., *Environ. Sci. Technol.*, 11: 182-188.

- Hinesly, T.D., Ziegler, E.L., and Barret, G.L. 1979. Residual effects of irrigating corn with digested sewage sludge. *J. Environ. Qual.*, 8: 35-38.
- Hocking, P., and McLaughlin, M.J. 2001. Genotypic variation in cadmium accumulation by seed of linseed, and comparison with of some other crop species. *Aust. J. Agric.*, 51: 427-433.
- Hohla, G.N, Jones, R.L., Hinesly, T.D. (1978).The effect of anaerobically digested sewage sludge on organic fractions of Blount silt loam. *J. Environ. Qual.*, 7: 559-569.
- Hooda, P.S. and Alloway, B.J. 1993. Effects of time and temperature on the bioavailability of Cd and Pb from sludge-amended soils. *J. Soil Sci.*, 44. 97-110.
- Hooda, P.S., Mc Nulty, D., Alloway, B.J. and Aitken, M.N. 1997. Plant availability of heavy metals in soils previously amended with heavy applications of sewage sludge. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73(4): 446-454.
- Hovmand, M. A. F. 1983. Cycling of Pb, Cd, Zn and Ni in Danish Agriculture. In: C.E.C. The Influence of Sewage Sludge Application on Physical and Biochemical Properties of Soils, Ed. L.H. Catroux and D. Suess, Reidel Publishing Company, Dordrecht and London.
- ISO/DIS. 1994. 11466.2 Soil quality-Extraction of trace metals soluble in aqua regia: ISO/Tc 190/SC3.
- ISO/DIS. 1995. 11047. Soil quality-determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese, nickel and zinc flame and electrothermal atomic absorption spectrometric methods.
- İkiz, F. 1976. Buğday ıslahında genotip x çevre etkileşimini istatistik analizleri. Doktora Tezi. Ege Ü, Ziraat Fak. Agronomi-Genetik kürsüsü. İzmir.
- Jackson, A.P., and Alloway, B.J. 1991. The bioavailability of cadmium to lettuce and cabbage in soils previously treated with sewage sludges. *Plant and Soil*, 132: 179-186.
- Jackson, A.P., and Alloway, B.J. 1992. The transfer of cadmium from agricultural soils to the human food.
- Jackson, A.P., and Alloway, B.J. 1995. Transfer of cadmium from soils to human food chain, In: Adriano, D.C. Biogeochemistry of Trace Metals, Second Edition. Lewis Publisher, Baton Rouge, Fla., 122-151.
- Jackson, M. L. 1958. Soil chemical analysis. P.1-498. Prentice- Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Jackson, M. L. 1962. Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs., U.S.A.
- Jansson, G. 2002. Cadmium in Arable Crops. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Jansson, G. ve Oborn, I. 2000. Cadmium content of Swedish carrots and the influence of soil factors. *Acta Agriculture Scandinavica Sect. B, Soil and Plant Science* 50:49-56.

- Jarusch-Wehrheim, B., Mocquot, B. and Mench, M. 1999. Absorption and translocation of sludge-borne zinc in field-grown maize (*Zea mays* L.). *European Journal of Agronomy*, 11(1): 23-33.
- Jing, J. and Logan, T.J. 1992. Effects of sewage sludge cadmium concentration on chemical extractability and plant uptake. *J. Environ. Qual.*, 21: 73-81.
- John, M.K. 1972. Lead contamination of some agricultural soils in western Canada. *Environ. Science Technol.*, 5: 1199-1203.
- Johnson, C.M., and Ulrich, A. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. II. *California Agri. Exp. Sta. Bull.*, 766.
- Johnsson, L., Öborn, I., Jansson, G. and Berggren, D. 2000. Quantification of spring wheat (*triticum aestivum* L.) cadmium uptake from subsurface soils. 5th International Symposium on Environmental Geochemistry. University of Cape Town, April 2000.
- Jones, J.B.Jr., Wolf, B., and Mills, H.A. 1991. *Plant Analysis Handbook. I. Methods of plant analysis and interpretation* pp 1-213. Micro-Macro Publishing Inc. USA.
- Jones, K.C., Symon, K.C. and Johnston, A.E. 1987. *Sci. Total Environ.*, 67: 75-90.
- Kabata Pendias, A. and Pendias, H., 1992. *Trace Elements in Soils and Plants*. 2nd edition, CRC Press, Baton Rouge, Fa.
- Kabata Pendias, G., Terelak, H. and Pietruch, C., 2001. Impact of soil factors on Zn and Cd contents in potato tubers. *Proceedings of 6th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements*, pp. 568. Guelph, Canada.
- Kabata-Pendias, A. 2001. Biogeochemical processes affecting soil-plant transfer of trace elements. In: *Proceedings of the 15th International Symposium on Environmental Biogeochemistry*. pp 149-150., Wroclaw, Poland.
- Kabata-Pendias, A., and Pendias, H. 1984. *Trace Elements in Soils and Plants*. pp: 115, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Karaca A. 2004. Effect of organic wastes on the extractability of cadmium, copper, nickel and zinc in soil. *Geoderma an International J. of Soil Science (Special Issue)*, 122, 297-303
- Karaca, A., Turgay, O.C., Kızılkaya, R., ve Haktanır, K. 1996. Topraklara ağır metal (Cd, Pb) ilavesinin bazı biyolojik olaylara etkisi. *Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı*: 111-121, Mersin.
- Kargı, F. 1995. Çevre mühendisliğinde biyoprosesler, 2. Baskı. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- Katkat, A.V, Özgümüş, A. Ve Kaplan, M. 1989. Azotlu ve fosforlu gübrelemenin cumhuriyet 75 buğday çeşinde tane verimi ile tanelerin N,P,K kapsamaları üzerine etkileri. *Toprak İlmi Derneği Tebliği*, yayın no:30, 1-13.

- Kaydan, D. 2003. Arpada Ekim Yöntemleri ve Ekim Sıklıklarının Verim ve Verim Ögeleri Üzerine Etkileri (Doktora Tezi). A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara
- Kearney, T. and Scofield, C.S. 1936. The choice of crops for arid land. U.S. Dept. Agr. Circ., 404.
- Keskin, S. ve Yüksel, M. 1998. Ankara Zir Vadisi ve Yakın Çevresinin Arazi Kullanım Planlaması. M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil. Menemen-İzmir.
- Kırımhan, S., Sağlam, M. T., Karakaplan S. 1983. Erzurum'da kentsel atık sular ile sulanan tarım topraklarında kimyasal kirlenme: II. toprakta ve bitkide ağır metal birikimi. Atatürk Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 14 (3-4); 13-23.
- King, L. D. and Dunlop, W. R. 1982. Application of sewage sludge to soils high in organic matter. J. Environ. Qual. 11; 608-616.
- King, L.D., and Giordano, P.M. 1986. Effect of Sludges on Heavy Metals in Soils and Crops. "Agricultural Use of Municipal and Industrial Sludges in the Southern United States" Chapter 3, pp. 21-29
- Kloke, A., Sauerbeck, D. R. and Vetter H. 1984. The contamination of plants and soils with heavy metals and the transport of metals in terrestrial food chains. In: Nriagu, J.O. (ed.) Changing Metal Cycles and Human Health. Springer Verlag Berlin, pp: 113-141.
- Korbulewsky, N., Dupouyet, S. and Bonin, G. 2002. Environmental risk of applying sewage sludge compost vineyards; carbon, heavy metal nitrogen and phosphorus accumulation. J. Environ. Qual. 31: 1522-1527.
- Köleli, N. 1998. Değişik tahıl türlerinin ve buğday çeşitlerinin kadmiyum toksisitesine duyarlılığı ve buna çinko eksikliğinin etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana.
- Kuduk, C. 1987. Roczn. Glebozn., 38(2): 151. In: Kucharski J. and Niklewska T. 1992. The influence of zinc on the yields of broadbean and microbiological activity of soil. Polish Journal of Soil Science, Vol. XXV/1.
- Lehoczky, E.S. and Albrecht, G. 1999. T5-Bioavailability of Trace Elements. Proc. 5th International Conference on the Biogeochem of Trace Elements. pp. 566. Vienna 99.
- Lerch, R.N.; Barbarick, K.A.; Westfall, D.G., Follett, R.H., McBride, T.M., and Owen. W.F. 1990. Sustainable rates of sewage sludge for Dryland Winter Wheat production I. Soil nitrogen and heavy metals. J. Prod. Agric. Nitrogen and Heavy Metals. J. Prod. Agr. 3(1): 60-65.
- Lester J., N. 1996. Sewage and sewage sludge treatment., In: Pollution: Causes Effects and Control Third Ed., The Royal Society of Chemistry. Cornwall, UK.

- Lindsay, W.L., and Norwell, W.A. 1969. Development of a DTPA Soil Test. *Soil Science American Proceedings*, 35: 600-602.
- Lindsay, W.L., and Norwell, W.A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 421-428.
- Liptak, B.G., and Bouis P.A. 2000. *Hazardous Waste and Solid Waste*, Lewis Publishers, CRC Pres LLC In: Toraman, Ö.Y. ve Topal, H. (2003). Katı atık ve arıtma çamurlarının değerlendirilmesinde alternatif termal teknolojiler ve uygulamaları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt: 18, No: 1, 19-33.
- Logan, T.J., and Chaney, R.L. 1983. Utilization of Municipal Wastewater and Sludge on Land-Metals. pp: 235-323. In: Page A.B. (ed),. *Proc. 1983 workshop on utilization of Municipal wastewater and Sludge on Land*, Denver, CO. January. University of California, Riverside.
- Lopez-Mosquera, M. E., Moiron, C. and Carral, E. 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.
- Lynch, J.M. 1981. Promotion and inhibition of soil aggregate stabilization by micro-organisms. *J. Gen. Microbiol.*, 126: 317-375.
- Madanoğlu, K. 1977. Orta Anadolu Koşullarında Buğday Su Tüketimi (Yektay 406). T.C. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 52, Rapor Yayın No: 19, Ankara.
- Magdoff, F.R. and Amadon, J.F. (1980). Nitrogen Availability from Sewage Sludge. *J. Environ. Qual.*, Vol. 9(3): 451-455.
- Marcy, P. (1936). The quantitative mineral nutrient requirements of plants. *Plant Physiol.* II; 749-764. In: Kacar, B. (1972) *Bitki Analizleri, Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri*; II, A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları 453, uygulama kılavuzu 155., Ankara.
- McBride, M.B. 1995. Toxic metal accumulation form agricultural use of sludge; Are USEPA regulation protective. *J. Environ. Qual.*, 24: 18-25
- McBride, M.B. 2003. Toxic metals in sewage sludge-amended soils; has promotion of beneficial use discounted the risk? *Advances in Environmental Research* 8 (2003), 5-19.
- McClaslin, B.D., and O'Connor, G.A. 1982. Potential fertilizer value of gamma-irradiated sewage-sludge on calcareous soils. *New Mexico Agric. Exp. Stn. Bull.*, 692: 1-30.
- McClean, A.J. 1976. Cadmium in different plant species and its availability in soils as influenced by organic matter and addition of lime P, Cd and Zn. *Can. J. Soil Sci.*, 56; 129-138.

- McGrath, S. P., Brookes, P. C. and Giller, K. E. 1988. Effects of potentially toxic metals in soil derived from past applications of sewage sludge on nitrogenfixation by *Trifolium repens* L. S. Soil Biol. Biochem. 20, 415-424.
- McGrath, S. P., Brookes, P. C. and Giller, K. E. 1988. Effects of potentially toxic metals in soil derived from past applications of sewage sludge on nitrogenfixation by *Trifolium repens* L. S. Soil Biol. Biochem. 20, 415-424.
- McGrath, S.P. and Smith, S. 1993. Chromium and Nickel. In: Heavy metals in soils., Blackie, London. pp; 125-146.
- McGrath, S.P., Zhao, F.J., and Dunham, S.J. 2000. Long term changes in the extractability and bioavailability of zinc and cadmium after sludge application. J. Environ. Qual., 29: 875-883.
- McKenna, I.M., Chaney, R.L. and Williams, F.M. 1993. The effects of cadmium and zinc interactions on the accumulation and tissue distribution of zinc and cadmium in lettuce and spinach. Environ. Pollut., 79: 113-120.
- McLaren, R. G., Williams, J. G. and Swift, R. S. 1983. J. Soil Science 34, 325-331. in Scheffer/ Schachtschabel Toprak Bilimi 12. Baskı, P. Schachtschabel, H. -P. Blume, G. Brümmer, K. -H. Hartge, U. Schwertmann. Çevirenler; H. Özbek, Z. Kaya, M. Gök ve H. Kaptan. Ç. Ü. Ziraat Fak. Gn. Yayın No: 73, Ders Kitapları No: 16. Adana 1993.
- McLaughlin, M.J., and Sings, B.R. 1999. Cadmium in Soils and Plants. Volume: 85, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.
- McLaughlin, M.J., Tiler, K.G., Naidu, R., and Stevens, D.P. 1996. The behavior and impact of contaminants in fertilizers. Aust. J. Soil. Res., 34: 1-54.
- McLaughlin, M.J., Williams, C.M., Mc Kay, A., Kirkham, R., Gunton, J., Jackson, K.J., Thompson, R., Dowling, B., Partington, D., Smart M.K., and Tiler, K.G., 1994. Effect of cultivar on uptake of cadmium by potato tubers. Aust. J. Agric. Res., 45: 1483-1495.
- Mena, E., Garrino, A., Hernandez, T. and Garcia, C. 2003. Bioremediation of sewage sludge by composting. Communications in Soil Science and Plant Analysis, V; 34, Nos. 7/8, pp. 957-971.
- Menelik G., Renau R.B., Martens D.C. ve Simpson T.W. 1991. Yield and elemental composition wheat grain as influenced by source and rate of nitrogen. Journal of Plant Nutrition, 14 (2): 205-217.
- Merrington, G., Oliver, I., Smernik, R.J. and McLaughlin, M.J. 2002. The influence of sewage sludge properties on sludge-borne metal availability. Advances in Environmental Research, article in press. www.elsevier.com/locate/aer
- Miner, G.S., Gutierrez, R., and King, L.D. 1997. Soil factors affecting plant concentrations of Cd, Cu and Zn on sludge-amended soil. Journal of Environmental. Qual., 26: 989-994.

- Moen, J.E.T., Cornet, J.P. and Evers, C.W.A. 1986. Soil Protection and remedial actions: Criteria for decision making and standardization of requermint. 441-448. In: Contaminated Soil (ed. J.W. Assink and W.J. Vandenbrink), Martinus Nijhot Dordiecth.
- Moraghan, J.T. 1993. Accumulation of cadmium and selected elements in flax seed grown on a calcareous soil. *Plant and Soil*, 150: 61-68.
- Moral, R., Cortes, A., Gomez, I., Mataix-Beneyto, J., 2002. Assesing changes in Cd phytoavailability to tomato in amended calcareous soils. *Bioreso. Tchn.*
- Moreno, J.L., Garcia, C, Hernanderz, T., Pascual, J.A. 1996. Transference of heavy metals from a calcareous soil amended with sewage-sludge compost to barley plants. *Bioresource Techn.*, 55: 251-258.
- Moreno, J.L., Garcia, C., Hernanderz, T., Ayuso, M. 1997. Application of composted sewage sludgen contaminated with heavy metals to an agricultural soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* 43 (B), 565-570.
- Morthvedt, J.J., and Giordano, P.M. 1975. Response of corn to zinc and chromium in municipal wastes applied to soil. *J. Environ. Qual.*, 4: 170-174.
- Mrozowska, J. 1982. *Acta Biol. U. Sl.*, 1, 118. In: Kucharski J. and Niklewska T. 1992. The influence of zinc on the yields of broadbean and microbiological activity of soil. *Polish Journal of Soil Science*, Vol. XXV/1.
- MTA. 2004. http://www.mta.gov.tr/mta_web/500.000/500bin/ankara_b.asp
- Munsuz, N. ve Bulur, A. 1984. Ankara Çayının Bölge Topraklarında Yarattığı Sorunların Araştırılması. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Ulusal Çevre Sempozyumu Tebliğ Metinleri; 222-229. Adana (1982).
- Nan, Z., Li, J., Zhang, J. and Cheng, G. 2002. Cadmium and zinc interactions and their transfer in soil-crop system under actual field conditions. *The Science of the Total Environment*, 285: 187-195.
- Nejmeddine, A., Fars, S. and Echab, A. 2000. Removal of dissolved and particulate from of metals by an anaerobik pond system In: Marrakesh Environmental Technology, 21: 225-230.
- Norvell, W.A., Wu, J., Hopkins, D.G., and Welch R.M, 2000. Association of cadmium in durum wheat grain with soil chloride and chelate-extrctable soil cadmium. *Soil Science Society of American Journal*, 64(6): 2162-2168.
- Nriagu, J.O. (Ed.), 1984. Changing Metal Cycles and Human Health. Life Sciences Research Report 28, Dahlem Konferenzen, Springer-Verlag, Berlin.
- Nriagu, J.O. and Pacyna, J.M. 1988. Quantiative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature (London)*, 333: 134-139.

- O'Riordan, E. G., Dodd, V. A., Tunney, H. and Fleming G. A. 1987. The fertiliser nutrient value of activated sewage sludge under grassland field conditions. *Ir. J. Agric. Res.* 26: 213-229.
- Okur, N. ve Çengel, M. 1995a. Bazı ağır elementlerin aluviyal topraklarda biyomas (biyokütle) ve proteaz aktivitesi üzerine etkileri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 19: 341-347.
- Okur, N. ve Çengel, M. 1995b. Bazı ağır metallerin aluvial bir toprakta dimetilsülfoksit redüksiyonu ile otokton bakteri ve fungus popülasyonları üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt: 32, Sayı: 1, 115-122.
- Okur, N. ve Çengel, M. 1996. Toprak mikroorganizmalarına ağır metal toksisitesinde ortam reaksiyonunun etkisi üzerinde bir araştırma. *Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı: 232-239*, 13-15 Mayıs 1996, Mersin.
- Oliver, D.P., Hannam, R., Tiler, K.G., Wilhelm, N.S., Mery, R.H and Cozens, G. 1994. The effects of zinc fertilization on cadmium concentration in wheat grain. *J. Environ. Qual.*, 23: 705-711.
- Olsen, S.R., and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. P.403-430. In: Page A.L. (ed.), *Methods of soil analysis*, Argon. No.9, Part.2, Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed., Am. Soc. Argon., Madison, WI, USA.
- Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S., and Dean, L.B. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *U.S. Dept. of Agr.*, 939 Washington, D.C.
- Öborn, I., Jansson, G., Johansson, L., 1995. A field study on the influence of soil pH on trace element levels in spring wheat (*T. aestivum*), potatoes (*S. tuberosum*) and carrots (*Daucus carota*). *Water, Air and Soil Pollution* 85: 835-840.
- Öborn, I., Johansson, L., Eriksson, J., Jansson, G. and Andersson, A. 1999. T5-Bioavailability of trace elements. *Proc. 5th international conference on the biogeochem of trace elements*. pp. 572, Vienna 99.
- Önal, M.K., Topçuoğlu, B. ve Arı, N. 2003. Toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisi, II. Gelişme ve meyve özellikleri ile meyvede mineral içerikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1): 97-106.
- Özkutlu, F. 2004. Makarnalık buğdayda kadmiyum alımı ve birikimi üzerine tuzluluğun ve çinko beslenmesinin etkisi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı*, Adana.
- Pascual, I., Carmen Antolin, M., Garcia, C., Polo, A., and Sanchez-Diaz, M. 2004. Plant availability of heavy metals in a soil amended with a high dose of sewage sludge under drought conditions. *Biol. Fertil. Soils*, 40: 291-299.
- Pedrano, N. J., Gomez, J., Moral, M.J., Mataix, L. 1996. Improving the agricultural value of semiarid soil by addition of sewage sludge and Almond residue. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 58 (2-3): 1-6.

- Polo, M.S., Ordenez, R., and Giralden, J.V. 1999. Copper and zinc adsorption by sewage sludge-treated soil in Southern Spain. *Commun. Soil. Sci. Plant Analy.*, 30(7,8), 1063-1079.
- Punshon, T., Nicolas L.W., Allovay, B.J. 1999. Bioavailability of Trace Elements. Proc. 5th International Conference of Trace Elements, pp. 578, Vienna.
- Rhoades, J., D. 1982. Cation Exchange Capacity. In: *Methods of Soil Analysis Part 2*; (C.A. Black, Ed),. American Society of Agronomy, Madison, Wis. pp,149-157.
- Richards, L.A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*, USDA, Salinity Laboratory Agricultural Handbook, No.60, pp: 110-118. Riverside.
- Rojas-Cifuentes, G.A. 1998. Effects of zinc fertilization on cadmium accumulation in selected grains. Master of Science Thesis. Fargo, North Dakota.
- Roszyk, E., Roszyk, S., and Spiak, Z. 1988. *Rocz. Glebozn.*, 39(3), 57. In: Kucharski, J., and Niklewska, T. 1992. The influence of zinc on the yields of broadbean and microbiological activity of soil. *Polish J. of Soil Science*, Vol. XXV/1.
- Saabye, A., Krüger, I., and Schwinning H.G. 1994. Treatment and beneficial use of sewage sludge in the European Union, *Time-ISWA*. No: 3.
- Sabey, B.R., Pendleton, R.L. and Webb, B.L. 1990. Effect of municipal sewage sludge, application on growth of two reclamation Shrub Species in copper mine spoils. *J. Environ. Qual.*, 19: 580-586.
- Sağlam, Ö. F. 1999. *Türk Gıda Mevzuatı (En son değişikliklere göre)*. Ankara . s: 401-406.
- Sauerbeck, D., and Lübben, S. 1991. Auswirkungen von Siedlungsabfällen auf Böden, Bodenorganismen und Pflanzen, BMFT Verbundvorhaben, Forschungszentrum Jülich, 416 p.
- Sauerbeck, D.R. 1991. Plant, element and soil properties governing uptake and availability of heavy metals derived from sewage sludge. *Water, Air, and Soil Pollution*, 57-58, 227-237.
- Schaumberg, G. D., LeVesque-Madore, C.S., Garrison Sposito, and Lund, L. J. 1980. Infrared spectroscopic study of the water - Soluble fraction of sewage sludge-soil mixtures during incubation. *J. Environ. Qual.*, 9: 297-303.
- Silviera, D.J., and Sommers, L.E. 1977. Extractability of Copper, Zinc, Cadmium and Lead in Soils Incubated with Sewage Sludge. *J. Environ. Qual.*, 6: 47-52.
- Sims, J. T. 1990. Nitrogen mineralization and elemental availability in soil amended with composed sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 19, 269-275.
- Sings, B.R. 1994. Trace element availability to plants in agriculture soils, with special emphasis and fertilizer inputs. *Environ. Rev.*, 2: 133-146.
- Sings, B.R., and Myhr, K. 1998. Cadmium uptake by barley from different Cd sources at two levels. *Geoderma*, 84: 135-194.

- Smith, S.R. 1996. Agricultural recycling of sewage sludge and the environment. CAB Int., Wallingford, UK.
- Smolders, E., and McLaughlin, M.J. 1996. Effect of Cl on Cd uptake by Swiss chard in nutrient solution. *Plant and Soil*, 179: 57-64.
- Soil Survey Staff. 1993. *Soil Survey Man.*, USDA Handbook No: 18. Washington D.C.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey*, USDA Handbook No: 436, Washington D.C.
- Sommers, L. 1977. Chemical composition of sewage sludges and analysis of their potential use as fertilizers. *J. Environ. Qual.* 6:225-232.
- Sommers, L.E., Nelson, D.W., and Spies, C.D. 1980. Use of sewage sludge in crop production. *Purdue Univ.*, AY-240. USA.
- Sommers, L.E., Nelson, D.W., and Yost, K.J. 1976. Variable nature of chemical composition of sewage sludges. *J. Environ. Qual.*, 5: 303-306.
- Soon, Y. K., Bates, T. E. and Moyer, L. R. 1978. Land application of chemically treated sewage sludge: II. Effect on plant and soil phosphorus, potassium, calcium and magnezyum and soil pH. *J. Environ. Qual.*, 7; 269-273.
- Sönmez, F. ve Yılmaz, N. 2000. Azot ve fosforun arpa tanesinin bazı makro ve mikro besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. *Ankara Ü. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi* 2000, 6 (2);65-75. Ankara.
- Sönmez, F., Ülker, M., Yılmaz, N. and Ege, H. 1993. Bazı yazlık arpa çeşit ve hatlarının Van yöresinde adaptasyonu üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 1993 3/1-2; 325-337.
- Stronach, S.M., Rudd, T. and, Lester, J.N. 1986. Anaerobic digestion processes. In: *Ind. Wastewater Treat.* Springer-Verlag. Berlin.
- Taşatar, B. 1997. Endüstriyel nitelikli arıtma çamurlarının bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara.
- Terelak, H., Kabata-Pendias, G. and Piedruch, C. 2001. Regional variation in trace element content of cereals In Poland. *Proc. 6th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements*, pp. 403. Guelph, Canada.
- Tester, C.F., Sikora, L.J., Taylor, J.M., and Parr, J.F. 1977. Decomposition of sewage sludge compost in soil; I. Carbon and Nitrogen Transformation. *J. Environ. Qual.*, 6: 458-463.
- Tester, C.F., Sikora, L.J., Taylor, J.M., and Parr, J.F., 1979. Decomposition of sewage sludge compost in soil: III. Carbon, Nitrogen and Phosphorus Transformations in Different Sized Fractions. *J. Environ. Qual.*, 8: 79-82.

- Tlustos, P., Pavlikova, D., Balik, J., Szakova, J. and Hanc, A. 2000. The availability of sewage sludge derived cadmium and nickel by crops planted on soils of different types. *Roslinna Vyroba*, 46(12): 555-561.
- Toraman, Ö.Y. ve Topal, H. (2003). Katı atık ve arıtma çamurlarının değerlendirilmesinde alternatif termal teknolojiler ve uygulamaları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fak. Dergisi*, Cilt 18, No 1, 19-33.
- Tosun, H., Ottekin, A. Ve Akar, T. 1993. Bazı arpa çeşitlerinin verim ile verime etkili karakterler arasındaki ilişkiler. *Tarla Bitkileri Araştırma Dergisi* Cilt 2, sayı 4. TARM – Matbaası, Ekim 1993. Ankara.
- Tosun, O. ve Yurtman, N. 1973. Ekmeklik Buğdaylarda Verime Etkili Morfolojik ve Fizyolojik Özellikler. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yıllığı*, 23: 418-434.
- Tuğay, M. E. ve Bozkurt, İ. 1999. Çevre koşullarının bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) hat ve çeşitlerinin tane verimi ve diğer bazı özellikleri üzerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora tezi)*, Tokat.
- Türkeş, M. 1998. İklimsel değişebilirlik açısından Türkiye’de çölleşmeye eğilimli alanlar, DMİ/İTÜ II. Hidrometeoroloji Sempozyumu Bildiri Kitabı, 45-57, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türkmen, C., Karaca, A. and Arcak, S., 2001. Influence of sewage sludge application on heavy metal availability of soil and barley crop. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, Vol. 36, No: 4-6, Sofia.
- Ure, A.M. 1993. Methods of analysis for heavy metals in soils. In: *Heavy metals in soils*. Blackie, London. pp; 40-80.
- US Salinity Laboratory Staff. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Agri. Handbook No: 60, USDA.
- USEPA. 1995. Test methods for evaluating solid waste, physical/chemical methods. SW-846. 3rd ed. U.S. Gov. Print. Office, Washington DC.
- Utsching, J.M. 1985. *Sewage Sludge Versus Nitrogen Fertilizer Application on Dry Land Winter Wheat*. M.S. Thesis, Colorado State Univ. Ft. Collins.
- Utsching, J.M., Barbarick, K.A., Westfall, D.G., Follett, R.H., and McBride, T.M. 1986. Evaluating crop response liquid sludge vs. Nitrogen-fertilizer. *Biocycle*, 27(7), 30-33.
- Velioglu, H., Elmas, İ., Taşkın, Ö. ve Güneri, A. 2004. Gübre Üretim ve Tüketim Durumumuz. Türkiye III. Ulusal Gübre Kongresi Bildiri Kitabı, sayfa, 23-46, Tokat.
- Wang, K.R. 2002. Tolerance of cultivated plants to cadmium and their utilization in polluted farmland soils. *Acta Biotechnologica*, 22 (1-2), 189-198.

- Watson, J.E., Pepper, I.L., Unger, M., and Fuller, W.H. 1985. Yields and leaf elemental composition of Cotton Grown on sludge-amended soil. *J. Environmental Quality*, 14, 174-177.
- Weast, C. 1963. *Handbook of geochemistry and physics*, 50 th Ed., Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio.
- Weggler-Beaton, K., McLaughlin, M.J., and Graham, R.D. 2000. Salinity increases cadmium uptake by wheat and Swiss chard from soil amended with biosolids. *Aust. J. Soil Res.*, 38: 37-45.
- Wenzel, W.W., Blum, W.E.H., Brandstetter, A., Jockwer, F., Kochl, A., Oberforster, M., Oberlander, H.E., Riedler, C., Roth, K., and Vladeva, I. 1996. Effects of soil properties and cultivar on cadmium accumulation in wheat grain. *Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde*, 159: 609-614.
- White, C.S., Lotfin, S.R., and Aguilar, R. 1997. Application of biosolids to degraded semiarid rangeland. Nine year responses. *J. of Env. Qual.*, 26: 1663-1671.
- Wilke, B.M. 1987. *Landwirtsch. Forsch*, 40(4), 336. In: Kucharski J., and Niklewska T. 1992. The influence of zinc on the yields of broadbean and microbiological activity of soil. *Polish Journal of Soil Science*, Vol. XXV/1.
- Willaert, G., and Veloo, M. 1992. Effect os various nitrogen fertilizer on the chemical and biological activity of major and trace elements in a cadmium contaminated soil. *Pedologie* 43, 83-91.
- World Health Organization, 1989. *Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*. Final report submitted to Community and Water Supply Sanitation Unit. Washington, D. C.
- Wu, F.B., Qian, Q., and Zhang, G.P. 2003b. Genotypic differences in effect of cadmium on growth parameters of barley during ontogenesis. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 34: 2021-2034.
- Wu, F.B., Qian, Q. and Yu, J. 2003a. Interaction of cadmium and four microelements for uptake and translocation in different barley genotypes. *Communications In: Soil Science and Plant Analysis*, 34: 2021-2034.
- www.die.gov.tr 2002.T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü.
- www.die.gov.tr 2004.T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü.
- www.dmi.gov.tr 2004.T.C. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Xiao, C., Ma, L.Q., and Sarigumba, T. 1999. Effects of soil trace metal leachability from papermill ashes and sludges. *J. Environ. Qual.*, 25: 129-136.
- Yuan, G., and Lavkulich, L.M. 1997. Sorption behavior of Cu, Zn and Cd in respons to stimulated changes in soil proproperties. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 28-571-587.
- Yürür, N., Tosun, O., Eser, D. ve Geçit, H.H., 1981. Buğdayda anasap verimiyle bazı karakterler arasındaki ilişkiler. *Ankara Ü. Ziraat Fak. Yayınları*: 755.

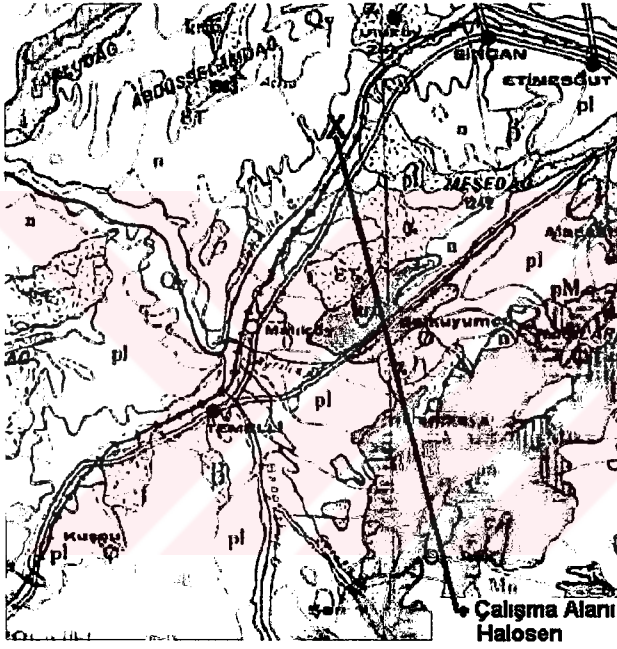
- Zhongren, N., Jijun, L., Jianming, Z., and Guodong, C. 2002. Cadmium and zinc interactions and their transfer in soil-crop system under actual field conditions. *The Science of the Total Environment*, 285: 187-195.
- Zhou, L.Z., and Wong, J.W.C. 2001. Effect of dissolved organic matter from sludge and sludge compost on soil copper sorption. *J. Environ. Qual.*, 30: 255-259.
- Zhou, Q., Wu, Y., and Xiong, X. 1994. Compound pollution of Cd and Zn and its ecological effect on rice plant. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 5: 428-441. (in Chinese).



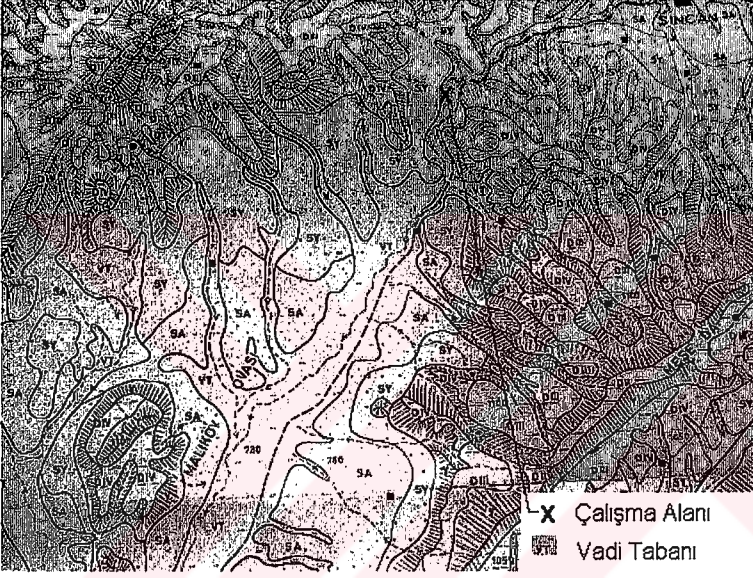


E K L E R

EK 1. Çalışma alanı jeoloji haritası (<http://www.mta.gov.tr>)



EK 2. Çalışma alanı jeomorfoloji haritası (Erol 1973).



EK 3. Çalışma alanına profili fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelgesi

Horizon	Derinlik cm	pH*	EC* dS m ⁻¹	Kireç %	Hacim Ağr. g cm ⁻³	Özgül Ağr. g cm ⁻³	KDK cmol kg ⁻¹	Değişebilir Katyonlar cmol kg ⁻¹			
								Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²
Ap	0 - 25	8.18	1.13	17.17	1.12	2.57	27.20	12.9	4.4	3.30	4.30
A2	25 + 48	8.08	1.27	18.67	1.36	2.61	27.34	15.9	3.7	3.20	3.40
C1	48 + 68	8.31	1.58	19.14	-	2.63	27.55	13.7	3.8	4.15	1.85
C2	68 + 150	8.42	1.64	12.24	-	2.62	25.47	20.5	3.1	4.70	1.20
C3	150 +	7.98	3.26	13.73	-	2.64	26.71	21.3	2.3	3.45	1.65

* pH ve EC saturasyon çamuru ekstraktında ölçülmüştür.

Bünye %				Kaba Materyal (%>2mm)	O.M %	Tarla Kapasitesi %	Solma Noktası %	Yararlı Su %	Toplam Azot %
Kil	Silt	Kum	Sınıf						
47.2	40.2	12.6	SiC	9	0.93	32.49	16.49	16.00	0.13
49.1	40.1	10.8	SiC	9	0.53	29.14	16.00	13.14	0.09
53.2	40.0	6.8	C	16	0.48				0.07
48.3	45.6	6.1	SiC	4	0.35				0.08
72.2	25.3	2.5	C	3	0.31				0.09

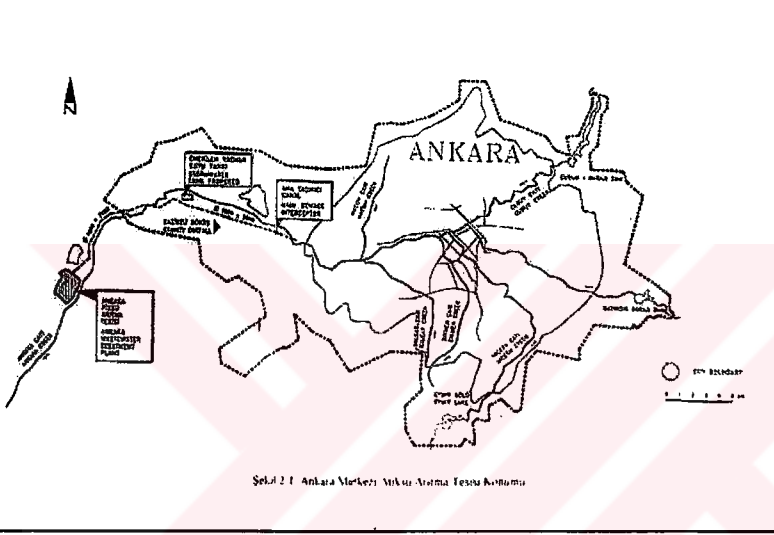
EK 4. Çalışma alanı profili tanımlama özellikleri çizelgesi

Profil no/adı	: 1/Tatlar
Sınıflandırma	:TypicXerofluvent
Koordinat	:4415988N,453191E
Yer	:Tatlarköyü AMAAT Batı sınırı
Mevki	:Tatlar Köyü
Jeomorfoloji	:Ova tabanı
Jeolojik Formasyon	:Aluviyon (Qal)
Deniz seviyesinden yükseklik	:758 m
Arazi kullanımı	:İşlemeli tarım (Deneme alanı)
Erozyon	:Yok
Geçirgenlik	:İyi
Taşlılık	:Yok
Kayalılık	:Yok
Eğim	:% 0-2 (düz-düze yakın)
Taban suyu	:Yok
Tuzluluk-Alkalilik	:Yok
Ana materyal	:Killi, siltli depozitler

EK 5. Çalışma alanı profil horizonlarının bazı morfolojik özellikleri çizelgesi

Horizon	Derinlik cm	Tanımlama Özellikleri
AP	0 - 25	Donuk portakal (7.5 YR 6/4, Kuru), kahverengi (7.5 YR 4/4, Nemli), siltli kil; İri, orta yarı köşeli ve köşeli blok strüktür; az orta kalın bol ince kökler kısa süreli orta şiddetli köpürme, belirgin düz sınır.
A2	25 - 48	Donuk portakal (7.5 YR 6/4, Kuru), donuk kahverengi (7.5 YR 5/4, Nemli), siltli kil; Zayıf, küçük, orta köşeli ve köşeli blok strüktür, az orta kalın ve ince kökler, kısa süreli şiddetli köpürme, belirgin dalgalı sınır.
C1	48 – 68	Donuk kahverengi (7.5 YR 6/3, Kuru), donuk kahverengi (7.5 YR 5/4, Nemli), kil, az orta kalın ve ince kökler, nadir çok kalın kökler, kısa süreli şiddetli köpürme, orta bol küçük kireç konkresyonları, belirgin dalgalı sınır.
C2	68 – 150	Grimsi kahverengi (7.5 YR 6/2, Kuru), donuk kahverengi (7.5 YR 5/3, Nemli), siltli kil, çok az orta kalın ve az ince kökler, kısa süreli çok şiddetli köpürme, bol miktarda renk benekleri belirgin düz sınır.
C3	150 +	Donuk kahverengi (7.5 YR 6/3, Kuru), donuk kahverengi (7.5 YR 5/4, Nemli), kil, çok az orta ve ince kökler, kısa süreli şiddetli köpürme, taban suyu yok.

EK 6. AMAAT kanalizasyon havza alanı planı (Dündar 2002)



Ek 7. AMAAT 1999-2003 yılları atıksu özellikleri yıllık ortalamaları çizelgesi*

Yıl	AKM Giriş, mg L ⁻¹	AKM Çıkış, mg L ⁻¹	BOİ, Giriş, mg L ⁻¹	BOİ, Çıkış, mg L ⁻¹	KOI Giriş, mg L ⁻¹	KOI Çıkış, mg L ⁻¹	Akış, m ³ gün ⁻¹	Çamur Keki, t gün ⁻¹	ÇKM, %	Toplam Azot Giriş, mg L ⁻¹	Toplam Azot Çıkış, mg L ⁻¹	PO ₄ -P Giriş, mg L ⁻¹	PO ₄ -P Çıkış, mg L ⁻¹
1999	167	13	156	8	304	43	514	391	26,3	38	20	8,19	5,31
2000	174	15	180	10	328	44	527	322	26,5	41	20	7,96	5,39
2001	231	17	227	12	434	56	483	295	27,0	73	36	8,83	5,86
2002	190	15	93	9	350	44	528	319	27,1	30	21	5,46	5,50
2003	205	14	180	9	336	41	668	314	26,3	28	22	6,15	5,09

*Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Daire Başkanlığı 29.7.2004 Tarih ve 1147/19 sayılı yazı ekinde uyarlanmıştır.

EK 8. Uzun yıllar iklim verileri çizelgesi Ankara-Etimesgut (DMİ 2004)

Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Gözlem Ortalaması ve Yıl Sayısı
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.6	1.2	5.5	10.6	15.5	19.6	23.1	22.6	17.8	11.8	5.8	1.7	11.2(48Yıl)
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.3	20.4	26.5	32.0	34.8	37.3	42.0	40.6	37.2	33.8	25.0	18.6	42.0 (48 Yılda 2000 Yılı)
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.1	-26.6	-24.6	-8.4	-4.0	0.9	2.2	3.6	-5.4	-8.7	-12.8	-24.2	4.2(48Yıl)
Ortalama Yağış (mm)	40.0	34.5	34.8	45.5	45.3	32.3	14.9	11.6	15.2	24.2	29.3	47.1	374.7(47Yıl)
Ortalama Nispi Nem (%)	77	75	68	66	63	56	51	51	56	65	74	79	65 (41 Yıl)
Ortalama Toprak Sıcaklığı. (20 cm °C)	1.8	2.2	6.1	11.7	17.3	21.8	25.1	25.0	20.9	14.4	7.5	3.4	13.1 (33 Yıl)
Ortalama Donlu Gün Sayısı	24.1	21.0	17.2	5.0	0.4	-	-	-	0.2	5.1	14.7	20.5	108.2 (48 Yıl)
Den. Dön. Yağış Ortalaması (mm)	24.3	32.5	23.6	74.2	34.5	6.8	8.3	5.2	13.1	16.0	23.7	68.8	331.8 üç yıl (2001-2003)

EK 9. Deneme bitkisinin sertifikasyon özellikleri

Adı	: <i>Hordeum vulgare conv. distichon</i> (Tokak 157/37)
İslah edildiği kuruluş	: Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü /Ankara
İslah metodu ve tescil yılı	: Seleksiyon metodu-7.10.1963
Sap ve yaprak özellikleri	: Saplar, uzun boylu yatmaya dayanıklılığı orta, yapraklar dar, uzun, yarı dik ve orta koyu yeşil yapraklı
Başak Özellikleri	: İki sıralı, seyrek, uzun ve kılıçlar başağa paraleldir
Tane özellikleri	: Açık saman sarısı renkli, iri, uzun, dolgun taneli ve 1000 tane ağırlığı 45-50 g' dır
Tarımsal özellikleri	: Adaptasyon kabiliyeti çok yüksek olan alternatif bir çeşittir, orta erkenci olup kışa ve kurağa dayanımı ortadır, olum devresinde başak ekseni kırılmaz harmanlanma kabiliyeti iyidir
Hastalık durumu	: Başak hastalıklardan, kapalı راستاğa (<i>U.hordei</i>) hassas olusundan dolayı tohumluğun ilaçlanarak kullanılması gerekmektedir, yaprak hastalıklarından yaprak çizgi (<i>H.gramineum</i>) ve yaprak leke (<i>R. secalis</i>) hastalığına orta hassastır
Kalite özellikleri	: Maltlık kalitesi iyi, yetiştirildiği ekolojiye göre yemlik ve maltlık olarak değerlendirilebilir
Önerildiği bölgeler	: Popülasyon karakterli bir çeşit olduğundan; Trakya, Marmara, ve sahil kuşağı hariç diğer bütün bölgelerin özellikle kıraç alanları için kışlık ve erken ilkbahar olarak ekilmesi tavsiye edilebilir (Anonim 1963).

EK 10. Araştırma Bulguları Varyans Analiz Çizelgeleri

EK 10.1. Toprak pH'sı varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.04951	1	0.04951	3.339	0.074
Zaman * Azot	0.04411	3	0.01470	0.992	0.405
Zaman * Çamur	0.157	5	0.03133	2.113	0.080
Zaman * Azot * Çamur	0.215	15	0.01434	0.967	0.502
Hata 2	0.712	48	0.01483		
Azot	0.006524	3	0.002175	0.121	0.947
Çamur	0.477	5	0.09540	5.302**	0.001
Azot * Çamur	0.305	15	0.02031	1.129	0.358
Hata 1	0.864	48	0.01799		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.2. Toprak EC'si varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	3518125.444	1	3518125.4	49.169**	0.000
Zaman * Azot	322885.778	3	107628.59	1.504	0.225
Zaman * Çamur	611405.472	5	122281.09	1.709	0.151
Zaman * Azot * Çamur	1029439.306	15	68629.287	0.959	0.510
Hata 2	3434473.000	48	71551.521		
Azot	585946.3	3	195315.44	2.553	0.066
Çamur	32471050	5	6494210.0	84.876**	0.000
Azot * Çamur	1508288	15	100552.58	1.314	0.231
Hata 1	3672675	48	76514.062		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.3. Toprak organik maddesi varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.152	1	0.152	7.862**	0.007
Zaman * Azot	0.007522	3	0.002507	0.130	0.942
Zaman * Çamur	0.01320	5	0.002640	0.136	0.983
Zaman * Azot * Çamur	0.121	15	0.008072	0.417	0.967
Hata 2	0.929	48	0.01935		
Azot	0.04472	3	0.01491	0.491	0.690
Çamur	8.235	5	1.647	54.216**	0.000
Azot * Çamur	0.125	15	0.008324	0.274	0.996
Hata 1	1.458	48	0.03038		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.4. Toprakta toplam azot varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.05063	1	0.05063	75.938**	0.000
Zaman * Azot	0.006558	3	0.002186	3.279*	0.029
Zaman * Çamur	0.005108	5	0.001022	1.532	0.198
Zaman * Azot * Çamur	0.01241	15	0.0008272	1.241	0.276
Hata	0.03200	48	0.0006667		
Azot	0.009103	3	0.003034	4.396**	0.008
Çamur	0.02556	5	0.005113	7.407**	0.000
Azot * Çamur	0.01570	15	0.001046	1.516	0.137
Hata	0.03313	48	0.0006903		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.5. Toprakta alınabilir fosfor varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	2228.548	1	2228.548	207.975**	0.000
Zaman * Azot	29.748	3	9.916	0.925	0.436
Zaman * Çamur	665.792	5	133.158	12.427**	0.000
Zaman * Azot * Çamur	92.714	15	6.181	0.577	0.878
Hata	514.343	48	10.715		
Azot	4.825	3	1.608	0.151	0.928
Çamur	1403.593	5	280.719	26.421**	0.000
Azot * Çamur	123.263	15	8.218	0.773	0.699
Hata	509.993	48	10.625		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.6. Toprakta ekstrakte edilebilir potasyum varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.256	1	0.256	4.534*	0.038
Zaman * Azot	0.218	3	0.07278	1.290	0.289
Zaman * Çamur	0.208	5	0.04166	0.738	0.599
Zaman * Azot * Çamur	0.428	15	0.02856	0.506	0.925
Hata	2.709	48	0.05644		
Azot	0.260	3	0.08664	1.937	0.136
Çamur	0.776	5	0.155	3.467**	0.009
Azot * Çamur	0.750	15	0.04998	1.117	0.368
Hata	2.148	48	0.04474		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.7. Toprakta KDK varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	2.392	1	2.392	0.944	0.336
Zaman * Azot	1.274	3	0.425	0.168	0.918
Zaman * Çamur	1.873	5	0.375	0.148	0.980
Zaman * Azot * Çamur	8.343	15	0.556	0.220	0.999
Hata	121.584	48	2.533		
Azot	2.776	3	0.925	0.518	0.672
Çamur	395.294	5	79.059	44.217**	0.000
Azot * Çamur	11.610	15	0.774	0.433	0.961
Hata	85.823	48	1.788		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.8. Toprakta NH₄ varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	25.993	1	25.993	0.085	0.772
Zaman * Azot	624.721	3	208.240	0.682	0.567
Zaman * Çamur	1520.776	5	304.155	0.996	0.430
Zaman * Azot * Çamur	1131.690	15	75.446	0.247	0.998
Hata 2	14657.255	48	305.359		
Azot	366.269	3	122.090	0.919	0.439
Çamur	969.179	5	193.836	1.459	0.221
Azot * Çamur	2500.191	15	166.679	1.255	0.267
Hata 1	6377.396	48	132.862		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.9. Toprakta NO₃ varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	12867.310	1	12867.310	15.639**	0.000
Zaman * Azot	939.168	3	313.056	0.380	0.767
Zaman * Çamur	1632.415	5	326.483	0.397	0.849
Zaman * Azot * Çamur	5536.323	15	369.088	0.449	0.954
Hata 2	39492.746	48	822.766		
Azot	4917.782	3	1639.261	2.409	0.078
Çamur	20198.27	5	4039.655	5.937**	0.000
Azot * Çamur	136680.95	15	911.264	1.339	0.217
Hata 1	32657.98	48	680.375		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.10.Toprakta toplam Cd varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.003990	1	0.003990	3801.78**	0.000
Zaman * Azot	0.00002927	3	0.000009	0.930	0.434
Zaman * Çamur	0.0001742	5	0.0000348	33.204**	0.000
Zaman * Azot * Çamur	0.00009167	15	0.0000611	0.582	0.874
Hata	0.00005038	48	0.0000105		
Azot	0.008364	3	0.002788	0.333	0.802
Çamur	0.659	5	0.132	15.737**	0.000
Azot * Çamur	0.07369	15	0.004913	0.586	0.871
Hata	0.402	48	0.008.382		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.11.Toprakta toplam Cu varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	10.670	1	10.670	3.142	0.083
Zaman * Azot	2.146	3	0.715	0.211	0.889
Zaman * Çamur	14.133	5	2.827	0.832	0.533
Zaman * Azot * Çamur	37.289	15	2.486	0.732	0.741
Hata	163.014	48	3.396		
Azot	9.990	3	3.330	0.683	0.567
Çamur	159.046	5	31.809	6.529**	0.000
Azot * Çamur	45.275	15	3.018	0.619	0.844
Hata	233.866	48	4.872		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.12. Toprakta toplam Ni varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	11892.751	1	11892.751	12.538**	0.001
Zaman * Azot	4692.365	3	1564.122	1.649	0.191
Zaman * Çamur	4160.863	5	832.173	0.877	0.503
Zaman * Azot * Çamur	10673.842	15	711.589	0.750	0.722
Hata	45530.405	48	948.550		
Azot	4104.824	3	1368.275	1.533	0.218
Çamur	1893.645	5	378.729	0.424	0.829
Azot * Çamur	11994.31	15	799.621	0.896	0.573
Hata	42846.37	48	892.633		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.13. Toprakta toplam Pb varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	444.507	1	444.507	155.458**	0.000
Zaman * Çamur	322.862	5	64.572	22.583**	0.000
Zaman * Azot	10.673	3	3.558	1.244	0.304
Zaman * Azot * Çamur	21.320	15	1.421	0.497	0.930
Hata	137.248	48	2.859		
Azot	33.970	3	11.323	1.292	0.288
Çamur	1.623	5	0.322	88.496**	0.000
Azot * Çamur	73.319	15	4.888	0.558	0.892
Hata	441	48	0.009		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.14. Toprakta toplam Zn varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	6934.284	1	6934.284	8.068**	0.007
Zaman * Azot	706.342	3	235.447	0.274	0.844
Zaman * Çamur	1470.576	5	294.115	0.342	0.885
Zaman * Azot * Çamur	12044.976	15	802.998	.934	.535
Hata	41255.472	48	859.489		
Azot	2099.628	3	699.876	0.770	0.516
Çamur	17115.36	5	3423.072	3.768**	0.006
Azot * Çamur	8358.942	15	557.263	0.613	0.849
Hata	43601.23	48	908.359		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.15. Toprakta ekstrakte edilebilir Cd varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.002906	1	0.002906	2.012	0.163
Zaman * Azot	0.001187	3	0.0003956	0.274	0.844
Zaman * Çamur	0.01261	5	0.002522	1.746	0.142
Zaman * Azot * Çamur	0.008213	15	0.0005476	0.379	0.978
Hata	0.06934	48	0.001445		
Azot	0.02055	3	0.006850	3.103*	0.035
Çamur	0.266	5	0.05322	24.105**	0.000
Azot * Çamur	0.07572	15	0.005048	2.287*	0.015
Hata	0.106	48	0.002208		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.16. Toprakta ekstrakte edilebilir Cu varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.08370	1	0.08370	0.897	0.348
Zaman * Azot	0.709	3	0.236	2.533	0.068
Zaman * Çamur	0.607	5	0.121	1.301	0.279
Zaman * Azot * Çamur	1.724	15	0.115	1.231	0.283
Hata	4.480	48	0.09333		
Azot	0.605	3	0.202	1.942	0.135
Çamur	34.383	5	6.877	66.153**	0.000
Azot * Çamur	1.013	15	0.06755	0.650	0.818
Hata	4.990	48	0.104		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.17. Toprakta ekstrakte edilebilir Ni varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.009383	1	0.009383	0.169	0.683
Zaman * Azot	0.01541	3	0.005138	0.093	0.964
Zaman * Çamur	0.09525	5	0.01905	0.344	0.884
Zaman * Azot * Çamur	0.108	15	0.007227	0.130	1.000
Hata	2.660	48	0.05542		
Azot	1.312	3	0.437	1.836	0.153
Çamur	8.714	5	1.743	7.315**	0.000
Azot * Çamur	5.755	15	0.384	1.610	0.106
Hata	11.436	48	0.238		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.18. Toprakta ekstrakte edilebilir Pb varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.245	1	0.245	5.071*	0.029
Zaman * Azot	0.03801	3	0.01267	0.262	0.852
Zaman * Çamur	0.302	5	0.06042	1.250	0.301
Zaman * Azot * Çamur	0.389	15	0.02592	0.536	0.906
Hata	2.319	48	0.04832		
Azot	2.539	3	0.846	2.873*	0.046
Çamur	43.427	5	8.685	29.485**	0.000
Azot * Çamur	8.383	15	0.559	1.897*	0.048
Hata	14.140	48	0.295		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.19. Toprakta ekstrakte edilebilir Zn varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	135.333	1	135.333	3914.90**	0.000
Zaman * Azot	1.197	3	0.399	11.544**	0.000
Zaman * Çamur	48.211	5	9.642	278.932**	0.000
Zaman * Azot * Çamur	1.995	15	0.133	3.847**	0.000
Hata	1.659	48	3.457E-02		
Azot	14.758	3	4.919	1.106	0.356
Çamur	1309.898	5	261.980	58.897**	0.000
Azot * Çamur	51.740	15	3.449	0.775	0.697
Hata	213.510	48	4.448		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.20. Bitki boyu varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	26283.975	1	26283.975	1909.25**	0.000
Zaman * Azot	135.666	3	45.222	3.285*	0.029
Zaman * Çamur	396.436	5	79.287	5.759**	0.000
Zaman * Azot * Çamur	157.228	15	10.482	.761	.711
Hata	660.798	48	13.767		
Azot	196.649	3	65.550	4.640**	0.006
Çamur	796.064	5	159.213	11.270**	0.000
Azot * Çamur	244.887	15	16.326	1.156	0.337
Hata	678.119	48	14.127		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.21. Başak boyu varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	17.584	1	17.584	66.944**	0.000
Zaman * Azot	0.257	3	8.550E-02	0.326	0.807
Zaman * Çamur	8.638	5	1.728	6.577**	0.000
Zaman * Azot * Çamur	3.002	15	0.200	0.762	0.711
Hata	12.608	48	0.263		
Azot	0.938	3	0.313	0.998	0.402
Çamur	9.709	5	1.942	6.193**	0.000
Azot * Çamur	2.894	15	0.193	0.615	0.848
Hata	15.051	48	0.314		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.22. Başakta tane sayısı varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	8.140	1	8.140	392.545**	0.000
Zaman * Azot	0.080	3	0.027	1.289	0.289
Zaman * Çamur	0.434	5	0.087	4.181**	0.003
Zaman * Azot * Çamur	0.659	15	2.120	4.224*	0.025
Hata	0.995	48	0.210		
Azot	0.132	3	0.044	3.114*	0.035
Çamur	1.320	5	0.264	18.672**	0.000
Azot * Çamur	0.702	15	0.047	3.310**	0.001
Hata	0.679	48	0.014		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.23. m²'de başak sayısı varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	36.536	1	36.536	99.921**	0.000
Zaman * Azot	6.043	3	2.014	5.509**	0.002
Zaman * Çamur	2.943	5	0.589	1.610	0.176
Zaman * Azot * Çamur	9.543	15	0.636	1.740	0.074
Hata	17.551	48	0.366		
Azot	8.910	3	2.970	9.708	0.000
Çamur	11.200	5	2.240	7.322**	0.000
Azot * Çamur	8.528	15	0.569	1.858	0.053
Hata	14.685	48	0.306		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.24. Başakta tane verimi varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.422	1	0.422	320.627**	0.000
Zaman * Azot	0.001927	3	0.0006423	0.488	0.692
Zaman * Çamur	0.003536	5	0.0007071	0.538	0.747
Zaman * Azot * Çamur	0.01635	15	0.001090	0.829	0.642
Hata	0.06312	48	0.001315		
Azot	0.001609	3	0.0005362	0.341	0.795
Çamur	0.117	5	0.02333	14.852**	0.000
Azot * Çamur	0.07280	15	0.004854	3.090**	0.002
Hata	0.07539	48	0.001571		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.25. Bin tane ağırlığı varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	156.083	1	156.083	52.524**	0.000
Zaman * Azot	13.231	3	4.410	1.484	0.231
Zaman * Çamur	15.249	5	3.050	1.026	0.413
Zaman * Azot * Çamur	26.469	15	1.765	0.594	0.865
Hata	142.638	48	2.972		
Azot	18.172	3	6.057	2.036	0.121
Çamur	132.940	5	26.588	8.936**	0.000
Azot * Çamur	49.339	15	3.289	1.105	0.377
Hata	142.818	48	2.975		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.26. Hasat indeksi varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	106.09	1	106.09	8.354**	0.006
Zaman * Azot	19.935	3	6.645	0.523	0.668
Zaman * Çamur	111.889	5	22.378	1.762	0.139
Zaman * Azot * Çamur	75.322	15	5.021	0.395	0.974
Hata	609.561	48	12.699		
Azot	26.575	3	8.858	0.798	0.501
Çamur	100.793	5	20.159	1.817	0.127
Azot * Çamur	0.163	15	0.01085	0.699	0.772
Hata	532.504	48	11.094		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.27. Dekara verim varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	23786.379	1	23786.379	86.724**	.000
Zaman * Azot	2382.954	3	794.318	2.896*	.045
Zaman * Çamur	4879.874	5	975.975	3.558**	.008
Zaman * Azot * Çamur	10117.313	15	674.488	2.459**	.009
Hata	13165.349	48	274.278		
Azot	16084.08	3	5361.360	20.961**	.000
Çamur	28484.35	5	5696.871	22.272**	.000
Azot * Çamur	21719.97	15	1447.998	5.661**	.000
Hata	12277.56	48	255.783		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.28. Bitki sapında N varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	1.560	1	1.560	92.188**	0.000
Zaman * Azot	0.09304	3	0.03101	1.832	0.154
Zaman * Çamur	1.349	5	0.270	15.935**	0.000
Zaman * Azot * Çamur	0.231	15	0.01543	0.911	0.558
Hata	0.812	48	0.01693		
Azot	0.643	3	0.214	13.831**	0.000
Çamur	11.934	5	2.387	153.900**	0.000
Azot * Çamur	0.163	15	0.01085	0.699	0.772
Hata	0.744	48	0.01551		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.29. Bitki sapında P varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.002584	1	0.002584	2.712	0.106
Zaman * Azot	0.001913	3	0.0006377	0.669	0.575
Zaman * Çamur	0.003670	5	0.0007340	0.770	0.576
Zaman * Azot * Çamur	0.01805	15	0.001203	1.263	0.262
Hata	0.04573	48	0.0009528		
Azot	0.004474	3	0.001491	1.305	0.284
Çamur	0.01410	5	0.002820	2.467*	0.046
Azot * Çamur	0.02075	15	0.001384	1.210	0.297
Hata	0.05487	48	0.001143		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.30. Bitki sapında K varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	56.538	1	56.538	392.944**	.000
Zaman * Azot	.101	3	3.366E-02	.234	.872
Zaman * Çamur	.376	5	7.518E-02	.523	.758
Zaman * Azot * Çamur	2.807	15	.187	1.301	.239
Hata	6.906	48	.144		
Azot	8.175	3	2.725	11.786**	.000
Çamur	1.938	5	.388	1.677	.158
Azot * Çamur	3.307	15	.220	.954	.515
Hata	11.098	48	.231		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.31. Bitki sapında Cd varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.0001143	1	0.0001143	7.725**	0.008
Zaman * Azot	0.000006105	3	0.0000020	0.138	0.937
Zaman * Çamur	0.00004179	5	0.0000083	0.565	0.726
Zaman * Azot * Çamur	0.00002894	15	0.0000019	0.130	1.000
Hata	0.0007103	48	0.0000148		
Azot	0.000105	3	0.0000352	2.267	0.093
Çamur	0.004089	5	0.0008177	52.670**	0.000
Azot * Çamur	0.000046	15	0.0000031	0.199	0.999
Hata	0.000745	48	0.0000155		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.32. Bitki sapında Cu varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	1.389	1	1.389	16.335**	0.000
Zaman * Azot	2.159E-02	3	7.196E-03	0.085	0.968
Zaman * Çamur	0.708	5	0.142	1.664	0.161
Zaman * Azot * Çamur	0.450	15	3.003E-02	0.353	0.985
Hata	4.082	48	8.503E-02		
Azot	0.498	3	0.166	1.633	0.194
Çamur	54.991	5	10.998	108.289**	0.000
Azot * Çamur	0.302	15	2.014E-02	0.198	0.999
Hata	4.875	48	0.102		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.33. Bitki sapında Ni varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.02812	1	0.02812	5.694*	0.021
Zaman * Azot	0.0008457	3	0.0002819	0.057	0.982
Zaman * Çamur	0.01287	5	0.002575	0.521	0.759
Zaman * Azot * Çamur	0.01032	15	0.0006879	0.139	1.000
Hata	0.237	48	0.004938		
Azot	0.04880	3	0.01627	3.116*	0.035
Çamur	2.614	5	0.523	100.150**	0.000
Azot * Çamur	0.115	15	0.007660	1.467	0.156
Hata	0.251	48	0.005220		

** ; p: 0.01 ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.34. Bitki sapında Pb varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.008489	1	0.008489	9.447**	0.003
Zaman * Azot	0.0003619	3	0.0001206	0.134	0.939
Zaman * Çamur	0.003126	5	0.0006253	0.696	0.629
Zaman * Azot * Çamur	0.002021	15	0.0001347	0.150	1.000
Hata	0.04313	48	0.0008986		
Azot	0.04425	3	0.01475	24.419**	0.000
Çamur	1.983	5	0.397	656.791**	0.000
Azot * Çamur	0.04143	15	0.002762	4.573**	0.000
Hata	0.02899	48	0.0006040		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.35. Bitki sapında Zn varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	308.085	1	308.085	3619.26**	0.000
Zaman * Azot	0.370	3	0.123	1.451	0.240
Zaman * Çamur	218.547	5	43.709	513.482**	0.000
Zaman * Azot * Çamur	0.597	15	0.03983	0.468	0.945
Hata	4.086	48	0.08512		
Azot	23.927	3	7.976	0.195	0.899
Çamur	6744.509	5	1348.902	33.021**	0.000
Azot * Çamur	82.171	15	5.478	0.134	1.000
Hata	1960.789	48	40.850		

** ; p: 0.01. * ; p: 0.05

EK 10.36. Bitki tanesinde N varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	.853	1	.853	5.741*	.021
Zaman * Azot	.220	3	7.345E-02	.495	.688
Zaman * Çamur	1.002	5	.200	1.350	.260
Zaman * Azot * Çamur	1.988	15	.133	.892	.577
Hata	7.128	48	.149		
Azot	.881	3	.294	2.203	.100
Çamur	18.927	5	3.785	28.383**	.000
Azot * Çamur	1.874	15	.125	.937	.532
Hata	6.402	48	.133		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.37. Bitki tanesinde P varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.177	1	0.177	141.445**	0.000
Zaman * Azot	0.00332	3	0.001106	0.884	0.456
Zaman * Çamur	0.01435	5	0.002869	2.291	0.060
Zaman * Azot * Çamur	0.01149	15	0.0007657	0.612	0.851
Hata	0.06010	48	0.001252		
Azot	0.01443	3	0.004810	4.101*	0.011
Çamur	0.09581	5	0.01916	16.337**	0.000
Azot * Çamur	0.02361	15	0.001574	1.342	0.216
Hata	0.05630	48	0.001173		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.38. Bitki tanesinde K varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.526	1	0.526	392.583**	0.000
Zaman * Azot	0.001569	3	0.0005231	0.391	0.760
Zaman * Çamur	0.01210	5	0.002420	1.807	0.129
Zaman * Azot * Çamur	0.002074	15	0.001383	1.033	0.440
Hata	0.006427	48	0.001339		
Azot	0.002050	3	0.0006833	0.414	0.743
Çamur	0.03178	5	0.006356	3.855**	0.005
Azot * Çamur	0.03436	15	0.002291	1.389	0.191
Hata	0.07913	48	0.001649		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.39. Bitki tanesinde Cd varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.001118	1	0.001118	200.408**	.000
Zaman * Azot	0.00000099	3	0.0000003	.060	.981
Zaman * Çamur	0.00007386	5	0.0000147	2.647*	.034
Zaman * Azot * Çamur	0.00001519	15	0.0000010	.181	1.000
Hata	0.0002679	48	0.0000055		
Azot	0.000092	3	0.0000307	4.347**	.009
Çamur	0.003471	5	0.0006941	97.999**	.000
Azot * Çamur	0.000027	15	0.0000018	.262	.997
Hata	0.000340	48	0.0000070		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.40. Bitki tanesinde Cu varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	1.082	1	1.082	28.208**	0.000
Zaman * Azot	0.009794	3	0.003265	0.085	0.968
Zaman * Çamur	0.148	5	0.02968	0.774	0.573
Zaman * Azot * Çamur	0.175	15	0.01166	0.304	0.993
Hata	1.841	48	0.03836		
Azot	1.669	3	0.556	12.518**	0.000
Çamur	63.806	5	12.761	287.207**	0.000
Azot * Çamur	0.196	15	0.01307	0.294	0.994
Hata	2.133	48	0.04443		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.41.Bitki tanesinde Ni varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.001441	1	0.001441	0.696	0.408
Zaman * Azot	0.0002145	3	0.0000715	0.035	0.991
Zaman * Çamur	0.002544	5	0.0005.089	0.246	0.940
Zaman * Azot * Çamur	0.001411	15	0.0000940	0.045	1.000
Hata	0.09941	48	0.002071		
Azot	0.01830	3	0.006100	4.317**	0.009
Çamur	0.983	5	0.197	139.129**	0.000
Azot * Çamur	0.002849	15	0.0001900	0.134	1.000
Hata	0.06782	48	0.001413		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.42. Bitki tanesinde Pb varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.005	1	0.005	0.884	0.352
Zaman * Azot	0.003	3	0.001	0.194	0.900
Zaman * Çamur	0.003	5	0.001	0.099	0.992
Zaman * Azot * Çamur	0.008	15	0.001	0.094	1.000
Hata	0.257	48	0.005		
Azot	0.002	3	0.001	0.125	0.945
Çamur	0.131	5	0.026	4.377**	0.002
Azot * Çamur	0.016	15	0.001	0.181	1.000
Hata	0.288	48	0.006		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

Ek 10 (devam)**EK 10.43. Bitki tanesinde Zn varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	644.652	1	644.652	65.464**	0.000
Zaman * Azot	16.984	3	5.661	0.575	0.634
Zaman * Çamur	597.279	5	119.456	12.131**	0.000
Zaman * Azot * Çamur	70.643	15	4.710	0.478	0.940
Hata	472.677	48	9.847		
Azot	162.030	3	54.010	6.833**	0.001
Çamur	7186.932	5	1437.386	181.840**	0.000
Azot * Çamur	115.114	15	7.674	0.971	0.499
Hata	379.425	48	7.905		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.44. Bitki Cd Alınabilirlik indeksi varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	7.209	1	7.209	13.490**	0.001
Zaman * Azot	0.263	3	0.088	0.164	0.920
Zaman * Çamur	0.784	5	0.157	0.293	0.914
Zaman * Azot * Çamur	1.132	15	0.075	0.141	1.000
Hata	25.651	48	0.534		
Azot	1.395	3	0.465	0.191	0.902
Çamur	67.723	5	13.545	5.566**	0.000
Azot * Çamur	17.637	15	1.674	0.483	0.938
Hata	116.803	48	2.433		

** ; p: 0.01 * ; p: 0.05

EK 10.45. Bitki Cu Alınabilirlik indeksi varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	5.625	1	5.625	4.909*	.031
Zaman * Azot	0.290	3	0.097	0.84	.968
Zaman * Çamur	11.558	5	2.312	2.018	.093
Zaman * Azot * Çamur	9.575	15	0.638	0.557	.892
Hata	54.996	48	1.146		
Azot	6.499	3	2.166	0.960	0.419
Çamur	388.128	5	77.626	34.392**	0.000
Azot * Çamur	12.868	15	0.858	.380	.978
Hata	108.340	48	2.257		

** ; p: 0.01; p: 0.05*

Ek 10 (devam)**EK 10.46. Bitki Ni Alınabilirlik indeksi varyans analiz çizelgesi**

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	0.084	1	0.084	11.985**	0.001
Zaman * Azot	0.017	3	0.006	0.803	0.499
Zaman * Çamur	0.006	5	0.001	0.176	0.970
Zaman * Azot * Çamur	0.042	15	0.003	0.401	0.972
Hata	0.337	48	0.007		
Azot	0.047	3	0.016	2.979*	0.041
Çamur	1.638	5	0.328	62.338**	0.000
Azot * Çamur	0.103	15	0.007	1.312	0.233
Hata	0.252	48	0.005		

** ; p: 0.01 *; p: 0.05

EK 10.47. Bitki Pb Alınabilirlik indeksi varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	3.623	1	3.623	36.881**	0.000
Zaman * Azot	0.212	3	0.071	0.719	0.546
Zaman * Çamur	2.710	5	0.542	5.518	0.000
Zaman * Azot * Çamur	0.510	15	0.034	0.346	0.986
Hata	4.715	48	0.534		
Azot	0.110	3	0.037	0.198	0.897
Çamur	5.401	5	1.080	5.835**	0.000
Azot * Çamur	1.813	15	0.121	0.653	0.815
Hata	8.886	48	0.185		

** ; p: 0.01 *; p: 0.05

EK 10.48. Bitki Zn Alınabilirlik indeksi varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	p
Zaman	1748.285	1	1748.285	6.194*	0.016
Zaman * Azot	1556.731	3	518.910	1.839	0.153
Zaman * Çamur	1556.731	5	334.176	1.184	0.331
Zaman * Azot * Çamur	5230.488	15	348.699	1.236	0.280
Hata	13547.163	48	282.233		
Azot	1547.894	3	515.965	1.973	0.131
Çamur	8062.707	5	1612.541	6.167**	0.000
Azot * Çamur	5409.692	15	360.646	1.379	0.196
Hata	12550.634	48	261.472		

** ; p: 0.01 *; p: 0.05

EK 11. Araştırma bulguları ham veri çizelgeleri

EK 11.1. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak asitliği üzerine etkisi

UYG	Toprak pH'sı								
	I.YIL(2002)		II.YIL (2003)		ORT	GN.ORT			
TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER			ORT		
ÇÖN0	7.94	8.06	8.08	8.03	7.82	7.89	8.08	7.93	7.98
ÇÖN1	7.96	8.01	8.01	7.99	8.22	7.98	7.84	8.01	8.00
ÇÖN2	7.88	8.06	8.05	8.00	7.86	8.03	7.93	7.94	7.97
ÇÖN3	8.03	7.98	7.91	7.97	7.71	7.80	7.96	7.82	7.90
ÇİN0	7.96	7.96	8.03	7.98	7.93	7.94	7.81	7.89	7.94
ÇİN1	8.43	7.97	7.87	8.09	8.21	7.82	8.07	8.03	8.06
ÇİN2	8.02	8.05	7.95	8.01	7.91	7.69	7.83	7.81	7.91
ÇİN3	7.92	7.84	7.95	7.90	8.12	7.69	8.15	7.99	7.95
Ç2N0	7.96	8.03	7.90	7.96	8.07	8.10	7.98	8.05	8.01
Ç2N1	8.08	7.75	8.01	7.95	8.05	8.06	8.04	8.05	8.00
Ç2N2	7.87	7.92	8.04	7.94	8.09	7.78	7.90	7.92	7.93
Ç2N3	8.04	7.68	8.03	7.92	8.15	8.28	7.97	8.13	8.03
Ç3N0	8.09	8.03	7.88	8.00	7.91	7.71	7.91	7.84	7.92
Ç3N1	7.86	7.99	7.74	7.86	7.62	7.79	7.90	7.77	7.82
Ç3N2	8.04	7.70	7.86	7.87	8.10	7.98	7.99	8.02	7.95
Ç3N3	7.98	8.02	7.93	7.98	8.05	8.01	7.82	7.96	7.97
Ç4N0	8.06	7.90	7.90	7.95	7.73	8.03	7.84	7.87	7.91
Ç4N1	8.03	7.57	7.96	7.85	8.02	7.80	7.72	7.85	7.85
Ç4N2	8.05	7.89	7.94	7.96	7.98	7.84	7.85	7.89	7.93
Ç4N3	7.87	7.93	7.96	7.92	8.03	7.86	7.88	7.92	7.92
Ç5N0	7.97	7.76	7.95	7.89	7.77	7.68	7.64	7.70	7.80
Ç5N1	7.80	7.98	7.84	7.87	7.97	7.90	7.79	7.89	7.88
Ç5N2	7.96	7.80	7.91	7.89	7.72	7.90	7.76	7.79	7.84
Ç5N3	7.81	7.78	7.92	7.84	7.53	7.60	7.83	7.65	7.75

EK 11.2. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak tuzluluğu üzerine etkisi

UYG	Toprak EC'si								
	I.YIL(2002)		II.YIL (2003)		ORT	GN.ORT			
TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER			ORT		
ÇÖN0	1.20	1.12	1.20	1.18	2.92	1.21	1.13	1.75	1.46
ÇÖN1	1.06	1.09	1.04	1.06	1.25	1.11	1.17	1.18	1.12
ÇÖN2	1.44	1.03	1.11	1.19	1.40	1.24	1.12	1.26	1.22
ÇÖN3	0.95	1.10	1.03	1.03	1.34	1.23	1.50	1.36	1.19
ÇİN0	1.08	1.08	1.21	1.12	1.37	1.24	1.46	1.36	1.24
ÇİN1	1.47	1.10	1.12	1.23	1.28	1.48	1.34	1.37	1.30
ÇİN2	1.48	1.50	1.11	1.36	1.51	1.18	1.26	1.32	1.34
ÇİN3	1.16	1.32	1.36	1.28	1.98	2.97	1.84	2.26	1.77
Ç2N0	1.30	1.21	1.26	1.26	1.46	1.39	1.48	1.44	1.35
Ç2N1	1.24	1.34	1.15	1.24	1.51	0.99	1.57	1.36	1.30
Ç2N2	1.20	1.34	1.30	1.28	1.44	1.35	1.38	1.39	1.33
Ç2N3	1.39	1.32	1.31	1.34	1.55	1.58	1.31	1.48	1.41
Ç3N0	1.42	1.56	1.39	1.46	1.73	2.27	1.94	1.98	1.72
Ç3N1	1.26	1.52	1.70	1.49	2.31	1.98	1.84	2.04	1.77
Ç3N2	1.12	1.42	1.55	1.36	1.98	2.14	1.78	1.97	1.67
Ç3N3	1.33	1.50	1.55	1.46	1.85	1.98	2.33	2.05	1.76
Ç4N0	1.26	1.82	1.65	1.58	1.76	2.33	2.26	2.12	1.85
Ç4N1	1.85	2.15	2.14	2.05	1.84	2.30	2.56	2.23	2.14
Ç4N2	1.80	1.85	1.55	1.73	2.05	2.05	2.29	2.13	1.93
Ç4N3	2.12	2.16	2.02	2.10	2.14	2.38	2.24	2.25	2.18
Ç5N0	2.10	2.35	2.91	2.45	2.91	2.91	2.41	2.74	2.60
Ç5N1	2.42	2.68	2.40	2.50	2.38	3.25	3.25	2.66	2.58
Ç5N2	2.30	2.70	2.35	2.45	2.69	3.24	2.13	2.69	2.57
Ç5N3	2.30	2.90	2.30	2.57	2.97	2.88	2.82	2.89	2.73

EK 11 (devam)

EK 11.3. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak organik maddesi üzerine etkisi

UYG	Toprak Organik Maddesi (%)					GN.ORT		
	I YIL(2002) TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT			
C0N0	1.10	0.98	1.02	1.53	0.89	0.97	1.13	1.08
C0N1	1.11	1.00	1.09	1.07	0.99	1.03	1.13	1.05
C0N2	0.93	1.00	1.02	1.01	1.10	0.98	1.03	1.04
C0N3	0.97	1.02	1.03	1.01	1.12	0.98	1.03	1.04
C1N0	1.01	1.01	1.13	1.05	0.97	0.99	1.19	1.05
C1N1	0.98	1.14	0.96	1.03	1.05	0.97	1.18	1.07
C1N2	0.94	0.89	0.99	0.94	1.18	0.97	1.04	0.99
C1N3	1.08	1.11	1.12	1.10	1.19	1.17	1.03	1.13
C2N0	1.13	1.03	1.00	1.05	1.19	1.28	1.03	1.17
C2N1	1.00	0.98	1.29	1.09	1.25	1.24	0.98	1.16
C2N2	0.98	1.18	1.15	1.10	1.10	1.17	1.31	1.19
C2N3	1.11	1.05	1.43	1.20	1.31	1.13	1.20	1.21
C3N0	1.13	1.29	1.31	1.24	1.03	1.58	1.58	1.40
C3N1	1.61	1.23	1.58	1.47	1.58	1.21	1.45	1.41
C3N2	1.21	1.42	1.27	1.30	1.45	1.69	1.20	1.45
C3N3	1.42	1.48	1.19	1.36	1.53	1.36	1.58	1.49
C4N0	1.49	1.49	1.55	1.65	1.66	1.26	1.52	1.54
C4N1	1.40	1.59	1.41	1.47	1.43	1.70	1.71	1.61
C4N2	1.51	1.63	1.47	1.54	1.57	1.71	1.42	1.57
C4N3	1.21	1.47	1.60	1.43	1.58	1.60	1.60	1.59
C5N0	1.51	1.90	1.48	1.63	1.09	1.86	1.92	1.62
C5N1	1.61	1.49	1.72	1.61	1.92	1.70	1.51	1.71
C5N2	1.59	1.68	1.52	1.60	1.81	1.69	1.64	1.71
C5N3	1.73	1.59	1.69	1.67	1.59	1.86	1.74	1.73

EK 11.4. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak azotu üzerine etkisi

UYG	Toprak Azotu (%)					GN.ORT		
	I YIL(2002) TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT			
C0N0	0.170	0.100	0.090	0.100	0.170	0.140	0.180	0.163
C0N1	0.130	0.140	0.140	0.137	0.160	0.200	0.250	0.203
C0N2	0.120	0.120	0.130	0.123	0.220	0.170	0.140	0.177
C0N3	0.130	0.130	0.120	0.127	0.160	0.140	0.180	0.160
C1N0	0.110	0.110	0.130	0.117	0.140	0.150	0.160	0.150
C1N1	0.130	0.150	0.140	0.140	0.140	0.160	0.170	0.157
C1N2	0.160	0.150	0.130	0.143	0.170	0.200	0.190	0.187
C1N3	0.130	0.140	0.190	0.153	0.170	0.150	0.170	0.163
C2N0	0.130	0.110	0.140	0.127	0.160	0.150	0.140	0.150
C2N1	0.140	0.120	0.140	0.133	0.140	0.140	0.160	0.147
C2N2	0.120	0.140	0.120	0.127	0.140	0.180	0.150	0.157
C2N3	0.130	0.160	0.150	0.147	0.170	0.170	0.190	0.177
C3N0	0.140	0.140	0.120	0.133	0.170	0.110	0.140	0.140
C3N1	0.120	0.160	0.170	0.150	0.180	0.160	0.270	0.203
C3N2	0.160	0.140	0.150	0.150	0.210	0.270	0.160	0.213
C3N3	0.190	0.130	0.160	0.160	0.130	0.160	0.180	0.157
C4N0	0.120	0.150	0.140	0.137	0.240	0.190	0.220	0.217
C4N1	0.140	0.160	0.120	0.140	0.220	0.160	0.240	0.207
C4N2	0.130	0.130	0.140	0.133	0.140	0.170	0.210	0.173
C4N3	0.140	0.130	0.180	0.150	0.190	0.190	0.130	0.170
C5N0	0.170	0.150	0.190	0.170	0.160	0.160	0.170	0.163
C5N1	0.170	0.170	0.150	0.163	0.270	0.240	0.240	0.250
C5N2	0.130	0.140	0.180	0.150	0.220	0.140	0.280	0.213
C5N3	0.190	0.140	0.200	0.177	0.220	0.180	0.170	0.190

EK 11 (devam)

EK 11.5. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak alınabilir fosforu üzerine etkisi

UYG	Toprakta alınabilir fosforu (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)	II YIL (2003)							
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT				
Ç0N0	10.87	11.40	8.24	10.17	18.45	14.55	15.61	16.20	13.19
Ç0N1	9.82	11.40	12.45	11.22	13.50	16.66	18.76	16.31	13.77
Ç0N2	12.45	11.92	7.19	10.52	19.82	18.24	11.40	16.49	13.50
Ç0N3	7.71	10.87	10.34	9.64	13.50	21.92	15.61	17.01	13.33
Ç1N0	6.13	6.13	11.92	8.06	12.98	20.34	19.29	17.54	12.80
Ç1N1	10.87	14.55	9.29	11.57	19.29	13.50	21.39	18.06	14.82
Ç1N2	15.08	14.55	9.82	13.15	18.76	17.18	10.34	15.43	14.29
Ç1N3	9.29	9.82	11.40	10.17	17.18	21.39	16.66	18.41	14.29
Ç2N0	15.08	13.82	11.61	13.50	11.40	17.18	21.39	16.66	15.08
Ç2N1	14.55	11.92	7.71	11.39	16.66	12.98	10.87	13.50	12.45
Ç2N2	9.29	12.98	7.71	9.99	17.71	11.40	16.66	15.26	12.63
Ç2N3	10.87	12.45	9.29	10.87	17.18	11.92	23.50	17.53	14.20
Ç3N0	12.98	11.92	10.87	11.92	22.97	22.97	15.08	20.34	16.13
Ç3N1	9.29	10.34	10.87	10.17	13.50	21.39	10.87	15.25	12.71
Ç3N2	7.71	12.98	17.18	12.62	22.97	18.76	22.45	21.39	17.01
Ç3N3	12.13	11.24	10.87	11.41	14.82	15.08	16.34	15.41	13.41
Ç4N0	11.92	10.34	14.55	12.27	15.08	19.29	25.60	19.99	16.13
Ç4N1	12.71	13.50	14.55	13.59	22.45	16.13	17.71	18.76	16.18
Ç4N2	12.45	11.40	14.55	12.80	18.24	17.71	20.87	18.94	15.87
Ç4N3	10.87	12.87	16.66	13.47	20.66	21.92	16.13	19.57	16.52
Ç5N0	10.87	16.66	12.45	13.33	28.76	30.87	32.44	30.69	22.01
Ç5N1	13.34	16.82	13.50	14.55	27.18	30.34	35.08	30.87	22.71
Ç5N2	12.98	14.76	15.39	14.38	30.87	23.50	34.02	29.46	21.92
Ç5N3	16.13	11.92	10.34	12.80	26.66	35.60	37.71	33.32	23.06

EK 11.6. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak alınabilir potasyumu üzerine etkisi

UYG	Toprak alınabilir potasyumu (%)								
	I YIL(2002)	II YIL (2003)							
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT				
Ç0N0	1.26	1.11	1.24	1.20	1.85	1.19	1.75	1.60	1.40
Ç0N1	1.17	1.21	1.35	1.24	1.29	1.58	1.39	1.42	1.33
Ç0N2	1.21	1.44	1.46	1.37	1.32	1.40	1.76	1.49	1.43
Ç0N3	1.38	1.13	1.34	1.28	1.45	1.16	1.51	1.37	1.33
Ç1N0	1.30	1.30	1.17	1.26	1.33	1.06	1.18	1.19	1.22
Ç1N1	1.23	1.19	1.17	1.20	1.44	1.69	0.98	1.37	1.28
Ç1N2	1.19	1.38	1.34	1.30	1.49	1.43	1.42	1.45	1.38
Ç1N3	1.42	1.33	1.20	1.32	1.63	1.28	1.93	1.61	1.47
Ç2N0	1.40	1.47	1.49	1.45	1.71	1.80	1.31	1.61	1.53
Ç2N1	1.25	1.52	1.29	1.35	1.72	0.92	1.03	1.22	1.29
Ç2N2	0.95	1.48	1.42	1.28	1.71	1.65	1.20	1.52	1.40
Ç2N3	1.17	1.30	1.23	1.23	1.67	1.31	1.36	1.45	1.34
Ç3N0	1.23	1.50	1.25	1.33	1.45	1.28	1.14	1.29	1.31
Ç3N1	1.12	1.62	1.72	1.49	1.63	1.67	1.08	1.46	1.47
Ç3N2	1.11	1.71	1.17	1.33	1.76	1.32	1.66	1.58	1.46
Ç3N3	1.60	1.21	1.40	1.40	1.74	1.63	1.18	1.52	1.46
Ç4N0	1.18	1.59	1.43	1.40	1.49	1.30	1.05	1.28	1.34
Ç4N1	1.07	1.57	1.16	1.27	1.19	1.11	1.11	1.14	1.20
Ç4N2	1.38	1.44	1.10	1.31	1.72	1.16	1.12	1.33	1.32
Ç4N3	1.35	0.94	1.17	1.15	0.92	1.06	1.84	1.27	1.21
Ç5N0	1.51	1.30	1.27	1.36	1.08	1.16	1.12	1.12	1.24
Ç5N1	1.05	1.00	1.06	1.04	1.09	0.99	0.83	0.97	1.00
Ç5N2	1.02	1.02	1.45	1.16	1.41	1.13	1.61	1.38	1.27
Ç5N3	1.55	1.18	1.08	1.27	1.42	1.29	1.43	1.38	1.33

EK 11 (devam)
EK 11.7. Artırma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak katyon değişim kapasitesi üzerine etkisi

UYG	Toprak KDK (cmol kg ⁻¹)											
	I YIL(2002)						II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER		ORT		TEKERRÜRLER		ORT		TEKERRÜRLER		ORT	
Ç0N0	26.20	27.28	26.00	26.49	29.37	26.70	27.43	27.83	27.16			
Ç0N1	27.43	27.03	26.44	26.97	26.95	26.44	29.11	27.50	27.23			
Ç0N2	26.43	27.56	27.15	27.05	29.24	26.03	26.57	27.28	27.16			
Ç0N3	27.40	27.32	26.52	27.08	27.86	28.98	25.79	27.54	27.31			
Ç1N0	29.07	29.07	26.01	28.05	29.19	27.46	28.03	28.23	28.14			
Ç1N1	28.56	27.91	26.38	27.62	27.03	27.81	29.38	28.07	27.85			
Ç1N2	29.88	28.35	27.12	28.45	29.19	27.56	28.64	28.46	28.46			
Ç1N3	29.24	30.11	27.87	29.07	30.23	25.31	29.61	28.38	28.73			
Ç2N0	27.10	28.26	28.62	27.99	28.38	27.93	30.37	28.89	28.44			
Ç2N1	29.83	27.64	27.53	28.33	28.34	27.95	29.44	28.58	28.46			
Ç2N2	29.94	30.04	28.44	29.47	30.80	29.83	26.93	29.19	29.33			
Ç2N3	27.49	30.24	29.03	28.92	30.10	28.06	30.11	29.42	29.17			
Ç3N0	31.48	30.53	30.04	30.68	28.95	31.19	29.98	30.04	30.36			
Ç3N1	29.52	30.18	31.67	30.46	31.53	31.04	28.56	30.38	30.42			
Ç3N2	29.12	30.61	29.38	29.70	29.27	29.81	31.21	30.10	29.90			
Ç3N3	28.66	29.71	30.06	29.48	31.44	32.14	28.81	30.80	30.14			
Ç4N0	30.37	32.92	29.91	31.07	32.28	31.47	29.61	31.12	31.09			
Ç4N1	30.10	30.52	31.40	30.67	34.10	30.52	28.92	31.18	30.93			
Ç4N2	31.64	28.91	32.95	31.17	30.10	32.44	29.92	30.82	30.99			
Ç4N3	29.53	34.68	30.50	31.57	33.95	31.95	27.93	31.28	31.42			
Ç5N0	29.49	31.88	30.63	30.67	31.56	32.34	32.38	32.09	31.38			
Ç5N1	32.91	31.33	32.61	32.28	32.57	33.95	30.64	32.99	32.34			
Ç5N2	31.26	33.76	32.61	32.54	33.11	34.95	30.17	32.74	32.64			
Ç5N3	30.68	32.74	32.32	31.91	31.33	33.41	29.98	31.57	31.74			

EK 11 (devam)

Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak alınabilir amonyumu üzerine etkisi

EK 11.8.

UYG	Toprak amonyum içeriği (mg kg ⁻¹)											
	I YIL(2002)						II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT	
Ç0N0	56.86	56.86	49.97	54.56	49.97	42.22	43.94	45.38	49.97	45.38	49.97	
Ç0N1	56.86	62.03	61.17	60.02	75.82	77.54	39.63	64.33	62.18	64.33	62.18	
Ç0N2	46.52	55.14	47.39	49.68	79.26	46.52	62.03	62.60	56.14	62.60	56.14	
Ç0N3	50.83	57.72	46.52	51.69	79.26	34.46	45.66	53.13	52.41	45.66	52.41	
Ç1N0	49.11	49.11	54.28	50.83	84.43	47.39	43.08	58.30	54.57	43.08	54.57	
Ç1N1	47.39	61.17	57.72	55.43	80.12	54.28	37.05	57.15	56.29	37.05	56.29	
Ç1N2	46.52	54.28	52.55	51.12	89.60	38.77	44.80	57.72	54.42	44.80	54.42	
Ç1N3	49.97	57.72	80.99	62.89	76.68	49.97	53.42	60.02	61.46	53.42	61.46	
Ç2N0	49.11	49.97	56.86	51.98	87.02	81.85	31.02	66.63	59.31	31.02	59.31	
Ç2N1	60.31	74.95	52.55	62.60	78.40	49.97	48.25	58.87	60.74	48.25	60.74	
Ç2N2	46.52	46.52	62.89	51.98	81.85	77.54	38.77	66.05	59.02	38.77	59.02	
Ç2N3	52.55	56.86	72.37	60.59	78.40	63.75	44.80	62.32	61.46	63.75	61.46	
Ç3N0	49.97	66.34	68.06	61.46	80.12	46.52	57.72	61.45	61.46	46.52	61.46	
Ç3N1	49.11	65.48	45.66	53.42	56.00	57.72	47.39	53.70	53.56	57.72	53.56	
Ç3N2	50.83	73.23	67.20	63.75	91.32	76.68	56.86	74.95	69.35	76.68	69.35	
Ç3N3	50.83	52.55	50.83	51.40	86.15	87.02	40.49	71.22	61.31	87.02	61.31	
Ç4N0	56.00	79.26	56.00	63.75	63.75	56.00	41.35	53.70	58.73	56.00	58.73	
Ç4N1	49.11	77.54	49.11	58.59	85.29	43.94	49.97	59.73	59.16	43.94	59.16	
Ç4N2	50.83	59.45	74.09	61.46	79.26	73.23	43.94	65.48	63.47	79.26	63.47	
Ç4N3	52.55	65.48	72.37	63.47	68.92	45.66	41.35	51.98	57.72	68.92	57.72	
Ç5N0	56.86	57.72	49.97	54.85	41.35	44.80	38.77	41.64	48.25	41.35	48.25	
Ç5N1	55.14	72.37	74.09	67.20	68.92	47.39	39.63	51.98	59.59	68.92	59.59	
Ç5N2	45.66	48.25	47.39	47.10	50.83	44.80	43.94	46.52	46.81	50.83	46.81	
Ç5N3	65.48	60.31	87.88	71.22	74.09	44.80	50.83	56.57	63.90	74.09	63.90	

EK 11 (devam)

EK 11.9. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak alınabilir nitrat tizerine etkisi

UYG	Toprak nitrat içeriği (mg kg ⁻¹)											
	I YIL(2002)						II YIL(2003)					
	TEKERRÜRLER			ORT			TEKERRÜRLER			ORT		
C0N0	78.06	90.46	98.37	88.96	85.87	99.51	108.21	97.86	93.41	90.17	94.46	
C0N1	68.92	93.75	94.95	85.87	75.81	103.13	104.45	94.46	90.17	94.46	94.37	
C0N2	94.59	83.39	91.66	89.88	104.05	91.73	100.83	98.87	94.37	94.37	94.37	
C0N3	81.85	90.31	81.85	84.67	90.04	99.34	90.04	93.14	88.90	88.90	88.90	
C1N0	74.06	95.63	90.46	86.72	81.47	105.19	99.51	95.39	91.05	91.05	91.05	
C1N1	78.23	84.62	80.12	80.99	86.05	93.08	88.13	89.09	85.04	85.04	85.04	
C1N2	74.95	81.85	96.00	84.27	82.45	90.04	105.60	92.69	88.48	88.48	88.48	
C1N3	99.66	92.19	91.32	94.39	100.66	101.41	100.45	95.33	96.93	96.93	96.93	
C2N0	78.37	93.91	93.05	88.44	86.21	103.30	102.36	97.29	92.87	92.87	92.87	
C2N1	97.35	86.34	93.39	92.36	98.32	94.97	102.73	101.60	95.88	95.88	95.88	
C2N2	93.91	98.35	77.72	90.06	103.30	99.54	85.49	99.07	93.45	93.45	93.45	
C2N3	93.23	84.43	75.82	84.49	102.55	92.87	83.40	92.94	88.72	88.72	88.72	
C3N0	87.88	76.68	81.11	81.89	96.67	84.35	89.22	90.08	85.98	85.98	85.98	
C3N1	96.12	88.74	96.49	93.78	97.08	97.61	97.45	103.16	96.31	96.31	96.31	
C3N2	91.32	95.63	72.86	86.60	100.45	105.19	80.15	95.26	90.93	90.93	90.93	
C3N3	84.25	90.62	87.88	87.58	92.68	99.68	96.67	96.34	91.96	91.96	91.96	
C4N0	97.85	93.05	98.22	96.37	95.89	102.36	98.22	96.37	97.29	97.29	97.29	
C4N1	76.99	91.32	99.08	89.13	84.69	100.45	108.99	98.04	93.59	93.59	93.59	
C4N2	87.02	95.11	85.29	89.14	95.72	104.62	93.82	98.05	93.60	93.60	93.60	
C4N3	81.66	92.03	92.19	88.63	89.83	101.23	101.41	97.49	93.06	93.06	93.06	
C5N0	78.40	93.91	109.42	93.91	86.24	103.30	120.36	103.30	98.61	98.61	98.61	
C5N1	103.88	90.46	118.22	104.19	114.27	99.51	130.04	114.61	109.40	109.40	109.40	
C5N2	106.12	112.00	117.85	111.99	116.73	123.20	129.64	123.19	117.59	117.59	117.59	
C5N3	111.32	117.17	107.77	112.09	122.45	128.89	118.55	123.30	117.69	117.69	117.69	

EK 11 (devam)

EK 11.10. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprakta toplam kadmiyum miktarı üzerine etkisi

UYG	Toprakta toplam Cd içeriği (mg.kg ⁻¹)											
	I YIL(2002)						II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER		ORT		TEKERRÜRLER		ORT		TEKERRÜRLER		ORT	
Ç0N0	0.467	0.377	0.433	0.432	0.477	0.385	0.462	0.441	0.437	0.437	0.437	
Ç0N1	0.448	0.468	0.451	0.449	0.457	0.478	0.440	0.458	0.454	0.454	0.454	
Ç0N2	0.448	0.418	0.388	0.418	0.457	0.426	0.396	0.426	0.422	0.422	0.422	
Ç0N3	0.481	0.398	0.388	0.422	0.491	0.406	0.396	0.431	0.406	0.427	0.427	
Ç1N0	0.445	0.383	0.472	0.433	0.454	0.390	0.482	0.442	0.437	0.437	0.437	
Ç1N1	0.343	0.488	0.453	0.428	0.350	0.498	0.463	0.437	0.432	0.432	0.432	
Ç1N2	0.384	0.340	0.486	0.403	0.392	0.347	0.497	0.412	0.408	0.408	0.408	
Ç1N3	0.431	0.486	0.342	0.420	0.440	0.496	0.350	0.428	0.424	0.424	0.424	
Ç2N0	0.485	0.395	0.419	0.433	0.495	0.404	0.428	0.442	0.438	0.438	0.438	
Ç2N1	0.410	0.441	0.433	0.433	0.419	0.451	0.442	0.442	0.438	0.438	0.438	
Ç2N2	0.400	0.419	0.482	0.434	0.409	0.429	0.493	0.443	0.439	0.439	0.439	
Ç2N3	0.396	0.402	0.483	0.427	0.405	0.411	0.493	0.436	0.432	0.432	0.432	
Ç3N0	0.447	0.383	0.481	0.437	0.457	0.391	0.491	0.446	0.442	0.442	0.442	
Ç3N1	0.397	0.423	0.511	0.444	0.406	0.433	0.523	0.454	0.449	0.449	0.449	
Ç3N2	0.499	0.484	0.372	0.452	0.510	0.495	0.380	0.462	0.457	0.457	0.457	
Ç3N3	0.411	0.491	0.454	0.452	0.420	0.502	0.464	0.462	0.457	0.457	0.457	
Ç4N0	0.482	0.426	0.461	0.456	0.492	0.436	0.471	0.466	0.461	0.461	0.461	
Ç4N1	0.606	0.343	0.433	0.461	0.620	0.351	0.443	0.471	0.466	0.466	0.466	
Ç4N2	0.613	0.494	0.577	0.561	0.627	0.505	0.590	0.574	0.568	0.568	0.568	
Ç4N3	0.472	0.570	0.606	0.549	0.483	0.583	0.620	0.562	0.555	0.555	0.555	
Ç5N0	0.743	0.561	0.591	0.631	0.760	0.574	0.604	0.646	0.639	0.639	0.639	
Ç5N1	0.539	0.509	0.664	0.570	0.552	0.521	0.681	0.585	0.578	0.578	0.578	
Ç5N2	0.674	0.514	0.614	0.601	0.691	0.527	0.630	0.616	0.608	0.608	0.608	
Ç5N3	0.708	0.591	0.602	0.634	0.725	0.606	0.618	0.650	0.642	0.642	0.642	

EK 11 (devam)

EK 11.1.1. Artma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak toplam bakır miktarı üzerine etkisi

UYG	Toprakta toplam Cu içeriği (mg.kg ⁻¹)											
	I YIL(2002)						II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER		ORT		TEKERRÜRLER		ORT		TEKERRÜRLER		ORT	
Ç0N0	33.266	31.903	33.995	33.055	32.359	31.278	33.907	32.515	32.785	32.785	32.785	
Ç0N1	34.044	33.234	33.592	33.623	32.232	32.364	32.319	32.305	32.964	32.964	32.964	
Ç0N2	34.044	33.763	34.112	33.973	32.232	33.159	33.308	32.900	33.436	33.436	33.436	
Ç0N3	35.680	34.251	34.112	34.681	32.925	33.195	33.308	33.143	33.912	33.912	33.912	
Ç1N0	31.686	33.993	31.447	32.375	32.464	30.315	31.265	31.348	31.861	31.861	31.861	
Ç1N1	33.182	28.437	32.257	31.292	30.947	30.586	30.627	30.720	31.006	31.006	31.006	
Ç1N2	31.195	28.438	34.718	31.450	31.550	31.159	31.523	31.410	31.430	31.430	31.430	
Ç1N3	34.169	31.281	30.780	32.076	32.976	28.546	32.109	31.210	31.643	31.643	31.643	
Ç2N0	33.078	32.526	31.114	32.239	33.400	32.105	31.990	32.498	32.569	32.569	32.569	
Ç2N1	33.827	31.547	32.023	32.466	32.303	30.864	28.003	30.390	31.428	31.428	31.428	
Ç2N2	31.761	33.761	35.689	33.737	32.382	31.691	30.491	31.521	32.629	32.629	32.629	
Ç2N3	34.336	32.674	32.991	33.333	32.362	31.479	29.931	31.257	32.295	32.295	32.295	
Ç3N0	33.392	36.000	32.619	34.003	33.613	32.390	32.214	32.739	33.371	33.371	33.371	
Ç3N1	30.093	31.877	32.239	31.403	31.874	33.816	31.692	32.461	31.932	31.932	31.932	
Ç3N2	31.748	32.564	34.484	32.932	32.914	31.450	33.776	32.713	32.822	32.822	32.822	
Ç3N3	33.343	32.604	31.693	32.547	32.239	32.858	33.765	32.961	32.754	32.754	32.754	
Ç4N0	33.176	32.713	33.832	33.240	33.519	31.695	33.192	32.802	33.021	33.021	33.021	
Ç4N1	37.496	33.153	33.878	34.842	33.916	34.073	34.185	34.058	34.450	34.450	34.450	
Ç4N2	31.756	32.481	34.129	32.789	34.654	32.362	35.756	34.257	33.523	33.523	33.523	
Ç4N3	30.373	37.539	32.763	33.558	31.092	30.730	34.772	32.198	32.878	32.878	32.878	
Ç5N0	35.301	32.232	33.847	33.793	38.843	36.293	31.190	35.442	34.618	34.618	34.618	
Ç5N1	30.353	42.330	33.087	35.257	33.724	33.852	32.882	33.486	34.371	34.371	34.371	
Ç5N2	32.739	37.029	41.867	37.212	34.483	34.851	38.537	35.957	36.584	36.584	36.584	
Ç5N3	26.393	35.288	35.576	32.419	34.621	35.228	34.975	34.941	33.680	33.680	33.680	

EK 11 (devam)

EK 11.12. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprakta toplam nikel miktarı üzerine etkisi

UYG	Toprakta toplam Ni içeriği (mg kg ⁻¹)									
	I YIL(2002)					II YIL (2003)				
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT
Ç0N0	26.34	19.13	24.66	23.38	32.88	29.94	37.89	33.6	28.47	28.47
Ç0N1	30.49	26.17	10.92	22.53	33.34	32.86	29.89	32.0	27.28	27.28
Ç0N2	30.49	23.49	20.07	24.68	33.34	37.19	17.28	29.3	26.98	26.98
Ç0N3	28.21	16.22	20.07	21.50	33.96	36.02	17.28	29.1	25.29	25.29
Ç1N0	28.66	14.21	14.01	18.96	29.51	26.56	70.71	42.3	30.61	30.61
Ç1N1	26.16	20.11	18.76	21.68	31.96	25.36	14.76	24.0	22.85	22.85
Ç1N2	25.56	13.76	18.91	19.41	28.86	43.31	24.21	32.1	25.77	25.77
Ç1N3	30.11	11.21	18.51	19.94	37.66	24.06	39.71	33.8	26.88	26.88
Ç2N0	23.11	26.41	19.21	22.91	33.36	35.46	48.56	39.1	31.02	31.02
Ç2N1	18.66	18.51	17.41	18.19	35.51	28.31	19.59	27.8	23.00	23.00
Ç2N2	26.06	16.16	19.21	20.48	34.96	40.16	17.91	31.0	25.74	25.74
Ç2N3	25.46	19.51	15.86	20.28	37.41	38.16	30.31	35.3	27.79	27.79
Ç3N0	13.71	26.21	20.06	19.99	28.16	35.56	16.01	26.6	23.29	23.29
Ç3N1	28.56	17.26	22.56	22.79	29.66	34.21	32.41	32.1	27.44	27.44
Ç3N2	23.26	16.96	14.26	18.16	28.41	39.01	39.76	35.7	26.94	26.94
Ç3N3	24.66	28.21	12.26	21.71	33.66	33.96	48.61	38.7	30.23	30.23
Ç4N0	10.41	29.76	15.66	18.61	34.26	28.36	28.16	30.3	24.44	24.44
Ç4N1	30.26	20.46	22.36	24.36	36.16	27.91	15.31	26.5	25.41	25.41
Ç4N2	21.56	13.01	18.56	17.71	31.56	32.11	13.51	25.7	21.72	21.72
Ç4N3	10.96	16.61	16.91	14.83	28.41	35.76	50.06	38.1	26.45	26.45
Ç5N0	14.51	11.41	16.31	14.08	42.81	35.41	11.81	30.0	22.04	22.04
Ç5N1	14.31	14.36	17.66	15.44	32.76	33.96	16.81	27.8	21.64	21.64
Ç5N2	16.76	13.16	20.16	16.69	28.01	30.11	11.71	23.3	19.99	19.99
Ç5N3	19.26	20.46	10.01	16.58	27.56	21.66	13.11	20.8	18.68	18.68

EK 11 (devam)

EK 11.13. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprakta toplam kurşun miktarı üzerine etkisi

UYG	Toprakta toplam Pb içeriği (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT			
ÇÖN0	9.35	10.25	9.55	10.40	11.60	10.50	9.80	10.65	10.50
ÇÖN1	9.95	9.50	11.55	10.30	10.15	9.75	11.80	10.55	10.45
ÇÖN2	7.80	14.65	9.80	10.75	8.00	14.95	10.05	11.00	10.90
ÇÖN3	9.40	8.25	8.35	8.70	9.65	8.45	8.60	8.90	8.80
ÇİN0	13.10	11.05	7.00	10.40	14.90	12.60	8.10	11.85	11.10
ÇİN1	10.15	8.30	13.85	10.80	11.60	9.55	15.75	12.30	11.55
ÇİN2	10.10	8.45	13.85	10.80	11.50	9.70	15.70	12.30	11.55
ÇİN3	13.50	8.40	11.70	11.20	15.35	9.60	13.30	12.75	11.95
ÇZÖ0	12.75	8.35	10.05	10.35	15.20	10.05	12.05	12.45	11.40
ÇZÖ1	6.85	13.40	11.50	10.60	8.30	16.00	13.80	12.70	11.65
ÇZÖ2	8.20	9.45	14.30	10.65	9.90	11.35	17.00	12.75	11.70
ÇZÖ3	12.85	8.10	11.50	10.80	15.35	9.80	13.75	12.95	11.90
ÇZÖ0	13.40	12.00	13.40	12.95	16.00	14.35	16.00	15.45	14.20
ÇZÖ1	14.10	14.00	12.00	13.35	17.90	17.80	15.35	17.00	15.20
ÇZÖ2	14.05	14.95	17.35	15.45	17.85	18.95	21.95	19.60	17.50
ÇZÖ3	19.25	9.20	17.20	15.20	24.30	11.80	21.80	19.30	17.25
ÇAN0	18.55	14.00	17.15	16.60	23.40	17.80	21.75	21.00	18.80
ÇAN1	13.70	20.40	21.15	18.40	18.50	27.30	28.25	24.70	21.55
ÇAN2	21.90	17.80	14.60	18.10	29.30	23.90	24.30	24.30	21.20
ÇAN3	17.60	19.30	20.95	19.30	23.60	25.85	28.00	25.85	22.55
ÇSÖ0	21.90	16.85	21.90	20.20	29.25	22.65	29.30	27.05	23.65
ÇSÖ1	24.10	13.00	21.50	19.55	33.90	18.65	30.40	27.65	23.60
ÇSÖ2	17.75	18.70	25.55	20.65	25.15	26.50	35.95	29.20	24.95
ÇSÖ3	18.35	23.60	20.95	21.00	26.00	33.30	29.60	29.65	25.30

EK 11 (devam)

EK 11.14. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprak toplam çinko miktarı üzerine etkisi

UYG	Toprakta toplam Zn içeriği (mg.kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)						
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT					
Ç0N0	48.84	52.14	48.39	49.79	64.47	68.82	63.88	65.72	57.76
Ç0N1	48.31	48.86	54.18	50.45	63.76	64.50	71.52	66.59	58.52
Ç0N2	48.31	46.03	55.76	50.03	60.76	60.76	73.61	66.04	58.04
Ç0N3	57.12	55.53	55.76	56.14	65.39	63.30	73.61	67.43	61.79
Ç1N0	47.42	44.49	36.28	42.73	62.39	58.73	57.88	59.73	51.23
Ç1N1	50.18	42.29	30.30	40.92	66.24	55.82	53.19	58.41	49.67
Ç1N2	54.40	32.83	36.18	41.14	71.81	53.33	57.76	60.96	51.05
Ç1N3	53.04	52.08	37.96	47.69	70.01	68.74	50.11	62.95	55.32
Ç2N0	48.48	57.73	37.97	48.06	63.99	70.20	50.12	61.43	54.75
Ç2N1	51.56	46.57	31.95	43.36	68.06	61.47	55.37	61.64	52.50
Ç2N2	43.67	57.61	54.46	51.91	57.64	76.05	71.89	68.53	60.22
Ç2N3	57.12	44.42	38.68	46.74	75.40	58.63	51.06	61.69	54.22
Ç3N0	45.87	47.75	86.30	59.97	60.54	63.02	61.16	61.57	60.77
Ç3N1	44.51	34.85	32.19	37.18	58.75	56.00	68.89	61.22	49.20
Ç3N2	49.09	55.24	63.61	55.98	64.79	72.92	70.96	69.56	62.77
Ç3N3	48.38	57.12	38.33	47.94	63.86	75.39	54.60	64.62	56.28
Ç4N0	48.52	57.27	46.74	50.84	64.04	75.59	61.69	67.11	58.97
Ç4N1	84.71	49.28	40.16	58.05	75.41	65.04	53.00	64.49	61.27
Ç4N2	46.79	47.15	50.78	48.24	61.76	62.23	67.03	63.67	55.96
Ç4N3	49.79	88.69	50.17	62.88	65.72	77.46	66.22	69.80	66.34
Ç5N0	78.64	57.77	57.84	64.75	67.20	76.26	76.35	73.27	69.01
Ç5N1	43.57	81.02	40.56	55.05	77.51	67.34	79.94	74.93	64.99
Ç5N2	69.21	79.68	109.32	86.07	81.36	88.58	82.06	84.00	85.03
Ç5N3	61.54	59.68	88.91	70.04	81.23	78.77	90.95	83.65	76.85

EK 11.15. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprakta alüminyum kadmiyum miktarı üzerine etkisi

UYG	Toprakta alüminyum Cd içeriği (mg.kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)						
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT					
Ç0N0	0.198	0.185	0.205	0.196	0.190	0.184	0.195	0.190	0.193
Ç0N1	0.194	0.198	0.190	0.194	0.165	0.186	0.183	0.178	0.186
Ç0N2	0.198	0.205	0.189	0.197	0.186	0.195	0.190	0.190	0.194
Ç0N3	0.198	0.186	0.204	0.196	0.190	0.186	0.172	0.183	0.189
Ç1N0	0.250	0.166	0.166	0.194	0.195	0.166	0.162	0.175	0.184
Ç1N1	0.131	0.155	0.212	0.166	0.140	0.139	0.202	0.160	0.163
Ç1N2	0.135	0.200	0.176	0.170	0.168	0.101	0.158	0.142	0.156
Ç1N3	0.141	0.145	0.214	0.166	0.163	0.128	0.114	0.135	0.151
Ç2N0	0.130	0.141	0.177	0.149	0.146	0.167	0.264	0.192	0.171
Ç2N1	0.138	0.166	0.152	0.152	0.170	0.184	0.146	0.166	0.159
Ç2N2	0.137	0.105	0.146	0.129	0.164	0.136	0.169	0.156	0.143
Ç2N3	0.144	0.193	0.158	0.165	0.161	0.176	0.162	0.166	0.166
Ç3N0	0.126	0.242	0.183	0.184	0.164	0.241	0.163	0.189	0.186
Ç3N1	0.110	0.186	0.090	0.128	0.171	0.151	0.143	0.155	0.142
Ç3N2	0.134	0.135	0.155	0.141	0.151	0.209	0.181	0.180	0.161
Ç3N3	0.171	0.151	0.204	0.175	0.171	0.181	0.119	0.157	0.166
Ç4N0	0.174	0.169	0.179	0.174	0.235	0.174	0.186	0.198	0.186
Ç4N1	0.176	0.099	0.132	0.135	0.276	0.135	0.052	0.154	0.145
Ç4N2	0.155	0.139	0.196	0.163	0.162	0.305	0.113	0.193	0.178
Ç4N3	0.214	0.217	0.317	0.249	0.235	0.321	0.198	0.251	0.250
Ç5N0	0.206	0.232	0.228	0.222	0.236	0.200	0.238	0.225	0.223
Ç5N1	0.320	0.240	0.241	0.267	0.330	0.332	0.301	0.321	0.294
Ç5N2	0.266	0.257	0.271	0.264	0.319	0.324	0.185	0.276	0.270
Ç5N3	0.331	0.384	0.239	0.318	0.368	0.486	0.279	0.378	0.348

EK 11 (devam)

EK 11.16. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprakta alınabilir bakır miktarı üzerine etkisi

UYG	Toprakta alınabilir Cu içeriği (mg kg ⁻¹)									
	I YIL(2002)		II YIL (2003)							
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT						
ÇÖN0	1.991	2.052	2.126	2.056	1.878	1.955	2.022	1.952	GN.ORT	2.004
ÇÖN1	1.829	2.018	2.082	1.976	1.896	1.942	1.962	1.933	1.955	
ÇÖN2	2.018	2.126	2.130	2.092	1.942	2.022	2.102	2.022	2.057	
ÇÖN3	1.992	2.132	2.170	2.098	1.878	2.117	2.123	2.040	2.069	
ÇİN0	1.721	1.872	1.766	1.787	1.649	1.736	1.817	1.734	1.760	
ÇİN1	1.551	1.725	1.905	1.727	1.584	1.642	1.761	1.663	1.695	
ÇİN2	1.639	1.846	1.809	1.765	1.697	1.730	1.802	1.743	1.754	
ÇİN3	1.742	1.912	1.777	1.810	1.875	1.866	1.795	1.845	1.828	
Ç2N0	1.580	1.785	1.834	1.733	1.699	1.825	1.880	1.801	1.767	
Ç2N1	1.688	1.758	1.844	1.764	1.854	1.949	1.853	1.885	1.824	
Ç2N2	1.936	1.831	1.473	1.746	1.967	1.899	2.585	2.151	1.948	
Ç2N3	1.766	1.966	1.854	1.862	1.904	1.885	1.807	1.865	1.863	
Ç3N0	2.231	2.242	2.162	2.212	2.032	1.960	2.119	2.037	2.124	
Ç3N1	2.071	2.474	2.082	2.209	1.832	1.887	1.878	1.866	2.037	
Ç3N2	2.233	1.951	2.057	2.080	1.884	2.232	2.954	2.357	2.219	
Ç3N3	1.830	2.118	2.334	2.094	2.053	2.078	1.893	2.008	2.051	
Ç4N0	2.554	2.318	2.431	2.434	2.075	2.043	2.195	2.104	2.269	
Ç4N1	2.321	2.225	2.792	2.446	2.870	2.448	2.076	2.465	2.455	
Ç4N2	2.693	2.628	2.524	2.615	2.338	2.761	2.047	2.382	2.499	
Ç4N3	2.327	2.382	2.570	2.426	3.845	3.001	2.480	3.109	2.768	
Ç5N0	3.308	3.366	3.180	3.285	3.257	3.422	3.192	3.290	3.288	
Ç5N1	2.796	2.995	3.126	2.972	2.714	3.385	2.760	2.953	2.963	
Ç5N2	2.772	2.745	3.828	3.115	2.546	3.234	4.010	3.263	3.189	
Ç5N3	2.869	2.890	2.811	2.857	3.355	2.796	5.399	3.850	3.353	

EK 11.17. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprakta alınabilir nikel miktarı üzerine etkisi

UYG	Toprakta alınabilir Ni içeriği (mg kg ⁻¹)									
	I YIL(2002)		II YIL (2003)							
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT						
ÇÖN0	1.250	1.192	0.834	1.092	1.255	1.074	0.825	1.051	GN.ORT	1.071
ÇÖN1	1.172	1.172	1.211	1.173	1.285	1.083	1.269	1.212	1.193	
ÇÖN2	1.172	1.482	1.362	1.339	1.247	1.466	1.022	1.245	1.292	
ÇÖN3	1.250	1.639	1.592	1.494	1.645	1.140	1.792	1.526	1.510	
ÇİN0	0.894	0.992	1.088	0.991	1.312	0.802	0.841	0.985	0.988	
ÇİN1	0.956	1.124	1.002	1.027	0.942	0.882	1.030	0.951	0.989	
ÇİN2	1.072	2.162	1.476	1.570	1.150	2.024	1.212	1.462	1.516	
ÇİN3	0.992	1.196	2.098	1.429	1.068	1.851	1.312	1.410	1.419	
Ç2N0	0.942	1.150	1.944	1.345	1.696	0.996	1.388	1.360	1.353	
Ç2N1	0.960	0.994	1.870	1.275	0.852	1.650	1.144	1.215	1.245	
Ç2N2	1.212	1.238	1.184	1.211	1.058	1.450	1.172	1.227	1.219	
Ç2N3	1.134	1.138	1.210	1.161	1.134	0.956	1.112	1.067	1.114	
Ç3N0	1.316	1.366	1.106	1.263	1.380	1.461	1.132	1.324	1.293	
Ç3N1	1.330	2.110	1.054	1.498	1.534	2.334	1.254	1.707	1.603	
Ç3N2	1.332	1.124	2.248	1.568	1.154	1.064	2.384	1.534	1.551	
Ç3N3	1.106	1.134	1.426	1.222	0.990	1.204	1.626	1.273	1.248	
Ç4N0	1.422	1.426	1.344	1.397	1.562	1.514	1.238	1.438	1.418	
Ç4N1	1.206	1.124	1.246	1.192	1.036	1.368	1.264	1.223	1.207	
Ç4N2	1.500	1.230	1.170	1.300	0.968	1.488	1.342	1.266	1.283	
Ç4N3	1.260	2.356	2.316	1.977	1.382	2.728	2.226	2.112	2.045	
Ç5N0	2.534	2.360	1.852	2.249	2.706	2.288	1.906	2.300	2.274	
Ç5N1	1.372	1.496	1.724	1.531	1.634	1.840	1.172	1.549	1.540	
Ç5N2	1.452	2.510	1.518	1.827	1.456	2.556	1.900	1.971	1.899	
Ç5N3	1.548	1.534	2.816	1.966	1.788	1.716	2.720	2.075	2.020	

EK 11 (devam)

EK 11.18. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprakta alınabilir kurşun miktarı üzerine etkisi

UYG	Toprakta alınabilir Pb içeriği (mg kg ⁻¹)							
	I YIL(2002)		II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT			
Ç0N0	0.032	0.031	0.033	0.032	0.030	0.036	0.032	0.032
Ç0N1	0.029	0.035	0.037	0.034	0.022	0.038	0.038	0.033
Ç0N2	0.033	0.033	0.037	0.034	0.038	0.032	0.034	0.035
Ç0N3	0.032	0.035	0.032	0.033	0.036	0.033	0.030	0.033
Ç1N0	0.031	0.036	0.031	0.033	0.034	0.038	0.036	0.036
Ç1N1	0.033	0.033	0.037	0.034	0.033	0.030	0.035	0.033
Ç1N2	0.036	0.036	0.041	0.037	0.032	0.038	0.047	0.039
Ç1N3	0.038	0.039	0.041	0.039	0.034	0.045	0.038	0.039
Ç2N0	0.034	0.035	0.050	0.040	0.037	0.050	0.036	0.041
Ç2N1	0.037	0.044	0.045	0.042	0.050	0.038	0.039	0.042
Ç2N2	0.055	0.081	0.047	0.061	0.060	0.083	0.051	0.065
Ç2N3	0.048	0.041	0.035	0.042	0.041	0.052	0.034	0.042
Ç3N0	0.051	0.037	0.047	0.045	0.053	0.035	0.048	0.045
Ç3N1	0.061	0.051	0.037	0.050	0.057	0.050	0.043	0.050
Ç3N2	0.049	0.037	0.056	0.047	0.053	0.049	0.050	0.050
Ç3N3	0.052	0.038	0.041	0.044	0.051	0.035	0.050	0.046
Ç4N0	0.048	0.062	0.049	0.053	0.050	0.066	0.050	0.056
Ç4N1	0.058	0.053	0.049	0.053	0.057	0.050	0.062	0.056
Ç4N2	0.056	0.055	0.053	0.055	0.059	0.048	0.051	0.053
Ç4N3	0.066	0.054	0.036	0.052	0.066	0.052	0.033	0.051
Ç5N0	0.067	0.058	0.055	0.060	0.074	0.054	0.058	0.062
Ç5N1	0.068	0.047	0.050	0.055	0.070	0.054	0.048	0.057
Ç5N2	0.072	0.057	0.066	0.065	0.076	0.062	0.077	0.072
Ç5N3	0.082	0.062	0.079	0.074	0.098	0.076	0.084	0.086

EK 11.19. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının toprakta alınabilir çinko miktarı üzerine etkisi

UYG	Toprakta alınabilir Zn içeriği (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)						
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT				
Ç0N0	1.103	0.888	0.900	0.974	1.109	0.932	0.945	1.023	0.998
Ç0N1	0.973	0.955	0.917	0.949	1.022	1.003	0.963	0.996	0.972
Ç0N2	0.975	0.900	0.938	1.024	0.945	0.985	0.985	0.985	0.961
Ç0N3	0.933	0.809	1.123	0.955	0.980	0.850	1.180	1.003	0.979
Ç1N0	0.989	1.027	1.031	1.016	1.088	1.130	1.135	1.118	1.067
Ç1N1	1.018	1.042	0.903	0.988	1.121	1.147	0.994	1.087	1.037
Ç1N2	0.966	1.121	1.000	1.029	1.064	1.234	1.100	1.132	1.081
Ç1N3	0.991	0.992	1.050	1.011	1.091	1.092	1.155	1.113	1.062
Ç2N0	1.050	1.031	0.997	1.026	1.155	1.134	1.097	1.129	1.077
Ç2N1	1.028	1.006	1.152	1.062	1.184	1.158	1.325	1.222	1.142
Ç2N2	1.078	0.978	1.055	1.037	1.241	1.126	1.215	1.194	1.116
Ç2N3	0.979	1.029	1.172	1.060	1.127	1.184	1.348	1.220	1.140
Ç3N0	1.335	0.905	1.296	1.179	1.537	1.042	1.491	1.357	1.268
Ç3N1	1.006	1.193	1.317	1.172	1.158	1.373	1.515	1.349	1.261
Ç3N2	1.221	1.042	1.284	1.182	1.467	1.252	1.542	1.420	1.301
Ç3N3	1.076	1.075	1.271	1.141	1.293	1.291	1.526	1.370	1.255
Ç4N0	1.172	1.450	1.228	1.283	1.407	1.741	1.475	1.541	1.412
Ç4N1	1.253	1.257	1.172	1.227	1.505	1.510	1.408	1.474	1.351
Ç4N2	1.231	1.616	1.215	1.354	1.478	1.941	1.459	1.626	1.490
Ç4N3	1.084	1.441	1.395	1.307	1.302	1.730	1.675	1.569	1.438
Ç5N0	1.570	1.586	1.283	1.479	1.885	1.904	1.541	1.777	1.628
Ç5N1	1.544	1.940	1.576	1.687	1.932	2.427	1.971	2.110	1.898
Ç5N2	1.950	1.463	1.804	1.739	2.440	1.831	2.257	2.176	1.957
Ç5N3	1.772	1.894	1.768	1.812	2.217	2.370	2.212	2.266	2.039

EK 11 (devam)

EK 11.20. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi bitkisi boyu üzerine etkisi

UYG	Bikki boyu (cm)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT	GN.ORT			
C0N0	98.56	97.88	96.10	97.51	69.64	68.57	70.45	69.55	83.53
C0N1	96.31	99.50	95.50	97.10	68.72	66.67	72.85	69.41	83.26
C0N2	97.05	99.60	96.35	97.67	65.30	64.61	63.29	64.40	81.03
C0N3	98.61	100.13	99.60	99.45	68.95	65.50	69.87	68.11	83.78
C1N0	97.10	98.70	101.55	99.12	67.80	68.92	70.44	69.05	84.09
C1N1	98.47	100.15	100.18	99.60	68.85	68.93	76.95	71.58	85.59
C1N2	99.41	101.25	97.51	99.39	68.50	68.64	60.36	65.83	82.61
C1N3	97.15	102.94	96.18	98.76	70.65	59.20	66.87	65.57	82.17
C2N0	99.00	100.24	98.95	99.40	68.55	69.81	87.07	75.14	87.27
C2N1	98.10	95.30	101.90	98.43	72.31	77.50	77.60	75.80	87.12
C2N2	99.82	98.78	90.80	96.47	70.77	69.92	54.60	65.10	80.78
C2N3	98.58	98.45	100.47	99.17	72.86	69.62	67.00	69.83	84.50
C3N0	97.11	102.94	98.63	99.56	70.55	74.67	73.00	72.74	86.15
C3N1	98.05	98.00	100.83	98.96	69.41	68.00	77.80	71.74	85.35
C3N2	100.25	101.25	95.70	99.07	74.55	65.27	68.00	69.27	84.17
C3N3	98.32	100.17	96.20	98.23	67.86	69.70	68.86	68.81	83.52
C4N0	99.33	100.10	94.44	97.96	73.93	70.71	75.75	73.46	85.71
C4N1	96.18	100.05	99.50	98.58	73.31	71.11	73.85	72.76	85.67
C4N2	101.47	93.47	100.85	98.60	71.71	75.79	66.17	71.22	84.91
C4N3	102.27	97.70	94.68	98.22	84.20	75.10	81.71	80.34	89.28
C5N0	98.27	101.80	103.35	101.14	80.13	79.38	71.50	77.00	89.07
C5N1	99.00	102.56	99.69	100.42	80.93	84.18	82.00	82.37	91.39
C5N2	100.00	98.11	102.05	100.05	77.69	70.15	75.20	74.35	87.20
C5N3	94.17	107.45	105.33	102.32	86.25	81.70	81.70	83.22	92.77

EK 11.21. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi başak boyu üzerine etkisi

UYG	Başak boyu (cm)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT	GN.ORT			
C0N0	7.63	7.30	7.30	7.41	7.27	6.97	6.85	7.03	7.22
C0N1	7.00	7.72	7.79	7.50	7.72	8.07	6.15	7.31	7.41
C0N2	7.93	7.38	7.43	7.58	7.50	7.33	7.71	7.51	7.55
C0N3	7.67	7.85	7.49	7.67	7.00	7.43	7.70	7.38	7.52
C1N0	7.45	7.83	7.98	7.75	7.25	6.25	7.44	6.98	7.37
C1N1	7.95	7.65	7.59	7.73	7.85	7.53	6.70	7.36	7.55
C1N2	7.63	7.62	7.83	7.69	7.90	7.27	6.93	7.37	7.53
C1N3	7.73	7.53	7.93	7.73	7.00	6.50	7.92	7.14	7.44
C2N0	7.50	8.03	8.08	7.87	7.15	7.81	8.21	7.72	7.80
C2N1	7.90	7.80	7.15	7.62	7.62	8.57	7.60	7.93	7.77
C2N2	8.12	7.64	7.60	7.79	7.38	8.00	7.20	7.53	7.66
C2N3	8.14	7.77	7.21	7.71	7.43	6.46	7.73	7.21	7.46
C3N0	8.08	7.47	7.30	7.62	7.60	7.40	7.12	7.37	7.50
C3N1	8.03	7.90	7.94	7.96	7.12	6.82	7.15	7.03	7.49
C3N2	8.18	7.95	7.63	7.92	6.80	7.87	7.91	7.53	7.72
C3N3	8.32	8.15	8.23	8.23	6.71	7.90	7.14	7.25	7.74
C4N0	8.43	8.20	8.14	8.26	6.53	6.79	7.92	7.08	7.67
C4N1	8.16	8.42	8.52	8.37	6.94	6.72	7.35	7.00	7.69
C4N2	8.48	8.50	8.23	8.40	6.65	7.79	6.67	7.04	7.72
C4N3	8.40	8.45	8.63	8.49	8.87	7.00	7.82	7.90	8.20
C5N0	9.03	8.91	8.65	8.86	7.88	8.19	4.70	6.92	7.89
C5N1	9.19	8.94	8.41	8.85	7.73	8.59	7.80	8.04	8.44
C5N2	9.08	8.72	9.18	8.99	7.85	6.00	7.45	7.10	8.05
C5N3	9.24	9.16	9.14	9.18	8.44	7.30	7.30	7.68	8.43

EK 11 (devam)

EK 11.22. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi başakta tane sayısı üzerine etkisi

UYG	Başakta tane sayısı (adet)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)		ORT	GN.ORT			
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT					
Ç0N0	18	16	17	20	22	21	21	19	
Ç0N1	18	17	18	17	21	21	20	21	19
Ç0N2	16	16	19	17	21	22	21	21	19
Ç0N3	17	18	19	18	21	21	21	21	19
Ç1N0	18	18	17	18	18	20	19	19	18
Ç1N1	18	17	16	17	21	22	21	21	19
Ç1N2	17	19	18	18	24	21	23	22	20
Ç1N3	18	19	17	18	25	24	25	25	21
Ç2N0	17	18	16	17	21	22	21	21	19
Ç2N1	17	18	16	17	22	22	22	22	19
Ç2N2	18	19	20	19	22	23	23	23	21
Ç2N3	21	19	21	21	22	22	22	22	21
Ç3N0	17	16	12	15	24	23	24	24	19
Ç3N1	16	15	17	16	21	22	21	22	19
Ç3N2	17	17	16	17	24	22	20	22	19
Ç3N3	16	16	19	17	22	23	21	22	19
Ç4N0	16	17	16	16	23	20	21	21	19
Ç4N1	16	17	18	17	22	22	26	23	20
Ç4N2	18	18	16	17	20	19	21	20	19
Ç4N3	18	18	16	17	22	20	20	21	19
Ç5N0	16	17	16	16	20	20	19	20	18
Ç5N1	16	16	15	16	19	19	21	20	18
Ç5N2	15	17	15	16	19	18	18	19	17
Ç5N3	15	16	16	16	19	20	14	18	17

EK 11.23. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi metrekarrede başak sayısı üzerine etkisi

UYG	Metrekarede başak sayısı. (adet)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)		ORT	GN.ORT			
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT					
Ç0N0	497	486	509	497	502	492	494	496	497
Ç0N1	511	516	506	511	507	511	488	502	507
Ç0N2	506	514	522	514	558	538	568	555	534
Ç0N3	501	511	525	513	558	578	546	561	537
Ç1N0	522	514	520	519	554	567	558	560	539
Ç1N1	524	531	518	524	635	508	614	586	555
Ç1N2	528	523	525	525	499	648	610	586	556
Ç1N3	543	510	514	522	562	518	607	562	542
Ç2N0	517	541	522	526	569	594	558	574	550
Ç2N1	522	542	518	527	579	598	567	581	554
Ç2N2	533	531	556	540	562	599	534	565	552
Ç2N3	534	541	552	543	655	622	554	610	576
Ç3N0	518	543	519	527	510	482	508	500	513
Ç3N1	528	530	512	523	506	510	614	543	533
Ç3N2	529	524	533	528	654	606	646	635	582
Ç3N3	529	527	521	526	618	671	590	626	576
Ç4N0	512	533	532	526	518	565	536	540	533
Ç4N1	510	527	520	519	588	599	606	598	558
Ç4N2	525	497	520	514	646	674	563	628	571
Ç4N3	506	514	515	512	574	558	565	566	539
Ç5N0	518	521	531	523	566	596	537	567	545
Ç5N1	530	536	519	528	613	594	517	575	552
Ç5N2	526	534	521	527	642	642	574	619	573
Ç5N3	532	522	541	532	598	572	522	564	548

EK 11 (devam)

EK 11.24. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi başak tane verimi üzerine etkisi

UYG	Başakta tane verimi (g)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT	GN.ORT			
Ç0N0	0.87	0.87	0.89	0.88	0.98	0.98	0.96	0.97	0.93
Ç0N1	0.89	0.87	0.87	0.88	0.99	0.99	0.97	0.98	0.93
Ç0N2	0.86	0.87	0.91	0.88	0.98	0.98	1.02	0.99	0.94
Ç0N3	0.88	0.87	0.89	0.88	1.00	0.98	1.00	0.99	0.94
Ç1N0	0.90	0.85	0.86	0.87	1.02	0.96	0.97	0.98	0.93
Ç1N1	0.90	0.92	0.85	0.89	1.02	1.03	0.97	1.01	0.95
Ç1N2	0.91	0.90	0.91	0.91	1.02	1.01	1.02	1.02	0.96
Ç1N3	0.92	0.92	0.92	0.92	1.04	1.04	1.03	1.04	0.98
Ç2N0	0.93	0.91	0.92	0.92	1.05	1.02	1.03	1.03	0.98
Ç2N1	0.94	0.91	0.91	0.92	1.06	1.02	1.03	1.04	0.98
Ç2N2	0.94	0.96	0.92	0.94	1.05	1.07	1.04	1.05	1.00
Ç2N3	1.01	0.94	0.96	0.97	1.13	1.06	1.08	1.09	1.03
Ç3N0	0.94	0.92	0.99	0.95	1.06	1.04	1.10	1.07	1.01
Ç3N1	0.91	0.93	0.90	0.91	1.02	0.97	1.02	1.00	0.96
Ç3N2	0.91	0.95	0.92	0.93	1.02	1.07	1.03	1.04	0.98
Ç3N3	0.88	0.88	1.00	0.92	1.00	1.12	1.02	1.05	0.98
Ç4N0	0.91	0.94	0.91	0.92	1.06	1.02	1.03	1.04	0.98
Ç4N1	0.92	0.93	0.96	0.94	1.05	1.07	1.10	1.07	1.01
Ç4N2	0.99	0.98	0.89	0.95	1.10	1.00	1.07	1.06	1.01
Ç4N3	0.95	1.00	0.92	0.96	1.12	1.03	1.01	1.05	1.01
Ç5N0	0.89	0.92	0.93	0.91	1.04	1.05	1.03	1.04	0.98
Ç5N1	0.91	0.91	0.86	0.89	1.03	0.97	0.98	0.99	0.94
Ç5N2	0.86	0.92	0.85	0.88	1.03	0.96	1.00	1.00	0.94
Ç5N3	0.89	0.83	0.86	0.86	0.94	0.97	0.67	0.86	0.86

EK 11.25. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi bin tane ağırlığı üzerine etkisi

UYG	Bin tane ağırlığı (g)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT	GN.ORT			
Ç0N0	36.56	39.00	35.02	36.86	39.7	38.75	41.78	40.08	38.47
Ç0N1	36.70	39.74	41.06	39.17	39.88	40.68	40.33	40.3	39.73
Ç0N2	40.36	34.86	36.60	37.27	42.45	39.58	38.75	40.26	38.77
Ç0N3	38.88	40.00	37.20	38.69	40.6	40.82	39.58	40.33	39.51
Ç1N0	40.60	42.66	36.92	40.06	40.75	39.83	41.15	40.58	40.32
Ç1N1	39.02	34.72	38.10	37.28	40.78	41.23	39.63	40.55	38.91
Ç1N2	38.06	35.80	39.96	37.94	39.58	40.75	41.95	40.76	39.35
Ç1N3	40.12	40.24	38.74	39.70	42.15	42.3	40.43	41.63	40.66
Ç2N0	40.08	40.94	39.10	40.04	42.1	42.18	40.88	41.72	40.88
Ç2N1	37.56	39.72	37.40	38.23	39.95	42.65	41.75	41.45	39.84
Ç2N2	37.52	35.32	35.98	36.27	39.98	42.15	41.98	41.37	38.82
Ç2N3	39.22	37.72	38.74	38.56	41.03	40.92	42.43	41.46	40.01
Ç3N0	39.12	40.90	36.72	38.91	40.9	43.13	39.9	41.31	40.11
Ç3N1	38.58	39.96	38.10	38.88	40.23	41.95	39.63	40.6	39.74
Ç3N2	39.28	37.42	42.52	38.11	41.1	42.78	41.8	41.89	40.00
Ç3N3	41.62	41.70	44.52	42.61	42.5	41.03	44.13	42.55	42.58
Ç4N0	37.94	41.32	40.74	40.00	42.65	42.43	43.65	42.91	41.46
Ç4N1	37.90	38.82	46.12	40.95	42.93	42.38	40.53	41.95	41.45
Ç4N2	39.96	42.58	39.26	40.60	43.65	41.95	42.23	42.61	41.61
Ç4N3	44.18	37.62	39.14	40.31	41.08	42.23	43.03	42.11	41.21
Ç5N0	38.44	41.24	43.30	40.99	40.93	42.05	43.55	42.18	41.59
Ç5N1	42.96	42.68	42.74	42.79	42.13	43.27	41.35	42.25	42.52
Ç5N2	38.00	40.24	43.28	40.51	45.43	39.5	42.3	42.41	41.46
Ç5N3	43.14	40.30	40.30	41.25	42.81	42.93	42.38	42.71	41.98

EK 11 (devam)

EK 11.26. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi hasat indeksi üzerine etkisi

UYG	Hasat indeksi					
	I YIL(2002)		II YIL (2003)			
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT	
Ç0N0	32.56	29.43	31.17	35.42	35.14	36.67
Ç0N1	31.06	31.02	32.67	31.58	34.98	35.26
Ç0N2	30.46	33.45	30.35	31.42	37.56	43.07
Ç0N3	34.14	29.88	30.88	31.63	34.51	35.20
Ç1N0	31.53	33.21	30.04	31.59	27.40	34.82
Ç1N1	29.67	31.96	32.11	31.25	28.99	39.53
Ç1N2	34.87	33.42	30.09	32.79	31.44	35.51
Ç1N3	34.78	32.56	34.53	33.96	34.26	40.20
Ç2N0	33.12	32.44	33.96	33.17	26.19	31.08
Ç2N1	33.71	34.68	29.05	32.48	28.74	37.10
Ç2N2	30.99	28.81	29.99	29.93	33.42	25.33
Ç2N3	33.25	30.65	31.07	31.66	33.34	30.98
Ç3N0	31.12	32.65	32.75	32.17	30.41	30.60
Ç3N1	29.74	28.55	32.67	30.32	30.30	31.73
Ç3N2	34.86	32.95	28.24	32.02	29.71	25.74
Ç3N3	32.02	29.85	34.04	31.97	24.81	33.21
Ç4N0	30.08	30.62	33.20	31.30	37.23	32.99
Ç4N1	31.70	32.88	35.72	33.43	37.44	40.48
Ç4N2	31.75	34.14	34.88	33.59	27.82	39.82
Ç4N3	29.75	30.33	28.97	29.68	33.88	28.73
Ç5N0	32.41	30.56	29.82	30.93	33.84	32.12
Ç5N1	29.56	32.86	30.82	31.08	38.29	35.09
Ç5N2	30.87	33.64	29.50	31.34	35.74	36.20
Ç5N3	29.61	28.45	31.88	29.98	39.55	26.73
					26.73	31.00
					30.49	

EK 11.27. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi dekara verimi üzerine etkisi

UYG	Dekara verim (kg)					
	I YIL(2002)		II YIL (2003)			
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT	
Ç0N0	259.7	241.7	250.4	250.6	233.0	234.9
Ç0N1	256.6	250.4	247.2	251.4	251.5	242.9
Ç0N2	248.2	255.0	276.7	260.0	274.2	266.5
Ç0N3	246.0	253.5	269.8	256.4	269.5	280.9
Ç1N0	257.3	248.0	249.3	251.6	247.1	255.4
Ç1N1	255.8	262.0	252.6	256.8	274.2	252.9
Ç1N2	257.6	273.4	265.4	265.5	302.3	321.3
Ç1N3	276.7	274.0	262.5	271.0	340.7	337.9
Ç2N0	246.0	267.1	248.5	253.9	261.2	269.6
Ç2N1	238.3	282.3	255.5	258.7	314.4	324.4
Ç2N2	272.6	284.2	306.1	287.6	311.4	323.3
Ç2N3	327.1	294.5	318.9	319.5	356.5	341.5
Ç3N0	274.8	297.5	189.2	253.8	315.9	298.1
Ç3N1	259.0	262.6	267.9	263.2	270.1	296.9
Ç3N2	281.4	294.2	283.1	286.2	334.6	331.0
Ç3N3	271.5	269.8	329.4	290.2	329.8	341.2
Ç4N0	269.0	299.4	282.8	283.7	294.2	301.1
Ç4N1	272.6	289.2	294.2	285.3	331.0	341.2
Ç4N2	310.5	286.7	287.5	294.9	339.6	351.0
Ç4N3	281.0	306.5	275.7	287.7	275.3	268.5
Ç5N0	268.4	281.7	291.4	280.5	280.3	311.4
Ç5N1	284.2	287.3	255.7	275.7	323.8	298.1
Ç5N2	261.5	288.1	251.2	266.9	301.9	295.0
Ç5N3	237.7	233.8	292.5	254.7	313.5	296.7
					296.7	302.3
					278.5	

EK 11 (devam)

EK 11.28. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi sap kısmındaki azot içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki sapında N içeriği (%)						GN.ORT T		
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT			
Ç0N0	0.48	0.47	0.45	0.47	0.39	0.54	0.56	0.50	0.48
Ç0N1	0.59	0.75	0.64	0.66	0.45	0.67	0.49	0.54	0.60
Ç0N2	0.93	0.77	0.78	0.83	0.55	0.65	0.75	0.65	0.74
Ç0N3	0.68	0.73	0.68	0.70	0.82	0.65	0.68	0.72	0.71
Ç1N0	0.49	0.51	0.64	0.55	0.54	0.41	0.66	0.54	0.54
Ç1N1	0.80	0.90	0.50	0.73	0.60	0.64	0.42	0.55	0.64
Ç1N2	0.59	0.56	0.68	0.61	0.91	0.89	0.54	0.78	0.70
Ç1N3	0.67	0.84	0.66	0.72	0.86	0.68	0.96	0.83	0.78
Ç2N0	0.63	0.70	0.65	0.66	0.84	1.04	0.60	0.83	0.74
Ç2N1	0.61	0.82	0.64	0.69	0.91	0.64	0.45	0.67	0.68
Ç2N2	0.58	0.82	0.69	0.70	1.25	0.76	0.88	0.96	0.83
Ç2N3	0.71	0.69	0.78	0.73	1.07	1.03	0.67	0.92	0.83
Ç3N0	0.70	0.63	0.93	0.75	0.99	0.82	1.04	0.95	0.85
Ç3N1	0.79	0.86	0.75	0.80	0.99	1.03	1.14	1.05	0.93
Ç3N2	0.77	1.00	0.79	0.85	1.08	1.13	1.01	1.07	0.96
Ç3N3	0.78	0.82	0.74	0.78	1.21	1.11	1.06	1.13	0.95
Ç4N0	1.05	0.85	1.01	0.97	1.43	1.20	1.01	1.21	1.09
Ç4N1	0.97	0.88	1.17	1.01	1.36	1.58	1.38	1.44	1.22
Ç4N2	0.98	0.92	1.23	1.04	1.70	1.43	1.58	1.57	1.31
Ç4N3	1.22	1.04	1.03	1.10	1.47	1.65	1.42	1.51	1.31
Ç5N0	1.03	1.15	1.14	1.11	1.48	1.67	1.51	1.55	1.33
Ç5N1	1.22	1.09	1.11	1.14	1.69	1.62	1.60	1.64	1.39
Ç5N2	1.45	1.05	1.11	1.20	1.57	1.60	1.68	1.62	1.41
Ç5N3	1.22	1.21	1.15	1.19	1.76	1.83	1.66	1.75	1.47

EK 11.29. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi sap kısmındaki fosfor içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki sapında P içeriği (%)						GN.ORT		
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT			
Ç0N0	0.020	0.030	0.020	0.023	0.020	0.020	0.040	0.027	0.025
Ç0N1	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.030	0.030	0.027	0.024
Ç0N2	0.030	0.030	0.030	0.030	0.020	0.030	0.040	0.030	0.025
Ç0N3	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.020	0.027	0.033
Ç1N0	0.030	0.030	0.040	0.033	0.020	0.010	0.030	0.020	0.027
Ç1N1	0.030	0.020	0.040	0.030	0.020	0.020	0.030	0.023	0.020
Ç1N2	0.050	0.020	0.030	0.033	0.020	0.030	0.020	0.023	0.032
Ç1N3	0.040	0.040	0.040	0.040	0.030	0.020	0.030	0.027	0.087
Ç2N0	0.050	0.050	0.040	0.047	0.040	0.030	0.020	0.030	0.045
Ç2N1	0.040	0.030	0.040	0.037	0.030	0.020	0.040	0.030	0.030
Ç2N2	0.040	0.040	0.040	0.040	0.060	0.030	0.040	0.043	0.047
Ç2N3	0.030	0.060	0.030	0.040	0.040	0.030	0.030	0.033	0.043
Ç3N0	0.040	0.030	0.040	0.037	0.030	0.040	0.050	0.040	0.032
Ç3N1	0.040	0.030	0.040	0.037	0.050	0.060	0.060	0.057	0.047
Ç3N2	0.050	0.050	0.040	0.047	0.050	0.020	0.020	0.030	0.038
Ç3N3	0.060	0.040	0.040	0.047	0.060	0.020	0.040	0.040	0.043
Ç4N0	0.050	0.050	0.040	0.047	0.070	0.050	0.020	0.047	0.050
Ç4N1	0.050	0.040	0.040	0.043	0.060	0.050	0.070	0.060	0.055
Ç4N2	0.050	0.060	0.030	0.047	0.030	0.040	0.090	0.053	0.075
Ç4N3	0.030	0.040	0.040	0.037	0.040	0.050	0.070	0.053	0.038
Ç5N0	0.050	0.040	0.030	0.040	0.060	0.070	0.020	0.050	0.045
Ç5N1	0.040	0.030	0.030	0.033	0.090	0.040	0.040	0.057	0.058
Ç5N2	0.040	0.050	0.050	0.047	0.020	0.060	0.060	0.047	0.052
Ç5N3	0.040	0.040	0.040	0.080	0.053	0.060	0.040	0.080	0.057

EK 11 (devam)

EK 11.30. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi sap kısmında potasyum içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki sapında potasyum içeriği (%)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT	GN.ORT			
ÇÖN0	1.07	0.82	1.58	1.16	1.96	1.75	1.39	2.30	1.73
ÇÖN1	1.35	0.96	1.21	1.17	1.85	2.08	1.73	1.89	1.53
ÇÖN2	1.06	1.45	1.55	1.35	2.42	2.89	2.85	2.72	2.04
ÇÖN3	1.33	2.28	1.61	1.74	3.66	2.52	3.00	3.06	2.40
Ç1N0	1.17	1.07	1.31	1.18	2.14	2.25	1.73	2.04	1.61
Ç1N1	0.99	1.34	0.98	1.10	2.68	2.81	2.09	2.53	1.82
Ç1N2	1.41	2.00	1.39	1.60	3.72	3.30	2.89	3.30	2.45
Ç1N3	1.17	1.71	1.74	1.54	2.87	2.92	3.58	3.12	2.33
Ç2N0	1.49	1.43	1.37	1.43	3.39	3.14	2.49	3.01	2.22
Ç2N1	1.34	1.03	1.23	1.20	3.01	2.33	2.36	2.57	1.88
Ç2N2	1.80	1.57	1.84	1.74	3.46	2.93	2.57	2.99	2.36
Ç2N3	1.48	2.24	1.15	1.62	3.07	2.63	2.81	2.84	2.23
Ç3N0	1.38	1.03	1.26	1.22	2.52	2.23	2.95	2.57	1.90
Ç3N1	1.41	1.54	0.79	1.25	2.85	2.81	2.53	2.73	1.99
Ç3N2	1.56	1.94	2.44	1.98	3.58	3.00	4.00	3.53	2.75
Ç3N3	1.89	2.59	1.98	2.15	3.75	3.09	1.88	2.91	2.53
Ç4N0	1.77	2.00	1.60	1.79	2.68	2.67	2.20	2.52	2.15
Ç4N2	1.98	1.96	1.17	1.70	3.57	2.44	2.89	2.97	2.34
Ç5N0	1.61	1.62	0.83	1.35	2.82	3.44	2.30	2.85	2.10
Ç5N1	2.04	0.75	1.52	1.44	2.42	2.01	2.21	2.21	1.83
Ç5N2	1.08	1.82	2.08	1.66	1.94	3.02	2.69	2.55	2.11
Ç5N3	1.70	2.14	1.92	1.92	3.22	2.68	3.74	3.21	2.57

EK 11.31. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi sap kısmında kadmiyum içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki sapında Cd içeriği (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT	GN.ORT			
ÇÖN0	0.0180	0.0176	0.0174	0.0177	0.0212	0.0191	0.0274	0.0226	0.0201
ÇÖN1	0.0162	0.0195	0.0194	0.0184	0.0213	0.0240	0.0225	0.0226	0.0205
ÇÖN2	0.0194	0.0190	0.0185	0.0190	0.0250	0.0210	0.0250	0.0237	0.0213
ÇÖN3	0.0277	0.0179	0.0210	0.0222	0.0241	0.0237	0.0237	0.0238	0.0230
Ç1N0	0.0276	0.0237	0.0232	0.0248	0.0220	0.0250	0.0295	0.0255	0.0252
Ç1N1	0.0258	0.0274	0.0241	0.0258	0.0250	0.0287	0.0262	0.0260	0.0260
Ç1N2	0.0230	0.0303	0.0273	0.0269	0.0315	0.0254	0.0256	0.0275	0.0272
Ç1N3	0.0285	0.0247	0.0283	0.0272	0.0250	0.0250	0.0318	0.0273	0.0272
Ç2N0	0.0244	0.0271	0.0319	0.0278	0.0265	0.0250	0.0350	0.0288	0.0283
Ç2N1	0.0245	0.0317	0.0257	0.0273	0.0285	0.0285	0.0284	0.0285	0.0279
Ç2N2	0.0287	0.0266	0.0311	0.0288	0.0274	0.0337	0.0285	0.0299	0.0293
Ç2N3	0.0294	0.0262	0.0295	0.0284	0.0300	0.0260	0.0341	0.0300	0.0292
Ç3N0	0.0289	0.0316	0.0281	0.0295	0.0324	0.0364	0.0284	0.0324	0.0310
Ç3N1	0.0221	0.0428	0.0234	0.0294	0.0315	0.0325	0.0312	0.0317	0.0306
Ç3N2	0.0322	0.0318	0.0309	0.0316	0.0365	0.0325	0.0324	0.0338	0.0327
Ç4N0	0.0321	0.0328	0.0325	0.0325	0.0370	0.0328	0.0315	0.0338	0.0331
Ç4N1	0.0316	0.0317	0.0354	0.0329	0.0250	0.0510	0.0287	0.0349	0.0339
Ç4N2	0.0318	0.0354	0.0354	0.0342	0.0384	0.0355	0.0323	0.0354	0.0348
Ç4N3	0.0312	0.0353	0.0332	0.0332	0.0326	0.0351	0.0352	0.0342	0.0337
Ç5N0	0.0340	0.0388	0.0312	0.0347	0.0350	0.0382	0.0372	0.0368	0.0357
Ç5N1	0.0326	0.0417	0.0307	0.0350	0.0381	0.0400	0.0364	0.0382	0.0366
Ç5N2	0.0381	0.0395	0.0364	0.0380	0.0398	0.0439	0.0391	0.0409	0.0395
Ç5N3	0.0384	0.0350	0.0439	0.0391	0.0415	0.0405	0.0385	0.0402	0.0396

EK 11 (devam)

EK 11.32. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi sap kısmında bakır içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki sapında Cu (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT			
Ç0N0	3.66	3.63	3.92	3.74	3.37	3.81	3.49	3.55	3.65
Ç0N1	3.85	3.68	3.76	3.76	3.55	3.94	3.66	3.71	3.74
Ç0N2	4.01	4.03	3.88	3.97	3.96	3.91	3.66	3.84	3.91
Ç0N3	4.04	3.84	3.89	3.92	3.86	4.14	3.60	3.87	3.90
Ç1N0	4.25	3.91	3.95	4.04	4.29	3.74	4.16	4.06	4.05
Ç1N1	4.03	4.20	4.21	4.15	4.21	3.95	4.52	4.23	4.19
Ç1N2	4.28	4.63	4.07	4.33	4.13	4.36	3.82	4.10	4.21
Ç1N3	4.39	4.21	4.48	4.36	4.12	4.12	4.09	4.11	4.23
Ç2N0	4.67	4.18	4.67	4.50	4.34	4.25	4.19	4.26	4.38
Ç2N1	4.84	4.19	4.48	4.50	4.31	4.41	4.11	4.27	4.39
Ç2N2	4.73	4.46	4.59	4.59	4.39	4.73	3.91	4.34	4.47
Ç2N3	4.53	4.73	4.04	4.43	4.01	4.53	4.08	4.21	4.32
Ç3N0	4.67	4.68	4.98	4.78	4.07	4.62	4.96	4.55	4.66
Ç3N1	5.00	4.41	5.07	4.83	4.91	4.33	4.54	4.59	4.71
Ç3N2	4.90	4.78	5.15	4.94	4.92	5.11	4.59	4.87	4.91
Ç3N3	4.79	4.39	5.16	4.78	4.75	4.89	4.71	4.78	4.78
Ç4N0	5.01	5.43	5.50	5.32	5.52	4.84	4.74	5.03	5.17
Ç4N1	5.43	5.40	4.67	5.17	5.45	4.91	5.06	5.14	5.16
Ç4N2	5.77	5.21	4.91	5.30	5.92	5.11	4.61	5.21	5.25
Ç4N3	5.00	5.49	5.41	5.30	5.71	5.16	4.85	5.24	5.27
Ç5N0	5.65	5.22	6.09	5.65	4.93	5.50	5.85	5.42	5.54
Ç5N1	6.09	5.72	6.19	6.00	5.64	5.32	5.02	5.32	5.66
Ç5N2	5.80	6.27	5.91	5.99	5.45	4.97	5.62	5.34	5.67
Ç5N3	5.97	6.02	5.44	5.81	5.80	4.78	5.63	5.40	5.61

EK 11.33. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi sap kısmında nikel içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki sapında Ni (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT			
Ç0N0	0.48	0.47	0.45	0.47	0.39	0.54	0.56	0.50	0.48
Ç0N1	0.59	0.75	0.64	0.66	0.45	0.67	0.49	0.54	0.60
Ç0N2	0.93	0.77	0.78	0.83	0.55	0.65	0.75	0.65	0.74
Ç0N3	0.68	0.73	0.68	0.70	0.82	0.65	0.68	0.72	0.71
Ç1N0	0.49	0.51	0.64	0.55	0.54	0.41	0.66	0.54	0.54
Ç1N1	0.80	0.90	0.50	0.73	0.60	0.64	0.42	0.55	0.64
Ç1N2	0.59	0.56	0.68	0.61	0.91	0.89	0.54	0.78	0.70
Ç1N3	0.67	0.84	0.66	0.72	0.86	0.68	0.96	0.83	0.78
Ç2N0	0.63	0.70	0.65	0.66	0.84	1.04	0.60	0.83	0.74
Ç2N1	0.61	0.82	0.64	0.69	0.91	0.64	0.45	0.67	0.68
Ç2N2	0.58	0.82	0.69	0.70	1.25	0.76	0.88	0.96	0.83
Ç2N3	0.71	0.69	0.78	0.73	1.07	1.03	0.67	0.92	0.83
Ç3N0	0.70	0.63	0.93	0.75	0.99	0.82	1.04	0.95	0.85
Ç3N1	0.79	0.86	0.75	0.80	0.99	1.03	1.14	1.05	0.93
Ç3N2	0.77	1.00	0.79	0.85	1.08	1.13	1.01	1.07	0.96
Ç3N3	0.78	0.82	0.74	0.78	1.21	1.11	1.06	1.13	0.95
Ç4N0	1.05	0.85	1.01	0.97	1.43	1.20	1.01	1.21	1.09
Ç4N1	0.97	0.88	1.17	1.01	1.36	1.58	1.38	1.44	1.22
Ç4N2	0.98	0.92	1.23	1.04	1.70	1.43	1.58	1.57	1.31
Ç4N3	1.22	1.04	1.03	1.10	1.47	1.65	1.42	1.51	1.31
Ç5N0	1.03	1.15	1.14	1.11	1.48	1.67	1.51	1.55	1.33
Ç5N1	1.22	1.09	1.11	1.14	1.69	1.62	1.60	1.64	1.39
Ç5N2	1.45	1.05	1.11	1.20	1.57	1.60	1.68	1.62	1.41
Ç5N3	1.22	1.21	1.15	1.19	1.76	1.83	1.66	1.75	1.47

EK 11 (devam)

EK 11.34. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi sap kısmında kurşun içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki sapında Pb içeriği (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)						
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT					
ÇÖN0	0.212	0.219	0.227	0.220	0.245	0.220	0.217	0.227	0.223
ÇÖN1	0.229	0.233	0.225	0.236	0.245	0.214	0.238	0.232	0.234
ÇÖN2	0.227	0.243	0.249	0.240	0.250	0.235	0.249	0.244	0.242
ÇÖN3	0.259	0.218	0.224	0.234	0.275	0.236	0.218	0.243	0.238
ÇİN0	0.225	0.261	0.221	0.236	0.220	0.281	0.232	0.244	0.240
ÇİN1	0.252	0.219	0.239	0.236	0.250	0.270	0.231	0.250	0.243
ÇİN2	0.231	0.240	0.265	0.245	0.250	0.284	0.260	0.265	0.255
ÇİN3	0.266	0.241	0.244	0.250	0.266	0.276	0.234	0.258	0.254
ÇÖN0	0.215	0.301	0.254	0.257	0.261	0.284	0.243	0.263	0.260
ÇÖN1	0.259	0.218	0.267	0.248	0.274	0.292	0.241	0.269	0.258
ÇÖN2	0.272	0.237	0.284	0.264	0.290	0.302	0.264	0.285	0.275
ÇÖN3	0.267	0.259	0.244	0.257	0.255	0.251	0.245	0.250	0.254
ÇİN0	0.279	0.317	0.276	0.291	0.283	0.313	0.303	0.299	0.295
ÇİN1	0.311	0.363	0.344	0.340	0.321	0.363	0.360	0.348	0.344
ÇİN2	0.362	0.341	0.339	0.347	0.351	0.341	0.362	0.351	0.349
ÇİN3	0.310	0.381	0.350	0.347	0.381	0.373	0.355	0.369	0.358
ÇÖN0	0.370	0.392	0.325	0.362	0.391	0.371	0.376	0.380	0.371
ÇÖN1	0.391	0.338	0.419	0.383	0.427	0.362	0.375	0.388	0.385
ÇÖN2	0.405	0.412	0.361	0.393	0.411	0.384	0.455	0.417	0.405
ÇÖN3	0.412	0.421	0.398	0.410	0.417	0.439	0.484	0.447	0.428
ÇİN0	0.510	0.510	0.403	0.475	0.450	0.514	0.550	0.505	0.490
ÇİN1	0.540	0.528	0.644	0.571	0.611	0.591	0.583	0.595	0.583
ÇİN2	0.561	0.629	0.589	0.593	0.628	0.605	0.656	0.629	0.611
ÇİN3	0.570	0.548	0.627	0.581	0.610	0.641	0.621	0.624	0.603

EK 11.35. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi sap kısmında çinko içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki sapında Zn içeriği (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)						
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT					
ÇÖN0	32.01	27.61	26.95	28.86	32.85	28.34	27.67	29.62	29.24
ÇÖN1	21.50	34.11	30.34	28.65	22.08	35.00	31.13	29.41	29.03
ÇÖN2	30.51	29.36	25.86	28.58	31.31	30.14	26.55	29.33	28.96
ÇÖN3	26.05	30.71	29.80	28.75	26.74	31.51	30.28	29.51	29.13
ÇİN0	24.52	26.76	32.01	27.76	25.42	27.74	33.17	28.78	28.27
ÇİN1	28.30	28.56	29.19	28.68	29.33	29.60	30.26	29.73	29.21
ÇİN2	29.17	25.84	31.87	28.96	30.24	26.79	33.03	30.02	29.49
ÇİN3	27.21	29.17	31.43	29.27	28.21	30.23	32.58	30.34	29.80
ÇÖN0	31.64	29.42	28.73	29.93	32.95	30.65	29.92	31.17	30.55
ÇÖN1	31.54	30.45	32.25	31.41	32.85	31.71	33.59	32.72	32.06
ÇÖN2	34.74	34.72	28.29	32.58	36.35	36.33	29.61	34.10	33.34
ÇÖN3	31.08	30.46	29.34	30.29	32.53	31.87	30.71	31.70	31.00
ÇİN0	34.50	33.00	36.75	34.75	36.80	35.20	39.19	37.06	35.91
ÇİN1	47.40	30.22	31.86	36.49	50.53	32.23	33.98	38.91	37.70
ÇİN2	36.63	45.30	31.30	37.74	39.43	48.75	33.70	40.63	39.19
ÇİN3	32.63	44.70	34.10	37.14	35.13	48.10	36.71	39.98	38.56
ÇÖN0	42.94	39.93	38.12	40.33	47.08	43.79	41.80	44.22	42.28
ÇÖN1	46.29	33.20	38.71	39.40	50.75	36.41	42.44	43.20	41.30
ÇÖN2	45.31	38.10	38.11	40.51	49.67	41.78	41.79	44.41	42.46
ÇÖN3	38.07	36.45	44.70	39.74	41.74	39.97	49.01	43.57	41.66
ÇİN0	45.75	35.94	48.45	43.38	53.84	42.31	57.00	51.05	47.21
ÇİN1	46.49	41.43	42.45	43.46	54.71	48.76	49.96	51.14	47.30
ÇİN2	46.27	41.81	38.33	42.13	54.91	49.63	45.50	50.01	46.07
ÇİN3	43.95	47.66	43.15	44.92	52.16	56.56	51.21	53.31	49.11

EK 11 (devam)

EK 11.36. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi tane kısmındaki azot içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki tanesinde N içeriği(%)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT				
Ç0N0	2.48	2.66	2.03	2.39	3.05	1.98	2.54	2.47	
Ç0N1	2.29	2.65	2.46	2.47	2.33	2.06	2.70	2.36	2.42
Ç0N2	3.04	2.43	2.64	2.70	2.46	2.79	2.61	2.62	2.66
Ç0N3	2.84	2.69	2.76	2.76	3.17	2.85	2.49	2.84	2.80
Ç1N0	3.03	2.94	2.65	2.87	2.55	1.81	1.98	2.11	2.49
Ç1N1	3.02	2.86	2.99	2.96	2.55	2.55	2.16	2.42	2.69
Ç1N2	3.50	2.56	2.54	2.87	2.77	2.41	2.76	2.65	2.76
Ç1N3	2.63	3.29	2.98	2.97	2.68	3.00	2.60	2.76	2.86
Ç2N0	3.52	2.89	2.86	3.09	2.89	3.05	2.73	2.89	2.99
Ç2N1	3.08	3.18	3.43	3.23	3.25	2.07	2.54	2.62	2.93
Ç2N2	3.46	3.26	3.13	3.28	3.80	4.51	2.24	3.52	3.40
Ç2N3	3.44	3.15	3.26	3.28	2.21	3.29	2.68	2.73	3.01
Ç3N0	3.78	2.84	3.54	3.39	2.98	3.17	3.08	3.08	3.23
Ç3N1	3.25	3.27	3.33	3.28	3.23	2.98	2.74	2.98	3.13
Ç3N2	3.26	3.65	3.02	3.31	3.30	4.51	3.72	3.84	3.58
Ç3N3	3.24	3.54	3.15	3.31	3.49	3.43	3.32	3.41	3.36
Ç4N0	3.48	3.57	3.19	3.41	3.32	3.00	4.09	3.47	3.44
Ç4N1	3.57	3.03	3.66	3.42	3.03	4.21	3.74	3.66	3.54
Ç4N2	3.33	3.46	3.67	3.49	2.93	3.52	3.32	3.26	3.37
Ç4N3	3.46	3.64	3.56	3.55	3.46	3.09	3.68	3.41	3.48
Ç5N0	3.75	3.57	3.45	3.59	4.00	3.09	3.63	3.57	3.58
Ç5N1	3.80	3.52	3.61	3.64	3.31	3.33	3.54	3.39	3.52
Ç5N2	3.83	3.48	3.65	3.65	3.16	4.02	2.29	3.16	3.41
Ç5N3	3.58	3.67	3.70	3.65	3.69	3.27	3.80	3.59	3.62

EK 11.37. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi tane kısmında fosfor içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki tanesinde P içeriği (%)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT				
Ç0N0	0.270	0.310	0.290	0.290	0.360	0.390	0.330	0.360	0.325
Ç0N1	0.270	0.270	0.300	0.280	0.360	0.280	0.320	0.320	0.300
Ç0N2	0.270	0.240	0.260	0.257	0.390	0.330	0.400	0.373	0.315
Ç0N3	0.320	0.350	0.270	0.313	0.430	0.370	0.340	0.380	0.347
Ç1N0	0.320	0.290	0.300	0.303	0.440	0.390	0.420	0.417	0.360
Ç1N1	0.310	0.360	0.290	0.320	0.410	0.360	0.380	0.383	0.352
Ç1N2	0.290	0.350	0.330	0.323	0.440	0.400	0.290	0.377	0.350
Ç1N3	0.280	0.300	0.300	0.293	0.440	0.380	0.390	0.403	0.348
Ç2N0	0.330	0.360	0.430	0.373	0.470	0.490	0.440	0.467	0.420
Ç2N1	0.320	0.270	0.290	0.293	0.470	0.410	0.350	0.410	0.352
Ç2N2	0.320	0.270	0.320	0.303	0.440	0.380	0.350	0.390	0.347
Ç2N3	0.290	0.360	0.310	0.320	0.460	0.440	0.420	0.440	0.380
Ç3N0	0.320	0.370	0.400	0.363	0.390	0.430	0.420	0.413	0.388
Ç3N1	0.360	0.370	0.320	0.350	0.420	0.400	0.390	0.403	0.377
Ç3N2	0.390	0.310	0.320	0.340	0.440	0.420	0.380	0.413	0.377
Ç3N3	0.360	0.370	0.350	0.360	0.470	0.420	0.390	0.427	0.393
Ç4N0	0.370	0.380	0.330	0.360	0.450	0.390	0.420	0.420	0.390
Ç4N1	0.330	0.380	0.360	0.357	0.480	0.350	0.390	0.407	0.382
Ç4N2	0.420	0.380	0.390	0.397	0.430	0.390	0.430	0.417	0.407
Ç4N3	0.350	0.310	0.380	0.347	0.400	0.440	0.400	0.413	0.380
Ç5N0	0.420	0.380	0.380	0.393	0.430	0.420	0.470	0.440	0.417
Ç5N1	0.350	0.360	0.380	0.363	0.390	0.390	0.370	0.383	0.373
Ç5N2	0.290	0.420	0.430	0.380	0.430	0.460	0.410	0.433	0.407
Ç5N3	0.340	0.340	0.390	0.357	0.450	0.430	0.410	0.430	0.393

EK 11 (devam)

EK 11.38. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi tane kısmında potasyum içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki tanesinde potasyum içeriği (%)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)						
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT					
ÇÖN0	0.39	0.40	0.41	0.40	0.45	0.46	0.51	0.47	0.44
ÇÖN1	0.39	0.37	0.38	0.38	0.46	0.46	0.59	0.50	0.44
ÇÖN2	0.38	0.38	0.43	0.40	0.50	0.48	0.48	0.49	0.44
ÇÖN3	0.39	0.41	0.39	0.40	0.54	0.58	0.48	0.53	0.47
ÇİN0	0.40	0.40	0.40	0.40	0.55	0.46	0.50	0.50	0.45
ÇİN1	0.41	0.43	0.39	0.41	0.56	0.59	0.51	0.55	0.48
ÇİN2	0.41	0.41	0.39	0.40	0.53	0.58	0.56	0.56	0.48
ÇİN3	0.39	0.43	0.42	0.41	0.49	0.49	0.59	0.52	0.47
Ç2N0	0.43	0.43	0.47	0.44	0.56	0.60	0.68	0.61	0.53
Ç2N1	0.45	0.39	0.37	0.40	0.53	0.47	0.49	0.50	0.45
Ç2N2	0.42	0.43	0.42	0.42	0.54	0.46	0.56	0.52	0.47
Ç2N3	0.41	0.45	0.40	0.42	0.48	0.55	0.48	0.50	0.46
Ç3N0	0.40	0.42	0.41	0.41	0.52	0.58	0.62	0.57	0.49
Ç3N1	0.45	0.40	0.40	0.42	0.60	0.59	0.52	0.57	0.49
Ç3N2	0.40	0.42	0.41	0.41	0.59	0.48	0.56	0.54	0.48
Ç3N3	0.43	0.42	0.41	0.42	0.56	0.60	0.58	0.58	0.50
Ç4N0	0.41	0.45	0.39	0.42	0.55	0.55	0.49	0.53	0.47
Ç4N1	0.44	0.39	0.42	0.42	0.54	0.57	0.58	0.56	0.49
Ç4N2	0.41	0.42	0.42	0.42	0.62	0.57	0.56	0.58	0.50
Ç4N3	0.47	0.41	0.43	0.44	0.56	0.45	0.59	0.53	0.49
Ç5N0	0.46	0.45	0.42	0.44	0.57	0.53	0.54	0.55	0.50
Ç5N1	0.48	0.40	0.39	0.42	0.51	0.48	0.51	0.50	0.46
Ç5N2	0.45	0.42	0.41	0.43	0.44	0.61	0.63	0.56	0.49
Ç5N3	0.43	0.48	0.44	0.45	0.54	0.45	0.59	0.53	0.49

EK 11.39. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi tane kısmında kadmiyum içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki tanesinde Cd içeriği (mg.kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)						
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT					
ÇÖN0	0.0141	0.0146	0.0154	0.0147	0.0166	0.0181	0.0174	0.0174	0.0160
ÇÖN1	0.0162	0.0155	0.0143	0.0153	0.0178	0.0174	0.0186	0.0179	0.0166
ÇÖN2	0.0145	0.0150	0.0155	0.0150	0.0182	0.0191	0.0168	0.0180	0.0165
ÇÖN3	0.0167	0.0149	0.0150	0.0155	0.0206	0.0173	0.0195	0.0191	0.0173
ÇİN0	0.0166	0.0168	0.0172	0.0169	0.0220	0.0215	0.0204	0.0213	0.0191
ÇİN1	0.0158	0.0181	0.0167	0.0169	0.0215	0.0224	0.0237	0.0225	0.0197
ÇİN2	0.0163	0.0183	0.0165	0.0170	0.0215	0.0200	0.0256	0.0224	0.0197
ÇİN3	0.0183	0.0177	0.0168	0.0176	0.0250	0.0215	0.0225	0.0230	0.0203
Ç2N0	0.0194	0.0199	0.0190	0.0194	0.0200	0.0215	0.0305	0.0240	0.0217
Ç2N1	0.0195	0.0203	0.0217	0.0205	0.0200	0.0250	0.0284	0.0245	0.0225
Ç2N2	0.0187	0.0226	0.0194	0.0202	0.0242	0.0307	0.0216	0.0255	0.0229
Ç2N3	0.0214	0.0210	0.0212	0.0212	0.0275	0.0260	0.0263	0.0266	0.0239
Ç3N0	0.0211	0.0215	0.0226	0.0217	0.0285	0.0301	0.0274	0.0287	0.0252
Ç3N1	0.0221	0.0228	0.0214	0.0221	0.0265	0.0286	0.0312	0.0288	0.0254
Ç3N2	0.0227	0.0221	0.0254	0.0234	0.0275	0.0255	0.0347	0.0292	0.0263
Ç3N3	0.0221	0.0199	0.0279	0.0233	0.0345	0.0267	0.0285	0.0299	0.0266
Ç4N0	0.0216	0.0208	0.0252	0.0225	0.0307	0.0282	0.0295	0.0295	0.0260
Ç4N1	0.0190	0.0223	0.0285	0.0233	0.0313	0.0342	0.0287	0.0314	0.0273
Ç4N2	0.0221	0.0254	0.0265	0.0247	0.0365	0.0255	0.0305	0.0308	0.0278
Ç4N3	0.0268	0.0264	0.0262	0.0265	0.0325	0.0306	0.0350	0.0327	0.0296
Ç5N0	0.0268	0.0268	0.0262	0.0266	0.0340	0.0345	0.0316	0.0337	0.0302
Ç5N1	0.0265	0.0247	0.0285	0.0266	0.0341	0.0301	0.0394	0.0345	0.0306
Ç5N2	0.0309	0.0226	0.0267	0.0267	0.0365	0.0326	0.0351	0.0347	0.0307
Ç5N3	0.0314	0.0304	0.0314	0.0311	0.0351	0.0355	0.0385	0.0364	0.0337

EK 11 (devam)

EK 11.40. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi tane kısmında bakır içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki tanesinde Cu (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT				
Ç0N0	3.46	3.36	3.92	3.58	3.37	3.81	3.41	3.53	3.56
Ç0N1	3.78	3.68	3.76	3.74	3.55	3.94	3.43	3.64	3.69
Ç0N2	4.05	4.03	3.91	4.00	3.76	3.81	3.66	3.74	3.87
Ç0N3	4.04	3.84	3.89	3.92	3.74	4.14	3.88	3.92	3.92
Ç1N0	4.25	4.15	4.05	4.15	4.29	3.74	4.27	4.10	4.12
Ç1N1	4.40	4.15	4.16	4.24	4.21	4.09	4.24	4.18	4.21
Ç1N2	4.38	4.11	4.51	4.33	4.19	4.36	4.12	4.22	4.28
Ç1N3	4.69	4.21	4.48	4.46	4.30	4.12	4.41	4.28	4.37
Ç2N0	4.67	4.49	4.67	4.61	4.34	4.45	4.25	4.35	4.48
Ç2N1	4.64	4.72	4.48	4.61	4.31	4.41	4.71	4.48	4.54
Ç2N2	4.73	4.55	4.59	4.62	4.29	4.73	4.59	4.54	4.58
Ç2N3	4.85	4.75	4.90	4.84	4.85	4.53	4.41	4.60	4.72
Ç3N0	4.67	4.68	4.98	4.78	4.61	4.62	4.55	4.59	4.68
Ç3N1	4.74	4.81	5.07	4.87	4.79	4.49	4.54	4.60	4.74
Ç3N2	4.90	4.78	4.75	4.81	4.93	4.64	4.59	4.72	4.76
Ç3N3	4.79	4.84	5.16	4.93	4.75	4.89	4.71	4.78	4.86
Ç4N0	5.01	5.26	5.50	5.26	5.23	4.84	5.14	5.07	5.17
Ç4N1	5.43	5.40	5.17	5.33	5.19	5.30	5.06	5.18	5.26
Ç4N2	5.77	5.21	5.39	5.46	5.29	5.42	5.01	5.24	5.35
Ç4N3	6.00	5.49	5.41	5.63	5.71	5.16	5.48	5.45	5.54
Ç5N0	5.65	5.22	6.09	5.65	5.19	5.50	5.85	5.51	5.58
Ç5N1	6.09	5.72	5.94	5.92	5.64	5.32	5.82	5.59	5.75
Ç5N2	5.80	6.27	5.91	5.99	5.45	5.97	5.62	5.68	5.83
Ç5N3	5.97	6.02	6.44	6.15	5.84	5.78	5.63	5.75	5.95

EK 11.41. Arıtma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi tane kısmında nikel içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki tanesinde Ni (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)			II YIL (2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT				
Ç0N0	0.565	0.607	0.424	0.532	0.550	0.480	0.530	0.520	0.526
Ç0N1	0.409	0.574	0.689	0.557	0.550	0.604	0.513	0.555	0.556
Ç0N2	0.561	0.561	0.552	0.558	0.605	0.562	0.513	0.560	0.559
Ç0N3	0.550	0.562	0.584	0.565	0.562	0.583	0.538	0.561	0.563
Ç1N0	0.581	0.581	0.564	0.575	0.561	0.583	0.552	0.565	0.570
Ç1N1	0.595	0.585	0.612	0.597	0.608	0.605	0.586	0.599	0.598
Ç1N2	0.552	0.614	0.621	0.596	0.687	0.582	0.522	0.597	0.596
Ç1N3	0.577	0.619	0.613	0.603	0.632	0.582	0.605	0.606	0.605
Ç2N0	0.516	0.700	0.616	0.611	0.611	0.617	0.613	0.613	0.612
Ç2N1	0.646	0.611	0.605	0.621	0.613	0.650	0.642	0.635	0.628
Ç2N2	0.631	0.613	0.639	0.628	0.632	0.642	0.631	0.635	0.631
Ç2N3	0.576	0.716	0.626	0.639	0.633	0.652	0.625	0.637	0.638
Ç3N0	0.690	0.672	0.648	0.670	0.740	0.716	0.587	0.681	0.675
Ç3N1	0.646	0.713	0.721	0.694	0.783	0.648	0.665	0.698	0.696
Ç3N2	0.701	0.746	0.713	0.720	0.713	0.716	0.698	0.709	0.714
Ç3N3	0.721	0.715	0.687	0.708	0.704	0.726	0.713	0.714	0.711
Ç4N0	0.724	0.715	0.718	0.719	0.743	0.728	0.714	0.728	0.724
Ç4N1	0.721	0.751	0.719	0.731	0.726	0.771	0.755	0.750	0.741
Ç4N2	0.757	0.721	0.741	0.740	0.733	0.760	0.801	0.765	0.752
Ç4N3	0.734	0.740	0.753	0.742	0.811	0.751	0.731	0.764	0.753
Ç5N0	0.759	0.802	0.735	0.765	0.781	0.801	0.788	0.790	0.778
Ç5N1	0.780	0.744	0.787	0.771	0.782	0.803	0.797	0.794	0.782
Ç5N2	0.789	0.792	0.767	0.783	0.751	0.824	0.784	0.786	0.784
Ç5N3	0.781	0.781	0.792	0.785	0.802	0.786	0.803	0.797	0.791

EK 11 (devam)

EK 11.42. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi tane kısmında kurşun içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki tanesinde Pb içeriği (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)			II YIL(2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT				
Ç0N0	0.281	0.329	0.326	0.312	0.043	0.985	0.170	0.400	0.356
Ç0N1	0.293	0.287	0.318	0.299	0.315	0.281	0.275	0.290	0.295
Ç0N2	0.267	0.343	0.290	0.300	0.325	0.276	0.315	0.305	0.303
Ç0N3	0.329	0.277	0.341	0.316	0.318	0.316	0.318	0.317	0.316
Ç1N0	0.311	0.312	0.302	0.309	0.320	0.311	0.315	0.315	0.312
Ç1N1	0.319	0.290	0.315	0.308	0.295	0.285	0.327	0.302	0.305
Ç1N2	0.312	0.296	0.299	0.302	0.296	0.310	0.310	0.305	0.304
Ç1N3	0.306	0.311	0.319	0.312	0.291	0.318	0.313	0.307	0.310
Ç2N0	0.314	0.312	0.340	0.322	0.318	0.324	0.321	0.321	0.321
Ç2N1	0.316	0.322	0.349	0.329	0.346	0.322	0.321	0.330	0.329
Ç2N2	0.322	0.324	0.328	0.325	0.329	0.332	0.332	0.331	0.328
Ç2N3	0.321	0.331	0.321	0.324	0.346	0.321	0.317	0.328	0.326
Ç3N0	0.342	0.330	0.326	0.333	0.341	0.321	0.363	0.342	0.337
Ç3N1	0.341	0.363	0.344	0.350	0.361	0.343	0.360	0.355	0.352
Ç3N2	0.346	0.343	0.359	0.349	0.374	0.354	0.362	0.363	0.356
Ç3N3	0.358	0.345	0.350	0.351	0.342	0.373	0.355	0.356	0.354
Ç4N0	0.360	0.371	0.354	0.361	0.394	0.376	0.376	0.382	0.372
Ç4N1	0.358	0.348	0.372	0.359	0.363	0.371	0.384	0.373	0.366
Ç4N2	0.375	0.370	0.388	0.378	0.381	0.394	0.391	0.389	0.383
Ç4N3	0.383	0.363	0.381	0.376	0.395	0.385	0.391	0.390	0.383
Ç5N0	0.384	0.329	0.380	0.364	0.399	0.390	0.414	0.401	0.383
Ç5N1	0.349	0.381	0.385	0.372	0.414	0.393	0.381	0.396	0.384
Ç5N2	0.384	0.340	0.389	0.371	0.391	0.399	0.411	0.400	0.386
Ç5N3	0.398	0.396	0.427	0.407	0.402	0.410	0.400	0.404	0.405

EK 11.43. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi tane kısmında çinko içeriği üzerine etkisi

UYG	Bitki tanesinde Zn içeriği (mg kg ⁻¹)								
	I YIL(2002)			II YIL(2003)					
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT				
Ç0N0	18.48	19.12	19.30	18.97	17.40	18.67	21.53	19.20	19.09
Ç0N1	18.72	17.01	16.78	17.50	18.10	19.31	15.78	17.73	17.62
Ç0N2	21.16	18.48	20.44	20.03	19.80	16.84	20.47	19.04	19.53
Ç0N3	22.70	18.23	17.82	19.58	23.36	18.65	16.17	19.40	19.49
Ç1N0	20.69	21.04	21.25	20.99	22.38	19.47	19.59	20.48	20.74
Ç1N1	21.62	21.19	21.24	21.35	23.08	21.50	18.16	20.92	21.13
Ç1N2	25.72	22.69	20.42	22.95	21.65	28.41	20.80	23.62	23.28
Ç1N3	19.72	22.28	22.82	21.60	32.70	24.21	23.19	26.70	24.15
Ç2N0	27.33	27.53	24.58	26.48	25.57	27.65	29.73	27.65	27.07
Ç2N1	21.29	25.17	19.35	21.94	23.60	24.51	19.56	22.56	22.25
Ç2N2	27.79	25.63	22.25	25.22	26.35	25.48	24.02	25.28	25.25
Ç2N3	27.97	27.45	29.86	28.43	26.51	37.47	23.52	29.17	28.80
Ç3N0	26.49	28.83	25.33	26.88	30.54	34.61	32.13	32.43	29.66
Ç3N1	27.76	30.77	25.81	28.11	29.77	36.39	28.33	31.50	29.81
Ç3N2	29.94	26.78	29.82	28.85	35.41	33.44	33.98	34.28	31.56
Ç3N3	29.29	28.77	27.01	28.36	32.77	35.57	31.65	33.33	30.84
Ç4N0	31.22	32.60	34.47	32.77	45.19	41.23	32.00	39.47	36.12
Ç4N1	33.11	28.49	29.27	30.29	32.41	36.73	35.36	34.84	32.56
Ç4N2	29.17	26.94	31.91	29.34	40.90	46.86	35.47	41.08	35.21
Ç4N3	27.70	32.60	31.28	30.53	38.55	36.62	44.79	39.99	35.26
Ç5N0	33.13	32.06	34.63	33.27	50.19	43.96	41.18	45.11	39.19
Ç5N1	30.79	34.92	32.48	32.73	41.91	43.19	46.11	43.74	38.23
Ç5N2	37.15	33.47	35.49	35.37	38.44	48.94	46.94	44.78	40.08
Ç5N3	33.47	35.26	35.67	34.80	48.40	43.01	45.42	45.61	40.21

EK 11 (devam)

EK 11.44. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi Cd alınabilirlik indeksi değerleri üzerine etkisi

UYG	Cd indeksleri (Bitki toplam/Toprak toplam mgkg ⁻¹)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)						
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT					
Ç0N0	3.65	4.49	3.74	3.96	4.18	4.90	5.37	4.82	4.39
Ç0N1	3.62	3.96	4.21	3.93	4.46	4.67	4.87	4.67	4.30
Ç0N2	4.07	4.31	4.59	4.32	5.09	4.80	5.82	5.23	4.77
Ç0N3	5.17	4.33	5.05	4.85	4.72	5.43	5.72	5.29	5.07
Ç1N0	5.61	5.75	4.62	5.33	4.85	6.18	5.68	5.97	5.45
Ç1N1	6.86	5.15	4.92	5.65	6.91	4.87	5.93	5.90	5.77
Ç1N2	5.54	8.04	5.10	6.23	7.42	6.92	5.16	6.50	6.36
Ç1N3	6.00	4.73	7.41	6.05	5.68	4.84	8.38	6.30	6.18
Ç2N0	4.77	6.41	6.83	6.00	5.08	5.99	7.92	6.33	6.17
Ç2N1	5.67	6.52	5.54	5.91	6.35	6.11	6.21	6.22	6.07
Ç2N2	6.58	6.13	5.89	6.20	6.50	7.72	5.38	6.54	6.37
Ç2N3	6.92	6.21	5.70	6.28	7.26	6.33	6.47	6.69	6.48
Ç3N0	6.05	7.61	5.56	6.41	6.89	8.93	5.73	7.18	6.80
Ç3N1	5.57	9.06	4.48	6.37	7.48	7.29	5.97	6.91	6.64
Ç3N2	6.19	6.01	8.11	6.77	5.02	6.68	8.55	6.75	6.76
Ç3N3	7.24	5.91	6.64	6.60	8.60	6.18	6.78	7.19	6.89
Ç4N0	6.16	7.03	6.66	6.62	7.17	7.27	6.61	7.02	6.82
Ç4N1	4.72	8.57	7.75	7.01	4.31	8.27	6.47	6.35	6.68
Ç4N2	4.81	6.65	5.74	5.73	6.06	6.46	5.40	5.97	5.85
Ç4N3	6.40	5.83	5.22	5.82	6.75	5.85	5.66	6.08	5.95
Ç5N0	4.34	6.42	5.09	5.28	4.61	6.50	5.93	5.68	5.48
Ç5N1	5.79	7.37	4.55	5.90	6.70	7.18	5.46	6.45	6.18
Ç5N2	5.40	6.86	5.57	5.94	5.63	7.76	6.06	6.48	6.21
Ç5N3	5.20	5.75	6.79	5.91	5.47	6.51	6.23	6.07	5.99

EK 11.45. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi Cu alınabilirlik indeksi değerleri üzerine etkisi

UYG	Cu indeksleri (Bitki toplam/Toprak toplam mgkg ⁻¹)								
	I YIL(2002)		II YIL (2003)						
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT					
Ç0N0	0.109	0.112	0.115	0.112	0.104	0.122	0.102	0.109	0.111
Ç0N1	0.113	0.111	0.110	0.122	0.111	0.114	0.110	0.114	0.113
Ç0N2	0.118	0.120	0.114	0.117	0.121	0.117	0.110	0.116	0.117
Ç0N3	0.113	0.112	0.114	0.113	0.116	0.125	0.110	0.117	0.115
Ç1N0	0.134	0.117	0.127	0.126	0.132	0.123	0.134	0.130	0.128
Ç1N1	0.124	0.147	0.130	0.134	0.136	0.131	0.145	0.137	0.136
Ç1N2	0.138	0.158	0.120	0.139	0.131	0.140	0.124	0.132	0.135
Ç1N3	0.131	0.135	0.145	0.137	0.126	0.144	0.130	0.134	0.135
Ç2N0	0.141	0.131	0.150	0.141	0.130	0.134	0.131	0.132	0.136
Ç2N1	0.142	0.137	0.140	0.140	0.133	0.143	0.152	0.143	0.141
Ç2N2	0.149	0.133	0.129	0.137	0.135	0.149	0.135	0.140	0.138
Ç2N3	0.134	0.145	0.129	0.136	0.131	0.144	0.139	0.138	0.137
Ç3N0	0.140	0.130	0.153	0.141	0.125	0.143	0.150	0.139	0.140
Ç3N1	0.164	0.141	0.157	0.154	0.153	0.129	0.143	0.142	0.148
Ç3N2	0.154	0.147	0.147	0.149	0.150	0.159	0.136	0.148	0.149
Ç3N3	0.144	0.138	0.163	0.148	0.147	0.149	0.139	0.145	0.147
Ç4N0	0.151	0.165	0.163	0.160	0.162	0.153	0.145	0.153	0.157
Ç4N1	0.145	0.163	0.142	0.150	0.159	0.147	0.148	0.151	0.151
Ç4N2	0.182	0.160	0.148	0.163	0.167	0.161	0.132	0.153	0.158
Ç4N3	0.172	0.146	0.165	0.161	0.184	0.168	0.144	0.165	0.163
Ç5N0	0.160	0.162	0.180	0.167	0.129	0.151	0.187	0.156	0.162
Ç5N1	0.201	0.135	0.185	0.174	0.167	0.157	0.159	0.161	0.167
Ç5N2	0.177	0.169	0.141	0.163	0.158	0.150	0.146	0.151	0.157
Ç5N3	0.226	0.171	0.160	0.186	0.168	0.142	0.161	0.157	0.171

EK 11 (devam)

EK 11.46. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi Ni alınabilirlik indeksi değerleri üzerine etkisi

UYG	Ni indeksleri (Bitki toplam/Toprak toplam mgkg ⁻¹)								
	I YIL(2002)	II YIL (2003)							
	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT						
Ç0N0	0.47	0.60	0.34	0.47	0.39	0.48	0.28	0.38	0.43
Ç0N1	0.39	0.46	0.62	0.49	0.43	0.47	0.42	0.44	0.47
Ç0N2	0.46	0.48	0.44	0.46	0.48	0.30	0.53	0.44	0.45
Ç0N3	0.49	0.52	0.51	0.51	0.44	0.45	0.58	0.49	0.50
Ç1N0	0.50	0.59	0.55	0.55	0.51	0.54	0.48	0.51	0.53
Ç1N1	0.47	0.64	0.58	0.56	0.55	0.54	0.60	0.56	0.56
Ç1N2	0.50	0.66	0.52	0.56	0.64	0.42	0.48	0.51	0.54
Ç1N3	0.51	0.62	0.51	0.55	0.56	0.51	0.49	0.52	0.53
Ç2N0	0.56	0.55	0.68	0.60	0.58	0.54	0.46	0.53	0.56
Ç2N1	0.73	0.63	0.65	0.67	0.57	0.59	0.65	0.60	0.64
Ç2N2	0.56	0.59	0.61	0.59	0.51	0.52	0.64	0.56	0.57
Ç2N3	0.53	0.69	0.63	0.61	0.55	0.55	0.48	0.53	0.57
Ç3N0	0.74	0.62	0.58	0.65	0.52	0.58	0.72	0.61	0.63
Ç3N1	0.73	0.67	0.71	0.71	0.63	0.56	0.85	0.68	0.69
Ç3N2	0.62	0.70	0.70	0.68	0.62	0.61	0.56	0.59	0.63
Ç3N3	0.64	0.60	0.70	0.65	0.60	0.60	0.52	0.57	0.61
Ç4N0	0.73	0.71	0.68	0.71	0.56	0.68	0.59	0.61	0.66
Ç4N1	0.61	0.73	0.69	0.67	0.64	0.86	0.79	0.76	0.72
Ç4N2	0.68	0.77	0.71	0.72	0.68	0.64	0.79	0.70	0.71
Ç4N3	0.75	0.75	0.75	0.75	0.69	0.57	0.59	0.62	0.68
Ç5N0	0.75	0.80	0.78	0.78	0.63	0.63	0.84	0.70	0.74
Ç5N1	0.79	0.83	0.73	0.78	0.66	0.65	0.83	0.72	0.75
Ç5N2	0.89	0.92	0.83	0.88	0.70	0.81	1.10	0.87	0.87
Ç5N3	0.96	0.78	0.81	0.85	0.72	0.74	0.81	0.76	0.80

EK 11.47. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi Pb alınabilirlik indeksi değerleri üzerine etkisi

UYG	Pb indeksleri (Bitki toplam/Toprak toplam mgkg ⁻¹)								
	I YIL(2002)	II YIL (2003)							
	TEKERRÜRLER	ORT	GN.ORT						
Ç0N0	2.02	2.38	2.62	2.34	1.62	4.00	2.09	2.57	2.46
Ç0N1	2.46	2.74	2.15	2.45	2.59	2.38	2.10	2.36	2.40
Ç0N2	2.18	2.31	2.63	2.37	3.00	2.25	2.63	2.63	2.50
Ç0N3	2.94	2.26	3.01	2.73	2.97	3.04	2.84	2.95	2.84
Ç1N0	2.43	2.48	2.42	2.44	2.03	2.30	2.49	2.27	2.36
Ç1N1	2.63	2.09	2.37	2.36	2.24	2.38	1.86	2.16	2.26
Ç1N2	2.50	2.43	2.30	2.41	2.26	2.30	2.15	2.24	2.32
Ç1N3	2.40	2.48	2.25	2.38	2.21	2.48	1.92	2.20	2.29
Ç2N0	1.89	2.94	2.75	2.52	1.80	2.92	2.17	2.30	2.41
Ç2N1	2.52	2.15	2.48	2.38	2.35	2.50	1.90	2.25	2.32
Ç2N2	2.54	2.72	2.61	2.62	2.16	2.72	2.36	2.41	2.52
Ç2N3	2.18	3.41	2.29	2.63	1.81	2.27	1.93	2.00	2.32
Ç3N0	2.19	2.67	2.15	2.34	1.85	2.19	1.99	2.01	2.17
Ç3N1	2.26	2.59	2.87	2.57	1.85	2.01	2.55	2.07	2.32
Ç3N2	2.55	2.29	1.98	2.27	2.00	1.81	1.65	1.82	2.05
Ç3N3	2.26	2.31	2.03	2.20	2.04	2.09	1.63	1.92	2.06
Ç4N0	1.98	2.41	1.94	2.11	1.67	2.09	1.73	1.83	1.97
Ç4N1	2.29	1.85	2.37	2.17	2.21	1.34	1.33	1.63	1.90
Ç4N2	1.82	2.25	2.52	2.20	1.38	1.62	2.23	1.74	1.97
Ç4N3	2.30	2.11	1.88	2.10	1.74	1.65	1.65	1.68	1.89
Ç5N0	2.19	2.78	1.81	2.26	1.50	2.14	1.77	1.80	2.03
Ç5N1	2.06	3.78	2.71	2.85	2.33	1.88	1.74	1.98	2.42
Ç5N2	2.93	2.97	2.13	2.68	2.25	2.07	1.66	1.99	2.33
Ç5N3	2.89	3.30	2.76	2.98	2.12	1.78	1.94	1.95	2.46

EK 11 (devam)

EK 11.48. Aritma çamuru ve azotlu gübre uygulamasının arpa bitkisi Zn alınabilirlik indeksi değerleri üzerine etkisi

UYG	Zn indeksleri (Bitki toplam/Toprak toplam mg. kg ⁻¹)						GN.ORT	
	I YIL(2002)			II YIL (2003)				
	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT	TEKERRÜRLER	ORT		
Ç0N0	0.587	0.492	0.519	0.533	0.585	0.680	0.606	0.570
Ç0N1	0.431	0.615	0.498	0.515	0.246	0.348	0.590	0.455
Ç0N2	0.586	0.579	0.441	0.535	0.329	0.635	0.330	0.483
Ç0N3	0.441	0.501	0.480	0.474	0.464	0.681	0.499	0.486
Ç1N0	0.498	0.570	0.814	0.627	0.307	0.383	0.447	0.503
Ç1N1	0.534	0.633	0.900	0.689	0.412	1.082	0.500	0.677
Ç1N2	0.520	0.763	0.808	0.697	0.643	0.458	0.456	0.608
Ç1N3	0.477	0.528	0.770	0.591	0.323	0.329	0.380	0.468
Ç2N0	0.631	0.502	0.729	0.620	0.341	0.373	0.691	0.344
Ç2N1	0.562	0.625	0.919	0.702	0.424	1.252	0.577	0.726
Ç2N2	0.758	0.567	0.494	0.606	0.563	1.053	0.551	0.664
Ç2N3	0.531	0.670	0.762	0.654	0.903	0.829	0.499	0.699
Ç3N0	0.711	0.670	0.732	0.704	0.747	0.841	0.645	0.724
Ç3N1	0.964	0.871	0.944	0.926	0.791	0.564	0.527	0.777
Ç3N2	0.711	0.737	0.487	0.645	0.537	1.074	1.100	0.774
Ç3N3	0.638	0.719	0.843	0.740	0.455	0.470	0.386	0.588
Ç4N0	0.829	0.667	0.796	0.764	0.663	0.482	0.402	0.640
Ç4N1	0.509	0.650	0.902	0.687	0.504	0.606	0.517	0.615
Ç4N2	0.885	0.748	0.719	0.784	1.049	0.713	0.553	0.778
Ç4N3	0.717	0.606	0.831	0.718	0.586	0.442	0.712	0.580
Ç5N0	0.543	0.606	0.783	0.644	0.640	0.597	0.552	0.620
Ç5N1	0.985	0.781	0.989	0.918	0.724	0.768	0.497	0.790
Ç5N2	0.637	0.498	0.422	0.519	0.606	0.985	0.683	0.601
Ç5N3	0.675	0.753	0.600	0.676	0.599	0.752	0.779	0.693

ÖZGEÇMİŞ

1966 Yozgat ili Boğazlıyan ilçesinde doğdu. İlk öğrenimini Abdilli Köyünde tamamladıktan sonra orta öğrenimini Boğazlıyan'da, lise öğrenimini ise Kayseri'de tamamladı. Lisans eğitimini Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Anabilim Dalında aldıktan sonra 1989 yılında Ziraat Mühendisi Ünvanı ile mezun oldu. Askerlik Hizmetini 1990-1991 yılları arasında Yedek Subay olarak tamamladı. Yüksek Lisans Eğitimini Bakü Devlet Üniversitesi Biyoloji Fakültesi Toprak Mikrobiyolojisi Kürsüsünde 1993 yılında bitirdi. 1993'ten 1997 yılına kadar Türkiye Tarım Kredi Kooperatifleri'nde Yüksek Ziraat Mühendisi olarak çalıştı. 1997 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 1998 yılından itibaren Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında doktora eğitimine Araştırma Görevlisi olarak devam etmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.