



**FARKLI TİP ORGANOMİNERAL GÜBRELERİN İÇERİKLERİNİN
BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sacide GİRAYHAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2025

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sacide GİRAYHAN

17/01/2025

FARKLI TİP ORGANOMİNERAL GÜBRELERİN İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Sacide GİRAYHAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2025

ÖZET

Günümüzde çoğalan insan nüfusu için gıda ihtiyacını karşılamak büyük bir sorun olup tarımsal faaliyetlerde gübre kullanımı günden güne artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için klasik gübrelere alternatif olarak yeni nesil sürdürülebilir gübre çeşitleri oluşturulmakta ve kullanımlarının yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Bu çalışmada yeni nesil gübre çeşitlerinden biri olan 38 farklı ithal organomineral gübre analiz edilmiştir. İnceleme, Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik çerçevesinde gerçekleştirilmiş; bitki besin maddesi içerikleri ve ağır metal seviyeleri değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda, gübrelerin büyük bir kısmının yönetmelik kriterlerine uygun olduğu tespit edilmiştir. Ancak bir ürün organik madde içeriği açısından (%3,9) belirtilen minimum değeri karşılayamamıştır. Ağır metaller açısından, bir gübrenin kadmiyum seviyesi yönetmelik sınırını aşmış (13.5 mg/kg), çinko seviyesi ise bir üründe sınır değere oldukça yakın bir sonuç vermiştir. Diğer ağır metallerin tümü (Cu, Ni, Cr, Hg, Pb) mevzuat limitlerinin altında kalmıştır. İlişki analizlerinde organik madde ile organik azot ve toplam azot ile diğer azot formları arasında anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Ayrıca, suda çözünür K₂O ile pH arasında ($r=0.644$, $p=0.018$) güçlü pozitif bir ilişki görülmüştür ve suda çözünür K₂O ile amonyum azotu arasında ($r=-0.968$, $p=0.007$) güçlü negatif ilişki görülmüştür. Çalışma sonuçlarının gübre üreticilerine, kullanıcıları ve bu konuda inovasyon faaliyetleri yürüten kuruluşlara katkı sağlaması beklenmektedir.

Bilim Kodu : 93008
Anahtar Kelimeler : Organomineral gübre, bitki besin maddesi, ağır metal, sürdürülebilir tarım
Sayfa Adedi : 45
Danışman : Doç. Dr. Sedat SÜRDEM

DETERMINATION AND EVALUATION OF THE CONTENTS OF DIFFERENT ORGANOMINERAL FERTILIZERS

(M. Sc. Thesis)

Sacide GİRAYHAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2025

ABSTRACT

Meeting the food demand for the growing global population poses a significant challenge, leading to an increasing use of fertilizers in agricultural practices. To address this demand, sustainable alternatives to conventional fertilizers are being developed, with efforts to promote their widespread adoption. In this study, 38 different imported organomineral fertilizers, classified as new-generation fertilizers, were analyzed. The examination was conducted in accordance with the Regulation on Fertilizers Used in Agriculture Derived from Organic, Mineral, and Microbial Sources, evaluating both plant nutrient contents and heavy metal levels. The analysis revealed that the majority of the fertilizers met the regulatory criteria. However, one product failed to meet the minimum specified value for organic matter content (3.9%) compared to the required threshold. Regarding heavy metals, the cadmium level of one fertilizer exceeded the regulatory limit (13.5 mg/kg), while the zinc content in another fertilizer was close to the maximum permissible limit. All other heavy metals (Cu, Ni, Cr, Hg, Pb) remained below the specified limits. Correlation analyses identified significant relationships between organic matter and organic nitrogen, as well as between total nitrogen and other nitrogen forms. Furthermore, a strong positive correlation was observed between water-soluble K₂O and pH ($r=0.644$, $p=0.018$), while a strong negative correlation was found between water-soluble K₂O and ammonium nitrogen ($r=-0.968$, $p=0.007$). The findings of this study are expected to contribute valuable insights to fertilizer manufacturers, users, and organizations engaged in innovation activities in this field.

Science Code : 93008

Key Words : Organomineral fertilizer, plant nutrient, heavy metal, sustainable agriculture

Page Number : 45

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Sedat SÜRDEM

TEŞEKKÜR

Öncelikle eğitim hayatım boyunca yanımda olan ve beni destekleyen sevgi dolu aileme ve eşime minnettarlığımı ifade etmek isterim. Yüksek lisans tezimi bitirmemi mümkün kılan ve tüm süreci benim için takip edip yönlendiren danışmanım Doç. Dr. Sedat SÜRDEM'e ve danışman hocamla yollarımızı kesiştiren Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Aysel Çağlan ÖNAL'a en büyük şükranlarımı sunmak isterim. Ayrıca yüksek lisans eğitimimde yanımda olan çalıştığım kurum Türk Standardları Enstitüsü'ne, amirlerime ve beni destekleyen arkadaşlarım TSE Uzmanı İlknur ÖZÇAKIROĞLU'na ve TSE Uzmanı Tuğçe Ulaş DOKUZPARMAK'a teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	5
2.1. Gübre Tanımı ve Genel Bakış.....	5
2.2. Bitki Besin Maddesi Tanımı ve Türleri	6
2.3. Gübre Çeşitleri	10
2.4. Doğru Gübre Seçimi ve Önemi.....	12
2.5. Gübrede Ağır Metal ve İçeriği	13
2.6. Türkiye’de Gübre Düzenlemeleri.....	14
2.7. Türkiye’de Gübre İthalatı.....	16
2.8. Organomineral Gübre Tanımı ve Çeşitleri.....	16
2.9. Organomineral Gübrelerin Sürdürülebilir Tarıma Katkıları	17
2.10. Organomineral Gübrerin Bazı Hususlarda Dezavantajları.....	18
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	19
3.1. Materyal	19
3.2. Analiz Yöntemleri.....	19
3.2.1. pH tayini.....	19
3.2.2. Toplam azot tayini.....	19

	Sayfa
3.2.3. Toplam fosfor (P ₂ O ₅) tayini	21
3.2.4. Suda çözümlü K ₂ O tayini.....	21
3.2.5. Kimyevi katkılı organik materyallerde organik madde tayini	22
3.2.6. Organik gübrede ve ikincil ve/veya iz element katkılı OMG gübrede organik madde tayini	22
3.2.7. Ağır metal analizi	23
4. BULGULAR	25
4.1. Organomineral Gübrelerin Bitki Besin Maddesi İçerikleri.....	25
4.2. Normallik Testi	28
4.3. ANOVA Testi	30
4.4. Korelasyon İlişkisi	30
4.5. Ağır Metal Analiz Sonuçları	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	45

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. BBM sınıfları	7
Çizelge 2.2. Genel gübre çeşitleri ve kaynakları	12
Çizelge 2.3. Ağır metal sınır değerleri	14
Çizelge 2.4. Organomineral gübre çeşitleri	17
Çizelge 3.1. Analiz yöntemleri	23
Çizelge 4.1. NK'li organomineral gübre bitki besin maddesi içerikleri	25
Çizelge 4.2. NP'li organomineral gübre bitki besin maddesi içerikleri	26
Çizelge 4.3. N'li organomineral gübre bitki besin maddesi içerikleri	26
Çizelge 4.4. NPK'li organomineral gübre bitki besin maddesi içerikleri	27
Çizelge 4.5. İE'li organomineral gübre bitki besin maddesi içerikleri	28
Çizelge 4.6. Normallik testi	28
Çizelge 4.7. Organik madde analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi	31
Çizelge 4.8. Toplam azot analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi	31
Çizelge 4.9. Organik azot analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi	32
Çizelge 4.10. Toplam P ₂ O ₅ analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi	32
Çizelge 4.11. Suda çözünen K ₂ O analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi	33
Çizelge 4.12. Amonyum azotu analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi	33
Çizelge 4.13. Ağır metal konsantrasyonları	34

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. 2010-2019 yılları arasında Türkiye’de kimyevi gübre üretim ve tüketim miktarları.....	16
Şekil 3.1. Kjedahl yöntemi temel aşamaları	20



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

g	gram
kg/da	dekar başına kilogram
t/ha	hektar başına ton
mg/kg	kilogram başına miligram
ml	mililitre

Kısaltmalar

Açıklamalar

ANOVA	Varyans Analizi
AR-GE	Araştırma-Geliştirme
BBM	Bitki Besin Maddesi
CE	Conformité Européenne
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
OMG	Organomineral Gübre
TOC	Toplam Organik Karbon
TSE	Türk Standardları Enstitüsü

1. GİRİŞ

Tüm canlı organizmalar, büyümeleri ve metabolik faaliyetleri için besinlere ihtiyaç duyar. Bu ihtiyaçların büyük bir kısmı bitkiler aracılığıyla karşılanır. Bitkiler de büyüme ve gelişme süreçlerinde temel besin maddelerine gereksinim duyar. Bu nedenle, toprağın bitkiler için yeterli miktarda makro ve mikro besin maddelerini sağlayacak kadar verimli olması gerekir. Ancak, toprak her zaman bu yeterliliği sağlayamadığından, ek bir besin kaynağına ihtiyaç duyulur. Bu noktada gübreler devreye girer ve bitkilerin daha iyi büyümesini, daha yüksek verim elde etmesini destekleyen önemli bir bitki besin kaynağı olarak işlev görür. Tarım yönetimi büyük ölçüde gübre kullanımına bağlıdır (Lamma, 2018). Mevcut tarımsal ortamda yüksek üretim seviyelerine ulaşmak ve toprak kalitesini artırmak için yeni teknolojiler ve alternatiflerin geliştirilmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir tarımı desteklemek için daha yüksek üretim sağlayan ve besin maddelerinin daha verimli kullanılmasını mümkün kılan sistemlerin benimsenmesi giderek daha büyük bir önem kazanmaktadır. Ancak, modern tarım uygulamalarındaki gelişmelere rağmen küresel tarım sektörünün büyük bir kısmı hâlâ geleneksel yöntemleri kullanmaktadır. Bu durum, sürdürülebilirlik ve verimlilik sorunlarına yol açmaktadır (Abdulraheem ve diğerleri, 2023).

Organomineral gübreler, sürdürülebilir tarımı destekleyen önemli alternatiflerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu gübreler, organik ve mineral bileşenleri bir araya getirerek yeni bir gübre formülasyonu sunar. Organomineral gübre kullanımının birçok avantajına rağmen, yaygınlaşması istenen seviyeye ulaşamamıştır. Bunun başlıca nedenleri arasında yetersiz bilgi, erişilebilirlik sorunları ve yüksek maliyet yer almaktadır. Ancak, çevre bilincinin gelişmesi ve çiftçilere yönelik artan destekler ile organomineral gübre kullanımının önümüzdeki yıllarda yaygınlaşması beklenmektedir.

Gübre kullanımının artmasıyla birlikte çevreye etkileri, verimlilikleri ve içerikleri üzerine yapılan araştırmalar da giderek artmaktadır. Gübrelerde bulunan ağır metal içeriklerine yönelik Uday ve diğerleri (2023), kimyasal gübrelerde bulunan ağır metallerin kaynağını ve bu metallerin toprak sistemine nasıl dahil olduğunu detaylı bir şekilde incelemiştir. Çalışmalarında, farklı gübre türlerinde ağır metal (As, Cd, Cu, Co, Ni, Pb) içeriklerinin değişkenlik gösterdiğini belirlemiş ve özellikle azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) içeren gübrelerin hammaddelerinden kaynaklanan ağır metal birikimlerini araştırmıştır. Yanardağ

(2022), Şanlıurfa bölgesinde yaptığı çalışmada, kontrolsüz gübre kullanımının toprakta ağır metal birikimine neden olduğunu ortaya koymuş ve bu durumun tarımsal sürdürülebilirlik açısından olumsuz etkilerini analiz etmiştir. Pekcan ve Çokuysal (2022), irrigasyon sistemlerinde kullanılan sıvı organomineral ve organik gübrelerin, 28956 sayılı “Gübrelerin Piyasaya Gözetimi ve Denetimi Yönetmeliği”ne uygunluğunu değerlendirmiş ve çeşitli ürünlerde ağır metal içeriklerini analiz etmiştir. Köleli ve Kantar (2005), fosfat kayalarının kimyasal bileşimini inceleyerek fosforlu gübrelerin ağır metal içeriklerini karşılaştırmış ve bu gübrelerin tarımsal topraklardaki metal yüküne etkisini ortaya koymuştur.

Organomineral gübre kullanımının çevresel etkileri üzerine yapılan araştırmalarda, Abdulraheem ve diğerleri (2023), OMG kullanımının tarımsal üretimdeki rolünü kimyasal ve organik gübrelerle karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Çalışmada, organomineral gübrelerin kimyasal gübre kullanımını nasıl azalttığı, topraktaki organik madde miktarı, besin içeriği ve katyon değişim kapasitesi üzerindeki etkileri detaylandırılmıştır. Toprak ve Seferoğlu (2023), Güneybatı Türkiye’nin ekolojik koşullarında yürüttükleri çalışmada, dört farklı seviyede sığır gübresi ve dört farklı fosfor dozu kullanarak organomineral gübre kombinasyonlarının toprak özellikleri üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde analiz etmiştir. Li ve diğerleri (2022), OMG kullanımının rizosfer mikrobiyal çeşitlilik üzerindeki etkilerini inceleyerek, farklı gübreleme yöntemlerinin toprak mikrobiyotası üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Bitki verimi üzerindeki etkilerine dair çalışmalarda, Audu ve Ipinoyi (2015), Nijerya’nın Sudan Savanası bölgesinde OMG’lerin toprak kimyasal özellikleri ve pirinç yetiştirme performansı üzerindeki etkisini belirlemek için deneyler yapmıştır. Dört farklı konsantrasyonda uygulanan organomineral gübrelerin toprak pH’ı, toplam azot seviyesi ve bitki büyümesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Olaniyi ve diğerleri (2009), OMG kullanımının salatalık büyümesi, verimi ve mineral besin alımı üzerindeki etkilerini araştırarak, farklı dozajlarda uygulanan organomineral gübrelerin bitki gelişimine katkısını analiz etmiştir. Palalı (2021), Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde organomineral gübrelerin ayçiçeği üretimi üzerindeki etkisini kapsamlı bir şekilde değerlendirmiş, farklı dozlarda uygulanan OMG’nin ayçiçeği çeşitlerine olan etkilerini incelemiştir. Sakarya (2023), kimyasal ve organomineral gübrelerin farklı dozlarda uygulanmasının fasulye bitkisi üzerindeki etkilerini araştırmış ve bitki büyümesi ile verim arasındaki ilişkileri belirlemiştir. Samuel ve diğerleri (2017), Nijerya’daki farklı tarım alanlarında organomineral ve kimyasal

gübrelerin mısır üretimine etkilerini inceleyerek, bu gübrelerin bitki besin alımı, büyüme ve verim parametreleri üzerindeki rollerini değerlendirmiştir.

Bu tez çalışmasında, ithal edilen farklı türdeki organomineral gübrelerin içerik analizi ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın temel amacı, yerli organomineral gübre üreticileri ve kullanıcıları için önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktır. Ayrıca, araştırma ve geliştirme faaliyetlerini desteklemek, inovasyonu teşvik etmek, tarımsal verimliliği artırmak, maliyet etkin seçimlerin yapılmasını sağlamak ve çevre dostu gübreleme yaklaşımlarını yaygınlaştırmak hedeflenmektedir.





2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Gübre Tanımı ve Genel Bakış

Gübre, bitkilere besin sağlamak için kullanılan kimyasal veya doğal madde veya materyaldir. Genellikle toprağa uygulanır, ancak yapraklara veya pirinç sistemlerinde suya, fertigasyon (damla sulama ile gübreleme), hidroponik (topraksız tarımda gübreleme) veya su ürünleri yetiştiriciliği işlemleri aracılığıyla da uygulanabilir. Kimyasal ve mineral gübreler, hayvan gübreleri ve kompost gibi organik gübreler ile atık su, kanalizasyon çamuru, çözelti ve diğer işlenmiş atıklar gibi geri dönüşümlü besin kaynakları gibi çeşitli besin türleri ve kaynakları olabilirler (FAO, 2019).

Organik gübreler, bitki besin maddelerini bünyesinde organik bileşikler halinde bulunduran, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirerek, bitki besin maddelerinin faydalarını artıran ve bitki tarafından alımını kolaylaştıran, bitkisel ve/veya hayvansal kökenli atık ve/veya artıklardan elde edilen ürünlerdir. Organomineral gübreler ise organik muhtevaya sahip olan ve/veya organik gübrelerin bir veya birden fazla birincil, ikincil ya da mikro bitki besin maddeleri ile karışımı veya reaksiyonu sonucunda elde edilen ürünler olarak tanımlanmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

Gübre kullanımının tarihte başlangıç noktası için farklı görüşler belirtilmiş olsa da tarım devriminin başlangıç dönemi ile ilişkin olduğu düşünülmektedir. Bu da tarım için uygun iklim koşullarının olduğu dönem olarak bilinen yaklaşık 9 ile 12 bin yıl öncesidir (Grinin, 2007). İnsanlar iklim koşulları ve sulamanın ürün verimi üzerinde etkisini gözlemledikten sonra hayvan dışkısının yani gübrenin da olumlu etkilerini gözleme fırsatı bulmuştur. Ancak doğal gübreleme süreçlerinin kimyasal olarak üretimine geçilmesi çok uzun yıllar sonra gerçekleşmiştir. Kimyasal süreçlerle üretilen ilk gübre, 19. yüzyılın başlarında kemiklerin sülfürik asit ile işlenmesi ile üretilen süper fosfattır. Kısa sürede, fosfat kayaları, fosfor kaynağı olarak kemiklerin yerini almıştır. Potasyum gübre endüstrisi ise Almanya'da 1861'de başlamış ve Yeni Meksika yataklarının ve 1958'de Saskatchewan yataklarının geliştirilmesiyle genişlemiştir. İlk sentetik azot gübresi ise 1903 yılında elektrik arki süreciyle üretilen kalsiyum nitrat olmuştur. Sentetik amonyağın 1913'ten sonra kullanılabilir hale gelmesiyle azotlu gübrelerden olan üre gibi gübrelerin üretimi ve kullanımı

yaygınlaşmıştır (Darrell ve diğeri, 1977). Ülkemiz, dünyada tarımın ilk yapıldığı yerlerden biri olmasına rağmen kimyasal gübre üretimine geç başlamıştır. İlk kimyasal gübre üretimi 1939 yılında Türkiye Demir ve Çelik İşletmeleri Karabük tesislerinde amonyum sülfat ile başlamış, 1944 yılında süper fosfat üretimine geçilmiştir. 1954 yılında, İskenderun-Sarıseki'de Gübre Fabrikaları T.A.Ş. tarafından kurulan süper fosfat fabrikası, ülkemizde kurulan ilk gübre fabrikasıdır. 1961'de Kütahya'da Türkiye Gübre Sanayi A.Ş. tarafından amonyum sülfat ve amonyum nitrat üretilmiş, aynı yıl İzmit-Yarımcı'da süper fosfat fabrikası faaliyete geçmiştir. 1970'li yıllarda kimyasal gübrelerin önemi artmış ve gübre üretimi hız kazanmıştır. 1972'de Akdeniz Gübre, 1976'da Petrokimya, 1977'de Ege Gübre, 1980'de Bandırma Gübre Fabrikası A.Ş. ve 1981'de Toros Gübre kimyasal gübre üretimine başlamıştır (Taşlıgil ve Şahin, 2012).

Organik gübrelerin ticari olarak işlenmesi ve pazarlanması 19. yüzyılda başlamıştır. Bu döneme kadar sığır, koyun ve tavuk gibi hayvanların dışkıları organik gübre olarak kullanılmıştır. Bitkisel atıkların ve hayvansal atıkların bir araya getirilerek doğal yollarla ayrışması sonucu elde edilen kompost, organik gübre olarak önemli bir yer tutmaktadır. Kompost, özellikle 20. yüzyılın ortalarından itibaren ticari olarak üretilmeye başlanmıştır. 20. yüzyılın sonlarına doğru, çevresel sorunların artmasıyla birlikte, sürdürülebilirlik kavramı daha belirgin hale gelmiştir ve tarım yönetiminde organik tarım ve gübreye olan talep ve teşvikler artmıştır (Britannica). Yıllar içinde toprak verimliliğini ve bitki beslenmesini sürdürülebilir bir şekilde artırmak için gübreler, kompostlar, örtü bitkileri ve zeytin değirmeni atık suyu gibi materyallerin kullanımını içermiştir. Organik gübre üretimindeki yenilikler, organik asitler, peptitler ve azot, fosfor ve potasyum gibi temel besin maddeleri açısından zengin bileşimlerin oluşturulmasına yol açmış zamanla ürün çeşitliliği artmıştır (Kocagöz, 2022).

2.2. Bitki Besin Maddesi Tanımı ve Türleri

30341 sayılı Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik'e göre bitki besin maddesi "Bitkilerin beslenmesi için gerekli olan azot, fosfor ve potasyum gibi birincil, kalsiyum, magnezyum, kükürt ve sodyum gibi ikincil, demir, çinko, bakır, mangan, bor, molibden ve kobalt gibi üçüncül bitki besin maddeleri olarak da adlandırılan iz veya mikro elementleri." olarak tanımlanmıştır. Bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyüyüp gelişmesi için en az 17 farklı besin elementine ihtiyaç duyduğu belirtilmektedir

(Fageria, 2009). Bu elementlerden hidrojen, karbon ve oksijen temel bileşenler olarak ön plana çıkmaktadır. Zorunlu bitki besin elementleri, bitkinin yaşamını devam ettirebilmesi için mutlaka bulunması gereken, başka elementlerle yerleri doldurulamayan ve doğrudan bitki metabolizmasında görev alan elementlerdir. Bu bağlamda, Çizelge 2.1'de yer alan tüm elementler zorunlu besin elementleri arasında kabul edilmektedir. Bununla birlikte, bitkilerin yapısında belirli oranlarda bulunmasına rağmen büyüme ve gelişme süreçleri için mutlaka gerekli olmayan sodyum (Na), kobalt (Co) ve silisyum (Si) gibi elementlerin de varlığı bilinmektedir (Fageria, 2009). Öte yandan, Kacar ve Katkat (2010), bu üç elementi de zorunlu elementler arasında değerlendirerek bitki gelişimi için toplamda 20 elementin gerekli olduğunu ifade etmektedir. Bitki besin elementlerinin sınıflandırılması ve tanımlamaları, bu alanda yapılan çalışmaların ilerlemesiyle birlikte değişmeye devam etmektedir.

Çizelge 2.1. BBM sınıfları (Kacar ve Katkat, 2010)

Organik Maddede Bulunan Temel Elementler	Besin Elementleri			
	Makro Besin Elementleri		Mikro Besin Elementleri	Diğer Besinler
	Birincil Elementleri	Makro Besin Elementleri		
C	N	S	B	Co
H	P	Ca	Cl	Ni
O	K	Mg	Mo	Si
			Cu	Na
			Fe	Va
			Mn	
			Zn	

Karbon (C): Bitkiler tarafından atmosferden CO₂ olarak alınır ve karbonhidratlar, proteinler, yağlar gibi organik bileşiklerin temel yapıtaşdır. Fotosentez için gerekli bir besin elementidir (Begon ve diğerleri, 2006).

Hidrojen (H): Sudan H₂O formunda alınır ve bitki metabolizmasında önemli rol oynar. İyon dengesi ve enerji transferinde kritik bir görevi vardır.

Oksijen (O): Havadan ve sudan O₂ ve H₂O formlarında alınır. Karbon gibi tüm organik bileşiklerde yer alır ve solunum için gereklidir. Hayvanlar ve bitkiler için temel bir elementtir (Begon ve diğerleri, 2006).

Azot (N): Su ile birlikte bitkilerde en çok eksikliği hissedilen besin elementlerinden biridir ve bu nedenle bitki büyümesini doğrudan etkileyen temel bir element olarak öne çıkar. Toprakta doğal olarak azot bileşikleri bulunmaz; ana kaynağı atmosferdir. Ayrıca hidrosferde ve canlı organizmalarda da kayda değer miktarda azot yer alır. Topraklardaki azotun ana deposu organik madde olup, bu maddelerin parçalanması sonucu bitkiler azottan faydalanabilir. Dünya topraklarının çoğunda azot eksikliği yaygındır ve organik madde miktarının düşük olduğu ülkemiz toprakları da azot açısından fakirdir. Azot, amino asitler, proteinler, nükleik asitler, klorofil, enzimler ve ATP gibi pek çok önemli bileşiğin yapısında yer alır. Ayrıca bitkilerde gerçekleşen biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerde temel bir rol oynar. Özellikle klorofil ve protein sentezi, hücre duvarı oluşumu, kök solunumu, çiçeklenme, meyve ve tohum olgunlaşması gibi aşamalarda hayati bir görev üstlenir (Fageria, 2009; Kantarcı, 2000).

Fosfor (P): Topraktaki fosforun kaynağı apatit mineralidir ve bazik magmatik kayalarda fosfor oranı daha yüksektir. Kaya ve minerallerin parçalanması ile açığa çıkan fosfor bitkiler tarafından alınabilir. Organik maddenin de fosfor içermesi nedeniyle toprakta organik fosfor bileşikleri bulunur. Fosfor, ATP, şekerler ve nükleik asitlerin yapısında bulunduğundan bitkiler için hayati önemdedir. Hücre bölünmesi, enerji transferi, kök gelişimi ve çiçeklenme için önemlidir (Aktaş ve Ateş, 1998).

Potasyum (K): Potasyum içeren minerallerin (feldispatlar, mikalar) parçalanması ve kil mineralleri aracılığıyla oluşur. Potasyum, bitkide enzim aktivasyonu, fotosentez, protein ve nişasta oluşumu gibi birçok süreçte rol oynar. Su dengesini düzenleyerek kuraklığa ve dona karşı dayanıklılığı artırır, hastalıklara karşı direnç sağlar, kök gelişimini destekler ve tohum olgunlaşmasını teşvik eder (Kacar ve Katkat, 2010).

Kükürt (S): Bitkiler, hayvanlar ve insanlar için gerekli bir besin elementidir ve toprakta pirit, anhidrit ve jips gibi minerallerde bulunur. Atmosferden de bir miktar kükürt toprağa yağışlarla ulaşır. Kükürt, toprakta organik ve inorganik formlarda yer alır ve özellikle organik maddelerde yoğun bulunur. Sistein, sistin ve metionin gibi aminoasitlerin yapısında bulunduğundan protein sentezi ve klorofil oluşumu için önemlidir (Boşgelmez ve diğerleri, 2001).

Kalsiyum (Ca): En çok kullanılan üçüncü bitki besin elementidir ve bitki hücre duvarının önemli bir bileşenidir, bu nedenle hücre yapısını güçlendirir. Anortit, plajyoklas, piroksen, apatit, kalsit ve dolomit gibi mineraller toprağın kalsiyum kaynaklarıdır. Bu minerallerin parçalanmasıyla serbest hale gelen kalsiyum iyonları, toprağın yapısını iyileştirerek ürün verimini artırır ve pH'ı düzenler. Ayrıca kalsiyum, bitki kök salgıları üzerinde etkili olup, donma-çözülme stresine karşı koruma sağlar ve hastalıklara karşı dayanıklılığı artırır. Protein sentezi ve karbonhidrat taşınmasında da önemli rol oynar (Boşgelmez ve diğerleri, 2001).

Magnezyum (Mg): Magnezyum, biyotit, ojit, dolomit, serpantin ve klorit gibi minerallerden gelen bir elementtir ve toprakta mineral bileşimine göre farklı formlarda bulunur. Ayrıca deniz ve tuzlu göllerde klorür veya sülfat formunda bulunur. Topraktaki magnezyum suda çözülebilir, değişebilir ve değişemez formlarda olup, bu formlar arasında bir denge vardır.

Magnezyum, klorofilin merkez atomu olarak fotosentezde hayati bir rol oynar ve ATP üretiminde yardımcı bir faktördür. Karbondioksit asimilasyonunu ve şeker, nişasta gibi ürünlerin miktarını olumlu etkiler. Ayrıca protein sentezinde ve birçok enzimin aktivasyonunda görev alır. Özellikle fosfor gibi diğer elementlerin alımını destekleyerek bitki metabolizmasında önemli bir rol üstlenir (Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez ve diğerleri, 2001)

Mikro Besinler, bitkilerin daha az miktarda ihtiyaç duyduğu ancak hayati öneme sahip elementlerdir. Demir (Fe); Klorofil sentezi ve enzim işlevleri için gereklidir, Mangan (Mn); Fotosentez ve azot metabolizmasında rol oynar, Çinko (Zn); Enzim aktiviteleri ve protein sentezi için önemlidir, Bakır (Cu); Fotosentez ve solunumda görev alır, Bor (B): Hücre duvarı oluşumu ve üreme büyümesi için gereklidir, Molibden (Mo); Baklagillerde azot fiksasyonu için kritik öneme sahiptir. Diğer Besinler; kobalt, nikel, silikon, sodyum ve vanadyum gibi ek besinlere de ihtiyaç duyabilir. Ancak bu besinler her bitki için gerekli değildir (Provin ve McFarland, 2023).

Bitkiler, besin maddelerini genellikle kökleri aracılığıyla iyonik formlar halinde alırlar. Örneğin, azotu nitrat iyonu (NO_3^-) ve amonyum iyonu (NH_4^+) formunda; fosforu dihidrojen fosfat iyonu (H_2PO_4^-) formunda; potasyumu potasyum iyonu (K^+) formunda; kalsiyumu kalsiyum iyonu (Ca^{2+}) formunda; magnezyumu magnezyum iyonu (Mg^{2+}) formunda;

kükürdü ise sülfat iyonu (SO_4^{2-}) formunda alırlar. Bu alım işlemi, toprağın yapısı, pH seviyeleri ve organik madde miktarı gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Bitkiler için doğru besin dengesini sağlamak, optimal büyüme ve verimlilik için kritik öneme sahiptir. Besin eksiklikleri, cılız büyüme, düşük verim ve hastalıklara karşı duyarlılık gibi problemlere yol açabilir. Uygun gübreleme stratejileri, bitkilerin büyüme döngüleri boyunca gerekli besinleri almasını sağlayarak sağlıklı bir gelişim sürecine katkıda bulunur (Kacar ve Katkat, 2010).

2.3. Gübre Çeşitleri

Organik gübreler, bitki ve hayvanlardan elde edilen tamamen doğal gübrelerdir. Bitki büyümesi için gerekli olan karbonik molekülleri sağlayarak toprağı iyileştirir. Organik gübreler, toprağın fiziksel ve kimyasal bileşimini değiştirir, topraktaki organik madde miktarını artırır ve mikrobiyal çoğalmayı teşvik eder (Brady ve Weil, 2008). Farklı türde organik gübreler, farklı kaynaklardan elde edilir. Büyükbaş ve kümes hayvanlarının gübreleri ile et işleme yan ürünlerini içeren hayvansal kaynaklı gübreler; kompost, yeşil gübre ve bitki artıklarından oluşan bitkisel kaynaklı gübreler; sıvı bitki gübreleri, humik asit ve deniz yosunu ekstraktlarını içeren işlenmiş organik gübreler vardır. Ayrıca, bitki materyallerinin yanması sonucu elde edilen mineral ve kül kaynaklı organik gübre türü ve arıtılmış kanalizasyon çamurlarından oluşan biyosolidler kaynaklı gübreler de mevcuttur.

Kimyasal gübreler, organik madde içermeyen ve sentetik bileşiklerden üretilen gübrelerdir. Bu gübreler genellikle bitkilerin gelişimi için gerekli olan temel besin elementlerini içerir. İnorganik gübreler, özellikle azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi temel makro besinleri sağlayarak bitki büyümesini teşvik eder (Brady ve Weil, 2008). Azotlu Gübreler; özellikle yapraklı sebzeler ve tahıllar için bitki büyümesi açısından hayati önem taşır. Bu gübreler şu şekilde alt kategorilere ayrılabilir. Nitratlı Gübreler; azotu nitrat formunda içerir, suda kolay çözünür ve bitkiler için hızlıca kullanılabilir. Örnekler arasında sodyum nitrat ve kalsiyum nitrat yer alır. Amonyaklı Gübreler; azotu amonyum formunda sağlar, suda yıkanmaya karşı dirençlidir ve su basmış koşullar için uygundur. Yaygın örnekler amonyum sülfat ve amonyum klorürdür. Amonyak-Nitrat Gübreler; hem amonyum hem de nitrat formunu bir arada sunar, amonyum nitrat ve kalsiyum amonyum nitrat bu kategoriye girer. Amid Gübreler; toprakta hızla çözünerek azot sağlarlar, üre bilinen bir örnektir. Fosfatlı gübreler, fosforun çoğu toprakta eksik olan temel bir besin maddesi olması nedeniyle bitki gelişimi için önemlidir. Suda çözünebilen fosfatlı gübreler, bitkiler tarafından kolayca alınabilen

yüksek çözünürlükte formlardır; tek süper fosfat ve üçlü süper fosfat buna örnek olarak verilebilir. Sitrik asitte çözünebilen fosfatlı gübreler, zayıf asitlerde çözünebilen formlar olup dikalsiyum fosfat bu gruba dahildir. Çözünmeyen fosfatlı gübreler ise kaya fosfatı gibi, bitkiler tarafından doğrudan alınması zor olan ancak belirli toprak koşullarında etkili olabilen türlerdir. Potasyumlu gübreler, bitkilerin su düzenlemesi ve enzim aktivasyonu gibi birçok hayati fonksiyonu için gerekli olan potasyumu sağlar. Önemli potasyumlu gübreler arasında potasyum klorür, potasyum sülfat ve potasyum nitrat yer almaktadır. Bileşik gübreler ise kimyasal olarak birleştirilmiş birden fazla besin maddesi içeren gübrelerdir. Örneğin, diamonyum fosfat hem azot hem de fosfor sağlar (Karagöz, 2021).

Mikroelement gübreleri, bitki büyümesi için önemli olan bor, molibden, bakır ve çinko gibi mikro besin maddelerini küçük miktarlarda sağlar. Bu besinler, bitkilerin metabolizmasını geliştirir, verimi artırır ve hastalıklara ve çevresel strese karşı direnci güçlendirir (Dolgoplova ve Eremenko, 2024). Mikro element gübrelerin uygulanması, etkili sonuçlar alabilmek için dikkatli bir şekilde yönetilmelidir. Uygulamadan önce topraktaki mevcut besin seviyelerini ve eksiklikleri belirlemek amacıyla toprak testleri yapılmalıdır. Bu testler, gereksiz gübre kullanımını önler ve yalnızca ihtiyaç duyulan besin maddelerinin uygulanmasını sağlar. Bu tür gübreler, bitkilerin mikro besinlere en çok ihtiyaç duyduğu kritik büyüme evrelerinde uygulanmalıdır. Örneğin, çiçeklenme veya meyve bağlama dönemleri bu açıdan önemlidir. Diğer gübre ve pestisitlerle uyumluluğu kontrol edilmelidir. Bazı gübreler veya kimyasallar bir araya geldiğinde bitkiye zarar verebileceğinden veya etkilerini azaltabileceğinden, olumsuz reaksiyonları önlemek için dikkatli olunmalıdır. Mikro element gübreler sağlıklı bitki gelişimi ve yüksek verim elde edilmesi için oldukça önemlidir. Bu gübrelerin doğru kullanımı, özellikle belirli mikro besinlerin eksik olduğu topraklarda, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddelerini almasını sağlar. Mikro element eksiklikleri bitkilerin büyüme hızı, hastalıklara karşı direnci ve ürün kalitesini doğrudan etkilediği için doğru miktarlarda ve zamanında uygulama verimliliği artırır ve toprak kalitesini korur (Dolgoplova ve Eremenko, 2024).

Topraksız tarım gübreleri, topraksız bitki köklenme ortamında, köklerin emdiği inorganik besin maddelerinin sulama suyu yoluyla sağlandığı tarım uygulamalarında kullanılır. Topraksız tarım gübreleri, toprak kullanılmayan hidroponik sistemlerde bitki büyümesini desteklemek için özel formüllü besin çözeltileridir. Bu gübreler, temel makro ve mikro besinleri doğrudan bitkilere suyla sağlar, optimal büyüme ve verim sağlar. Yetiştiricilere,

belirli ürün ihtiyaçlarına veya su kalitesine göre besin çözümlerini özelleştirme imkânı tanır. Makro besinler; azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi bitki büyümesi için temel besin sağlarken mikro besinler; demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve manganez (Mn) bitkilerde çeşitli fizyolojik işlevler için hayati öneme sahiptirler. Ayrıca, hidroponik sistemlerde besinlerin erişilebilirliğini sağlamak için doğru pH seviyesinin (genellikle 5.5-6.5 arası) korunması çok önemlidir (Yavuz ve diğerleri, 2023).

Çizelge 2.2’de genel gübre çeşitleri ve kaynakları özetlenmiştir.

Çizelge 2.2. Genel gübre çeşitleri ve kaynakları (Ankara İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Ankara Gübreleme Rehberi, 2018)

Gübre Tipi	Alt Türler	Kaynaklar
Organik Gübreler	Hayvan gübreleri Katı organik gübre Solucan gübresi (vermikompost) Kompost Fermantasyon sonucu elde edilen organik gübre Yeşil gübreler Mikrobiyal gübreler	Hayvan dışkıları Bitki artıkları Organik atıklar
Kimyasal Gübreler	Tek besin içerenler Azotlu Gübreler Fosforlu Gübreler Potasyumlu Gübreler Mikro element Gübreleri Çok besin içerenler Diamonyum fosfat	Endüstriyel üretim Doğal mineraller

2.4. Doğru Gübre Seçimi ve Önemi

Doğru kombinasyonunu seçmeyi içeren 4R (kaynak–miktar–zaman–yer) konseptini ekonomik, çevresel ve sosyal hedefleri karşılamak amacıyla birçok faktörü içerir. Şu bilinmelidir ki tüm durumlar için mükemmel bir besin kaynağı yoktur. Teknoloji ve ekonomik koşullar değiştikçe, bitki besin maddelerinden en iyi değeri elde etmek için periyodik olarak yeniden değerlendirme yapmak gereklidir. Doğru gübre kaynağını seçmek, mahsul ihtiyaçlarını, toprak koşullarını, maliyet faktörlerini ve çevresel etkileri anlamayı gerektirir ve optimal büyüme ile sürdürülebilir tarımsal uygulamalara katkı sağlar. Öncelikle bu amaçla, eksik besin maddelerini belirlemek için toprak ve bitki dokusu testleri yapılması önerilir. Bu bilgiye ulaşılamadığı durumlar için geçmiş ekim ve gübreleme uygulamaları hakkında kişisel bilgiye dayalı olarak yapılabilir. Ancak, bu yöntem yetersiz, aşırı

gübrelemeye ya da belirli bir besin eksikliğinin ciddi şekilde göz ardı edilmesine sebep olabilir (Mikkelsen ve diğerleri, 2009).

Tek bir besin elementine odaklanmak yerine, bitkinin genel besin dengesini sağlamak önemlidir. Örneğin, sadece azot eksikliğine odaklanmak yerine fosfor veya potasyum gibi diğer besinlerin seviyelerinin de yeterli olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Gübrelerin sıvı, süspansiyon veya bileşik gibi çeşitli formları bulunmaktadır. Örneğin, sıvı gübreler birçok besin elementinin homojen bir karışımını sağlayarak kolay uygulama sunar, ayrıca sulama ile uygulanabilir. Bu formdaki gübreler, özellikle başlangıç gübrelemesinde ve yüzey uygulamalarında etkilidir.

Gübrelerin maliyet ve erişilebilirliği gibi ekonomik yönleri ve besin akıntısı gibi çevresel etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörler, gübre kullanımının verimliliğini ve sürdürülebilirliğini etkiler (Mikkelsen ve diğerleri 2009).

Tuzluluk indeksi ise dikkat edilmesi gereken başka bir parametredir. Bu ifadeden kasıt gübrenin toprağa uygulandığında oluşturduğu ozmotik basıncı ifade eden bir ölçüttür. Yüksek tuz indeksleri genç bitkilere zarar verebilir. Bu nedenle, gübrelerin doğru yerleştirilmesi olası zararları önleyebilir (Mikkelsen ve diğerleri 2009).

2.5. Gübrede Ağır Metal ve İçeriği

Ağır metaller, yüksek yoğunlukları ve ağır atom ağırlıklarıyla bilinen metal elementlerdir. Bu grup, demir ve çinko gibi biyolojik işlevler için düşük miktarlarda gerekli olan metalleri içerirken, kurşun, cıva, arsenik, kadmiyum ve krom gibi toksik özelliklere sahip metalleri de kapsar. Ağır metallerin, düşük seviyelerde dahi ciddi sağlık sorunlarına yol açma potansiyeli bulunmaktadır. Ağır metallerin insan sağlığı üzerindeki etkileri genellikle vücutta birikme ve hücresel süreçleri bozma özelliklerinden kaynaklanır. Kurşun ve cıvaya maruz kalma, özellikle çocuklarda merkezi sinir sistemini etkileyerek gelişimsel bozukluklara ve bilişsel problemlere yol açabilir. Arsenik ve krom gibi bazı ağır metaller ise kansere neden olabilecek özellikleriyle dikkat çeker ve maruz kalma durumunda bu riski artırabilir. Kadmiyum, böbrek işlevlerinde ciddi bozulmalara neden olabilmekte ve kemik ağrıları ve böbrek yetmezliğiyle sonuçlanan durumlarla sonuçlanabilmektedir. Ayrıca, ağır metal

dumanlarına uzun süre maruz kalınması solunum yollarında ciddi sorunlara ve akciğer hasarına neden olabilir. Bu nedenle ağır metallerin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek için kontrol edilmesi hayati önem taşır (Järup, 2003).

Tarımsal uygulamalar kaynaklı özellikle pestisit ve gübre kullanımı ağır metallere maruz bırakırlar. Her ülkenin kendi gübreler için belirlediği limit değerler bulunmaktadır. Türkiye’de Yönetmelik kapsamında sekiz ağır metal için limit değerler belirlenmiştir ve Çizelge 2.3’te gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Ağır metal sınır değerleri (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2018)

Ağır metaller	Limit Değerler En fazla (ppm)
Kadmiyum (Cd)	3
Bakır (Cu)	450
Nikel (Ni)	120
Kurşun (Pb)	150
Çinko (Zn)	1100
Civa (Hg)	5
Krom	350
Kalay	10

2.6. Türkiye’de Gübre Düzenlemeleri

Tarımda Kullanılan Gübrelerin Piyasa Gözetimi ve Denetimi Yönetmeliği (09.06.2021 tarih ve 31506 sayılı); Türkiye’de tarım gübrelerinin üretimi, ithalatı, piyasaya arzı ve denetimini düzenler. Yönetmelik, gübrelerin insan, bitki, hayvan sağlığına ve çevreye zarar vermemesi için belirli standartlara uygun olmasını sağlar. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından uygulanan bu yönetmelik, gübrelerin test edilmesini, etiketlenmesini ve ambalajlanmasını zorunlu kılar, piyasadaki denetimleri ve uygunsuz ürünlere karşı alınacak önlemleri de kapsar.

Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik (23.02.2018 tarih ve 30341 sayılı); toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını iyileştirmek, bitkisel üretimde verimliliği artırmak, insan sağlığını korumak ve çevre kirliliğini önlemek amacıyla, bu tür gübrelerin kullanımını teşvik eder ve tanımlar. Ayrıca, bu gübrelerle ilgili analiz yöntemlerini belirler ve bu ürünlerin ithalatı, ihracatı, üretimi, piyasaya arzı ile kayıt altına alınmasına ilişkin usul ve esasları düzenler.

Tarımda Kullanılan Kimyevi Gübrelere Dair Yönetmelik (18.03.2004 tarih ve 25406 sayılı); kimyasal gübrelerin üretimi, ithalatı, piyasaya sunulması, depolanması ve kullanımına ilişkin esasları düzenler. Yönetmelik, kimyevi gübrelerin kalite standartlarını ve güvenlik koşullarını belirlerken, çevresel etkilerini de göz önünde bulundurur. Ayrıca, bu gübrelerin etiketlenmesi, ambalajlanması, taşınması ve depolanmasıyla ilgili kuralları kapsar. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın sorumluluğunda uygulanan bu yönetmelik, kimyevi gübrelerin güvenli ve verimli bir şekilde kullanımını sağlamak amacıyla piyasa gözetimi ve denetim süreçlerini içerir.

Piyasaya Arz Edilen Gübrelerin İzlenmesine Yönelik Tebliğ (6.04.2017 tarih ve 2017/17 sayılı); gübrelerin üretiminden son kullanıcıya kadar izlenmesini sağlar. Amaç, gübrelerin kaçakçılığını, yasa dışı kullanımını ve suistimalini önlemektir.

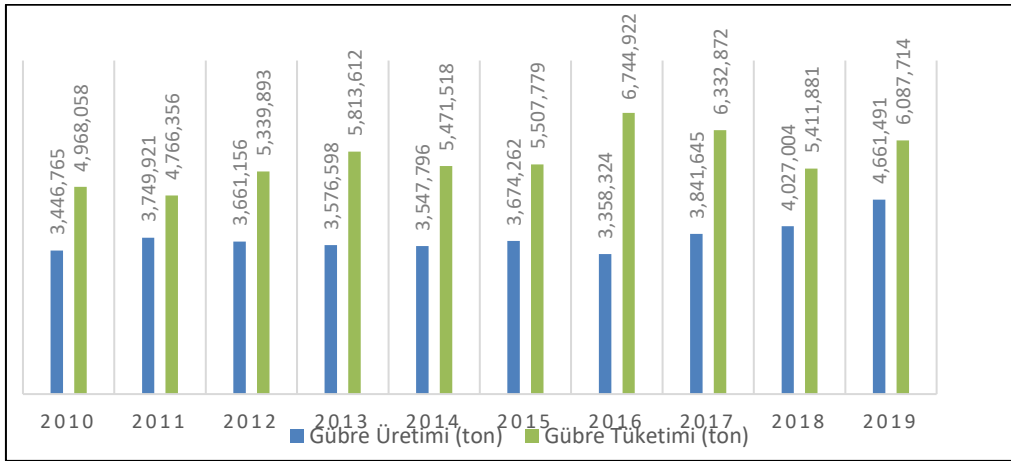
Organik Tarım Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik (18.08.2010 tarih ve 27676 sayılı); organik tarımın nasıl yapılacağına dair kuralları belirler ve bu kapsamda kullanılan gübrelerle ilgili de düzenlemeler (organik tarımda kullanılacak gübrelerin kaynağı ve içeriği, kullanım şartları, gübre kullanımının belgelendirilmesi ve gübredeki yasaklı maddeler vb.) kapsar. Böylece, organik tarımda gübre kullanımını sıkı kurallarla denetleyerek hem toprağın verimliliğini hem de ürünlerin kalitesini garanti altına alır.

Türkiye, Avrupa Birliği'nin (AB) gübre ürünlerine yönelik 2019/1009 sayılı Gübre Ürünleri Tüzüğü (*Fertilising Products Regulation*) 16 Temmuz 2022 tarihinde AB'de yürürlüğe girmiştir. Bu tüzük, gübreleme ürünlerinin güvenliği, kalitesi ve etiketlenmesine ilişkin düzenlemeleri içermektedir. Uyum sağlama çalışmaları ve gübrelere ilişkin yeni yönetmelik çalışmaları Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından sürdürülmektedir.

AB Gübre Tüzüğü, gübrelerin piyasaya arz edilmesi için CE işaretlemesini zorunlu kılar. CE işareti, bir ürünün AB mevzuatına uygun olduğunu, gerekli uygunluk değerlendirme prosedürlerinin gerçekleştirildiğini ve serbest dolaşıma girebileceğini belirtir. Türkiye'de de yeni gübre yönetmelik CE işaretlemesini AB standartları doğrultusunda benimseyerek hem iç piyasada düzeni sağlamayı hem de AB ile ticareti kolaylaştırmayı sağlayan unsurları içerecektir. Türkiye, AB'nin gübre ürünlerine yönelik düzenlemelerine uyum sağlama konusunda aktif adımlar atmaktadır.

2.7. Türkiye’de Gübre İthalatı

Türkiye’de gübre ithalatı, çeşitli düzenlemeler ve denetimlerle yürütülen bir süreçtir. Türkiye, yerli hammadde eksikliği nedeniyle gübre ithalatına büyük ölçüde bağımlıdır; ithal gübrelere yüksek oranda bir bağımlılık bulunmaktadır. Türkiye’de gübre ithal etmek isteyen firma Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Besleme Genel Müdürlüğü’ne ithalat izni için başvuruda bulunur. İthalatçı firmanın başvurusu yetkili komisyon tarafından değerlendirilir ve uygun bulunursa izin düzenlenir. TSE ise uygunluk kontrolü için numune alır ve TSE’de ilgili laboratuvara gönderilir ve analiz sonuçlarına göre ithal malı uygunluk belgesi düzenler. Bu süreçler, gübrelere kalite ve güvenliğini sağlamak amacıyla düzenlenmiştir ve ithalatçıların bu kurallara uyması gerekmektedir. Şekil 2.1’de 2010-2019 yılları arasında hem üretim hem tüketimin arttığı fakat üretimin tüketimi karşılamadığı görülmektedir.



Şekil 2.1. 2010-2019 yılları arasında Türkiye’de kimyevi gübre üretim ve tüketim miktarları (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı)

2.8. Organomineral Gübre Tanımı ve Çeşitleri

Organomineral gübreler organik hammaddeleri (biyokatılar, hayvan gübresi, tarımsal atıklar, gıda atıkları gibi) alıp bunları azaltılmış miktarda mineral gübrelere birleştirilerek dengeli bir gübre ürünü oluşturan yeni bir yaklaşımdır. Organik hammaddelerin kaynakları farklı olabileceği gibi birincil ve ikincil bitki besin maddeleri ile zenginleştirilerek farklı tipte gübre türlerinin elde edilmesi mümkündür. Yönetmeliğe göre organomineral gübre çeşitleri Çizelge 2.4’te gösterilmektedir.

Çizelge 2.4. Organomineral gübre çeşitleri (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018)

Organomineral Gübre Çeşitleri (Yönetmelik)
1. Katı Azotlu Organomineral Gübreler
2. Sıvı Azotlu Organomineral Gübreler
3. Katı NP'li Organomineral Gübreler
4. Sıvı NP'li Organomineral Gübreler
5. Katı NK'li Organomineral Gübreler
6. Sıvı NK'li Organomineral Gübreler
7. Katı NPK'li Organomineral Gübreler
8. Sıvı NPK'li Organomineral Gübreler
9. İkincil ve/veya İz Element Katkılı Katı Organomineral Gübreler
10. İkincil ve/veya İz Element Katkılı Sıvı Organomineral Gübreler
11. Leonardit Kaynaklı Sıvı Organomineral Gübreler

2.9. Organomineral Gübrelerin Sürdürülebilir Tarıma Katkıları

OMG'ler toprak sağlığı, besin kullanım verimliliği ve çevresel sürdürülebilirliği geliştirerek sürdürülebilir tarımda önemli bir rol oynar. Bu gübreler, çeşitli mekanizmalar yoluyla tarıma katkı sağlar.

OMG'ler, organik maddeleri mineral besinlerle birleştirerek azot ve diğer temel besin maddelerinin daha verimli kullanılmasını sağlar. Bu çift yönlü yöntem, bitkilerin azot ihtiyacını azaltırken, verimlerin korunmasını veya artırılmasını mümkün kılar (Zhou ve diğerleri, 2022).

OMG'ler, toprağa organik madde ekleyerek toprak sağlığını yeniden canlandırır. Organik madde artışı, toprağın yapısını iyileştirir, mikrobiyal aktiviteyi artırır ve toprağın besin tutma kapasitesini yükseltir. Buda, uzun vadede toprağın verimliliğini artırarak çevresel streslere karşı dayanıklılığı güçlendirir. Çoğunlukla gıda atıkları ve tarımsal artıkların geri dönüştürülmesiyle elde edilen organik maddeleri kullanır. Bu yöntem, atık miktarını azaltırken mahsuller için sürdürülebilir bir besin kaynağı sağlar ve sentetik gübrelere olan bağımlılığı azaltır.

Organik materyalleri daha az miktarda mineral gübre ile birleştirerek geleneksel kimyasal gübrelerin neden olduğu toprak bozulması ve su kirliliği gibi olumsuz etkileri azaltır. Mineral gübrelerin yoğun kullanımı, sera gazı emisyonları ve kaynak tükenmesi gibi sorunlar yaratmaktadır ve OMG'ler bu sorunlara çözüm sunar. Organik bileşenleri, toprağın karbon tutma kapasitesini artırarak iklim değişikliğiyle mücadeleye katkıda bulunur. Toprak

karbon seviyelerinin artması hem toprağın verimliliğini hem de biyolojik çeşitliliği olumlu yönde etkiler. Ayrıca atmosferdeki karbon miktarını azaltmaya yardımcı olur (Sakrabani ve diğerleri, 2023).

Küresel nüfus arttıkça gıda talebi de yükselmektedir. OMG'ler, toprağı daha fazla yıpratmadan mahsul verimliliğini artırarak bu talebi karşılamaya yardımcı olur. Dengeli besin içerikleri, sadece organik ya da sadece mineral gübrelerde görülen besin dengesizliklerini giderir böylece gıda güvenliğine de katkı sağlamış olur.

OMG'ler, kimyasal gübrelere olan ihtiyacı azaltarak çiftçiler için maliyet tasarrufu sağlar ve mahsul verimliliğini artırır. Bu ekonomik avantaj, çevre dostu ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik eder.

2.10. Organanomineral Gübrerin Bazı Hususlarda Dezavantajları

Organik hammaddelerin besin bileşimi, özellikle azot fosfor oranında dengesizlikler içerebilir. Bu durum bazı besinlerin yetersiz kalmasına ve bitkilerde besin eksikliklere yol açabilir. Ayrıca, OMG'lerde kullanılan bazı organik materyaller ağır metaller veya patojenler gibi kirletici maddeler içerebilir. Örneğin, deri sanayisinden gelen yan ürünler (hayvansal lifler, yağlar, kolejen vb.) krom gibi zararlı elementler içerebilir; bu da toprak sağlığı ve gıda güvenliği için risk oluşturur. Kirleticilerin kontrolü önemlidir ancak bu OMG'lerin üretimini ve düzenlenmesini zorlaştırabilir.

Organik materyallerin kalite ve besin içeriklerindeki değişkenlik, OMG'lerin tutarsız performans göstermesine neden olabilir. Bu durum, çiftçilerin gübre etkinliğini öngörmesini zorlaştırarak gübreleme stratejilerini olumsuz etkileyebilir. OMG'ler genellikle besinleri sentetik gübrelere göre daha yavaş serbest bırakır. Bu durum, toprak sağlığını desteklerken, hızlı büyüyen bitkilerin ani besin ihtiyacını karşılayamayıp verim düşüklüğüne sebep olabilir. Ayrıca, OMG üretimi geleneksel kimyasal gübrelere göre daha karmaşık ve maliyetlidir (Sakrabani, 2024).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Haziran 2023 ile Haziran 2024 tarihleri arasında farklı üreticilerden ithal edilen organomineral gübrelerin analizleri, TSE Kimya ve Gıda Laboratuvarı Ankara Müdürlüğü'nde gerçekleştirilmiştir. Analizler, 23 Şubat 2018 tarihli ve 30341 sayılı "Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik" kapsamındaki EK-19'da belirtilen yöntemler doğrultusunda yapılmıştır. Gübreler yönetmelikte belirlenen tiplere göre seçilmiştir. Azotlu OMG (n=6), NK'li OMG (N=9), NP'li OMG (n=7), NPK'lı OMG (n=7), iz element katkılı OMG (n=9) olmak üzere toplam 38 adet OMG analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Analiz parametreleri yönetmelikte belirtilen olması gereken en az BBM madde içeriği ve yönetmelikte aranması gereken ağır metal içerikleri esas alınarak değerlendirilmiştir. Analiz numuneleri partiyi temsil edecek şekilde homojenliği sağlanarak analize tabi tutulmuştur.

3.2. Analiz Yöntemleri

Bütün analizler 30341 sayılı Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik Ek-19 esas alınarak yapılmıştır.

3.2.1. pH tayini

pH ölçüm cihazı oda sıcaklığında tampon çözelti kullanılarak kalibre edilmiştir. Numuneler ($10 \pm 0,01$ g) 250 mL hacimde beherde tartılmıştır. 100 mL su eklenmiştir. Çözelti, süzülerek, üst kısmı dekante edilmiştir. Elde edilen berrak çözeltinin pH değeri oda sıcaklığında ölçülmüştür.

3.2.2. Toplam azot tayini

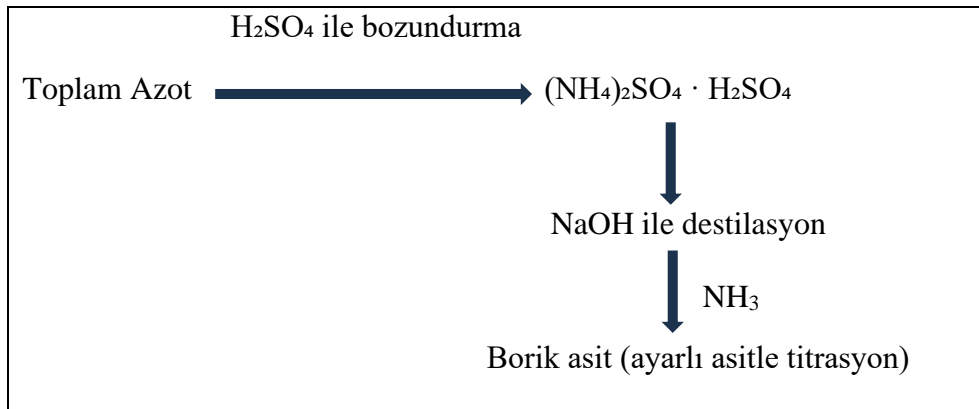
Kjeldahl azotu tayini için, gübre numuneleri 0,5 g hassas bir terazi kullanılarak tartılmıştır. Tartılan numuneler kjeldahl tüpüne alınmıştır ve üzerine katalizör karışımı ile konsantre 10 ml sülfürik asit eklenmiştir. Daha sonra bu karışım, yüksek sıcaklıkta bir sindirme bloğunda

ısıtılmıştır ve bu işlemle organik azot, amonyum sülfata dönüştürülmüştür. Sindirme işlemi, numunenin rengi berrak hale gelene kadar devam etmiştir. Bu işlem tamamlandıktan sonra numune otomatik distilasyon cihazına yerleştirilmiştir. Cihazda %40 NaOH çözeltisi numuneyi bazikleştirmek için kullanılmıştır. Bu işlemle amonyum iyonları serbest amonyağa dönüştürülmüştür. Ardından, su buharı yardımıyla serbestleşen amonyak uçurularak borik asit çözeltisi içeren bir toplama balonunda toplanmıştır. Toplanan çözelti, cihazın otomatik titrasyon sistemiyle standart 0,2 N HCl ile titre edilmiştir. Titrasyon sırasında cihaz harcanan asit miktarıyla numunedeki Kjeldahl azot miktarının yüzde olarak hesaplayıp otomatik olarak vermiştir.

Numunedeki amonyak azotu tayini de distilasyon cihazı ile fakat daha basit bir işlemle tayin edilmiştir. 0,5 g gübre numunesi hassas bir şekilde tartılmış ve uygun bir distilasyon tüpüne yerleştirilmiş. Cihaz Kjeldahl azot tayinin de olduğu gibi NaOH ve borik asitle birlikte 0,1 N HCl ile numuneyi titre etmiştir ve gübrenin toplam amonyak azotu yüzdesi otomatik olarak belirlemiştir.

Nitrat azotu tayini için ise; 0,5 g gübre numunesi hassas bir şekilde tartılmıştır ve uygun indirgeyici madde eklenmiştir ve reaksiyon başlatılmıştır. Bu süreçte nitrat iyonları indirgenerek amonyak formuna dönüştürülmüştür. Cihaz Kjeldahl azot tayinin de olduğu gibi NaOH ve borik asitle birlikte 0,2 N HCl ile numuneyi titre etmiş ve gübrenin toplam nitrat azotu yüzdesi otomatik olarak belirlemiştir.

Toplam azot; Kjeldahl azotu ve nitrat azotu yüzdesinin toplamı ile elde edilmektedir. Kjeldahl yöntemi temel aşamaları Şekil 3.1’de verilmektedir.



Şekil 3.1. Kjeldahl yöntemi temel aşamaları

3.2.3. Toplam fosfor (P₂O₅) tayini

Hassas terazi kullanılarak 2.5 g numune tartılmıştır. Numune üzerine 15 ml su, 20 ml derişik nitrik asit ve son olarak dikkatlice 30 ml derişik sülfürik asit eklenmiştir. Reaksiyon yavaşladığında erlen içeriği 30 dakika kaynatılmıştır. Soğutulduktan sonra, dikkatlice 150 ml su ilave edilerek 15 dakika daha kaynatılmıştır. Karışım tamamen soğutulmuştur ve kantitatif olarak 500 ml'lik bir erlene aktarılmıştır ve gerekli hacme suyla tamamlanarak karıştırılır. Karışım, fosfat içermeyen kuru bir filtreden süzölmüştür.

Filtrasyon sonrası, gübre ekstresinden 10 ml bir erlene alınmıştır. Üzerine 15 ml konsantre nitrik asit eklenip ve 100 ml'ye kadar suyla seyreltilmiştir. Asitli çözelti kaynama noktasına kadar ısıtılmış ve 40 ml çöktürme çözeltisi, sürekli karıştırılarak damla damla eklenmiştir. Kinolin fosfomolibdat çökelti oluştuktan sonra, erlen buhar banyosunda 15 dakika bekletilmiş ve soğur soğumaz vakum altında süzölmüştür. Çökelti 30 ml su ile yıkanıp süzölerek potaya aktarılmıştır. Ardından çökelti 250°C'de ağırlık sabitlenene kadar kurutulmuş, soğutulmuş ve tartılarak işlem tamamlanmıştır. Gübredeki toplam fosfor miktarı (Formöl 3.1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Gübredeki } \% P_2O_5 = \frac{(A-a).F.D.100}{M} \quad (3.1)$$

A = Numuneden çöktürölen çökeltinin ağırlığı, g olarak.

a = Boş numuneden çöktürölen çökeltinin ağırlığı, g olarak.

F = Kinolin fosfomolibdatın dönüşüm faktör sayısı P₂O₅ = 0.032074 (f)

D = Seyreltme faktörü

M = Analiz edilen numunenin ağırlığı, g olarak.

3.2.4. Suda çözünür K₂O tayini

10 g numune hassas terazi ile tartılmış, 400 ml su ile behere aktarılmış ve kaynatıldıktan sonra soğutulmuştur. Karışım 1000 ml'lik erlene kantitatif olarak aktarılmış ve su ile tamamlanarak karıştırılmıştır. Süzölerek 20 ml çözelti alınmıştır. Fenolftalein eşliğinde EDTA ve sodyum hidroksit damla damla eklenmiş, amonyaktan kurtulmak için 15 dakika kaynatılmıştır. Çözeltiye formaldehit eklenmiş, kırmızı renk oluşana kadar sodyum hidroksit

eklenmiş ve buhar banyosunda 15 dakika bekletilmiştir. Erlen su banyosundan alınmış, 10 ml çöktürme çözeltisi damla damla eklenmiş ve 10 dakika bekletilmiştir. Çözelti, tartılmış potaya iyice yıkanarak vakumla aktarılmıştır. 120°C'de 1,5 saat fırında kurutulmuş, soğutulmuş ve tartılmıştır. Gübredeki suda çözünür K₂O (Formül 3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Gübredeki \% K}_2\text{O} = \frac{(A-a).F.100}{M} \quad (3.2)$$

A = Numuneden çöktürülen çökeltinin ağırlığı, g olarak.

a = Boş numuneden çöktürülen çökeltinin ağırlığı, g olarak.

F = Faktörler

M = Analiz edilen numunenin ağırlığı, g olarak.

3.2.5. Kimyevi katkılı organik materyallerde organik madde tayini

TOC cihazı ile toplam organik karbon analizi yapılmıştır. Bu cihaz bir numunedeki organik karbonun karbondioksit (CO₂) dönüştürülmesi ve bu CO₂'nin miktarının ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Sıvı numuneler doğrudan otomatik örnekleyiciye yerleştirilmiştir. Katı gübrelerde ise inorganik karbonun uzaklaştırılması için asit ile muamele edilmiştir. Her iki durumda da toplam organik karbon miktarı bulunmuştur ve yönetmelikte belirtilen formül ile organik madde miktarı 2,24 ile çarpılarak organik madde miktarı hesaplanmıştır.

3.2.6. Organik gübrede ve ikincil ve/veya iz element katkılı OMG gübrede organik madde tayini

Katı organik gübre analizi için porselen kroze kül fırınında sabit tartıma getirilmiş ve darası (M1) kaydedilmiştir. Hazırlanan numuneden 0.2 g krozeye tartılmış, kroze (70 ±2°C'de) etüve yerleştirilip 12 saat bekletilmiştir. Etüvden çıkarıldıktan sonra desikatörde soğutulmuş ve hassas terazide tartılarak son ağırlık (M2) kaydedilmiştir.

Sıvı organik gübre analizi için, darası alınmış porselen krozeye 0.2 g (M1) numune tartılmış ve 70 ± 2°C sıcaklıkta etüve yerleştirilerek 12 saat bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan kroze desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve hassas terazide tartılmıştır (M2).

Kroze, kül fırınına yerleştirilmiş ve sıcaklık 550°C'ye ayarlanmıştır. Fırın 550°C'ye ulaştıktan sonra numune, yaklaşık 3 saat boyunca kül elde edilinceye kadar yakılmıştır. Yakma işlemi sonrası kroze, maşayla desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve hassas terazide tartılmıştır (M3). Hesaplamalar (Formül 3.3) ve (Formül 3.4) ile yapılmıştır.

$$\text{Organik Madde (Sıvı)} = \frac{M2-M3}{M1} * 100 \quad (3.3)$$

$$\text{Organik Madde (Kati)} = \frac{M2-M3}{M2-M1} * 100 \quad (3.4)$$

3.2.7. Ağır metal analizi

Hassas terazi ile 1 g numune tartılmıştır. Daha sonra, ağır metallerin gübreden tamamen çözünmesini sağlamak için asitle sindirim işlemi uygulanmıştır. Bu işlemde 7 ml derişik HNO₃ ve 21 ml derişik HCl (HNO₃/HCl:3/1) karışımı ile muamele edilmiştir. Karışım sıcak bir plakada yaklaşık 180-200°C'de 30 dakika boyunca ısıtılmıştır. Elde edilen çözelti distile su ile 100 ml seyreltilmiştir. Analiz aşamasında, hazırlanan kalibrasyon ve numune çözeltileri sırayla ICP-OES cihazına enjekte edilmiş ve kalibrasyon grafiklerinden çözeltilerdeki ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Sertifikalı referans malzeme ve tekrarlı analizlerle kalite kontrol değerlendirilmiştir.

Bitki besin maddesi ve ağır metal analizleri için yöntemler Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Analiz yöntemleri (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018)

Parametreler	Yöntem
pH Tayini	1/10 Potansiyometrik
Toplam Azot Tayini (OMG Gübrelerde)	Gübreleri Piyasa Gözetimi ve Denetimi Yönetmeliği Ek-3 Madde 2-2, Madde 2-3, Madde 2-4, Madde 2-6
OMG Gübrede Toplam Fosfor Tayini	TS EN 15959
Suda Çözünür K ₂ O Tayini	TS EN 15477
Organik Gübrede ve İkincil ve/veya İz element Katkılı OMG Gübrede Organik Madde Tayini	Katılarda: 70°C sabit ağırlığa gelene kadar 550°C derecede kuru yakma Sıvılarda: 70°C sabit ağırlığa gelene kadar bekletilir sonra 550°C derecede yakılır ve orijinal ağırlığına bölünür.
Kimyevi Katkılı Organik Materyallerde Organik Madde Tayini	Organik Karbonx2,24
Organik Karbon	TOC

Çalışmada toplamda 38 organomineral gübre “Azotlu OMG (n=6), NK’li OMG (n=9), NP’li OMG (n=7), NPK’li OMG (n=7) ve iz element katkılı OMG (n=9)” bitki besin maddesi parametreleri değerlendirilmiştir. Yönetmelikte belirtilen hammadde muhtevası, miktarı ile bünyesinde bulunması gereken bitki besin maddesi içerikleri her bir OMG tipi için belirlenmiş, analiz sonuçları sadece bu parametreler üzerinden değerlendirilmiştir. Parametrelere ilişkin ait ortalama, standart sapma, medyan, en büyük ve en küçük veri değerlendirmesi ve ilişki değerlendirmesi Microsoft Excel ile yapılmıştır. Veri setinin normal dağılıma uygun olup olmadığını görmek için Python uygulaması ile Kolmogrov Smirnov ve Shapiro Wilk testi uygulanmıştır.



4. BULGULAR

4.1. Organomineral Gübrelerin Bitki Besin Maddesi İçerikleri

NK’li OMG (n=9) için yönetmelikte sıvı ürün grubu için organik madde içeriği en az %10, toplam azot en az %3 ve toplam (N+K₂O) en az %8 olarak belirtilmiştir. Katı ürün grubu için organik madde içeriği en az %15, toplam azot en az %3 ve toplam (N+K₂O) en az %12 olarak belirtilmiştir. Analiz parametreleri ve bazı değerlendirmeler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. NK’li organomineral gübre bitki besin maddesi içerikleri

Ürün Kodu	Organik Madde (%)	Toplam Azot (%)	Organik Azot (%)	Üre Azotu (%)	Suda Çözünür K ₂ O (%)	pH
NK OMG-1	24,4	4,4	2,4	2	17,8	10,9
NK OMG-2	35,2	8,3	2,3	6	5,7	7,3
NK OMG-3	15,9	4,3	-	4,3	5	8,3
NK OMG-4	30,0	3,7	1,6	2,1	8,8	5,4
NK OMG-5	35,3	6	1,8	4,2	6,1	6,4
NK OMG-6	34,2	3,8	1,7	2,1	8,6	6,4
NK OMG-7	40,7	3,7	1	2,7	7,1	6,6
NK OMG-8	29,7	4,8	1,7	3,1	8,4	6,8
NK OMG-9	33,6	3,3	1,3	2	9,2	5,7
ortalama	31,00	4,70	1,73	3,17	8,52	7,09
standart sapma	6,84	1,48	0,44	1,32	3,57	1,57
medyan	33,6	4,3	1,7	2,7	8,4	6,6
en büyük değer	40,7	8,3	2,4	6	17,8	10,9
en küçük değer	15,9	3,3	1	2	5	5,4

-: Üretici içerik beyanı olmadığından analiz yapılmamıştır.

NK’li OMG için; analizi yapılan tüm ürünlerin yönetmelikte belirtilen en az BBM içeriği kriterini sağladığı görülmektedir

NP’li OMG (n=6) için yönetmelikte sıvı ürün grubu için organik madde içeriği en az %10, toplam P₂O₅ en az %4, toplam azot en az %3 ve toplam (N+P₂O₅) en az %8 olarak belirtilmiştir. Katı ürün grubu için organik madde içeriği en az %15, toplam P₂O₅ en az %5, toplam azot en az %3 ve toplam (N+P₂O₅) en az %12 olarak belirtilmiştir. Analiz parametreleri ve bazı değerlendirmeler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Çizelge 4.2 ‘de verilen ürün kodları verilen ürünlerden “NP OMG-5” katı ürün olup diğerleri sıvı üründür.

Çizelge 4.2. NP’li organomineral gübre bitki besin maddesi içerikleri

Ürün Kodu	Organik Madde (%)	Toplam Azot (%)	Organik Azot (%)	Amonyum Azotu (%)	Üre Azotu (%)	Toplam P ₂ O ₅ (%)	pH
NP OMG-1	22,4	3,4	3,3	0,1	-	11,5	2,3
NP OMG-2	12,4	3,5	2,2	-	1,3	7,5	2,2
NP OMG-3	31,1	10,9	3,9	2,8	4,2	5,8	8
NP OMG-4	25,1	3,6	1,2	-	2,4	11,1	2,3
NP OMG-5	40,0	3,8	-	3,8	-	15,7	6,3
NP OMG-6	13,3	3	1	2	2	20	1,4
ortalama	24,1	4,7	2,3	2,2	2,5	11,9	3,8
standart sapma	9,7	2,8	1,4	1,5	1,5	4,8	2,5
medyan	23,8	3,6	2,2	2,4	2,2	11,3	2,3
en büyük değer	40,0	10,9	3,9	3,8	4,2	20,0	8,0
en küçük değer	12,4	3,0	1,0	0,1	1,3	5,8	1,4

-: Üretici içerik beyanı olmadığından analiz yapılmamıştır.

NP’li OMG için; analizi yapılan tüm ürünlerin yönetmelikte belirtilen en az BBM içeriği kriterini sağladığı görülmektedir.

N’li OMG (n=7) için, yönetmelik gereğince sıvı ürün grubunda organik madde içeriğinin en az %10, toplam azot (N) miktarının en az %8 olması beklenmektedir. Katı ürün grubunda organik madde içeriğinin en az %20, toplam azot (N) miktarının en az %12 olması beklenmektedir. Aşağıdaki ürün kodları verilen ürünlerden “N OMG-1; N OMG-3 ve N OMG-4” katı ürün olup diğerleri sıvı üründür. Çizelge 4.3’te analiz parametreleri ve bu değerlere ilişkin bazı değerlendirmeler gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. N’li organomineral gübre bitki besin maddesi içerikleri

Ürün Kodu	Organik Madde (%)	Toplam Azot (%)	Organik Azot (%)	Üre Azotu (%)	Nitrat Azotu (%)	Amonyum Azotu (%)	pH
N OMG-1	30,9	12,5	1,3	-	-	11,2	3,8
N OMG-2	16,8	12,8	-	6,6	1,5	4,7	8,2
N OMG-3	26,2	12,4	-	2,3	-	10,1	3,4
N OMG-4	24,2	12,2	2,4	-	-	9,8	3,5
N OMG-5	15,5	8,3	2	2,1	2,8	1,4	6,3
N OMG-6	66,1	10,2	4,3	-	1,6	4,3	3,3
ortalama	29,95	11,40	2,50	3,67	2,0	6,92	4,75
standart sapma	17,01	1,63	1,11	2,08	1,1	3,63	1,86
medyan	25,2	12,3	2,2	2,3	1,6	7,25	3,65
en büyük değer	66,1	12,8	4,3	6,6	2,8	11,2	8,2
en küçük değer	15,5	8,3	1,3	2,1	1,5	1,4	3,3

-: Üretici içerik beyanı olmadığından analiz yapılmamıştır.

N’li OMG için; analizi yapılan tüm ürünlerin yönetmelikte belirtilen en az BBM içeriği kriterini sağladığı görülmektedir.

NPK’li OMG (n=7) için, yönetmelik gereğince sıvı ürün grubunda organik madde içeriğinin en az %8, toplam P₂O₅ en az %3, suda çözünür K₂O en az %3, toplam azot en az %2 ve toplam (N+P₂O₅+K₂O) en az %12 olması beklenmektedir. Katı ürün grubunda organik madde içeriğinin en az %15, toplam P₂O₅ en az %5, suda çözünür K₂O en az %5, toplam azot en az %3 ve toplam (N+P₂O₅+K₂O) en az %15 olması beklenmektedir. Aşağıdaki ürün kodları verilen ürünlerden “NPK OMG-5” katı ürün olup diğerleri sıvı üründür. Çizelge 4.4’te analiz parametreleri ve bu değerlere ilişkin bazı değerlendirmeler gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. NPK’li organomineral gübre bitki besin maddesi içerikleri

Ürün Kodu	Organik Madde (%)	Toplam Azot (%)	Organik Azot (%)	Amonyum Azotu (%)	Üre Azotu (%)	Nitrat Azotu (%)	Suda K ₂ O (%)	Toplam P ₂ O ₅ (%)	pH
NPK OMG-1	21,3	5,7	1,7	1	1,4	1,6	4,4	4,5	3,2
NPK OMG-2	22,8	7,8	-	1,8	4,1	1,9	4,9	9,5	6,5
NPK OMG-3	23,7	4	1,6	1,2	-	1,2	4,3	4,6	5,2
NPK OMG-4	22,3	5,4	4,5	0,9	-	-	9,8	8,9	7
NPK OMG-5	59,0	11,6	9,8	-	-	1,8	14,8	13,9	4,98
NPK OMG-6	3,9	2	-	2	-	-	14,9	20,1	7,7
NPK OMG-7	24,2	5,8	1,4	1,2	1,2	2	4,5	4,5	3,2
ortalama	25,3	6,0	3,8	1,4	2,2	1,7	8,2	9,4	5,4
standart sapma	15,3	2,8	3,2	0,4	1,3	0,3	4,6	5,4	1,6
medyan	15,6	3,0	3,1	0,5	1,3	0,6	4,5	5,3	2,0
en büyük değer	15,9	3,0	2,8	0,5	0,5	0,7	4,6	5,5	2,2
en küçük değer	16,2	3,1	2,7	0,6	0,6	0,7	4,5	5,4	2,3

-: Üretici içerik beyanı olmadığından analiz yapılmamıştır.

NPK’li OMG için; analizi yapılan ürünlerden NPK OMG-6 kodlu ürünün organik madde içeriği (%3,9) yönüyle yönetmelik kriteri (en az %8) altında olduğu görülmektedir. Diğer BBM içerikleri yönetmelik kriterine uygundur. Ayrıca, sıvı ve katı ürün grubu için tüm ürün gruplarının da toplam (N+P₂O₅+K₂O) içeriklerinin de uygun olduğu görülmektedir.

İz elementli OMG (n=9) için, yönetmelik gereğince organik madde içeriğinin sıvı ürün grubunda en az %8 ve katı ürün grubunda en az %15 olması beklenmektedir. Aşağıdaki ürün kodları verilen ürünlerden “IE OMG-6 ve IE OMG-9” katı ürün olup diğerleri sıvı üründür. Çizelge 4.5’te analiz parametreleri ve bu değerlere ilişkin bazı değerlendirmeler gösterilmiştir

Çizelge 4.5. İE’li organomineral gübre bitki besin maddesi içerikleri

Ürün Kodu	Organik Madde %	Suda Cu %	Organik Azot %	Suda Fe %	Suda Mn %	Suda Zn %	Suda Bor %	Suda Mo %	pH
İE OMG-1	15,3	1,2	1,4	-	-	-	-	-	3,96
İE OMG-2	17,5	-	-	0,05	0,006	0,024	-	-	2,7
İE OMG-3	32,7	2,7	2,6	-	-	-	-	-	4
İE OMG-4	18,4	-	-	3,7	1,8	1,8	-	-	3,7
İE OMG-5	14,7	-	1,3	-	-	1	0,6	-	4,4
İE OMG-6	35,8	-	-	-	-	-	9,3	-	9
İE OMG-7	37,2	-	-	0,05	0,1	0,1	0,1	0,01	3,8
İE OMG-8	15,2	-	1,1	0,02	-	-	-	-	3,5
İE OMG-9	49	1,7	6	5,4	3,4	3,6	1	0,25	4,1
ortalama	26,2	1,9	2,5	1,8	1,3	1,3	2,8	0,1	4,4
standart sapma	11,9	0,6	1,8	2,3	1,4	1,3	3,8	0,1	1,7
medyan	18,4	1,7	1,4	0,05	0,95	1	8	0,13	3,96
en büyük değer	49	2,7	6	5,4	3,4	3,6	9,3	0,25	9
en küçük değer	14,7	1,2	1,1	0,02	0,006	0,024	0,1	0,01	2,7

-. Üretici içerik beyanı olmadığından analiz yapılmamıştır.

İz elementli OMG’lerin organik madde içeriklerinin yönetmelik kriterini karşıladığı görülmektedir.

4.2. Normallik Testi

Gruplara göre ölçümlerin normal dağılıma uygunluk gösterip göstermediğinin tespiti için Kolmogrov Smirnov ve Shapiro Wilk testi ile incelenmiştir. Çizelge 4.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Normallik testi

İçerik	Ortalama	Standart Sapma	P	D (test istatistiği)
Organik Madde	28,1	13,3	0,636	0,117
Toplam Azot	6,5	3,5	0,261	0,182
Organik Azot	2,5	1,9	0,064	0,241
Amonyum Azotu	3,01	3,1	0,338	0,219
Üre Azotu	3,0	1,6	0,336	0,213
Nitrat Azotu	1,8	0,5	0,797	0,212
Toplam P ₂ O ₅	10,6	5,5	0,948	0,135
Suda Çözünür K ₂ O	8,4	4,2	0,612	0,180
pH	5,2	2,2	0,426	0,138

Organik madde verileri Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonuçlarına göre normal dağılıma uymaktadır (N=38, p=0,636>0,05).

Toplam azot verileri Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonuçlarına göre normal dağılıma uymaktadır. Toplam N içeren ürünler için değerlendirme yapılmıştır. (N=29, $p=0,636>0,05$).

Amonyum azotu verileri Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonuçlarına göre normal dağılıma uymaktadır. Amonyum azotu içeren ürünler için değerlendirme yapılmıştır (N=17, $p=0,338>0,05$).

Üre Azotu verileri Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonuçlarına göre normal dağılıma uymaktadır. Toplam N içeren ürünler için değerlendirme yapılmıştır. (N=18, $p=0,636>0,05$).

Nitrat Azotu verileri Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonuçlarına göre normal dağılıma uymaktadır. Nitrat Azotu içeren ürünler için değerlendirme yapılmıştır (N=8, $p=0,797>0,05$).

Organik azot verilerinin p-değerinin 0,05'e yakın olması, normal dağılıma uyumun sınırda olduğunu göstermektedir. Bunun için başka bir normallik testi olan Shapiro-Wilk testi uygulanmıştır. Testin sonucunda verilerin normal dağılıma uymadığı görülmüştür. Organik N verileri içeren ürünler için değerlendirme yapılmıştır. (N=28, $p=0,0000054<0,05$).

Toplam P_2O_5 verileri Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonuçlarına göre normal dağılıma uymaktadır. Toplam P_2O_5 içeren ürünler için değerlendirme yapılmıştır (N=13, $p=0,636>0,05$).

Suda Çözünür K_2O verileri Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonuçlarına göre normal dağılıma uymaktadır. Suda K_2O içeren ürünler için değerlendirme yapılmıştır (N=16, $p=0,612>0,05$).

pH için Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonuçlarına göre veriler normal dağılıma uymaktadır (N=38, $p=0,426>0,05$).

4.3. ANOVA Testi

Her bir gübre tipinin içerikleri ANOVA testi (birden çok grup analizi) ve T testi (iki grup analizi) karşılaştırılıp ortalamalar arasında anlamlı bir fark olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Organik madde içeren OMG'lerin ortalamaları karşılaştırılmış ve sonuçta ortalamalar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. (N=38; f:0,61- $f_{ölçüt}$: 2,65; $f < f_{ölçüt}$)

Toplam N içeren OMG'lerin ortalamaları karşılaştırılmış ve sonuçta ortalamalar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. (N=28; f:10,6- $f_{ölçüt}$: 2,99; $f > f_{ölçüt}$)

Organik azot içeren OMG'lerin ortalamaları karşılaştırılmış ve sonuçta ortalamalar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. (N=27; f:1,02- $f_{ölçüt}$: 2,79; $f < f_{ölçüt}$)

Toplam P₂O₅ içeren OMG'lerin ortalamaları karşılaştırılmış ve sonuçta ortalamalar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. (N=13; p:0,43 > 0,05)

K₂O içeren OMG'lerin ortalamaları karşılaştırılmış ve sonuçta ortalamalar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. (N=13; p:0,89 > 0,05)

Amonyum azotu içeren OMG'lerin ortalamaları karşılaştırılmış ve sonuçta ortalamalar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. (N=23; f:3,48- $f_{ölçüt}$: 2,92; $f > f_{ölçüt}$)

pH için OMG'lerin ortalamaları karşılaştırılmış ve sonuçta ortalamalar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. (N=38; f:3,45- $f_{ölçüt}$: 2,65; $f > f_{ölçüt}$)

4.4. Korelasyon İlişkisi

Organik madde analiz sonuçlarının diğer analiz parametreleri ile korelasyon ilişkisi Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Organik madde analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi

Toplam Azot	Organik Azot	Toplam P ₂ O ₅	Suda Çözünür K ₂ O	Amonyum Azotu	Üre Azotu	Nitrat Azotu	pH
R: 0,32 P: 0,09	R: 0,65 P: 0.00017	R: -0,081 P: 0,792	R: 0,096 P: 0,724	R: 0,245 P: 0,344	R: 0,133 P: 0,598	R: -0,215 P: 0,608	R: 0,048 P: 0,773

Organik madde ile toplam azot arasında ilişki bulunmamaktadır. ($r=0.32$, $p=0.09>0,05$)

Organik madde ile organik azot arasında ilişki bulunmaktadır. ($r=0.65$, $p=0.00017<0,05$).

Bitkisel kaynaklı OMG'lerde organik madde kaynağı olarak selüloz ve lignin gibi nükleik asitler bulunur. Bunlar da azot içerdiğinden organik madde ile organik azot arasında pozitif ilişkinin bundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Organik madde ile toplam P₂O₅ arasında ilişki bulunmamaktadır. ($r=-0.081$, $p=0.792>0,05$). Organik madde ile suda Çözünür K₂O arasında ilişki bulunmamaktadır. ($r=-0.096$, $p=0.724>0,05$). Organik madde ile amonyum azotu arasında ilişki bulunmamaktadır. ($r=-0.245$, $p=0.344>0,05$). Organik madde ile üre Azotu arasında ilişki bulunmamaktadır. ($r=0.133$, $p=0.598>0,05$). Organik madde ile nitrat azotu arasında ilişki bulunmamaktadır. ($r=-0.215$, $p=0.608>0,05$). Organik madde ile pH arasında ilişki bulunmamaktadır. ($r=0.048$, $p=0.773>0,05$)

Toplam azot analiz sonuçlarının diğer analiz parametreleri ile korelasyon ilişkisi Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Toplam azot analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi

Organik Azot	Toplam P ₂ O ₅	Suda Çözünür K ₂ O	Amonyum Azotu	Üre Azotu	Nitrat Azotu	pH
R: 0.500 P: 0.015	R: -0.325 P: 0.278	R: -0.022 P: 0.936	R: 0.726 P: 0.00098	R: 0.709 P: 0.00098	R: 0.080 P: 0.851	R: -0.015 P: 0.940

Toplam azot ile organik azot arasında ilişki bulunmaktadır ($r=0.500$, $p=0.015<0,05$). Toplam azot organik ve inorganik tüm azot formlarını içerir. Bu nedenle, toplam azot miktarı arttıkça organik azot miktarının da artması beklenen bir ilişkidir. Toplam azot ile toplam P₂O₅ arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=-0.325$, $p=0,278>0,05$). Toplam azot ile suda K₂O arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=-0.022$, $p=0,936>0,05$). Toplam azot ile amonyum azotu arasında ilişki bulunmaktadır ($r=0.726$, $p=0.00098<0,05$). Toplam azot ile üre azotu arasında ilişki bulunmaktadır ($r=0.709$, $p=0.00098<0,05$). Üre azotu ve amonyum azotu, toplam

azotun bileşenleri olduğu için toplam azot ile doğal bir ilişki bulunması beklenir. Toplam azot ile nitrat azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.080$, $p=0,851>0,05$). Nitrat azotu genellikle toplam azotun küçük bir yüzdesini oluşturduğundan aralarında ilişki olmaması ya da zayıf olması beklenir. Toplam azot ile pH arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=-0.015$, $p=0,940>0,05$).

Organik azot analiz sonuçlarının diğer analiz parametreleri ile korelasyon ilişkisi Çizelge 4.9'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Organik azot analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi

Toplam P ₂ O ₅	Suda Çözünür K ₂ O	Amonyum Azotu	Üre Azotu	Nitrat Azotu	pH
R: 0,213 P: 0,556	R: 0,535 P: 0,072	R: -0,108 P: 0,725	R: 0,444 P: 0,097	R: -0,064 P: 0,904	R: 0,086 P: 0,662

Organik azot ile toplam P₂O₅ arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.213$, $p=0,556>0,05$). Organik azot ile Suda Çözünür K₂O arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.535$, $p=0,072>0,05$). Organik azot ile amonyum azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=-0.108$, $p=0,725>0,05$). Organik azot ile üre azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.444$, $p=0,097>0,05$). Organik azot ile nitrat azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=-0.064$, $p=0,904>0,05$). Organik azot ile pH arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.086$, $p=0,662>0,05$).

Toplam P₂O₅ analiz sonuçlarının diğer analiz parametreleri ile korelasyon ilişkisi Çizelge 4.10'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Toplam P₂O₅ analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi

Suda Çözünür K ₂ O	Amonyum Azotu	Üre Azotu	Nitrat Azotu	pH
R: 0,995 P: 0,00008	R: 0,075 P: 0,872	R: 0,035 P: 0,947	R: 0,284 P: 0,716	R: -0,398 P: 0,254

Toplam P₂O₅ ile suda çözünür K₂O arasında ilişki bulunmaktadır ($r=0.995$, $p=0.00008<0,05$). Toplam P₂O₅ değerleri arttıkça suda çözünür K₂O değerlerinin de artma eğiliminde olduğunu gösterir. Toplam P₂O₅ ile amonyum azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.075$, $p=0,872>0,05$). Toplam P₂O₅ ile üre azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.035$, $p=0,947>0,05$). Toplam P₂O₅ ile nitrat azotu arasında ilişki

bulunmamaktadır ($r=0.284$, $p=0.716>0,05$). Toplam P_2O_5 ile pH arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=-0.398$, $p=0,254>0,05$).

Suda çözünür K_2O analiz sonuçlarının diğer analiz parametreleri ile korelasyon ilişkisi Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Suda çözünür K_2O analiz sonuçlarının diğer analiz parametreleri ile ilişkisi

Amonyum Azotu	Üre Azotu	Nitrat Azotu	pH
R: -0,968 P: 0,007	R: -0,177 P: 0,626	R:0,308 P: 0,692	R: 0,644 P: 0,018

Suda çözünür K_2O ile amonyum azotu arasında ilişki bulunmaktadır ($r=-0.968$, $p=0.007<0,05$). Suda çözünür K_2O ile üre azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=-0.177$, $p=0.626>0,05$). Suda çözünür K_2O ile nitrat azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.308$, $p=0.692>0,05$). Suda çözünür K_2O ile pH arasında ilişki bulunmaktadır ($r=0.644$, $p=0,018<0,05$). Bu ilişkinin sebebinin K_2O , suda çözüldüğünde potasyum iyonlarına (K^+) ayrışarak ortamın pH seviyesini artırıcı bir etki göstermesi ve genellikle K_2O içeren gübreler bazik veya nötr tuzlardan üretilmesi ve bu sayede pH'ı yükseltebileceği düşünülmektedir.

Amonyum azotu analiz sonuçlarının diğer analiz parametreleri ile korelasyon ilişkisi Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Amonyum azotu ile analiz sonuçlarının korelasyon ilişkisi

Üre Azotu	Nitrat Azotu	pH
R: 0,707 P: 0,117	R: -0,149 P: 0,811	R:-0,251 P: 0,408

Amonyum azotu üre azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.707$, $p=0.117>0,05$). Amonyum azotu nitrat azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=-0.149$, $p=0.811>0,05$). Amonyum azotu pH arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=-0.251$, $p=0.408>0,05$). Üre azotu ile nitrat azotu arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.854$, $p=0.348>0,05$). Üre azotu ile pH arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.458$, $p=0.086>0,05$). Nitrat azotu ile pH arasında ilişki bulunmamaktadır ($r=0.461$, $p=0.358>0,05$).

4.5. Ağır Metal Analiz Sonuçları

38 adet OMG'ye ait ağır metal analiz sonuçları Çizelge 4.13'te verilmektedir.

Çizelge 4.13. Ağır metal konsantrasyonları

Ürün Kodu	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	Cr
	[mg.kg ⁻¹]						
NK OMG-1	2	14	5	27	36	-	6
NK OMG-2	-	27,8	2,6	0,7	11,5	-	1,3
NK OMG-3	-	-	-	-	-	-	4,12
NK OMG-4	-	8,4	6,5	-	*	-	7,12
NK OMG-5	-	4,5	12,83	-	*	-	4,93
NK OMG-6	-	5,4	-	-	25	-	3,93
NK OMG-7	-	-	-	2,57	*	-	-
NK OMG-8	-	-	3,5	3,2	-	-	6,87
NK OMG-9	-	-	-	9,55	*	-	-
İE OMG-1	-	*	-	-	-	-	57,84
İE OMG-2	-	-	3,26	-	*	-	4
İE OMG-3	-	*	2,4	-	323	-	11,89
İE OMG-4	13,5	-	31,8	3,8	*	-	3,3
İE OMG-5	-	-	-	-	-	-	-
İE OMG-6	-	*	14	-	*	-	3,5
İE OMG-7	-	9,8	-	4,04	-	-	-
İE OMG-8	-	*	-	-	*	-	-
NP OMG-1	-	41,5	-	-	43,1	-	6,5
NP OMG-2	-	-	-	-	*	-	16,73
NP OMG-3	-	-	-	-	-	-	-
NP OMG-4	-	42,5	-	-	8,5	-	-
NP OMG-5	-	-	-	-	-	-	-
NP OMG-6	-	32	-	-	50	-	6,5
N OMG-1	-	25,2	9,1	-	26,6	-	5,02
N OMG-2	-	2,8	-	-	9,12	-	2,4
N OMG-3	-	3,9	4,9	-	20,5	-	3,9
N OMG-4	-	-	11,8	2,9	10,8	-	-
N OMG-5	-	-	3,2	-	48,7	-	36,6
N OMG-6	-	8,01	5,15	-	35,8	-	3,4
NPK OMG-1	-	*	40,8	2,8	*	-	6,3
NPK OMG-2	-	7,2	-	-	10,4	-	3
NPK OMG-3	-	176,7	17	-	962	-	81,4
NPK OMG-4	-	*	-	3,31	*	-	-
NPK OMG-5	-	-	-	6,2	-	-	-
NPK OMG-6	0,9	26,9	9	6,8	111	-	31,5
NPK OMG-7	-	*	33,2	-	*	-	-
ortalama	5,5	27,3	12,0	6,1	108,3	-	13,3
standart sapma	5,7	40,7	11,3	6,7	232,7	-	19,3
en küçük değer	0,9	2,8	2,4	0,7	8,5	-	1,3
en büyük değer	13,5	176,7	40,8	27	962	-	81,4

-: Tayin Limiti Altında, <0,1ppm

*: Bitki besin maddesi olarak beyan edildiğinden ağır metal olarak değerlendirilmemiştir.

Yönetmeliğe göre; Kalay (Sn) yalnızca hayvansal kaynaklı organik gübrelerin üretiminde kullanılan hammaddeler ve bu hammaddelerden üretilen ürünlerde analiz edilir. Bu sebeple yönetmelikte limiti değeri belirtilmiş olan Sn analizi yapılmamıştır. Eğer ürünlere iz element olarak çinko veya bakır eklenmişse, bu maddeler bitki besin elementi olarak kabul edilir ve ağır metal olarak değerlendirmeye alınmaz.

Yapılan analizler neticesinde Türkiye organik gübre yönetmeliğinde kadmiyum (Cd) için belirlenen sınır değeri 3 mg/kg olarak belirtilmiştir. Verilen analiz sonuçlarına göre kadmiyum değerinin bir üründe 13,5 mg/kg seviyelerinde ölçülmüştür. Bu durum yönetmelik limitlerinin aşılması anlamına gelmektedir.

Kadmiyum bu şekilde yüksek çıkmasının başlıca nedenlerinden biri, fosfor kaynaklarının doğal olarak kadmiyum içermesi olabilir. Yönetmeliğe göre fosforlu gübrelerde kadmiyum için sınır değeri bulunmadığından, fosfor kaynağı eklenerek üretilen organomineral gübrelerde kadmiyum ağır metal olarak değerlendirilmez ve analiz edilmez. Fakat bu ürünün fosfor beyanı yoktur ve fosfor içermemektedir. Yüksek Cd içermesi üretim sürecinde kullanılan hammaddeler olabilir. Bir diğer sebep ise endüstriyel atıklar, kanalizasyon çamurları veya metal madenciliği ve rafinasyon işlemleri sırasında oluşan yan ürünler, gübre üretiminde kullanıldığında kadmiyum seviyelerini artırabilir.

Yapılan analizler neticesinde Türkiye organik gübre yönetmeliğinde bakır (Cu) için belirlenen sınır değeri 450 mg/kg olarak belirtilmiştir. Verilen analiz sonuçlarına göre bakır değerlerinin yönetmelik limitlerini aşmadığı gözlenmiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, Türkiye organik gübre yönetmeliğinde nikel (Ni) için belirlenen sınır değeri olan 120 mg/kg'a ilişkin herhangi bir aşım olmadığı görülmüştür. Analiz edilen değerlerin, yönetmelikte belirlenen limitlerin altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu durum, nikel içeriği açısından ürünlerin mevzuata uygun olduğunu göstermektedir.

Türkiye gübre yönetmeliğinde çinko (Zn) için belirlenen sınır değeri 1100 mg/kg olarak belirtilmiştir. Verilen analiz sonuçlarına göre çinko değerlerinin yönetmelik sınırlarının oldukça altındadır. Fakat bir üründe değeri 962,0 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu üründe çinkonun bitki besin maddesi olarak beyan edilmediği tespit edilmiştir. Bu sebeple sonuç

Çinko seviyesinin yönetmelik limitine çok yaklaştığını göstermektedir. Bu seviyedeki ürünlerin hammadde kalite kontrol süreçleri dikkatle yönetilmelidir.

Analiz sonuçlarına göre, Türkiye organik gübre yönetmeliğinde krom (Cr) için belirlenen 350 mg/kg sınır değerinin aşılmadığı tespit edilmiştir. Değerlerin yönetmelikte belirtilen limitlerin altında olduğu belirlenmiş olup, bu durum ürünlerin krom içeriği açısından mevzuata uygunluğunu ortaya koymaktadır.

Civa (Hg) analiz sonuçlarına göre, gübrelerdeki civa seviyeleri 0,1 ppm altında tespit edilmiş ve bu durum Türkiye gübre yönetmeliğinde belirlenen 5 mg/kg sınır değerinin oldukça altında olduğunu göstermektedir. Bu rnlerin civa içeriği açısından mevzuata tamamen uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Civa, toprakta ve hammaddelerde nadir bulunan bir ağır metal olduğundan, gübreye taşınma olasılığı da düşüktür bu sebeple ürünlerde tespit edilememesi olağandır.

Kalay (Sn) yalnızca hayvansal kaynaklı organik gübrelerin üretiminde kullanılan hammaddeler ve bu hammaddelerden üretilen ürünlerde analiz edildiğinden ve bu ürünlerde hayvansal menşeili herhangi bir hammadde kullanılmadığından Sn analizi yapılmamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı tipteki organomineral gübrelerdeki ağır metal içerikleri ve yönetmeliğe göre bulunması gereken en az bitki besin maddeleri içerikleri analiz edilmiştir. Analizler, 23 Şubat 2018 tarih ve 30341 sayılı Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik'in EK-19'unda belirtilen metotlara uygun şekilde yapılmıştır. Çalışmada toplamda 38 organomineral gübrenin analiz sonuçları istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir "Azotlu OMG (n=6), NK'li OMG (n=9), NP'li OMG (n=7), NPK'lı OMG (n=7) ve iz element katkılı OMG (n=9)". Farklı parametreler arasındaki ilişki ilişkilerinin yanı sıra, ağır metallerin ve bitki besin maddelerinin içerik ortalaması, standart sapması gibi veriler hesaplanmıştır. Yönetmelikte her bir tip için bulunması gereken en az bitki besin maddesi içerikleri değerlendirildiğinde bir ürün hariç hepsinin azot, toplam P_2O_5 , suda çözünür K_2O ve toplam N içerikleri yönüyle yönetmelik kriterini karşıladığı görülmektedir. Yönetmelik kriteri (en az %8) karşılamayan ürün organik madde içeriği (%3,9) yönüyle karşılamamıştır.

Ağır metal sınır değerleri yönüyle yapılan analizler sonucunda, gübrelerin bir ürün dışında yönetmelikte belirtilen ağır metal sınır değerlerine uygun olduğu tespit edilmiştir. Ancak, bir üründe kadmiyum (Cd) seviyesinin yönetmelikte belirlenen sınır değerin (3 mg/kg) üzerinde (13,5 mg/kg) olduğu belirlenmiştir. Çinko (Zn) değerleri, yönetmelik limitleri altında kalmakla birlikte bir üründe sınır değere (1100 mg/kg) oldukça yakın bulunmuştur. Bakır (Cu), nikel (Ni), krom (Cr), civa (Hg) ve kurşun (Pb) analiz sonuçları yönetmelik limitlerini aşmamış, bu metaller açısından ürünlerin mevzuata uygun olduğu görülmüştür. Pekcan ve Çokuysal (2022) çalışması kapsamında piyasadan temin edilen kimyevi, organik ve farklı tip gübrelerin ağır metal analizleri gerçekleştirilmiş, incelenen 38 sıvı gübre örneğinden 15'inin 28956 sayılı Gübrelerin Piyasaya Gözetimi ve Denetimi Yönetmeliği açısından uygun olduğu tespit edilmiştir. Uday ve diğerleri (2023) kimyevi gübrelerin topraktaki ağır metal kirliliğinin ana kaynağı olduğunu belirlemiş ve farklı gübre tiplerinde ağır metal (As, Cd, Cu, Co, Ni, Pb) içeriklerinin değişkenlik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yanardağ (2022), kontrolsüz gübre kullanımının toprakta ağır metal birikimine neden olduğunu ve belirli elementlerin mevzuat sınırlarını aştığını bulmuştur. Her ne kadar bu çalışmada gübrelerin büyük bir kısmının mevzuat ile uyumlu olduğu görülmüşse de bazı

ürünlerde hammadde kaynaklı ağır metal riskleri olduğu düşünülmektedir. Bu da üretim süreçlerinin daha sıkı kontrol edilmesi gerektiğini göstermektedir.

İlişki analiz sonuçlarına göre, organik madde ile organik azot arasında ($r=0.65$, $p=0.00017<0.05$) pozitif bir ilişki bulunmuş, bu ilişkinin organik madde kaynaklarının azot içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, toplam azot ile organik azot ($r=0.50$, $p=0.015<0.05$), amonyum azotu ($r=0.726$, $p=0.00098<0.05$) ve üre azotu ($r=0.709$, $p=0.00098<0.05$) arasında anlamlı pozitif ilişki tespit edilmiştir. Bu durum, toplam azotun organik ve inorganik azot formlarını içermesinden kaynaklanmaktadır. Toplam P_2O_5 ile suda çözünür K_2O arasında ($r=0.995$, $p=0.00008<0.05$) güçlü bir pozitif ilişki gözlemlenmiş, toplam P_2O_5 değerlerinin artışı ile K_2O değerlerinin de artış gösterdiği belirlenmiştir. Suda çözünür K_2O ile pH arasında ($r=0.644$, $p=0.018<0.05$) pozitif bir ilişki bulunmuş, bu ilişkinin K_2O 'nun pH seviyesini artırıcı etkisinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Ayrıca, suda çözünür K_2O ile amonyum azotu arasında ($r=-0.968$, $p=0.007<0.05$) negatif bir ilişki belirlenmiştir. Suda çözünür K_2O miktarının artması, K_2O 'nun pH seviyesini artırıcı etkisi NH_4^+ 'nin NH_3 'e dönüşümüne etki etmiş olabileceği düşünülmektedir.

Tüm gübre türlerinin içerdiği organik madde, toplam N, organik azot, toplam P_2O_5 , suda çözünür K_2O , amonyum azotu ve pH verileri için ortalamalar karşılaştırılmış ve toplam azot ve pH parametreleri hariç sonuçta ortalamalar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($f < f_{ölçüt}$).

Organomineral gübrelerin (OMG) verimlilik ve çevresel etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bu gübrelerin toprak kalitesini ve tarımsal verimi artırmada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Abdulraheem ve diğerleri (2023) çalışmasında, OMG kullanımının kimyevi gübreye kıyasla toprağın organik maddesini, besin içeriğini ve katyon değişim kapasitesini artırdığı tespit edilmiştir. Toprak ve Seferoğlu (2023) ise fosforla zenginleştirilmiş sığır gübresinin kireçli toprak üzerindeki katyon değişim kapasitesini artırarak toplam değişebilir katyon miktarını yükselttiğini ve baz doygunluk oranlarını azalttığını ortaya koymuştur. Audu ve Ipinyomi (2015) Nijerya'da yürüttükleri deneyde, OMG uygulamasının toprak pH'ını, toplam azot seviyesini ve topraktaki fosfor miktarını artırarak pirinç verimini yükselttiğini belirlemiştir. Olaniyi ve diğerleri (2009) organomineral gübre kullanımının salatalık verimini ve büyümesini önemli ölçüde artırdığını ve artan OMG dozuyla birlikte asma uzunluğu ve yaprak sayısının yükseldiğini raporlamıştır. Palalı (2021) Şanlıurfa'da

gerçekleştirdiği çalışmada, OMG uygulamalarının ayçiçeği verimini artırdığını ortaya koymuştur. Shen ve diğerleri (2022) tarafından yapılan araştırmada, OMG kullanımının *Perilla frutescens*'in besin kalitesini artırdığı ve rizosfer mikrobiyal topluluk stabilitesini geliştirdiği gösterilmiştir. Sakarya (2023) tarafından yürütülen deneylerde ise OMG'nin fasulye bitkisinde bitki boyunu ve ilk bakla yüksekliğini artırdığı, verim açısından kimyasal gübrelere benzer sonuçlar verdiği ancak toprağın kimyasal ve fiziksel yapısının iyileştirilmesi açısından avantaj sağladığı belirtilmiştir. Son olarak, Samuel ve diğerleri (2017) Nijerya'da OMG'nin mısır üretimi üzerindeki etkisini inceleyerek bitkinin N, P, K ve mikro besin alımını artırdığını, aynı zamanda mısır bitkisinin boyu, yaprak sayısı, yaprak alanı ve tane verimi üzerinde önemli iyileşmeler sağladığını belirlemiştir. Bu çalışmalar, OMG'nin hem bitki gelişimi ve verimi hem de toprak sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir

OMG gübrelere etkinliğini artırmak ve sürdürülebilir tarıma katkısını en üst düzeye çıkarmak için öncelikle üretimde kullanılan hammaddelerin ağır metal içerikleri titizlikle denetlenmeli, özellikle kadmiyum gibi toksik elementlerin kullanımına yönelik daha sıkı önlemler alınmalıdır. Üretim süreçlerinin iyileştirilmesi için teknolojik yatırımlara ağırlık verilmesi ve organik madde oranını artıracak AR-GE çalışmalarının teşvik edilmesi önemlidir. Çiftçilerin gübrelere doğru kullanımı ve çevreye etkileri konusunda bilinçlendirilmesi, farkındalık kampanyaları ve eğitimlerle desteklenmelidir. Piyasaya sunulan ürünlerin mevzuata uygunluğunun düzenli olarak denetlenmesi kaliteyi artıracaktır. Yerli üreticilere teşvikler sağlanması ve uluslararası iş birliklerinin geliştirilmesi de bu alandaki ekonomik ve çevresel kazanımlar ve sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Abdulraheem, İ., Hu, J., Ahmed, S., Li, L., Naqvi, A. (2023). *Organic fertilizers* (1st Edition). United Kingdom: IntechOpen, 1-20.
- Aktas, M., Ateş, A. (1998). *Bitkilerde Beslenme Bozuklukları Nedenleri Tanınmaları* (Birinci Baskı). Ankara: Engin Yayınevi, 35-40.
- Audu, M., Ipinoyi S. (2015). Influence of Organomineral Fertilizer on Some Chemical Properties of Soil and Growth Performance of Rice (*Oryza sativa* L.) in Sokoto, Sudan Savanna Zone of Nigeria. *Journal of Natural Sciences Research*, 14, 64-68.
- Begon, M., Townsend C. R., Harper, J. L. (2006). *Ecology from Individuals to Ecosystems* (4th Edition). United Kingdom: Wiley, 610-621.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ., Savaşçı, S., Paslı, N. (2001). *Ekoloji-II-Toprak* (Birinci Baskı). Ankara: Başkent Klişe ve Matbaacılık, 212-286.
- Brady, N. C., Weil, R.R. (2008). *The Nature and Properties of Soils* (14th Edition). Newyork: Prentice Hall, 852-860.
- Darrell, A., Russel, G., Williams, G. (1977). History of Chemical Fertilizer Development, *Soil Science Society of America Journal*, 41(2), 260-265.
- Dolgoplova, N., Eremenko, O. (2024). *Complex water-soluble microelements fertilizer effectiveness on grain yields*. BIO Web of Conferences, 113, 10-12.
- Fageria, N. K. (2009). *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Pres, Boca Raton, Florida, New York.
- Grinin, L. E. (2007). Production Revolutions and Periodization of History: A Comparative and Theoretic-mathematical Approach. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 77(2), 150-156.
- İnternet: The International Code of Conduct for the Sustainable Use and Management of Fertilizers, C2019/30, FAO, 2019. URL: <https://www.fao.org/faoterm/viewentry>. Son Erişim Tarihi: 11.10.2024.
- İnternet: Organic farming. URL: <https://www.britannica.com/topic/organic-farming>. Son Erişim Tarihi: 11.08.2024.
- İnternet: Ankara İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. Ankara gübreleme rehberi. Tarım ve Orman Bakanlığı; 2018. URL: <https://ankara.tarimorman.gov.tr>. Son Erişim Tarihi: 05.11.2024.
- Järup. L, (2003). Hazards of heavy metal contamination, *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182.

- Kacar, B., Katkat, V. (2010). *Bitki Besleme*. (5. Baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, 550-620.
- Kantarıcı, M. D. (2000). Toprak İlimi ve Ekoloji, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 50(1), 1-12.
- Karagöz, I. (2021). Fertilization and Fertilizer Types, *Applied Soil Chemistry*, 123-148
- Kocagöz, M. (2022). *Organik ve Kimyasal Gübre Kullanımının Karşılaştırılması: Tekirdağ İlinin Muratlı İlçesi Örneği*. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Köleli, N., Kantar, C. (2005). Fosfat kayası, fosforik asit ve fosforlu gübrelerdeki toksit ağır metal (Cd, Pb, Ni, As) konsantrasyonu. *Ekoloji*, 14(55), 1-5.
- Lamma, O.A, (2018). Assessment of Ground Water Quality at Selected Industrial Areas of Guntur, AP., India. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 6(1), 452-460.
- Li, Y., Shen, Q., An, X., Xie, Y., Liu, X., Lian, B. (2022). Organomineral fertilizer application enhances *Perilla frutescens* nutritional quality and rhizosphere microbial community stability in karst mountain soils. *Frontiers in Microbiology*, 13, 22-41.
- Mikkelsen, R., Schwab, G., Randall, G., (2009). The four fertilizer rights: Selecting the right source. *Crops Soils*, 42, 28–32.
- Olaniyi, J. O., Ogunbiyi, E. M., Alagbe, D. D. (2009). Effects of organo-mineral fertilizers on growth, yield and mineral nutrients uptake in cucumber. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 5(1), 437-442.
- Palalı F. A. (2021). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi Ekolojisinde Organomineral Gübre Uygulamalarının Bazı Ayçiçeği (Helianthus Annus L.) Çeşitlerinde Verim ve Verim Ögelerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Pekcan, T., Çokuysal, B. (2022). Determination of Heavy Metal Contents of Some Liquid Organic and Organomineral Fertilizers Used in Fertigation System. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(2), 387-394.
- Provin, L., McFarland, M. (2023). Essential Nutrients for Plants. *Texas A&M AgriLife Extension Service*, 4(14).
- Sakarya İ. (2023). *Farklı Dozlarda Uygulanan Kimyasal ve Organomineral Gübrelerin Fasulye'de (Phaseolus vulgaris L.) Verim ve Verim Ögeleri Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Sakrabani, R., Garnett, K., Knox, J. W., Rickson, J., Pawlett, M., Falagan, N. (2023). Towards Net Zero in Agriculture: Future Challenges and Opportunities for Arable, Livestock And Protected Cropping Systems in the UK. *Outlook on Agriculture*, 52(2), 116–125.
- Sakrabani, R. (2024). Opportunities and challenges organo-mineral fertiliser can play in enabling food security. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1296351.
- Samuel, A., Adeleye, E., Adejumo, J. O. (2017). Comparative effect of organic, organomineral and mineral fertilizers on soil properties, nutrient uptake, growth and yield of maize (*Zea mays*). *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 2(11), 493-497.
- Taşlıgil, N., Şahin. G. (2012). Türkiye’de Gübre Sanayi. *Akademik Bakış Dergisi*, 29, 1-17.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2018). Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik (Resmî Gazete Sayı: 30341). Resmî Gazete.
- Toprak, S., Seferoğlu, S. (2023). Phosphorus-Enriched Organomineral Fertilizers Affect the Cation Exchange Algorithm of the Soil: A Comparative Evaluation. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 33(2), 298-312.
- Uday, N., Kasturappa, Govinda & N., Bhavya & Murthy, R.. (2023). Heavy Metal Content In Chemical Fertilizers and its Implications on Agroecosystems and Human Health. *Recent Advances in Agricultural Sciences and Technology*, 1748-1759.
- Yanardağ, A. (2022). Heavy Metal Evaluation of Overused Commercial Fertilizers and Their Interactions with Soil Properties. *Journal of Agricultural Production*, 3(2), 58-68.
- Yavuz, K., Toksöz, O., Berber, D. (2023). Topraksız tarım teknolojileri gelecek için sürdürülebilir bir çözüm mü?. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*, 4(3), 157-170.
- Zhou, Z., Zhang, S., Jiang, N., Xiu, W., Zhao, J., and Yang, D. (2022). Effects of organic fertilizer incorporation practices on crops yield, soil quality, and soil fauna feeding activity in the wheat-maize rotation system. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 2292.





Gazili olmak ayrıcalıktır