



Gıda Atığı ve Şeker Fabrikası Atığı Kompostlarının Toprak Özellikleri ve Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinin Gelişimine Etkisi^A

Serhat GÜREL^{1*}

Öz: Bu çalışmada, gıda atığı kompostu (GAK), şeker fabrikası atığı kompostu (pancar tohumu atığı kompostu=PAK), çiftlik gübresi (ÇG) ve kimyasal gübrenin (NP) mısır bitkisinin büyümesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre sera koşullarında yürütülmüştür. Deneme; altı uygulama (gıda atığı kompostu, pancar tohumu atığı kompostu, ½ gıda atığı kompostu + ½ pancar tohumu atığı kompostu, çiftlik gübresi, 20 kg N da⁻¹ için inorganik 20-20-0 NP gübresi ve kontrolü), üç farklı doz (1, 2, 4 ton da⁻¹) ve üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Uygulamalar, kontrole göre tüm verim parametrelerini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Toprak özellikleri ve besin elementleri konsantrasyonları 4 ton da⁻¹ oranında kompost uygulaması ile diğer uygulamalara göre daha yüksek olmuştur. Genel olarak, ÇG ve NP uygulamaları bitki gelişim parametrelerinde daha iyi sonuçlar vermiştir. ÇG ve NP, bitki besin elementi artışı sağlanması konusunda PAK uygulamaları ve GAK+PAK karışımlarından daha uygun materyaller oldukları belirlenmiştir. Fakat tüm parametreler birlikte değerlendirildiğinde; GAK uygulaması ile toprak elektriksel iletkenliği (EC) ve topraktaki Na içeriğinin yükselmediği belirlenmiştir. Bununla birlikte bitkilerin hem makro hem de mikro element alımında dengeli bir materyal olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, gıda atığı, kompost, toprak özellikleri, bitki gelişimi.

^A Yayın bir tezden ya da bir projeden yapılmamıştır

Etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Serhat GÜREL, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa, Türkiye. e-posta: sgurel@uludag.edu.tr, OrcID 0000-0002-2971-8353

Effect of Food Waste and Sugar Factory Waste Composts on Soil Properties and Development of Corn (*Zea mays* L.) Plant

Abstract: In this study, it was aimed to evaluate the effects of food waste compost (FWC), sugar mill waste compost (beet seed waste compost = BSWC), farmyard manure (FYM) and inorganic fertilizer (NP) on corn plant growth. The experiment was carried out in greenhouse conditions according to the randomized plot design. Attempt; six applications (food waste compost, beet seed waste compost, ½ food waste compost + ½ beet seed waste compost, farmyard manure, for 20 kg N da⁻¹ inorganic 20-20-0 NP fertilizer and control), three different doses (1, 2, 4 t da⁻¹) and carried out in triplicate. The treatments significantly improved all yield parameters relative to the control. Soil properties and nutrient concentrations were higher with compost application at the rate of 4 t da⁻¹ compared to other applications. In general, FYM and NP applications produced superior values in plant growth parameters. It has been determined that FYM and NP are more balanced materials than BSWC applications and FWC+BSWC mixtures in terms of increasing plant nutrient elements. But when all parameters are evaluated together; It was determined that the soil electrical conductivity (EC) and the Na content in the soil did not increase with the FWC application. However, it was determined that the plants followed a balanced course in both macro and micro element intake.

Keywords: Maize, food waste, compost, soil properties, plant growth.

Giriş

Kimyasal gübrelerin aşırı ve sürekli kullanımı, toprak verimliliğini ve kalitesini düşürürken, topraktaki canlıların verimliliğini de engellemektedir (Hernandez ve ark. 2021). Ayrıca, birçok çiftçi istenen verimi elde etmede gerekli olan kimyasal gübreleri satın almak için düşük mali kaynaklara sahiptir. İthal tarımsal girdilerin yüksek maliyeti nedeniyle, yerel olarak üretilen kaliteli materyallere ihtiyaç vardır (Anwar ve ark., 2017; Thapa ve ark., 2021). Organik gübrelerin bitkilere uygulanmasının sadece verimi artırmadığı aynı zamanda çevre sorunlarının önlenmesinde de başvurulan bir yöntem olabileceği belirtilmektedir (Yusheng ve ark., 2005). Kompost çevre dostu organik girdilerden biridir (Irshad ve ark., 2014; Rahman ve Akter, 2017). Kompostların genel olarak; toprak agregasyonunu, yapısını ve verimliliğini iyileştirmek, mikrobiyal çeşitliliği ve popülasyonları artırmak, toprağın nem tutma kapasitesini iyileştirmek, toprak katyon değişim kapasitesini artırmak ve mahsul verimini yükseltmek için önemli bir materyal olduğu kabul edilmektedir (Machado ve ark., 2020; Gezahegn, 2021). Ek olarak, kompost uygulaması toprak kaynaklı hastalıklara karşı direnci teşvik edilebilir (Giménez ve ark., 2021). Kompost, bitkilerin besin ihtiyacını karşılayabilir ve sentetik gübre kullanımını önemli ölçüde azaltabilir (Jakhro ve ark., 2017). Kent çamuru ve diğer biyokatırların depolandığı yerler çevre sorunlarına neden olur ve bu sorunlardan kaçınmak için bunların kompostlanarak tarımsal olarak yeniden kullanılması şarttır (Reis ve ark., 2014). Tipik olarak kompostlaştırma için uygun olan materyaller arasında mutfak atıkları ve biyolojik olarak

parçalanabilen belediye atıkları ile kanalizasyon çamuru, tarım ve gıda işleme atıkları gibi diğer organik atıklar bulunur (Furukawa ve Hasegawa, 2006; Rahman ve Akter, 2017).

Ekonomik gelişme ve nüfus artışı, son yıllarda gıda tüketimini ve dolayısıyla mutfak atıklarının oluşumunu önemli ölçüde artırmıştır (Hafid ve ark., 2017). Mutfak atıkları genellikle diğer belediye atıklarıyla karıştırılır ve çöplüklere ulaştırılır, ancak gıda atıkları faydalı kullanım için dönüştürülebilir (Kadir ve ark., 2016; Ghinea ve Leahu, 2020). Son zamanlarda mutfak atıklarının sürdürülebilir yönetimi için değerlendirilmesine yönelik çalışmalar artmaktadır (Yang ve ark., 2019). Önceki laboratuvar araştırmaları, gıda bazlı kompostların, gübre bazlı kompostlara göre toprak besin içeriğini artırabildiğini göstermiştir, ancak bu faydalar, bir ürün sisteminde yeterince test edilmemiştir (Kelley ve ark., 2022).

Bu çalışmada, GAK ve PAK kompostlarının kimyasal gübre ve organik gübreye karşı mısır bitkisinin büyümesi üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Kompostlaşan gıda atıkları ve pancar tohumu atıkları organik gübrelemede, kimyasal gübre malzemesi olarak ise bölgede çiftçiler tarafından uygulanan standart NP gübresi kullanılmıştır. Sera koşullarında gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı, kimyasal gübre ve çiftlik gübresine karşı GAK, PAK ve GAK ile PAK kombine uygulamalarının toprak özellikleri ve mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini değerlendirmektir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Saksı denemesi 2022 yılı güz döneminde Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi (40° 13' 36" K enlem, 28° 51' 35" D boylam) Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında yürütülmüştür. Denemede kullanılan toprak Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) arazisinden 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Denemede kullanılan toprak, toprak sınıflandırma sistemine göre Vertisol (Tipik Haploxerert) ve FAO/Unesco sınıflandırma sistemine göre Eutric Vertisol sınıfındadır (Aksoy ve ark., 2001). Nötr reaksiyonlu, tuzsuz ve kumlu killi-tın bünyeli, organik madde (OM) içeriği düşük, toplam azot (N) kapsamı bakımından düşük, alınabilir fosfor (P) ve potasyum (K) kapsamı yeterli düzeydedir (Çizelge 1).

Kompost materyallerinden biri olan şeker fabrikası atığı Konya Şeker Limited (Konya, Türkiye) şeker fabrikasından temin edilmiştir. PAK öğütme artıklarından elde edilir. Yumuşak, amorf, kahverengi, lif, pıhtılaşmış kolloidler, inorganik tuzlar içeren bir malzemedir. Yılda 200 tondan fazla atık elde edilmektedir (Aşık ve Dorak, 2018). Örnekler tesadüfi örnekleme yöntemiyle alınmıştır. PAK ile ilgili bazı özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

OM kaynağı olarak GAK; sonbahar-kış mevsiminde dört kişilik bir ailenin mutfağından çıkan meyve ve sebze atıklarının kısa sürede toplanarak karbon (C) kaynağı olarak kullanılan ince talaş ile karıştırılmasıyla elde edilmiştir. GAK, sera koşullarında basit ve küçük ölçekli bir kapta 121 gün bekletilmesiyle gerçekleşen kompostlaştırma sürecinden sonra hazırlanmıştır (Voběrková ve ark., 2020). Araştırmada ÇG uygulaması için

TUAM besicilik biriminden temin edilen koyun gübresi kullanılmıştır. İnorganik N ve P kaynağı olarak 20-20-0 NP [% 20 (ww⁻¹) N- % 20 (ww⁻¹) P₂O₅ - % 0 (ww⁻¹) K₂O] kompoze gübre kullanılmıştır. Denemede kullanılan organik materyalleri tanımlamak için yapılan bazı temel fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir. Araştırmanın bitki materyalini FAO 700 olgunlaştırma grubunda yer alan 77MAY35 çeşidi mısır (*Zea mays* L.) tohumları oluşturmaktadır.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Özellik	Konsantrasyon	Miktar	Değerlendirme	Kaynak
pH (1:2.5 toprak:su)		7.48	Nötr (6.50-7.50)	Richards (1954)
EC (1:2.5 toprak:su)	mS cm ⁻¹	0.07	Tuzlu değil (0.00-4.00)	Rhoades (1982)
Kireç (CaCO ₃)	%	2.35	Çok düşük (1.00-5.00)	Ülgen ve Yurtsever (1988)
OM	%	1.29	Düşük (1.00-2.00)	Jackson (1958)
Kil	%	32.44		
Silt	%	11.84		
Kum	%	55.72		
Tekstür			Kumlu killi tın	USDA (2013)
Tarla kapasitesi	%	34.15		
Toplam N	%	0.07	Düşük (0.045-0.09)	Ülgen ve Yurtsever (1988)
Alınabilir P	mg kg ⁻¹	9.63	Orta (5-10)	Olsen ve Dean (1965)
Alınabilir K	me 100 g ⁻¹	0.39	Orta (0.39-0.51)	Pizer (1967)
Alınabilir Ca	me 100 g ⁻¹	24.13	Yüksek (17.60-50.00)	FAO (1990)
Alınabilir Mg	me 100 g ⁻¹	3.10	Yeterli (1.34-4.00)	FAO (1990)
Alınabilir Na	me 100 g ⁻¹	0.45	Sodik değil (< 30.40)	Anonim (1951)
Alınabilir Fe	mg kg ⁻¹	10.02	Yüksek (6-10)	FAO (2008)
Alınabilir Cu	mg kg ⁻¹	2.31	Yüksek (0.8-3)	FAO (2008)
Alınabilir Zn	mg kg ⁻¹	1.22	Orta (1-3)	FAO (2008)
Alınabilir Mn	mg kg ⁻¹	20.38	Çok yüksek (> 6)	FAO (2008)

Çizelge 2. Araştırmada kullanılan organik materyallerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

		mS cm ⁻¹		%						
		pH	EC	Nem	Kuru madde	Kül	Organik madde (OM)	Organik karbon (OC)	Toplam N	C/N
1	GAK	6.32	8.24	51.08	48.92	2.72	61.44	35.64	3.98	8.95
2	PAK	5.56	9.51	11.36	88.64	3.30	87.75	50.93	2.34	21.76
3	ÇG	9.08	20.90	38.13	61.87	3.74	58.03	33.66	2.69	12.51

Çizelge 3. Araştırmada kullanılan organik materyallerin bazı besin elementlerinin toplam içerikleri.

		%					mg kg ⁻¹				
		P	K	Ca	Na	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
1	GAK	0.77	1.33	4.24	0.24	1.02	52.4	33.0	124.0	255.0	98.8
2	PAK	0.10	2.65	0.29	1.34	0.43	317.5	14.3	30.2	85.9	-
3	ÇG	0.30	5.17	9.05	0.92	1.44	83.4	22.0	50.0	422.0	70.7

Yöntem

Denemenin kurulması

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre (toplam 36 saksı) 3 tekerrürlü sera denemesi şeklinde yürütülmüştür. Denemede iki kompost materyali (GAK ve PAK), bir kimyasal gübre (20-20-0, N-P-K) ve bir organik gübre (ÇG) kullanılmıştır. Toprağa karıştırılacak oranlar belirlenirken 1 dekara (da) toprağa 1 ton organik madde ilavesi dikkate alınmıştır. Bir da alanda ve 20 cm toprak derinliğinde yaklaşık 250.000 kg toprak olduğu kabul edilerek hesaplamalar yapılmış ve dozlar belirlenmiştir. Toprak ve kompost malzemeleri ayrı ayrı 4 mm'lik elekten elenerek belirlenen oranlarda karıştırılmasıyla hazırlanan ortamlar, her uygulama için gruplandırılmış 5.5 litre'lik polietilen saksılara (çap: 21 cm; yükseklik: 16 cm) doldurulmuştur. Saksı başına 2.5 kg toprak terazi ile tartılmıştır. Kimyasal gübre uygulaması yapılan gruptaki saksılara 20 kg N da⁻¹ dozu hesaplanmış ve 20-20-0 N-P₂O₅-K₂O kompoze gübresi uygulanmıştır. Denemede kullanılan olgunlaştırılmış ÇG, TUAM'ın koyun ahırlarından temin edilmiştir. ÇG uygulaması yapılan gruptaki saksılara 1 ton ÇG da⁻¹ dozu hesaplanmış ve ilgili saksılara uygulanmıştır. Ardından kompostlar belirlenen oranlarda ayrı ayrı hazırlanarak saksılara doldurulmuştur. Denemede dekara 1-2-4 ton GAK, dekara 1-2-4 ton PAK ve dekara 1-2-4 ton GAK+PAK (1/2 GAK+1/2 PAK) uygulamaları yapılmıştır. Kontrol saksılara herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Böylece ekimden önce tüm gübreleme işlemleri tamamlanmıştır. Topraklar sera koşullarında 20 gün tarla kapasitesinde bekletilmiştir (Gülser ve ark., 2010). Daha sonra saksı başına 5 adet mısır tohumu aralıklarla 3-4 cm derinlikte toprağa ekilmiştir. En iyi çıkış ve çimlenme gösteren 2 bitki saksılarda bırakılarak seyreltilmiştir. Denemenin tüm dikim işlemleri bir günde tamamlanmıştır. Deneme sonuna kadar saksılarda yabancı ot kontrolü yapılmıştır. Deneme süresince saksılar tarla kapasitesinin % 40'ı kadar saf su ile sulanmıştır. Deneme 90 gün sonra hasat edilmiştir. Deneme planı Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Deneme planı

K :	Kontrol (0 N)
ÇG :	Çiftlik gübresi (1 t da ⁻¹)
NP :	20-20-0 kimyasal gübre (20 kg N da ⁻¹)
G1 :	1 t da ⁻¹ Gıda atığı kompostu (GAK)
G2 :	2 t da ⁻¹ Gıda atığı kompostu (GAK)
G4 :	4 t da ⁻¹ Gıda atığı kompostu (GAK)
P1 :	1 t da ⁻¹ Pancar tohumu atığı kompostu (PAK)
P2 :	2 t da ⁻¹ Pancar tohumu atığı kompostu (PAK)
P4 :	4 t da ⁻¹ Pancar tohumu atığı kompostu (PAK)
(G+P) 1 :	½ GAK + ½ PAK (1 t da ⁻¹)
(G+P) 2 :	½ GAK + ½ PAK (2 t da ⁻¹)
(G+P) 4 :	½ GAK + ½ PAK (4 t da ⁻¹)

Analiz Yöntemleri

Bitkiler hasat edilmeden önce her bitkinin yaprak rengi portatif klorofil ölçer (Konica Minolta Spad-502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japonya) ile belirlenmiş ve bağlı klorofil içeriği (SPAD indeksi) olarak verilmiştir. Bitkilerin hasat işlemi, kök boğazından kesilerek gerçekleştirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Hasat edilen bitkilerin boyu ve yaprak uzunlukları bir cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Bu ölçümden sonra bitkilerin taze ağırlıkları 0.01 g hasasiyetli analitik terazide belirlenmiştir. Bitkiler önce musluk suyu, 0.01 M hidroklorik asit (HCl, % 37) çözeltisi ve ardından distile su ile yıkanmıştır. Yaprak örnekleri 65°C'de 48 saat süreyle etüvde kurutulmuştur (Kacar ve İnal, 2008). Kuru ağırlıklar da bitkiler kurutulduktan sonra alınmıştır. Bitki örnekleri paslanmaz çelik değirmende 0.5 mm elekten geçecek şekilde öğütülmüştür (Kacar ve İnal, 2008). Bitki örnekleri kapalı basınçlı kaplarda 2 mL hidrojen peroksit (H₂O₂, %30) ve 8 mL nitrik asit (HNO₃, % 65) ile mikrodalga fırında parçalanmıştır (Anonim, 1994a). Bitki örnekleri toplam element analizi için, yüksek sıcaklık ve basınçta mikrodalga fırında yaş yakma yöntemine göre yakılmıştır (Berghof speedwave MWS-2). Bitki süzüklerinde toplam demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn) ve magnezyum (Mg) içerikleri, endüktif olarak eşleştirilmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 8300) ile belirlenmiştir. Toplam N, Bremner (1965) tarafından bildirilen Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. Toplam P, vanado molibdo fosforik asit yöntemiyle belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Toplam K, Ca ve Na, alev fotometresi ile Kacar ve İnal (2008) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir (Eppendorf Elex 6361).

Deneme toprağının özelliklerini belirlemek için hasat sonrası saksılardan alınan toprak örnekleri havada kurutulduktan sonra 2 mm elekten elenmiştir. Toprak bünyesi, hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1951) ile ve ABD Tarım Bakanlığı toprak taksonomisi (USDA, 2013) kullanılarak, tarla kapasitesi ise Tan (2005)'e göre dereceli silindir yöntemine göre belirlenmiştir. Toprak reaksiyonu (pH) ve EC, 1:2.5 toprak/su karışımında ölçülmüştür (Jackson, 1958). Toprak organik karbonu (OC), Walkley-Black (1934)'in oksidasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Alınabilir katyonlar Ca, Mg ve K, pH 7.0'da 1 M amonyum asetat (NH₄OAc) ile ekstraksiyondan sonra belirlenmiştir (Kacar, 2009). Alınabilir Ca ve K, alev fotometresi (Eppendorf Elex 6361) ile, alınabilir Mg ise ICP-OES, Perkin Elmer Optima 8300 ile belirlenmiştir. Alınabilir P, topraklar 0.5 M sodyum bikarbonat (NaHCO₃) ile pH 8.5'te ekstrakte edildi (Olsen ve Dean, 1965) ve askorbik asit ile mavi renk oluştuktan sonra konsantrasyon kolorimetrik yöntemle spektrofotometre ile belirlendi. Toprakların alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn içerikleri 0,005 M dietilen triamin penta asetik asit (DTPA) özütleyici ile ekstrakte edildi (Lindsay ve Norvell, 1978). Konsantrasyon, PE Optima 8300 ICP-OES ile belirlendi. Bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

GAK ve PAK'nin bazı özellikleri olgunlaşmadan sonra belirlendi. Numuneler 65°C'de 48 saat fırında kurutuldu (Kacar ve Kütük, 2010). Kompostlar kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları da alınmıştır. Kompost numuneleri 0.5 mm elekten geçmesi için paslanmaz çelik değirmende öğütüldü (Kacar ve Kütük, 2010). GAK numuneleri, bir mikrodalga fırında kapalı basınçlı kaplarda 2 mL hidrojen peroksit (H₂O₂, % 30) ve 8 mL HNO₃ ile yaş yakıldı (Anonim, 1994a). Hümik asit ve hümik madde Swift ve ark. (1996), pH ve EC, sırasıyla WTW 3110 pH metre ve WTW 3310 EC metre kullanılarak 1:10 (w/v) kompost-su karışımında belirlenmiştir (Kacar

ve Kütük, 2010). Organik karbon miktarı modifiye Walkley-Black yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010). Ayrıca organik karbon miktarı Van Bemmelen faktörü ile çarpılarak organik madde içeriği belirlendi (Kacar ve Kütük 2010). Toplam N, Bremner (1965) tarafından bildirildiği gibi Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. Toplam P içeriği, vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre spektrofotometre (Bausch&Lomb marka Spectronic 20) kullanılarak belirlendi (Kacar ve İnal, 2008). GAK numunelerinin toplam Na, K ve Ca miktarları kuru yakma yöntemine göre yakılarak alevfotometre (Eppendorf Elex 6361) cihazı ile belirlenmiştir. Toplam Mg Perkin Elmer Optima 2100 model ICP-OES cihazı ile belirlendi (Pratt, 1965). GAK numunelerinin Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri ICP-OES (Perkin Elmer Optima 2100) cihazı ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

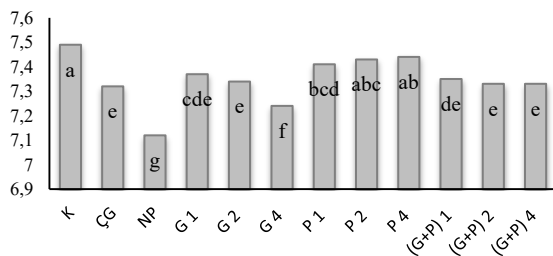
Araştırma sonunda elde edilen veriler JUMP paket programında tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve %1 ve %5 anlamlılık düzeylerinde LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel olarak anlamlı sonuçlarda uygulamalar arasındaki farklar belirlenmiştir (Anonim, 2005).

Bulgular ve Tartışma

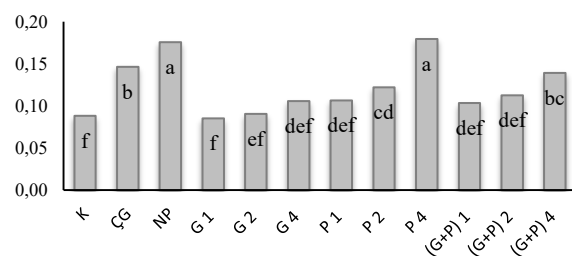
Toprak özellikleri üzerine etkileri

Toprak reaksiyonu (pH)

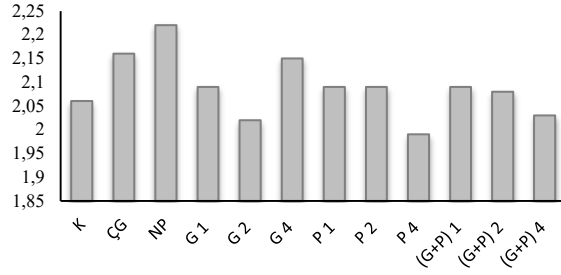
En yüksek toprak pH değeri 7.49 ile kontrolde kaydedilmiştir. NP uygulamasında en düşük toprak pH değeri 7.12 olarak belirlenmiştir. Tüm uygulamaların kontrole göre toprağın pH değerini azalttığı kaydedilirken uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur (Şekil 1). Kompost uygulamaları arasında özellikle G4 uygulaması en etkili olanıdır. Ayrıca GAK oranlarındaki artışla birlikte pH değerleri düşmüştür. Buna karşılık, PAK oranlarındaki artışla birlikte pH değeri artmıştır. Bunun dışında ÇG ve G+P karışımlarının da pH düşürücü etkisi olmuştur. Mahmood ve ark. (2017), organik gübre uygulamasının toprak pH'ını düşürdüğünü bildirmişlerdir. Gübre ve kompost uygulamalarının kalıntı etkilerinin toprak pH seviyelerini önemli ölçüde artırdığı bildirilmektedir (Eghball ve ark., 2004).



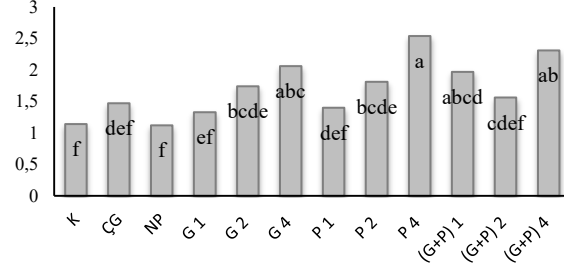
Şekil 1. Toprak pH, $p < 0.01$ (**)



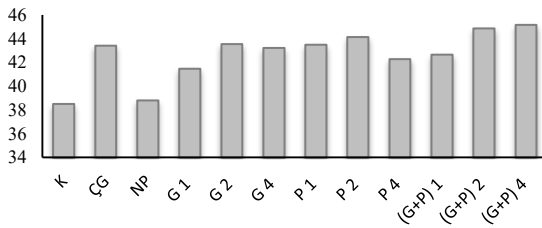
Şekil 2. Toprak EC ($mS cm^{-1}$), $p < 0.01$ (**)



Şekil 3. Toprak CaCO₃ (%), $p=0.199$ (ö.d.)



Şekil 4. Toprak OM (%), $p<0.05$ (*)



Şekil 5. Toprak KDK'sı (cmol kg⁻¹), $p=2.311$ (ö.d.)

Toprak tuzluluğu (EC)

Çözünür tuzlar, komposttaki Ca, K, Mg ve Na gibi çözünür iyonları ifade eder ve elektriksel iletkenlik (EC) yoluyla dolaylı ve kümülatif olarak ölçülür (Gondek ve ark., 2020). Şekil 2'deki veriler, gübre ve yüksek doz kompost uygulamalarının toprağın EC değerlerini kontrole göre arttırdığını göstermiştir. Bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). Toprağın en yüksek EC değerleri NP ve PAK uygulamaları ile elde edilmiştir. En az EC artışı GAK uygulamalarında meydana gelmiştir. Eghball ve ark. (2004), gübre ve kompost uygulamalarının bakiye etkilerinin toprak EC seviyelerini önemli ölçüde arttırdığını bildirmiştir. $EC>5$ dS m⁻¹'ye sahip bir kompost, yüksek Na ve Cl iyon konsantrasyonlarının sonucu olarak bitkilere zarar verir. Bu nedenle kompostlarda çözünebilir tuzların, özellikle Na ve Cl'nin azaltılması büyük önem taşımaktadır. Kompostta bulunan diğer çözünür tuzlar toprak sodalılığının azaltılmasına yardımcı olabilir (Gondek ve ark., 2020).

Toprağın kalsiyum karbonat içeriği

Araştırmada kullanılan toprak, kireçsiz ve nötr reaksiyonludur (Çizelge 1). Gübre ve kompost uygulamalarının toprağın % CaCO₃ değerlerini etkilemediği belirlenmiştir (Şekil 3). Düşük reaksiyonlu ve kireç içeriği az olan topraklarda kompost ve kireç uygulamalarının toprakta Ca ve P'un alınabilirliğini artırdığını, Al toksiditesini önlediğini, toprak asitliğini düzenlediği ve ürün verimini artırdığı bildirilmiştir (Özdemir ve ark., 2005; Belew, 2022).

Toprağın organik madde içeriği

P4, (G+P)4 ve G4 konuları, kontrole kıyasla toprağın OM içeriğini iki katına çıkarmıştır (Şekil 4). Bu artış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$). Adediran ve ark. (2004); kimyasal gübrelere gübrelenen arazilerle karşılaştırıldığında organik gübre alan arazilerde organik karbonun % 11–20 arttığını bildirmiştir. Mahmood ve ark. (2017), organik gübre uygulamasının toprak organik karbonunu arttırdığını bildirmiştir. Reynolds ve ark. (2015), GAK ilavesinden sonra, organik karbon miktarının kontrol değerlerinden % 65 oranında yüksek olduğunu belirlemiştir.

Toprağın katyon değişim kapasitesi

Kompost uygulamaları, kontrole göre toprağın KDK değerlerini artırmıştır. Ancak bu artışta anlamlı bir etki ortaya çıkmamıştır (Şekil 5). Sigaye ve ark. (2021), organik ve kimyasal gübrenin birlikte uygulanmasının toprağın KDK durumu üzerinde önemli ölçüde olumlu etkilere sahip olduğunu bildirmiştir. Adediran ve ark. (2004); kimyasal gübrelere gübrelenen arazileriyle karşılaştırıldığında organik gübre ile gübrelenen arazilerde KDK'nın % 4–8 arttığını bildirmiştir.

Bitki özellikleri üzerine etkisi

Yaprakların bağıl klorofil içeriği

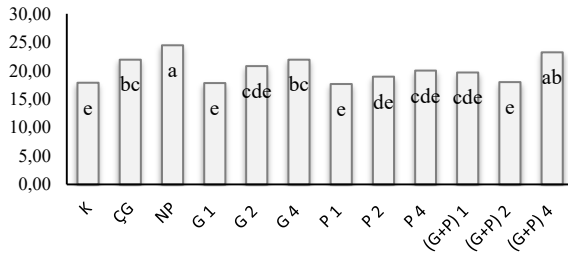
Yaprakların denemede hasattan önce klorofilmetre ile ölçülen SPAD indeksi değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Mısır bitkilerinde yaprak N düzeyi ile SPAD indeksi arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Argenta ve ark., 2004). Organik ve kimyasal gübre ilavesi mısır bitkisinin SPAD değerlerini arttırmış ve bu artışın istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. En yüksek SPAD değeri NP (kontrolden % 36.91 daha yüksek) uygulamasından elde edilmiştir. Kompost uygulamalarından (G+P)4 uygulaması mısır bitkisinin SPAD değerlerini kontrole göre % 30.01 artırmıştır. Ayrıca G4 uygulaması, kontrole kıyasla % 22.92'lik bir artış göstermiştir. Klorofilin GAK kullanımıyla arttığı bildirilmektedir (Abdullah ve ark., 2020).

Bitki boyu

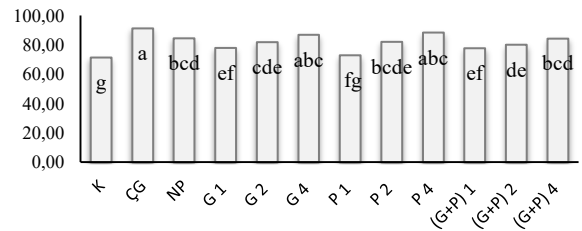
Bitki boyu, bitki büyümesini belirlemeye yardımcı olan önemli bir bileşendir (Sanni, 2016). Uygulanan ÇG, NP gübresi ve kompostların, sera koşullarında yetiştirilen mısırın bitki uzunluğuna etkisi Şekil 7'de verilmiştir. En uzun bitki boyu ÇG uygulaması ile elde edilmiştir (kontrolden % 28 daha yüksek). B4 uygulaması bitki boyunu kontrole göre % 23.8 daha fazla artırmıştır. Ayrıca G4 uygulaması kontrole göre bitki boyunda % 21.62 artış göstermiştir. Mısırın bitki uzunluğu kompost, ÇG ve NP gübresi uygulamalarından önemli ölçüde ($p<0.01$) etkilenmiştir (Şekil 7). Sonuçlar Ahmad ve ark. (2006) ve Bashir ve ark. (2022) ile uyumludur.

Bitki ağırlığı

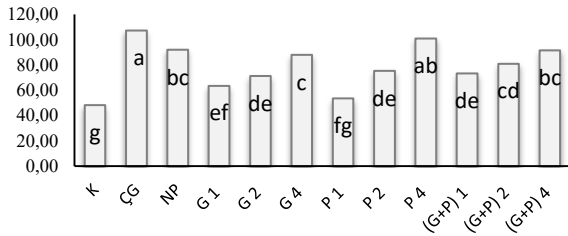
Mısırın taze ağırlığı, kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı artan dozlarda kompost uygulamasıyla artmıştır (Şekil 8, 9 ve 10). Bu artış istatistiksel olarak % 1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Ancak en yüksek taze ağırlık ve kuru ağırlık değerleri ÇG uygulamasından elde edilmiştir. ÇG uygulaması, kontrole kıyasla mısır bitkisinin taze ağırlığını 2.2 kat ve kuru ağırlığını 2.8 kat artırdı. ÇG uygulamasının sonuçlarını P4 uygulaması takip etti. NP, (G+P)4 ve G4 uygulaması yakın bir artış sağlamıştır. Buna paralel olarak mısır bitkisinin hem kuru ağırlığında hem de kök kuru ağırlığında benzer sonuçlar bulunmuştur. Kompost uygulanması, mısırın tüm verim parametrelerini önemli ölçüde artırmıştır (Ahmad ve ark., 2006; Ali ve ark., 2015; Yağmur ve Okur, 2018; Bhatti ve ark., 2021).



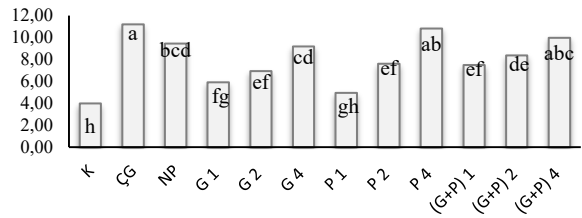
Şekil 6. Yaprakların SPAD değeri, $p < 0.01$ (**)



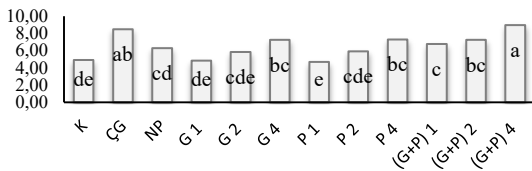
Şekil 7. Bitki boyu (cm), $p < 0.01$ (**)



Şekil 8. Bitki taze ağırlığı (g), $p < 0.01$ (**)



Şekil 9. Bitki kuru ağırlığı (g), $p < 0.01$ (**)



Şekil 10. Bitki kök kuru ağırlığı (g), $p < 0.01$ (**)

Besin elementleri üzerine etkisi

Azot

P4, G4 ve (G+P) 4 uygulamaları ile topraktaki toplam N'nin kontrole göre 1.75 kat arttığı belirlenmiştir (Şekil 11). Aynı uygulamalar mısır bitkisindeki toplam N konsantrasyonlarını da kontrole kıyasla % 21-30 oranında artırmıştır (Şekil 12). Bu artışların her ikisi de istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0.01$). Bazı yeni çalışmalar, organik gübre uygulamasının toprak ve bitkideki toplam N konsantrasyonlarını arttırdığını bildirmiştir (Souza ve ark., 2016; Mahmood ve ark., 2017; Bhatti ve ark., 2021). Oliveira ve ark. (2011), düşük C/N oranına sahip organik kompostun hızlı mineralizasyonunun denitrifikasyonla sonuçlanabileceğini ve bu özellikteki kompostun daha yüksek miktarlarda uygulanmasının yıkanma yoluyla N kaybını artırabileceğini bildirmiştir. Yağmur ve Okur (2018), kompost ve ahır gübresi uygulamalarının mısır bitkisi yaprağının toplam N içeriğinin % 1.65-2.11 arasında artırdığını bildirmiştir.

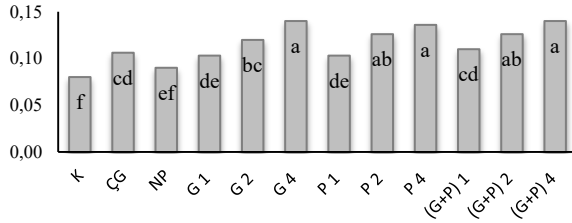
Fosfor

Toprakta en yüksek alınabilir P konsantrasyonu, kontrole göre 3.9 kat artışla P4 uygulaması ile elde edilmiştir (Şekil 13). Topraktaki alınabilir P'yi artıran diğer uygulama konuları ÇG ve NP uygulamalarıdır. ÇG ve NP, kontrole kıyasla sırasıyla 2.9 kat ve 3.6 kat oranında alınabilir P konsantrasyonunu artırmıştır. Mısırdaki toplam P konsantrasyonu incelendiğinde sonuçların birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. En yüksek toplam P konsantrasyonu P1 (% 40) uygulamasıyla elde edilmiştir (Şekil 14). Kompost ve organik gübre uygulamasının topraktaki P'yi iyileştirdiği bildirilmiştir (Souza ve ark., 2016; Mahmood ve ark., 2017). Bhatti ve ark. (2021), organik madde uygulamaları sonucunda mısır dokularında P konsantrasyonunda artış belirlemiştir. Galvão ve Salcedo (2009), kompost ilavesinin toprakta P'un artışı üzerindeki etkisinin organik gübredeki P konsantrasyonuna bağlı olduğunu bildirdirmişlerdir. Eghball ve ark. (2004), topraktaki P'nin; N'li gübre veya kompost uygulamasının sona ermesinden 4 yıldan fazla bir süre boyunca mahsulün P alımına katkıda bulunabileceğini bildirdi. Ayrıca kompostun toplam P'si 2000 mg kg⁻¹'den az olduğunda, P'nin toprak çözeltisinde immobilizasyonu, organik P'nin mineralizasyonundan daha fazla olmasına neden olacağını bildirmişlerdir (Eghball ve ark., 2004).

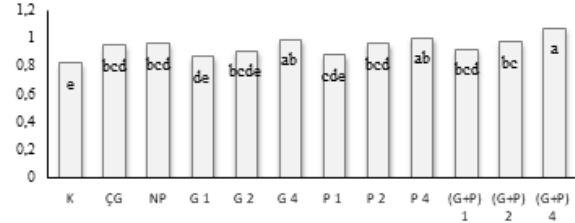
Potasyum

ÇG ve PAK uygulamaları, topraktaki alınabilir K konsantrasyonlarını kontrol saksılarına göre önemli ölçüde ($p < 0.01$) artırmıştır (Şekil 15). Toprakta bulunan en yüksek alınabilir K konsantrasyonu P4 ile elde edilmiştir (2.9 kat kontrolden daha yüksek). Bunu sırasıyla ÇG (2.4 kat kontrolden daha yüksek) ve (G+P) 4 karışımı (2.2 kat kontrolden daha yüksek) izlemektedir (Şekil 15). Mısır dokularındaki toplam K konsantrasyonları gübre uygulamaları ile artmamıştır (Şekil 16). Mısırdaki en yüksek toplam K konsantrasyonu P1 uygulaması ile elde edilmiştir (kontrolden % 16.56 daha yüksek). Öte yandan, (G+P) 4, kontrolden % 7.64 daha yüksek toplam K

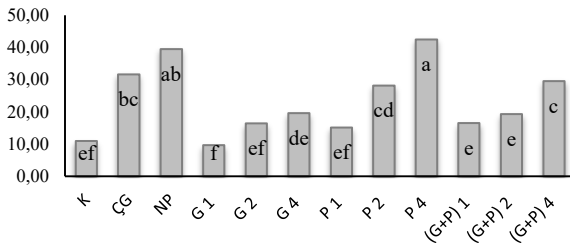
sağlamıştır. G1 uygulamasına ait toprakta alınabilir K düşük seviyede tespit edilmesine rağmen, aynı uygulamanın mısır dokularındaki toplam K konsantrasyonunda %5 artış sağlamıştır (Şekil 16). Bu durum, K'nin büyük bir kısmının GAK'de alınabilir formda bulunmasıyla ilgili olabilir (Ernani ve ark., 2007).



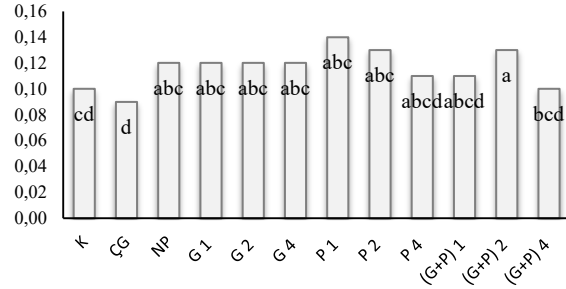
Şekil 11. Toprak toplam N (%), $p < 0.01$ (**)



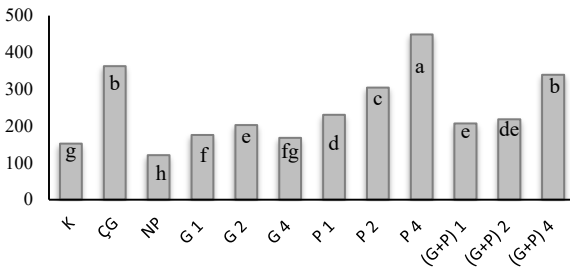
Şekil 12. Bitki toplam N (%), $p < 0.05$ (*)



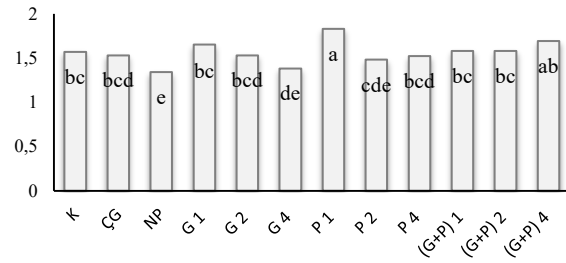
Şekil 13. Toprak alınabilir P (mg kg^{-1}), $p < 0.01$ (**)



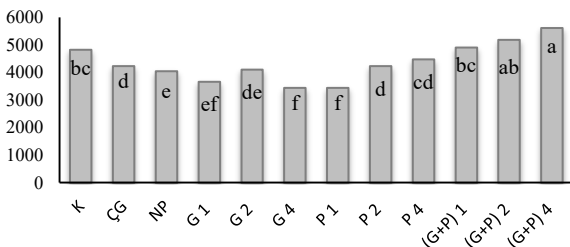
Şekil 14. Bitki toplam P (%), $p = 0.058$ (ö.d.)



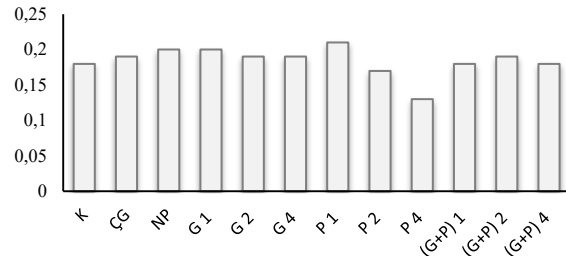
Şekil 15. Toprak alınabilir K (mg kg^{-1}), $p < 0.01$ (**)



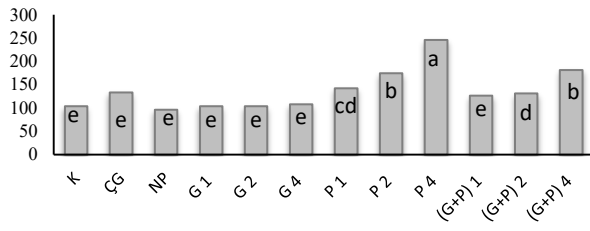
Şekil 16. Bitki toplam K (%), $p < 0.05$ (*)



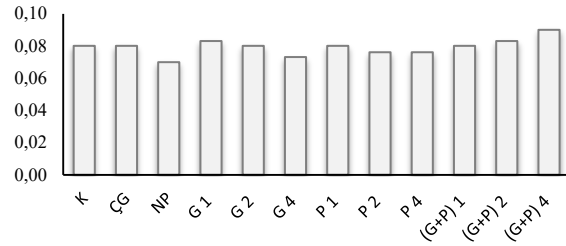
Şekil 17. Toprak alınabilir Ca (mg kg^{-1}), $p < 0.01$ (**)



Şekil 18. Bitki toplam Ca (%), $p = 0.106$ (ö.d.)



Şekil 19. Toprak alınabilir Na ($mg\ kg^{-1}$), $p<0.01(**)$



Şekil 20. Bitki toplam Na (%), $p=0.236$ (ö.d.)

Mahmood ve ark. (2017), organik gübre uygulamasının topraktaki K konsantrasyonunu iyileştirdiğini bildirmiştir. Organik materyallerin mısır büyümesi üzerinde olumlu etkide bulunduğu, bitki dokularınca yüksek konsantrasyonda N, P ve K alındığı bildirilmiştir (Adediran ve ark., 2005; Aziz ve ark., 2010; Bhatti ve ark., 2021). Yağmur ve Okur (2018), kompost ve ahır gübresi uygulamalarının mısır bitkisi yaprağının toplam K içeriklerini % 2.79-3.25 arasında değiştirdiğini bildirmişlerdir.

Kalsiyum

Gübre ve kompost uygulamalarının topraktaki alınabilir Ca konsantrasyonları incelendiğinde (G+P)4 uygulaması Ca konsantrasyonlarını 1.16 kat artırdığı belirlenmiş, bu artış istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Şekil 17). Adediran ve ark. (2004); kimyasal gübrelere gübrelenen arazilerle karşılaştırıldığında organik gübre ile gübrelenen arazilerde Ca'un % 26–96 arttığını bildirmiştir. Bitkilerin toplam Ca konsantrasyonları incelendiğinde, gübre veya kompost uygulamalarının bitkinin toplam Ca konsantrasyonunu artırmadığı belirlenmiştir (Şekil 18). Bitki Ca içeriğinde önemli bir fark belirlenmemiştir. Yağmur ve Okur (2018), kompost ve ahır gübresi uygulamaları ile mısır bitkisi yaprağının toplam Ca içeriğinin % 0.52-0.71 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Sodyum

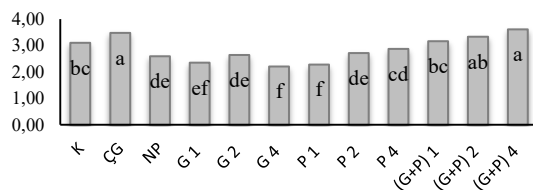
Topraktaki PAK uygulamaları, alınabilir Na içeriklerini 1.4-2.4 kat artırmıştır. Bu artış istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur (Şekil 19). Öte yandan, GAK uygulamaları alınabilir Na konsantrasyonunda hiçbir artışa neden olmamıştır (Şekil 19). Bitkinin toplam Na içeriği üzerine uygulamaların etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Şekil 20). Aydeniz (1985), mısır bitkisi için toprakta 500 – 2000 $mg\ Na\ kg^{-1}$ dozlarda alınabilir Na konsantrasyonunun ürün miktarını hızla azalttığını bildirmiştir. Toprakların alınabilir Na konsantrasyonları değerlendirildiğinde, bu değerlerin altında olduğu görülmektedir. Souza ve ark. (2016), tarlada olası bir sodalılık artışından kaçınmak için PAK uygulamasının gözetimi altında tutulması gerektiğini bildirmiştir.

Magnezyum

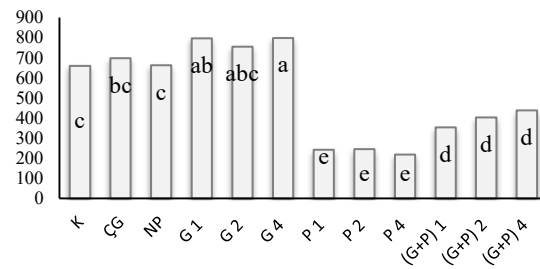
Toprakta alınabilir Mg içeriği, en fazla GAK+PAK karışımlarının 4 ton da^{-1} uygulanmasıyla elde edilmiştir (%16 kontrolden daha yüksek) (Şekil 21). Bunun dışında ÇG uygulanan saksıların alınabilir Mg içeriği de kontrole göre % 12 oranında daha yüksek bulunmuştur. Diğer uygulamalarda topraktaki alınabilir Mg konsantrasyonu daha düşük çıkmıştır. Adediran ve ark. (2004); kimyasal gübrelere gübrelenen arazilerle karşılaştırıldığında organik gübre uygulanan arazilerde Mg'un % 6–19 arttığını bildirmiştir. Bitkilerin toplam Mg içerikleri incelendiğinde, GAK uygulamalarının toplam Mg konsantrasyonunu % 14.5-21.1 oranları arasında artırdığı belirlenmiştir (Şekil 22). PAK uygulanan bitki dokularının toplam Mg konsantrasyonlarının önemli ölçüde azaldığı belirlendi ve Mg analizi sonuçları önemli farklılıklar ($p < 0.01$) ortaya çıkardı.

Demir

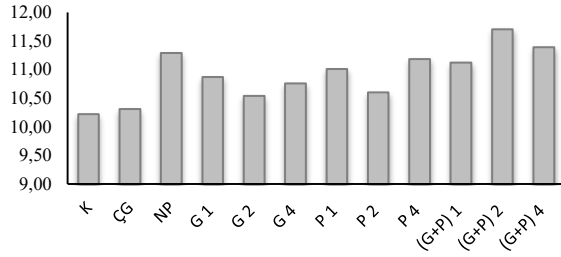
Kompost ve NP uygulamalarının, toprakların alınabilir Fe içeriklerini artırdığı belirlenmiştir. Ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Şekil 23). Mısır bitkilerinin toplam Fe konsantrasyonları üzerine kompost uygulamalarının etkisinin istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 24). Mısır bitkisinde en yüksek toplam Fe konsantrasyonu G4 uygulaması ile elde edilmiştir (kontrolden 1.5 kat daha yüksek). PAK uygulanan mısır bitkisi dokularındaki toplam Fe konsantrasyonunun kontrole göre düşük konsantrasyonda olduğu belirlendi. Souza ve ark. (2016), kimyasal gübrelemenin organik gübrelemeden daha yüksek Fe konsantrasyon değerlerine yol açtığını bildirmiştir. Chung ve Choi (2006), kompost uygulaması, nispeten düşük seviyelerde mikro besin içeren topraklarda bile mahsul üretimi için gerekli miktarda Cu, Fe, Mn ve Zn sağlayabileceğini bildirmişlerdir.



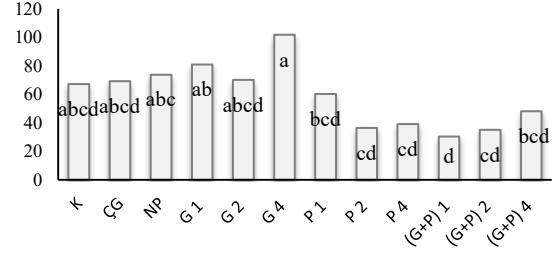
Şekil 21. Toprak alınabilir Mg ($me\ 100g^{-1}$), $p < 0.01$ (**)



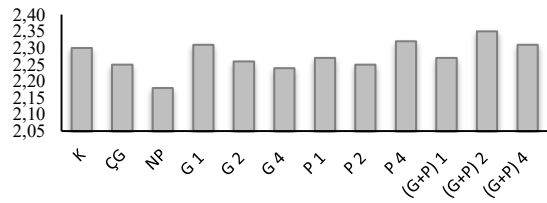
Şekil 22. Bitki toplam Mg ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.01$ (**)



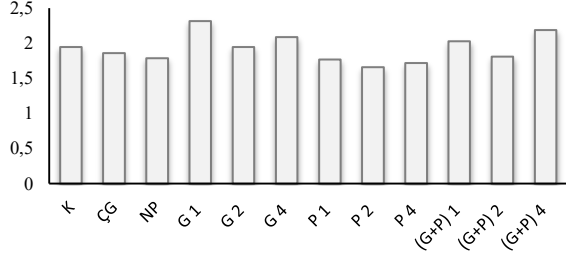
Şekil 23. Toprak alınabilir Fe ($mg\ kg^{-1}$), $p=0.38$ (ö.d.)



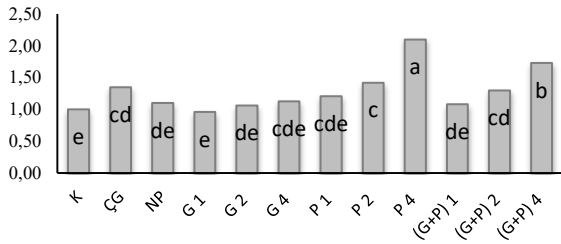
Şekil 24. Bitki toplam Fe ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.05$ (*)



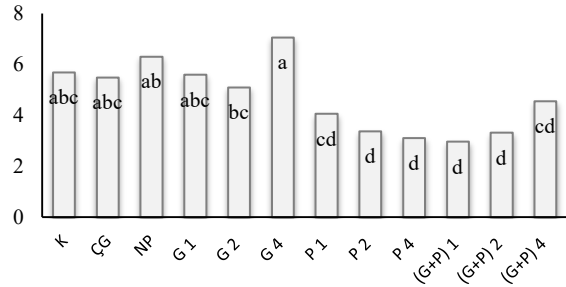
Şekil 25. Toprak alınabilir Cu ($mg\ kg^{-1}$), $p=0.97$ (ö.d.)



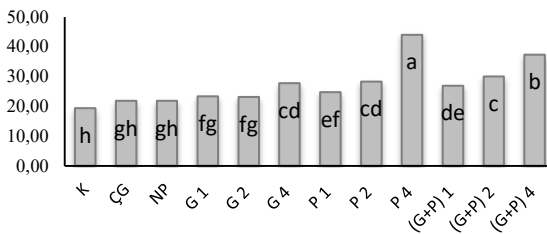
Şekil 26. Bitki toplam Cu ($mg\ kg^{-1}$), $p=0.259$ (ö.d.)



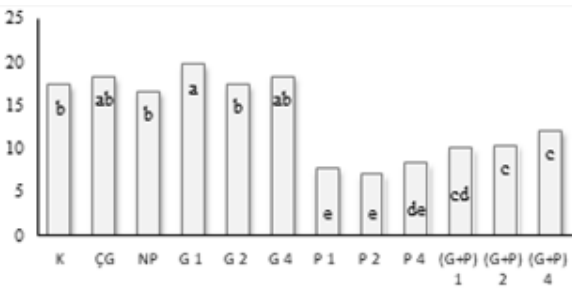
Şekil 27. Toprak alınabilir Zn ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.01$ (**)



Şekil 28. Bitki toplam Zn ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.05$ (*)



Şekil 29. Toprak alınabilir Mn ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.01$ (**)



Şekil 30. Bitki toplam Mn ($mg\ kg^{-1}$), $p < 0.01$ (**)

Bakır

En yüksek alınabilir Cu, (G+P)2 karışımı uygulaması yapılan toprakta elde edilmiştir (Şekil 25). GAK mısır bitkisinde etkili olmuştur. Bitkide en yüksek toplam Cu konsantrasyonu G1 uygulaması ile elde edilmiştir (% 19 kontrolden daha yüksek). Mısır bitkisinin toplam Mn içeriğinin PAK uygulamalarında azaldığı belirlenmiştir

(Şekil 26). Iglesias-Jiménez (1996), şehir çöp kompostunun bitki dokularındaki Cu konsantrasyonlarını % 13 oranında artırdığını bildirmiştir. Chung ve Choi (2006), kompostların, yeterli mikro besin kaynağı ile mahsul üretimi için toprak düzenleyici olarak kullanılabilceğini bildirmişlerdir. Yağmur ve Okur (2018), kompost ve ahır gübresi uygulamalarının mısır bitkisinde yaprağın toplam Cu içeriğini 11.26-17.34 mg kg⁻¹ arasında belirlediklerini bildirmişlerdir.

Çinko

Uygulamalar, hem toprakta ($p < 0.01$) hem de mısır bitkisinin dokularında ($p < 0.05$) Zn konsantrasyonlarında önemli farklılıklar ortaya çıkarmıştır. Toprakta en yüksek alınabilir Zn konsantrasyonu P4 ile elde edilmiştir. (G+P)4 karışımı da alınabilir Zn konsantrasyonuna etkili olmuştur (Şekil 27). GAK mısır bitkisi dokularında Zn konsantrasyonunun % 24 oranında artmasında etkili olmuştur. En yüksek Zn konsantrasyonu G4 ile elde edilmiştir (Şekil 28). NP'nın de bitkideki Zn konsantrasyonunu kontrole göre % 11 oranında artış gerçekleştirmiştir. Mısır bitkisinin toplam Zn konsantrasyonunun PAK uygulamalarında önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Iglesias-Jiménez (1996), şehir çöp kompostunun bitki dokularındaki Zn konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir. Masowa ve ark. (2016), kompostların özellikle besin maddelerinin genellikle yetersiz olduğu bildirilen kumlu topraklarda, mısır üretimi için potansiyel olarak iyi Zn kaynağı olabileceğini bildirmişlerdir. Yağmur ve Okur (2018) ise kompost ve ahır gübresi uygulamaları ile mısır bitkisi yaprağının toplam Zn içeriklerinin 11.15-14.70 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Mangan

Kompost uygulamaların tamamında alınabilir Mn konsantrasyonlarını artırmıştır (Şekil 29). En yüksek alınabilir Mn, P4 uygulaması yapılan toprakta elde edilmiştir (Şekil 29). GAK mısır bitkisi dokularındaki Mn konsantrasyonunu artırmada etkili olmuştur. En yüksek toplam Mn konsantrasyonu G4 uygulaması ile elde edilmiştir. Mısır bitkisinin toplam Mn içeriğinin PAK uygulamalarında önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir (Şekil 30). Iglesias-Jiménez (1996), şehir çöp kompostunun bitki dokularındaki Mn konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırdığını bildirdi. Chung ve Choi (2006), kompost uygulaması, nispeten düşük seviyelerde mikro besin içeren topraklarda bile mahsul üretimi için gerekli miktarda Mn sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Sonuç

Bu çalışmada; GAK, endüstriyel atık kompostu (PAK) ve bu kompostların karışımı, ayrıca bir ÇG ve inorganik NP gübresi kullanımının mısırın beslenme durumu üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak bu maddelerin etkilerinin, hiç uygulanmayan bitkilerden farklı olduğu ve daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. GAK'nin elementleri bitkiler için daha hazır halde bulundurduğu ve bitkilerin besin elementi içeriklerini artırdığı açıkça anlaşılmaktadır. Mısır bitkisi parametreleri, toprak özellikleri ve besin elementleri

konsantrasyonları 4 t da⁻¹ oranında kompost uygulaması ile diğer uygulamalara göre daha yüksek olmuştur. Hem sürdürülebilir toprak yönetimi hem de bitki besin maddelerinin dengeli alımı ve mevcudiyeti dikkate alındığında, toprak ve bitki sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, GAK ve GAK+PAK karışımları uygun materyallerdir.

Teşekkür

Bu makalede araştırma ve yayın etiği kurallarına uyulmaktadır. Bu makalede etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır. Bu çalışma, herhangi bir fon tarafından desteklenen projenin bir parçası değildir.

Kaynaklar

- Abdullah, R., Osman, N., Yusoff, S., Mohd Yusof, H., Abdul Halim, N. S., ve Mohd Rosli, N. S. 2020. Effects of Palm Kernel Biochar and Food Waste Compost on the Growth of Palm Lily (*Cordyline Fruticosa*), Coleus (*Coleus Sp.*), and Boat Lily (*Rhoeo Discolor*). *Applied Ecology and Environmental Research*, 19 (1): 205-218. Doi: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1901_205218
- Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M.O., Sobulo, R. A., ve Idowu, O. J. 2005. Application of Organic and Inorganic Fertilizer for Sustainable Maize and Cowpea Yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, 27(7):1163-1181, Doi: 10.1081/PLN-120038542
- Ahmad, R., Naseer, A., Zahir, Z. A., Arshad, M., Sultan, T., ve Ullah, M. A. 2006. Integrated use of recycled organic waste and chemical fertilizers for improving maize yield. *International Journal of Agriculture and Biology, (J. Agri. Biol.)* 8(6): 840-843.
- Aksoy, E., Dirim, M.S., Tümsavaş, Z, ve Özsoy, G. 2001. Formation of Uludag University Campus Area Soils, Important Physical, Chemical Properties and Classification. Research Fund of the University of Uludag, Project No:98/32, Bursa, Turkey, 118p.
- Ali, S., Uddin, S., Ullah, O., Shah, S., Din, S., ve Ali, T. 2015. Yield and yield components of maize response to compost and fertilizer-nitrogen. *Food Science and Quality Management*. 38: 39-44. ISSN 2225-0557 (Online)
- Anonim. 1951. Soil survey manual. U.S. Department of Agriculture. Handbook No:18, U.S. gout Print Office, Washington D.C., 209 p.
- Anonim. 1994 a. Method EPA 3051, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response. U.S. Government Printing Office, Washington D.C, p. 1-14
- Anonim. 1994 b. Diseases and Pests of Vegetable Crops in Canada. 1994. *Canadian Phytopathological Society and Entomological Society of Canada*. pp 50 - 60 and pp 407-409.
- Anonim. 2005. Jmp 9.0 jump statistical software. Erişim adresi: <https://www.jmp.com/>

- Anwar, Z., Irshad, M., Mahmood, Q., Hafeez, F., ve Bilal, M. 2017. Nutrient uptake and growth of spinach as affected by cow manure co-composted with poplar leaf litter. *Int J Recycl Org Waste Agricult*, 6:79–88.
- Argenta, G., Silva, P.R.F., Sangoi, L. 2004. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. *Ciência Rural*, 34(5):1379- 1387.
- Aşık, B. B., ve Dorak, S. 2018. Agricultural characteristics of sugar factory waste products. *Agricultural Science and Technology*, 10(3): 257-261. Doi: 10.15547/ast.2018.03.049
- Aydeniz, A. 1985. Toprağa katılan değişik oranlardaki Na₂CO₃'ün mısırın tepe ve kök gelişimine etkisi. *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 928, Ankara.
- Aziz, T., Ullah, S., Sattar, A., Nasim, M., Farooq, M., ve Khan, M. M. 2010. Nutrient Availability and Maize (*Zea mays*) Growth in Soil Amended with Organic Manures. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(4): 621-624. Doi: 10-070/RAS/2010/12-4-621-624
- Bashir, K. A., Muhammad, A.Y., Muhammad, A., ve Sada, S. M. 2022. Comparing the efficacy of organic and inorganic fertilizers on the growth of maize (*Zea mays* L.) plant. *Journal of Agricultural Research Pesticides and Biofertilizers*, 3 (3): 1-5. Doi: <http://doi.org/01.2022/1.1058>
- Belew, A. A. 2022. Role of lime and compost on soil properties and yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in acidic soil of Ethiopia: A Review, *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 9 (10): 24-37. Doi: 10.22192/ijarbs
- Bhatti, S. M., Kandhro, M. A., Bughio, Z. R., Rajpar, I., Shah, J. A., Lund, M. M., Maitlo, H., ve Bughio, H. R. 2021. Relative performance of various composts and NPK fertilizer on upgrowth and quality of fodder maize. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 10: 449-458. Doi: 10.30486/IJROWA.2021.1927035.1235
- Bouyoucos, G. H. 1951. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Journal of Agronomy*, 43: 434-438.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen: Methods of soil analysis, Part 2., Ed.: Black, C. A., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, pp: 1149-1178.
- Chung, J. B., ve Choi, H.Y. 2006. Content and availability of micronutrients in manure-based composts. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 39(4): 230-236.
- Eghball, B., D. Ginting, ve Gilley, J. E. 2004. Residual effects of manure and compost on corn production and soil properties. *Agronomy Journal*, 96: 442-447 <http://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/14>
- Ernani P. R., Almeida, J. A., ve Santos, F. C. 2007. Potasyum: Toprak verimliliği, Ed.: Novais, R. F., Alvarez, V. V. H., Barros, N. F., Fontes, R. L., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L., Viçosa, M.G., Brezilya Ulusal Toprak Bilimi, pp:551-594 (Portekizce)
- FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 1990. Micronutrient. Assessment at the Country Level: An International Study. FAO, Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa. Rome.

- FAO, 2008. Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 19 (Eds. M. R. Motsara, R. N. Roy), Rome. ISBN 978-92-5-10598. <https://jardindemaud.fr/pdf/MotsaraMRetal.pdf>
- FAO. 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Furukawa, Y., ve Hasegawa, H. 2006. Response of Spinach and Komatsuna to Biogas Effluent Made from Source-Separated Kitchen Garbage. *J. Environ. Qual.*, 35: 1939-1947.
- Galvão, S. R. S., ve Salcedo, I. H. 2009. Soil Phosphorus Fractions in Sandy Soils Amended with Cattle Manure for Long Periods. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(3): 613-622. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000300014>
- Gezahegn, A. M. 2021. Effect of organic fertilizers on maize (*Zea mays* L.) production and soil physical and chemical properties. *World Applied Sciences Journal*, 39 (1): 111-19. Doi: 10.5829/idosi.wasj.2021.11.19
- Ghinea, C., ve Leahu, A. 2020. Monitoring of Fruit and Vegetable Waste Composting Process: Relationship between Microorganisms and Physico-Chemical Parameters. *Processes*, 8, 302.
- Giménez, A., Gómez, P. Á., Bustamante, M. A., Pérez-Murcia, M. D., Martínez-Sabater, E., Ros, M., Pascual, J.A., Egea-Gilabert, C., ve Fernández, J. A. 2021. Effect of Compost Extract Addition to Different Types of Fertilizers on Quality at Harvest and Shelf Life of Spinach. *Agronomy*, 11: 632.
- Gondek, M., Weindorf, D. C., Thiel, C., ve Kleinheinz, G. 2020. Soluble Salts in Compost and Their Effects on Soil and Plants: A Review. *Compost Science and Utilization*. 28 (2): 59-75. Doi: 10.1080/1065657X.2020.1772906
- Gülser, C., Z. Demir, ve Ic, S. 2010. Changes in some soil properties at different incubation periods after tobacco waste application. *Journal of Environmental Biology*, 31(5): 671-674.
- Hafid, H. S., Rahman, N. A. A., Shah, U. K. M., Baharuddin, A. S., ve Ariff, A. B. 2017. Feasibility of using kitchen waste as future substrate for bioethanol production: a review. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 74: 671-686.
- Hernandez, T., J. G., Berlanga, I., Tormos, ve Garcia, C. 2021. Organic versus inorganic fertilizers: response soil properties and crop yield. *AIMS Geosciences*, 7(3): 415-439. Doi: 10.3934/geosci.2021024
- Iglesias-Jiménez, E. 1996. City refuse compost as a source of micronutrients for plants: Fertilizers and Environmant, Eds.; Rodriguez-Barrueco, C., Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp: 517-521.
- Irshad, M., Gul, S., Egrinya Eneji, A., Anwar, Z., ve Ashraf, M. 2014. Extraction of Heavy Metals from Manure and Their Bioavailability to Spinach (*Spinacia oleracea* L.) After Composting. *Journal of Plant Nutrition*, 37:1661-1675.
- Jackson, M. L. 1958. Soil chemical analysis, 38-226. New Jersey, USA: Prentice Hall Inc.
- Jakhro, M. I., Shah, S. I., Zehri, M. Y., Rahujo, Z. A., Ahmed, S., Ahmed, S., ve Jakhro, M. A. 2017. Growth and Yield of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Under Fluctuating Levels of Organic and Inorganic Fertilizers. *International Journal of Development Research*, 7(2):11454-11460.
- Kacar, B. 2009. *Toprak Analizleri*. Nobel Yayın No. 1387. Ankara, Türkiye.
- Kacar, B., ve İnal, A. 2008. *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın No. 892. Ankara, Türkiye.

- Kacar, B., ve Kütük, C. 2010. *Gübre Analizleri*. Nobel Akademi Yayın, Ankara. 372 p.
- Kadir, A. A., Azhai, N.W., ve Jamaludin, S. N. 2016. An Overview of Organic Waste in Composting. MATEC Web of Conferences, 47, 05025.
- Kelley, A. J., Campbell, D. N., Wilkie, A. C., ve Maltais-Landry, G. 2022. Compost Composition and Application Rate Have a Greater Impact on Spinach Yield and Soil Fertility Benefits Than Feedstock Origin. *Horticulturae*, 8: 688.
- Lindsay, W. L., ve Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42:421–28. Doi:10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x.
- Machado, R. M. A., Alves-Pereira, I., Lourenco, D., ve Ferreira, R. M. A. 2020. Effect of organic compost and inorganic nitrogen fertigation on spinach growth, phytochemical accumulation and antioxidant activity. *Heliyon*, 6, e05085.
- Mahmood, F., Khan, I., Ashraf, U., Shahzad, T., Hussain, S., Shahid, M., Abid, M., ve Ullah, S. 2017. Effects of organic and inorganic manures on maize and their residual impact on soil physico-chemical properties. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 17 (1): 22-32.
- Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., ve Grero, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresour Technol*, 72: 9-17.
- Masowa, M. M., Kutu, F. R., Shange, P. L., Mulidzi, R., ve Vanassche, M. G. 2016. The effect of winery solid waste compost application on maize growth, biomass yield, and nutrient content under greenhouse conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62 (8): 1082-1094.
- Oliveira, F. F., Salcedo, I. H., ve Galvão, S. R. S. 2011. Kumlu topraklarda patateslerin organik ve inorganik gübrelenmesi: verimlilik, bitki besin maddeleri ve yıkanma. *Rev Bras Eng Agric Amb.*,15:1228-1234. Doi:10.1590/S1415-43662011001200003 (Portekizce)
- Olsen, S. R., ve Dean, L. A. 1965. Phosphorus: Methods of soil analysis. Part II, Ed.: Black, C. A., American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, pp: 1035–1049.
- Özdemir, N., Gülser, C., Ekberli, İ., ve Özkaptan, S. 2005. Toprak Düzenleyicilerinin Asit Toprakta Strüktürel Dayanıklılığa Etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 36 (2), 151-156.
- Pizer, N. H. 1967. Some advisory aspects, soil potassium and magnesium. *Tech. Bull. No: 14:184.*
- Pratt, P. F. 1965. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Ed.: Black, C. A., Amer. Soc. Agr. Inc. Publisher Agronomy Series, 9: 999-1034.
- Rahman, H., ve Akter, A. 2017. Effect of Kitchen Waste Compost and Vermi-Compost in Combination with Chemical Fertilizer on the Production of Tomato. *Research and Reviews: Journal of Crop Science and Technology*, 6 (3): 15-24.
- Reis, M., Coelho, L., Beltrão, J., Domingos, I., ve Moura, M. 2014. Comparative effects of inorganic and organic compost fertilization on lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Energy and Environment*, 8: 137-146.

- Reynolds, W. D., Drury, C. F., Tan, C. S., ve Yang, X. M. 2015. Temporal effects of food waste compost on soil physical quality and productivity. *Can. J. Soil Sci.*, 95: 251-268. Doi:10.4141/CJSS-2014-114
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvements of saline and alkali soils. In: *Agriculture Handbook*. No: 60, 160 p
- Rhoades, J. D. 1982. Soluble Salts. Methods of Soil Analysis, Part 2: In *Chemical and Microbiological Properties*, ed A. L. Page, 167-178. American Society of Agriculture Inc. Publication, Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA.
- Sanni, K. O. 2016. Effect of compost, cow dung and NPK 15-15-15 fertilizer on growth and yield performance of Amaranth (*Amaranthus hybridus*). *International Journal of Advances in Scientific Research*, 2 (3): 76-82.
- Sigaye, M. H., R., Mekuria, K., Kebede, A., Nigussei, ve Lulie, B. 2021. Integrated use of organic and inorganic fertilizers on maize (*Zea mays* L.) yield and soil fertility in Andisols soil of Sidama, Ethiopia. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 11 (1):10-18.
- Souza, H. A., Melo, M. D., Primo, A. A., Vieira, L.V., Pompeu, R.C.F.F., Guedes, F. L., ve Natale, W. 2016. Use of organic compost containing waste from small ruminants in corn production. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*. 40: e0150385. Doi: 10.1590/18069657rbc20150385
- Swift, R. S., Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., ve Sumner, M. E. 1996. Organic matter characterization. *Methods of soil analysis. Part 3-chemical methods*, pp: 1011-1069.
- Thapa, P., Shrestha, R. K., Kafle, K., ve Shrestha, J. 2021. Effect of Different Levels of Nitrogen and Farmyard Manure on The Growth and Yield of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Agricultural Science*, 2: 335-340.
- Tan, K. H. 2005. *Soil Sampling, Preparation, and Analysis*. 2nd Edition, Taylor & Francis/CRC Press, Boca Raton, 623p
- Ülgen, N., ve Yurtsever, N. 1988. Fertilizer and fertilization guide of Türkiye. Publications of the Directorate of Soil and Fertilizer Research Institute; general publication no: 151. technical publication no: T-59. Web: <https://kutuphane.tarimorman.gov.tr>
- USDA. 2013. U.S. dept. of agriculture soil taxonomy. Accessed November 14, 2013. <http://www.soils.usda.gov/technical/classification/osd/index.html>
- Voběrková, S., Maxianová, A., Schlosserová, N., Adamcová, D., Vršanská, M., Richtera, L., Gagić, M., Zloch, J., ve Vaverková, M. D. 2020. Food waste composting - Is it really so simple as stated in scientific literature? – A case study. *Science of the Total Environment*, 723, 138202.
- Walkley, A., ve Black, L. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soils organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29–38. Doi:10.1097/00010694-193401000-00003.

- Yağmur, B., Okur, B. 2018. Bazı Doğal Toprak Düzenleyicilerin Mısır (*Zea Mays L.*) Bitkisinin Verim Parametreleri Üzerine Etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(4): 471-477. Doi: 10.20289/zfdergi.419225
- Yang, F., Li, Y., Han, Y., Qian, W., Li, G., ve Lua, W. 2019. Performance of mature compost to control gaseous emissions in kitchen waste composting. *Science of the Total Environment*, 657: 262-269.
- Yusheng, Q., Shihua, T., Wenqiang, F., Xifa, S., ve Qingrui, C. 2005. Effect of organic and inorganic fertilizers on yields and nitrate accumulation of vegetables, Soil and Fertilizer Institute, Sichuan A. A. S., *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 11(5): 670-674.