

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MADENİ YAĞLA ÇEŞİTLİ ORANLARDA
KİRLENMİŞ BİR TOPRAKTA
AZOT FORMLARININ ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMİ

NEŞE ŞEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2012



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MADENİ YAĞLA ÇEŞİTLİ ORANLARDA
KİRLENMİŞ BİR TOPRAKTA
AZOT FORMLARININ ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMİ**

Neşe ŞEN

Prof. Dr. Hüseyin Savaş BAŞKAYA
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2012

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Neşe ŞEN tarafından hazırlanan “Madeni Yağla Çeşitli Oranlarda Kirlenmiş Bir Toprakta Azot Formlarının Zamana Bağlı Değişimi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Hüseyin Savaş BAŞKAYA

Başkan : Prof. Dr. Hüseyin Savaş BAŞKAYA İmza

Uludağ Ü. Müh-Mim.Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Yrd. Doç. Dr. F. Olcay TOPAÇ ŞAĞBAN İmza

Uludağ Ü. Müh-Mim.Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. A. Vahap KATKAT İmza

Uludağ Ü. Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN

Enstitü Müdürü

../../2012

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

22/02/2012


Neşe ŞEN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1.Mineral Yağlar	4
2.1.1.Mineral Yağların Toprak Ortamına Etkileri	6
2.2.Toprak	6
2.2.1.Toprak Ortamında Azot ve Önemi	7
2.2.2.Toprak Ortamındaki Azot Formları	9
2.3.Arıtma Çamurlarının Toprağa Uygulanması	13
3.MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1.Materyal	15
3.1.1.Toprak Örnekleri	15
3.1.2.Atık Madeni Yağ Örnekleri	15
3.1.3.Arıtma Çamurları	15
3.2.Yöntem	16
3.2.1.Toprak Örneklerinin Alınması, Analize Hazırlanması, Karakterizasyonu ...	16
3.2.2.Atık Madeni Yağın Alınması, Analize Hazırlanması, Karakterizasyonu	16
3.2.3. Arıtma Çamurunun Alınması, Analize Hazırlanması, Karakterizasyonu ...	17
3.2.4. Arıtma Çamurunun ve Atık Madeni Yağın Toprağa Uygulanması	17
3.2.5.İnkübasyon Düzeneklerinin Kurulması	17

3.2.6.Atık Madeni Yağ ve Arıtma Çamuru Uygulanmış Topraklarda 3 Aylık İnkübasyon Süresince İzlenen Parametreler	18
3.2.7.İstatistiksel Analiz	19
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	20
4.1.Ham Materyalin Karakterizasyonu	20
4.1.1.Toprak Örnekleri	20
4.1.2.Arıtma Çamuru	21
4.2.Atık Madeni Yağ ve Arıtma Çamuru Uygulanan Topraklarda İnkübasyon Süresince Meydana Gelen Değişiklikler	21
4.2.1.Azot Formları	21
4.2.2.Hidroliz Olabilir Azot Formları	27
4.2.3.Hidroliz Olabilir Azot Formlarının Toplam Azot İçindeki Dağılımı	35
5.SONUÇ	38
KAYNAKLAR	40
EKLER	44
EK 1	45
EK 2	46
EK 3.....	47
EK 4	48
EK 5	49
EK 6	50
ÖZGEÇMİŞ	51

Yüksek Lisans Tezi

MADENİ YAĞLA ÇEŞİTLİ ORANLARDA KİRLENMİŞ BİR TOPRAKTA AZOT
FORMLARININ ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMİ

Neşe ŞEN

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Hüseyin Savaş BAŞKAYA

Bu çalışmada çeşitli oranlarda madeni yağ ile kirletilmiş bir toprakta azot formlarının zamana bağlı değişimi incelenmiştir. Madeni yağ kirliliği uzun vadede ciddi çevresel zararlara neden olmaktadır. Atık yağ, organik maddece zengin toprak üst katmanında nutrientlerin yarıyışlılık düzeyini etkilemekte, toprak ortamına oksijen ve suyun geçişine engel olmaktadır.

Yürütülen bu çalışmada, 4 farklı dozdaki atık madeni yağ ham toprak-ham toprak + arıtma çamuru örneklerine uygulanmış ve 3 aylık bir inkübasyon çalışması yapılmıştır. Inkübasyon süresince alınan örneklerde amonyum azotu, nitrat azotu ve toplam azot ile hidroliz olabilir (HO) azot formları (HO-amino azotu, HO-amid azotu, HO-hegsozamin azotu, HO-rest azot) analizlenmiştir.

Çalışma sonuçları mineral yağ içeren topraklardaki toplam azot konsantrasyonlarının inkübasyon süresince azaldığını göstermektedir. Yağ dozunun yüksek olduğu örneklerde azot mineralizasyonu ve nitrifikasyon proseslerinin özellikle ilerleyen inkübasyon dönemlerinde inhibe olduğu belirlenmiştir. Hidroliz olabilir azot fraksiyonlarının belirlenen konsantrasyonlarının *HO-amino azotu* > *HO-amid azotu* > *HO-rest azot* > *HO-hegsozamin azotu* şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Hidroliz olabilir azot fraksiyonlarının toplam azot içerisindeki oranları % 94 – 96 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Toprak, madeni yağ kirliliği, toplam azot, hidroliz olabilir azot formları.

2012, vi + 51 sayfa.

MSc Thesis

TIME-DEPENDENT VARIATIONS OF NITROGEN FORMS IN A SOIL
CONTAMINATED WITH DIFFERENT DOSES OF MINERAL OIL

Neşe ŞEN

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Hüseyin Savaş BAŞKAYA

In this study, time-dependent variations of nitrogen forms in a soil contaminated with different doses of mineral oil was investigated. Waste mineral oil pollution causes serious environmental damages in long term. It affects the availability of nutrients in top layer of soil which is rich in organic matter and prevents the entrance of water and oxygen to the soil.

In this study, four different mineral oil doses were amended to soil- soil+ wastewater sludge samples and then an incubation study was performed during a period of three months. Ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, total nitrogen and hydrolysable (H) nitrogen forms (H-amino nitrogen, H-amide nitrogen, H-heksozamine nitrogen, H-rest nitrogen) were analysed in samples.

The results of the study indicated that total nitrogen concentrations in mineral oil containing soils were decreased during the incubation period. It is determined that nitrogen mineralization and nitrification processes were inhibited in soils contaminated with high doses of mineral oil especially during the late period of incubation. The magnitude of hydrolysable nitrogen forms was found to be as H-amino nitrogen > H-amide nitrogen > H-rest nitrogen > H-heksozamine nitrogen. It was found that the percentages of hydrolysable nitrogen in total nitrogen varied between 94 % and 96 %.

Key words : Soil, mineral oil pollution, total nitrogen, hydrolysable nitrogen forms.

2012, vi + 51 pages.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda engin bilgilerinden faydalandığım değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Hüseyin Savaş BAŞKAYA'ya, laboratuvar çalışmalarında ve tez yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen sevgili hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. F.Olcay TOPAÇ ŞAĞBAN ve Araş. Gör. Efsun DİNDAR'a, yüksek lisansa başlamama vesile olan sevgili arkadaşım Hande AKSOY'a, manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve CE KILIÇLAR LTD. ŞTİ. çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Neşe ŞEN

22/02/2012

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

α

alfa

Kisaltmalar

Açıklama

HO

Hidroliz Olabilir

T+Y+Ç

Toprak + Yağ + Çamur

T+Y

Toprak + Yağ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Toplam azotu oluşturan ve çeşitli yöntemlerle birbirinden ayrılabilen tüm azot fraksiyonlarının toplu olarak gösterimi	10
Şekil 4.1.	İnkübasyon süresince toplam azot formlarının zaman bağlı değişimi ..	26
Şekil 4.2.	İnkübasyon süresince hidroliz olabilir azot formlarının zaman bağlı değişimi	33
Şekil 4.3.	Hidroliz olabilir azot formlarının hidroliz olabilir toplam azot içerisindeki yüzde (%) dağılımı	34
Şekil 4.4.	Hidroliz olabilir azot formlarının toplam azot içerisindeki yüzde (%) dağılımı	37

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Doğada bulunan azot miktarları	7
Çizelge 2.2. Toprak tipine göre azot içerikleri (%)	8
Çizelge 2.3. Doğal koşullar altındaki toprakların tarıma açılması sonucunda çeşitli organik azot fraksiyonlarında meydana gelen kayıplar	13
Çizelge 4.1. İnkübasyon denemesinde kullanılan ham toprağa ait bazı özellikler	20
Çizelge 4.2. İnkübasyon denemesinde kullanılan arıtma çamuruna ait bazı özellikler	21
Çizelge 4.3. Zaman ve yağ dozunun azot formları üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları	24
Çizelge 4.4. Zaman ve yağ dozunun hidroliz olabilir azot formları üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları	31

1. GİRİŞ

Toprak, bitki örtüsünün beslendiği kaynakların ana deposudur. Toprağın üst tabakası insanların ve diğer canlıların beslenmesinde temel kaynak teşkil etmektedir. Bir gram toprağın içerisinde milyonlarca canlı bulunmakta ve ekosistemin devamı için bunların hepsinin ayrı önemi bulunmaktadır. Toprağın verimliliğini sağlayan ve humusça zengin olan toprağın 10 cm'lik üst tabakasıdır. Bilimsel anlamda toprak bir karışımdır.

Dünyadaki toprakların ancak 1/10'inde üretim yapılabilir. Türkiye'nin arazi varlığının ise yaklaşık % 36'sı işlenmekte, % 28'i çayır ve mera, % 30'u orman ve fundalık olup, geriye kalan bölümü diğer araziler içinde yer almaktadır. Ekilebilir arazinin ancak % 11'i sulanabilmektedir.

Hızlı nüfus artışı, marjinal kullanım sınırında olan tarım toprakları üzerindeki baskıyı ve tarımsal faaliyetlerin yoğunluğunu gün geçtikçe arttırmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak, mevcut tarım alanlarından maksimum düzeyde ürün alma amacıyla gerçekleşen yoğun tarımsal uğraşlar uzun vadede toprak ortamında tuzluluk ve alkaleleşme, asitlik, organik madde kaybı, toprak kirliliği, toprak yorgunluğu gibi ciddi değişimlere neden olmaktadır (Öztaş 1997; Özbek 2004).

Günümüzde gelişen teknoloji ile tarımsal üretimin miktar ve kalitesini arttırmak için kullanılan teknikler ve uygulamaların yol açtığı çevre kirliliği topraklarımızı tehdit etmektedir.

1950 ve 1984 yılları arası tarımda bütün dünyada gelişen 'Yeşil Devrim' olarak adlandırılan makineleşme ile dünya tahıl verimi % 250 artmıştır. Bu gelişme ile birlikte tarım faaliyetleri, ekim, biçim, taşıma ve satış olarak doğrudan enerji ile ilişki içerisine girmiştir. Bu geniş enerji gereksinimlerinin büyük bir bölümü fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Bunun sebebi; günümüz çağdaş tarımının petrokimya ve mekanikleşmeye olan güvenidir (Kenneth 2007).

Toprakta petrol (hidrokarbon) kirliliğinin görülmesinin başlıca sebepleri petrol boru hatları, trafik kazaları, akaryakıt istasyonlarının yer altı depolarındaki çatlaklar-sızıntılar ve kontrolsüz tarım faaliyetleridir (Means ve ark.1980; Li ve Gupta 1994; Fine ve ark. 1997; Chaineau ve ark. 2000a).

Toprak yüzeyinde meydana gelen hidrokarbon kirliliği doğal ortamda ciddi çevresel zararlara neden olmaktadır. Toksik etkisi uzun vadede alıcı ortamda etkili olmaktadır (Chaineau ve ark. 2001). Toprak üst katmanında oluşan yağlı tabaka oksijen ve suyun toprak ortamına geçişini engellemekte ve oluşan anaerobik ortam kirleticinin (atık yağın) toprakta uzun süre kalmasına neden olmaktadır (Amadi ve ark. 1996).

Flora ve ark. (2009) tarafından İspanya'da meydana gelen tanker kazası sonucunda mevcut bölgedeki topraklarda yapılan çalışmada, atık mineral yağ kirliliğinin toprağın hem fiziksel hem de kimyasal özelliklerinde değişikliklere neden olduğu saptanmıştır. Kirlenmiş toprağın kirlenmemiş bölgelere kıyasla daha düşük porozite, penetrasyona karşı yüksek direnç ve koyu birleşik kabuk görünümü sergilediği gözlenmiştir. Bunlara ek olarak hidrokarbonlu kirleticilerin toprağın hidrofobik özelliğini arttırdığı, gerçek geçirgenlik düzeyini azalttığı, Cr, Cu, Fe, Pb, V, Ni gibi ağır metal konsantrasyonlarını arttırdığı gözlemlenmiştir.

Birçok ülkenin çevre mevzuatı, toprak kirliliği konusunu tehlikeli atıkların yönetimi kapsamında ele almakta, arıtma ve bertaraf konularına odaklanılmamaktadır. Toprak ve su ortamlarında hidrokarbon kirliliğinin önlenmesi çalışmalarında, evrensel olarak kabul gören, iyileştirme-temizleme süreçlerinin bitiminde toprak ve su ortamında kalması gereken hidrokarbon miktarının değerlendirilebileceği hidrokarbon tasfiye standartları mevcut değildir (Chaineau ve ark. 2001).

İstenmeyen kimyasallar ve organik kirleticiler sonucu oluşan toprak kirliliği gelişen dünyanın en önemli çevresel sorunlarından birisidir (Jacqueline ve ark. 2007). Toprak ortamına karışmış hidrokarbon içerikli atıklar, topraktaki biyolojik bozunma süreci, buharlaşma ve toprak geçirgenliği üzerinde doğrudan etkilidir (Bossert ve Bartha 1984; Oudot ve ark. 1989; Chaineau ve ark. 1995). Ayrıca toprak organik maddesini adsorbe eder (Means ve ark. 1980; Li ve Gupta 1994; Fine ve ark. 1997; Chaineau ve ark. 2000a).

Toprak organik maddesi temelde bitkisel ve hayvansal kalıntılardan meydana gelir. Organik madde, canlı organizmalar ve mineraller arasında yer alan karbon, hidrojen, oksijen, azot, kükürt gibi elementlerin sonsuz döngüsünde belli bir safhayı oluşturur.

Organik materyalin yapısında bulunan proteinler yapılarında azot içerirler (Karaman ve ark. 2007). Azot, toprak ve bitki gelişiminde en bilinen sınırlayıcı elementtir (Ta ve ark. 1989). Topraktaki toplam azot çok geniş sınırlar arasında değişiklik göstermektedir (Katkat 1994). Toprakta azot bilançosunu belirlemek fosfor ve potasyuma kıyasla daha zordur. Mevcut toprak yapısı, çevresel koşullar, toprak işleme teknikleri ve kirletici etmenler toprakta azot kaybına neden olmaktadır.

Azot toprakta organik ve inorganik olmak üzere iki formda bulunur. Yapılan araştırmalar topraklardaki toplam azotun % 95'e kadar varan kısmını organik bağlı azot formlarının oluşturabildiğini göstermiştir. Bu nedenledir ki organik azot bileşikleri doğal koşullarda toprakların en önemli azot kaynağıdır (Ünal ve Başkaya 1981).

Toplam azotu oluşturan ve farklı mikrobiyal ayrışma (mineralizasyon) direncine - yarayışlılık derecesine- sahip hidroliz olabilir (HO)- toplam azot, HO-amid azotu, HO-heksozamin azotu, HO-amino azotu, HO-rest azot, nitrat azotu ve amonyum azotu fraksiyonları toprak kullanım kapasitesi, toprak verimi ve bitkiye yarayışlılık açısından önemli parametrelerdir.

Bu çalışmada, petrol orijinli atık mineral yağın belirlenen oranlarda tarım arazisine ait toprağa ve gıda endüstrisi arıtma çamuru katkılı tarım arazisine ait toprağa uygulanması sonucu topraktaki azot formlarının değişimi incelenmiştir. Araştırmanın amacı, belirli dozlarda uygulanan mineral bazlı atık yağ kirliliği sonucu toprak ve toprak+çamur karışımındaki toplam azot ve toplam azot fraksiyonlarındaki değişiklikleri kıyaslamaktır. Topraktaki organik ve inorganik azot formlarında meydana gelen değişimler belirli inkübasyon dönemlerinde incelenerek ortaya konmuştur. Elde edilen veriler doğrultusunda toprak ve toprak+çamur karışımlarında atık mineral yağ kirliliğinin azot formlarına etkisi belirlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Mineral Yağlar

Yağ, oda sıcaklığında yüksek vizkoziteye sahip, yüksek miktarda karbon ve hidrojen içeren, suyla karışmayan ancak diğer yağlarla kolayca karışabilen maddelerdir. Yağlar yiyecek, yakıt, boya, makine, sanayi dahil birçok değişik amaçla kullanılmaktadır.

Madeni yağlar, iki katı cismi birbirinden ayırmak, sürtünmeyi en aza indirmek ve parçaların kolay hareketini sağlamak amacıyla kullanılır.

Yağlar mineral yağlar ve organik yağlar olarak iki gruba ayrılır.

Mineral yağlar, yer altında kaya tabakaları arasında bulunan petrol esaslı yağlardır. Benzin, mazot, gazyağı, parafin mumları gibi yağlar mineral yağlardır. Bu yağların mineral yağ olarak sınıflandırılmasının nedeni yakın geçmişte organik bir kaynaklarının bulunmamasıdır. Ancak çok daha eski jeolojik dönemlere gidildiğinde mineral yağların dahi organik kökenlere dayandığı görülür. Eski jeolojik dönemlerde denizlerin tabanında biriken plankton gibi canlıların artıkları zamanla birçok jeokimyasal süreçten geçerek petrol gibi mineral yağlara dönüşmüşlerdir. Petrokimyasal madde adıyla da anılan mineral yağlar insan uygarlığında büyük bir rol oynamıştır ve oynamaya devam etmektedir.

Organik yağların ana maddesi lipittir. Organik yağlar bitkiler ve hayvanlar dahil çeşitli canlı ve organizmaların çeşitli organik süreçlerden geçirilmeleri sonucu elde edilir. Yağ, mum, kolesterol, steroid, yakıt gibi birçok madde bilimsel açıdan lipit sayılırlar. Lipitleri diğer maddelerden ayıran en önemli unsur suyla karışmamaları ve diğer lipitlerle kolayca karışmalarıdır. Lipitler yüksek oranda hidrojen ve karbon içerdikleri halde diğer organik maddelere göre çok daha az oranda oksijen içerirler.

Mineral esaslı yağlar ile fatty yağlar denilen hayvani ve nebati yağlar arasındaki fark, hayvani ve nebati yağların yapılarında bir hidrojen köprüsünün bulunmasıdır.

Ham petrolün rafinerilerde işlenmesi ile elde edilen ürünlerinden biri olan mineral yağlar, tekrar özel işlemlerden geçirilerek, madeni yağların ham maddesi olan baz yağlar elde edilir. Bu yağlar, viskozitelerine göre sınıflandırılır. Tüm madeni yağları,

doğrudan elde etmek mümkün değildir. Madeni yağlar, değişik viskoziteli baz yağlara, üründen beklenen özelliklere göre seçilen, çeşitli katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilir.

Günümüzde çeşitli marka ve cinslerde madeni yağlar bulunmaktadır. Ancak tüm madeni yağların hammaddesi aynı olmasına rağmen aralarında farklar mevcuttur. Bunun durumun nedenleri ise kullanılan baz yağların kimyasal özelliklerinin ve kullanılan katıkların cinsi ve miktarının farklı olmasıdır.

Mineral baz yağlar, kimyasal yapıları bakımından üç büyük gruba ayrılırlar:

- 1) Alifatik baz yağlar
 - a) Parafinik
 - b) Naftanik
- 2) Aromatik baz yağlar
- 3) Alifatik ve aromatik baz yağlar.

Yağların endüstri standartlarından geçmelerinde baz yağ seçimi son derece önemlidir. Kimyasal bakımdan oldukça farklı özelliklere sahip bu baz yağlardan üretilen madeni yağlar farklı özellikler göstermektedir. Bu nedenle madeni yağlarda standart ve performansın gerektirdiği baz yağlar ve sentetikler kullanılmalıdır.

Mineral esaslı baz yağların özellikleri, ham petrolün özellikleri ile sınırlıdır. Ayrıca; son yıllarda dünyadaki ham petrol üretiminin azalması ile petrol fiyatlarında görülen hızlı artışlar, günümüzün gelişen teknolojisi sonucu daha zor şartlarda çalışabilecek yağlara gereksinim duyulması nedeniyle sentetik yağlayıcıların kullanılması ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır.

Sentetik yağlar petrol esaslı olmayan kimyasal sentez yöntemleriyle elde edilir. Kimyasal proseste sentetik yapıyı meydana getirecek hidrokarbon moleküller boyut ve şekil bakımından birbirinin benzeri olacak biçimde tasarlanır. Sentetik yağlar özenle düzenlenmiş bu yapısı sayesinde düşük sürtünme, düşük sıcaklık, en az aşınma, enerji (yakıt) tasarrufu gibi birçok üstün özelliklere sahiptir. Çok düşük sıcaklıkta kolay akar, çok yüksek sıcaklıkta incelmez. Yüksek oksidasyon ve ısı mukavemeti sayesinde kullanım ömrünü uzatır. Laboratuvar ortamında farklı bir teknoloji ile üretilen sentetik

yağlar, mineral yağlara oranla daha yüksek ve daha düşük sıcaklıklar ile yüksek basınca karşı dayanıklıdır.

Sentetik yağlar da, kullanılan sentetik baz yağın tipine göre adlandırılır.

Başlıca sentetik baz yağlar; polialfaolefin (PAO), alkali aromatik, polybutenes, alifatik diester, polyester, polyalkeneglycol, phosphate esterdir.

Sentetik yağların hammaddesi olan sentetik baz yağ, ileri teknoloji ile yoğun işlemlerden geçerek üretildiği için maliyeti yüksektir. Bu nedenle sentetik yağlar mineral yağlara göre daha pahalıdır.

2.1.1. Mineral Yağların Toprak Ortamına Etkileri

Toprak, alıcı ortamlar arasında kirlenmeye karşı tolerans düzeyi en yüksek, ancak temizlenme süresi en uzun ve maliyetli olanıdır.

Mineral bazlı atık yağlar tarımsal faaliyetlerde makinelerin kullanılması sonucu toprak ortamına ulaşmakta, kontrolsüz ve bilinçsiz bakım, onarım faaliyetleri tarım arazilerinde kirliliğe sebebiyet vermektedir. Nispeten düşük sayılabilecek orandaki mineral bazlı atık yağ kirliliği, toprak tarafından tolere edilerek kısa vadede toprak ortamında ve tarımsal verimde ciddi etkilere yol açmayacağı düşünülebilir, ancak uzun vadede mutlak zararları olacağı bilinmektedir. Mineral bazlı atık yağ kirliliğinin etkileri öncelikle toprağın üst katmanında meydana gelmektedir. Atık yağ fiziksel yapısı itibarıyla akışkan ve yapışkandır. Toprak üst tabakasından alt katmanlara hava geçişine engel olmaktadır. Toprağın en üst katmanı organik maddenin ve mikrobiyal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgedir ve uzun vadede mineral bazlı atık yağ kirliliğinden etkilendiği yapılan çalışmalarca ispatlanmıştır (Chaineau ve ark. 2001).

Toprak tekstürüne bağlı olarak yüksek oranlarda mineral bazlı atık yağ kirliliğinin uzun vadede sulama faaliyetleri sonucu yer altı sularına da ulaşabileceği düşünülmektedir.

2.2. Toprak

Toprak, yer kabuğunun üst yüzeyinde çok değişik çevre koşullarında çeşitli inorganik ve organik bileşiklerden oluşmuş biyolojik aktivitesi olan heterojen ve dinamik bir sistemdir (Ünal ve Başkaya 1981).

Toprağın katı fazı farklı şekil ve büyüklüklerde mineral parçacıklar ile bunları kaplayan amorf yapıdaki organik madde ve hidrate demir oksitlerden oluşmaktadır. Toprak suyu sıvı fazı, toprak havası ise gaz fazı oluşturmaktadır. Orta bünyeli topraklarda fazların hacimsel değişim oranları, tarıma elverişlilik açısından, toplam hacmin % 50'sinin katı fazdan % 50'sinin ise boşluk hacminden oluşması şeklindedir. Katı fazın % 90'ının mineral, % 10'unun ise organik parçacıklardan oluşması, boşluk oranının yarısının toprak suyu, yarısının ise toprak havası olması fiziksel açıdan ideal bir toprak ortamını ifade etmektedir (Karaman ve ark. 2007).

Toprağın besin elementleri ve organik maddece zengin olması verimlilik bakımından önemlidir. Toprakta bulunan çok yönlü denge ve düzenin korunması gerekmektedir. Toprakta elde edilen ürünü takiben toprak verimliliğinin devamlılığını da sağlayabilmek tarımda büyük önem taşımaktadır.

Toprakta yeterli düzeyde besin maddelerinin bulunması, bitki gelişimi ve yüksek verim için yeterli olmayabilir, verimlilik potansiyelleri yüksek olan topraklarda, hava-su ilişkilerinin zayıf olması durumunda üretkenlik sınırlı kalabilir. Bu nedenle, toprağın strüktürel yapısı üretken ortamların en önemli özelliklerindendir (Karaman ve ark. 2007). Sağlam strüktürel yapıya sahip toprakların porozite ve su tutma kapasiteleri yüksek, su ve hava geçirgenliği, havalanma kapasitesi iyi olarak değerlendirilmektedir. Hidrokarbon kirliliğinin bu özellikler üzerinde etkili olduğu yapılan çalışmalarla gözlemlenmiştir (Flora ve ark. 2009).

2.2.1. Toprak Ortamında Azot ve Önemi

Doğadaki en önemli azot kaynağı atmosferdeki elementer azottur. Doğada en fazla azot litosfer, daha sonra da atmosferde bulunmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Doğada bulunan azot miktarları (Katkat 1994)

Litosfer	19 400 000 x 10 ⁹ ton
Atmosfer	4 200 000 x 10 ⁹ ton
Hidrosfer	22 110 x 10 ⁹ ton
Biyosfer	2 000 x 10 ⁹ ton

Atmosferde azot miktarının çok fazla olması yağışlarla her yıl bir miktar azotun doğal yolla toprağa karışmasına neden olmaktadır. Genellikle yağışlarla yılda 5-20 kg/ha civarında azot topraklara karışmaktadır. Atmosferde bağımsız halde bulunan azot mikroorganizmalar aracılığı ile tutularak toprağa önemli ölçüde azot kazandırılmaktadır.

Azot, sadece bitkiler için değil bütün canlılar için mutlak gerekli bir makro besin maddesidir. Bitkisel maddelerin büyük çoğunluğunun azot kapsadığı ve azotun temel yapı elementi olduğu bilinmektedir. Topraktaki bitki besin maddesi kaynağı olan azotun büyük çoğunluğu bitki ve hayvan artıkları ile toprağa intikal eden organik azottur. Ana kayalardan toprağa çok az miktarda azot intikal eder. Bu nedenle topraktaki azot miktarı organik madde miktarıyla doğru orantılıdır.

Topraktaki azot yaklaşık % 0,02-0,4 arasında değişmektedir. Organik madde içindeki azot yüzdesinin değişmesine iklim ve toprak özelliklerinin etkisi büyüktür. Toprak tipi ve topografyanın etkisi nispeten daha azdır. İklim faktörleri arasında en etkili olanı sıcaklık, yağış ve toprak derinliklerine sızan yağışlardır.

Toprak tane büyüklüğü, başka bir deyişle, toprak tekstürü azot miktarına önemli ölçüde etki etmektedir. İnce tekstürlü topraklar kaba tekstürlü topraklara kıyasla daha fazla azot içermektedir. İnce tekstürlü topraklarda su tutma kapasitesi daha yüksek, havalanma daha az, bitki gelişmesi kuvvetli olmakta ve koloidal taneciklere organik bileşikler daha fazla bağlanmaktadır. Toprak tipine bağlı olarak, toprakların azot içerikleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Toprak tipine göre azot içerikleri (%) (Ünal ve Başkaya 1981)

TOPRAK TİPİ	N (%)
Kumlu	0,027
İnce kumlu	0,042
Kumlu-tınlı	0,100
İnce kumlu-tınlı	0,107
Tınlı	0,188
Siltli-tınlı	0,230

2.2.2. Toprak Ortamındaki Azot Formları

Azot, toprakta organik ve inorganik formlarda bulunur. Yüzey topraklarındaki azot bütününe yaklaşık % 95'i organik % 5'i inorganik azottur. Organik azotun % 25-40'i amino azotu, %5-10'u amino şekeri, % 5-10'u nüklein asitleri azotu halindedir. İnorganik azotun büyük kısmı amonyum iyonları, küçük kısmı nitrat iyonları, pek az bir kısmı da nitrit iyonları halindedir. Amonyum iyonlarının büyük çoğunluğu kil minerallerine bağlı durumdadır. Toprak çözeltisindeki serbest amonyum iyonları miktarı azdır (Ünal ve Başkaya 1981).

Katkat'a (1994) göre toprakta ve atmosferde azot miktarları arasında sürekli bir değişim söz konusudur ve belirli azot mekanizmaları vardır. Bunlar;

- 1) Moleküler azotun bağlanması (amonyum azotunun kil minerallerine sıkıca bağlanması) *-fiksasyon-*,
- 2) Organik azotun toprakta mikrobiyal parçalanması *-mineralizasyon-*,
- 3) Topraktaki inorganik azotun mikroorganizmalar tarafından organik azota çevrilmesi *-immobilizasyon-*,
- 4) Nitratın gaz şeklindeki bileşiklere indirgenmesidir *-denitrifikasyon-*.

Toprakta organik azot humus formu şeklinde bulunmaktadır. Bu organik azotun yılda % 1-2 oranındaki kısmı mikrobiyal faaliyetler sonucu mineralize edilerek nitrat azotu şekline dönüştürülmektedir. Bir toprağın humus yönünden zengin olması, mikrobiyel etkinliğin azaldığının, yeterli oranda nitrifikasyon olaylarının gerçekleşmediğinin ve mineralizasyon koşullarının uygun olmadığının göstergesidir.

İnorganik azot formlarından olan amonyum, organik azotun toprakta değişim aşamalarının ilkinde oluşmaktadır. Suda çözünebilir halde olan amonyum toprağın absorpsiyon kompleksleri tarafından çok iyi tutulmaktadır. Geçiş formu olması nedeniyle toprakta bulunma oranları nispeten azdır. Ancak düşük sıcaklıklarda veya havalanması sınırlı olan toprağın derin katmanlarında azot, amonyum formunda uzun süre kalabilmektedir.

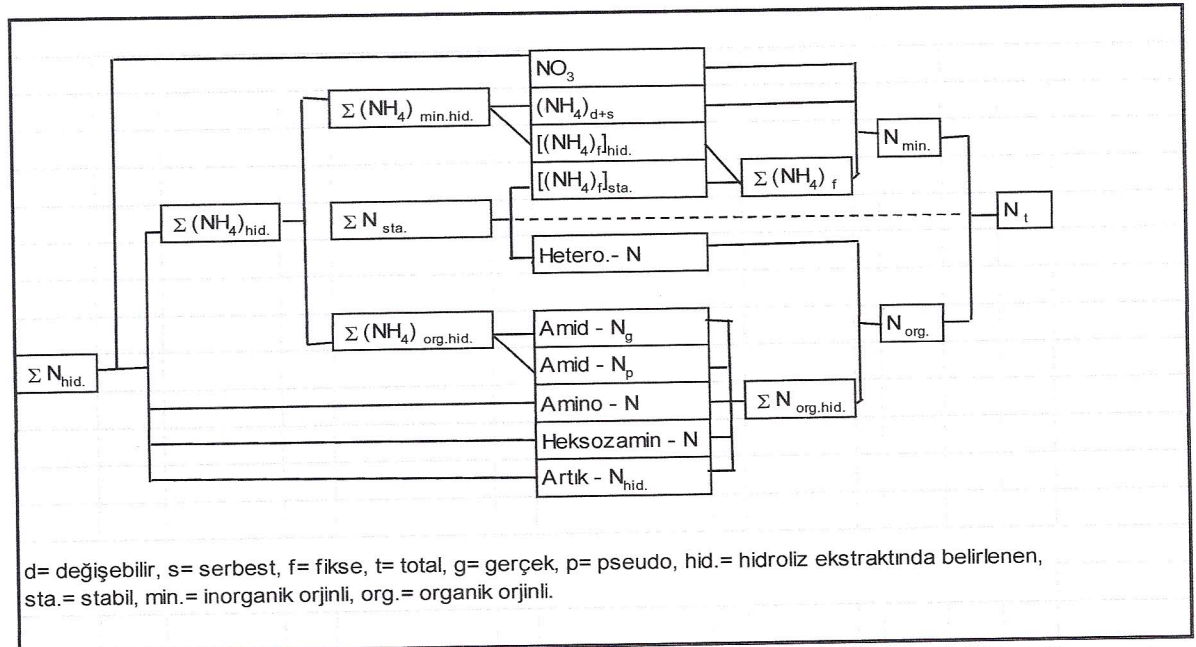
Nitrat formundaki azot, organik maddenin mineralizasyonunun son aşamasıdır. Bitkiler tarafından alınan azotun büyük bir bölümünü nitrat formu oluşturmaktadır. Nitrat azotunun suda çözünürlüğü çok fazla olup toprak kolloidleri tarafından iyi tutulmamaktadır.

Toprak organik maddesi içinde yer alan çeşitli azotlu bileşiklerin en önemlileri, amino asitleri (proteinler vs.), amino şekerleri, purin ve pirimidin türevleri ile heterosiklik yapıdaki azotun görüldüğü diğer karmaşık bileşiklerdir (Başkaya 1987).

Literatürde topraktaki organik azot bileşikleri ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Bremner 1965). Toprakların kuvvetli asitlerle hidrolizi sonucu toplam azotun genellikle %60-85'i hidroliz ekstraktına geçmektedir (Bremner 1967; Aldag ve Kickuth 1973; Mazur 1972; Başkaya 1980).

Hidroliz olabilir azot adını alan bu fraksiyon organik azot fraksiyonları yanında inorganik azot fraksiyonlarını da içermektedir (Aldag 1978).

Şekil.2.1'de hidroliz ekstraktına geçebilen ve geçmeyen çeşitli organik azot bileşikleri şematik olarak gösterilmiştir. Hidroliz işleminden etkilenmeyen (stabil) azot fraksiyonu şekilde görüldüğü gibi inorganik ve organik alt fraksiyonlardan oluşmaktadır (Başkaya 1987).



Şekil 2.1. Toplam azotu oluşturan ve çeşitli yöntemlerle birbirinden ayrılabilen tüm azot fraksiyonlarının toplu olarak gösterimi (Başkaya 1987)

Amid azotu fraksiyonu hidroliz ekstraktında NH_4^+ iyonları halinde bulunmaktadır. Toprakların hidroliz ekstraktlarındaki amonyum azotu kısmen organik, kısmen de inorganik kökenlidir (Aldag 1974). İnorganik kökenli amonyum iyonları, değişebilir ve serbest amonyum iyonları ile hidroliz esnasında fikse amonyumdan ayrılan NH_4^+ iyonlarından oluşmaktadır. Hidrolizle çözeltiye amonyum iyonları veren esas organik bileşikler ise asitamidlerdir (asparagin ve glutamin).

Amino şekeri azotu, hegsozamin azotu olarak bilinmekte ve genellikle topraktaki toplam azotun % 5-12'sini oluşturmaktadır (Bremner 1965; Sowden 1977). Hegsozamin azotu büyük ölçüde mikrobiyel orijinlidir (Baum 1975). Topraklarda, hidroliz ekstraktında sadece iki temel amino şekeri formu, glikozamin (kitin molekülünün yapı taşı) ve galaktozamin saptanabilmiştir (Fleige ve ark. 1971; Baum 1975). Topraktaki glikozaminin ana kaynağı mantarlardır (*basidiomycetler* ve *ascomycetler*). Mantarlarda kuru maddenin % 22'sine kadar kitin bulunabileceği belirlenmiştir (Aldag ve Kickuth 1973; Scheffer ve Ulrich 1960). Amino şekerleri toprakta proteinlere oranla daha uzun sürede parçalanmaktadır (Scheffer ve Ulrich 1960).

Amino asit azotu, toprakların hidroliz olabilir toplam azot fraksiyonu içerisinde genellikle en yüksek orana sahip olanıdır. Toplam azotun yaklaşık % 25-50'sini oluşturan amino asit azotu, büyük ölçüde peptidler ile proteinlerin yapıtaşları olarak toprak organik maddesinin içerisinde yer almaktadır (Aldag ve Kickuth 1973; Aldag ve Meyer 1979). Toprakların hidroliz ekstraktları içerisinde belirlenen α -amino asitleri de çoğunlukla proteinlere bağlı olan amino asitleridir (Baum 1975). Topraklardaki serbest amino asitlerin miktarları çok nadiren $2\mu\text{gr/gr}$ topraktan fazla olabilir (Paul ve Schmidt 1960; Sowden ve Ivarson 1966).

Bitkisel ve hayvansal proteinleri oluşturan tüm amino asitler toprak hidroliz ekstraktlarında belirlenmiştir (Bremner 1967).

Amino asit azotunun bitkilerin azot gereksinimlerinin doğal yollardan sağlanmasında - organik maddenin mineralizasyonu- çok önemli katkıya sahip olduğu belirlenmiştir (Fleige ve ark. 1971; Fleige ve Baumer 1974; Usta 1983). Toprakların gerçek amino asit içeriklerinin belirlenmesinde gelişen tekniklere rağmen bazı güçlükler mevcuttur. Toprakların hidrolizleri esnasında proteinler ve peptitlerden ayrılan amino

asitlerin bir kısmının deaminizasyonu nedeni ile hidroliz ekstraktına geçen amino asit azotunun miktarı azalmaktadır.

Yüksek amino asit azotu miktarlarına ayrışmanın fazla olmadığı humus formlarında rastlanmaktadır (Scheffer ve Ulrich 1960). Çeşitli topraklardaki amino asitleri arasında kalitatif fark bulunmamakta ancak kantitatif farkın oldukça fazla olduğu görülmektedir. Topraklarda serbest amino gruplarının hiç bulunmaması, serbest amino asitlerinin ise çok az miktarlarda olması proteinlerin amino grupları vasıtasıyla organik veya inorganik toprak materyaline bağlı olduklarını göstermektedir. Bu sayede deaminizasyon engellenmektedir. Topraklarda kuruma olursa serbest amino asitlerin miktarı artmakta, bu durum ise doğadaki mikrobiyal olaylarının ritmi açısından önem taşımaktadır (Scheffer ve Ulrich 1960).

Topraktaki toplam azot içerisinde artık azot (rest azot) olarak bilinen fraksiyonun oranı çok kez % 25'in üzerine çıkabilmektedir. Rest azot ile ilgili bilgiler sınırlıdır. Bu fraksiyonu oluşturan azotlu bileşiklerin önemli bir bölümü α formunda olmayan amino asitleridir (Fleige ve ark. 1971).

Hidroliz ekstraktlarındaki artık azot fraksiyonunu oluşturan diğer azotlu bileşikler purin ve pirimidin türevleridir (Fleige ve ark. 1971; Baum 1975).

Toprakların derişik kuvvetli asitlerle hidrolizi sonucu toplam azotun % 60-85'i hidroliz olabilmektedir. Buna göre, toprak azotunun % 15-40'ının hidroliz olmadığı anlaşılmaktadır. Hidrolizden etkilenmeyen bu stabil azot fraksiyonunun tamamen organik yapıda olduğu düşünülmektedir (Fleige ve ark. 1971). Literatürde yapılan çalışmalarda fikse amonyumun bir kısmının hidroliz olmadığını ve belirtilen % 15-40'luk bölümde yer aldığını göstermişlerdir (Aldag ve Meyer 1979) ve toplam fikse amonyumun hidroliz olmayan bölümü yaklaşık olarak yarısı kadardır.

Bitkilerin sınırlı miktarda da olsa bazı küçük moleküllü organik bileşikleri (1470 mol ağırlığına kadar) doğrudan doğruya kökleri ile aldıkları ve bu şekilde bazı amino asitleriyle amino şekerlerinin de bitki bünyesine dahil olduğu literatürden bilinmektedir (Özbek 1973). Ancak organik azotlu bileşiklerin azot açısından bitkilere yararlılık dereceleri esas itibarıyla bu bileşiklerin mineralizasyona yatkınlıklarına ve mineralizasyon koşullarına bağlıdır.

Topraktaki hidroliz olabilir toplam azot fraksiyonu mineralizasyona müsait maksimum azotu gösteren bir ölçü olarak kabul edilebilir. Çeşitli fraksiyonlarda yer alan organik azotlu bileşiklerin mineralizasyon oranları mineralizasyon koşullarına göre bölgeden bölgeye ve toprak tipine bağlı olarak değişmektedir.

Doğal koşullar altındaki toprakların tarıma açılması sonucunda çeşitli organik azot fraksiyonlarında meydana gelen değişimler incelenmiş ve Çizelge 2.3’de verilmiştir (Keeney ve Bremner 1964).

Çizelge 2.3. Doğal koşullar altındaki toprakların tarıma açılması sonucunda çeşitli organik azot fraksiyonlarında meydana gelen kayıplar (Keeney ve Bremner 1964)

FRAKSİYON	KAYIP %’Sİ		
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA
Hidroliz olmayan organik azot	7,8	61,2	39,4
Hidroliz olabilen toplam organik azot	19,8	62,1	35,2
Amid azotu	15,6	56,6	28,6
Amino şekeri azotu	1,8	58,5	27,6
Amino asit azotu	23,5	63,0	43,0
Hidroliz olabilen rest azot	4,8	74,3	34,5

2.3. Arıtma Çamurlarının Toprağa Uygulanması

Günümüzde uygun özellikler taşıyan arıtma çamurlarının tarım alanlarına verilerek faydalı kullanımının sağlanması oldukça yaygın bir uygulamadır. Arıtma çamurlarının argonomik oranlarda toprağa uygulanmasıyla hem nihai bertaraf gerçekleşmekte hem de çamur içeriğindeki bitki besin elementleri topraktaki doğal döngülerine girmektedir.

Arıtma çamurlarının bitki besin maddesi içeriği uygulanan atıksu arıtma tekniği, çamurun yaşı ve nem içeriğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Cohen ve ark. 1979).

Arıtma çamurlarındaki bitki besin elementleri, ticari gübrelerdekinin aksine bitkiler tarafından hemen kullanılabilir formda değildir. Çamur içeriğindeki organik azot, organik maddenin mikroorganizmalar tarafından parçalanmasıyla bitki tarafından alınabilir formlara dönüşmektedir. Genellikle çamur uygulamasının ilk yılında organik

azotun % 50'sinin, ikinci yılında ise % 5-20'sinin mineralize olup yarıyışlı formlara dönüştüğü düşünülmektedir (Kocaer ve ark. 2003).

Çamurların araziye uygulanmasında toplam azot değeri tek başına bir kriter olarak değerlendirilememektedir. Organik azot fraksiyonlarının da bilinmesi gerekmektedir.

Kısa ve uzun vadede yarıyışlı formlara dönüşebilecek organik azotu ifade eden hidroliz olabilir toplam azot miktarları çamurdan çamura farklılık göstermektedir. Evsel nitelikli gıda endüstrisi çamurlarındaki hidroliz olabilir organik azot fraksiyonu toplam azotun % 66-88'ini oluşturmaktadır. Diğer bir ifade ile, arıtma çamuru toprağa uygulandığında, çamurdaki toplam azotun % 19-34'ü bitkiler tarafından uzun süre kullanılamayacak olup ham humus formunda toprakta kalacaktır (Topaç ve Başkaya 2008).

Evsel nitelikli gıda endüstri çamurları belirgin ölçüde azotlu gübre değeri taşımaktadır ve bitkisel üretime katkısının olacağı düşünülmektedir (Topaç ve Başkaya 2008).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Toprak Örnekleri

Atık mineral yağın uygulanacağı yüzey toprak (0-20 cm) örnekleri, Bursa-Balıkesir yolu 25. km'sinin kuzeyinde yer alan Büyük Balıklı köyünün kuzeydoğusundan (40,2659-28,7869 koordinatlı) yıllardır tarımsal amaçlı kullanılan araziden alınmıştır.

3.1.2. Atık Madeni Yağ Örnekleri

Çalışmada kullanılan kullanım ömrünü doldurmuş mineral bazlı atık yağ, Bademli mevkiinin kuzey batısında yer alan Mürselköy'de tarımsal faaliyetlerde kullanılan bir traktörden alınmıştır.

3.1.3. Arıtma Çamurları

Çalışmada kullanılan gıda endüstrisi arıtma çamuru örneği, Bursa-İzmir karayolu 22. km'sinde bulunan Penguen Gıda Sanayi A.Ş.'den temin edilmiştir. Fabrikada çamur örneğinin alındığı dönemde kayba biber, küçük acı biber, karnabahar, ayva, pırasa ve brokoli işlenmiştir. Arıtma tesisine gelen atıksu bileşkesi evsel nitelikli atıksular ve proses sularından oluşmaktadır. Tesise giren atıksu öncelikle kaba ızgara, mekanik ızgara ve kum tutucudan geçmektedir. Terfi havuzuna ulaşan atıksu tambur elekten geçtikten sonra nötralizasyon havuzuna iletilmektedir. Asit ve kostik ilavesiyle pH'sı ayarlanan atıksular ön temas havuzuna, oradan da havalandırma havuzuna geçmektedir. Çöktürme havuzunda çöken çamur kireç ve polielektrolit ilavesiyle yoğunlaştırılmakta ve beltpreste susuzlaştırılmaktadır. Fabrikanın arıtma tesisinin atıksu kapasitesi 5500 m³/gün'dür ve tesisten ortalama 15 ton/ay arıtma çamuru keki çıkmaktadır. Ham çamur fabrikanın kullanım sahası içinde depo edilmektedir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması, Analize Hazırlanması, Karakterizasyonu

0-20 cm derinlikten alınan toprak örnekleri naylon çuvallar içerisinde laboratuara getirilmiştir. Hava kuru durumuna gelinceye kadar laboratuvar ortamında kurumaya bırakılan topraklar taşlarından ayıklanmış ve örnekler ezilerek 4 mm'lik elekten elenerek inkübasyon çalışmasında kullanılmak üzere bez torbalarda muhafaza edilmiştir. Toprak örneklerini karakterize edilmesi için % nem, toplam azot, inorganik azot fraksiyonları, hidroliz olabilir azot fraksiyonları, pH, EC_{25}^0 C aşağıda belirtilen yöntemlerle tespit edilmiştir.

a- Toplam azot ve inorganik azot fraksiyonları:

Toprak örneklerinin toplam azot içeriğinin belirlenmesi için Kjeldahl yöntemiyle yakma yapılmış ve toplam azot konsantrasyonu su buharı destilasyonu ile belirlenmiştir (Bremner ve Mulvaney 1982).

Nitrat ve amonyum azotu miktarlarının belirlenmesi için örnekler 2M KCl çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve MgO ve Devarda alaşımı kullanılmak suretiyle su buharı destilasyonu yöntemi uygulanmıştır (Keeney ve Nelson 1982).

Hidroliz olabilir organik azot formları (HO- toplam azot, HO- amino azotu, HO- amid azotu, HO- hegsozamin azotu, HO-rest azot) 6 N HCl ile geri akışlı soğutucu altında 12 saat süren asit hidrolizinin ardından aynı yöntem ile belirlenmiştir (Bremner 1965).

b- Elektriksel iletkenlik ve pH:

Elektriksel iletkenlik 1:5 toprak su ekstarktında iletkenlik ölçer cihazı kullanılarak belirlenmiştir. pH değerleri 1:5 toprak su ekstraktında potansiyometrik olarak cam elektrodlu pH-metre ile belirlenmiştir.

3.2.2. Atık Madeni Yağın Alınması, Analize Hazırlanması, Karakterizasyonu

Kullanım süresini doldurmuş olan madeni atık yağ tarımsal faaliyetlerde kullanılan traktörün deposundan alınmış, plastik şişede muhafaza edilerek laboratuvar ortamına

getirilmiştir. Herhangi bir ön arıtma-seyreltme işlemi yapılmadan belirlenen dozlarda toprağa uygulanmıştır.

3.2.3. Arıtma Çamurunun Alınması, Analize Hazırlanması, Karakterizasyonu

Bu çalışmada, Penguen Konserve Fabrikasından Dindar (2008) tarafından tanımlanan çamur örneği kullanılmıştır.

Penguen Konserve Fabrikası arıtma tesisinden alınan arıtma çamuru örneği, belt filtre çıkışından alınmıştır. Laboratuvara getirilen arıtma çamuru örneğinde % katı madde tayini derhal yapılmış, kalan kısım diğer kimyasal analizlerin yapılması için havada kurutulmaya bırakılmıştır. Kuruyan çamur örneği havalanabilir karton kutularda muhafaza edilmiştir.

3.2.4. Arıtma Çamurunun ve Atık Madeni Yağın Toprağa Uygulanması

Araştırma için kuru gıda endüstrisi arıtma çamuru havanda dövülmüş toprak ile homojen karışımı sağlanacak hale getirilmiş ve 100 ton/ha olacak şekilde ham toprağa uygulanmıştır.

Atık madeni yağın toprakla karışımının homojen olması için her bir uygulama örneğindeki toprak, tezgaha serilmiş ve atık madeni yağ enjektör kullanılarak damla damla eşit miktarlarda toprağa uygulanmıştır.

3.2.5. Toprak İnkübasyon Düzenekinin Kurulması

Araştırma inkübasyon denemesi olarak, madeni yağ, ham toprak ve ham toprak+arıtma çamuru karışımlarına uygulanmıştır. İlave edilecek atık yağ miktarları % 0, % 1, % 3 ve % 5 olarak belirlenmiştir. İnkübasyon denemesinde ham toprak için 8 konulu (% 0, % 1, % 3, % 5 atık yağ uygulamalı ham toprak ve % 0, % 1, % 3, % 5 atık yağ uygulamalı ham toprak+arıtma çamuru) toplam 16 konulu, 3 tekrarlamalı ve 4 inkübasyon dönemini kapsayacak şekilde araştırma yürütülmüştür. Ham toprak+arıtma çamuru karışımında tüm kaplara 100 ton/ha olacak şekilde arıtma çamuru ilave edilmiştir. Belirlenen dozlarda atık mineral yağ ilave edilen ham toprak, ham toprak+arıtma çamuru karışımları plastik kaplara konularak tarla kapasitesinin % 60'ı oranında nemlendirilmiş ve 20°C'ye ayarlanmış inkübatörde inkübasyona alınmıştır.

Topraklardaki nem miktarının sabit kalmasına özen gösterilmiştir. İnkübasyon süreleri sonunda (0.gün, 1.ay, 2.ay, 3.ay) inkübasyona alınan plastik kaplardan örnekler alınmış, havada kurutulmuş ve analize hazır hale getirilmiştir.

3.2.6. Atık Madeni Yağ ve Arıtma Çamuru Uygulanmış Topraklarda 3 Aylık İnkübasyon Süresince İzlenen Parametreler

Belirlenen miktarlarda atık madeni yağ uygulanan ham toprak ve ham toprak+arıtma çamuru örneklerinde toplam azot, nitrat ve amonyum azotu, Hidroliz olabilir organik azot formları (HO- toplam azot, HO- amino azotu, HO- amid azotu, HO- hegsozamin azotu, HO-rest azot) açıklanan yöntemlerle belirlenmiştir. Sonuçlar mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Hidroliz olabilir organik azot fraksiyonları 6 N HCl ile geri akışlı soğutucu altında 12 saat süren asit hidrolizinin ardından hidroliz ekstraktı süzülerek pH'sı 0,1 M NaOH çözeltisi ile 6,5'e getirilmiştir.

- a) Hidroliz olabilir toplam azot fraksiyonu, hidroliz ekstraktından 5 ml alınıp üzerine 5 ml sülfirik asit ve yakma katalizörü ilave edildikten sonra Kjeldahl balonuna konularak yakılmasını takiben su buharı destilasyonu ve sülfirik asit titrasyonu ile belirlenmektedir.
- b) Hidroliz olabilir amid azotu fraksiyonu, hidroliz ekstraktından 10 ml alınıp üzerine MgO ilave edilip destile edilmesi ve sülfirik asitle titrasyon yapılması suretiyle belirlenmektedir.
- c) Hidroliz olabilir hegsozamin azotu fraksiyonunun tek başına tayini mümkün değildir. Amonyum+hegsozamin azotu fraksiyonu şeklinde tayin edilerek amid azotu fraksiyonunun çıkartılması neticesinde belirlenmektedir. Amonyum+hegsozamin azotu fraksiyonunun belirlenmesinde hidroliz ekstraktından alınan 10 ml'lik örnek üzerine 10 ml fosfat-borat tamponu ilave edilerek destile edilmesi ve sülfirik asit ile titre edilmesi yöntemi uygulanmaktadır.
- d) Hidroliz olabilir amino azotu fraksiyonu, amonyum+hegsozamin+amino azotu miktarının tayininden amonyum+hegsozamin azotu miktarının çıkarılması suretiyle belirlenmektedir. amonyum+hegsozamin+amino azotu

miktarının tayininde öncelikle 10 ml hidroliz ekstraktı destilasyon balonuna alınır. Üzerine 100 mg sitrat tamponu ilave edilerek su banyosuna alınır. Üzerine ninhidrin ilave edilir ve 10 dakika sıcak su banyosunda tutulduktan sonra çıkarılan ve soğuyan örnekler 10 ml fosfat-borat tamponu ilave edilerek buhar destilasyonu yapılır ve sülfirik asitle titre edilir.

- e) Hidroliz olabilir rest azot , hidroliz olabilir toplam azot fraksiyonundan tayin edilen diğer hidroliz olabilir azot fraksiyonlarının çıkartılması sonucunda sayısal olarak belirlenmektedir.

3.2.7. İstatistiksel Analiz

Deneme topraklarına uygulanan atık yağın ve inkübasyon süresinin toprakta belirlenen parametreler üzerine etkileri ANOVA testi ile kıyaslanarak F-değerleri bulunmuştur. Parametreler arasındaki farklılıklar Tukey HSD çoklu kıyaslama yöntemleriyle yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Ham Materyalin Karakterizasyonu

4.1.1. Toprak Örnekleri

İnkübasyon denemesinde kullanılan toprağın bazı özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’in incelenmesinden de görüleceği gibi toprak pH’sı 7,76 civarındadır ve kumlu tınlı topraktır. Toprağın elektriksel iletkenliği 230 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlenmiştir.

Toprak örneğinin toplam azot içeriği 756 mg/kg olarak bulunmuştur. Çoğu tarım topraklarında, üst topraklarda toplam azotun % 0,06 ila % 0,5 arasında değiştiği literatürde belirtilmiştir (Kacar 1994). Hidroliz olabilir azot fraksiyonlarının toplam azot içerisindeki oranı % 87 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgu Başkaya (1980)’ya göre üst sınırdadır.

Çizelge 4.1. İnkübasyon denemesinde kullanılan ham toprağa ait bazı özellikler

PARAMETRE	HAM TOPRAK
pH (1:5 toprak/su)	7,76
EC ₂₅ ⁰ C, $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1:5 toprak/su)	230
% Kum	68,1
% Kil	11,9
%Silt	20,0
Bünye	Kumlu - tınlı
Toplam Azot (mg/kg)	756
Amonyum Azotu (mg/kg)	24,1
Nitrat Azotu (mg/kg)	24,1
HO- Toplam Azot (mg/kg)	657
HO-Amid Azotu (mg/kg)	176
HO-Amino Azotu (mg/kg)	259
HO-Hegsozamin Azotu (mg/kg)	89,8
HO-Rest Azot (mg/kg)	133

4.1.2. Arıtma Çamuru

İnkübasyon denemesinde kullanılan arıtma çamurunun bazı özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Arıtma çamurunun ölçülen pH’sı 6,58, elektriksel iletkenliği 3,28 ms/cm olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. İnkübasyon denemesinde kullanılan arıtma çamuruna ait bazı özellikler

PARAMETRE	ARITMA ÇAMURU
pH (1:5 toprak/su)	6,58
EC ₂₅ ⁰ C, mS/cm (1:5 toprak/su)	3,28
Toplam Azot (mg/kg)	19743
Amonyum Azotu (mg/kg)	264
Nitrat Azotu (mg/kg)	87,2
HO- Toplam Azot (mg/kg)	17448
HO-Amid Azotu (mg/kg)	3310
HO-Amino Azotu (mg/kg)	4759
HO-Hegsozamin Azotu (mg/kg)	483
HO-Rest Azot (mg/kg)	8896

4.2. Atık Madeni Yağ ve Arıtma Çamuru Uygulanan Topraklarda İnkübasyon Süresince Meydana Gelen Değişiklikler

4.2.1. Azot Formları

Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler EK 1’de mg/kg olarak gösterilmiştir. Toplam azot konsantrasyonlarının inkübasyon süresince zamana bağlı olarak azalma gösterdiği tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 4.1).

Ham toprak + yağ (T+Y) örneklerinde en yüksek toplam azot değeri 0.günde 696 mg/kg olarak hesaplanmıştır. En düşük değer ise % 5 yağ ilaveli toprak örneğinin 3.ay denemesinde 412 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Ham toprak+yağ+arıtma çamuru (T+Y+Ç) örneklerinde en yüksek toplam azot değeri 1356 mg/kg olarak hesaplanmıştır. En düşük toplam azot değeri ise % 5 yağ ilaveli toprak örneğinin 3.ay denemesinde 788 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

T+Y+Ç ve T+Y serilerinde artan yağ kirliliği dozuna bağlı olarak zamanla toplam azot değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Her iki seride de tayin edilen toplam azot konsantrasyonları için zaman faktörü istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$)(Bkz. Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 incelendiğinde, T+Y+Ç serisinde tayin edilen toplam azot konsantrasyonları için yağ dozunun istatistiksel olarak önemli bulunmadığı görülmektedir ($p>0,05$). Toplam azot konsantrasyonunun % 0 yağ ilaveli örneklerde 3.aydaki değişimi istatistiksel olarak önemli bulunurken ($p<0,05$), 0.gün, 1.ay ve 2.aydaki % 0 yağ ilaveli örneklerde tayin edilen konsantrasyonlar arasındaki istatistiki bir fark belirlenmemiştir ($p<0,05$).

T+Y serisinde tayin edilen toplam azot değerleri için zaman, yağ dozu, zaman ve yağ dozu interaksiyonu $p = 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. T+Y serisinde % 0 yağ ilaveli örnekler ile % 3 ve % 5 yağ ilaveli örneklerde toplam azot değerleri $p = 0,05$ düzeyinde farklı bulunmuştur. Diğer uygulama dozlarında istatistiki bir farklılık belirlenmemiştir.

Nitrat azotu konsantrasyonu, T+Y+Ç ve T+Y serilerinin her ikisinde de teorik olarak hesaplanan 0.gün konsantrasyonlarına kıyasla 1.ayda artış, 2. ve 3.ayda azalış yönünde eğilim göstermiştir.

T+Y+Ç serisinde 0.günde tespit edilen nitrat azotu 27 mg/kg'dir. Nitrat azotunun 1.ay, 2.ay, 3.ay konsantrasyonları 0.güne kıyasla yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Bunun sebebinin arıtma çamurundaki organik azotun mineralizasyonu olduğu aşikardır. T+Y+Ç serisinde en yüksek nitrat azotu konsantrasyonları % 0 yağ ilaveli toprak örneklerinde tespit edilmiştir. Yağ ilavesi arttıkça nitrat azotu konsantrasyonu zamanla azalmıştır. Yağ kirlilik dozu arttıkça nitrat azotunun bahsi geçen artış ve azalış yönündeki trendi aynı olmakla birlikte belirlenen konsantrasyonlar % 0 yağ ilaveli toprak örneklerine kıyasla % 1, % 3, % 5 yağ ilaveli toprak örneklerinde daha düşüktür.

Tayin edilen en düşük nitrat azotu konsantrasyonu % 5 yağ ilaveli toprak örneklerinin 2. ayında olup, konsantrasyonu kullandığımız yöntemlerle belirlenememiştir.

T+Y+Ç serisinde tayin edilen nitrat azotu konsantrasyonları için zaman ve yağ dozu faktörleri istatistiksel olarak $p = 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.3).

Arıtma çamuru ilavesiz T+Y serisinde nitrat azotu konsantrasyonlarının 0.güne kıyasla kademeli olarak azaldığı gözlenmiştir. T+Y serisinde en yüksek nitrat azotu konsantrasyonu % 0 yağ ilaveli örneklerin 2. ayında 45 mg/kg olarak tespit edilmiştir. En düşük nitrat azotu konsantrasyonu % 3 yağ ilaveli toprak örneklerinin 3. ayında 5,24 mg/kg olarak tespit edilmiştir. 0.günde teorik olarak hesaplanan nitrat azotu konsantrasyonu 24 mg/kg'dır. Çizelge 4.3 incelendiğinde T+Y serisi için de zaman, yağ, zaman ve yağ interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p = 0,05$). Ayrıca % 0 yağ ilaveli örneklerde tayin edilen nitrat azotu konsantrasyonları % 1, %3, %5 yağ ilaveli örneklere kıyasla istatistiki olarak $p = 0,05$ düzeyinde farklı bulunmuştur.

Nitrat azotu konsantrasyonunun gösterdiği trendden yola çıkarak, mineral bazlı atık yağ kirliliğinin zamanla nitrifikasyonu ve/veya organik azot mineralizasyonunu inhibe ettiği söylenebilir. Kirleticinin yüksek dozlarında inhibisyon daha kısa sürede etkisini göstermektedir.

Amonyum azotu konsantrasyonu 0.günde tüm yağ dozları için teorik olarak hesaplanmıştır. Amonyum azotu konsantrasyonları zamanla artış ve azalış yönünde eğilim göstermiştir. Genel olarak, T+Y+Ç ve T+Y serilerinin her ikisinde de tayin edilen amonyum azotu konsantrasyonları 0.güne kıyasla diğer örnekleme zamanlarında daha yüksektir. İnkübasyonun 1'inci, 2'inci, 3'üncü aylarında mineralizasyon aktivitesinin arttığı söylenebilir. Tayin edilen amonyum azotu konsantrasyonları için zaman, yağ dozu, zaman ve yağ dozu interaksyonu $p = 0,05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Bkz. Çizelge 4.3). T+Y+Ç serisinde 0.günde amonyum azotu konsantrasyonu 33 mg/kg olarak tespit edilmiştir. T+Y+Ç serisinde en yüksek amonyum azotu konsantrasyonu 155 mg/kg olarak % 0 yağ dozunda 1. ayda belirlenmiştir.

T+Y serisinde 0.günde amonyum azotu konsantrasyonu 24 mg/kg olarak belirlenmiştir. En yüksek amonyum azotu konsantrasyonu ise 169 mg/kg olarak % 0 yağ ilaveli

topraklarda 2.ayda tespit edilmiştir. % 0 ve % 3 yağ ilaveli örneklerde $p = 0,05$ düzeyinde istatistiki bir farklılık belirlenmiştir.

T+Y+Ç ve T+Y serilerinin her ikisinde de amonyum azotu konsantrasyonlarının birbirine yakın değerlerde seyrettiği gözlenmiştir.

T+Y serisinde amonyum ve nitrat azotu konsantrasyonlarının seyrine bakılarak söylenebilir ki, inkübasyon süresince nitrifikasyon prosesi inhibe olmuştur.

T+Y+Ç serisinde % 0 ve % 1 yağ ilaveli toprak örneklerinde arıtma çamurundan gelen organik azotun mineralize olduğu ancak artan yağ dozlarında (% 3 - % 5) mineralizasyonun da inhibe olduğu düşünülmektedir.

T+Y+Ç serisinde % 3 ve % 5 yağ ilaveli toprak örneklerinin nitrat azotu ve amonyum azotu konsantrasyonlarının seyrine bakılarak nitrifikasyon prosesinin inhibe olduğu söylenebilir. Ancak bu durum T+Y serisinde daha net olarak gözlenmektedir.

Amonyum azotu konsantrasyonlarından yola çıkarak toplam azotun amonifiye olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.3. Zaman ve yağ dozunun azot formları üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

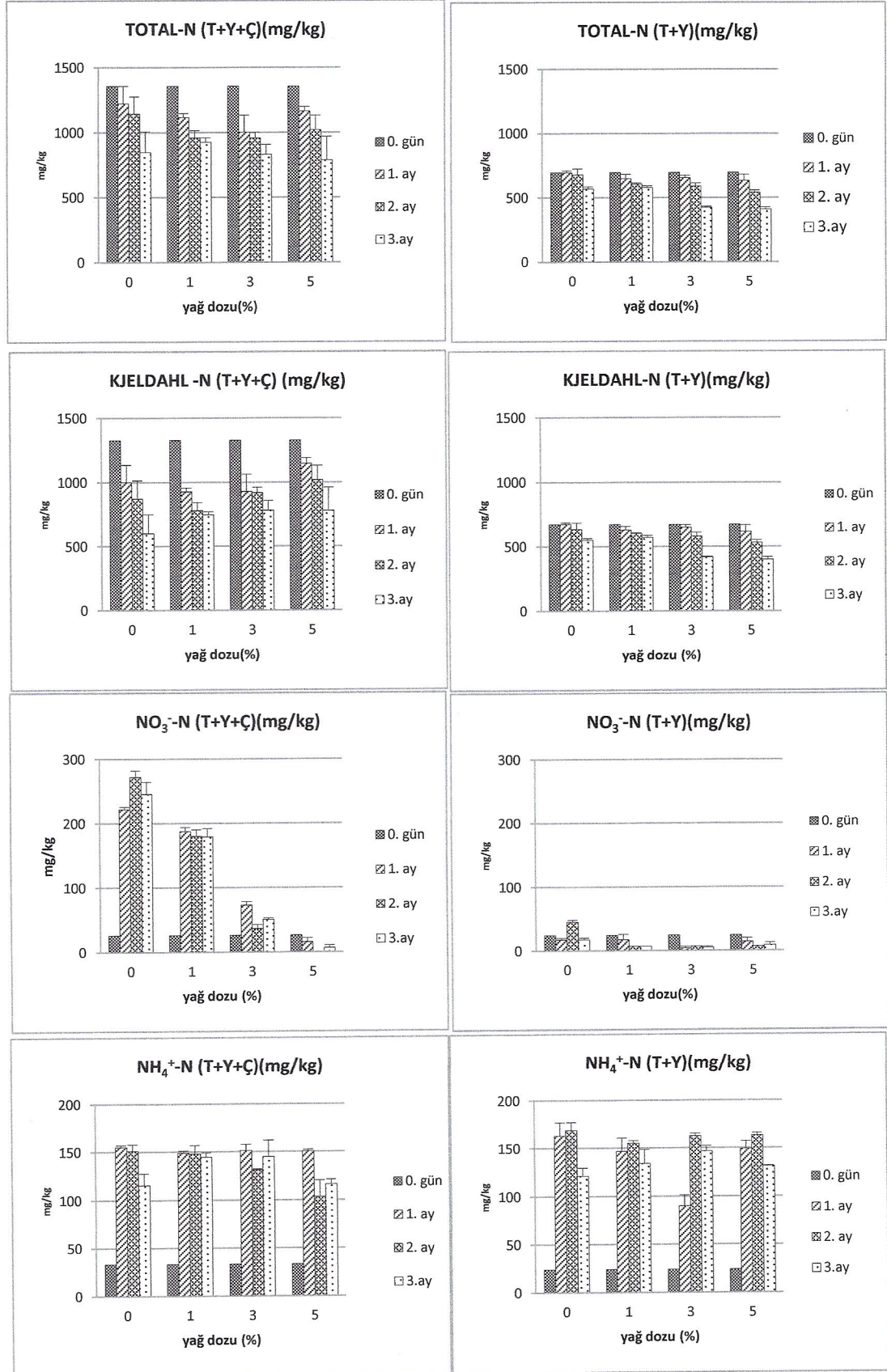
Bağımlı Değişken: Amonyum Azotu				
	Varyasyon Kaynağı	df	MS	F _{istatistik}
T+Y+Ç	Zaman	3	34179,2	187,46*
	Yağ Dozu	3	715,6	3,92*
	Zaman x Yağ Dozu	9	508,8	2,79*
	Hata	32	182,3	
T+Y	Zaman	3	45518,1	488,15*
	Yağ Dozu	3	416,0	4,46*
	Zaman x Yağ Dozu	9	1043,3	11,19*
	Hata	32	93,2	

* $p=0,05$ düzeyinde önemli; T+Y+Ç = Toprak+Yağ+Çamur; T+Y = Toprak+Yağ

Çizelge 4.3 (devamı). Zaman ve yağ dozunun azot formları üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Bağımlı Değişken: Nitrat Azotu				
	Varyasyon Kaynağı	df	MS	F _{istatistik}
T+Y+Ç	Zaman	3	27696,1	162,95*
	Yağ Dozu	3	83261,9	489,87*
	Zaman x Yağ Dozu	9	9943,2	58,50*
	Hata	32	170,0	
T+Y	Zaman	3	465,3	32,81*
	Yağ Dozu	3	580,5	40,93*
	Zaman x Yağ Dozu	9	234,8	16,55*
	Hata	32	14,2	
Bağımlı Değişken: Toplam Azot				
	Varyasyon Kaynağı	df	MS	F _{istatistik}
T+Y+Ç	Zaman	3	540249,0	20,79*
	Yağ Dozu	3	22264,0	0,86
	Zaman x Yağ Dozu	9	12018,0	0,46
	Hata	32	25991,0	
T+Y	Zaman	3	91986,0	63,79*
	Yağ Dozu	3	17813,0	12,35*
	Zaman x Yağ Dozu	9	5419,0	3,76*
	Hata	32	1442,0	

*p=0,05 düzeyinde önemli; T+Y+Ç = Toprak+Yağ+Çamur; T+Y = Toprak+Yağ



Şekil 4.1. İnkübasyon süresince toplam azot formlarının zamana bağlı değişimi

4.2.2. Hidroliz Olabilir Azot Formları

Hidroliz olabilir toplam azot konsantrasyonları zamanla azalma yönünde eğilim göstermektedir (Bkz. Şekil 4.2). Elde edilen veriler EK 2’de mg/kg olarak gösterilmiştir.

T+Y+Ç serisinde 0.günde HO-toplam azot konsantrasyonu teorik olarak 1303 mg/kg hesaplanmıştır. En yüksek konsantrasyon 0.gündedir. En düşük konsantrasyon % 5 yağ ilaveli toprakta 3.ayda 558 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

T+Y serisinde 0.günde HO-toplam azot 657 mg/kg olarak belirlenmiştir. En düşük konsantrasyon % 5 yağ ilaveli toprakta 3.ayda 404 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde hidroliz olabilir azot fraksiyonları için zaman ve yağ dozu faktörlerinin $p = 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. T+Y+Ç serisinde örnekleme yapılan tüm zamanlarda istatistiksel farklılık mevcut olup, % 3 ve % 5 yağ ilaveli örneklerde $p = 0,05$ düzeyinde istatistiki bir farklılık belirlenmiştir. T+Y serisinde % 5 yağ ilaveli örneklerde istatistiki bir farklılık tespit edilmiştir ($p = 0,05$). Diğer kirlilik dozlarında istatistiki bir farklılık belirlenmemiştir. Bu veri literatür ile uyumludur. Sabey (1980)’e göre organik azotun mineralizasyonunda inkübasyon şartları oldukça önemlidir.

HO-amino azotu konsantrasyonu, 0.günde T+Y+Ç serisinde 494 mg/kg, T+Y serisinde 258 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Tespit edilen en düşük HO-amino azotu konsantrasyonu, T+Y+Ç serisinde, % 5 yağ ilaveli örneklerde 3.ayda 69 mg/kg, T+Y serisinde, % 5 yağ ilaveli örneklerde 3.ayda 104 mg/kg’dır. HO-amino azotu fraksiyonu için zaman ve yağ dozu faktörleri $p = 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. T+Y+Ç serisinde % 3 ve % 5 yağ ilaveli örneklerde istatistiki bir farklılık belirlenmiş olup, diğer yağ dozlarında tespit edilmemiştir. T+Y serisinde ise % 1 ve % 5 yağ ilaveli örneklerde $p = 0,05$ düzeyinde istatistiki bir farklılık mevcut olup diğer kirlilici dozlarında belirlenmemiştir. Ayrıca T+Y serisinde zaman ve yağ dozu interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Bkz. Çizelge 4.4).

HO-amid azotu konsantrasyonu, 0.günde T+Y+Ç serisinde 338 mg/kg, T+Y serisinde 176 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Tespit edilen en düşük HO-amid azotu

konsantrasyonu, T+Y+Ç serisinde, % 3 yağ ilaveli örneklerde 2.ayda 170 mg/kg, T+Y serisinde, % 3 yağ ilaveli örneklerde 3.ayda 121 mg/kg'dır. Çizelge 4.4 incelendiğinde T+Y+Ç serisinde sadece zaman faktörü $p = 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Amid azotu konsantrasyonunun nispeten yüksek bulunması azot yarıyışlılığı açısından önemli bir bulgudur (Başkaya 1987).

HO-hegsozamin azotu konsantrasyonu, 0.günde T+Y+Ç serisinde 127 mg/kg, T+Y serisinde 90 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Tespit edilen en düşük HO-hegsozamin azotu konsantrasyonu, T+Y+Ç serisinde, % 0 yağ ilaveli örneklerde 2.ayda 86 mg/kg'dır. T+Y serisinde tespit edilen en yüksek HO-hegsozamin azotu konsantrasyonu % 0 yağ ilaveli örneklerde 2.ayda 149 mg/kg'dır. HO-hegsozamin azotu için zaman ve yağ dozu faktörleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık belirlenememiştir. Heksozamin azotu fraksiyonunun hidroliz olabilir toplam azot fraksiyonu içerisindeki oranı küçük olmasına rağmen canlılar için kolay yarıyışlı olabilen bir fraksiyon olduğu bilinmektedir (Başkaya 1987).

HO- rest azot konsantrasyonu, 0.günde T+Y+Ç serisinde 344 mg/kg, T+Y serisinde 133 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Tespit edilen en düşük HO-rest azot konsantrasyonu, T+Y+Ç serisinde, % 1 yağ ilaveli örneklerde 1.ayda 52 mg/kg, T+Y serisinde, %5 yağ ilaveli örneklerde 3.ayda 56 mg/kg'dır. HO-rest azot için zaman ve yağ dozu faktörleri $p = 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. T+Y serisinde % 5 yağ ilaveli örneklerde istatistiki bir farklılık tespit edilmiş olup diğer kirletici dozlarında farklılık belirlenmemiştir. T+Y+Ç serisinde ise %0 ve % 5 yağ ilaveli örneklerde $p = 0,05$ düzeyinde istatistiki bir farklılık tespit edilmiştir.

T+Y+Ç ve T+Y serilerinin her ikisinde de HO- azot fraksiyonları;

HO-amino azotu > HO-amid azotu > HO-rest azot > HO-hegsozamin azotu şeklinde belirlenmiştir.

HO-amino azotu konsantrasyonu zamanla azalma yönünde eğilim göstermiştir. Bu trend T+Y+Ç serisinde T+Y serisine kıyasla daha iyi gözlemlenebilmektedir.

HO-amid azotu konsantrasyonunun zaman ve artan yağ miktarından fazla etkilenmediği gözlenmiştir. T+Y+Ç ve T+Y serilerinin her ikisinde de tüm inkübasyon örnekleme

zamanlarında birbirine yakın konsantrasyon değerleri tespit edilmiştir. Amid azotu fraksiyonunu çoğunlukla hidroliz ekstraktında bulunan NH_4^+ iyonları oluşturmaktadır. Şekil.4.1’de amonyum azotu konsantrasyonundaki değişim gösterilmiştir. HO-amid azotu konsantrasyonlarında ani azalış ve artışın olmamasının sebebinin NH_4^+ iyonu konsantrasyonu olduğu düşünülmüştür.

İnkübasyon süreci göz önüne alındığında tayin edilen HO-hegsozamin azotu konsantrasyonları birbirine yakın değerlerde seyretmiştir. Genellikle HO-toplam azotun % 5-12’sini ihtiva eden hegsozamin azotu toprakta bulunan amino şekerlerinden ileri gelmektedir ve büyük ölçüde mikrobiyel kökenlidir. Topraktaki amino şekerinin kaynağı mantarlardır. Şekil 4.1’de tespit edilen amonyum azotu konsantrasyonlarından yola çıkarak ortamda amonifikasyonun gerçekleştiği düşünülmektedir. Amonifikasyon prosesinde organik azotun parçalanmasında saprofit bakteriler ve mantarlar rol almaktadır. Hegsozamin azotu ve amonyum azotu konsantrasyonlarından yola çıkarak ortamda mantar popülasyonunun varlığından söz edilebilir.

İnkübasyon denemesinde tayin edilen HO-hegsozamin azotunun ortalama olarak % 9-15 oranında HO-toplam azot fraksiyonu içerisinde yer aldığı gözlenmiştir.

Arıtma çamuru ilaveli örneklerde tayin edilen HO-toplam azot, HO-amino azotu, HO-amid azotu konsantrasyonları arıtma çamuru ilavesiz örneklerle kıyasla daha yüksektir. HO-hegsozamin azotu ve HO-rest azot konsantrasyonları arıtma çamuru ilaveli ve ilavesiz örneklerde yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.3’de tüm inkübasyon örnekleme zamanlarında hidroliz olabilir azot fraksiyonlarının HO-toplam azot içerisindeki % dağılım grafiği verilmiştir. Bu grafikten yola çıkarak hangi azot fraksiyonunun daha önce mineralize olduğu belirlenmiştir.

T+Y+Ç serisinde 0.günde tüm yağ dozlarında HO-toplam azotun içeriği % 38 amino azotu, % 26 amid azotu, % 26 rest azot, % 10 hegsozamin azotu şeklindedir.

T+Y serisinde 0.günde tüm yağ dozlarında HO-toplam azotun içeriği % 39 amino azotu, % 27 amid azotu, % 20 rest azot, % 14 hegsozamin azotu şeklindedir.

Yapılan analizlerde HO-toplam azot ve HO-amino azotu konsantrasyonlarının zamanla azaldığı tespit edilmiştir. HO-amino azotu yüzdesi 1.ve 2.ayda % 37 ila % 46 arasında

değişiklik gösterirken 3.ayda artan yağ dozlarında % 12 ila % 18 civarına düştüğü tespit edilmiştir. Topraktaki organik azotun yaklaşık yarısını amino şekeri ve amino asit fraksiyonlarının oluşturduğu literatürde bilinmektedir (Stevenson 1986; Mengel 1996). Elde edilen veriler literatür ile uyumludur. İleri inkübasyon dönemlerinde bu oranın azalması, artan yağ dozlarında zamanla mineralizasyonun inhibe olduğunu düşündürmektedir.

T+Y+Ç serisinde 1.ayda başlangıca kıyasla HO-amid azotu, HO-amino azotu, HO-hegsozamin azotu yüzdeleri artmış, HO-rest azot yüzdesi azalmıştır. Bu bulgulardan yola çıkarak HO-rest azot mineralizasyonunun 1.ayda en yüksek olduğu sonrasında HO-rest azot mineralizasyonunun yavaşladığı söylenebilir.

Şekil 4.3'te görüldüğü üzere HO-amid azotu ve HO-hegsozamin azotu mineralizasyonları, HO-amino azotu mineralizasyonuna kıyasla daha yavaştır. HO-amino azotu mineralizasyonu 2.aydan sonra artmıştır. Amino azotu fraksiyonunun en kolay mineralize olan organik azot bileşiklerinden olduğu literatürden bilinmektedir (Qing ve ark. 2004).

HO-hegsozamin azotunun 2.ayda % 3 yağ ilavesinde mineralizasyonun yavaşladığı gözlenmiştir.

Hidroliz olabilir azot fraksiyonlarının Şekil 4.3'den anlaşıldığı üzere çamur ilavesiz toprak örnekleri ile çamur ilaveli örneklerle % dağılım oranları benzer sonuçlar göstermiştir. Ancak hesaplanan mg/kg değerleri arıtma çamuru ilaveli örneklerde arıtma çamuru ilavesiz örneklerle kıyasla oldukça yüksektir. Belirlenen farkın yüksek oluşunun nedeninin, arıtma çamurundaki organik azotun mineralizasyonundan kaynaklandığı düşünülmüştür.

Çizelge 4.4. Zaman ve yağ dozunun hidroliz olabilir azot formları üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

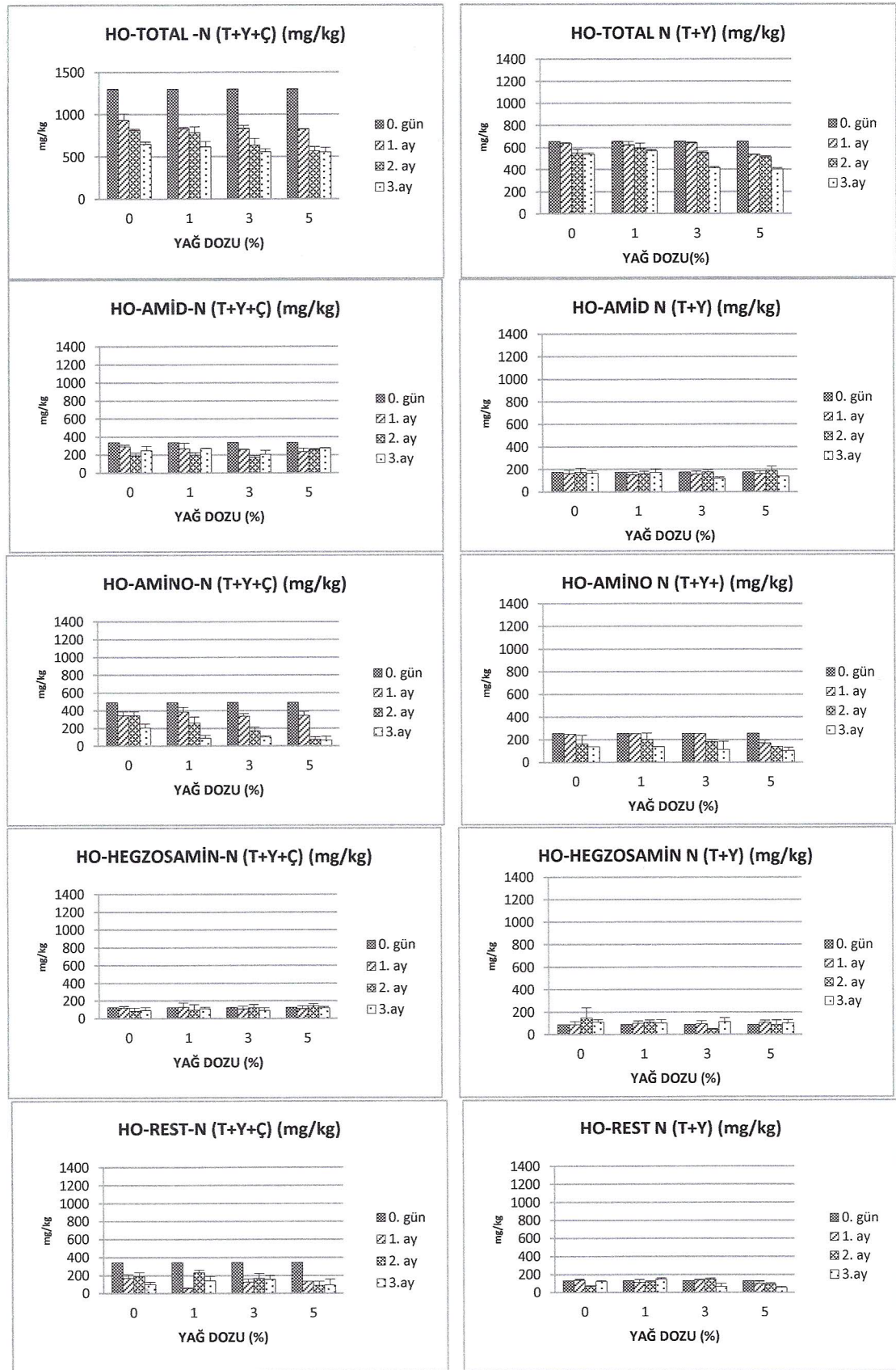
Bağımlı Değişken: HO-Amino Azotu				
	Varyasyon Kaynağı	df	MS	F _{istatistik}
T+Y+Ç	Zaman	3	316538,0	104,02*
	Yağ Dozu	3	33219,0	10,92*
	Zaman x Yağ Dozu	9	11788,0	3,87*
	Hata	32	3043,0	
T+Y	Zaman	3	43879,0	28,80*
	Yağ Dozu	3	4890,0	3,21*
	Zaman x Yağ Dozu	9	1286,0	0,84
	Hata	32	1524,0	
Bağımlı Değişken: HO-Amid Azotu				
	Varyasyon Kaynağı	df	MS	F _{istatistik}
T+Y+Ç	Zaman	3	38633,0	20,26*
	Yağ Dozu	3	3499,0	1,83
	Zaman x Yağ Dozu	9	3870,0	2,03
	Hata	32	1907,0	
T+Y	Zaman	3	1887,0	2,54
	Yağ Dozu	3	308,0	0,41
	Zaman x Yağ Dozu	9	638,0	0,86
	Hata	32	743,0	
Bağımlı Değişken: HO-Hegsozamin Azotu				
	Varyasyon Kaynağı	df	MS	F _{istatistik}
T+Y+Ç	Zaman	3	3447,0	1,86
	Yağ Dozu	3	1105,0	0,59
	Zaman x Yağ Dozu	9	1157,2	0,62
	Hata	32	1855,5	

*p=0,05 düzeyinde önemli; T+Y+Ç = Toprak+Yağ+Çamur; T+Y = Toprak+Yağ

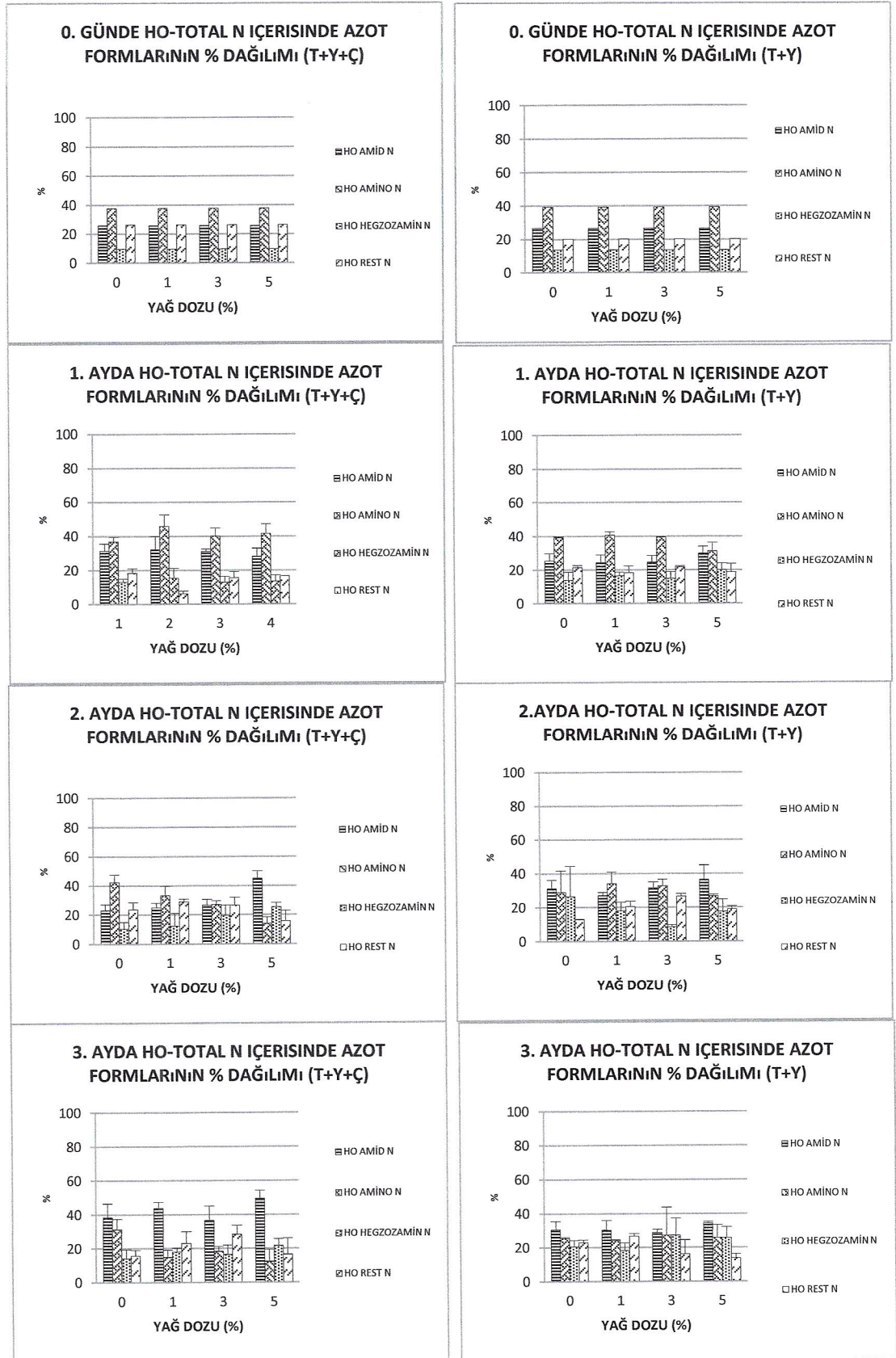
Çizelge 4.4 (devamı). Zaman ve yağ dozunun hidroliz olabilir azot formları üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Bağımlı Değişken: HO-Hegsozamin Azotu				
T+Y	Zaman	3	716,0	0,47
	Yağ Dozu	3	1043,6	0,68
	Zaman x Yağ Dozu	9	1511,7	0,99
	Hata	32	1527,4	
Bağımlı Değişken: HO-Rest Azot				
	Varyasyon Kaynağı	df	MS	F _{istatistik}
T+Y+Ç	Zaman	3	163953,0	83,97*
	Yağ Dozu	3	6121,0	3,13*
	Zaman x Yağ Dozu	9	7305,0	3,74*
	Hata	32	1952,0	
T+Y	Zaman	3	2432,6	6,90*
	Yağ Dozu	3	2455,5	6,96*
	Zaman x Yağ Dozu	9	2760,4	7,83*
	Hata	32	352,5	
Bağımlı Değişken: HO-Toplam Azot				
	Varyasyon Kaynağı	df	MS	F _{istatistik}
T+Y+Ç	Zaman	3	1236091,0	524,01*
	Yağ Dozu	3	27017,0	11,45*
	Zaman x Yağ Dozu	9	7769,0	3,29*
	Hata	32	2359,0	
T+Y	Zaman	3	66100,0	114,64*
	Yağ Dozu	3	16263,0	28,21*
	Zaman x Yağ Dozu	9	5751,0	9,97*
	Hata	32	577,0	

*p=0,05 düzeyinde önemli; T+Y+Ç = Toprak+Yağ+Çamur; T+Y = Toprak+Yağ



Şekil 4.2. İnkübasyon süresince HO- azot formlarının zamana bağlı değişimi



Şekil4.3. Hidroliz olabilir azot formlarının HO- toplam azot içerisindeki % dağılımı

4.2.3. Hidroliz Olabilir Azot Formlarının Toplam Azot İçindeki Dağılımı

Şekil 4.4'te hidroliz olabilir azot fraksiyonlarının toplam azot içerisindeki yüzde dağılım grafiği verilmiştir.

0.günde hidroliz olabilir azot formlarının T+Y+Ç serisinde toplam azotun % 96'sını, T+Y serisinde ise % 94'ünü oluşturduğu görülmüştür.

T+Y+Ç serisinde hidroliz olabilir azot formlarının toplam azot içerisindeki yüzdesi zamanla azalma yönünde eğilim göstermiştir. 2.ayda % 5 yağ ilaveli örneklerde % 56 seviyesine kadar düşmüştür.

T+Y serisinde hidroliz olabilir azot formlarının toplam azot içerisindeki yüzde dağılımında ani iniş ve çıkışlar gözlenmemiştir. Genel olarak % 80-95 arasında değişim göstermiştir.

HO-amino azotu, HO-amid azotu, HO-hegsozamin azotu, HO-rest azot fraksiyonları literatürde belirtilen değerlere uygunluk göstermektedir.

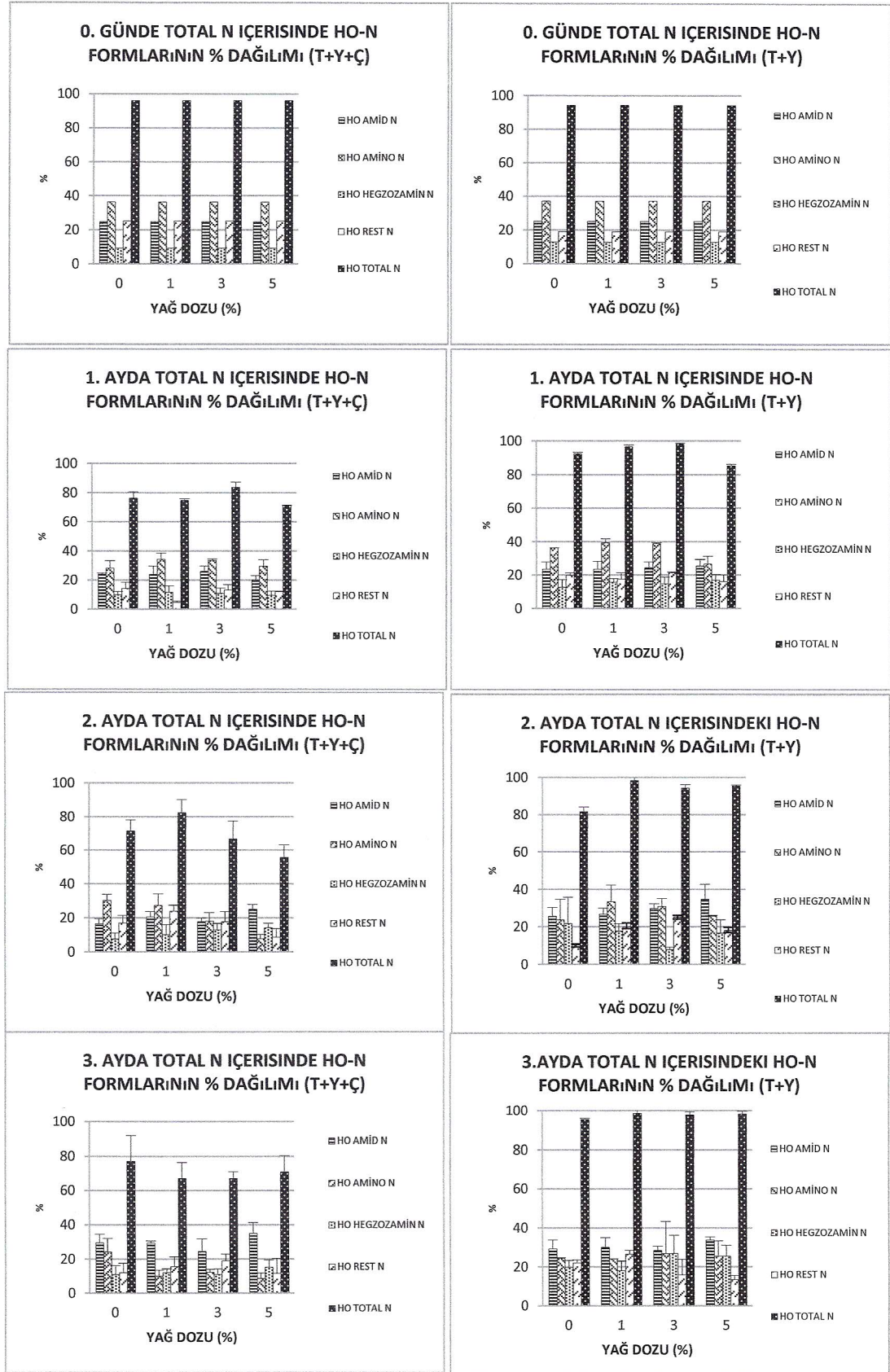
T+Y+Ç serisinde, HO-amino azotu toplam azot içerisinde genellikle % 12-36 arasında değişiklik göstermiştir, ancak en düşük oran % 5 yağ ilaveli toprak örneklerinde 2.ve 3.aylarda % 8 ve % 9 olarak belirlenmiştir. Aynı periyotta nitrat azotu konsantrasyonunun da en düşük olduğu Şekil 4.1'de görülmektedir. Amino azotu fraksiyonunun mineralizasyonda önemli olduğu nitrat azotunun da organik azotun mineralizasyonu neticesinde ortaya çıktığı bilindiği üzere mineralizasyon sürecinin % 5 yağ dozunda 2.ve 3.ayda inhibe olduğu savı yinelenebilir. HO-amid azotu fraksiyonu % 16-35, HO-hegsozamin azotu fraksiyonu % 7-15, HO-rest azot fraksiyonu % 10-25 arasında değişiklik göstermektedir.

T+Y serisinde, HO-amino azotu toplam azot içerisinde genellikle % 23-39 arasında değişiklik göstermiştir. HO-amid azotu fraksiyonu % 23-34, HO-hegsozamin azotu fraksiyonu % 8-25, HO-rest azot fraksiyonu % 10-21 arasında değişiklik göstermektedir.

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilen % dağılımları incelendiğinde, inkübasyon süresince arıtma çamuru ilavesiz toprak örneklerinde hidroliz olabilir azot fraksiyonlarının eşit

oranlarda mineralize olduğu gör÷lmektedir. Arıtma çamuru ilave edilen toprak örneklerinde hidroliz olabilir azot fraksiyonlarının mineralizasyon düzeyleri salınım göstermektedir. Arıtma çamuru ilaveli örneklerde organik azotun ilk etapta hızlı ve daha sonra yavaşlayarak mineralize olduğu düşün÷lmektedir. Literatürden de bilindiğı üzere arıtma çamuru uygulaması yapılan topraklarda organik azotun ilk yılda % 50'si, ikinci yılda % 5-20'si mineralize olup yarıyışlı formlara dönüşmektedir. Uygulamayı izleyen yıllarda mineralizasyon oranı daha da düşmektedir (Anonymous 1996).

Hidroliz olabilir azot formlarının toplam azot içerisindeki dağılımları incelendiğinde, inkübasyon süresinin sonunda T+Y serisinde hidroliz olabilir azot formlarının T+Y+Ç serisine kıyasla daha yüksek oluşu, arıtma çamuru ilaveli toprak örneklerinde bitkiler tarafından öncelikli alınabilen ve mikroorganizmaların kolaylıkla parçalayabildiğı organik azot formlarının fazlalığı, topraktaki ayrışması zor organik maddenin arıtma çamuruna kıyasla daha güç parçalandığını düşündürmektedir.



Şekil 4.4. Hidroliz olabilir azot formlarının toplam azot içerisindeki % dağılımı

5. SONUÇ

Madeni yağla çeşitli oranlarda kirlenmiş bir toprakta azot formlarının zamanla değişiminin incelendiği tez çalışmasına göre tespit edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- 1) Toplam azot konsantrasyonu zamanla azalma yönünde eğilim göstermiş olup artan yağ dozlarında daha düşük değerlerde tespit edilmiştir.
- 2) Nitrat azotu konsantrasyonu arıtma çamuru ilaveli toprak örneklerinde başlangıç değerine kıyasla zamanla artış göstermiştir. Arıtma çamurundaki organik azotun mineralizasyonu ve nitrifikasyonun bu bulgunun nedeni olduğu düşünülmüştür. Arıtma çamuru ilavesiz toprak örneklerinde nitrat azotu konsantrasyonu başlangıç değerine kıyasla daha düşük değerlerde seyretmiştir. Arıtma çamuru ilaveli ve ilavesiz toprak örnekleri arasında nitrat azotu konsantrasyonlarındaki fark, ham topraktaki organik maddenin yapısal olarak arıtma çamurundaki organik azota kıyasla daha zor parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- 3) Amonyum azotu konsantrasyonu arıtma çamuru ilaveli ve ilavesiz toprak örneklerinde benzer değerlerde seyretmiştir. Nitrat azotu konsantrasyonunun zamanla azalması, amonyum azotunun başlangıç değerine göre zamanla artması inkübasyon denemesinde amonifikasyon prosesinin baskın olduğunu, nitrifikasyon prosesinin inhibe olduğunu göstermiştir.
- 4) Tüm örneklerdeki hidroliz olabilir azot fraksiyonlarının konsantrasyonlarının; HO-amino azotu > HO-amid azotu > HO-rest azot > HO-hegsozamin azotu şeklinde olduğu belirlenmiştir.
- 5) HO-toplam azot ve HO-amino azotu konsantrasyonlarının zamanla azaldığı tespit edilmiştir. Amino asit azotu organik maddenin mineralizasyonunda önemlidir ve HO-amino azotunun zamanla azalması bu fraksiyonun kısmen mineralize olması ile birlikte mineralizasyon prosesinin inhibe olduğu şeklinde yorumlanabilir.
- 6) Hidroliz olabilir azot fraksiyonları toplamının, toplam azot içerisinde arıtma çamuru ilaveli topraklarda % 96, arıtma çamuru ilavesiz topraklarda % 94 oranında yer aldığı tespit edilmiştir.

- 7) Hidroliz olabilir azot formlarının toplam azot içerisindeki mg/kg miktarları incelendiğinde, arıtma çamuru ilavesiz topraklarda belirlenen konsantrasyonların bazı örnekler ile ileri inkübasyon dönemlerinde arıtma çamuru ilaveli topraklara kıyasla daha yüksek oluşu, arıtma çamuru ilaveli toprak örneklerinde bitkilerce öncelikli alınabilen ve mikroorganizmaların kolayca parçalayabildiği azot formlarının fazla olduğunu, arıtma çamuru ilavesiz topraklardaki muhtemelen zor ayrışan(stabil) organik maddenin arıtma çamuruna kıyasla daha az mineralize olabildiğini düşündürmektedir.
- 8) %3 ve %5 yağ ilaveli toprak örneklerinde tespit edilen organik ve inorganik azot konsantrasyonları %0 ve %1 yağ ilaveli toprak örneklerine kıyasla daha düşüktür. Artan yağ dozundan azot mekanizmalarının olumsuz etkilendiği düşünülmektedir.

Yukarıda değinilen hususlardan da görüldüğü gibi topraklara madeni yağların karışması sonucu doğal azot döngüsü (mineralizasyon, nitrifikasyon vb.) bu kirlilikten olumsuz yönde etkilenmektedir. Bitkiler için mutlak gerekli bir element olan azotun toprak içerisindeki form dönüşümü sürecinin etkilenmesi ile aynı ortamdaki ekosistem dengesinin de olumsuz yönde etkilenmesi olasıdır.

KAYNAKLAR

- Aldag, R., Kickuth, R. 1973.** Stickstoffverbindungen in Böden und Ihre Beziehung zur Humusdynamik, 1. Fraktionierung und Bilanzierung der Aminosucker und der Aminosäuren in den Ah-Horizonten einer Rendsina und vier Sauer-Braunerden des göttinger Waldes, Z. Pflanzenern. Bodenk., 136-202.
- Aldag, R. 1974.** Zur Bestimmung und Zuordnung des Echten Amidstickstoffs in Proteinen, Böden, Huminsäuren und Klarschlammen, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 20, 393-399.
- Aldag, R. 1978.** Anteile des mineralisch fixierten Ammoniums am Amid-Stickstoff in Bodenhydrolysaten, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 27, 293-302.
- Aldag, R., Meyer, B. 1979.** Boden Stickstoff-Gehalte und N-Fraktionen der Schwemmlandböden im Oberen Medjerda-Tal. Nordtunesien, im Bereich der INRAT-Station Ghardimaou Zur Dynamik des Produktions Faktors Boden-Stickstoff und Seiner Fraktionen bei Intensivem Beregnungsfeldbau, göttingen BRD, Publ.: Inst. Für Bodenkunde.
- Amadi, A., Abbey S.D., Nwa, A. 1996.** Chronic effects of oil spill on soil properties and microflora of a rainforest ecosystem in Nigeria. *Water Air Soil Pollut.* 86, 1-11.
- Anonymous 1996.** Land application of biosolids, process design manual. U.S. Environmental Protection Agency, Center For Environmental Research Information, Cincinnati, Ohio.
- Başkaya, H.S. 1980.** Ankara Yöresinde Farklı Ekim Nöbetleri Uygulanan Kahverengi Toprakta Azot Formlarının Profillerdeki Dağılımları. *Doçentlik Tezi*, Ankara Üniv. Ziraat Fak., 139, Ankara.
- Başkaya, H.S. 1987.** Topraktaki organik azot bileşikleri, belirlenmeleri ve bitkilere yararlılıkları, *Doğa TU Kim. Dergisi*.
- Baum, U. 1975.** Stickstoff-Mineralisation und Stickstoff-Fraktionen von Humusformen Unterschiedlicher Wald-Ökosysteme, Göttinger Bodenkundliche Berichte, 38, 1-96.
- Bossert, I., Bartha, R. 1984.** The fate of petroleum in soil ecosystem, in: Atlas, R.M. (Ed.), *Petroleum Microbiology*. Macmillan Co., New York, pp. 435-476.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S. 1982.** Nitrogen-Total. Methods Of Soil Analysis, Part 2. Chemical And Microbiological Properties. Agronomy Monograph No:9(2nd ed.) ASA-SSSA. Madison, Wisconsin. USA, p.595-622.
- Bremner, J.M. 1965.** Organic forms of nitrogen, methods of soil analysis, Madison-Wisconsin USA, American Society Of Agronomy, Inc. Publisher, 1238-1255.
- Bremner, J.M. 1967.** Nitrogenous compounds, Soil Biochemistry, New York-USA, Marcel Dekker Inc., 19-66.

- Chameau, C.H., Morel, J.L., Oudot, J. 1995.** Microbial degradation in soil microcosms of fuel oil hydrocarbons from drilling cuttings. *Environmental Science And Technology* 29, 1615–1621.
- Chaîneau, C.H., Morel, J.L. ve Oudot, J. 2000a.** Vertical infiltration of fuel oil hydrocarbons in an agricultural soil. *Toxicol. Environ. Chem.* 77, 111-124.
- Chaîneau, C.H., Yepremian, C., Vidalie, J.F., Ducreux, J., Ballerini, D. 2001.** 'bioremediation of a crude oil polluted soil: biodegradation leaching and toxicity assessments', *Water, Air and Soil Pollution* 144:419-440.
- Cohen, D.B., Webber, M.D., Bryant, D.N. 1979.** Land Application Of Chemical Sewage Sludge-Lysimeter Studies. In: Alexandre D, Ott H(Eds), First European Symposium Treatment And Use Of Sewage Sludge Proceedings, Cadarache, 108-138.
- Dindar, E. 2008.** Arıtma Çamuru Verilen Tarım Topraklarında Solucan Aktivitesinin Azot Formlarına ve Toprak Enzim Aktivitelerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Fine, P., Graber, E.R., Yaron, B. 1997.** Soil interactions with petroleum hydrocarbons: abiotic processes. *Soil Technol.* 10, 133-153.
- Fleige, H., Meyer, B., Scholz, H. 1971.** Bilanz und Umwandlung der Bindungs-Formen von Boden und Dünger-Stickstoff (N^{15}) in Einer Acker-Parabraunerde aus Löss, Göttinger Bodenkundliche Berichte, 18, 39-86.
- Fleige, H., Baumer, K. 1974.** Effect Of Zero-Tillage On Organic Carbon, Total Nitrogen And Distribution In Different N-Fractions In Loessial Soil, *Agro-Ecosystems*, 1, 19-29.
- Flora A.V., Covelo, E.F., Reigosa, M.J., Andrade, M.L. 2009.** Degradation of fuel oil in salt marsh soils affected by the Prestige oil spill', *Jour. of Hazard. Mater.* 166, 1020-1029.
- Jacqueline A.M., Esam, M.A., Hussein, E.J.W, 2007.** A non-intrusive neutron device for in situ detection of petroleum contamination in soil. *Elsevier*, (2007) 217-220.
- Kacar, B. 1994.** Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III. Toprak Analizleri. *A.Ü.Z.F. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları*, Yayın No:3, Ankara, S.268-270.
- Karaman, R., Brohi, A.R., Müftüoğlu, N.M., Öztaş, T., Zengin, M. 2007.** Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. *Koyulhisar Ziraat Odası Kültür Yayınları*. No:1.
- Katkat, A.V. 1994.** Bitki Besleme Ve Toprak Verimliliği, Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Notları :49.
- Keeney, R.D., Bremner, J.M. 1964.** Effect of Cultivation On The Nitrogen Distribution in Soils, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 28, 653-656.

- Keeney, D.R., Nelson, D.W. 1982.** Nitrogen-Inorganic Forms. Methods Of Soil Analysis, Part 2. Chemical And Microbiological Properties. Agronomy Monograph No:9(2nd ed.) ASA-SSSA. Madison, Wisconsin, USA, p 643-693.
- Kenneth S. D. 2007.** Current Events - Join us as we watch the crisis unfolding. Princeton University: Beyond Oil.
- Kocaer, F.O., Kemiksiz, A., Başkaya, H.S. 2003.** Arıtma Çamuru Uygulanmış Bir Topraktaki Organik Azotun Mineralizasyonu Üzerine Bir Araştırma, *Çev-Kor Dergisi*, 12-46.
- Li, Y., Gupta, G. 1994.** Adsorption/desorption of hydrocarbons on clay minerals. *Chemosphere* 28, 627-638.
- Mazur, T. 1972.** Hydrolyzable Nitrogen In Sandy Soils, *Soils And Fertilizers*, 35, 2799.
- Means, J.C., Wood, S.G., Hassett, J.J., Banwart, W.L. 1980.** Sorption of polynuclear hydrocarbons by sediments and soils. *Environ. Sci. Technol.* 14, 1524-1528.
- Mengel, K. 1996.** Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops, *Plants and Soil*, 181, 83-93.
- Oudot, J., Ambles, A., Bourgeois, S., Gatellier, C., Sebyera, N. 1989.** Hydrocarbon infiltration and biodegradation in a landfarming experiment. *Environ Pollut.*;59:17-40.
- Özbek, A.K. 2004.** Aşağı Pasinler ovası topraklarının toprak kalite indeks parametreleri bakımından değerlendirilmesi, DSİ 8. Bölge müdürlüğü 25100, Erzurum.
- Özbek, H. 1973.** Pirokatehin-Humin Asidinin Teşekkülüne Azotun Etkisi Ve Bu Asidin Azot Bağlama Özelliği Üzerinde Bir Araştırma, *Doçentlik Tezi*, Ankara Üniv., Ziraat Fak., 22.11.1967, Ankara, A.Ü.Z.F. Yayınları:516, Bilimsel Araş. ve İnc. 298, 41.
- Öztaş, T. 1997.** Toprak degradasyonu. *Ekoloji* 22, 31-33.
- Qing, L.S., Xiu, L.S., An, S.M., Yong, G.D. 2004.** Effects of long term application on physical and chemical properties of Gypsisols, *Geoderma*, 87, 123-135.
- Paul, E.A., Schmidt, E.L. 1960.** Extraction of free amino acids from soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 24, 195-198.
- Sabey, B.R. 1980.** The use of sewage sludge as a fertilizer. In: Bewick. MWM (Ed.) Handbook of organic waste conversion, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 72-104.
- Scheffer, F., Ulrich, B. 1960.** Lehrbuch der Agriculturchemie und Bodenkunde, Band III. Humus und Humusdüngung, Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag.
- Sowden, F.J., Ivarson, K.C. 1966.** The free amino acids of soil, Canada. *J. Soil Sci.*, 46, 109-144.
- Sowden, F.J. 1977.** Distribution of nitrogen in representative canadian soils, *Can. J. Soil Sci.*, 57, 445-456.

Stevenson, F.J. 1986. Cycles of soil. Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulphur and Micronutrients, Wiley, New York.

Ta,T.C., Paris, M.A., Dowall, F.D.H. 1989. Evaluation of ^{15}N methods to measure nitrogen tranfer from alfalfa to companion timothy. *Plant Soil* 114, 243-247.

Topaç, F.O., Başkaya, H.S. 2008. Evsel Nitelikli Arıtma amurlarının Bitki Besin Düzeylerinin Deęerlendirilmesinde Azot Formlarının Önemi. *Uludağ Üniv. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt13, Sayı 1.

Usta, S. 1983. Ankara Yöresi Buęday/Nadas Ekim Nöbeti Uygulanan Ve Ahır Gübresi Verilen Tarla Toprağında Azot Formlarının Tüm Ekim Nöbeti Periyodu Boyunca Dağılımları Üzerinde Bir Araştırma. *Doçentlik Tezi*, Ankara Üniv. Ziraat Fak., Ankara, TÜBİTAK TOAG-444, 152.

Ünal, H., Başkaya, H.S. 1981. Toprak Kimyası, Ankara, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 259, Ders Kitabı:218, Ankara Üniversitesi Basımevi.

EKLER

EK 1 İnkübasyon süresince belirlenen toplam azot formlarının konsantrasyonları

EK 2 İnkübasyon süresince belirlenen HO- azot formlarının konsantrasyonları

EK 3 T+Y+Ç serisinde HO- azot fraksiyonlarının HO- toplam azot fraksiyonu içerisindeki yüzde (%) dağılımı

EK 4 T+Y serisinde HO- azot fraksiyonlarının HO- toplam azot fraksiyonu içerisindeki yüzde (%) dağılımı

EK 5 T+Y+Ç serisinde HO- azot fraksiyonlarının toplam azot fraksiyonu içerisindeki yüzde (%) dağılımı

EK 6 T+Y serisinde HO- azot fraksiyonlarının toplam azot fraksiyonu içerisindeki
yüzde (%) dağılımı

EK 1. İnkübasyon süresince belirlenen toplam azot formlarının konsantrasyonları

T+Y+Ç SERİSİ

TOPLAM AZOT (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	1356	1356	1356	1356
1. ay	1222	1118	1004	1163
2. ay	1145	961	958	1020
3.ay	848	925	833	788

**KJELDAHL AZOTU
(mg/kg)**

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	1329	1329	1329	1329
1. ay	1001	930	931	1146
2. ay	872	780	922	1020
3.ay	602	746	782	781

NİTRAT AZOTU (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	27	27	27	27
1. ay	222	188	73	16
2. ay	272	180	37	0
3.ay	246	179	51	7

AMONYUM AZOTU (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	33	33	33	33
1. ay	155	149	151	150
2. ay	151	148	131	104
3.ay	116	145	145	117

T+Y SERİSİ

TOPLAM AZOT (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	696	696	696	696
1. ay	693	648	656	631
2. ay	680	607	589	540
3.ay	568	580	426	412

**KJELDAHL AZOTU
(mg/kg)**

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	672	672	672	672
1. ay	676	631	651	617
2. ay	635	600	583	533
3.ay	551	573	421	403

**NİTRAT AZOTU
(mg/kg)**

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	24	24	24	24
1. ay	17	17	4	14
2. ay	45	7	7	7
3.ay	17	7	5	9

AMONYUM AZOTU (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	24	24	24	24
1. ay	163	147	90	149
2. ay	169	155	163	164
3.ay	121	134	147	131

EK 2. İnkübasyon süresince belirlenen HO - azot formlarının konsantrasyonları

T+Y+Ç SERİSİ

HO- TOPLAM AZOT (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	1303	1303	1303	1303
1. ay	935	837	839	830
2. ay	816	791	638	570
3.ay	653	621	559	558

HO- AMİD AZOTU (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	338	338	338	338
1. ay	294	270	261	235
2. ay	190	198	170	257
3.ay	251	273	205	276

HO- AMİNO AZOTU (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	494	494	494	494
1. ay	346	386	339	346
2. ay	346	265	174	79
3.ay	206	92	103	69

HO- HEGSOZAMİN AZOTU (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	127	127	127	127
1. ay	121	128	108	111
2. ay	87	97	124	144
3.ay	93	113	92	121

HO-REST AZOT (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	344	344	344	344
1. ay	173	52	131	138
2. ay	194	231	170	89
3.ay	103	144	160	92

T+Y SERİSİ

HO- TOPLAM AZOT (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	657	657	657	657
1. ay	640	626	644	538
2. ay	556	597	556	516
3.ay	542	572	417	404

HO- AMİD AZOTU (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	176	176	176	176
1. ay	163	153	160	162
2. ay	175	163	176	188
3.ay	167	174	121	139

HO- AMİNO AZOTU(mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	259	259	259	259
1. ay	251	256	255	168
2. ay	162	203	183	139
3.ay	139	139	114	104

HO- HEGSOZAMİN AZOTU (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	90	90	90	90
1. ay	88	102	96	108
2. ay	149	109	47	91
3.ay	111	105	114	104

HO-REST AZOT (mg/kg)

	YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
ZAMAN	0	1	3	5
0. gün	133	133	133	133
1. ay	138	115	140	101
2. ay	71	122	149	98
3.ay	125	153	68	56

EK 3. T+Y+Ç serisinde HO-azot fraksiyonlarının HO-toplam azot fraksiyonu içerisindeki yüzde (%) dağılımı

		YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
		0	1	3	5
0. GÜN (mg/kg)	HO-AMİD N	338	338	338	338
	HO-AMİNO N	494	494	494	494
	HO-HEGZOZAMİN N	127	127	127	127
	HO-REST N	344	344	344	344
	HO-TOTAL N	1303	1303	1303	1303
1. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	294	270	261	235
	HO-AMİNO N	346	386	339	346
	HO-HEGZOZAMİN N	121	128	108	111
	HO-REST N	173	52	131	138
	HO-TOTAL N	935	837	839	830
2. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	190	198	170	257
	HO-AMİNO N	346	265	174	79
	HO-HEGZOZAMİN N	87	97	124	144
	HO-REST N	194	231	170	89
	HO-TOTAL N	816	791	638	570
3. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	251	273	205	276
	HO-AMİNO N	206	92	103	69
	HO-HEGZOZAMİN N	93	113	92	121
	HO-REST N	103	144	160	92
	HO-TOTAL N	653	621	559	558

		YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
		0	1	3	5
0. GÜN (%)	HO-AMİD N	26	26	26	26
	HO-AMİNO N	38	38	38	38
	HO-HEGZOZAMİN N	10	10	10	10
	HO-REST N	26	26	26	26
	HO-TOTAL N	100	100	100	100
1. AY (%)	HO-AMİD N	31	32	31	28
	HO-AMİNO N	37	46	40	42
	HO-HEGZOZAMİN N	13	15	13	13
	HO-REST N	19	6	16	17
	HO-TOTAL N	100	100	100	100
2. AY (%)	HO-AMİD N	23	25	27	45
	HO-AMİNO N	42	33	27	14
	HO-HEGZOZAMİN N	11	12	19	25
	HO-REST N	24	29	27	16
	HO-TOTAL N	100	100	100	100
3. AY (%)	HO-AMİD N	38	44	37	49
	HO-AMİNO N	32	15	18	12
	HO-HEGZOZAMİN N	14	18	16	22
	HO-REST N	16	23	29	17
	HO-TOTAL N	100	100	100	100

EK 4. T+Y serisinde HO- azot fraksiyonlarının HO-toplam azot fraksiyonu içerisindeki yüzde (%) dağılımı

		YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
		0	1	3	5
0. GÜN (mg/kg)	HO-AMİD N	176	176	176	176
	HO-AMİNO N	259	259	259	259
	HO-HEGZOZAMİN N	90	90	90	90
	HO-REST N	133	133	133	133
	HO-TOTAL N	657	657	657	657
1. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	163	153	160	162
	HO-AMİNO N	251	256	255	168
	HO-HEGZOZAMİN N	88	102	96	108
	HO-REST N	138	115	140	101
	HO-TOTAL N	640	626	644	538
2. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	175	163	176	188
	HO-AMİNO N	162	203	183	139
	HO-HEGZOZAMİN N	149	109	47	91
	HO-REST N	71	122	149	98
	HO-TOTAL N	556	597	556	516
3. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	167	174	121	139
	HO-AMİNO N	139	139	114	104
	HO-HEGZOZAMİN N	111	105	114	104
	HO-REST N	125	153	68	56
	HO-TOTAL N	542	572	417	404

		YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
		0	1	3	5
0. GÜN (%)	HO-AMİD N	27	27	27	27
	HO-AMİNO N	39	39	39	39
	HO-HEGZOZAMİN N	14	14	14	14
	HO-REST N	20	20	20	20
	HO-TOTAL N	100	100	100	100
1. AY (%)	HO-AMİD N	25	24	25	30
	HO-AMİNO N	39	41	40	31
	HO-HEGZOZAMİN N	14	16	15	20
	HO-REST N	22	18	22	19
	HO-TOTAL N	100	100	100	100
2. AY (%)	HO-AMİD N	31	27	32	36
	HO-AMİNO N	29	34	33	27
	HO-HEGZOZAMİN N	27	18	9	18
	HO-REST N	13	20	27	19
	HO-TOTAL N	100	100	100	100
3. AY (%)	HO-AMİD N	31	30	29	34
	HO-AMİNO N	26	24	27	26
	HO-HEGZOZAMİN N	21	18	27	26
	HO-REST N	23	27	16	14
	HO-TOTAL N	100	100	100	100

EK 5. T+Y+Ç serisinde HO- azot fraksiyonlarının toplam azot fraksiyonu içerisindeki yüzde (%) dağılımı

		YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
		0	1	3	5
0. GÜN (mg/kg)	HO-AMİD N	338	338	338	338
	HO-AMİNO N	494	494	494	494
	HO-HEGZOZAMİN N	127	127	127	127
	HO-REST N	344	344	344	344
	HO-TOTAL N	1303	1303	1303	1303
	TOTAL N	1356	1356	1356	1356
1. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	294	270	261	235
	HO-AMİNO N	346	386	339	346
	HO-HEGZOZAMİN N	121	128	108	111
	HO-REST N	173	52	131	138
	HO-TOTAL N	935	837	839	830
	TOTAL N	1222	1118	1004	1163
2. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	190	198	170	257
	HO-AMİNO N	346	265	174	79
	HO-HEGZOZAMİN N	87	97	124	144
	HO-REST N	194	231	170	89
	HO-TOTAL N	816	791	638	570
	TOTAL N	1145	961	958	1020
3. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	251	273	205	276
	HO-AMİNO N	206	92	103	69
	HO-HEGZOZAMİN N	93	113	92	121
	HO-REST N	103	144	160	92
	HO-TOTAL N	653	621	559	558
	TOTAL N	848	925	833	788

		YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
		0	1	3	5
0. GÜN (%)	HO-AMİD N	25	25	25	25
	HO-AMİNO N	36	36	36	36
	HO-HEGZOZAMİN N	9	9	9	9
	HO-REST N	25	25	25	25
	HO-TOTAL N	96	96	96	96
	TOTAL N	100	100	100	100
1. AY (%)	HO-AMİD N	24	24	26	20
	HO-AMİNO N	28	35	34	30
	HO-HEGZOZAMİN N	10	11	11	10
	HO-REST N	14	5	13	12
	HO-TOTAL N	76	75	84	71
	TOTAL N	100	100	100	100
2. AY (%)	HO-AMİD N	17	21	18	25
	HO-AMİNO N	30	28	18	8
	HO-HEGZOZAMİN N	8	10	13	14
	HO-REST N	17	24	18	9
	HO-TOTAL N	71	82	67	56
	TOTAL N	100	100	100	100
3. AY (%)	HO-AMİD N	30	29	25	35
	HO-AMİNO N	24	10	12	9
	HO-HEGZOZAMİN N	11	12	11	15
	HO-REST N	12	16	19	12
	HO-TOTAL N	77	67	67	71
	TOTAL N	100	100	100	100

EK 6. T+Y serisinde HO- azot fraksiyonlarının toplam azot fraksiyonu içerisindeki yüzde (%) dağılımı

0. GÜN (mg/kg)		YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
		0	1	3	5
0. GÜN (mg/kg)	HO-AMİD N	176	176	176	176
	HO-AMİNO N	259	259	259	259
	HO-HEGZOZAMİN N	90	90	90	90
	HO-REST N	133	133	133	133
	HO-TOTAL N	657	657	657	657
	TOTAL N	696	696	696	696
1. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	163	153	160	162
	HO-AMİNO N	251	256	255	168
	HO-HEGZOZAMİN N	88	102	96	108
	HO-REST N	138	115	140	101
	HO-TOTAL N	640	626	644	538
	TOTAL N	693	648	656	631
2. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	175	163	176	188
	HO-AMİNO N	162	203	183	139
	HO-HEGZOZAMİN N	149	109	47	91
	HO-REST N	71	122	149	98
	HO-TOTAL N	556	597	556	516
	TOTAL N	680	607	589	540
3. AY (mg/kg)	HO-AMİD N	167	174	121	139
	HO-AMİNO N	139	139	114	104
	HO-HEGZOZAMİN N	111	105	114	104
	HO-REST N	125	153	68	56
	HO-TOTAL N	542	572	417	404
	TOTAL N	568	580	426	412

0. GÜN (%)		YAĞ KİRLİLİK DOZU (%)			
		0	1	3	5
0. GÜN (%)	HO-AMİD N	25	25	25	25
	HO-AMİNO N	37	37	37	37
	HO-HEGZOZAMİN N	13	13	13	13
	HO-REST N	19	19	19	19
	HO-TOTAL N	94	94	94	94
	TOTAL N	100	100	100	100
1. AY (%)	HO-AMİD N	24	24	24	26
	HO-AMİNO N	36	39	39	27
	HO-HEGZOZAMİN N	13	16	15	17
	HO-REST N	20	18	21	16
	HO-TOTAL N	92	97	98	85
	TOTAL N	100	100	100	100
2. AY (%)	HO-AMİD N	26	27	30	35
	HO-AMİNO N	24	34	31	26
	HO-HEGZOZAMİN N	22	18	8	17
	HO-REST N	10	20	25	18
	HO-TOTAL N	82	98	94	96
	TOTAL N	100	100	100	100
3. AY (%)	HO-AMİD N	29	30	28	34
	HO-AMİNO N	24	24	27	25
	HO-HEGZOZAMİN N	20	18	27	25
	HO-REST N	22	26	16	14
	HO-TOTAL N	95	99	98	98
	TOTAL N	100	100	100	100

ÖZGEÇMİŞ

Adı soyadı	: Neşe ŞEN
Doğum Yeri ve Tarihi	: Kırcaali, 11-11-1985
Yabancı Dili	: İngilizce
Eğitim Durumu	
Lise	: Bursa Erkek Lisesi (1999-2003)
Lisans	: Uludağ Üniversitesi (2003-2008)
Yüksek Lisans	: Uludağ Üniversitesi (2009-2012)
Çalıştığı Kurum	: CE Kılıçlar Ltd. Şti. (2009-2012)
İletişim	: neshesen@gmail.com