jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Eylül/September 2026, 23(4)
Başvuru/Received: 31/12/25
Kabul/Accepted: 27/08/26
DOI: 10.33462/jotaf.1852733

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Biyolojik Katkılı Organomineral Gübrelerin Mısır Bitkisi Verimi ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri*

Effects of Bio-Enhanced Organomineral Fertilizers on Maize Yield and Some Soil Properties

Ayten NAMLI[1], Muhittin Onur AKÇA[2*], Nihal Ceren ALICI[3], Duygu BOZDOĞAN[4]

Öz

Bu çalışmada biyolojik katkılı organomineral gübrelerin (OMG) mısır (*Zea mays* L.) verimi ve toprak özellikleri üzerindeki etkileri tarla koşullarında incelenmiştir ve bu kapsamda, bitkisel üretimde yaygın olarak kullanılan kimyasal gübrelere alternatif olabilecek sürdürülebilir gübreleme yaklaşımlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Kompostlanmış ahır gübresi ve çim atıklarından üretilen 6N-15P formülasyonlu pelet OMG'ler, bakteri inokulasyonu ile zenginleştirilerek farklı dozlarda (75 ve 100 kg da^{-1}) uygulanmış, DAP (30 kg da^{-1}) ve gübresiz kontrol ile karşılaştırılmıştır. Kontrol hariç tüm gübre uygulamalarına iki dönemde toplam 60 kg da^{-1} üre uygulanmış olup, sonuçlar organomineral gübrelerin tek başına kimyasal gübreyi ikame ettiği koşullar olarak değil, mineral azot desteği altındaki karşılaştırmalı etkileri kapsamında değerlendirilmiştir. Böylece hem organik hem de biyolojik katkının gübre etkinliği üzerindeki rolü ortaya konulmaya çalışılmıştır. Deneme sonunda organomineral gübre uygulamaları toprak organik maddesi, alınabilir fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyum üzerinde kontrol ve kimyasal kontrol uygulamalarına göre istatistiksel olarak önemli derecede artırmıştır ve bu artışların, organik madde girdisi ile birlikte mikrobiyal faaliyetlerin besin elementi döngüsünü hızlandırmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. 6N15P Ahır gübresi kompostu + Bakteri (100 kg da^{-1}) ise en etkili uygulama olmuştur ve bu uygulama hem toprak besin elementi içeriği hem de biyolojik aktivite açısından diğer uygulamalara kıyasla daha belirgin sonuçlar ortaya koymuştur. En yüksek toplam bakteri sayısı 36.94×10^{8} cfu/ml ile bakteri katkılı ahır gübresi kompostu yüksek doz uygulamasında (AG2+) gözlenmiştir ve bu durum, bakteri inokulasyonunun toprak mikrobiyal popülasyonunu belirgin şekilde artırdığını göstermektedir. Bitkisel parametrelerde ise yeşil ot verimi 8256 kg da^{-1}, kuru madde verimi 3279 kg da^{-1} ve bitki boyu 295 cm olarak belirlenmiştir ve elde edilen bu değerler, biyolojik katkılı OMG uygulamalarının mısır bitkisinin büyüme ve gelişimini olumlu yönde desteklediğini ortaya koymaktadır. Sonuçlar, özellikle AG2+ (6N15P Ahır gübresi kompostu + Bakteri, 100 kg da^{-1}) uygulamasının toprak verimliliği, mikrobiyal aktivite ve mısır verimi üzerinde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir. Bu bulgular, biyolojik katkılı OMG'lerin mineral gübre desteği altında toprak organik maddesi, mikrobiyal aktivite ve besin elementi döngüsüne katkı sağlayan destekleyici girdiler olarak tarımsal sürdürülebilirliği desteklediğini ve bakteri ile zenginleştirilen OMG'lerin toprak organik madde ve karbon içeriğini artırarak tarımsal üretimde sürdürülebilirliği desteklediğini ortaya koymakta ve uzun vadede toprak sağlığının korunmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Organomineral gübre, Mikrobiyal aktivite, Organik karbon, Bitki besin elementi, Verim

[1]Ayten Namlı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara, Türkiye. E-mail: namlı@ankara.edu.tr OrcID: 0000-0003-1913-2751
[2]***Muhittin Onur Akça, Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara, Türkiye. E-mail: moakca@ankara.edu.tr OrcID: 0000-0003-4540-9371
[3]Nihal Ceren Alıcı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara, Türkiye E-mail: nihal-alici@hotmail.com OrcID: 0000-0002-2147-0760
[4] Duygu Bozdoğan, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara, Türkiye E-mail: duygubozdogan-402@hotmail.com OrcID: 0000-0002-4272-8302

Atıf: Namlı, A., Akça, M. O., Alıcı, N. C., Bozdoğan, D. (2026). Biyolojik katkılı organomineral gübrelerin mısır bitkisi verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 23(4): 1389-1406.
Citation: Namlı, A., Akça, M. O., Alıcı, N. C., Bozdoğan, D. (2026). Effects of bio-enhanced organomineral fertilizers on maize yield and some soil properties. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty,* 23(4): 1389-1406.

*Bu çalışma; TAGEM/19/AR-GE/06 numaralı ve "Biyolojik Katkılı Yenilikçi Organik ve Organomineral Gübre Ürünlerinin Geliştirilmesi' başlıklı proje verilerinden üretilmiştir.
©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2026

Abstract

In this study, the effects of biologically enriched organomineral fertilizers (OMFs) on maize (Zea mays L.) yield and soil properties were investigated under field conditions, with the aim of evaluating sustainable fertilization approaches that could serve as alternatives to chemical fertilizers commonly used in crop production. Pelletized OMFs with a 6N-15P formulation, produced from composted farmyard manure and grass residues, were enriched with bacterial inoculation and applied at different rates (75 and 100 kg da^{-1}), and were compared with diammonium phosphate (DAP, 30 kg da^{-1}) and an unfertilized control, thereby attempting to elucidate the role of both organic and biological inputs in fertilizer effectiveness. Except for the unfertilized control, a total of 60 kg da^{-1} urea was applied to all fertilizer treatments in two split applications, and therefore the results were evaluated not as conditions in which organomineral fertilizers solely replaced chemical fertilizers, but rather in terms of their comparative effects under mineral nitrogen supplementation. At the end of the experiment, organomineral fertilizer applications resulted in statistically significant increases in soil organic matter, available phosphorus, and extractable potassium compared with the control and chemical fertilizer treatments, and these increases were attributed to the acceleration of nutrient cycling driven by organic matter inputs together with enhanced microbial activity. Among the treatments, the application of 6N15P farmyard manure compost + bacteria at 100 kg da^{-1} was the most effective, and this treatment produced more pronounced results in terms of both soil nutrient status and biological activity compared with the other applications. The highest total bacterial count (36.94 × 10^{8} cfu ml^{-1}) was observed in the high-dose bacterial farmyard manure compost treatment (AG2+), indicating that bacterial inoculation markedly increased the soil microbial population. With respect to plant parameters, green forage yield, dry matter yield, and plant height were determined as 8256 kg da^{-1}, 3279 kg da^{-1}, and 295 cm, respectively, and these values demonstrate that biologically enriched OMF applications positively supported maize growth and development. Overall, the results indicate that the AG2+ treatment (6N15P farmyard manure compost + bacteria, 100 kg da^{-1}) exerted beneficial effects on soil fertility, microbial activity, and maize yield. These findings demonstrate that biologically enriched OMFs, when applied under mineral fertilizer support, function as complementary inputs that contribute to soil organic matter, microbial activity, and nutrient cycling, rather than direct replacements for chemical fertilizers. Bacteria-enriched OMFs were found to enhance soil organic matter and carbon content, thereby supporting sustainable agricultural production and potentially contributing to the long-term conservation of soil health.

Keywords: Organomineral fertilizer, Microbial activity, Organic carbon, Plant nutrients, Yield

1. Giriş

Son yıllarda dünya genelinde artan nüfusun besin ihtiyacını karşılamak için tarımsal üretimi yoğunlaştırmak, çevresel bozunum ve iklim değişikliğinden dolayı gün geçtikçe zorlaşmaktadır (Penuelas ve ark., 2023). Uzun yıllar verimi arttırmak için kimyasal gübrelerin yanlış kullanımı; toprağın fizikokimyasal yapısının bozulması (Pahalvi ve ark., 2021; Dönmez ve ark., 2024), yer altı ve üstü su kaynaklarının kirlenmesi (Ashitha ve Rakhimol, 2021), biyoçeşitlilik kaybı veya dengesizliği (Saha ve ark., 2024) gibi olumsuz etkilere sebep olmuştur. Bu olumsuzluklar yalnızca doğal ekosistemler üzerinde değil, aynı zamanda tarım yapılan alanlarda toprak verimliliği ve ürün kalitesi üzerinde de ciddi tehditler oluşturmaktadır. Kimyasal gübrelerin yoğun kullanımı sonucunda özellikle yeraltı sularında nitrat birikimi, yüzeysel sularda ötrofikasyon ve toprak mikrobiyal çeşitliliğinde azalma gibi sorunların ortaya çıktığı bilinmektedir (Güler ve ark., 2025).

Türkiye topraklarının yaklaşık %70'i organik maddece fakirdir (Şenses ve ark., 2015). Ülkemiz genelinde bu oranın %3-4 olması gerekirken %0.1-1.5 arasında kalmıştır. Söz konusu %3-4 organik madde düzeyi jeolojik bir zorunluluk olmayıp; tarımsal verimlilik, su tutma kapasitesi ve mikrobiyal aktivite açısından belirlenen bir yönetim hedefidir. Organik madde eksikliği, kimyasal gübrelerle sağlanan besin elementlerinin bitkiler tarafından etkin alımını da sınırlamaktadır (Tamer ve ark., 2016; Ordu ve Aşık, 2021). Organik madde toprak mikroorganizmaları tarafından biyolojik ve fiziko-kimyasal reaksiyonlarla parçalanarak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmekte ve besin elementlerinin etkinliğini artırmaktadır (Ogazi ve Omueti, 2000). Organik madde ilavesi olmaksızın yalnız kimyasal gübre kullanımı ise, mevcut organik maddenin daha hızlı mineralizasyonuna yol açmaktadır (Süzer ve Çulhacı, 2017). Bu durum uzun vadede toprakların yapısal bozulmasına, su tutma kapasitesinin azalmasına ve bitki besin elementi döngüsünün zayıflamasına neden olmaktadır. Bu nedenlerle hem toprak verimliliğini artıracak hem de çevreye daha az zarar verecek alternatif ve sürdürülebilir gübreleme stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Organomineral gübreler, organik ve mineral gübrelerin olumlu etkilerini entegre etme potansiyelleri nedeniyle son yıllarda öne çıkmıştır (Mirji, 2024). Bu gübreler, kompost ya da işlenmiş organik maddelerin humik maddeler, yavaş salınımlı besinler ve mikrobiyal biyokütle ile zenginleştirilmesi ve hassas dozlarda kimyasal gübrelerle birleştirilmesiyle elde edilmektedir. Organik kısım yalnızca besin maddelerini taşımakla kalmayıp, toprak yapısı, katyon değişim kapasitesi, su tutma kapasitesi ve biyolojik aktivite üzerinde de olumlu etkiler sağlamaktadır (Srinivasarao ve ark., 2024). Araştırmalar, organik bazlı gübrelerin yeraltı sularına kimyasal gübrelerden daha az sızdığını göstermektedir (Sridhar ve Adeoye, 2003). Atıcı (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada, organomineral gübrelerin buğday verimi üzerinde kimyasal gübrelere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Benzer şekilde, farklı materyallerle yapılan denemeler organomineral gübrelerin makro ve mikro besin elementlerinin alımını kolaylaştırdığını, dane verimi ve protein içeriği gibi kalite parametrelerini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Organomineral gübrelerin farklı bitki türlerinde verim ve besin elementi alımı üzerine olumlu etkileri bildirilmekle birlikte, bu etkilerin bitki türü, toprak özellikleri ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebileceği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle buğday gibi tahıllarda elde edilen sonuçlar, organomineral gübrelerin genel potansiyelini göstermesi bakımından önemli olmakla birlikte, mısır bitkisi özelinde doğrudan değerlendirilmelidir. Mısır, yüksek biyokütle oluşturan ve gelişme dönemi boyunca özellikle N, P ve K alımı yüksek olan bir bitkidir. Bu nedenle kök bölgesinde besin elementlerinin yeterli ve alınabilir formda bulunması, mısırda vejetatif gelişim, kuru madde birikimi ve verim açısından kritik öneme sahiptir. Deneme toprağının kireç içeriğinin yüksek olması ve organik madde düzeyinin sınırlı olması, özellikle P ve bazı mikroelementlerin bitkiye yarayışlılığını azaltabilecek önemli faktörlerdir. Bu koşullarda organomineral gübre uygulamaları, yalnızca bitkiye besin elementi sağlama yönüyle değil, organik madde katkısı, rizosferde mikrobiyal aktivitenin desteklenmesi ve besin elementlerinin alınabilirliğinin artırılması potansiyeli bakımından da önem kazanmaktadır. Bu nedenle organomineral gübrelerin mısır yetiştiriciliğindeki rolü, toprak özellikleri ve bitki fizyolojisi birlikte değerlendirilerek incelenmelidir.

Geleneksel tarımsal üretimde yaygın olarak kullanılan mineral gübreler, kısa vadede bitki besin elementi ihtiyacını karşılamakla birlikte, uzun süreli ve bilinçsiz kullanımları durumunda toprak organik maddesinin azalması, besin elementi dengesizlikleri, yer altı ve yüzey sularında nitrat/fosfat kirliliği ve sera gazı emisyonları gibi çeşitli çevresel sorunlara yol açabilmektedir. Bu durum, tarımsal üretimde besin maddesi kaynaklarının yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Artan nüfusun besin ihtiyacını karşılamak için kullanılan tarımsal

ve endüstriyel faaliyetler büyük miktarda atık üretmektedir. Bu atıkların birikimi çevresel sorun yaratırken, aynı zamanda geri dönüştürülebilirlik açısından da bir fırsat sunmaktadır. Uygun şekilde kompostlandığında, bu atıklar toksisite ve patojen seviyeleri azaltılmış, besin açısından zengin girdilere dönüştürülebilmektedir. Dolayısıyla, bu tür organik atıkların değerlendirilmesi hem atık yönetimi açısından çevresel bir yarar sağlamakta hem de tarımsal üretimde düşük maliyetli besin kaynağı oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Kompostun uygun dozda kimyasal gübreler ve bitki büyümesini teşvik eden mikroorganizmalarla zenginleştirilmesi, ürün verimliliğini artırarak ve toprak sağlığını iyileştirerek uygulanabilir bir yaklaşım sunmaktadır. Böylece atık yönetimi yaklaşımı, yalnızca çevresel yükün azaltılmasına yönelik bir bertaraf stratejisi olmaktan çıkmakta; döngüsel ekonomi, kaynak geri kazanımı ve sürdürülebilir toprak verimliliği yönetiminin önemli bir bileşeni haline gelmektedir. Bu nedenle geleneksel gübrelerin çevresel yükü ile organik atıkların geri dönüşüm potansiyeli birlikte ele alınmalı; atıkların tarımsal kullanım olanakları hem çevresel riskler hem de toprak kalitesine sağlayabilecekleri katkılar açısından değerlendirilmelidir. Bu bağlamda çim atığı ve büyükbaş hayvan gübresi gibi yerel ölçekte yaygın olarak bulunabilen, bertaraf gereksinimi oluşturan organik atıklar, kompostlaştırma sürecinde birbirini tamamlayıcı özellikler göstermeleri nedeniyle potansiyel hammadde kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Çim atıkları bitkisel kökenli organik karbon kaynağı sağlarken, büyükbaş hayvan gübresi N ve diğer bitki besin elementleri bakımından katkı sunabilmektedir. Bu iki materyalin birlikte kullanımı, kompostlaştırma sürecinde C/N oranının dengelenmesine, organik maddenin stabilize edilmesine ve tarımsal açıdan değerlendirilebilir bir ürün elde edilmesine olanak tanımaktadır.

Kompostun mikroorganizmalarla zenginleştirilmesi, organik atıkların yalnızca stabilize edilmiş bir toprak düzenleyici olarak değerlendirilmesinin ötesinde, biyolojik olarak aktif ve işlevsel bir biyo-girdi haline getirilmesi açısından önem taşımaktadır. Kompost; organik karbon, humik maddeler, makro ve mikro besin elementleri ile gözenekli yapısı sayesinde yararlı mikroorganizmalar için uygun bir taşıyıcı ortam sağlayabilir. Bu özellik, özellikle bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin (PGPR) toprakta canlılığını, kök bölgesine taşınmasını ve rizosferde kolonizasyon başarısını destekleyebilir. Bu bakteriler azot fiksasyonu, fosfat çözündürme, siderofor üretimi, fitohormon sentezi, ACC deaminaz aktivitesi ve bazı patojenlerin baskılanması gibi doğrudan ve dolaylı mekanizmalarla bitki gelişimini destekleyen önemli mikrobiyal gruplar olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle kompost ile bu bakterilerin birlikte kullanımı, kompostun besin ve organik madde katkısı ile bakterilerin rizosferdeki biyolojik işlevlerini bir araya getirerek sinerjik bir etki oluşturabilir. Literatürde bu bakterilerin besin alımını artırma, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltma, bitki stres toleransını geliştirme ve sürdürülebilir tarımsal üretime katkı sağlama potansiyeli yaygın olarak bildirilmektedir (Backer ve ark., 2018). Kompostun bu bakteriler için taşıyıcı materyal olarak kullanıldığı çalışmalarda ise kompost bazlı biyogübrelerin bitki gelişimi, verim ve besin elementi alımı üzerinde olumlu etkiler gösterebildiği belirtilmiştir (Saeed ve ark., 2023).

Kompostun PGPR ile zenginleştirilmesinin ardından bu biyolojik materyalin tarımsal uygulamaya uygun, taşınabilir ve standardize edilebilir bir forma dönüştürülmesi önem taşımaktadır. Bu bağlamda peletleme, kompost-bakteri karışımının fiziksel stabilitesini artıran, taşıma ve depolamayı kolaylaştıran, homojen dozlamaya olanak sağlayan ve arazi uygulamalarında kullanım pratikliği sunan bir teknoloji olarak değerlendirilebilir (Chojnacka ve Baltrusaitis, 2025). Peletleme işlemiyle oluşturulan organik matris, kompost materyaline inoküle edilen seçilmiş PGPR suşları için fiziksel bir mikro-çevre sağlayarak kuruma, sıcaklık dalgalanmaları ve mekanik stres gibi çevresel faktörlere karşı bakteriyel canlılığın korunmasına katkı sağlayabilir (Saeed ve ark., 2023). Ayrıca peletlerin toprakta kademeli parçalanması hem besin elementlerinin hem de inoküle edilen yararlı mikroorganizmaların kontrollü biçimde kök bölgesine ulaşarak rizosferde mikrobiyal işlevselliğin optimize edilmesini destekleyebilir (Uddin ve ark., 2025).

Bu çalışmada, PGPR ile zenginleştirilmiş organomineral gübre uygulamalarının tek başına kimyasal gübre kullanımına kıyasla toprak organik maddesi, mikrobiyal aktivite ve mısır verimi üzerinde daha olumlu etkiler sağlayacağı hipotezi test edilmiştir. Bu kapsamda çalışmanın amaçları şunlardır: (i) farklı hammadde kaynaklarından (ahır gübresi ve çim atığı) ve dozlardan (75 ve 100 kg da^{-1}) elde edilen biyolojik katkılı organomineral gübrelerin toprak organik maddesi, alınabilir fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyum üzerindeki etkilerinin belirlenmesi; (ii) PGPR inokulasyonunun toprak mikrobiyal aktivitesi ve toplam bakteri sayısı üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi; (iii) organomineral gübre uygulamalarının mısır bitkisinin gelişimi, besin elementi alımı ve verim özellikleri üzerindeki etkilerinin kimyasal gübre uygulamasıyla karşılaştırılmasıdır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada biyolojik katkılı 6N-15P formülasyonlu mikroorganizma katkılı organomineral gübre (OMG) kullanılmıştır. Denemede kullanılan P dozu, yalnızca mısır bitkisinin genel besin elementi ihtiyacına göre değil, deneme toprağının analiz sonuçları, mevcut fosfor düzeyi ve hedeflenen verim düzeyi dikkate alınarak belirlenmiş olup gübreleme planlamasında fosfor miktarı P_2O_5 eşdeğeri üzerinden hesaplanmıştır. Gübreler, mısırın dekara 12–13 kg fosfor ihtiyacına göre hazırlanmıştır. OMG, kompostlanmış büyükbaş gübresi ve çim atıkları ile *Paenibacillus polymyxa* RC105, *Bacillus subtilis* TV17C ve *Bacillus megaterium* TV3D suşlarını (1×10^9 kob mL^{-1}) içermektedir. Organomineral gübrenin üretim süreci üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada çim atığı ve büyükbaş hayvan gübresinden ayrı ayrı kompost elde edilmiştir. İkinci aşamada elde edilen kompost materyalleri, hedeflenen 6N-15P formülasyonuna ulaşmak amacıyla N ve P kaynağı olarak DAP gübresiyle belirli oranlarda karıştırılmış ve bu çalışma bünyesinde geliştirilen pelet makinasında 75 bar basınç altında 9 mm çapında pelet formuna getirilmiştir. Peletleme işlemi sırasında oluşabilecek sıcaklık artışı ve mekanik stresin bakteri canlılığı üzerine olumsuz etkisini en aza indirmek amacıyla işlem düşük sıcaklık ve uygun nem koşullarında yürütülmüştür. Üçüncü aşamada ise kompostlaştırma tamamlandıktan ve materyal stabil hale geldikten sonra bakteri kültürleri Nutrient Broth (NB) besi ortamında 28°C'de 72 saat fermantörde çoğaltılmış ve türbidimetre ile 1×10^9 kob mL^{-1} konsantrasyona ayarlanmıştır. Peletlenmiş organomineral gübreler önce otoklavda sterilize edilmiş, ardından hazırlanan bakteri süspansiyonu pelet materyaline homojen şekilde uygulanarak inokulasyon gerçekleştirilmiştir. Gübreler ve deneme arazisinin temel özellikleri *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Organomineral gübrelerin ve deneme toprağının bazı başlangıç özellikleri

Table 1. Initial selected properties of the organomineral fertilizers and the experimental soil

Özellikler	6N-15P Büyükbaş	6N-15P Çim atığı	Toprak parametresi	
Nem %	8.53	5.40	Nem %	5. 37
OM %	58.0	60.0	OM %	1.02
N %	6.59	7.32	N %	0.028
P_2O_5 %	16.34	16.1	P mg kg^{-1}	8.32
K_2O %	2.41	2.63	K mg kg^{-1}	137
pH	6.97	7.01	pH	7.81
EC dS m^{-1}	20.0	16.5	EC dS m^{-1}	1.15
Cu mg kg^{-1}	45.3	25.8	Alınabilir Cu mg kg^{-1}	2.87
Zn mg kg^{-1}	397	189	Alınabilir Zn mg kg^{-1}	0.94
Ni mg kg^{-1}	36.8	27.6	Alınabilir Fe mg kg^{-1}	3.82
Pb mg kg^{-1}	0.005	0.005	Alınabilir Mn mg kg^{-1}	5.68
Cr mg kg^{-1}	81.3	89.7	Kireç %	30.7
Cd mg kg^{-1}	1.20	1.00		

Denemede kullanılan organomineral gübrelerin nem ve besin elementi içerikleri, 28 Şubat 2018 tarih ve 30341 sayılı *"Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik"* kapsamında, Ek 2B'de yer alan NP'li Katı Organomineral Gübreler için belirlenen sınır değerlere uygun bulunmuştur. Ayrıca, organomineral gübrelerin ağır metal içerikleri, aynı yönetmelikte insan ve çevre sağlığının korunması amacıyla ürünler için tanımlanan sınır değerlerin altında olup, mevzuat açısından herhangi bir uygunsuzluk bulunmamaktadır**.**

2.1. Tarla denemesinin kurulumu

Deneme, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazisinde (39°36′47′′K, 32°41′20′′D) yürütülmüştür. Parselasyon öncesi hasat artıkları freze ile parçalanmış, arazi 20 cm derinlikte sürülmüş, kazayağı ile büyük kesekler kısmen parçalanmış ve diskaro ile yüzey tesviyesi yapılmıştır. Tarla denemesi, tesadüf parselleri desenine göre dört tekerrürlü kurulmuş; silajlık mısır çeşidi Pioneer 32W86, 70

cm sıra arası ve 16 cm sıra üzeri mesafe ile ekilmiştir. Her parsel 2.8 × 3 m (8.4 m^2) boyutlarında olup dört sıradan ve her sırada 16 bitkiden oluşmaktadır.

Uygulama konuları:

1. C: Kontrol, 2. R: Gübreli kontrol (30 kg da^{-1} DAP), 3. Ç1: 6N15P Çim kompostu (75 kg da^{-1}), 4. Ç1+: 6N15P Çim kompostu + Bakteri (75 kg da^{-1}), 5. Ç2: 6N15P Çim kompostu (100 kg da^{-1}), 6. Ç2+: 6N15P Çim kompostu + Bakteri (100 kg da^{-1}), 7. AG1: 6N15P Ahır gübresi kompostu (75 kg da^{-1}), 8. AG1+: 6N15P Ahır gübresi kompostu + Bakteri (75 kg da^{-1}), 9. AG2: 6N15P Ahır gübresi kompostu (100 kg da^{-1}), 10. AG2+: 6N15P Ahır gübresi kompostu + Bakteri (100 kg da^{-1}).

Gübre uygulamaları, tohumla birlikte havalı ekim mibzeriyle ekim sırasında toprağa uygulanmış, aynı gün damla sulama sistemi kurulmuş ve can suyu verilmiştir. Deneme süresince 17 sulama gerçekleştirilmiş, kontrol parselleri hariç tüm uygulamalara iki kez 30 kg da^{-1} üre üst gübrelemesi uygulanmıştır. Sulama uygulamaları, bitkinin fenolojik gelişim dönemi, toprak nem durumu ve iklim koşulları dikkate alınarak yapılmıştır. Sulama zamanları, bitkilerde su stresini önlemek ve tarla kapasitesine yakın nem koşullarını korumak amacıyla belirlenmiştir. Yapılan sulama işlemleri özellikle kurak dönemlerde bitki gelişiminin sınırlanmaması için tercih edilmiştir. Yabancı ot mücadelesi, boğaz doldurma ve ilaçlama işlemleri yürütülmüştür. Denemede kullanılan Pioneer 32W86 çeşidi silajlık mısır çeşidi olarak değerlendirilmiş; bitki gelişimi ve verim parametrelerinin yorumlanmasında silajlık mısır üretim kriterleri esas alınmıştır. Bitkiler hasat olum dönemi ve kuru madde oranı dikkate alınarak hasat edilmiş, kenar tesiri dikkate alınarak her parselden sekiz bitki sökülmüş, boyları ölçülmüş ve laboratuvar analizleri için örnekler alınmıştır. Bitkilerde yeşil ot ve kuru madde verimi ile makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Fe, Cu, Zn, Mn, B) element içerikleri belirlenmiştir. Hasat günü 20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde organik madde, pH, EC, toplam N, alınabilir P ve K ile iz elementler analiz edilmiştir.

2.2. Organik materyallerde kullanılan analiz yöntemleri

Çalışmada kullanılan kompost materyalleri büyükbaş hayvan gübresi ve çim atıklarından ayrı ayrı üretilmiştir. Kompost örneklerinde pH, TS 9104 standardına göre 3 g örneğe 50 mL saf su eklenip yarım saat bekletildikten sonra pH metre ile ölçülmüştür (TSE, 1991a). Elektriksel iletkenlik (EC) TS 9106 standardına göre 10 g örneğe 180 mL su eklenip 1 saat çalkalandıktan sonra kondüktivimetre ile belirlenmiştir (TSE, 1991b). Organik madde (OM) miktarı TS 9103'e göre 5 g örneğin 650°C'de 4 saat yakılmasıyla gravimetrik olarak saptanmıştır (TSE, 1991b). Toplam azot (N) makro Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiş (Kacar ve İnal, 2008), P, K, ve iz elementler (Fe, Cu, Zn, Mn, ve B) ise H_2O_2 ve HNO_3 ile mikrodalga yakma sonrası ICP-OES cihazıyla analiz edilmiştir (Zarcinas ve ark., 1987).

2.3. Toprak analiz yöntemleri

Toprak tekstürü Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951), tekstür sınıflaması Soil Survey Manual esaslarına göre yapılmıştır (Soil Survey Manual, 1951). Toprak pH ve EC, 1:2.5 toprak/su süspansiyonunda ölçülmüştür (Richards, 1954). OM Walkley-Black yöntemiyle (Jackson, 1962), $CaCO_3$ Scheibler kalsimetresiyle (Richards, 1954), toplam N Kjeldahl yöntemi ile tayin edilmiştir (Bremner, 1965). Alınabilir K, 1 N nötr amonyum asetat ile ekstrakte edilip fleymfotometre ile, bitkiye yarayışlı P ise 0.5 N $NaHCO_3$ ile ekstrakte edilip spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir (Kacar, 1995; Olsen ve ark., 1954).

2.4. Mikrobiyolojik sayım metotları

Toprakta toplam bakteri sayımı dökme plak yöntemiyle yapılmış; atmosferik azot fikse eden ve fosfor çözücü mikroorganizmalar özel besiyerlerinde kültüre alınmıştır (Pikovskaya, 1948). Her parselden alınan 10 g rizosfer toprağı aseptik koşullarda 100 mL steril su içine aktarılmış, 150 rpm'de 30 dakika çalkalanmış, 1 mL örnek 9 mL steril su ile karıştırılarak 10^{-8}'e kadar seri seyreltmeler yapılmış ve 0.1 mL süspansiyon besiyerlerine ekilip 30°C'de 7 gün inkübe edilmiştir. Taşıyıcı materyallerde bakteri sayımı başlangıçtan itibaren her 30 günde bir olmak üzere düzenli olarak yürütülmüştür (Reasoner ve Geldreich, 1985).

2.5. Mısır bitkisinde belirlenen bazı verim parametreleri ve element analizleri

Bitki boyu, her parselden rastgele seçilen sekiz bitkinin toprak yüzeyinden tepe püskülünün ucuna kadar ölçülerek ortalaması alınmıştır (Yürür ve Turgut, 1992). Yeşil ot verimi, orta iki sıradaki sekiz bitkiden 8-10 cm yükseklikten biçilerek tartılmış ve birim alana uyarlanmıştır (Anonim, 2010). Kuru madde verimi için aynı bitkiler

65°C'de 48 saat kurutulmuş, nem alımı önlenerek tartılmıştır (Anonim, 2010). Bitki örneklerinde makro (N, P ve K) ve mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn, B) Kacar ve İnal (2008) tarafından bildirilen yöntemlere göre analiz edilmiştir.

2.6. İstatistik analizleri

Tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulan tarla denemesinden elde edilen sonuçlar Minitab 17.1.0 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Önemlilik düzeyi $P<0.05$ düzeyinde F testine göre belirlenmiş, ortalamaların farklılık gruplandırması Duncan testine göre yapılmış olup tablolarda verilen EKÖF (En Küçük Önemli Fark) değerleri gruplar arası farklılığı ortaya koymak amacıyla hesaplanmıştır.

2.7. Ekonomik analiz

Ekonomik değerlendirme, silajlık mısırın yaş ot verimi üzerinden 2021 piyasa fiyatları ile yapılmıştır (Uzunlu ve Özcan, 1987). Ana ürün değeri ve değişen masraflar (tohum, ilaç, ekim, hasat, DAP ve üre gübreleri ile proje kapsamında üretilen kompost ve organomineral gübreler) dikkate alınarak DAP uygulamasına göre brüt karda ve değişen masraflarda marjinal artışlar hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Tarla denemesinde uygulamaların toprakların organik madde, pH, EC ve kireç içeriklerine etkileri

Tarla denemesinde uygulamaların organik madde (OM) miktarı üzerine etkileri değerlendirildiğinde; tüm gübre uygulamaları toprağın OM miktarını kontrol toprağına göre $P<0.05$ düzeyinde artırmıştır. En yüksek OM içeriği ahır gübresi kompostu esaslı bakterili 6N15P gübresinin 100 kg da^{-1} uygulamasında (AG2+) belirlenmiştir. Diğer organomineral gübre uygulama çeşit ve uygulama dozları kimyasal gübre uygulanmış parsele göre daha yüksek OM içermiş ancak istatistiksel olarak hepsi aynı grupta yer almıştır. Sadece AG2+ uygulaması diğer uygulamalara göre OM miktarını $P<0.05$ önem arz edecek düzeyde artırmıştır (*Tablo 2*). Tüm gübre uygulamaları OM içeriğini artırmış; AG2+ uygulaması %1.41 ile en yüksek değeri sağlamıştır. Bu artış, peletlenmiş organomineral gübrelerdeki stabilize karbon yapıları ve mikrobiyal biyoaktivite ile ilişkilendirilebilir (Lal, 2004). Kimyasal gübrelerin toprak organik maddesi üzerindeki etkisi her koşulda tek yönlü değildir. Uzun süreli ve tek yönlü mineral gübre kullanımı bazı koşullarda organik maddenin azalmasına ve toprak biyolojik kalitesinin zayıflamasına katkıda bulunabilse de kısa dönemli denemelerde mineral gübre uygulamaları bitki biyokütlesini ve kök gelişimini artırarak toprağa dönen bitkisel atık miktarını yükseltebilmektedir (Oburger ve ark., 2022). Bu mekanizma aracılığıyla kısa dönem gübre uygulamalarında toprak organik maddesi artışı gözlemlenebilmektedir (Zhou ve ark., 2025; Jiang ve ark., 2024). Bu nedenle kimyasal gübre uygulamasında gözlenen organik madde artışı, gübrenin doğrudan organik madde sağlamasından ziyade bitki gelişimindeki artışa bağlı kök ve bitki artığı girdileriyle ilişkili olabilir. Kimyasal gübre kullanımının organik madde üzerindeki etkisinin uygulama süresi, bitki biyokütlesi, toprak tipi ve yönetim koşullarına bağlı olarak değişebileceği dikkate alınmalıdır.

Tarla denemesinde toprakların pH değerleri 7.78-7.86 arasında belirlenmiştir. En yüksek pH kontrol toprağında olmuştur. Tarla denemesinde bakterili ve bakterisiz organomineral gübrelerin pH değerleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde; kontrol dahil bütün uygulamaların toprak pH'sı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (*Tablo 2*).

Tarla denemesinde toprakların EC değerleri 1.15 dS m^{-1} (C) – 1.78 dS m^{-1} (Ç2+) arasında belirlenmiştir. En yüksek EC bakteri katkılı 100 kg da^{-1} 6N15P Çim kompostu organomineral gübre uygulanmış (Ç2+) toprakta olmuştur. Tek başına kimyasal gübre uygulaması dahil organomineral gübre uygulamaları kontrol uygulamasına göre EC değerlerini artırmıştır ($P<0.05$). Tarla denemesinde bakterili ve bakterisiz organomineral gübrelerin Çim kompostu esaslı organomineral gübrelerin (Ç1, Ç2, Ç1+ ve Ç2+) ahır gübresi kompostu esaslı (AG1, AG2, AG1+ ve AG2+) olanlara göre EC değerlerini daha fazla artırdığı, EC'deki artışın doza bağlı olarak daha fazla olduğu ve bakteri inokülasyonu yapılan uygulamaların (Ç1+ ve Ç2+) bakterisiz uygulamalara (Ç1 ve Ç2) göre EC değerlerini bir miktar daha fazla arttırdığı belirlenmiştir (*Tablo 2*).

Tarla denemesinde toprakların kireç değerleri %30.10 (C) - %31.85 (AG2) arasında belirlenmiştir. Tarla denemesinde bakterili ve bakterisiz organomineral gübrelerin kireç içerikleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde;

uygulamalara bağlı kireç miktarlarında meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Organomineral gübre uygulamalarının toprağın kireç içeriği üzerine etki etmediği belirlenmiştir (*Tablo 2*).

Tablo 2. Uygulamaların tarla denemesi topraklarının organik madde, pH, EC ve kireç miktarlarına etkisi

Table 2. Effects of the treatments on organic matter, pH, EC, and lime contents of the field trial soils

Uygulamalar	Organik madde (%)	pH (1:2.5)	EC (dS m^{-1})	Kireç (%)
C	1.00b	7.86	1.15b	30.10
R	1.04ab	7.85	1.47a	31.64
Ç1	1.07ab	7.81	1.28ab	31.36
Ç1+	1.17ab	7.78	1.49a	31.56
Ç2	1.25ab	7.82	1.50a	31.59
Ç2+	1.13ab	7.80	1.78a	31.55
AG1	1.15ab	7.80	1.35ab	31.19
AG1+	1.07ab	7.82	1.41a	31.54
AG2	1.21ab	7.84	1.49a	31.85
AG2+	1.41a	7.86	1.62a	31.15
EKÖF	0.3255	0.1623	0.5593	3.092

3.2. Tarla denemesinde uygulamaların toprakların toplam azot, alınabilir fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyum miktarları üzerine etkileri

Tarla denemesinde toprakların toplam N kapsamları %0.047 (C) – %0.070 (R) arasında belirlenmiştir. En yüksek azot tek başına kimyasal gübre uygulanmış parselde belirlenmiştir. Tek başına kimyasal gübre uygulamasının yanı sıra organomineral gübre uygulamaları da kontrol uygulamasına göre azot kapsamlarını artırmıştır ($P<0.05$). Tarla denemesinde bakterili ve bakterisiz organomineral gübrelerin N değerleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde; çim kompostu esaslı organomineral gübrelerin ahır gübresi kompostu esaslı olanlara göre toprakların N içeriklerini daha fazla artırdığı, N miktarlarındaki artışın doza bağlı olarak daha fazla olduğu ve bakteri inokülasyonu yapılan uygulamalarda toprakların N kapsamlarını bakterisiz uygulamalara göre daha fazla arttırdığı belirlenmiştir (*Tablo* 3). N düzeylerinde en yüksek değer %0.070 ile R uygulamasında gözlenmiş olsa da bakterili organomineral gübreler bu değere yakın sonuçlar vermiştir. Bu durum, organik bileşiklerin kontrollü ayrışması sonucu oluşan mineralizasyonun etkinliğini göstermektedir (Ullah ve ark., 2020).

Tablo 3. Uygulamaların toprakların toplam azot, alınabilir fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyum miktarlarına etkisi

Table 3. Effects of the treatments on total nitrogen, available phosphorus, and extractable potassium contents of the soils

Uygulamalar	Toplam N (%)	Alınabilir P (mg kg^{-1})	Ekstrakte edilebilir K (mg kg^{-1})
C	0.047b	8.13c	135.78c
R	0.070a	10.55c	205.93a
Ç1	0.056ab	13.28c	148.42c
Ç1+	0.062a	18.54bc	181.55b
Ç2	0.060a	15.22c	149.88c
Ç2+	0.062a	26.12b	163.74bc
AG1	0.054b	14.54c	182.64b
AG1+	0.057ab	22.47b	213.45a
AG2	0.058ab	23.00b	187.41ab
AG2+	0.059ab	32.83a	221.26a
EKÖF	0.01451	8.738	34.23

Bununla birlikte, deneme süresince uygulanan yüksek sulama sıklığının besin elementi dinamikleri üzerindeki olası etkileri de değerlendirilmelidir. Sulama suyu toprak profilinde aşağı hareket ederken nitrat-azotu (NO_3^--N) beraberinde taşıyabilmektedir. Nitrat, negatif yüklü toprak partikülleri tarafından tutulmadığından kök bölgesinin altına kolaylıkla yıkanabilmekte ve bitki tarafından alınamamaktadır. Bu mekanizma özellikle yüksek sulama miktarı ve sıklığında belirginleşmekte; uygulanan N'un önemli bir kısmının bitki tarafından

kullanılmadan kaybolmasına yol açmaktadır (Muhammad ve ark., 2022). Bu çalışmada kontrol parselleri hariç tüm uygulamalara toplam 60 kg da^{-1} üre uygulanmış olması ve deneme süresince 17 sulama gerçekleştirilmesi dikkate alındığında, özellikle üst gübrelemeler sonrasındaki sulama olaylarının N yıkanması riskini artırabileceği değerlendirilmektedir. Buna karşın organomineral gübre uygulamalarında elde edilen toprak N değerlerinin kimyasal gübreye yakın seyretmesi dikkat çekicidir. Bu durum, organomineral gübrelerdeki organik fraksiyonun yavaş mineralizasyonu sayesinde N'un toprakta daha uzun süre tutulduğunu ve yıkanma kayıplarının kısmen önlendiğini düşündürmektedir. Nitekim yavaş salınımlı N gübrelerinin mısır yetiştiriciliğinde azot yıkanmasını azaltırken toprak N düzeyini sürdürdüğü belirtilmiştir (Meng ve ark., 2024). Benzer şekilde organomineral gübre uygulamalarının kimyasal gübrelere kıyasla azot yıkanma kayıplarını azalttığı ve besin elementi kullanım etkinliğini artırdığı ortaya konulmuştur (Uddin ve ark., 2025).

Tarla denemesi topraklarının alınabilir fosfor içerikleri 8.13 mg kg^{-1} (C) – 32.83 mg kg^{-1}arasında değişmiştir (AG2+). Tarla denemesinde uygulamaların toprağın alınabilir fosfor miktarları üzerine etkileri değerlendirildiğinde; tüm bakterili gübre uygulamalarında toprakların alınabilir fosfor içerikleri kontrol toprağına göre $P<0.05$ düzeyinde artış göstermiştir. Organomineral gübre uygulanmış toprakların fosfor içerikleri kimyasal gübrenin tek başına uygulanmış topraklara göre daha fazla olmuştur. Organomineral gübreler kendi aralarında kıyaslandığında, tüm uygulamalar arasında toprağın fosfor miktarını kontrole göre en fazla artıran büyükbaş hayvan kompostundan yapılan organomineral gübre uygulamaları olmuştur ($P<0.05$). Bakterili ve bakterisiz uygulamaları birbirleriyle kıyaslandığında ise, bakteri aşılamaları toprağın fosfor miktarını bakterisize göre daha fazla artırmıştır (*Tablo 3*). Bu etki, PGPR suşlarının fosfat çözünürlüğü ile ilişkilidir. de Oliveira-Paiva ve ark. (2024), *Bacillus megaterium*'un fosfat çözünürlüğünü artırarak bitkinin P alımını iyileştirdiğini ortaya koymuştur. AG2+ uygulamasında alınabilir fosfor değerinin kimyasal kontrole göre belirgin biçimde yüksek bulunması, yüksek kireç içeriğine sahip deneme toprağı koşullarında dikkatle değerlendirilmelidir. Kireçli topraklarda fosforun kalsiyum fosfat formlarına dönüşerek alınabilirliğinin azalması beklenmekle birlikte, bu uygulamada gözlenen yüksek alınabilir P değeri yalnızca inoküle edilen bakterilerin fosfat çözücü etkinliğiyle açıklanamayabilir. Organik materyalin ayrışması sırasında açığa çıkan organik asitler kalsiyum fosfat bileşiklerini çözündürerek rizosferde lokal P konsantrasyonunu artırabilmekte; bu mekanizma özellikle kireçli topraklarda belirginleşmektedir (Garcia-Sanchez ve ark., 2023; Pang ve ark., 2024). Buna ek olarak komposttan gelen çözünür P fraksiyonları da alınabilir fosfor miktarına katkıda bulunmuş olabilir. Ayrıca örnekleme heterojenliği ve analiz varyasyonu gibi faktörlerin de sonuçları etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Deneme toprağının yüksek kireç içeriği (%30.7, *Tablo1*), elde edilen sonuçların yorumlanmasında dikkate alınması gereken önemli bir pedolojik faktördür. Kireçli topraklarda fosforun kalsiyum fosfat bileşikleri şeklinde fikse olması bitkiye yarayışlı fosfor miktarını önemli ölçüde sınırlandırabilmektedir (Adnan ve ark., 2025). Benzer şekilde yüksek pH ve kireç içeriği, özellikle Fe, Zn, Mn ve Cu gibi mikroelementlerin çözünürlüğünü ve bitki tarafından alınabilirliğini azaltabilmektedir (İpek ve Eşitken, 2017). Organomineral gübre ve PGPR uygulamalarının etkisi değerlendirilirken, toprağın yüksek kireç içeriğine bağlı bu besin elementi yarayışlılığı sınırlamaları göz önünde bulundurulmalıdır. Organik materyallerin ayrışmasıyla oluşan organik asitler ve mikrobiyal metabolitler rizosferde lokal çözünürlük artışına katkıda bulunabilse de yüksek kireçli koşullarda bu etkinin sınırlı kalabileceği dikkate alınmalıdır. Bunun yanı sıra, deneme süresince uygulanan yüksek sulama sıklığının toprak çözeltisindeki iyon konsantrasyonlarını ve katyon dengesini etkileyerek alınabilir P miktarı üzerinde dolaylı etkiler oluşturabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle gübre uygulamalarının alınabilir P içerikleri üzerindeki etkileri yorumlanırken, sulama rejiminin toprak fosfor dinamikleri üzerindeki olası katkısı da dikkate alınmalıdır (Sary ve ark., 2024).

Tarla denemesi topraklarının ekstrakte edilebilir potasyum içerikleri 135.78 mg kg^{-1} (C) – 221.26 mg kg^{-1} arasında değişmiştir (AG2+). Tarla denemesinde uygulamaların toprağın ekstrakte edilebilir potasyum miktarları üzerine etkileri değerlendirildiğinde; tüm gübre uygulamalarında toprakların ekstrakte edilebilir potasyum içerikleri kontrol toprağına göre $P<0.05$ düzeyinde artış göstermiştir. Organomineral gübre uygulamaları tek başına kimyasal gübre uygulamasıyla kıyaslandığında; bakterili ahır gübresi esaslı organomineral gübrelerin (AG1+, AG2+) her iki dozunun tek başına kimyasal gübre uygulanmış (R) topraklara göre daha fazla değişebilir potasyum içerdiği görülmektedir. Çim kompostu esaslı organomineral gübre uygulamaları (Ç1 ve Ç2) kontrole göre ekstrakte edilebilir potasyumu önemli derecede artırmış ancak tek başına kimyasal gübre uygulamalarının altında kalmıştır. Organomineral gübreleri kendi aralarında kıyaslandığında, tüm zamanlarda toprağın ekstrakte edilebilir potasyum miktarları alınabilir fosfora benzer şekilde en fazla büyükbaş hayvan kompostu esaslı organomineral gübre uygulamalarında olmuştur ($P<0.05$). Bakterili ve bakterisiz uygulamaları birbirleriyle

kıyaslandığında ise, bakteri aşılamaları toprağın ekstrakte edilebilir potasyum miktarını bakterisizlere göre daha fazla artırmıştır (*Tablo 3*). Potasyum artışı, kompost içeriğindeki suda çözünür K fraksiyonlarının artmasıyla ve K^+ iyonlarının daha uzun süreli alınmasıyla ilişkilendirilebilir. Ch'ng ve ark. (2014), organik maddece zengin uygulamaların kil mineral yüzeylerinden potasyum desorpsiyonunu teşvik ettiğini belirtmiştir. Bununla birlikte, yüksek sulama sıklığının toprak çözeltisindeki katyon dengesini etkileyerek ekstrakte edilebilir K miktarı üzerinde dolaylı etkiler oluşturabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle gübre uygulamalarının K içerikleri üzerindeki etkileri değerlendirilirken, sulama rejiminin toprak K dinamikleri üzerindeki olası etkisi de dikkate alınmalıdır (Sary ve ark., 2024).

3.3. Tarla denemesinde uygulamaların toplam bakteri sayısı üzerine etkileri

En düşük toplam bakteri sayısı $3.22x10^8$ (R= tek başına kimyasal gübre), en yüksek toplam bakteri sayısı da $36.94x10^8$ (AG2+) uygulanmış toprakta belirlenmiştir. Organomineral gübre uygulamalarının tamamı kontrol ve tek başına kimyasal gübre uygulamasına göre toprağın toplam bakteri sayısını $P<0.05$ düzeyinde önemli derecede artırmıştır. Bakterili ve bakterisiz organomineral gübrelerin topraktaki toplam bakteri sayısı üzerine etkileri kıyaslandığında; bakteri aşılanmış uygulamalar bakterisiz gübre uygulamalarına kıyasla toprağın bakteri sayısını daha fazla artırmıştır. Organomineral gübreleri kendi aralarında kıyaslandığında; ahır gübresi kompostundan elde edilen bakteri aşılı organomineral gübrelerin çim kompostundan elde edilen organomineral gübrelerden daha fazla bakteri artışına etki etmiştir ($P<0.05$) (*Tablo 4*). Özellikle AG2+ uygulaması (36.94×10^8) dikkat çekmiştir. Bu artış, kompostların mikrobiyal aktiviteyi artırması ve PGPR inokülasyonunun sinerjik etkisi ile ilişkilidir. Glick (2012), Bacillus ve Paenibacillus türlerinin rizosferde büyümeyi destekleyici hormonlar, sideroforlar ve antibiyotik benzeri bileşikler üreterek bitki gelişimini doğrudan etkilediğini bildirmiştir.

Tablo 4. Tarla denemesinde uygulamaların toprakların bakteri sayıları üzerine etkisi

Table 4. Effects of the treatments on soil bacterial counts in the field trial

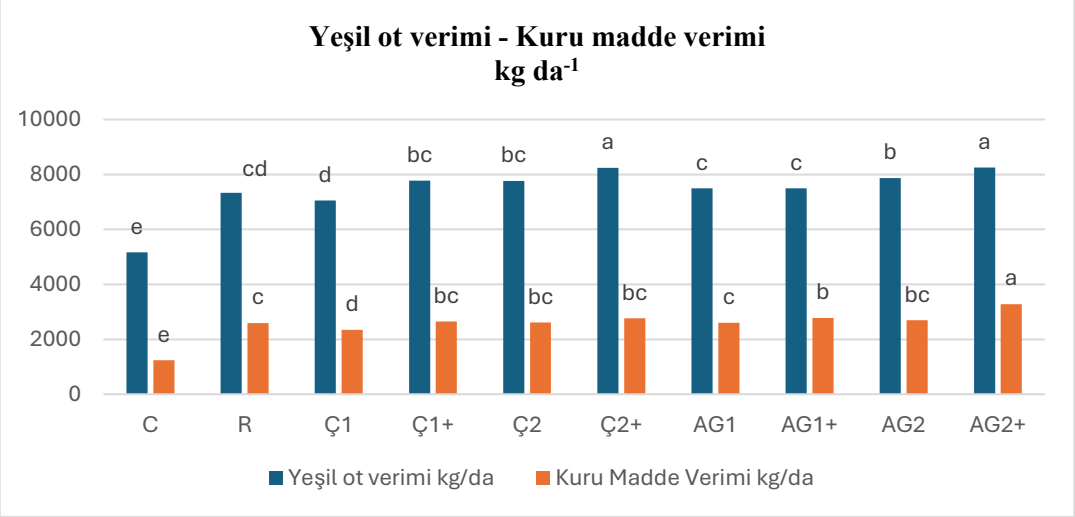
Uygulamalar	Toplam Bakteri (cfu ml^{-1})
C	4.33c
R	3.22c
Ç1	13.37b
Ç1+	28.97a
Ç2	13.00b
Ç2+	29.02a
AG1	18.02b
AG1+	34.11a
AG2	22.97ab
AG2+	36.94a
EKÖF	8.4

3.4. Tarla denemesinde uygulamaların mısır bitkisi verim ve verim komponentlerine etkileri

Tarla denemesinde en düşük yeşil ot verimi 5169 kg da^{-1} olarak C uygulamasında, en yüksek ise 8256 kg da^{-1} olarak AG2+ uygulamasında belirlenmiştir. R uygulamasında yeşil ot verimi 7338 kg da^{-1} olmuş, organomineral gübre uygulamalarında (küçük doz çim kompost esaslı organomineral gübre; Ç1 hariç) kimyasal gübre uygulamasının üzerinde yeşil ot verimi elde edilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü tarlada ise kimyasal gübre uygulaması ile silajlık mısır ekimi yapılmakta olup, 2021 yılı 2. üründe ortalama 7100 kg da^{-1} yeşil ot verimi elde edilmiştir (Şekil 1). Bu artışlar dengeli besin salınımı, iyileştirilmiş toprak yapısı ve artan mikrobiyal etkileşimlerle ilişkilidir (Mäder ve ark., 2002). Erdal ve ark., (2009), Antalya ili Aksu ilçesi şartlarında silajlık mısır çeşitlerinin performanslarına baktıkları çalışmalarında; bitki boyunu 226 ile 250 cm arasında, yeşil ot verimini ise 5074 ile 8070 kg da^{-1} arasında tespit etmişlerdir. Olgun ve ark., (2012), Eskişehir koşullarında silajlık mısırların bitki boyunu ortalama 260.70 cm, yeşil ot verimlerini de 10991.01 kg da^{-1} olarak bildirmişlerdir. Bulut (2016), bazı silajlık mısır çeşitlerinin Kayseri koşullarına adaptasyonunu araştırdığı çalışmasında; bitki boyunu 156.7 ile 239.2 cm arasında, yeşil ot verimini de 4611.2 ile 8030.8 kg da^{-1} arasında tespit etmiştir. Çalışmadan elde edilen veriler yukarıda da örnekleri verilen literatürle büyük oranda uyum göstermektedir. Farklılıklar ise ekolojik koşulların etkisinden veya genotip/çeşit farkından kaynaklanmaktadır.

Tarla denemesinde yeşil ot verimine benzer şekilde en düşük kuru madde verimi 1235 kg da^{-1} olarak C uygulamasında, en yüksek ise 3279 kg da^{-1} olarak AG2+ uygulamasında belirlenmiştir. R uygulamasında kuru madde verimi 2590 kg da^{-1} olmuş, yeşil ot verimine paralel şekilde organomineral gübre uygulamalarında (küçük doz çim kompost esaslı organomineral gübre; Ç1 hariç) kimyasal gübre uygulamasının üzerinde kuru madde verimi elde edilmiştir (Şekil 1). Silajlık mısırın hasat zamanındaki kuru madde miktarı, silolama sürecindeki fermantasyonun kalitesi üzerine doğrudan etki etmektedir. Kuru madde miktarı ile fermantasyon sırasında aktif olması beklenen laktik asit bakterilerinin kullanacağı karbonhidrat miktarı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Bu da bir silajda fermantasyon kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir (Arslan ve Çakmakçı, 2011). Olgun ve ark. (2012), silajlık mısırların kuru madde verimlerini ortalama 3155.91 kg da^{-1} olarak belirtmişlerdir. Erdal ve ark. (2009), Antalya ili Aksu ilçesi şartlarında silajlık mısır çeşitlerinin performanslarını inceledikleri araştırmada; kuru madde verimini 1878 ile 2922 kg da^{-1} arasında değişen oranlarda bulmuştur. Dönmez (2016), Kahramanmaraş koşullarında silajlık mısırların kuru madde verimlerini ortalama 2541 kg da^{-1} olarak bulmuştur. Çalışmada belirlenen miktarlar, bildirilen değerlerle büyük oranda benzerlik göstermektedir.

Hayvan yem maddesi ve gıda sektöründe kullanılmak üzere 2020 yılında Türkiye'de mısır bitkisi 1.21 milyon hektar alanda yetiştirilmektedir. Gübreler, başta mısır (*Zea mays*) olmak üzere mahsul verimliliğinde önemli bir rol oynamakta ve ülkedeki tarımsal üretimin ana kısıtlamaları arasında yer almaktadır. Adeoye ve ark. (2008), organomineral gübrelerin uygulamalarının mısır veriminde artışlar meydana getirdiğini belirlemişlerdir. Mısırın kuru madde verimi üzerine kimyasal ve organomineral gübrelerin etkilerini belirlemek için yapılmış olan bir diğer çalışmada organomineral gübre uygulandığında kuru maddede %20 oranında bir artış olduğu bulunmuş ve bu artışın organomineral gübrenin içerisindeki organik maddeden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Grohskopf ve ark., 2016). Organomineral gübrenin tarımsal ürün veriminin yanı sıra toprak özellikleri üzerine yapmış olduğu etkiler benzer çalışmalarla doğrulanmıştır (Silva ve ark., 2020). Hayvansal kaynaklı organik maddelerin de mısır veriminde tek başına uygulamalarına (Kravchenko ve Thelen, 2007) ve kimyasal gübreler ile kullanımlarında önemli verim artışlarına neden olduğu bulunmuştur. Organomineral gübrelerin organik fraksiyonlarının bitkisel ve hayvansal atıkların tarımsal üretimde kullanılmasıyla ekonomik ve çevresel birçok kazanç sağlanmasına neden olduğu bildirilmiştir (Schmidt Filho ve ark., 2016). Bu çalışmada değerlendirilen organomineral gübreler, kimyasal gübrelerin tamamen yerine geçebilecek doğrudan alternatifler olarak değil, mineral gübre desteği altında toprak organik maddesi ve mikrobiyal aktiviteye katkı sağlayan destekleyici girdiler olarak ele alınmalıdır. Bu yaklaşım, çalışmanın deneme deseninde kontrol parselleri hariç tüm uygulamalara üre uygulanmış olmasıyla da örtüşmekte; sonuçlar organomineral gübrelerin tek başına kimyasal gübreyi ikame ettiği koşullar olarak değil, mineral gübre desteği altındaki karşılaştırmalı etkileri kapsamında değerlendirilmelidir.

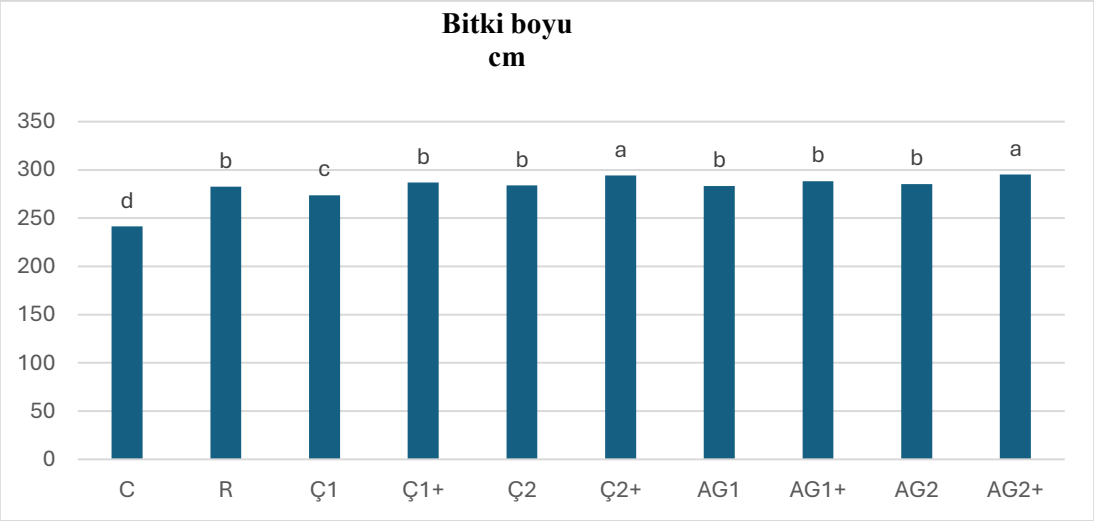


Şekil 1. Uygulamaların yeşil ot verimi ve kuru madde verimi üzerine etkisi

Figure 1. Effects of the treatments on green forage yield and dry matter yield

Bitki boyu:

Tüm gübre uygulamaları bitki boyunu kontrole göre P<0.05 düzeyinde önemli derecede artırmıştır. Tarla denemesinde en düşük bitki boyu 241.41 cm (C), en yüksek bitki boyu 295.07 cm (AG2+) olarak belirlenmiştir. Tek başına kimyasal gübre uygulamasında ise bitki boyu 282.49 cm olmuştur. 100 kg da^{-1} 6N15P ahır gübresi kompostu (AG2+) ve çim kompostu esaslı (Ç2+) organomineral gübreler bitki boyunu diğer uygulamalara göre en fazla artıran uygulamalar olmuştur (Şekil 2). Mısırın yeşil ot ve kuru madde verimleri değerlerindeki artışlar, mısırın bitki boy uzunluğundaki artışlara paralellik göstermiştir. Bitki boyu ile yeşil ot verimi arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Silajlık mısırda bitkinin bütün yeşil aksamı değerlendirilmektedir. Bu nedenle bitki boyu silajlık mısır yetiştiriciliğinde önemli bir özelliktir. Bu tip bitkilerde normal yetiştirme koşulları altında yüksek boylu bitkilerden daha fazla verim alınmaktadır (Citak ve Arslan, 2016). Benzer sonuçlar diğer çalışmalarda da elde edilmiştir. Sönmez ve ark. (2002), Tokat Erbaa koşullarında yaptıkları çalışmalarında; silajlık mısırların bitki boyunu ortalama 266.2 cm; yaprak sayılarını ortalama 12.9 adet, yeşil ot verimini de ortalama 6276.6 kg da^{-1} olarak bulmuşlardır. Çalışmadan elde edilen veriler Kızıl Aydemir (2018), Erdoğdu ve Altınok (2013) ile Hirpa (2013)'nın bulguları ile de örtüşmektedir. Bitki besin elementi analizlerinde belirlenen N, P ve K içeriklerinin yeterlilik sınırlarının altında kalması, hasat döneminde örnekleme yapılmış olmasıyla birlikte değerlendirilmelidir. Hasat döneminde hızlı biyokütle birikimi nedeniyle oluşan seyreltme etkisi, doku besin konsantrasyonlarını yeterlilik eşiğinin altına düşürebilmekte; yüksek verimli silajlık mısır çeşitlerinde bu durum beklenen bir fizyolojik örüntü olarak değerlendirilmektedir (Xue ve ark., 2019). Bunun yanı sıra besin elementlerinin yaprak ve gövde gibi vejetatif dokulardan koçan ve tane gibi depo organlarına taşınması sürecinde hasat döneminde ölçülen doku konsantrasyonları, bitkinin sezon boyunca aldığı toplam besin miktarını yansıtmamaktadır; dolayısıyla düşük hasat dönemi konsantrasyonları fizyolojik noksanlığın doğrudan göstergesi olarak yorumlanamaz (Maillard ve ark., 2015; Gallais ve ark., 2006). Nitekim bu çalışmada elde edilen bitki boyu değerleri silajlık mısır literatürüyle uyumlu olup erken dönem besin alımının yeterli olması halinde geç dönem doku konsantrasyonlarının düşük olmasının verim üzerindeki etkisinin sınırlı kalabileceği bildirilmektedir (Pedersen ve ark., 2021).



Şekil 2. Uygulamaların bitki boyu üzerine etkisi

Figure 2. Effects of the treatments on plant height

3.5. Tarla denemesinde uygulamaların mısır bitkisi makro (N, P ve K) ve mikro (Fe, Cu, Zn, Mn ve B) element içeriklerine etkileri

Mısır bitkisi azot içerikleri %0.345 (C) - %1.776 (AG2+) arasında bulunmuştur. Jones vd. (1991)'e göre mısır bitkisinin toprak üstü aksamında %3.5-5 arasında N yeterli, %3.5'den az N ise mısır bitkisi için noksan olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre bitkilerin tamamında azot içerikleri yetersiz düzeydedir. Uygulamalara bağlı bitkinin N içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Tüm gübre uygulamaları bitkinin N içeriğini kontrole göre artırmıştır (P<0.05). En yüksek N, 100 kg da^{-1} 6N15P ahır kompostu esaslı bakterili organomineral gübre uygulamasında (AG2+) gerçekleşmiştir. Çim kompostu esaslı

organomineral gübre uygulamaları tek başına kimyasal gübre uygulamasının altında azot içeriğine etki ederken, ahır gübresi esaslı organomineral gübreler tek başına kimyasal gübre uygulamasına göre bitki N içeriğini daha fazla artırmıştır (*Tablo 5*). Bulgular, organomineral gübrelerin bitki besin elementi alımını artırdığını ve N, Ca, Mg, Zn ile Cu artışının yalnızca topraktaki çözünürlüğe değil, kök bölgesindeki mikrobiyal etkileşimlere de bağlı olduğunu göstermektedir (Kaur ve Reddy, 2015).

Mısır bitkisi fosfor içerikleri % 0.093 (C) - % 0.17 (R= tek başına kimyasal gübre) arasında bulunmuştur (*Tablo 5*). Jones vd. (1991)'e göre mısır bitkisinin toprak üstü aksamında %0.30 – %0.50 arasında P yeterli, %0.30'dan az P ise mısır bitkisi için noksan olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre bitkilerin tamamında fosfor yetersizliği bulunmaktadır. Uygulamalara bağlı bitkinin fosfor içeriklerinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Tüm gübre uygulamaları bitkinin fosfor içeriğini kontrole göre artırmıştır ($P<0.05$). En yüksek P tek başına kimyasal gübre uygulamasında gerçekleşmiştir. Organomineral gübre uygulamaları fosfor miktarını kontrole göre önemli derecede artırmış ancak tüm organomineral gübreler kendi aralarında kıyaslandığında istatistiksel olarak hepsi aynı grupta yer almıştır (*Tablo 5*). Silva ve ark. (2020), organomineral gübre kullanımının mısırda fosfor temininde mineral gübre kadar etkili olduğunu rapor etmiştir.

Mısır bitkisi potasyum içerikleri % 0.943 (C) – % 1.338 (AG1) arasında bulunmuştur. Jones ve ark. (1991)'e göre mısır bitkisinin toprak üstü aksamında % 2.5 – % 4.0 arasında K yeterli, %4'den az K ise mısır bitkisi için noksan olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre bitkilerin tamamında potasyum yetersizliği bulunmaktadır. Tarla denemesinde bitkilerin potasyum içerikleri üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemli olmamıştır (*Tablo 5*).

Tarla denemesi mısır bitkisi demir içerikleri 220.75 mg kg^{-1} (C) – 233.97 mg kg^{-1} (Ç1) arasında olmuştur. Jones ve ark. (1991)'e göre mısır bitkisinin toprak üstü aksamında 50-250 mg kg^{-1} Fe yeterli olarak belirtilmiştir. Buna göre bitkilerin tamamında Fe yeterlidir. Öte yandan bitkinin Fe içeriklerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (*Tablo 5*).

Tarla denemesinde mısır bitkisinin içerdiği en düşük bakır 4.43 mg kg^{-1}olarak kontrol parselinde, en yüksek Cu içeriği de 16.95 mg kg^{-1} olarak yüksek doz bakteri aşılı ahır gübresi kompostu (AG2+) uygulamasında belirlenmiştir. Jones ve ark. (1991)'e göre mısır bitkisinin toprak üstü aksamında 5-20 mg kg^{-1} Cu yeterli olarak belirtilmiştir. Buna göre kontrol bitkisi hariç bitkilerin tamamında Cu yeterli olup, kontrol parseli mısır bitkisinde ise Cu yetersizdir. Uygulamaların bitkinin Cu içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli olmuştur. Tek başına kimyasal gübre uygulaması dahil tüm gübre uygulamaları kontrole göre bakırı artırmıştır ($P<0.05$). Organomineral gübreleri kendi aralarında kıyaslandığında ahır gübresi kompostundan elde edilen organomineral gübre uygulamaları çim kompostundan elde edilenlere göre bitkinin bakır kapsamını daha fazla artırmıştır.

Tarla denemesinde mısır bitkisinin içerdiği en düşük Zn 26.01 mg kg^{-1} olarak kontrol parselinde, en yüksek Zn içeriği de 58.62 mg kg^{-1} olarak 100 kg da^{-1} 6N15P ahır gübresi kompostu esaslı organomineral gübre (AG2+) uygulamasında belirlenmiştir. Brkić ve ark. (2004), bitkilerin Zn eksikliğine verdiği tepkinin genetik olarak belirlendiğini öne sürmüşlerdir. Araştırmacılar Doğu Slavonya'daki (Hırvatistan) 121 mısır genotipi arasında inceledikleri tüm eser elementler (B, Cu, Fe, Mn ve Zn) için, Ni hariç, önemli farklılıklar olduğunu, örneğin, Zn ve Fe için tane konsantrasyon aralıklarının sırasıyla 11.9–33.2 ve 11.0–60.7 mg kg^{-1} (KM) bulduklarını belirtmişlerdir. Jones ve ark. (1991)'e göre mısır bitkisinin toprak üstü aksamında 20-60 mg kg^{-1} Zn yeterli olarak belirtilmiştir. Buna göre bitkilerin tamamında Zn yeterlidir. Uygulamaların bitkinin Zn içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli olmuştur. Tek başına kimyasal gübre uygulaması dahil tüm gübre uygulamaları kontrole göre çinkoyu artırmıştır ($P<0.05$). Organomineral gübreleri kendi aralarında kıyaslandığında; ahır gübresi kompostundan elde edilen organomineral gübre uygulamaları tıpkı bakırda olduğu gibi çim kompostundan elde edilenlere göre bitkinin Zn kapsamını daha fazla artırmıştır (*Tablo 5*).

Tarla denemesinde mısır bitkisinin içerdiği en düşük Mn 75 mg kg^{-1} olarak C parselinde, en yüksek Mn içeriği de 145.30 mg kg^{-1} olarak yüksek doz bakteri aşılı çim kompostu (Ç2+) uygulamasında belirlenmiştir. Kabata-Pendias ve Pendias (1992)'a göre, çoğu bitki türü için normal Mn aralığı 20–300 mg kg^{-1}"dir. Buna göre deneme bitkilerinin tamamında Mn yeterlidir. Uygulamaların bitkinin Mn içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli olmuştur. Tek başına kimyasal gübre uygulaması dahil tüm gübre uygulamaları kontrole göre manganı artırmıştır ($P<0.05$). Organomineral gübreleri kendi aralarında kıyaslandığında ise Zn ve Cu'nın aksine çim kompostundan

elde edilen organomineral gübre uygulamaları ahır gübresi kompostundan elde edilenlere göre bitkinin mangan kapsamını çok daha fazla artırmıştır (*Tablo 5*).

Tablo 5. Uygulamaların mısır bitkisi makro (%N, P, K) ve mikro (mg kg^{-1} Fe, Cu, Zn, Mn, B) element içeriklerine etkileri

Table 5. Effects of the treatments on macro (N, P, K %) and micro (Fe, Cu, Zn, Mn, B mg kg^{-1}) nutrient contents of maize plants

Uygulamalar	Bitki N	Bitki P	Bitki K	Bitki Fe	Bitki Cu	Bitki Zn	Bitki Mn	Bitki B
C	0.345c	0.093c	0.943	220.75	4.43cd	26.01d	75.00c	20.09b
R	0.982b	0.170a	1.416	230.07	13.15ab	44.92b	111.97ab	23.42ab
Ç1	0.684b	0.143ab	0.976	233.97	8.27bc	36.17bc	121.40ab	25.70a
Ç1+	0.819b	0.149ab	1.044	224.48	12.65ab	37.07bc	145.30a	22.92ab
Ç2	0.894b	0.111ab	1.220	220.93	7.12cd	29.52cd	112.13ab	24.35a
Ç2+	0.957b	0.151ab	1.340	222.20	10.10ab	26.12cd	120.85ab	25.27a
AG1	0.819b	0.129ab	1.338	222.72	13.60ab	40.25bc	89.20bc	23.67ab
AG1+	1.512a	0.164ab	1.212	230.10	14.82ab	45.62b	100.18b	22.67ab
AG2	1.033b	0.127ab	1.332	224.70	16.47a	44.50b	92.80bc	21.22ab
AG2+	1.776a	0.139ab	1.163	226.22	16.95a	58.62a	105.55bc	25.33a
EKÖF	0.3399	0.05841	0.4560	64.90	6.431	11.88	34.57	5.001

Tablo 6. Uygulamaların kısmi bütçelemesi ve marjinal analiz tablosu

Table 6. Partial budgeting and marginal analysis of the treatments

Değerler	Kontrol	Gübreli Kontrol (30 kg DAP)	6N15P Çim (75 kg da^{-1}) (Ç1)	6N15P Çim+ (75 kg da^{-1}) (Ç1+)	6N15P Çim (100 kg da^{-1}) (Ç2)	6N15P Çim+ (100 kg da^{-1}) (Ç2+)	6N15P AG (75 kg da^{-1}) (AG1)	6N15P AG+ (75 kg da^{-1}) (AG1+)	6N15P AG (100 kg da^{-1}) (AG2)	6N15P AG+ (100 kg da^{-1}) (AG2+
OMG_Yaş ot Verimi (kg da^{-1})	5169	7338	7047	7770	7761	8242	7493	7498	7874	8256
Üretim değeri mısır 0.55 (TL kg^{-1})	2842.9	4035.9	3875.9	4273.5	4268.6	4533.1	4121.2	4123.9	4330.7	4540.8
Mazot TL	39.7	39.7	39.7	39.72	39.7	39.7	39.72	39.7	39.7	39.7
Ekim (tohum masrafı) TL	85.5	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6
Taban Gübresi maliyeti TL	0	103.5	98.6	108.5	131.5	144.7	98.6	108.5	131.5	144.7
İlaç (TL lt^{-1})	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11
Üst Gübreleme ÜRE TL (2 kez)	0	246.6	246.6	246.6	246.6	246.6	246.6	246.6	246.6	246.6
Hasat TL	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Toplam değişen masraflar	287.4	667.5	707.6	717.5	765.5	778.6	707.6	717.5	765.5	778.6
Brüt kar	2555.6	3368.4	3168.3	3556.1	3503.1	3754.5	3413.6	3406.4	3565.2	3762.2
Brüt karda marjinal artış (Gübreli kontrole göre) TL da^{-1}	-812.9	0	-200.17	187.6	134.7	386.1	45.1	38.0	196.8	393.8
Değişen masraflarda marjinal artış TL da^{-1}	-380.1	0	40.1	49.9	98.0	111.2	40.1	49.9	98.0	111.2

Mısır bitkisi B içerikleri 20.09 mg kg^{-1} (C) – 25.70 mg kg^{-1} (Ç1) arasında değişmiştir. Jones vd. (1991)'e göre mısır bitkisinin toprak üstü aksamında 5-25 mg kg^{-1} Bor yeterli, 25'den yukarı B mısır bitkisi için fazla olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre bitkilerin tamamında B yeterli ancak "fazla" sınır değeri olan 25'e yakın oldukları dikkati çekmektedir. Uygulamalar arasında bitkinin B içeriklerinde meydana gelen değişiklikler $P<0.05$ düzeyinde önemli olmuştur. En yüksek bor Ç1 uygulamasında belirlenmiştir. Kimyasal gübre uygulamasında B,

kontrole göre fazla, organomineral gübrelere göre ise daha düşük B içermiştir. Organomineral gübreler mısır bitkisi B içeriğini kontrole göre artırmıştır ($P<0.05$) (*Tablo 5*).

Bu bulgular, mikrobiyal katkılı gübrelerin topraktaki besin elementlerinin alınabilirliğini artırarak bitki beslenmesini kolaylaştırdığını göstermektedir (Mahanty ve ark., 2017). Fosfat çözücü *Bacillus megaterium* suşlarının salgıladığı organik asitler, P'nin yanı sıra Zn, Mn ve Cu gibi mikroelementlerin alınabilirliğini artırmaktadır (Sharma ve ark., 2013). OMG uygulamaları sonucunda mısır dokularında Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonlarında artış gözlenmiş ve mikrobiyal aktivitelerin topraktaki mikro element çözünürlüğünü artırdığı bulgularıyla uyumludur (Khan ve ark., 2009).

3.6. Tarla denemesinin ekonomik analizi

Denemenin kısmi bütçeleme ve marjinal analiz sonuçları *Tablo 6*'da sunulmuştur. DAP (30 kg da^{-1}) ile kıyaslandığında, 75 kg da^{-1} 6N15P Çim hariç diğer uygulamalar brüt karda artış sağlamıştır.

En ekonomik uygulama, düşük değişen masraf ve yüksek brüt kar ile 100 kg da^{-1} bakterili 6N15P Çim (Ç2+) olup, bunu 100 kg da^{-1} bakterili ve bakterisiz AG2+ ve AG izlemiştir. 75 kg da^{-1} 6N15P Çim negatif marjinal artış gösterirken, bakterili versiyonu pozitif artış sağlamıştır. Bakterili organomineral gübreler maliyeti %10 daha yüksek olmasına rağmen, verim ve ekonomik açıdan en avantajlı uygulamalar olarak öne çıkmıştır. Özellikle Ç2+ ve AG2+, DAP'a kıyasla daha yüksek brüt kar ve daha düşük marjinal maliyet sunmuş; tarım atıklarının gübre üretiminde kullanılması çevresel yükü azaltırken, çiftçilere düşük maliyetli alternatifler sağlamıştır (Uzunlu ve Özcan, 1987).

4. Sonuç

Bu çalışmada, çim atığı ve büyükbaş gübresinden elde edilen kompostların peletlenerek OMG formuna dönüştürülmesi ve mısır (*Zea mays* L.) yetiştiriciliğinde farklı doz ve mikrobiyal katkılarla uygulanmasının toprak verimliliği, mikrobiyal aktivite ve bitki verimi üzerindeki etkileri tarla koşullarında incelenmiştir. Sonuçlar, OMG'lerin mineral gübre desteği altında toprak sağlığını ve bitki gelişimini destekleyebileceğini; kimyasal gübrelerin tamamen yerine geçen bir alternatif olmaktan ziyade, organik madde ve mikrobiyal aktivite katkısı sağlayan tamamlayıcı bir girdi olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir. Tüm OMG uygulamaları, kontrol grubuna kıyasla toprak organik maddesini, alınabilir makro ve mikro besin elementlerini ve toplam bakteri popülasyonunu artırmıştır. En yüksek etki, 100 kg da^{-1} dozunda bakteri katkılı ahır gübresi kompostu bazlı uygulama (AG2+) ile sağlanmıştır. Ekonomik analiz sonuçlarına göre, en yüksek brüt kâr sağlayan uygulama AG2+ (3.762,2 TL da^{-1}) olmuş, en düşük ise Kontrol (2.555,6 TL da^{-1} ve Ç1 (3.168,3 TL da^{-1}) uygulamasında olmuştur. Hem brüt kâr hem marjinal analiz birlikte değerlendirildiğinde ise en yüksek brüt kâr, en yüksek marjinal kâr ve marjinal maliyete karşı en güçlü ekonomik getiri getiren uygulama AG2+ olmuştur. Buna göre AG2+ uygulamaları ekonomik sürdürülebilirlik açısından avantajlıdır.

Sonuç olarak, biyolojik olarak zenginleştirilmiş peletlenmiş OMG'ler hem toprak kalitesini iyileştirme hem de verimi artırma potansiyeline sahiptir. Bu tür kompost kökenli ürünlerin organik atıkları tarıma kazandırarak döngüsel ekonomiye katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Ancak kimyasal gübre kullanımı üzerindeki azaltıcı etki ve buna bağlı çevresel kazanımların net biçimde ortaya konulabilmesi için daha düşük mineral gübre dozlarını içeren ve uzun vadeli yürütülen karşılaştırmalı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma; TAGEM/ 19 / AR-GE / 06 numaralı ve "Biyolojik Katkılı Yenilikçi Organik ve Organomineral Gübre Ürünlerinin Geliştirilmesi' başlıklı proje verilerinden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Namlı, A., Akça, M. O.; Materyal ve Metot: Namlı, A., Akça, M. O., Alıcı, N. C., Bozdoğan, D.; Veri Toplama ve İşleme: Namlı, A., Akça, M. O., Alıcı, N. C., Bozdoğan, D.; İstatistiki Analiz: Namlı, A., Akça, M. O.; Literatür Tarama: Namlı, A., Akça, M. O.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Namlı, A., Akça, M. O., Alıcı, N. C., Bozdoğan, D.

Kaynakça

Adeoye, G. O., Adeoluwa, O. O., Oyekunle, M., Sridhar, M. K. C., Makinde, E. A. and Olowoake, A. A. (2008). Comparative evaluation of organo-mineral fertilizer (OMF) and mineral fertilizer (NPK) on yield and quality of maize (*Zea mays* (L)) moench. *Nigerian Journal of Soil Science*, 18: 141-147.

Adnan, M., Fahad, S., Saleem, M. H. and Lal, R. (2025). Sustainable phosphorus management in calcareous soils: problems and prospects. *Journal of Plant Nutrition*, 48(13): 2179-2200.

Anonim. (2010). Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı, Sorgum (*Sorghum spp.*). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü. http://www.ttsm.gov.tr/TR/belge/1-296/teknik-talimatlar.html. (Erişim Tarihi: 14.01.2020).

Arslan, M. ve Çakmakçı, S. (2011). Mısır (*Zea mays*) ve sorgumun (*Sorghum bicolor)* farklı bitkilerle birlikte yapılan silajlarının karşılaştırılmaları. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 24(1): 47-53.

Ashitha, A., Rakhimol, K. R. and Mathew, J. (2021). Fate of the conventional fertilizers in environment. In: Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture, Eds: Lewu, F. B., Volova, T., Thomas, S. and Rakhimol, K. R., Academic Press.

Atıcı, C. T. (2020). *Kimyasal ve organomineral gübre uygulamasının buğday bitkisinin verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.

Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S. ve Smith, D. L. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1473.

Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal,* 43: 434-438.

Bremner, J. M. (1965). Methods of Soil Analysis. Part 2. In: Chemical and Microbiological Properties. Ed: Black, A. C. A., American Society of Agronomy Inc. Pub. Agron. Series, No 9, Madison, Wisconsin, U. S. A.

Brkić, I., Ŝimić, D., Zdunić, Z., Jambrović, A., Ledenĉan, T., Kovaĉević, V. and Kadar, I. (2004). Genotypic variability of micronutrient element concentrations in maize kernels. *Cereal Research Communication*, 32: 107 112.

Bulut, S. (2016). Bazı silajlık mısır çeşitlerinin Kayseri koşullarına adaptasyonu. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 6(1): 117-126.

Ch'Ng, H.Y., Ahmed, O.H. and Majid, N. M. A. (2014). Improving phosphorus availability in an acid soil using organic amendments produced from agroindustrial wastes. *The Scientific World Journal*, 1: 506356.

Chojnacka, K. and Baltrusaitis, J. (2025). Organo-mineral fertilizers for sustainable agriculture. *Sustainability Science and Technology*, 2(2): 022001.

Citak, S. ve Arslan, M. (2016). Fertility Bulding Crops: Legumes in Organic Farming. *ICAE 2016: 18th International Conference on Agricultural Engineering*, 13-14 June, P. 1321-1322, Venice, Italy.

de Oliveira-Paiva, C. A., Bini. D., de Sousa, S. M., Ribeiro, V. P., Dos Santos, F. C., de Paula Lana, U. G., de Souza F. F., Gomes, E. A. and Marriel, I. E. (2024). Inoculation with bacillus megaterium CNPMS B119 and bacillus subtilis CNPMS B2084 ımprove P-acquisition and maize yield in Brazil. *Frontiers in Microbiology*, 15: 1426166.

Dönmez, C., Dönmez, M. F., Temel, I. ve Çoruh, İ. (2024). Bitki gelişimini destekleyici rizobakteriler ve kimyasal gübrelerin domates yetiştiriciliğine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 21(2): 416-428.

Dönmez, R. (2016). *Kahramanmaraş koşullarında bazı silajlık mısır çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerine araştırmalar.* (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.

Erdal, Ş., Pamukçu, M., Ekiz, H., Soysal, M., Savur, O. ve Toros, A. (2009). Bazı silajlık mısır çeşit adaylarının silajlık verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 75–81.

Erdoğdu, İ. ve Altınok, S. (2013). Farklı sıralara ekilen mısır ve soya bitkisinde ekim oranlarının bazı bitkisel özellikler ve yem verimine etkileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1): 06-10.

Gallais, A., Coque, M., Quilleré, I., Prioul, J. ve Hirel, B. (2006). Modelling postsilking nitrogen fluxes in maize (*Zea mays*) using ^{15}N-labelling field experiments. *New Phytologist*, 172(4): 696-707.

Garcia-Sanchez, M., Bertrand, I., Barakat, A., Zeroual, Y., Oukarroum, A. ve Plassard, C. (2023). Improved rock phosphate dissolution from organic acids is driven by nitrate assimilation of bacteria isolated from nitrate and $CaCO_3$-rich soil. *PLoS One*, 18(3): e0283437.

Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*, 1: 963401.

Grohskopf, M. A. (2016). Soil solution nutrient availability, nutritional status and yield of corn grown in a typic hapludox under twelve years of pig slurry fertilizations. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40: e0150341.

Güler, M., Öğütcü, H. and Çevik, Y. N. (2025). Isolation of beneficial bacteria from wheat plant rhizosphere and determination of PGP (plant growth promoting) properties. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 22(2): 293-307.

Hirpa, T. (2013). Effect of interceding date on growth and yield of three legume crops ıntercropped with maize (*Zea mays*). *Journal of Biological and Chemical Research*, 30(2): 652-673.

İpek, M. and Eşitken, A. (2017). The actions of PGPR on Micronutrient Availability in Soil and Plant Under Calcareous Soil Conditions: An Evaluation Over Fe Nutrition. In: Plant-Microbe Interactions in Agro-Ecological Perspectives: Volume 2: Microbial Interactions and Agro-Ecological Impacts, Eds: Singh, D. P., Singh, H. B. and Prabha, R., Springer, Singapore.

Jackson, M. L. (1962) Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood, U. K.

Jiang, M., Dong, C., Bian, W., Zhang, W. and Wang, Y. (2024). Effects of different fertilization practices on maize yield, soil nutrients, soil moisture, and water use efficiency in northern China based on a meta-analysis. *Scientific Reports*, 14(1): 6480.

Jones, J. B., Jr. Wolf, B. and Mills, H. A. (1991). Plant Analysis Handbook. A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide. Micro-Macro Publishing, Inc.

Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (1992) Trace Elements in Soils and Plants (2nd edition). CRC Press, Boca Raton.

Kacar, B. (1995). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 3, Bizim Büro Basımevi, Ankara, Türkiye.

Kacar, B. ve İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, Ankara, Türkiye.

Kaur, G. and Reddy, M. S. (2015). Effects of phosphate-solubilizing bacteria, rock phosphate and chemical fertilizers on maize-wheat cropping cycle and economics. *Pedosphere*, 25: 428-437.

Khan, M.S., Zaidi, A. and Musarrat, J. (2009). Microbial Strategies for Crop Improvement. Berlin, Springer.

Kızıl Aydemir, S. (2018). Farklı ekim oranlarının mısır-soyanın birlikte üretiminin bazı agronomik ve verim özellikleri üzerine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8(3): 305-311.

Kravchenko, A. G. and Thelen, K. D. (2007). Effect of winter wheat crop residue on no-till corn growth and development. *Agronomy Journal,* 99(2): 549-555.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration ımpacts on global climate change and food security. *Science,* 304(5677): 1623-1627.

Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. and Niggli, U. (2002.) Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573): 1694-1697.

Mahanty, T., Bhattacharjee, S., Goswami, M., Bhattacharyya, P., Das, B., Ghosh, A. and Tribedi, P. (2017). Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4): 3315-3335.

Maillard, A., Diquélou, S., Billard, V., Lainé, P., Garnica, M., Prudent, M., García-Mina, J. M., Yvin, J. C. and Ourry, A. (2015). Leaf mineral nutrient remobilization during leaf senescence and modulation by nutrient deficiency. *Frontiers in Plant Science*, 6: 317.

Meng, T., Shi, J., Zhang, X., Zhao, X., Zhang, D., Chen, L. and Wang, Y. (2024). Slow-release nitrogen fertilizer application regulated rhizosphere microbial diversity to increase maize yield. *Frontiers in Plant Science*, 15: 1481465.

Mirji, S. (2024). Exploring potential of organo-mineral fertilizers in augmenting crop yield and quality–a review. *Advances in Research*, 25(6): 297-308.

Muhammad, I., Lv, J.Z., Yang, L., Ahmad, S., Farooq, S., Zeeshan, M. and Zhou, X.B. (2022). Low irrigation water minimizes the nitrate nitrogen losses without compromising the soil fertility, enzymatic activities and maize growth. *BMC Plant Biology*, 22(1): 159.

Oburger, E., Schmidt, H. and Staudinger, C. (2022). Harnessing belowground processes for sustainable intensification of agricultural systems. *Plant and Soil*, 478(1): 177-209.

Ogazi, J. N. and Omueti, J. A. I. (2000). Waste Utilization Through Organo-Mineral Fertilizer Production in South Western Nigeria. *Animal, Agricultural and Food Processing Wastes, Proceedings of the Eighth International Symposium*, 9-11 October, P.640-647, Des Moines, Iowa, U. S. A.

Olgun, M., Kutlu, İ., Ayter, N.G., Başçiftçi, Z.B. ve Kayan, N. (2012). Farklı silajlık mısır genotiplerinin Eskişehir koşullarında adaptasyon yeteneklerinin belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Dergisi*, 5(1): 93-97.

Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe. F. S. ve Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. Government Printing Office: Washington D. C., U. S. A.

Ordu, D. ve Aşık, B. B. (2021). Mısır tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu (Yolağzı Bölgesi-Karacabey/Bursa örneği). *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1): 145-161.

Pahalvi, H. N., Rafiya, L., Rashid, S., Nisar, B. and Kamili, A. N. (2021). Chemical fertilizers and their impact on soil health. *Microbiota and Biofertilizers,* 2: 1-20.

Pang, F., Li, Q., Solanki, M. K., Wang, Z., Xing, Y. X. and Dong, D. F. (2024). Soil phosphorus transformation and plant uptake driven by phosphate-solubilizing microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 15: 1383813.

Pedersen, I. F., Christensen, J. T., Sørensen, P., Christensen, B. T. ve Rubæk, G. H. (2021). Early plant height: A defining factor for yields of silage maize with contrasting phosphorus supply. *Soil Use and Management*, 38(1): 537-548.

Penuelas, J., Coello, F. and Sardans, J. (2023). A better use of fertilizers is needed for global food security and environmental sustainability. *Agriculture & Food Security,* 12(1): 1-9.

Pikovskaya, R. I. (1948). Mobilization of phosphorus in soil in connection with vital activity of some microbial species. *Mikrobiologiya*, 17: 362-370.

Reasoner, D. J. and Geldereich, E. E. (1985). A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. *Applied and Environmental Microbiology*, 49: 1-7.

Richards, L.A. (1954). Diagnosis and Improvment of Saline and Alkali Soils. U.S. Dept. Agr. Handbook 60, U. S. A.

Saeed, Q., Xiukang, W., Haider, F.U., Kučerik, J., Mumtaz, M.Z., Holatko, J., Naseem, M., Kintl, A., Ejaz, M., Naveed, M., Mustafa, A. and Brtnicky, M. (2023). Fertilization of microbial composts: a technology for improving stress resilience in plants. *Plants*, 12(20): 3515.

Saha, B., Fatima, A., Saha, S., Sahoo, S. K. and Poddar, P. (2024). Environmental Pollution due to İmproper use of Chemical Fertilizers and Their Remediation. In: Environmental Contaminants: Impact, Assessment, and Remediation, Eds: Ganguly, P., Mandal, J., Paramsivam, M. and Patra, S., Apple Academic Press.

Sary, D. H., Abd EL-Rahman, Z. M. and El-Sedfy, O. M. F. (2024). Impact of irrigation regimes and organic amendments on soil physical properties, nutrient availability, and productivity in calcareous soil. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10: 830-851.

Schmidt Filho, E., Gonçalves, J. C., Silva, M. T., Matos, N. C. S. and Azevedo, R. E. C. (2016). Reduction of environmental impacts in the sugar–ethanol sector through the use of filter cake in soil fertilization. *Revista Uningá*, 27(3): 05-09. (In Brasil)

Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H. and Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus,* 2(1): 587.

Silva, R., Lana, R. M. Q., Mageste, J., Oliveira, G. N. and Magela, M. L. M. (2020). Phosphate organomineral fertilizer usage compared to mineral phosphate in corn cultivation. *Journal of Agricultural Science*, 12(7): 92.

Soil Survey Manual (1951). U. S. Department of Agriculture Handbook, Washington, U. S. A.

Sönmez, F., Ülker, M. ve Çiftçi, V. (2002). Sıra üzeri mesafenin dört mısır çeşidinde hasıl verimi ve bazı karakterlere etkisi üzerine bir araştırma. *GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 75-81.

Sridhar, M. K. C. and Adeoye, G. O. (2003). Organomineral fertilizer from urban wastes. *Niger Field*, 68: 91–111.

Srinivasarao, C., Naik, M. R., Naorem, A., Chandana, M. and Baral, K. (2024). Organo-mineral fertilizers for sustainable agriculture. *Indian Journal of Fertilisers*, 20(4): 366-383.

Süzer, S. ve Çulhacı, E. (2017). Farklı organomineral ve inorganik kompoze gübrelerin kışlık ekmeklik buğday tane verimi ve bazı verim unsurları üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(2): 87 - 92.

Şenses, G., Aydın, Z. ve Kaya, M. (2015). Türkiye topraklarında organik madde içeriği ve dağılımı üzerine bir araştırma. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3): 101-110.

Tamer, N., Başalma, D., Türkmen, C. ve Namlı, A. (2016). Organik toprak düzenleyicilerin toprak parametreleri ve ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1): 11-20.

TSE (1991a). Turba-pH Tayini. (TS 9104), 3s.

TSE (1991b). Turba- Kül ve Organik Madde Tayini. (TS 9103), 2s.

Uddin, M. K., Saha, B. K., Wong, V. N. L. and Patti, A. F. (2025). Organo-mineral fertilizer to sustain soil health and crop yield for reducing environmental impact: a comprehensive review. *European Journal of Agronomy*, 162: 127433.

Ullah, S., Ai, C., Huang, S., Song, D., Abbas, T., Zhang, J., Zhou, W. and He, P. (2020). Substituting ecological ıntensification of agriculture for conventional agricultural practices ıncreased yield and decreased nitrogen losses in North China. *Applied Soil Ecology*, 147: 103395.

Uzunlu, V. ve Özcan, N. (1987). Bazı Araştırma Deneme Bulgularının Ekonomik Analiz Yöntemleri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Genel Yayın No: 1987/5, Araştırma Yayın No: 1987/2, Ankara, Türkiye.

Xue, Y., Yue, S., Liu, D., Zhang, W., Chen, X. and Zou, C. (2019). Dynamic zinc accumulation and contributions of pre- and/or post-silking zinc uptake to grain zinc of maize as affected by nitrogen supply. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1203.

Yürür, V. ve Turgut, İ. (1992). Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin başlıca tarımsal karakterleri üzerinde araştırmalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 9: 107-117.

Zarcinas, B. A., Cartwright, B. and Spouncer, L. R. (1987). Nitric acid digestion and multi-element analysis of plant material by inductively coupled plasma spectrometry. *Communications Soil Science and Plant Analysis,* 18: 131–146.

Zhou, D., Mou, R., Wang, L., Liu, J., Tang, Y., Chen, J. and Kuzyakov, Y. (2025). Fertilization effects on soil organic matter chemistry. *Soil and Tillage Research*, 246: 106346.