ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra Dilan HACİRÜSTEMOĞLU

BİYOGAZ TESİSİ KAYNAKLI ORGANİK GÜBRENİN MODEL BİTKİ BUĞDAYIN GELİŞİMİ VE BESİN ELEMENTLERİ ALIMI ÜZERİNE ETKİSİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

ADANA-2021

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOGAZ TESİSİ KAYNAKLI ORGANİK GÜBRENİN MODEL BİTKİ BUĞDAYIN GELİŞİMİ VE BESİN ELEMENTLERİ ALIMI ÜZERİNE ETKİSİ

Kübra Dilan HACİRÜSTEMOĞLU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

Danışman : Doç.Dr. Emin Bülent ERENOĞLU
Yıl: 2021, Sayfa: 59
Jüri : Doç. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU
: Prof.Dr. Mustafa Bülent TORUN
: Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA

Bu Yüksek Lisans Tezi, son yıllarda kullanımı yaygınlaşan organomineral gübrelerin etkinliklertini test etmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla, biyogaz tesisi kaynaklı organik gübre (OG) ile bir arada veya ayrı ayrı yerlere uygulanan azot (N), fosfor (P) ve potasyum(K)un model bitki buğdayın (*Triticum aestivum* L.) gelişimi, besin elementi alımını ortaya koyma düşüncesiyle sera koşullarında saksı denemesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. İki farklı gübre uygulama tekniği (serperek kök derinliğine karıştırma ve yüzey altına) taklit edilip, biyogaz tesisi kökenli organik gübrelerin etkinlikleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bitki besin elementleriyle bir arada (tüm saksıya karıştırma ve özellikle de yüzeyin 5 cm altına) uygulanan OG'nin bitki gelişimi üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu görülmüştür. Yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma şeklindeki uygulamanın etkisi ise en düşük seviyede olmuştur. Yapılan korelasyon analizine göre ise, en yüksek yüzeyin 5 cm altına uygulama olmak üzere, OG uygulamasıyla bitkilerin yeşil aksam kuru ağırlıkları ve P alımları arasında önemli düzeyde ilişkiler bulunmuştur. Korelasyon analizleri sonuçlarına göre en zayıf ilişkiler ise yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma şeklindeki uygulamalarda görülmüştür. Çalışmada, N, P ve K'un tüm saksıya karıştırıldığı, OG'nin ise yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma veya 5 cm altına uygulandığı koşullarda ise OG ve bitki besin elementlerinin bir arada uygulandığı koşullarda tespit edilen özellikle OG uygulaması ve yeşil aksam gelişimi ve P alımı arasındaki ilişkiler ortadan kalkmıştır. Sonuçlar, bitki besin elementleri ile bir arada uygulanan OG'nin bitkilerin P başta olmak üzere besin elementleri alımını iyileştirerek onların kullanım etkinliklerini artırabileceğini göstermiştir. Ancak, çalışmaların tarla koşullarında test edilip, uygulamadaki doğruluklarının da analiz edilmesine ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Organomineral gübreleme, biyogaz tesisi, bitki gelişimi.

ABSTRACT

MSc THESIS

EFFECT OF BIOGAS FACILITY FROM ORGANIC FERTILIZER ON MODEL PLANT WHEAT DEVELOPMENT AND NUTRITIONAL ELEMENTS UPTAKE

Kübra Dilan HACİRÜSTEMOĞLU

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

Supervispr : Assoc. Prof. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU
Yıl: 2021, Sayfa: 59
Jury : Assoc.Prof. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU
: Prof.Dr. Mustafa Bülent TORUN
: Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA

This MSc Thesis aimed to test the effectiveness of organomineral fertilizers, which have been becoming widespread recently. For this purpose, a pot experiment in greenhouse conditions was conducted to test the effect of biogas plant originated organic fertilizer (OF) applied together with nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) or separately on the growth and the nutrient uptake of model plant wheat (*Triticum aestivum* L.). Two different fertilizer application techniques (incorporating to root depth and 5 or 5-10 cm below soil surface) were imitated, and the effectiveness of biogas plant based OF was determined. According to the results obtained, the OF applied together with plant nutrients (mixing in the whole pot and especially to the 5 cm below the surface) had a positive effect on plant growth. The effect of the application in the form of mixing 5-10 cm below the surface was at the lowest level. According to the correlation analysis, very closed positive relationships were found between the OF application to 5 cm below the surface and the shoot dry weight and P uptake. The results of the correlation analysis showed that the weakest relationships were observed in the applications in the form of mixing 5-10 cm below the surface. Opposite to the conditions where the OF and plant nutrients applied together, the relations between OF and the shoot growth and P uptake were disappeared in the treatments in which N, P, and K are mixed in the whole pot and OF is applied 5-10 cm below the surface or applied to the band 5 cm below the surface. The results showed that the OF applied in combination with plant nutrients can increase the nutrient use efficiency of plants by improving the uptake of nutrients, especially P. However, there is a certain need to test these results under field conditions and analyze their accuracy in practice.

Key Words: Organomineral fertilization, biogas plant, plant growth

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bilindiği gibi, dünya nüfusu hızla artmakta ve bununla paralel olarak tarımsal üretimi de artırma zorunluluğuyla karşı karşıyayız. Ayrıca, bu artışı da daha fazla artırma imkanımızın olmadığı tarımsal üretim arazileri üzerinde başarmalıyız. Tarımsal üretim alanlarını artıramamanın yanı sıra, bu alanlar, su kısıtı, yanlış yönetim faaliyetleri, tarımsal kimyasalların doğru-dengeli kullanılmaması gibi nedenlerle verimlilikleri/üretkenliklerini kaybetme durumuyla da karşı karşıyadırlar. Ayrıca, bitkisel üretim sınırlı ve üretimi için enerji gerektiren bitki besin elementlerine de bağlıdır. Bu nedenle hem bitkisel verimi artırmak hem de bitki besin elementleri kaynaklı olası çevresel riskleri minimize etmek günümüz bitki besleme faaliyetlerinin öncelikli hedeflerindendir. Ayrıca, Türkiye topraklarının düşük organik madde içerikleri ve yanlış arazi kullanımları sonucu mevcut organik madde içeriklerinin azalma riski de bitki besleme ve toprak verimliği alanında dikkat edilmesi gereken noktalardır. Hem topraklara organik madde ilave edilerek verimliliklerinin artırılamıyorsa da korunması hem de şehir yaşamı kaynaklı hem de yoğun hayvancılık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan hayvansal artıkların değerlendirilerek çevresel risklerin ortadan kaldırılması günümüz tarımının önce3likli konularından birisidir.

Ülkemizde son yıllarda hem kanalizasyon arıtma tesisleri hem kentsel katı atık arıtma tesisleri hem de yoğun çiftlik hayvancılığı sonucu açığa çıkan katı atıkların değerlendirilmesi için tesisler yaygınlaşmaktadır. Bunların en önemlilerinin başında biyogaz tesisleri gelmektedir. Bu tesislerde, anaerob koşullarda hayvansal katı atıklar ve bitkisel artıklar kullanılarak metan gazı elde edilmekte, çıkan metan gazından da elektrik enerjisi elde edilmektedir. Süreç sonunda arta kalan katı kısımlar ise, belirli bir kompostlama sürecinden sonra organik gübre kaynağı olarak kullanılabilmektedir. Bu kaynak ya doğrudan ya da mineral gübrelerle fiziksel olarak karıştırılmak suretiyle elde edilen daha kararlı mineral gübreler şeklinde bitkisel üretimde kullanılmaktadır.

Ancak yukarıda sözü edilen organik kaynakların bitkisel üretime katkısı ve burada rol oynayan mekanizmalar konusunda hâlâ bilgi eksikliği söz konusudur. Bu düşüncelerle mevcut yüksek lisans tezi planlanarak, olası etkiler ve mekanizmalar konusunda ön bilgilerin toplanması amaçlanmıştır. Bu düşüncelerle, model bitki olarak buğday kullanılarak sera koşullarında bir saksı denemesi planlamıştır. Deneme başlangıçta tek bir deneme olarak planlanmış, sonuçların değerlendirilmesi aşamasında, doğru istatistik modelleri için iki farklı deneme şekline dönüştürülmüştür. Denemenin birinci kısmında tarla koşullarında 0, 25, 50 ve 100 $kg \cdot da^{-1}$ dozunda artan OG ve N (200 $mg \cdot kg^{-1}$), P (100 $mg \cdot kg^{-1}$) ve K (100 $mg \cdot kg^{-1}$) şeklindeki mineral besin elementleri tüm saksıya karıştırma, yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma ve yüzeyin 5 cm altına şeklinde bir arada uygulanmış ve model bitki buğday (*Triticum aestivum* L., Adana-99) 45 gün süresince yetiştirilmiştir. Bu sürenin sonunda, yeşil aksamlar toprak yüzeyinden kesilerek kurutulmuş kuru ağırlıkları alınmış ve dokularındaki N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn belirlenmiştir. Tez çalışmasının ikinci kısmı ise mineral besin elementleri kaynaklarının tüm saksıya karıştırılması ve 0, 25, 50 ve 100 $kg \cdot da^{-1}$ dozunda artan OG'nin ise yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma ve yüzeyin 5 cm altına banda şeklindeki ayrı ayrı uygulanması dışında birinci kısımla aynı olmuştur.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, OG uygulaması her üç dozda, özellikle OG'nin mineral besin elementi kaynaklarıyla bir arada ve tüm saksıya karıştırma ve daha belirgin olmak koşuluyla yüzeyin 5 cm altına uygulamalarında yeşil aksam gelişimini artırmıştır. Bu artış tüm saksıya karıştırma şeklinde uygulamada %10'a, yüzeyin 5 cm altına banda uygulamalarda ise %15'e kadar ulaşmıştır. Mineral besin elementlerinin tüm saksıya karıştırılıp artan dozlarda OG'nin yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma ve yüzeyin 5 cm altına uygulandığı tezin ikinci kısmında ise yüzeyin 5 cm altına OG uygulaması yeşil aksam gelişimini maksimum %10 artırırken, 5-10 cm'e karıştırma şeklindeki uygulama %11-12'lik artışlara neden olmuştur.

Mineral besin elementi kaynaklarının artan OG dozlarıyla bir arada uygulandığı tezin birinci kısmında yeşil aksam dokusundaki P konsantrasyonu hariç, tezde ölçümü yapılan diğer besin elementleri ile OG arasında doğrusal bir ilişki bulunmamıştır. Sadece OG ve mineral besin elementlerinin yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma ve 5 cm altına uygulamalarında OG ilave si yeşil aksam dokularındaki Mg konsantrasyonunu artırmıştır. Artan OG uygulaması, yüzeyin 5-10 cm altına karıştırarak uygulamanın dışındaki iki durumda dokulardaki P konsantrasyonu üzerinde artırıcı bir etkiye sahip olmuştur. Organik gübre uygulamasına bağlı olarak artan yeşil aksam KA'na paralel olarak, dokulardaki besin elementi konsantrasyonları ve yeşil aksam kuru ağrılıklarının çarpımıyla elde edilen saksı başına besin elementi alımı Ca hariç diğer tümünde istatistiki olarak önemli artışlara neden olmuştur.

Azot, P ve K'la beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda OG ile yetiştirilen buğdayın yeşil aksam kuru ağırlığı, N, P ve K konsantrasyonları ve organik gübre dozları arasındaki korelasyon hesaplanmıştır. Hem tüm saksıya karıştırma hem de yüzeyin 5 cm altına uygulamalarda OG dozu ile kuru ağırlık ve P konsantrasyonları arasında minimum %1 seviyesinde önemli bir korelasyon olduğu bulunmuştur.

Tez çalışmasının, OG'nin mineral besin elementlerinden ayrı yerlere uygulandığı ikinci kısmında ise birinci kısımda OG ile arasında ilişki görülen P konsantrasyonu ve bitki başına besin elementleri dahil olmak üzere, hiçbir parametrede önemli bir ilişki bulunmamıştır.

Mevcut tez çalışmasında elde edilen sonuçlar, yaygınlaşan ve uygulama dozları hayvansal gübrelere göre çok daha düşük olan yeni nesil OG kaynaklarının bitki besin elementleriyle bir arada uygulanmasının (organomineral) daha etkin sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir. Özellikle P kullanım etkinliğini artırma noktasında önemli bir potansiyel barındıran OG kaynaklarının, olası bu etkileri konusunda daha detaylı çalışmalara gereksinim vardır. Bu OG kaynaklarının P alımı başta olmak üzere bitki gelişimi ve diğer besin elementleri alımı üzerindeki

olası etkilerinin mekanizmalarının ortaya konmasını sağlayacak çalışmalar da mutlaka yürütülmelidir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU'na; tez çalışmamı dikkatlice okuyarak geliştirilmesi için değerli yorumlarını ve görüşlerini paylaşan jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. Mustafa Bülent TORUN ve Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA'ya; ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Arş. Görevlisi Mehmet IŞIK ve Mert ACAR'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan başta Yüksek Ziraat Mühendisi Ayten DOLANÇAY ve Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ndeki tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Kalite Kontrol Laboratuvarı sorumluları Aylin OLUK ve Hatice YÜCEL'e tüm destekleri için teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşım Melih ONGÜL'e ve Betül AYDEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim. Aynı zamanda tez çalışmalarım süresince tüm sorumluluklarımı paylaşarak beni teşvik eden ve hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ X
ŞEKİLLER DİZİNİ XII
RESİMLER DİZİNİ XVIII
SİMGELER VE KISALTMALAR XX
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Toprak Organik Maddesi 5
2.2. Organik Materyaller (Humik Maddeler) ve Bitkisel Üretim 7
2.3. Organik Kökenli Gübreler 9
2.3.1. Ahır Gübreleri 10
2.3.2. Yeşil Gübreler 10
2.3.3. Atık Su Arıtma Çamurları 11
2.3.4. Biyogaz Tesisi İşleyişi ve Süreç Artığı Gübreler 11
2.4. Gübre Uygulama Teknikleri 13
3. MATERYAL VE METOD (veya benzeri) 15
3.1. Materyal 15
3.1.1. Deney Toprağı 15
3.1.2. Kullanılan Bitki Yetiştirme Saksıları 15
3.1.3. Deneylerde Kullanılan Organik Gübrenin Özellikleri 16
3.1.4. Kullanılan Bitki Materyali 16
3.2. Deneysel Yaklaşım ve İzlenen Yöntembilim 16
3.2.1. Temel Gübreleme 16

3.2.2. Deneysel Yaklaşım ve Değişkenler 17
3.2.3. Deney Hazırlığı ve Süreci 19
3.2.4. Deneysel Gözlemler ve Ölçümler 19
3.2.5. İstatistik 20
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 21
4.1. Araştırma Bulguları 21
4.1.1. Mineral Gübrelerle Aynı Yere Uygulanan Organik Gübrenin Model Bitki Buğday Üzerine Etkisi 21
4.1.1.1. Bitki Büyümesi ve Morfolojik Gözlemler 21
4.1.1.2. Bitkilerin Azotla Beslenmesi 24
4.1.1.3. Bitkilerin Fosforla Beslenmesi 26
4.1.1.4. Bitkilerin Potasyumla Beslenmesi 28
4.1.1.5. Organik Gübre Dozu, Yeşil Aksam Kuru Ağırlığı ve Azot, Fosfor, Potasyum Konsantrasyonları Arasındaki İlişki 30
4.1.1.6. Bitkilerin Kalsiyum ve Magnezyumla Beslenmesi 31
4.1.2. Mineral Gübrelerle Ayrı Yere Uygulanan Organik Gübrenin Model Bitki Buğday Üzerine Etkisi 33
4.1.2.1. Bitki Büyümesi ve Morfolojik Gözlemler 33
4.1.2.2. Bitkilerin Azotla Beslenmesi 36
4.1.2.3. Bitkilerin Fosforla Beslenmesi 38
4.1.2.4. Bitkilerin Potasyumla Beslenmesi 40
4.2. Tartışma 42
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 49
KAYNAKLAR 51
ÖZGEÇMİŞ 59

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Türkiye'de üretilen yıllık organik atık miktarı 3
Çizelge 3.1. Çalışmanın değişkenlerinden fosfor hariç diğer besin elementlerinin uygulama dozları ve kaynakları 16
Çizelge 3.2. Tez çalışmasında kullanılan değişkenler (uygulama dozları veya uygulama şekilleri) 18
Çizelge 4.1. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre ile 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksam kuru ağırlığı, azot, fosfor ve potasyum konsantrasyonları ve organik gübre dozları arasındaki korelasyon. 31
Çizelge 4.2. N, P ve K içeren mineral bitki besleme kaynaklarıyla bir arada farklı yerlere uygulanan artan dozlarda OG'nin buğday bitkisinin yeşil aksamındaki Ca, Mg konsantrasyonları ve bunların yeşil aksam kuru ağırlıklarıyla çarpılması sonucu hesaplanan saksı başına alım değerleri 32

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Toprak organik maddesinin (TOM) toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkisi 5

Şekil 2.2. Geniş bir organik molekül olan humik asit ile fosfor fiksasyonunun ana nedeni olan hidroksi demirin neden olduğu fosfor fiksasyonu arasındaki ilişki. Organik molekülle kaplanan yüzeyin fosfor fiksasyon düzeyi düşer 6

Şekil 3.1. Tez çalışmasında kullanılan saksı tasarımı..... 15

Şekil 3.2. Tez çalışmasındaki saksılarda kullanılan (A) Organik ve kimyasal gübreler saksının tamamına, (B) organik gübre ve kimyasal gübreler yüzeyin 5-10 cm altına, (C) organik gübre ve kimyasal gübreler yüzeyin 5 cm altına, (D) organik gübre yüzeyin 5-10 cm altına, kimyasal gübreler tüpün tamamına ve (E) organik gübre yüzeyin 5 cm altına, kimyasal gübreler tüpün tamamına 18

Şekil 4.1. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksam kuru ağırlıkları (A) ve 0 kg OG·da^{-1} dozuna göre relatif kuru ağırlık artışı (B). Kuru ağırlık kolonları bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklıkları gösterir. Relatif kuru ağırlık artış kolonları kuru ağırlık ortalamalarından hesaplanmış değerlerdir..... 23

Şekil 4.2. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksamlarındaki azot konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir. 24

Şekil 4.3. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın saksı başına azot alımı. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir. 25

Şekil 4.4. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksamlarındaki fosfor konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir

uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir. 26

Şekil 4.5. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın saksı başına fosfor alımı. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir. 27

Şekil 4.6. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksamlarındaki potasyum konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir. 28

Şekil 4.7. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın saksı başına potasyum alımı. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir. 29

Şekil 4.8. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayın yeşil aksam kuru ağırlığı (A) ve organik gübre uygulanmamış bitkilere göre relatif kuru ağırlık değişimi (B). Değerler bağımsız üç tekerrürün ortalaması olup, kuru ağırlık kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder. Relatif kuru ağırlık artış kolonları kuru ağırlık ortalamalarından hesaplanmış değerlerdir. 35

Şekil 4.9. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların yeşil aksamlarındaki azot konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder. 36

Şekil 4.10. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların saksı başına azot alım miktarları. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder. 37

Şekil 4.11. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların yeşil aksamlarındaki fosfor konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder. 38

Şekil 4.12. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların saksı başına fosfor alım miktarları. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder. 39

Şekil 4.13. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların yeşil aksamlarındaki potasyum konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler

varyans analizine ve Duncan'a göre p<0,05 düzeyindeki farklıkları ifade eder. 40
Şekil 4.14. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların saksı başına potasyum alım miktarları. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre p<0,05 düzeyindeki farklıkları ifade eder. 41

RESİMLER DİZİNİ **SAYFA**

Resim 4.1. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğday bitkileri 22

Resim 4.2. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya ve artan dozlarda organik gübrenin farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 Gün süresince yetiştirilen buğday bitkileri 34

SİMGELER VE KISALTMALAR

TOM	:	Toprak organik maddesi
HCI	:	Hidroklorik Asit
SPPS	:	Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı)
OG	:	Organik gübre
$OG \cdot da^{-1}$	:	Organik gübre/dekar
MG	:	Mineral gübre
$kg \cdot da^{-1}$	:	Kilogram/dekar
KA	:	Kuru ağırlık
Pg	:	Teragram
N	:	Azot
K	:	Potasyum
P	:	Fosfor
Ca	:	Kalsiyum
Mg	:	Magnezyum
Fe	:	Demir
Zn	:	Çinko
Cu	:	Bakır
Mn	:	Mangan
OM	:	Organik Madde
HA	:	Humik Asit
FA	:	Fulvik Asit

1. GİRİŞ

Artan nüfusa bağlı olarak, gelecekteki dünya gıda tüketimi göz önüne alındığında, nüfus, azalan kırsal nüfus, gelir seviyesindeki artışlar ile zamanla nüfustaki yoksulluk oranında meydana gelen değişiklikler, artan gıda talebine yol açan ana sosyo-ekonomik faktörleri meydana getirmektedir (FAO, 2009; Msangi ve Rosegrant, 2009). Tüm bunlara ilave olarak, küresel ısınmanın sonucu karşı karşıya kalacağımız üretim daralmaları ve dalgalanmaları da ilave edildiğinde, oldukça karmaşık bir sorunlar yumağının insanoğlunu beklediği görülmektedir. Dünya nüfusunun 2050 yılına gelindiğinde 9 milyar 300 milyon civarında olacağı tahmin edilmektedir (BM, 2011). Nüfusun 6 milyar 900 milyon olduğu 2010 senesi başlangıç olarak alındığında bu yaklaşık olarak %35'lik bir artışa karşılık gelmektedir. Söz konusu artış, daha fazla insan için gıda güvenliği ve sağlıklı beslenme ihtiyacının karşılanması zorunluluğu anlamına gelmektedir. Bu süre içerisinde, bugünkü tüketim alışkanlıklarıyla gıda ihtiyacının ise %70 oranında artacağı tahmin edilmektedir (Bruinsma, 2009). İfade edilen bu artış ise daha fazla tarımsal üretim anlamına gelmektedir. Ve tüm bu artışları ise, sınırlı olan üretim alanlarında, olumsuzlukları halihazırda görülmeye başlanan küresel iklim değişimi ve değişkenliklerinin tehdidi altında başarmak durumundayız.

Bitkisel üretimde geleneksel olarak süregelen kimyasal gübre kullanımı, toprakların verimliliklerini kimyasal yönden desteklemekte, ancak özellikle organik maddenin çok düşük olduğu alanlarda fiziksel ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, özellikle bu toprakların organik maddece de desteklenmesi gerekmektedir.

Bitkisel ve hayvansal atıklardan oluşan toprak organik maddesi, sürdürülebilir toprak yönetimi noktasında; yaygın olarak verimliliğin çok önemli bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bu atıkların parçalanması sonucunda meydana gelen humus; bitkisel ve hayvansal atıkların mikroorganizma aktivitesi ile ayrışma ve parçalanması sonucu oluşan, rengi kahverengiden siyaha kadar

değişebilen oldukça stabil ve homojen bir maddedir. Toprak bilimi terminolojisinde organik madde deyimi ile genellikle humus ifade edilmektedir (Brady ve Weil, 2017).

Toprak organik maddesi, toprakların çok düşük bir yüzdesini oluşturmasına rağmen tarımsal açıdan toprak verimliliğini ve yapısını etkileyen son derece önemli toprak bileşenidir. Humus, topraktaki kil minerallerinin etrafını kaplar, bu sayede kil minerallerinin birbirine bağlanmasını engelleyerek bu moleküllerin değişim kapasitelerini arttırır. Yüksek katyon değişim kapasitesi ile kimyasal gübrelerin bitki tarafından daha iyi kullanımını sağlar ve kök bölgesinden uzaklaşmasını engeller, demir (Fe^{+3}), bakır (Cu^{+2}), çinko (Zn^{+2}) gibi yüksek değerlikli katyonlarla birleşerek şelatlar oluşturur ve bu katyonların yüklerini nötralize ederek bitkiler tarafından alınımlarını kolaylaştırır. Toprakta mikroorganizma faaliyetlerini arttırır. Bu nedenlerden dolayı, son yıllarda, özellikle organik maddesi düşük alanlara toprağa organik madde verilmesi, humus kaynaklarının bitki gelişimi ve toprak özellikleri üzerine etkilerine yönelik araştırmalar hız kazanmıştır.

Ülkemiz topraklarının düşük organik madde içeriği (Sönmez ve ark., 2018) ve azalan hammadde kaynaklarının (Cordell ve ark., 2009) yanında nüfus artışı ve bununla paralel olarak tüketime bağlı olarak artan organik atıkların (EİGM, 2021; Çizelge 1.1) çevresel risklerini minimumda tutacak şekilde değerlendirilmesi gereksinimi, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de organik ve organomineral gübre üretimi ve bu konularda yürütülecek çalışmalara duyulan ihtiyacı artırmaktadır.

Çizelge 1.1. Türkiye'de 2020 yılında üretilen organik atık miktarı (EİGM, 2021)

Atık Cinsi	**Atık Miktarı (ton/yıl)**
Hayvansal Atık	193.878.079
Bitkisel Atık	62.206.754
Belediye Atıkları	32.170.975
TOPLAM (ton/yıl)	**288.255.808**

Doğal organik gübreler ile organomineral gübrelerin kullanımı, sürdürülebilir tarım uygulamalarının omurgalarından birini teşkil etmektedir. Doğal gübrelerin farklı parçalanma ve ayrışma derecesine sahip olmaları, genellikle yavaş parçalanıp ayrışması, kaynağını oluşturan maddeye bağlı olarak içerdikleri besin elementlerinin dağılımının değişken olması nedeniyle organik gübreler farklılık gösterebilmektedir. Organomineral gübreler ise, kimyasal gübrelerde bulunan bitki besin elementlerini ve organik maddeyi beraberce bulundurmakta, böylece besin elementleri içerik bakımından daha standart halde sunulabilmektedir. Organomineral gübrelerde azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kükürt (S) ve Zn gibi bitki besin elementleri ile humik-fulvik asit, kompost veya leonardit kaynaklı organik madde bir arada bulunmakta ve taban gübresi olarak kullanılmaktadır. Organik materyallerin toprak verimliliği üzerine olan olumlu etkilerinden yararlanılarak "organik madde + mineral gübre" şeklinde üretilen organomineral gübrelerin, bir yandan yıkanma ile besin elementlerinin kaybını azaltırken diğer yandan toprağın verimlilik öğelerini kök bölgesinde düzelterek kullanılan mineral besin elementlerinin etkinliğini artırdıkları düşünülmektedir.

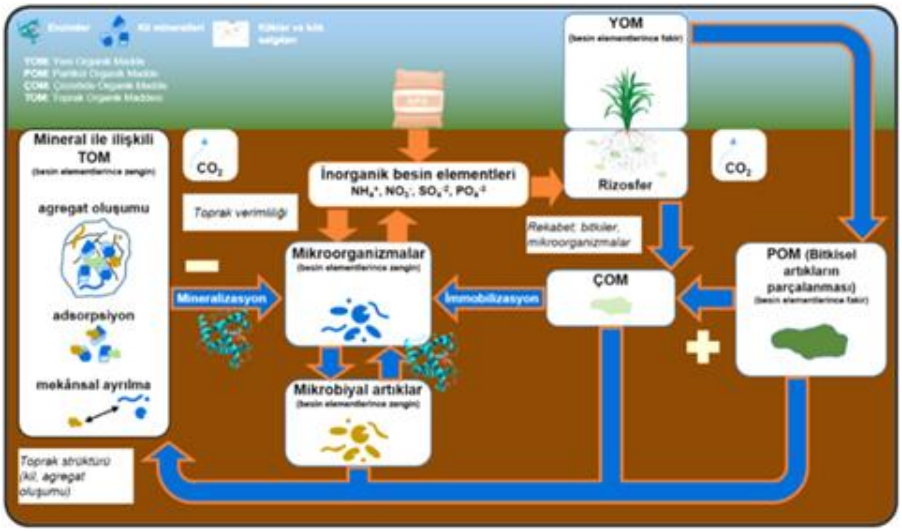
Yukarda açıklanan nedenlerden ötürü, ülkemizde son yıllarda sayıları artmaya başlayan biyogaz tesislerinin artıklarından elde edilerek hem doğrudan hem de organomineral gübre üretiminde kullanılabilen katı organik kısımdan elde edilen organik gübre kullanılarak, sera koşullarında model bitki olarak seçilen buğdayla yürütülen mevcut yüksek lisans tezi planlanmıştır. Çalışma, organik gübrenin 0, 25, 50 ve 100 kg/da seviyelerine karşılık gelecek artan dozları

kullanılmış, N, P ve K dozları ise sabit tutulmuştur. Organik gübre ile N, P ve K kaynakları bir arada veya ayrı olarak tüm saksıya, yüzeyin 5 cm altına ve yüzeyin altındaki 5-10 cm altındaki toprak hacmine karıştırılarak uygulanmıştır. Tez başlangıcında tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanan çalışma, istatistiki hesaplamalardaki kolaylık için iki farklı deneme şeklinde değerlendirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

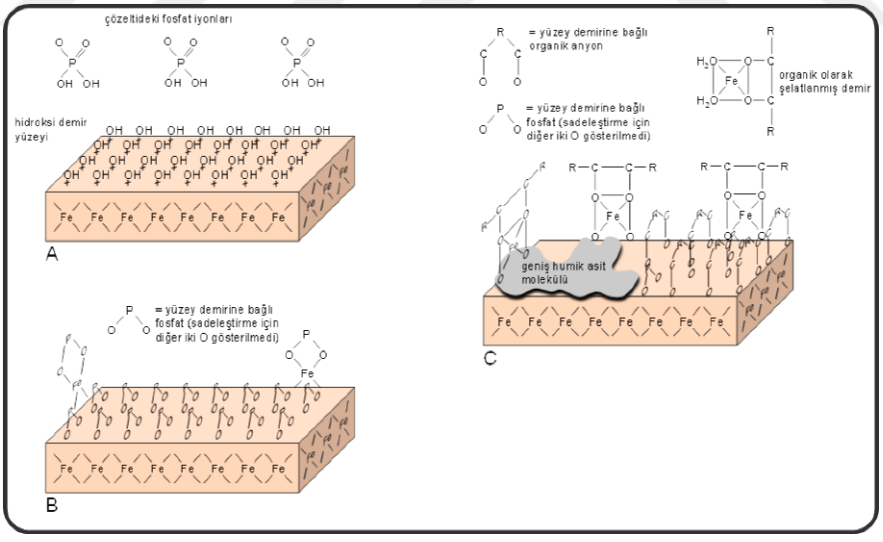
2.1. Toprak Organik Maddesi

Bitki ve hayvanların yaşam döngülerinin sonunda, organik dokularında sahip oldukları bileşenler mineralizasyon sürecinde, mikroorganizmalar yardımıyla parçalanır ve organik madde olarak toprağa geri dönerler. Toprak organik maddesinin (TOM) toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde karmaşık ilişkiler sonucu ortaya çıkan birçok olumlu etkisinin yanında (Şekil 2.1), bitkilerin büyüme ve gelişimleri üzerinde tetikleyici etkisi de vardır (Zandonadi ve Busato, 2012; Baldoto ve ark., 2012; Canellas ve Olivares, 2014; Zandonadi ve ark., 2013). Toprak özellikleri üzerine olan pozitif etkileri yanında, kök gelişiminin iyileşmesi başta olmak üzere bitki fizyolojisi ve büyümesi üzerinde doğrudan etkisi vardır (Canellas ve Olivares, 2014). Bitki ve hayvan artıklarının doğal süreçlerin ardından toprağa dönmelerinin yanında, son yıllarda şehirlerde artan nüfusa bağlı olarak doğadan uzak alanlarda olan tarımsal üretimin ve tüketimin bir sonucu olarak organik atıklarda önemli artışlar da söz konusudur ve bu atıkların doğru yönetimi bilimsel alanda oldukça önemli bir yer işgal etmektedir.



Şekil 2.1. Toprak organik maddesinin (TOM) toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkisi

Ancak ülkemiz toprakları organik maddece fakir olup (Sönmez *ve ark*., 2018), ekonomik, sosyal ve çevresel olarak sürdürülebilirliğe katkı sağlayabildiği sürece mümkün olan en fazla miktarda organik materyalin topraklara, özellikle de üzerinde kültür bitkilerinin yetiştiriciliğinin yapıldığı ve organik maddece fakir olduğu bilinen tarım topraklarına kazandırılması oldukça önemlidir. Her ne kadar, söz konusu geri kazanımın tarım topraklarımızın organik madde içeriğini kalıcı olarak yükseltme olasılığı yok denecek kadar az olsa da bitki kök bölgesindeki organik madde miktarının geçici olarak artırılması mikroorganizma faaliyetlerini artırarak köklerin gelişimlerini, dolayısıyla bitki besin elementi alımlarını ve verimi olumlu yönde etkileyebilir. Rizosferde olan bu değişim sonucu, daha iyi gelişen kökler, fosfor gibi hareketliliği kısıtlı olanlar başta olmak üzere besin elementlerinin de daha etkin biçimde kullanılmasına yardımcı olabilir. Ayrıca, uygulanacak organik maddenin içeriğinde yer alan hümik maddeler de aşağıda detaylandırılacak biçimde fosforun topraktaki fiksasyonunu düşürebileceği de vurgulanmıştır (Brady ve Weil, 2008; Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Geniş bir organik molekül olan humik asit ile fosfor fiksasyonunun ana nedeni olan hidroksi demirin neden olduğu fosfor fiksasyonu arasındaki ilişki. Organik molekülle kaplanan yüzeyin fosfor fiksasyon düzeyi düşer (Brady ve Weil, 2008).

Bununla paralel biçimde, Akdeniz Bölgesi'nin kireçli topraklarında yürütülen bir çalışmada, humik-fulvik asit uygulamasının toprakta mevcut bulunan fosforun yeniden kazanımı konusunda önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir (Delgado ve ark., 2002). Aynı şekilde, Tahir ve arkadaşları (2011) humik asit uygulamasının kalkerli topraklarda yetiştirilen buğdayın fosfor içeriğini arttırdığını belirtmiştir. Sera koşullarında buğdayla yürütülen bir başka çalışmada ise, sıvı formda uygulanan humik-fulvik asit çözeltisinin buğdayın gelişimi veya besin elementleri alımı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir (Erenoğlu ve Dündar, 2020). Bununla birlikte, aynı çalışmada, humik+fulvik asit ile inkübe edilmiş toprakla doldurulmuş kolonda fosfor hareketinin daha iyi olduğu bulunmuştur.

2.2. Organik Materyaller (Humik Maddeler) ve Bitkisel Üretim

Hümik maddeler, toprak organik maddesinin %80'ini oluşturur (Brady ve Weil, 2008). Hümik maddelerdeki en yaygın elementler karbon, oksijen, hidrojen, azot ve kükürttür (Stelink, 2002). Hümik maddelerin çözünürlüklerine bağlı olarak belirlenen üç sınıflandırması vardır; fulvik asit, hümik asit ve humin maddeleri (Pettit, 2019). Hümik asitler ve fulvik asitler sodyum hidroksitte çözünürken huminler çözünemezler (Brady ve Weil, 2008). Sodyum hidroksit içerisinde çözündürüldükten sonra, hümik madde karışımı, fulvik asit kısmını çözündüren ve hümik asit bölümünü çökelten asit ile muamele edilir (Brady ve Weil, 2008). Biyolojik bir bakış açısıyla, hümik maddeler mikrobiyal popülasyonların bileşimini etkileyerek toprak verimliliğini arttırır (Calvo, 2014).
Hümik maddelerin etkinliği, uygulanan maddelerin, topraktaki humik maddelere ne kadar benzediğiyle ilgilidir; bu, maddenin kaynağından ve işlem yöntemlerinden etkilenir (Senesi, 2007). "Toprak humik maddeleri küresel toprak verimliliği ve sağlığı için önemli işlevlere katkıda bulunduğundan, [hümik madde] benzeri fraksiyonların miktarı ne kadar fazla olursa ve bileşimsel, yapısal ve işlevsel özellikleri doğal toprak [hümik maddeler] ile ne kadar benzerlik gösterirse, söz

konusu organik toprak iyileştirici daha bitkisel üretim için daha elverişli, çevresel olarak daha güvenli ve ekonomik açıdan daha değerli olur (Senesi, 2007). İşlenmiş hümik maddeler, doğal toprakta bulunan hümik maddelere kıyasla daha yüksek karbon, hidrojen, azot ve kükürt içeriğine sahip olurlar (Senesi, 2007). Kentsel katı atıkların, kanalizasyon çamurunun, hayvan atıklarının ve gıda üretim atıklarının kompostlanmasından elde edilen humik maddelerin moleküler özellikleri zaman içinde, çeşitli toprak tiplerine uygulandığında, doğal topraktaki hümik maddelerin moleküler özelliklerine daha da benzeyecek biçimde değişme eğilimi gösterirler (Senesi, 2007).

Son yıllarda hem organik atıkların bertaraf edilmeleri hem de topraklara organik madde ilave edilme amacıyla yaygınlaşmaya başlayan organomineral gübrelerin etkinliğinin başlıca nedeni olarak gösterilen içeriğindeki humik maddeler de yukarıda ifade edildiği gibi toprak organik maddesinin ana bileşenlerinden birisidir. Bugüne kadar genellikle, peat ve leonarditten ekstrakte edilerek ya besin elementleriyle zenginleştirilip ya da onlar olmaksızın çeşitli humik maddeleri tabanlı ürünler piyasaya sürülmüştür. Ticari olarak pazarda bulunan humik maddeler kompostlardan, kömürden ve peat'ten ekstrakte edilirler (Quilty ve Cattle, 2011). Sıvı veya granül formlarda temin edilebilirler. Sıvı olanları toprağa veya bitkilerin yapraklarına uygulanırlar (Quilty ve Cattle, 2011). Granüler formdaki humik maddeler toprak yüzeyine serpilerek toprak ile tamamen temas etmesi için karıştırılır (Quilty ve Cattle, 2011). Sıvı olanlarının önerilen uygulama dozları 0,1-3 L/da arasında değişirken, granüler formlarda önerilen dozlar 2,5-40 kg/da arasında değişir (Quilty ve Cattle, 2011).

Organik materyallerin yapısında yer alan humik maddelerin birçok bitkinin gelişimi üzerindeki pozitif etkileri sıklıkla gösterilmiştir (Visser, 1986; Chen ve Aviad, 1990). Birçok çalışmada humik maddelerin hücre membranlarının permeabilitisindeki artışa bağlı olarak besin elementi alımlarını artırdığı; şelatlama ve besinlerin taşınımıyla oksin hormonu benzeri bir etkiye sahip olduğu ve abiyotik stresler kaynaklı zararlanmaların etkilerini düşürdüğü gösterilmiştir (Garcia ve ark.,

2012a,b). Birçok araştırıcı, humik maddelerin belirli düzeylerdeki ilavelerinin hem kök hem de yeşil aksam gelişimini iyileştirebileceğini ve besin elementlerinin alımını teşvik edebileceğini göstermişlerdir.

Laboratuvar çalışmaları humik maddelerin varlığının besin elementlerinin alımını artırabileceğini göstermektedir; bununla birlikte, tarla koşullarında elde edilen sonuçlar ise düzensizlik göstermektedir. Bu durum Rose ve arkadaşlarınca (2014) yapılan meta-analiz çalışması ile de gösterilmiştir. Söz konusu bu meta-analiz çalışmasının sonuçlarına göre, bitkilerin humik maddelere tepkisi genellikle pozitif olduğu halde, birçok çevresel ve yönetim faktöründen etkilendiği gözlenmiştir. Özellikle humik maddelerin kaynağının bitki büyümesinin belirgin biçimde iyileşip iyileşmeyeceği konusunda güçlü bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bitki türü ve stres koşullarının, daha az düzeyde olsa da bitki performanslarını etkileyebileceği ifade edilmiştir. Söz konusu bu faktörlerin kendi aralarındaki ilişkiler ve humik maddelerin uygulama dozları bitki yanıtlarının düzenliliğini azaltır ve böylece ön görülebilir yanıtlar almadaki zorluklara vurgu yapar.

2.3. Organik Kökenli Gübreler

Organik gübreler, hayvansal kökenli materyaller (mezbaha, ölü hayvan artıkları vb), hayvansal dışkılar (gübre), insan dışkısı ve bitkisel materyallerden (örneğin kompost ve mahsul artıkları) türetilen gübrelerdir (Dittmar ve ark., 2009). Ülkemizde son yıllarda yaygınlaşan biyogaz tesislerinden elde edilen materyaller de bu grup içerisinde değerlendirilir. Bu materyallerin, katı organik gübre olarak bitkisel üretimde etkin kullanımlarının sağlanması hem çiftçilerin ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliklerinin sağlanması hem de bu materyallerin çevresel olarak en doğru şekilde kullanımlarına dönük faaliyetlerin yürütülebilmesi açısından oldukça önemlidir.

2.3.1. Ahır Gübreleri

Hayvansal kökenli gübrelerin önemli bir kısmı hayvanların dışkılarından oluşur. Katı çiftlik gübresi veya hayvansal gübre şerbeti (sıvı gübre) hayvansal kökenli gübrelerden en yaygın olanlarıdır (Dittmar ve ark., 2009). Çiftlik gübreleri aynı zamanda, altlık olarak kullanılan ve dışkı ile idrarı da absorbe eden ve çoğunlukla saman olan bitki materyalini de içerir. Şerbet olarak bilinen sıvı haldeki tarımsal gübre, saman altlığı yerine beton veya lataların kullanıldığı daha yoğun hayvancılık faaliyetleri yürütülen sistemlerde üretilirler. Farklı hayvanlardan elde edilen gübrelerin özellikleri de farklıdır ve gübre olarak kullanıldığında farklı uygulama dozları gerektirir. Örneğin süt sığırı, et sığırı, kanatlılar ve domuz kaynaklı hayvansal gübrelerin hepsi farklı özelliklere sahiptir (Magdoff, van Es, 2009). Atlar çoğunlukla ot ve birkaç yabani ot yerler, bu nedenle at gübresi, sığırların yaptığı gibi tohumları sindiremediğinden, ot ve yabani ot tohumları içerebilir. Sığır gübresi, organik karbonun yanı sıra iyi bir nitrojen kaynağıdır. (Bernal ve ark., 2009). Bir kuştan gelen tavuk kumu, nitrojen ve fosfat bakımından çok konsantredir ve her iki özelliği için de değerlidir (Bernal ve ark., 2009; Lustosa Filho ve ark., 2017).

2.3.2. Yeşil Gübreler

Bitkisel üretimde yeşil gübre, kökleri sökülmüş veya yetiştirilen bitki parçalarının malç ve toprak ıslahı işlevi görmeleri için tarlada kurumaya bırakılması sonucu ortaya çıkan materyali ifade eder. Yeşil gübre için kullanılan bitkiler genellikle öncelikle bu amaç için yetiştirilen örtücü bitkilerdir. Tipik olarak, yeşilken veya çiçek açtıktan kısa bir süre sonra toprak altına sürülür ve toprağa karıştırılırlar. Yeşil gübre genellikle organik tarımla ilişkilendirilir ve sürdürülebilir tek yıllık bitki yetiştirme sistemlerinde önemli bir rol oynayabilir. Yeşil gübreler genellikle toprak iyileştirme ve toprak korumayı içeren çok sayıda işlevi yerine getirir. Yonca ve fiğ gibi baklagil yeşil gübreler, bitkilerin kullanabileceği bir biçimde, kök nodüllerinde atmosferik azotu bağlayan

simbiyotik bakteriler içerir. Bu süreç, gübrelemenin hayati işlevini yerine getirir. İstenirse hayvan gübresi de eklenebilir. Yetiştirilen örtücü bitkinin türüne bağlı olarak, toprağa salınan nitrojen miktarı dönüm başına 4-22 kg arasındadır. Yeşil gübre kullanımıyla, daha sonraki kültür bitkisi için mevcut olan azot miktarı, genellikle yeşil gübre mahsulünde bulunan toplam azotun % 40-60'ı aralığındadır (SARE, 2009)

2.3.3. Atık Su Arıtma Çamurları

Arıtma çamuru, atık su arıtma işlemleri sırasında askıda kalan katının çökelmesinden kaynaklanan yarı katı bir artık malzemedir. İki ana atık su çamuru türü tanımlanabilir: askıda katıların ve organiklerin yerçekimsel sedimantasyon yoluyla yakalanmasından kaynaklanan birincil çamur ve organik madde tüketen mikroorganizmaları içeren ikincil çamur. Arıtma çamurunun besin ve organik madde getirmek için kullanılması toprak ve bitkisel üretim için faydalı olabilirken, aynı zamanda içeriğindeki ağır metaller, organik bileşikler ve patojenler gibi kirleticiler nedeniyle bir risk teşkil eder (Lamastra vd., 2018).

2.3.4. Biyogaz Tesisi İşleyişi ve Süreç Artığı Gübreler

Biyogaz tesisinin bulunduğu konum, tesise olabildiğince yakın noktalardan ve mümkün olan en ucuz maliyetle hammadde eldesi için oldukça önemlidir. Tedarik edilen gübre ve diğer organik materyaller öncelikle homojen olarak karıştırılır. Karışım içindeki taş, metal, plastik gibi organik olmayan malzemeler bu karışımdan uzaklaştırıldıktan sonra karışım mümkün olduğunca fiziksel ve hücre bazında parçalanarak çürütücü tanklara beslenmektedir (Tolay, 2008). Bakteriler ve diğer bazı mikroorganizmalar yardımıyla çürütücü içindeki biyokütle ayrıştırılarak fermente edilir. Fermantasyon sürecinin sonunda, metan (%45-70) ve karbondioksit (% 25-55) gazları elde edilir (Tufaner ve ark., 2013). Söz konusu bu faaliyetler sonucunda biyogaz tesislerinden; elektrik, buhar, sıcak su ve gübre elde

edilir. Bu sayede hem atıkların çevresel geri kazanımı sağlanarak bertaraf edilmiş olur hem de aynı atıklardan enerji geri kazanımı sağlanır.

Fermantasyon atıkları ise biyogaz tesisinden elde edilen diğer bir üründür ve bitkisel üretimde yüksek kaliteli bir organik gübre kaynağı olarak kullanılabilir. Ham haldeki sıvı veya katı çiftlik gübresine kıyasla fermantasyon atıkları, bitkisel üretim için daha değerlidir. Ayrıca biyogaz üretim süreci sonucunda elde edilen sıvı gübre, ham çiftlik gübresine oranla daha az yakıcı ve genelde kokusuzdur. Hastalık oluşturucu bakteri ve parazitler de üretim sürecinde çok büyük oranda yok olmaktadır (Türker, 2008).

Anaerobik fermantasyondan sonra geriye kalan atık fermente ürün gübre olarak adlandırılır. Biyogaz tesislerinin birincil ürünü fermente gübredir. Biyogaz tesislerinde çıkan gübre anaerobik ortamda fermente edildiği ve bitkilere veya çevreye zararlı maddelerden arındığı için tarımsal alanlarda kullanılmaktadır.

Hayvan gübresi kararlı hale getirilmeden, geçici olarak depolandığında; gübre içinde bulunan azot bileşikleri kontrolsüz şartlarda bozunarak yaklaşık olarak %50-70'i kaybolmaktadır. Bu ise önemli miktarda besin maddesi kaybı demektir.

Beslemede kullanılan materyalin katı maddesinin yaklaşık %70'ini oluşturan elementler, içerdikleri maddelere bağlı olarak, fermantasyondan sonra miktarları ve yapıları değişmeden kalırlar. Beslenme materyali içerisinde bulunan karbon, oksijen ve hidrojen, anaerobik fermantasyon sırasında, metan ve karbondioksit formunda kaybedilir. Diğer besinler ve elementler korunur. Taze atığa göre içerisinde azot, potasyum ve fosfor, bitkilerin kolaylıkla kullanabileceği formda bulunur.

Biyogaz tesislerinden çıkan gübre (fermente gübre) sıvı formdadır. Tarlaya sıvı formda uygulanabilir. Granül haline getirilebilir. Beton veya toprak havuzlarda doğal kurumaya bırakılabilir.

Fermente olmuş gübrenin fermente olmamışa göre, yetiştirilen bitki türü ve toprak özelliklerine de bağlı olarak, ürün veriminin %10–30 oranında artırdığı

rapor edilmiştir. Hindistan'da fermente gübrenin kullanımı kimyasal gübre kullanımını %30-35 oranında düşürmüştür (Kocar ve Eryasar, 2004; Kocar vd., 2007). Biyogaz üretiminde hayvansal dışkıların kullanılması sonucunda; bitkisel üretimde kullanılabilecek fermente olmuş gübre, enerji kazanımı sağlarken hayvansal atıkların çevreye olan zararları da bertaraf edilmiş olur.

2.4. Gübre Uygulama Teknikleri

Biyogaz tesislerinde gerçekleşen anaerobik özümleme, mikroorganizmaların oksijen yokluğunda biyolojik olarak parçalanabilir materyalleri parçaladığı bir süreçler topluluğudur (Sárvári Horváth ve ark., 2016). Söz konusu süreç, atıkların yönetimini veya yakıt üretimini amaçlayan endüstriyel veya evsel amaçlı olarak kullanılabilir.

Söz konusu bu tesislerden elde edilen organik materyaller pelet veya granül haline getirilerek ya doğrudan ya da mineral gübreler ile fiziksel karışım yoluyla zenginleştirilerek elde edilen ve organomineral gübre olarak isimlendirilen bitki besleme materyalleri olarak pelet veya granül şeklinde bitki yetiştirme ortamlarına uygulanmaktadır. Bu materyallerin uygulanması sırasında çiftçilerin doğru uygulamaları tercih etmeleri, elde edilecek faydanın azamiye taşınması açısından oldukça önemlidir. Yapraktan uygulamalar ve sıvı uygulamaları hariç, kimyasal gübre uygulamalarında kullanılan tekniklerin tamamı katı organik gübrelerin üretimi için de kullanılabilir.

Bilindiği gibi, bitki besin elementlerinin bitki kök bölgesine uygulanması özellikle fosfor ve potasyum gibi topraktaki hareketliliği bir nebze olsun kısıtlı olanları için oldukça önemlidir. O nedenle, söz konusu besin elementlerini içeren gübreler tarla bitkilerinde ya toprak yüzeyine serpildikten sonra toprak ile tamamen karıştırılır ya da ekim esnasında tohumun birkaç cm yanına ve birkaç cm aşağısına gelecek şekilde uygulanır ki büyüyen köklerin bu besin elementlerini etkin şekilde almaları sağlanır. Buğday gibi tahılların yetiştiriciliğinde üreticiler genellikle iki farklı ekim tekniği kullanırlar ki bu ekim tekniklerinin fosforun kullanım

etkinliklerini etkilediği bilinmektedir. Ülkemizde ağırlıklı olarak tahıl üretiminde tohumu ve taban gübresini toprak yüzeyine serperek toprağa karıştırma tekniği kullanılır ve bu durumda, fosfor kullanım etkinliğinin düşmesi söz konusudur. Bu nedenle, organik materyallerin veya organomineral gübrelerin uygulamalarında da benzer tekniğin kullanılması beklenmelidir.

Ayrıca, kombine uygulama aletlerinin kullanılmadığı diğer pamuk, mısır gibi bitkilerde de taban gübrelerinin son toprak işleme öncesinde toprak yüzeyine serpilerek karıştırma şeklinde uygulaması söz konusudur. Zaten çok az miktarlarda uygulanan endüstriyel kaynaklı organik gübrelerin mümkün olduğunca bitki kök bölgesine yakın bölgelere uygulanmasının (banda lokalize) söz konusu bu gübrelerin etkinliklerini azami düzeylere çekebileceği, fosfor gibi hareketliliği düşük olan besin elementlerinin yarayışlılığını artırabileceği düşünülebilir

3. MATERYAL VE METOD

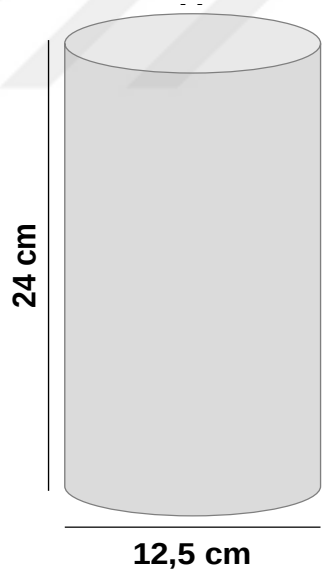
3.1. Materyal

3.1.1. Deney Toprağı

Çalışmada, Çukurova Bölgesi topraklarını temsil edecek biçimde organik madde içeriği düşük (%1,17), pH'sı (7,63), kireci (%27,2) ve kil içeriği (%54,8) yüksek olan Arık Serisi toprağı kullanılmıştır. Araziden alınan toprak kurutulduktan sonra elenerek denemeye hazır hale getirilmiştir.

3.1.2. Kullanılan Bitki Yetiştirme Saksıları

Çalışmada kullanılan saksılar 12,5 cm çapa (Ø) sahip pvc borulardan elde edilmiştir. Borular 24'er cm olarak kesilmiş, tabanları, üzerlerine delikler açılan pvc materyal ile kapatılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1.Tez çalışmasında kullanılan saksı tasarımı

3.1.3. Deneylerde Kullanılan Organik Gübrenin Özellikleri

Çalışmada kullanılan organik gübre kaynağı özel sektöre ait bir biyogaz tesisinden elde edilerek kompostlaştırılmış bir materyal olup, C/N oranı 15,6 olan ve içeriğinde %53 organik madde, %20 humik+fulvik asit, %1,98 azot, %,3,02 fosfor (P_2O_5) ve %0,91 potasyum (K_2O) bulunan granül formunda bir olup, uygulamalar öğütüldükten sonra yapılmıştır.

3.1.4. Kullanılan Bitki Materyali

Çalışmalarda model bitki olarak yörede yoğun biçimde yetiştiriciliği yapılan ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşidi Adana-99 kullanılmıştır.

3.2. Deneysel Yaklaşım ve İzlenen Yöntembilim

3.2.1. Temel Gübreleme

Deneyde kullanılan azot (N), fosfor (P), potasyum (K) dozları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Toprağa ayrıca Çizelge 3.1'de verilmiş olan dozda ve yine aynı çizelge verilen kaynaklar kullanılarak mikro besin elementleri de ilave edilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmanın değişkenlerinden fosfor hariç diğer besin elementlerinin uygulama dozları ve kaynakları

Besin Elementi	Besin Elementi Kaynağı	Uygulanacak Besin Elementi Dozu
		$mg \cdot kg^{-1}$ toprak
N	Üre	200
P	TSP	100
K	K_2SO_4	100

3.2.2. Deneysel Yaklaşım ve Değişkenler

Deneysel Yaklaşım: Arazi koşullarında ve farklı bitkiler ile yürütülmesi düşünülen detaylı çalışmalara ön hazırlık olması düşüncesiyle yürütülmesi planlanan bu ön çalışmadaki deneyler kontrollü sera koşullarında saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Bu düşünceler ile daha önce izah edildiği şekilde hazırlanan pvc saksılara, onları 20 cm yüksekliğe kadar dolduracak kütleye sahip toprak tartılmıştır. Buradaki gerekli toprak kütlesi kullanılacak silindirik saksılara istinaden, 20 cm yüksekliğinde bir toprak elde etmek için

$$Hacim\,(cm^3) = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

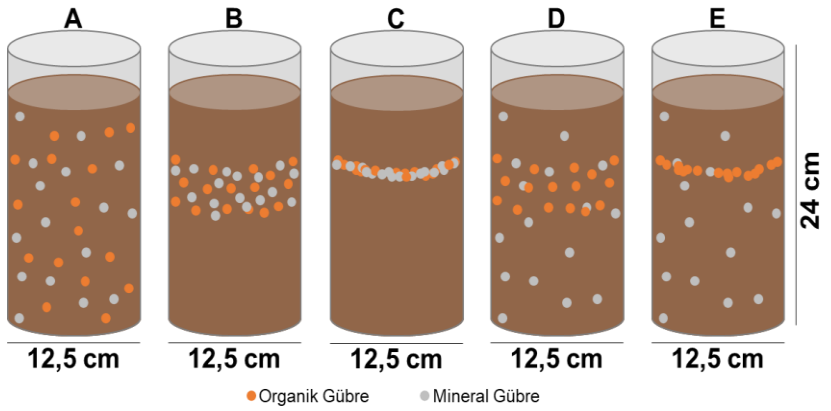
formülünden hesaplanarak gerekli toprak hacminin, hesaplanacak hacim ağırlığı ile çarpılması ile belirlenmiştir. Saksılarda kullanılan toprak kütlesi 3 kg'dır.

Deneysel Değişkenler: Denemede kullanılan değişkenlere ait detaylar Çizelge 3.2'de verilmiş ve gübre uygulama yerleri ise Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Denemede saksılara değişen dozlarda organik gübre ve kimyasal gübreler farklı şekillerde uygulanmış ve bitki performansı ve toprakta hareketliliği kısıtlı olan fosfor başta olmak üzere besin elementi alımı üzerine etkileri test edilmiştir. Çizelge 3.2'de gösterildiği gibi, deneme 4 farklı organik gübre dozu, 5 farklı gübre uygulama şekli ve 3 tekerrür şeklinde yürütülmüştür.

Kullanılacak organik gübre dozları piyasadan sağlanacak gübrenin üretici tarafından buğday için önerilen 50-75 kg/da dozunu kapsayacak şekilde belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Tez çalışmasında kullanılan değişkenler (uygulama dozları veya uygulama şekilleri)

Organik gübre dozu kg OG/da (mg OG/kg toprak)	Gübre uygulama şekli
0 (0) 25 (111) 50 (222) 100 (444)	A. organik ve kimyasal gübreler saksının tamamına, B. organik gübre ve kimyasal gübreler yüzeyin 5-10 cm altına C. organik gübre ve kimyasal gübreler yüzeyin 5 cm altına D. organik gübre yüzeyin 5-10 cm altına, kimyasal gübreler tüpün tamamına, E. organik gübre yüzeyin 5 cm altına, kimyasal gübreler tüpün tamamına



Şekil 3.2. Tez çalışmasındaki saksılarda kullanılan (A) Organik ve kimyasal gübreler saksının tamamına, (B) organik gübre ve kimyasal gübreler yüzeyin 5-10 cm altına, (C) organik gübre ve kimyasal gübreler yüzeyin 5 cm altına, (D) organik gübre yüzeyin 5-10 cm altına, kimyasal gübreler tüpün tamamına ve (E) organik gübre yüzeyin 5 cm altına, kimyasal gübreler tüpün tamamına

3.2.3. Deney Hazırlığı ve Süreci

Denemede kullanılacak değişkenlerden olan farklı organik gübre dozları ve N, P ve K içeren kimyasal gübreler, toprakta uygulama sırasında ortaya çıkabilece3k mekânsal yarayışlılık farklılıklarını ortadan kaldırma amacıyla öğütülerek toz formunda uygulanmıştır. Her bir saksıya 12'şer ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Adana-99) tohumu ekilmiş ve çimlendikten sonra homojen filizlerden 6 tanesi bırakılmıştır. Saksılar ilk hafta tarla kapasitesinin %50, ikinci hafta tarla kapasitesinin %75'inde, daha sonraki süreçte ise %100'ünde düzenli biçimde tartılarak sulanmıştır.

3.2.4. Deneysel Gözlemler ve Ölçümler

Deneysel süreç boyunca bitkilerin yeşil aksam gelişimleri gözlenerek, varsa uygulamalar arasındaki olası farklar not edilmiştir. Yeşil aksamlar 45 gün sonunda hasat edilerek 65^{o}C'lık etüvde iki gün süresince kurutulmuştur. Daha sonra kuru ağırlıkları alınarak ve mineral element analizlerinde kullanılma aşamasına hazır hale getirmek için öğütücü de öğütülmüştür.

Öğütülen örneklerden 0,2 gram cam kruvazelere tartılarak fırında yakma işlemine yapılmıştır. Daha sonra kül haline gelen örneklerin üzerine 18 ml saf su ve 2 ml 1/3'lük HCI eklenip süzük alınmıştır. Alınan süzüklerden mikro element (Cu,Zn,Fe,Mn) ve K, Ca, Mg okumaları atomik absorpsiyon aleti ile yapılmıştır. Bakır, Zn, Fe, Mn, Ca, Mg 1 kat seyreltilmiştir. Potasyum ise 10 kat seyreltilerek okuma yapılmıştır.

Süzüklerden P (fosfor) tayini için 0.2 ml cam tüplere çekilip üzerlerine 9,8 ml saf su ve 2 ml boya çözeltisi eklenmiştir. (50 ml boya çözeltisi için ; 15 ml saf su, 0,264 gr Askorbik asit, 25 ml 5 N sülfirik asit (H_2SO^4), 7,5 ml Amonyum molibdat, 2,5 ml PAT gereklidir). Hazırlanan numuneler 882 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur.

N (Azot) tayini için; 1 gr bitki örneği tüplere tartılmıştır. Tartılan örneklerin üzerine 1 katalizör tableti ve 12 ml sülfirik asit eklenmiştir. Hazırlanan

numuneler yakma setinde 2 saat yakılmıştır. Yakılan numunelerin destilasyon aletinde okumaları yapılmıştır.

3.2.5. İstatistik

Tek bir deneme olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar deneme sonunda, organik ve kimyasal gübrelerin bir arada farklı noktalara uygulandığı A, B ve C uygulamaları için ve D ve E uygulamaları için iki ayrı deneme şeklinde değerlendirilmiş ve ayrı ayrı istatistiki analize tabi tutulmuştur. Organik gübrelerin bir arada ancak saksının farklı noktalarına uygulandığı A, B ve C uygulamaları için 4 farklı organik gübre dozu ve 3 farklı uygulama yeri dikkate alınarak SPPS kullanılarak iki yönlü varyans analizi yapılmıştır. Kimyasal gübrelerin tüm saksıya, artan dozlarda organik gübrenin (25, 50 ve 100 kg/da) ise onlardan farklık olarak 5-10 cm'e veya 5 cm'e uygulandığı D ve E uygulamaları ise organik ve kimyasal gübrelerin bir arada uygulandığı A uygulamasının 0 OG kg/da dozunun da dahil edilmesiyle yine SPSS yardımıyla tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuştur.

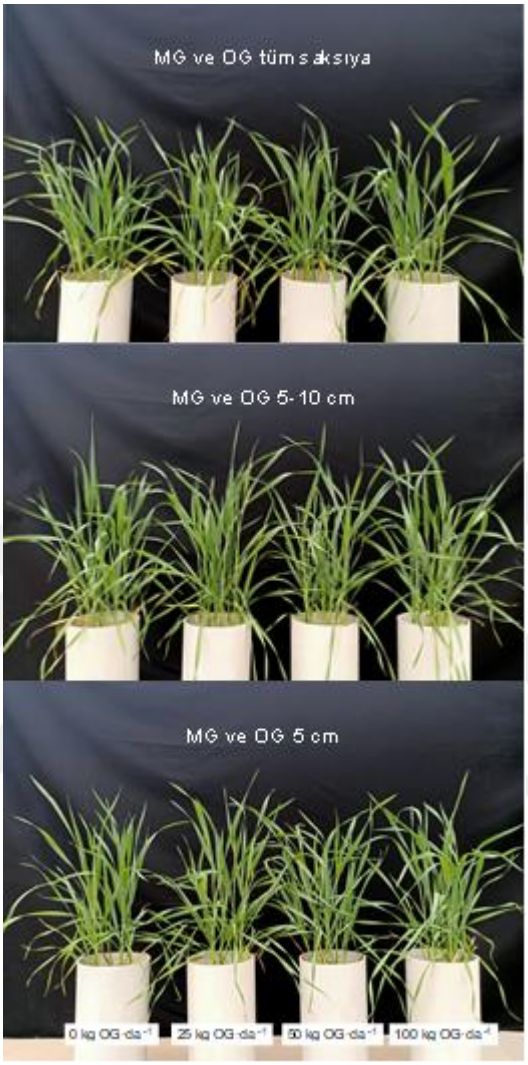
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Bulguları

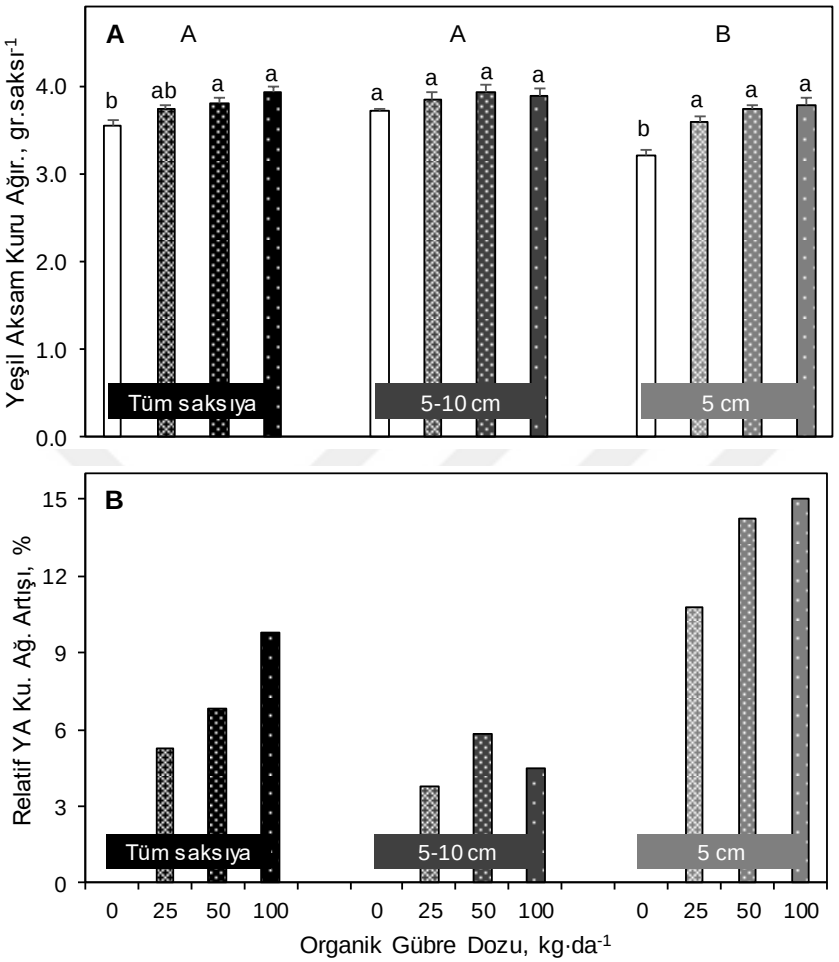
4.1.1. Mineral Gübrelerle Aynı Yere Uygulanan Organik Gübrenin Model Bitki Buğday Üzerine Etkisi

4.1.1.1. Bitki Büyümesi ve Morfolojik Gözlemler

Sunulan bu tez çalışmasının ilk kısmında, artan dozlarda uygulanan OG'nin, N, P ve K içeren gübre kaynaklarıyla bir arada ancak farklı kısımlara uygulandığı saksılarda model bitki olarak buğday yetiştirilmiştir (Resim 4.1). Buğday yetiştiriciliğinde, pratikte 50-75 kg OG·da^{-1} dozunda uygulanan organik gübrenin bu dozlarını kapsayacak biçimde 0-100 kg OG·da^{-1} arasında değişen dozları uygulanmıştır. Ortalama değerler olarak bakıldığında, yüzeyin 5 cm altına uygulama en düşük yeşil aksam gelişimine neden olmuştur (Şekil 4.1A). Tüm saksıya karıştırma veya yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma arasında fark görülmemiştir. Yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma şeklinde uygulanan organik gübrenin artan dozlarının buğdayın yeşil aksam gelişimi üzerime olumlu bir etkisi görülmüş olsa da bu etki istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.1A, B). Bunun tam tersine hem tüm saksıya karıştırma hem de yüzeyin 5 cm altına uygulama şekli artan dozlarda OG sayesinde yeşil aksam gelişiminde istatistiki olarak önemli artışlara neden olmuştur. Ancak yeşil aksam gelişimindeki en belirgin artışlar MG ve OG'nin yüzeyin 5 cm altına uygulandığı durumda elde edilmiştir (Şekil 4.1B). Her iki uygulama şeklinde de her ne kadar, 100 kg OG·da^{-1} dozunda en yüksek gelişimler elde edilmiş olsa da bu durum 25 ve 50 kg OG·da^{-1} dozlarına göre istatistiki anlamda net farklılıklara neden olmamıştır. Yüzeyin 5-10 cm altına MG'lerle beraber uygulanan OG'de 50 kg OG·da^{-1} dozunda 0 kg·da^{-1} dozuna göre istatistiki olarak önemli düzeyde artış gözlenmişken, yüzeyin 5 cm altına yapılan uygulamalarda 25 kg OG·da^{-1} dozu yeter doz olarak ön plana çıkmıştır.



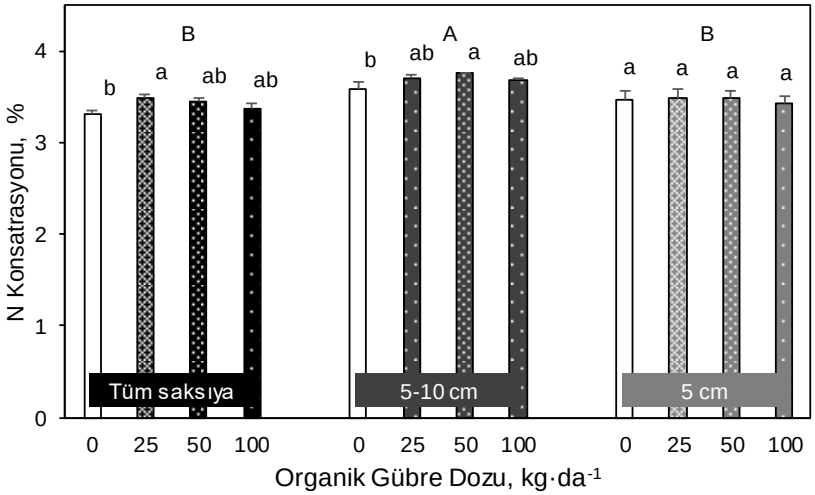
Resim 4.1. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğday bitkileri



Şekil 4.1. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksam kuru ağırlıkları (A) ve 0 kg OG·da^{-1} dozuna göre relatif kuru ağırlık artışı (B). Kuru ağırlık kolonları bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklıkları gösterir. Relatif kuru ağırlık artış kolonları kuru ağırlık ortalamalarından hesaplanmış değerlerdir.

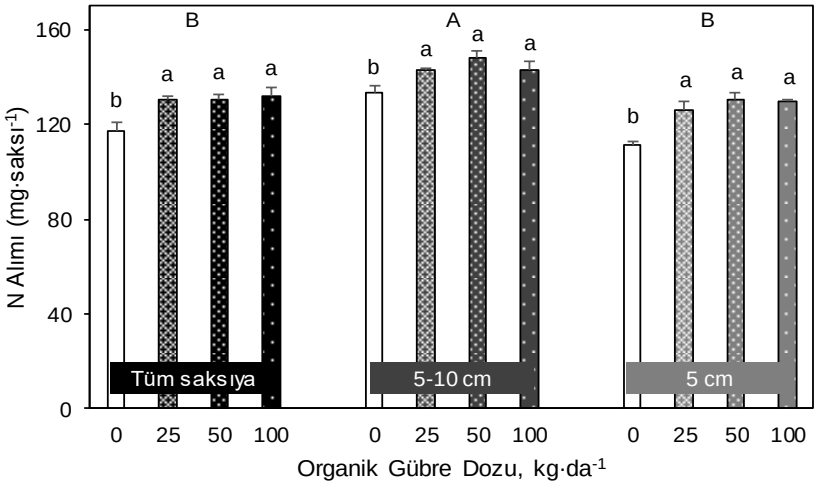
4.1.1.2. Bitkilerin Azotla Beslenmesi

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi, genel olarak, mineral N, P ve K kaynaklarıyla beraber farklı yerlere uygulanan artan dozlarda OG uygulamasının buğday bitkisinin yeşil aksam dokularındaki azot içerikleri üzerine istatistiki anlamda önemli bir etkisi olmamıştır. Ancak uygulama yerleri dikkate alındığında ise en yüksek ortalama değerlerin MG ve OG'nin yüzeyin 5-10 cm altına uygulandığı durumda elde edildiği görülmüştür.



Şekil 4.2. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksamlarındaki azot konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir.

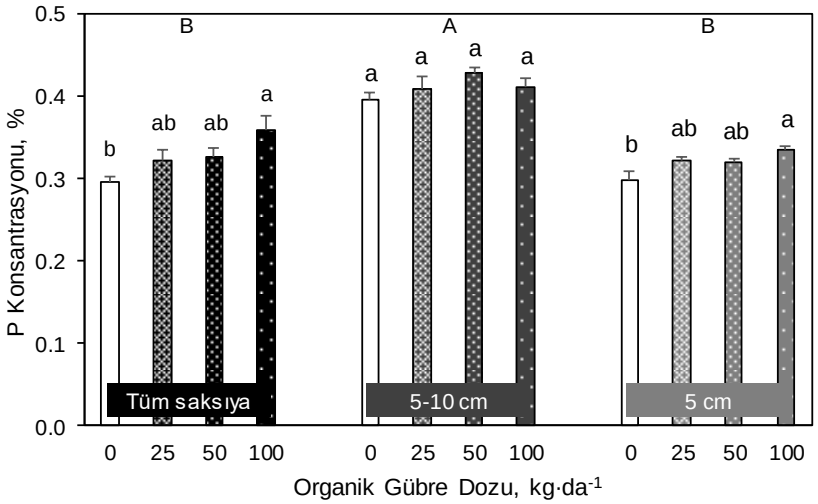
Şekil 4.3'te ise, mineral N, P ve K kaynaklarıyla beraber farklı yerlere uygulanan artan dozlarda OG uygulamasının buğday bitkisinin yeşil aksamındaki, dokulardaki azot konsantrasyonlarının yeşil aksam kuru ağırlıklarıyla çarpılması sonucu elde edilen saksı başına N alım değerleri gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, uygulama yerleri dikkate alındığında saksı başına en yüksek N alım değerleri ortalaması yüzeyin 5-10 cm altına uygulanan gübrelerin olduğu durumda elde edilmiştir. Organik gübre uygulanmamış saksılarla karşılaştırıldığında her üç OG dozunda da saksı başına azot alım miktarları artmış ve aralarında istatistiki olarak farklar görülmemiştir.



Şekil 4.3. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın saksı başına azot alımı. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir.

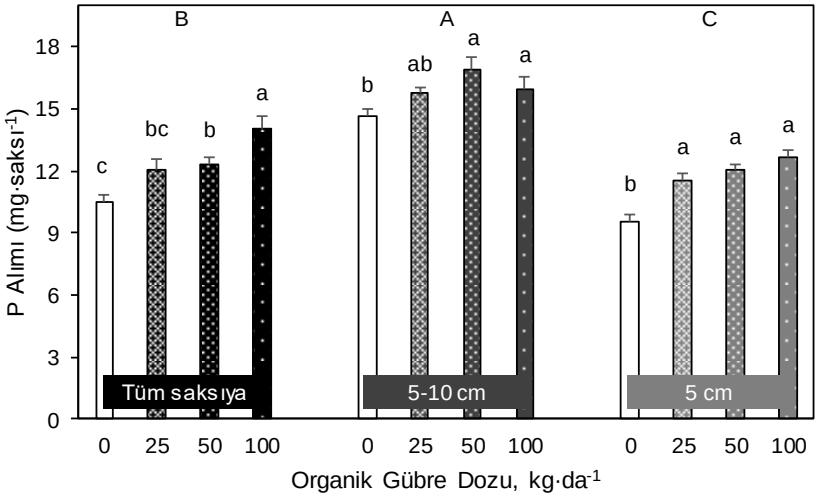
4.1.1.3. Bitkilerin Fosforla Beslenmesi

Şekil 4.4'de görüleceği üzere, mineral N, P ve K içeren gübrelerle beraber farklı yerlere uygulanan artan dozlarda OG uygulamasının buğday bitkisinin birim yeşil aksam ağırlığındaki P içerikleri üzerine istatistiki anlamda önemli etkileri olmuştur. Tüm saksıya ve yüzeyin 5 cm altına uygulamalarda artan dozlarda OG yeşil aksam P konsantrasyonu kontrol sasılarına göre önemli düzeyde artırmıştır. Yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma şeklindeki uygulamada ise artan organik maddenin P konsantrasyonu üzerine herhangi bir etkisi olmamıştır. Uygulama yerleri dikkate alındığında ise en yüksek ortalama değerlerin MG ve OG'nin yüzeyin 5-10 cm altına uygulandığı durumda elde edildiği görülmüştür.



Şekil 4.4. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksamlarındaki fosfor konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir.

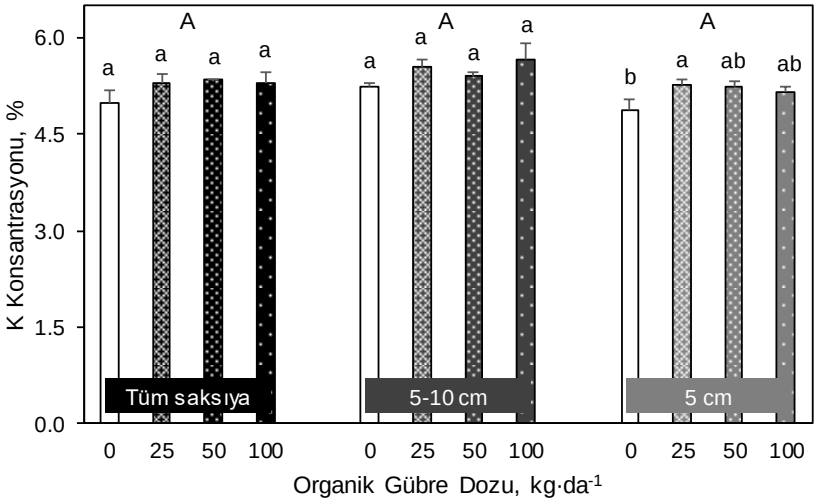
Şekil 4.5'te ise, mineral N, P ve K kaynaklarıyla beraber farklı yerlere uygulanan artan OG'nin buğday bitkisinin yeşil aksam dokularındaki P konsantrasyonlarının yeşil aksam kuru ağırlıklarıyla çarpılması sonucu hesaplanan saksı başına P alımları yer almaktadır. Görüldüğü gibi, uygulama yerleri dikkate alındığında saksı başına en yüksek P alım değerleri ortalaması yüzeyin 5-10 cm altına uygulamalarla elde edilmiştir; bunu, tüm saksıya karıştırma şeklinde uygulama takip etmiştir. Artan organik gübre uygulaması her üç uygulamada da saksı başına P alımlarını artırmış, ancak sonuçlar tüm saksıya ve yüzeyin 5 cm altına uygulamalarında istatistiki olarak daha önemli olmuştur.



Şekil 4.5. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın saksı başına fosfor alımı. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir.

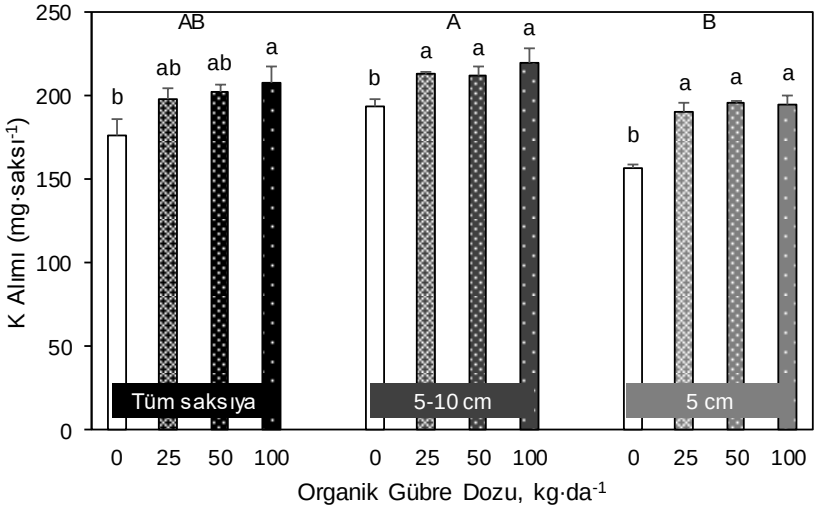
4.1.1.4. Bitkilerin Potasyumla Beslenmesi

Şekil 4.6'da sunulan sonuçlarda görüleceği gibi, N, P ve K içeren mineral gübrelerle bir arada farklı yerlere uygulanan artan dozlarda OG'nin buğday bitkisinin birim yeşil aksam K konsantrasyonları herhangi bir etkisi olmamıştır. Tüm saksıya, yüzeyin 5-10 cm altına ve 5 cm altına uygulamalar sonucu ölçülen K değerlerinin, farklı organik gübre dozundaki ortalama değerleri arasında da herhangi bir fark görülmemiştir.



Şekil 4.6. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksamlarındaki potasyum konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir.

Azot, P ve K'lu mineral gübre kaynaklarının artan OG dozlarıyla bir arada ancak farklı yerlere uygulamasının buğday bitkisinin yeşil aksam dokularındaki K konsantrasyonları ile yeşil aksam kuru ağırlıklarının çarpılması sonucu hesaplanan saksı başına K alımları Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Görüleceği üzere, uygulama yerleri dikkate alındığında saksı başına en fazla K alımı yüzeyin 5-10 cm altına olan uygulamalarda gözlenmiştir; bunu, tüm saksıya karıştırılan uygulama takip etmiştir. Artan organik gübre uygulaması her üç uygulamada da K alımlarını artırmıştır.



Şekil 4.7. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre uygulamasıyla 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın saksı başına potasyum alımı. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, üzerlerindeki küçük harfler her bir uygulama yeri için yapılan varyans analizi ve Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. Büyük harfler ise farklı uygulama yeri (UY) ve organik gübre dozlarının (OGD) değişken olduğu Çift Yönlü Varyans Analizi ve Duncan'a göre uygulama yerleri arasındaki 0,05 düzeyindeki farklılıkları gösterir.

4.1.1.5. Organik Gübre Dozu, Yeşil Aksam Kuru Ağırlığı ve Azot, Fosfor, Potasyum Konsantrasyonları Arasındaki İlişki

Uygulanan OG dozu ve yeşil akam kuru ağırlığı (KA), N, P ve K konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Burada görüleceği üzere 5-10 cm arası toprağa karıştırma şeklinde uygulanan OG ve N, P ve K içeren gübreler sonucu elde edilen KA, N, P ve K konsantrasyonları arasında istatistiki anlamda önemli ilişkiler görülmemiştir. Sadece N ve P konsantrasyonları 0,01 seviyesinde ilişkili bulunmuştur. Tüm saksıya karıştırma ve yüzeyin 5 cm altına uygulamalarda OG dozu ve KA, P konsantrasyonları arasında 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri bulunmuştur. Bu uygulamalarda OG dozu ve N, K konsantrasyonları arasında pozitif herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir.

Çizelge 4.1. Azot, fosfor ve potasyumla beraber farklı yerlere (tüm saksıya, yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulanan artan dozlarda organik gübre ile 45 gün süresince saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksam kuru ağırlığı, azot, fosfor ve potasyum konsantrasyonları ve organik gübre dozları arasındaki korelasyon.

Gübre Uygulama Yeri	Faktör	OGD	KA	N	P	K
	OGD	-				
	KA	**0,813****	-			
Tüm saksıya	N	0,107	0,114	-		
	P	**0,721****	0,156	0,164	-	
	K	0,426	**0,645***	0,225	0,396	-
	OGD	-				
	KA	0,502	-			
5-10 cm	N	0,411	0,281	-		
	P	0,388	0,331	**0,724****	-	
	K	0,497	0,019	0,108	0,481	-
	OGD	-				
	KA	**0,854****	-			
5 cm	N	-0,110	-0,239	-		
	P	**0,781****	**0,643***	0,005	-	
	K	0,435	0,490	**0,578***	0,482	-

**. Korelasyon 0,01 seviyesinde önemli

*. Korelasyon 0,05 seviyesinde önemli

4.1.1.6. Bitkilerin Kalsiyum ve Magnezyumla Beslenmesi

Çizelge 4.2'de, N, P ve K içeren mineral bitki besleme kaynaklarıyla bir arada farklı yerlere uygulanan artan dozlarda OG'nin buğday bitkisinin yeşil aksamındaki Ca, Mg konsantrasyonları ve bunların yeşil aksam kuru ağırlıklarıyla çarpılması sonucu hesaplanan saksı başına alım değerleri yer almaktadır. Burada görüleceği üzere, organik gübre uygulamasının Ca konsantrasyonu üzerine herhangi bir etkisi yok iken, Mg konsantrasyonunu tüm saksıya karıştırma dışındaki her iki uygulama yerinde de dozdan bağımsız olarak artırmıştır. Organik

gübreden bağımsız olarak, en düşük ortalama Ca konsantrasyonları yüzeyin 5-10 cm altına uygulamalarda ölçülmüştür.

Kalsiyum ve magnezyumun saksı başına alım değerleri dikkate alındığında ise, OG uygulamalarının kalsiyum alımı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı, konsantrasyon değerlerine paralel olarak tüm saksıya karıştırma uygulaması hariç diğer iki uygulamada dozdan bağımsız olarak organik gübrenin Mg alımını artırdığı görülmüştür.

Çizelge 4.2. N, P ve K içeren mineral bitki besleme kaynaklarıyla bir arada farklı yerlere uygulanan artan dozlarda OG'nin buğday bitkisinin yeşil aksamındaki Ca, Mg konsantrasyonları ve bunların yeşil aksam kuru ağırlıklarıyla çarpılması sonucu hesaplanan saksı başına alım değerleri

Gübre Uygulama Yeri	OG Dozu kg·da^{-1}	Konsantrasyon, %				Alım, mg·saksı$^{-1}$			
		Ca		Mg		Ca		Mg	
Tüm Saksıya	0	0,15 *a*	*A*	0,37 *a*	*A*	5,37 *a*	*A*	13,0 *b*	*AB*
	25	0,16 *a*		0,39 *a*		6,03 *a*		14,6 *ab*	
	50	0,16 *a*		0,41 *a*		6,17 *a*		15,5 *a*	
	100	0,15 *a*		0,37 *a*		5,77 *a*		14,7 *ab*	
5-10 cm	0	0,15 *a*	*B*	0,34 *b*	*A*	5,45 *a*	*B*	12,7 *b*	*A*
	25	0,14 *a*		0,40 *a*		5,32 *a*		15,5 *a*	
	50	0,14 *a*		0,42 *a*		5,36 *a*		16,3 *a*	
	100	0,13 *a*		0,41 *a*		5,25 *a*		15,8 *a*	
5 cm	0	0,16 *a*	*A*	0,33 *b*	*A*	5,01 *b*	*AB*	10,6 *b*	*B*
	25	0,16 *a*		0,41 *a*		5,82 *a*		14,9 *a*	
	50	0,15 *a*		0,41 *a*		5,43 *ab*		15,4 *a*	
	100	0,16 *a*		0,41 *a*		5,60 *a*		15,3 *a*	
						Önem			
UY		***		*öd*		*		*	
OGD		*öd*		***		*öd*		***	
UYxOGD		*öd*		*öd*		*öd*		*öd*	

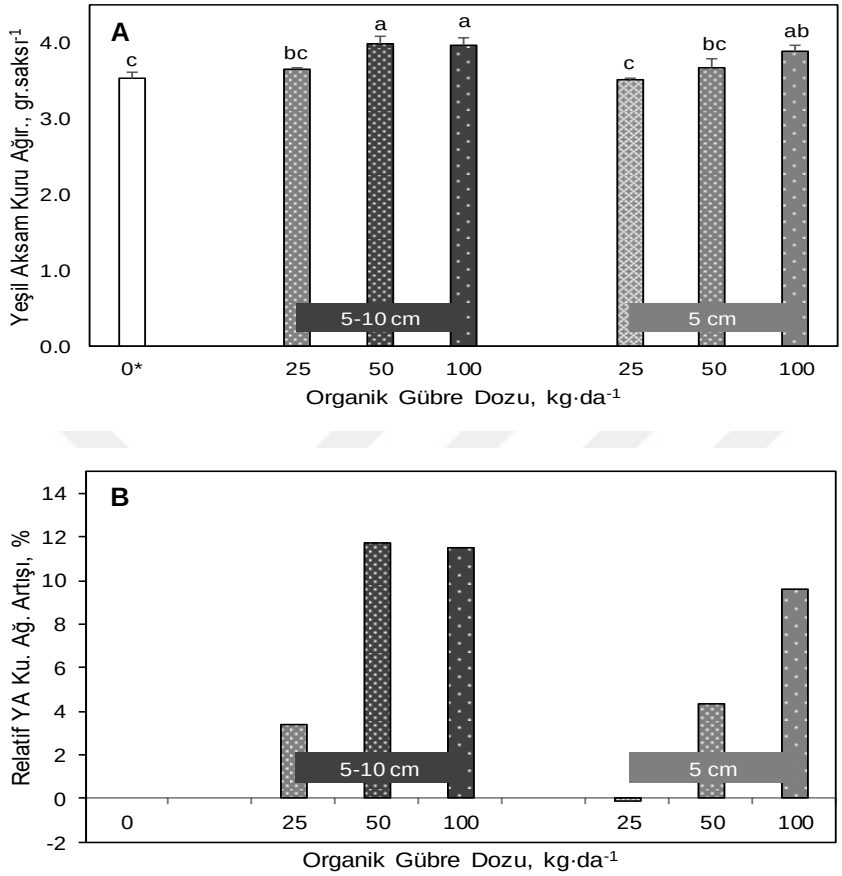
4.1.2. Mineral Gübrelerle Ayrı Yere Uygulanan Organik Gübrenin Model Bitki Buğday Üzerine Etkisi

4.1.2.1. Bitki Büyümesi ve Morfolojik Gözlemler

Çalışmanın ikinci kısmında, artan dozlarda OG'nin (0, 25, 50 ve 100 kg OG·da^{-1}) yüzey altına 5-10 cm'e karıştırma ve yüzeyin 5 cm altına uygulandığı ancak birinci denemeden farklı olarak N, P ve K içeren gübre kaynaklarının tüm toprağa karıştırıldığı saksılarda model bitki olarak kullanılan buğday 45 gün süresince yetiştirilmiştir (Resim 4.2). Yeşil aksam kuru ağırlık artışlarına bakıldığında genel olarak yüzeyin 5-10 cm altına karıştırılan organik gübre dozlarının yüzeyin 5 cm altına uygulananlara göre daha iyi yeşil aksam gelişimi gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.8A). Organik gübre uygulanmamış saksıyla karşılaştırıldığında ise yüzeyin 5-10 cm altına karıştırılmış organik gübre uygulamalarının 50 kg OG·da^{-1} dozunda, yüzeyin 5 cm altına uygulanmış olanlarda ise 100 kg OG·da^{-1} dozunda kontrole göre daha iyi yeşil aksam gelişimine neden olduğu görülmüştür. Organik gübre uygulamalarıyla elde edilen yeşil aksam KA ortalamalarının mineral gübre kaynaklarının tüm saksıya karıştırıldığı Kontrol (0 kg OG·da^{-1}) uygulamasından elde edilen yeşil aksam kuru ağırlık ortalamasına orantısını ifade eden yeşil aksam KA relatif artışları Şekil 4.8B'de verilmiştir. En yüksek artışlara yüzeyin 5-10 cm altına karıştırılan OG gübre uygulamalarında ulaşılmıştır. Kuru ağırlıklarıyla uyumlu biçimde, 50 ve 100 kg OG·da^{-1} dozları arasında herhangi bir fark gözlenmemiştir. Yüzeyin 5 cm altına uygulanan OG'ler arasında ise en yüksek artış 100 kg OG·da^{-1} dozunda elde edilmiştir.



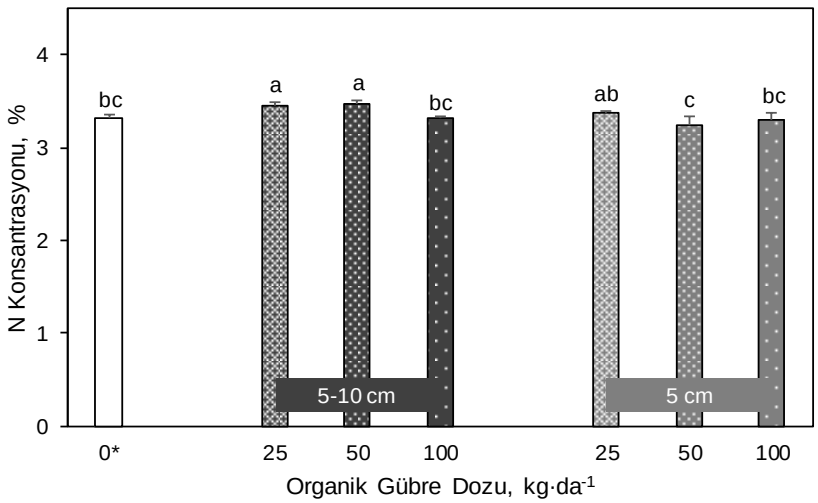
Resim 4.2. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya ve artan dozlarda organik gübrenin farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 Gün süresince yetiştirilen buğday bitkileri



Şekil 4.8. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayın yeşil aksam kuru ağırlığı (A) ve organik gübre uygulanmamış bitkilere göre relatif kuru ağırlık değişimi (B). Değerler bağımsız üç tekerrürün ortalaması olup, kuru ağırlık kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder. Relatif kuru ağırlık artış kolonları kuru ağırlık ortalamalarından hesaplanmış değerlerdir.

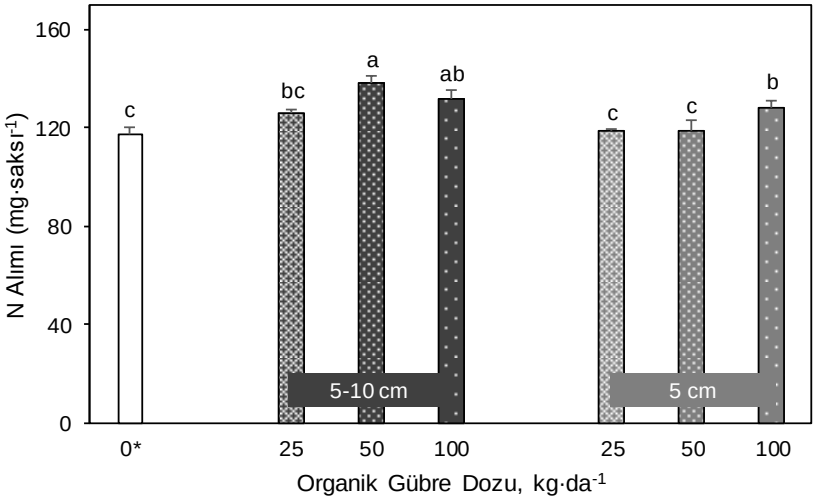
4.1.2.2. Bitkilerin Azotla Beslenmesi

Şekil 4.9'da mineral N, P ve K kaynaklarının tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere uygulandığı saksılarda sera koşullarında 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların yeşil aksamlarındaki N konsantrasyonları verilmiştir. Görüleceği gibi, genel olarak, bitkilerin yeşil aksamlarında sahip oldukları N konsantrasyonları ile OG uygulama dozları veya yerleri arasında herhangi bir ilişki gözlenmemiştir. Hiç OG uygulanmayan, mineral N, P ve kaynaklarının tüm saksıya karıştırıldığı saksılardaki bitkilerin N konsantrasyonu ile, en yüksek OG dozunun (100 kg OG·da^{-1}) 5-10 cm arasına veya yüzeyin 5 cm altına uygulandığı saksılardaki bitkilerin N konsantrasyonları arasında istatistiki olarak herhangi bir fark belirlenmemiştir.



Şekil 4.9. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların yeşil aksamlarındaki azot konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder.

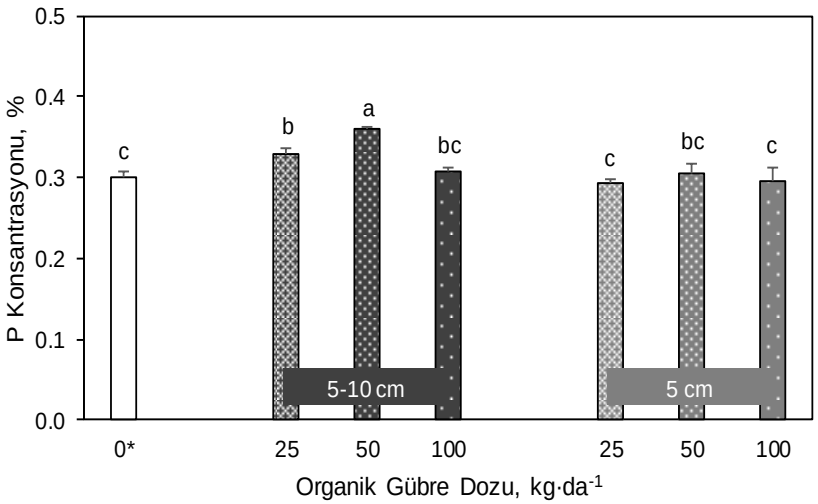
Şekil 4.10'da yer alan, mineral N, P ve K'un tüm saksıya karıştırıldığı, artan dozlarda organik gübrenin ise yüzeyin altına 5-10 cm arasına karıştırıldığı veya 5 cm altına uygulandığı saksıların içinde 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların saksı başına N alım sonuçları da yapılan uygulamalarla N alımları arasında herhangi bir ilişki olmadığını göstermektedir. Organik gübre uygulaması bitkilerin N alımlarını kontrol saksına göre ya hiç artırmamış ya da uygulanan dozlarla ilişkili olmayacak değişimlere neden olmuştur. Organik gübrenin yüzeyin 5-10 cm altındaki toprak katmanına karıştırıldığı saksılardaki N alım değerleri, 5 cm altına banda uygulananlardan biraz daha yüksek ölçülmüştür.



Şekil 4.10. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların saksı başına azot alım miktarları. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder.

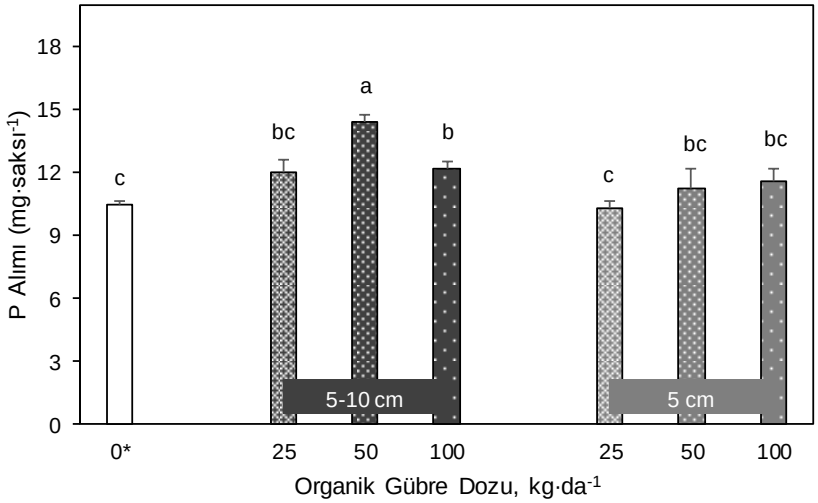
4.1.2.3. Bitkilerin Fosforla Beslenmesi

Şekil 4.11'de, tüm saksıya karıştırılan mineral N, P ve K içeren gübrelerden ayrı olarak yüzeyin 5-10 altına karıştırılan veya yüzeyin 5 cm altına banda uygulanan artan dozlarda OG uygulamasının buğday bitkisinin birim yeşil aksam ağırlığındaki P içerikleri yer almaktadır. Söz konusu grafikten de anlaşılacağı üzere, bitkilerin yeşil aksamlarındaki P konsantrasyonları ile OG uygulama dozları veya yerleri arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır. Organik gübresiz olarak ve mineral N, P ve K kaynaklarının tüm saksıya karıştırılmasıyla yetiştirilen buğday bitkilerinin P konsantrasyonu ile, en yüksek OG dozunun (100 kg OG·da^{-1}) uygulandığı saksılardaki bitkilerin P konsantrasyonları arasında dahi herhangi bir fark görülmemiştir.



Şekil 4.11. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların yeşil aksamlarındaki fosfor konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder.

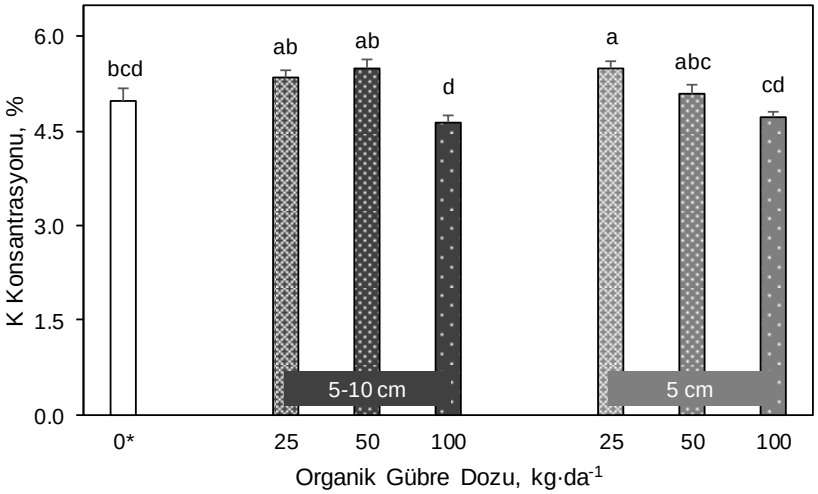
Şekil 4.12, mineral N, P ve K kaynaklarının tüm saksıya, farklı OG dozlarının ise yüzey altında farklı bölgelere uygulandığı saksılarda yetiştirilen buğday bitkisinin yeşil aksam dokularındaki P konsantrasyonlarının yeşil aksam kuru ağırlıklarıyla çarpılması sonucu hesaplanan saksı başına P alım değerleri görülmektedir. Uygulama yerleri göz önünde bulundurulduğunda, saksı başına en yüksek P alım değerlerinin OG'nin yüzeyin 5-10 cm altına uygulandığı durumlarda hesaplanmıştır. Organik gübrenin yüzeyin 5 cm altına uygulandığı saksılardaki bitkilerin P alım değerleriyle, kontrol saksılarındaki bitkilerin P alımları arasında istatistiki yönden herhangi bir fark görülmemiştir.



Şekil 4.12. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına banda) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların saksı başına fosfor alım miktarları. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder.

4.1.2.4. Bitkilerin Potasyumla Beslenmesi

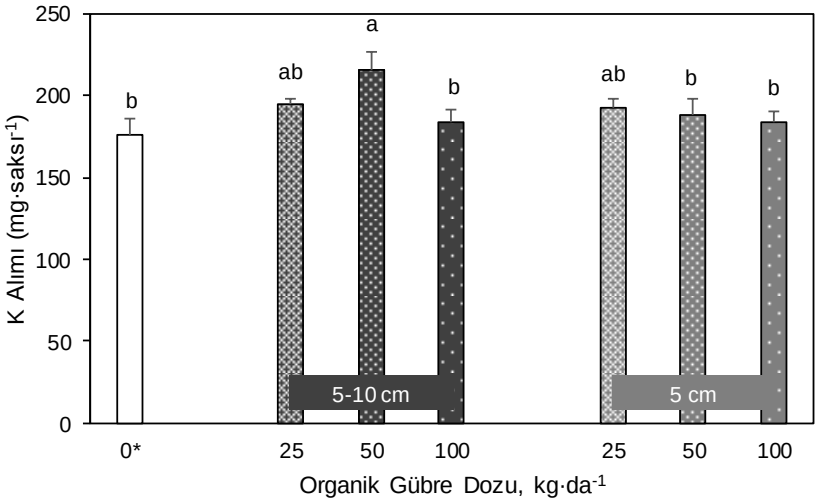
Şekil 4.13'te sunulan sonuçlarda görüleceği gibi, N, P ve K içeren mineral gübrelerin tüm saksıya karıştırıldığı, artan dozlarda OG'nin yüzey altında farklı kısımlara uygulandığı saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksam K konsantrasyonları üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır. Yüzeyin 5-10 cm altına ve 5 cm altına OG uygulamaları sonucu ölçülen K değerleri arasında da herhangi bir fark görülmemiştir.



Şekil 4.13. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına banda) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların yeşil aksamlarındaki potasyum konsantrasyonu. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder.

Şekil 4.14, N, P ve K'lu gübre kaynaklarının tüm saksıya, farklı OG dozlarının ise yüzey altına 5-10 cm'e karıştırma veya 5 cm'e uygulandığı saksılarda yetiştirilen buğdayın yeşil aksam dokularındaki K konsantrasyonlarının yeşil aksam kuru ağırlıklarıyla çarpılması sonucu hesaplanan saksı başına K alım değerlerini göstermektedir. Uygulama yerleri göz önünde bulundurulduğunda, K

alım miktarları bakımından herhangi bir fark olmadığı, K uygulanmamış kontrol bitkileri ile de OG dozlarıyla ilişikli herhangi bir ilişki olmadığı görülmektedir. Organik gübrenin yüzeyin 5 cm altına uygulandığı saksılardaki bitkilerin P alım değerleriyle, kontrol saksılarındaki bitkilerin P alımları arasında istatistiki yönden herhangi bir fark görülmemiştir.



Şekil 4.14. Azot, fosfor ve potasyumun tüm saksıya, değişen dozlarda organik gübrenin ise farklı yerlere (yüzey altına 5-10 cm karıştırılması ve yüzeyin 5 cm altına) uygulandığı saksılarda 45 gün süresince yetiştirilen buğdayların saksı başına potasyum alım miktarları. Kolonlar bağımsız üç tekerrürün ortalaması ± SE olup, kolonlarının üzerindeki küçük harfler varyans analizine ve Duncan'a göre $p<0,05$ düzeyindeki farklıkları ifade eder.

4.2. Tartışma

Toprak organik maddesi (TOM), toprak verimliliği ile ilişkilidir ve besin döngüsünde önemli bir role ve iklim değişikliğinin azaltılması için karbon (C) tutulması gibi daha geniş çevresel faydalara sahiptir (Lal, 2004; Minasny ve ark., 2017). En yüksek kayıpların son 200 yılda mekanize tarımla ilişkili olmasıyla birlikte, insanoğlunun arazi kullanımı sonunda son 12.000 yılda, küresel olarak toprağın en üstteki 2 metresinden yaklaşık olarak 133 Pg C'lik (133×10^9 ton) bir kayba yol açtığı tahmin edilmektedir (Davidson ve Ackerman, 1993; Sanderman ve ark., 2017; Swift, 2001). Avustralya kıtası bitkisel üretim alanlarına ait toprakların toprak C stoklarının %50'sinin yoğun bitkisel üretim faaliyetleri sonucu kaybolması buna en iyi örnek olarak verilebilir (Chan ve McCoy, 2010). Toprak yapısını iyileştirmek ve iyileştirilmiş toprak-su tutumu ile toprağı erozyondan korumak için (Kirkegaard ve ark., 2014) ekim sistemlerinde bitkisel artıkları değerlendirme veya azaltılmış tarım uygulamaları gibi toprağı en düşük seviyede rahatsız eden korumalı tarım uygulamaları geliştirilmiştir (Giller ve ark., 2015).

Toprak organik maddesini eski haline getirmek için bitkisel artıkların ve diğer taze organik madde formlarının toprağa gübre olarak geri verilmesi önerilmektedir. Etkinliği en üst düzeye çıkarma amacıyla, bu uygulamalar taze organik maddedeki C'unun daha kalıcı toprak organik maddesine bağlanmasını artırmayı amaçlamaktadır (Tieszen ve ark., 2004). Bununla birlikte, söz konusu bu uygulamalar, on yıl veya daha uzun bir süre uygulandığında bile, toprak organik maddesinde mutlak bir artışa yol açmayabilmektedir (Conyers ve ark., 2015; Palm ve ark., 2014; Powlson ve ark., 2014; Rumpel, 2008). Sistematik olarak analiz edilen 101 uzun dönemli (10 yıldan daha uzun) tarla denemesine ait veriler, 0 ila 600 mm derinlik düşünüldüğünde toprak işleme yoğunluğundaki değişikliklerin, toprak C içeriği üzerinde hiçbir etkisinin olmadığını göstermiştir (Meurer ve ark., 2018). Bu nedenle, toprak organik maddesini etkin bir şekilde korumayı amaçlayan arazi kullanım uygulamalarının geliştirilmesi için, toprak organik maddesi

oluşumunun ve bunun sürekliliğinin ve mineralizasyonunun arkasındaki mekanizmaların daha fazla anlaşılması gerekmektedir (Coonan ve ark., 2020).

Kentsel ve/veya endüstriyle organik atıkların üzerinde bitkisel üretim yapılan araziye geri kazandırılması için etkili olan bir sistem aynı zamanda atık sorununun bir kısmına da çözüm olurken, ayrıca toprak verimliliğini de koruyabilir. Bu tür sistemlerin kabul edilmesinin ön koşulları, kirlenmemiş atıklar ve atık ürünlerin verimli bitki besin elementi kaynağı ve/veya toprak düzenleyici olduğunun kesin olarak belgelenmesidir (Svensson ve ark., 2004). Kentsel atık su çamurları, tarımsal endüstri faaliyetleri ve biyogaz tesislerinden arta kalan ürünlerin tarımsal üretim alanlarına kazandırılması da bu uygulamalar arasında değerlendirilebilir. Ülkemizde de son yıllarda artan biyogaz tesislerinin bu artık ürünlerinin değerlendirilmesi oldukça büyük önem taşımaktadır.

Bilindiği gibi hümik maddeler, toprak organik maddesinin %80'ini oluşturur (Brady ve Weil, 2008). Hümik maddelerin çözünürlüklerine bağlı olarak belirlenen üç sınıflandırması vardır; fulvik asit, hümik asit ve humin maddeleri (Pettit, 2019). Biyolojik bir bakış açısıyla, hümik maddeler mikrobiyal popülasyonların bileşimini etkileyerek toprak verimliliğini arttırır (Calvo, 2014).

Toprakların sürdürülebilirlikleri ve verimliliklerinin korunması, atıkların bertaraf edilmesi gibi konularda faydası olan organik kökenli gübrelerin ve içeriklerinde bulunan ve toprak organik maddesinin ana bileşeni olan hümik maddelerin, dolaylı olarak bitkilerin gelişimleri ve beslenmeleri açısından da oldukça önemli etkileri vardır (Pettit, 2019).

Yeşil Aksam Büyümesi: Mevcut çalışmanın sonuçlarına göre biyogaz tesisi artığı OG'nin pratikte kullanılan doz aralığındaki uygulamalarının N, P ve K içeren bitki besleme materyalleriyle bir arada veya ayrı ayrı saksının farklı bölgelerine uygulanmasıyla yetiştirilen model bitki buğdayın yeşil aksam büyümesi ve besin elementleri alımı üzerinde oldukça anlamlı etkileri vardır. Elde edilen sonuçlar, Smith ve arkadaşlarınca (2019) yazılan tarama makalesi ve içinde ifade edilen organomineral gübrelerle yürütülen çalışmalarla da uyumlu biçimde, artan dozlarda

OG uygulamasının uygulama yerine ve mineral besin elementleriyle bir arada uygulanıp uygulanmama durumuna göre değişmekle beraber bitki büyümesi üzerinde olumlu etkisini göstermektedir. Söz konusu etki Shafi ve arkadaşlarının (2020) buğday ile yürüttükleri tarla denemesinden elde ettikleri sonuçlarla da benzerlik göstermektedir. Onlar da artan dozlarda uyguladıkları single süper fosfat ve HA şeklinde uygulanan organik iyileştiricinin tarla koşullarında buğdayın agronomik gelişimini artırdığını göstermişlerdir. Ancak Ehmann ve arkadaşları (2018) için silajlık mısır açısından verim parametreleri dikkate alındığında en iyi sonuçların mineral gübre kullanımından elde edildiğini ifade eder. Ancak bu çalışmaların yürütüldüğü iki alanın organik maddeleri %4,6-7,9 arasında değişmekte, organik gübre uygulama dozu ise 1,7 ton/da'dır. Mevcut çalışmanın yürütüldüğü toprağın organik maddesi %1,17'dir ve en yüksek uygulama dozu 100 kg/da'dır. Bu da biyogaz tesisinden elde edilen OG'den alde edilecek faydanın, toprağın organik maddesi ile yakından ilişkili olabileceğini gösterir. İngiltere'de Atık Su Arıtma çamuru kullanılarak yürütülen bir çalışmada ise, atık su arıtma çamurundan elde edilen organomineral gübreler, OG'nin doğrundan kullanımından daha yüksek, üreden ise daha düşük dane verimlerine neden olmuştur (Antille ve ark., 2017). Yürütülen bu yüksek lisans tez çalışmasında N, P ve K kaynaklarıyla bir arada ve saksının tamamına karıştırma veya yüzeyin 5 cm altına artan dozlarda uygulanan OG bitkilerin yeşil aksam gelişimlerini artırırken, bu artış yüzeyin 5 cm altına uygulamalarda daha belirgindir (Resim 4.1; Şekil 4.1 A, B). Yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma şeklinde uygulamaların ise herhangi bir etkisi olmamıştır. Çizelge 4.1'de görüleceği gibi, artan OG dozlarıyla yeşil aksam kuru ağırlıkları arasında OG ve mineral N, P, K kaynaklarının bir arada hem tüm saksıya karıştırma hem de yüzeyin beş cm altına banda uygulamalarda %1 düzeyinde korelasyon değerleri bulunmuştur. Ancak yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma şeklindeki uygulamada OG dozu ve kuru ağırlık arasında istatistiki anlamda önemli bir korelasyon yoktur. Yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma şeklinde OG ve N, P, K kaynaklarının bir arada uygulamalarının OG dozundan bağımsız olarak, tüm

saksıya karıştırma uygulamaları ile en yüksek ortalama yeşil aksam kuru ağırlık değerine neden olduğu görülmüştür (Şekil 4.1 A). Bu, bitkilerin yüzeyin 5-10 cm altına uygulamalarda daha iyi beslendiklerinin de bir göstergesidir. Bu durum, söz konusu uygulamanın bitkilerin diğer uygulamalara göre daha yüksek olan N, P konsantrasyonları (sırasıyla Şekil 4.2; Şekil 4.4) ve saksı başına N, P, K alımı (sırasıyla Şekil 4.3; Şekil 4.5; Şekil 4.7) değerleri ile de kendisini göstermektedir. Elde edilen bu sonuç, literatürde yer aldığı üzere, yaprakların beslenme durumları gübreler aracılığıyla uygulanan besin elementlerine bitkilerin gösterdiği tepkilerin iyi birer göstergesidir (Herencia ve Maqueda, 2016).

Azot, P ve K kaynaklarının tüm saksıya karıştırıldığı, OG'nin ise yüzeyin 5 cm altına ve 5-10 cm arasına karıştırma şeklinde uygulandığı durumlarda yeşil aksam gelişiminde OG'nin uygulanmadığı kontrol bitkilerine göre yeşil aksam gelişimindeki artışlar daha az belirgin olmuştur (Fotoğraf 4.2; Şekil 4.8 A, B).

Bitkilerin N, P ve K Beslenmesi: Çalışmada gübre olarak uygulanan N, P ve K bitki besin elementleriyle OG'nin gübrenin bir arada farklı yerlere uygulandıkları koşullarda OG dozu, uygulama yeri ve yeşil aksamdaki besin elementleri konsantrasyonları arasındaki en anlamlı ilişki P ile bulunmuştur. Şöyle ki yüzeyin 5-10 cm altına karıştırma şeklindeki uygulama dışındaki ker iki uygulama yerinde de P konsantrasyonları (Şekil 4.4) ile OG dozları arasında, N (Şekil 4.2) ve K (Şekil 4.6)'un aksine doğrusal ilişkiler tespit edilmiştir. Saksı başına P alım değerleri (Şekil 4.5) ile OG dozları arasında her üç uygulama dozu için de istatistiki olarak anlamış ilişkiler gözlenmiştir. Her üç uygulama yerinde de artan OG dozu, P alımını artırmıştır. Söz konusu etki Shafi ve arkadaşlarınca (2020) buğday ile yürüttükleri tarla denemesinden elde ettikleri sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Onlar da 0,5 $kg \cdot da^{-1}$ dozunda HA olarak uygulanan organik iyileştiricinin buğdayın gelişimini, tane verimini, bitki dokularındaki P konsantrasyonunu ve toplam P alımını iyileştirdiğini bulmuşlardır.

Mevcut çalışmada ise OG aracılığıyla uygulanan minimum HA+FA dozu 5 $kg \cdot da^{-1}$'dir. Bu sonuçlar, organik materyallerle uygulanan P'lu gübrelerin bitkilerin

P ve N alımını artırdığını söyleyen Sharif ve arkadaşlarının (2013) bulgularıyla da uyumludur. Sharif ve arkadaşları çalışmalarında birim alandan kaldırılan toplam N ve P'yi değerlendirmişlerdir ki mevcut çalışmada da saksı başına N (Şekil 4.3), P (Şekil 4.5) ve K (Şekil 4.7) alımları OG uygulamasıyla dozdan bağımsız olarak artış göstermiştir. İlave olarak yürütülen bu yüksek lisans çalışmasında OG dozları ile P konsantrasyonu arasında da, OG'nin mineral gübre kaynaklarıyla bir arada tüm saksıya karıştırma ve yüzeyin 5-10 cm altına uygulandığı durumlarda korelasyon gözlenmiştir (Çizelge 4.1). Ancak OG'nin söz konusu iyileştirici etkisi, OG mineral bitki besin elementi kaynakları ile bir arada uygulandığında gözlenirken, (Şekil 4.4, Şekil 4.5), mineral besin elementi kaynaklarının OG'den ayrı ayrı yerlere uygulandığında ise sadece OG'nin yüzeyin 5 cm altına uygulandığı durumlarda saksı başına alım değerlerinde sınırlı olarak görülmüştür (Şekil 4.12). Son dönemlerdeki bir çalışmaya göre, ekimden önce uygulanacak fosfat kayası ile zenginleştirilmiş kompostun nohutta nodülasyonu, verimi ve P alımını (hem konsantrasyon hem de birim alanda) artırmıştır (Ditta ve ark., 2018) ve bu sonuç da buradaki bulgularla uyumludur.

Tüm bu sonuçlar, OG'nin ve özellikle de içeriğindeki HA+FA'in P'un çözünür komplekslerini oluşturarak ve bitki büyümesini teşvik ederek (Nardi ve ark., 2000) ve ayrıca bitkilere toprak için iyi bir fizikokimyasal ve biyolojik ortam sağlayarak (Brannon ve Summers, 1985) P kullanılabilirliğini artırmış olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, mineral besin elementleri ve OG'nin bir arada ve yüzeyin 5 cm altına veya tüm saksıya karıştırma şeklindeki uygulamalarında yeşil aksam gelişimi (Şekil 4.1), P alımı (Şekil 4.4, 4.5) ve OG arasındaki yakın ilişki (Çizelge 4.1), fosfor ve humin maddelerince zengin organik iyileştiricilerin bir arada uygulanmasıyla verimde artışlara neden olabileceğini ortaya koymaktadır. Büyümedeki artış, makro ve mikro besin elementlerinin asimilasyonu, enzim aktivasyonu ve/veya inhibisyonu, membran geçirgenliğindeki değişiklikler, nihai olarak biyokütleyi artıran protein sentezi yoluyla bitki büyümesi veya biyolojik üretim üzerindeki P ve HA'nın uyarıcı etkisi ile ilişkili olabilir (Datta ve ark.,

2017a, b). Organik gübrenin ve dolaylı olarak da içinde bulunan HA+FA'in P ile uygulanması sonucu bitki yapraklarında tespit edilen yüksek P konsantrasyonu, Cooper ve diğerleri (1998) ve Atiyeh ve arkadaşlarının (2002) sonuçlarıyla da uyumludur. Toprağa HA ilavesinin, kök büyümesinin yanı sıra kök kıllarının çoğalmasını, dallanmasını ve başlamasını artırdığını ve böylece köklerin daha fazla besin yakalamasını sağladığını ve bitkilerdeki besin konsantrasyonlarını artırdığını belirtmişlerdir. HA uygulaması ile birçok çalışma kök uzunluğunda, kök sayısında ve kök dallanmasında artış olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, kök büyümesindeki artış genellikle sürgün büyümesinden daha belirgindir (Erdal ve ark., 200).

Biyogaz tesisi artığı OG'nin artan dozlarının kimyasal besin elementleriyle bir arada uygulandığı durumda, OG dozları ile N konsantrasyonları arasında bir ilişki bulunmamıştır (Şekil 4.2); bu durum, OG dozu, kuru ağırlık, yeşil aksamdaki N, P ve K konsantrasyonları arasındaki ilişkinin istatistiki olarak test edildiği korelasyon ilişki çizelgesinde de görülmektedir (Çizelge 4.1). Bu durum kökler tarafından alınan N'un artan dozlarda OG ile gelişimi artan bitki dokularında seyrelmesiyle (dilution effect; Jarrell ve Beverly, 1981) açıklanabilir. Çünkü artan dozlarda OG uygulaması konsantrasyonun aksine OG'nin mineral elementlerle bir arada uygulandığı I. Denemede konsantrasyon x kuru ağırlık formülü ile hesaplanan saksı başına alım değerlerini yüzeyin 5-10 cm altına karıştırmanın da dahil olduğu bütün uygulama yerlerinde artırmıştır (Şekil 4.3). Benzer bir durum, Samuel (2012) tarafından mısır bitkisinde yürütülen bir çalışmada da gözlenmiştir. Bu çalışmada, organomineral gübre uygulaması, yani, mineral besin elementlerinin OG ile bir arada uygulanması toplam N alımını artırmış, N konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etki göstermemiştir. Organik gübrenin tüm saksıya karıştırılan mineral gübre kaynaklarından bağımsız olarak yüzeyin 5 cm altına ve 5-10 cm altına karıştırma şeklindeki uygulamaları, çalışmanın birinci kısmıyla uyumlu biçimde N konsantrasyonlarında OG dozu ve uygulama yeriyle herhangi bir ilişki göstermemiştir (Şekil 4.9). Birinci kısmın aksine, saksı başına N alım

değerleri açısından da OG'nin yüzeyin 5 cm altına uygulandığı durumda, kontrol ve düşük OG dozlarına göre en yüksek dozda görülen artan N alımı dışında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (Şekil 4.10).

Kumlu bir toprakta yürüttüğü çalışmada farklı organik materyaller ilave ederek potasyum uygulamasına bakla bitkisinin yanıtı ölçen Shawer (2019), organik materyallerle birlikte uygulanan K'un bitkiler tarafından birim alandaki alımının arttığını bulmuştur. Söz konusu bu sonuç, çalışmanın mineral besin elementi kaynaklarının ve OG'nin bir arada uygulandığı birinci kısmıyla da uyumludur (Şekil 4.7). Ancak OG uygulaması ile K konsantrasyonu arasında net bir ilişkinin olmaması (Şekil 4.6), bu etkinin OG'nin K yarayışlılığını artırması noktasında soru işaretleri oluşturmaktadır. Şöyle ki, saksı başına K alımındaki iyileşme, yeşil aksam gelişimine bağlı olarak da ortaya çıkabilir ve bu durum daha önce de izah edildiği gibi seyrelme etkisiyle (Jarrell ve Beverly, 1981) açıklanabilir. Mineral besin elementlerinin OG ile aynı yere uygulandığı birinci denemede, yüzey altına 5-10 cm'e karıştırma ve 5 cm altına uygulamalarında OG uygulamaları Mg konsantrasyonunu önemli derece de iyileştirirken, Ca konsantrasyonları üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.2).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mevcut yüksek lisans tez çalışmasının ana amacı, organomineral gübrelerin üretiminde hammadde kaynağı olarak da kullanılan biyogaz tesisi kaynaklı katı OG'nin bitkisel üretimdeki etkinliğini test etmektir.

Bilindiği gibi Türkiye topraklarının organik madde içerikleri çok düşüktür ve bu durum da toprakların verimliliklerini olumsuz etkilemektedir. Böylece, bitkisel-hayvansal kökenli tarımsal ve/veya kentsel artıkların en doğru biçimde değerlendirilip organik maddesi düşük topraklara ilave edilmesi Türkiye'de tarım sektörünün öncelikli hedeflerinden olması gerekmektedir.

Elbette ki söz konusu bu uygulamalar düşük organik madde sorununu ortadan kaldırmasa da, durumun daha da kötüye gitmesini engelleme konusunda yardımcı olacaktır. Ayrıca, ortaya çıkan artıkların atığa dönüşüp çevresel riskler oluşturmasının da önüne geçilmesi sağlanabilecektir.

Bu düşüncelerle, biyogaz tesisi kaynaklı OG'nin bitki gelişimi ve üç ana besin elementi (N, P ve K) başta olmak üzere, bitki besin elementlerinin alımı üzerine olası etkilerini ortaya koymak için model bitki buğdayla sera koşullarında bir çalışma yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- Elde edilen sonuçlar ile biyogaz tesisi artığı OG'nin hem bitkisel gelişim hem de besin elementleri alımı üzerinde pozitif etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu bu etkiler OG'nin bitki besin elementleriyle (N, P ve K) bir arada uygulandığı koşullarda daha belirgin olmuştur. Etki mineral bitki besin elementlerinin tüm saksıya karıştırıldığı, OG'lerin ise yüzey altına farklı katmanlara uygulandığı durumlarda ise sınırlı kalmıştır.
- Mineral besin elementleriyle beraber 50-100 $kg \cdot da^{-1}$ dozlarındaki OG uygulaması yeşil aksam gelişimini yüzeyin 5 cm altına uygulamada %15'e varan düzeyde artırmıştır. Elbette ki bu çalışmaların tarla koşullarında da

doğrulanması gerekir. Yapılan korelasyon testlerinin sonuçları, YAKA ile OG dozları arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu göstermiştir.

- Bitki besin elementleri alımının göstergelerinden bir tanesi olan bitki dokularındaki besin elementi konsantrasyonu değerlendirildiğinde ise P hariç hiçbir besin elementi konsantrasyonunun OG uygulamasıyla artmadığı görülmüştür. Bu durum seyrelme etkisi ile açıklanabilir.
- Özellikle, mineral besin elementlerinin OG ile yüzeyin 5 cm altına uygulandığı durumda OG uygulaması bitki dokularındaki P konsantrasyonunu diğer elementlerin tersine artırmıştır. Aynen artan OG dozları ile aralarında pozitif bir korelasyon bulunan yeşil aksam kuru ağırlık değerlerinde olduğu gibi, yeşil aksam dokularındaki P konsantrasyonları da OG dozlarıyla pozitif bir ilişki göstermiştir. Bu durum, toprakta difüzyonla hareket eden, hareketliliği kısıtlı olan ve toprakta hızlıca bağlanan P'un OG uygulaması ile bitkiler tarafından alınabilirliğini artırıcı etkiye yol açmış olabileceği şeklinde bir yaklaşımla izah edilebilir. Ancak bu konunun, yapılacak ilave laboratuvar ve tarla çalışmaları ile bilimsel olarak ortaya konması gerekir.
- Organik gübrenin yeşil aksamdaki bitki besin elemementleri içeriğine bakıldığından ise konsantrasyondan farklı olarak artan bitki gelişimine paralel olarak P dışındaki besin elementlerinin içeriklerinin arttığı görülmektedir. Bu durum, OG'nin uygulanan N ve K gibi besin elementlerinin kullanım etkinlikleri üzerinde de artırıcı bir etkisinin olduğunun göstergesidir.

KAYNAKLAR

Antille, D.L., Godwin, R.J., Sakrabani, R., Seneweera, S., Tyrrel, S.F., and Johnston, A.E., 2017. Field-Scale Evaluation of Biosolids-Derived Organomineral Fertilizers Applied to Winter Wheat in England. Agronomy Journal, 109(2):654.

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D., 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology, 84:7-14.

Ayeni, L.S., Edeleye, E.O., and Adejumo, J.O, 2012. 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, 2:493-497.

Bernal, M.P., Alburquerque, J.A., and Moral, R., 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. Bioresource Technology, 100(22):5444-5453.

Birleşmiş Milletler (BM), 2011. World Population Prospects: The 2010 Revision. Definition of regions. New York: United Nations. http://esa.un.org/wpp/ExcelData/definition-of-regions.htm.

Brady, N.C., and Weil, R.R., 2017. The Nature and Properties of Soils. Pearson Education Limited, England.

Brannon, C. A., and Sommers, L.E., 1985. Preparation and characterization of model humic polymers containing organic phosphorus, Soil Biology and Biochemistry, 17:213-219.

Bruinsma, J., 2009. The Resource Outlook to 2050- By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Rome 24-26 June 2009.

Budiman, M., Malone, B.P., McBratney, A.B., Angers, D.A., Arrouays, D., Chambers, A., Chaplot, V., Chen, Z.S., Cheng, K., Das, B.S., Field, D.J., and et al., 2017. Soil carbon 4 per mille. Geoderma, 292:59-86.

Calvo, P., Nelson, L., and Kloepper, J.W., 2014. Agricultural Uses of Plant Biostimulants. Plant and Soil, 383:3-41.

Cannales, L.P., and Olivares, F.L., 2014. Physiological responses to humic substances as plant promeoter. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 1:3.

Chan, K.Y. and McCoy, D., 2010. Soil carbon storage potential under perennial pastures in the mid-north coast of New South Wales, Australia. Tropical Grasslands, 44: 184-191.

Chen, Y., and Aviad, T., 1990. Effects of humic substances on plant growth. In: Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings, eds. P. MacCarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm, and P. R. Bloom, pp. 161-186. Madison, WI: American Society of Agronomy and Soil Society of America.

Coonan, E.C., Kirkby, C.A., Kirkegaard, J.A., Amidy, M.R., Strong, C.L., and Richardson, A.E., 2020. Microorganisms and nutrient stoichiometry as mediators of soil organic matter dynamics. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 117:273-298.

Cooper, R.J., Liu, C., and Fisher, D.S., 1998. Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. Crop Science, 38:1639-1644.

Cordell, D., Drangert, J.O., and White, S., 2009. The story of phosphorus: global food security and food for thought. Global Environmental Change, 19:292-305.

Datta, R., Anand, S., Moulick, A., Baraniya, D., Pathan, S.I., Rejsek, K., Vranova, V., Sharma, M., Sharma, D., and Kelkar, A., 2017. How enzymes are adsorbed on soil solid phase and factors limiting its activity: A Review. International Agrophysics, 31:287.

Datta, R., Kelkar, A., Baraniya, D., Molaei, A., Moulick, A., Meena, R.S., and Formanek, P., 2017. Enzymatic degradation of lignin in soil: A review. Sustainability, 9:1163.

Davidson, E.A. and Ackerman, I.L., 1993. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. Biogeochemistry, 20(3):161-193.

Delgado, A., Madrid, A., Kasem, S., Andreu, L., and Del Campillo, M.D.C, 2002. Phosphorus Fertilizer Recovery From Calcareous Soils Amended With Humic And Fulvic Acids. Plant Soil, 245:277-286.

Dittmar, H., Drach, M., Vosskamp, R., Trenkel, M.E., Gutser, R., Steffens, G., 2009. Fertilizers, 2. Types. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH. doi:10.1002/14356007.n10_n01.

Drew, M.C., 1975. Comparison of the Effects of a Localized Supply of Phosphate, Nitrate, Ammonium and Potassium on the Growth of the Seminal Root System, and the Shoot, in Barley. New Phytologist, 75:479-90.

Ehmann, A., Thumm U., and Lewandowski I., 2018. Fertilizing Potential of Separated Biogas Digestates in Annual and Perennial Biomass Production Systems. Frontiers in Sustainable Food Systems, 2:12.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2021. Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası, https://bepa.enerji.gov.tr.

Erdal, İ., Bozkurt, M.A., Çimrin, K.M., Karaca, S., and Sağlam, M., 2000. Effects of Humic Acid and Phosphorus Applications on Growth and Phosphorus Uptake of Corn Plant (Zea mays Grown in a Calcareous Soil. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24:663-668.

Erenoğlu E. B. and Dündar S., 2020. Application of liquid phosphorus fertilizer improves the availability of phosphorus in calcareous soils. Applied Ecology and Envıronmental Research, 18:3615-3626.

FAO, 2009. How to feed the world in 2050. Report on FAO Expert Meeting Rome 24-26 June 2009.

García, A.C., Santos, L.A., Izquierdo, F.G., Sperandio, M.V.L., Castro, R.N., and Berbara, R.L.L., 2012b. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. Ecological Engineering, 47:203-208.

García. A.C., Berbara, R.L.L., Farias, L.P., Izquierdo, F.G., Hernández, O.L., Campos, R.H., and Castro, R.N., 2012a. Humic acids of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance of rice seedlings to water stress. African Journal of Biotechnology, 11:3125-134

Giller, K. E., Andersson, J. A., Corbeels, M., Kirkegaard, J., Mortensen, D., Erenstein, O., and Vanlauwe, B., 2015. Beyond conservation agriculture. Frontiers in Plant Science, 6:870.

Herencia, J.F. and Maqueda, C., 2016. Effects of time and dose of organic fertilizers on soil fertility, nutrient content and yield of vegetables. The Journal of Agricultural Science, 154(08):1343-1361.

Jarrell, W.M. and Beverly, R.B., 1981. The Dilution Effect in Plant Nutrition Studies, Editor(s): N.C. Brady, Advances in Agronomy, Academic Press, Volume 34:197-224.

Kirkegaard, J.A., Peoples, M.B., and Angus, J.A., 2011. Diversity and evolution of rain- fed farming systems in southern Australia. In: Tow, P, Cooper, I, Partridge, I, Birch, C (eds.) Rainfed Farming Systems. Dordrecht: Springer, pp. 715-754.

Kocar, G. ve Eryaşar, A., 2004. Biyogaz Ünitesinin Oluşturulması ve Değişik Organik Kökenli Artıkların Değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje Raporu, Proje no. 2000/GEE/002.

Koçar, G., Eryaşar, A., İlleez, B. ve Atayol, A.A., 2007. Güneş enerjisi destekli biyogaz sistemleri, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 98:19-26

Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, Geoderma, 123 (1–2):1-22.

Lamastra, L., Suciu, N.A., and Trevisan, M., 2018. Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants' contents and potential use as Fertilizer. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 5:10.

Lustosa Filha, J., Penido, E., Castro, P., Silva, C., and Melo, L., 2017. Co-pyrolysis of poultry litter and phosphate and magnesium generates alternative slow-release fertilizer suitable for tropical soils. ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 5(10):9043–9052.

Magdoff, van Es, 2009. Building Soils for Better Crop Sustainable Soil Management. SERA and USDA.

Meurer, K.H.E., Haddaway, N.R., Bolinder, M.A., and Kätterer, T., 2018. Tillage intensity affects total SOC stocks in boreotemperate regions only in the topsoil: A systematic review using an ESM approach. Earth Sciences Review, 177:613-622

Msangi, S., and Rosegrant, M., 2009. World agriculture in a dynamically changing environment: IFPRI's long-term outlook for food and agriculture under additional demand and constraints. FAO Expert Meeting on How to feed the World in 2050. Rome.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Gessa, C., Ferrarese, L., Trainotti, L., and Casadoro, G., 2000. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings, Soil Biology and Biochemistry, 32:415-419.

Palm, C., Blanco-Canqui, H., Declerck, F., Gatere, L., and Grace, P., 2014. Conservation agriculture and ecosystem services: an overview. Agriculture, Ecosystems & Environment, 187:87-105.

Pettit, R.E., 2019. Organic Matter, Humus, Humate, Humic Acid, Fulvic Acid and Humin: Their Importance in Soil Fertility and Plant Health. https://humates.com/pdf/ORGANICMATTERPettit.pdf.

Powlson, D.S., Stirling, C.M., Jat, M.L., Gerard, B.G., Palm, C.A., Sanchez, P.A., and Cassman, K.G., 2014. Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation. Nature Climate Change, 4:678-683.

Quilty, J., and Cattle, S., 2011. Use and Understanding of Organic Amendments in Australian Agriculture: A Review. Soil Research. 49:1-26.

Rose, M.T., Patti, A.F., Little, K.R., Brown, A.L., Roy Jackson, W., and Cavagnaro, T.R., 2014. A Meta-Analysis and Review of Plant-Growth Response to Humic Substances: Practical Implications for Agriculture. Advances in Agronomy, 124:37-89.

Rumpel, C., 2008. Does burning of harvesting residues increase soilcarbon storage Journal of Soil Science and. Plant Nutrition, 8:44-51.

Sanderman, J., Hengl, T., and Fiske, G.J., 2017. Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(36): 9575-9580.

Sárvári Horváth, I., Tabatabaei, M., Karimi, K., and Kumar, R., 2016. Recent updates on biogas production - a review. Biofuel Research Journal, 10:394-402.

Senesi, N., Plaza, C., Brunetti, G., and Polo, A., 2007. A Comparative Survey of Recent Results on Humic like Fractions in Organic Amendments and Effects on Native Soil Humic Substances. Soil Biology & Biochemistry, 39:1244-1262.

Shafi, M.I., Adnan, M., Fahad, S., Wahid, F., Khan, A., Yue, Z., Danish, S., Zafar-ul-Hye, M., Brtnicky, M., and Datta, R., 2020. Application of Single Superphosphate with Humic Acid Improves the Growth, Yield and Phosphorus Uptake of Wheat (Triticum aestivum L.) in Calcareous Soil. Agronomy, 10(9): 1224.

Sharif, M., Burni, T., Wahid, F., Khan, F., Khan, S., Khan, A., and Shah, A., 2013. Effect of rock phosphate composted with organic materials on yield and phosphorus uptake of wheat and mung bean crops. Pakistan Journal of Botany, 45(4):1349-1356.

Shawer, S.S., 2019. Effect Of Potassıum Fertılızatıon And Organıc Materıals On Some Characterıstıc Growth And Nutrıents Uptake By Faba Bean (*Vicia Faba* L.) Plant. Plant Archives, 19:732-737.

Smith, W.B., Wilson, M., and Pagliari, P., 2020. Organomineral Fertilizers and Their Application to Field Crops. In Animal Manure: Production, Characteristics, Environmental Concerns, and Management, Volume 67. Eds: H.M. Waldrip, P.H. Pagliari, Z. He. P.p. 229-243.

Sönmez, B., Özbahçe, A., Akgül, S., and Keçeci, M., 2018. Türkiye Topraklarının Bazı Verimlilik ve Organik Karbon (TOK) İçeriğinin Coğrafi Veri tabanının Oluşturulması (Sonuç Raporu). Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Proje No: TAGEM/TSKAD/11/A13/P03.

Steelink, C., 2002. Investigating Humic Acids in Soils. Analytical Chemistry, 74: 326A-333A.

Sustainable Agriculture, Research and Education, 2007. Managing Cover Crops Profitability, SARE.

Svensson, L.M., Christensson, K., and Björnsson, L., 2005. Biogas production from crop residues on a farm-scale level: is it economically feasible under conditions in Sweden. Bioprocess Biosystems Engineering, 28:139-148.

Swift, R.S., 2001. Sequestration of carbon by soil. Soil Science, 166:858-871.

Tahir, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K., and Kazmi, M.H., 2011. Lignite-Derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. Pedosphere, 21:124-131.

Tieszen, L., Tappan, G., and Touré, A., 2004. Sequestration of carbon in soil organic matter in Senegal: an overview. Journal of Arid Environments, 59(3):409-425.

Tufaner, F., Avşar, Y., Türkmenler, H., Dere, T., ve Gönüllü, M.T., 2013. "Türkiye'de Biyogaz Tesisi Projelerinde Başarı Ve Başarısızlık Nedenlerinin Analizi ve Merkezi Biyogaz Tesislerinin Önemi" I. Ulusal Kompost ve Biyogaz Çalıştayı 11-14 Nisan 2013.

Türker, M., 2008. Anaerobik Biyoteknoloji ve Biyoenerji Üretimi – Türkiye'de ve Dünyada Eğilimler. ÇEVKOR (Çevre Koruma Vakfı) Yayınları, 2008, İzmir.

Visser, S., 1986. Effects of humic substances on plant growth. In: Humic Substances, Effect on Soil and Plant, eds.R.Burns, G.Dell'Agnola, S.Miele, S. Nardi, G. Savoini, M. Schnitzer, P. Sequi, D. Vaughan, and S. Visser, pp. 89-107. Milan, Italy: Reda Edizioni per L'agricoltura.

Zandonadi, D.B., and Busato, J.G., 2012. Vermicompost humic substances: technology for converting pollution into plant growth regulators. International Journal of Environmental Science and Engineering Research, 3:73-84.

Zandonadi, D.B., Santos, M.P., Busato, J.G., Peres, L.E.P., and Façanha, A.R., 2013. Plant physiology as affected by humified organic matter. Theoretical and Experimental Plant Physiology, 25:12-25.

ÖZGEÇMİŞ

Van ilinde doğdu. İlköğretimi Van İnönü İlkokulunda tamamladı. Ortaöğretimini Ş. J. PLT. YB. YUSUF TURGUT İlköğretim okulunda tamamladı. 2009 yılında lise yerleştirme sınavında Van Atatürk Anadolu Lisesine yerleşti. 2011 yılında gerçekleşen Van depremi sonrası Adana iline yerleştik. Lise eğitimine Adana Sungurbey Anadolu Lisesinde devam etti. 2013 yılında Yükseköğretine yerleşme sınavında Ç.Ü Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümüne yerleşti. Mesleki stajını Adana Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde Kalite Kontrol Laboratuvarında tamamladı. 2017 yılında bölümden birincilikle mezun oldu. 2018 yılında Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans çalışmasını (Model bitki buğdayda (Triticum aestivum L) Organomineral Gübrelerin Bitki Gelişimi Üzerine Araştırmalar) 2020 yılında tamamladı. 2018 yılında Yüksek Lisansını yaptığı dönemde Adana Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde Kalite Kontrol Laboratuvarında İŞKUR üzerinden geçici eleman olarak çalıştı. 2019 yılında MAY Tohum firmasında sezonluk Kalite Laboratuvar Elemanı olarak görev aldı. 2020 yılında Adana Çukobirlik Genel Müdürlüğü'nde Koop. İşlt. ve Zirai İşler bölümünde görevine devam ettiği sırada MAY Tohum firmasından gelen kadro teklifiyle 2021 yılında MAY tohum firmasında Sistem Direktörlüğüne bağlı Kalite Kontrol laboratuvarında kalite elemanı olarak görev yapmaktadır.