

Yerfıstığı Biyokömürü ve Organik Gübre Uygulamasının Mısır Bitkisinin Büyümesi ve Besin Elementi Konsantrasyonları Üzerine Etkileri

Çağdaş AKPINAR^{1*}

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadiri Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, 80760, Osmaniye, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-2783-397X>

*Sorumlu yazar: cagdasakpinar@osmaniye.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 07.04.2024

Kabul tarihi: 17.07.2024

Online Yayınlanma: 16.09.2024

Anahtar Kelimeler:

Biyokömür

Yer fıstığı kabuğu

Mısır

Besin elementi konsantrasyonu

ÖZ

Çalışma, sera koşullarında, üç tekrarlı tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Bu çalışmada, mısır bitkilerine artan dozlarda yer fıstığı kabuklarından elde edilen biyokömür (%0, %0,5, %1 ve %2 w/w), kimyasal gübre, vermikompost (%5 w/w) ve büyükbaş hayvan gübresi uygulanmıştır. Mısır bitkileri hasat edildikten sonra, bitki boyu, kuru ağırlık, dokulardaki azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), çinko (Zn), demir (Fe), bakır (Cu) ve mangan (Mn) konsantrasyonları belirlenmiştir. Deneme sonuçlarına göre, hayvan gübresi uygulaması buğday bitkisindeki mikro elementlerin yanı sıra P, K ve Mg konsantrasyonu üzerinde büyük etkiye neden olmuştur. Biyokömür uygulaması incelendiğinde, %1 ve %2 biyokömür uygulamasının en etkili dozlar olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın bulgularına göre, hayvan gübresi ve %1-2 biyokömür uygulamasının organik madde kaynağı olarak kullanılmasının bitki performansı üzerinde en olumlu etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Effects of Peanut Biochar and Organic Fertilizer Application on Maize Plant Growth and Nutrient Concentrations

Research Article

Article History:

Received: 07.04.2024

Accepted: 17.07.2024

Published online: 16.09.2024

Keywords:

Biochar

Peanut shell

Maize

Nutrient concentration

ABSTRACT

The study was conducted under greenhouse conditions using a randomized experimental design with three replicates. In this study, increasing doses of biochar derived from peanut shells (0%, 0.5%, 1%, and 2% w/w), chemical fertilizer, vermicompost (5% w/w), and animal manure were applied to maize plants. After harvesting the maize plants, plant height, dry weight, concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), zinc (Zn), iron (Fe), copper (Cu) and manganese (Mn) were determined in the tissues. According to the results of the experiment, the application of animal manure had the greatest influence on the concentration of microelements as well as P, K and Mg in the maize plant. When the application of biochar was studied, it was found that the application of 1% and 2% biochar was the most effective doses. According to the results of this study, it was found that the application of animal manure and 1-2% biochar as a source of organic matter had the best effect on plant performance.

To Cite: Akpınar Ç. Yerfıstığı Biyokömürü ve Organik Gübre Uygulamasının Mısır Bitkisinin Büyümesi ve Besin Elementi Konsantrasyonları Üzerine Etkileri. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 7(4): 1783-1794.

1. Giriş

Kimyasal gübre kullanılarak yapılan tarımsal üretim, Türkiye’de dahil olmak üzere dünya genelinde hızla artmaktadır. Ancak kimyasal gübre kullanımı, üstesinden gelinmesi zor çevresel sorunlara neden

olmaktadır (Bellitürk, 2018). İnorganik gübrelerin toprak ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri göz önüne alındığında, organik tarım çevre dostu bir alternatif uygulama olarak görülmektedir (Evanylo ve ark., 2008). Gübre kullanımı ile verim %30-50 oranında artırabilir, ancak organik madde eklenmeden kimyasal gübrelere uzun süreli bağımlılık gübre kullanım verimliliğinde düşüşe ve kirlilik sorunlarına yol açar (Chaudhary ve ark., 2017). Bu nedenle, topraktaki organik madde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik bütünlüğünü korumak için temel bir mekanizmadır. Toprağa organik madde eklenmesi fiziksel özelliklerini iyileştirebilir (Dong ve ark., 2005) ve tarımsal ve ticari olarak uygulanabilir bir yöntem olarak kabul edilir (McCann ve ark., 2005). Biyokömür, oksijensiz bir ortamda yüksek sıcaklıklarda üretilir ve ayrışmaya karşı yüksek dirençli ve negatif yüklü yapısı ve geniş yüzey alanı sayesinde toprak yapısı ve özelliklerinin yanı sıra bitki gelişimine de katkıda bulunan önemli bir materyal olarak bilinir (Madari ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2017). Yüksek besin maddesi ve su tutma kapasitesi sayesinde biyokömür, gübre ile uygulanan besin maddelerinin sızmasını azaltmakta ve verimlilik açısından son derece önemli olan gübre kullanımının etkinliğini artırmaktadır (Lehmann ve ark., 2003). Biyokömür, pH, besin içeriği, geniş yüzey alanı ve tuzluluğu azaltma gibi özellikleri nedeniyle bitki büyümesi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Gul ve Whalen, 2016).

Organik atıkların biyolojik olarak parçalanmasıyla üretilen vermikompost (solucan gübresi), yüksek gözeneklilik, drenaj, düşük C:N oranı, yüksek su tutma kapasitesi, iyi havalandırma ve zengin mikrobiyal yapıya sahip önemli bir materyaldir (Arancon ve ark., 2004). Solucan gübresi faydalı mikroorganizmalar için besin sağlar, böylece toprak kaynaklı hastalıkları bastırır ve daha sağlıklı bitkilerin büyümesini teşvik eder (Zandonadi ve ark., 2007; Lazcano ve Domínguez, 2011). Hayvan gübresi, yüksek organik madde, N ve P içeriği ile P içeren kimyasal gübrelere göre daha etkili ve ekonomik açıdan daha önemlidir (Pedersen ve ark., 2017). Çeşitli araştırmalar, hayvan gübresi uygulamasının topraktaki makro ve mikro besin maddelerinde artışa yol açtığını (Damodar Reddy ve ark., 1999; Watts ve ark., 2010) ve bitki büyümesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu rapor etmiştir.

Organik gübreler, toprağın biyolojik yapısını iyileştirerek ve bitkilere besin sağlayarak tarımsal üretimde sürdürülebilirliğe önemli bir katkı sağlayabilir (Trivedi ve ark., 2017). Tarımsal üretimde kimyasal gübrelere alternatif olarak kullanılacak organik uygulamalara olan ilgi giderek artmaktadır, ancak mevcut bu materyallerin toprak yapısı ve besin içeriği üzerindeki etkilerinde farklılıklar olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, Güneydoğu Akdeniz bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen yer fıstığının kabuklarından elde edilen biyokömür dozlarının mısır bitkisinin gelişimi ve besin elementi alımı üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve hayvan gübresi, vermikompost ve kimyasal gübrelere karşılaştırmaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneme Toprağı ve Organik Materyallerin Özellikleri

Çalışmada killi tın tekstüre sahip, pH'sı 7,6 çok kireçli (%36,4 CaCO₃) bir toprak kullanılmıştır. Deneme toprağı 0-30 cm toprak derinliğinden alınmış ve önceden herhangi bir bitki yetiştirilmemiştir. Olgunlaştırılmış hayvan gübresi olarak seçilen büyükbaş hayvan çiftliğinden, vermikompost ise ticari bir firmadan temin edilmiş ve çok bekletilmeden hemen kullanılmıştır (Tablo 1). Hava kuru ortamda kurutulmuş yer fıstığı kabuğu materyali, oksijen girişi olmadan 450 °C'de 5 saat boyunca (Akpınar, 2024) bir kül fırınında yakılarak biyokömüre dönüştürülmüştür. Biyokömür daha sonra öğütülmüş ve 2 mm'lik elekten elenerek hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan toprak ile vermikompost, hayvan gübresi ve biyokömürün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme toprağı ve organik materyallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	Birim	Toprak	Vermikompost	Hayvan Gübresi	Biyokömür
pH	(1:1 H ₂ O)	7,6	7,4	7,3	8,6
Tekstür		CL (Killi tın)	--	--	--
CaCO ₃	%	36,4	--	--	--
Org. Madde	%	1,32	46,1	41,1	--
Tuz	%	0,001	--	0,003	--
C	%	--	--	--	40,6
N (Toplam)	%	0,04	2,02	1,00	0,79
P	kg ha ⁻¹ -%	19,8 (kg ha ⁻¹)	0,32	0,37(%)	0,16
K	kg ha ⁻¹ -%	34,2 (kg ha ⁻¹)	0,49	0,47 (%)	0,51
Ca	%	0,09	3,54	8,78	3,31
Mg	%	0,04	0,47	0,28	0,16
Zn	mg kg ⁻¹	0,23	114	126	27
Fe	mg kg ⁻¹	1,17	214	209	762
Cu	mg kg ⁻¹	0,34	40	17	1,8
Mn	mg kg ⁻¹	1,32	138	250	98

2.2. Deneme Deseni ve Uygulamalar

Mevcut deneme, 12/05/2022-04/07/2022 (53 gün) tarihleri arasında 3 kg toprakla doldurulmuş plastik kaplarda Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi'nde sera koşullarında üç tekrarlamalı olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Bu çalışmada Pioner 2105 mısır çeşidi tohumları kullanılmıştır. Bitkiler toprak yüzeyinin hemen üzerinden hasat edildikten sonra kuru ağırlık ve bitki boyu belirlenmiştir. Biyokömür saksılara %0, %0,5, %1 ve %2 (w/w) oranlarında, vermikompost ve olgunlaştırılmış sığır gübresi ise %5 (w/w) oranlarında uygulanmıştır. Bitkiler tarla kapasitesine getirilerek saf su ile sulanmıştır. Dikimden önce, sadece temel gübreleme yapılan saksılara 200 mg N kg⁻¹ Ca(NO₃)₂.4H₂O, 100 mg P kg⁻¹ ve 125 mg K kg⁻¹ KH₂PO₄, 2,5 mg Fe kg⁻¹ Fe-EDTA ve 2,5 mg Zn kg⁻¹ ZnSO₄ olarak toprağı karıştırılarak uygulanmıştır. Burada topraktaki temel besin elementi noksanlıkları göz önüne alınarak bu gübre çeşitleri belirlenmiştir. Ayrıca, ekimden 20 gün sonra üst gübreleme olarak 100 mg N kg⁻¹ uygulanmıştır.

2.3. Bitki ve Toprak Analizleri

Deneme topraklarında bitki tarafından alınabilir P konsantrasyonu Olsen ve ark. (1954) tarafından 0,5 normal (N) sodyum bikarbonat (NaHCO_3) ekstraksiyonu ile spektrofotometrede belirlenmiştir. Topraktaki dietilentriaminpentaasetik asit (DTPA) ile ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Zn ve Cu yanı sıra yayırlı K, Ca ve Mg konsantrasyonları endüktif olarak eşleşmiş plazma (ICP) ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978). Bitki örneklerinde toplam P konsantrasyonu spektrofotometre kullanılarak analiz edilmiştir (Murphy ve Riley, 1962). Toprak Reaksiyonu, pH metre ile doygunluk çamurunda ölçülmüştür (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). Tuz, doygunluk çamurunda elektriksel iletkenliğin ölçülmesi ile belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1951). Kireç, Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek hesaplanmıştır (Çağlar,1949). Organik Madde, Black (1957)'e göre yapılmıştır. Tekstür, hidrometre yöntemine göre ölçülmüştür (Bouyoucos, 1951). Hayvan gübresi, vermikompost ve yer fıstığı biyokömürünün bitki dokusundaki makro ve mikro elementlerde (K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn ve Cu) ICP ile belirlenmiştir. Azot analizi Kjeldahl distilasyon yöntemine göre yapılmıştır (Bremner, 1965).

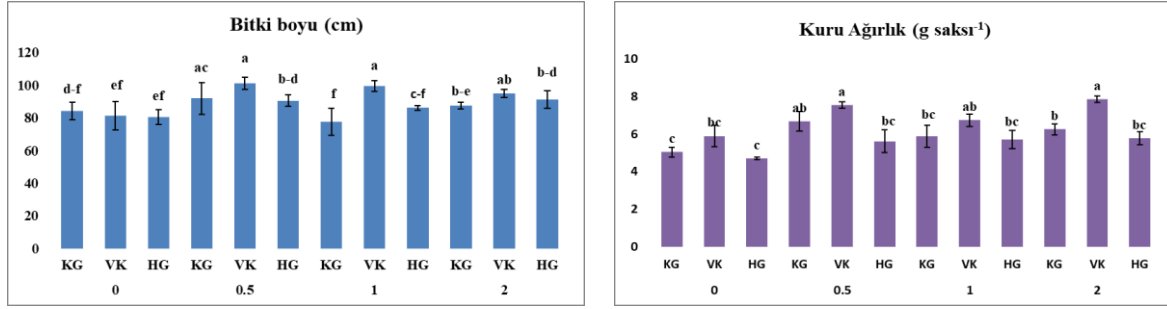
2.4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz Windows işletim sistemi için IBM SPSS Statistics sürüm 22.0 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Anlamlı farklılıklar için Tukey testi, ortalama karşılaştırmaları ve uygulamalar arasındaki en küçük farkları belirlemek için tek yönlü prosedür ANOVA kullanılarak gerçekleştirilmiştir ($P < 0,5$).

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Bitki Boyu ve Kuru Ağırlık

Tüm uygulamalar mısır bitkisinin boyu ve kuru ağırlığı üzerine istatistiksel olarak anlamlı etki etmiştir ($P < 0,001$). Organik ve kimyasal gübrelerin mısır bitki boyu üzerindeki etkileri farklı biyokömür dozları ile incelendiğinde, vermikompost + %0,5 biyokömür dozunun en etkili uygulama olduğu görülmüştür (101,2 cm). En fazla bitki kuru ağırlık vermikompost + %2 biyokömür uygulamasında ($7,9 \text{ g saksı}^{-1}$) bulunmuştur (Şekil 1). Bu uygulamayı vermikompost + %0,5 biyokömür uygulaması ($7,5 \text{ g saksı}^{-1}$) takip etmiştir. Öte yandan, hayvan gübresi uygulaması $4,7 \text{ g saksı}^{-1}$ ile en düşük bitki kuru ağırlığına sahip olmuştur. Lehman ve ark. (2003)'e göre biyokömür uygulaması hem bürülce hem de pirincin biyokütle üretimini gübre uygulaması olmaksızın %38-45 oranında artırmış, ayrıca besin elementi içeriğini arttırmıştır.



Şekil 1. Biyokömür, kimyasal ve organik uygulamaların mısır bitkisinin boyu ve kuru ağırlık üzerine etkisi
 *KG: Kimyasal Gübrele, VK: Vermikompost, HG: Hayvan Gübresi. Üç tekrarın ortalaması ve \pm standart hatadır (biyokömür ve uygulamaların ortalamaları önemli ölçüde farklıdır ($P<0,001$) (Biyokömür; Bitki boyu: $P<0,001$, Kuru Ağırlık: $P<0,001$) (Uygulamalar; Bitki boyu: $P<0,001$, Kuru Ağırlık: $P<0,001$) (BXU; Bitki boyu: $P<0,001$, Kuru Ağırlık: $P<0,361$)

3.2. Makro Element Konsantrasyonları

Mısır bitkisinin N konsantrasyonu ile ilgili sonuçlar değerlendirildiğinde, en yüksek N konsantrasyonu %3,42 N ile önerilen kimyasal gübre+1% biyokömür uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 2). Bu uygulamayı %3,28 N ile önerilen kimyasal gübreleme takip etmiştir. Schlegel ve ark. (2017) toprağa domuz gübresi uygulandığında topraktaki kullanılabilir N miktarında bir artış gözlemlenmiştir. Organik gübre uygulamasına bağlı olarak azot içeriğindeki artış, organik gübrelerin topraktaki mineralizasyon süreci ile kolaylaştırılan azot salınımı ile açıklanabilir (Narwal ve Antil, 2005).

Farklı dozlarda biyokömür ile farklı organik ve kimyasal gübrelerin mısır bitkisinin P içeriği üzerindeki etkileri incelendiğinde, en yüksek P konsantrasyonu %0,31 P hayvan gübresi + %0,5 biyokömür ve biyokömürsüz önerilen gübre uygulamaları arasında bulunmuştur. P konsantrasyonu tüm uygulamalarda mısır bitkisi için kritik seviye olan %0,20 P'nin üzerinde bulunmuştur (Jones, 1998) (Tablo 2). Bitki dokularındaki yüksek P konsantrasyonu, topraktaki organik uygulamaların P alımını arttırmasından kaynaklanmaktadır (Ewulo ve ark., 2008; Garg ve Bahl, 2008). Hayvan gübresi uygulaması ile yapısında bulunan organik maddenin mineralizasyonu sırasında besin elementleri açığa çıkmakta (Li ve Marschner, 2019) ve bu besin elementlerinden mısır bitkisinin yararlandığı varsayılmaktadır. Uygulamanın bitki P konsantrasyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi ($P<0,079$) olmuştur. Tarımsal üretimde kompostlaştırılmış hayvan gübresi uygulaması iyi bir N, P ve diğer toprak besin maddeleri kaynağı olabilir (Ghimire ve ark., 2018; Akpınar ve ark., 2019).

Araştırma sonuçları K konsantrasyonu ile ilişkili olarak incelendiğinde, P konsantrasyonuna benzer sonuçlar bulunmuştur. Bitki dokusundaki en yüksek K konsantrasyonu hayvan gübresi + %0 biyokömür (%7,13 K) uygulamasında bulunmuştur. Vermikompost + %0 biyokömür uygulaması %6,92 K ile bu uygulamayı takip etmiştir. Bu durumun kullanılan toprağın yüksek K içeriğinden ve uygulamalarda yeterli K bulunmasından kaynaklandığı varsayılmaktadır. Organik madde uygulaması, topraktaki besin maddelerinin bitkiler tarafından kullanılabilirliğini önemli ölçüde arttırmaktadır (Marschner, 1995). Bazı araştırmacılar vermikompost, hayvan gübresi ve biyokömür gibi materyallerin kireçli topraklara uygulanmasıyla K kullanılabilirliğinin arttığını bildirmiştir (Najafi-

Ghiri, 2015; Abu Zied Amin, 2016; Najafi-Ghiri ve ark., 2018). Biyokömür uygulamasına bağılı olarak topraktaki potasyum kullanılabilirliğindeki artış, topraktaki potasyum çözücü bakteri ve mantarların artan aktivitesine bağlanabilir (Liu ve ark., 2017; Boostani ve Najafighiri, 2018).

Uygulamaların diğler makro elementler olan Ca ve Mg konsantrasyonları üzerindeki etkileri Tablo 2’de gösterilmiştir. Bitki dokularındaki Ca konsantrasyonları değerlendirildiğinde, en etkili uygulamanın biyokömür uygulaması olmaksızın %1,23 Ca içeren tavsiye edilen kimyasal gübre olduğu görülmüştür. Bunu %1,13 Ca ve %2 biyokömür içeren önerilen kimyasal gübre uygulaması izlemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek Mg konsantrasyonu %0,22 ile hayvan gübresi ile birlikte %1 ve %2 biyokömür uygulaması yapılan bitkilerde tespit edilmiştir. En düşük Mg konsantrasyonu ise önerilen gübre uygulaması olan %0,09 Mg+%0,5 biyokömür ile belirlenmiştir. İstatistiksel olarak, biyokömür ve gübre uygulamaları bitki dokularındaki Mg konsantrasyonunu önemli ölçüde etkilemiştir ($P<0,001$). Masood ve ark. (2014), hayvan gübresinin kısa vadeli etkileri üzerine yaptıkları çalışmada, hayvan gübresi uygulamasının toprak özelliklerini iyileştirdiğini, pH’da düşüğe neden olduğunu ve mısır bitkisi tarafından besin maddesi alımını önemli ölçüde artırdığını bulmuşlardır.

3.3. Mikro Element Konsantrasyonları

Araştırma sonuçları mikro element konsantrasyonu açısından incelendiğinde, hayvan gübresi + %1 biyokömür ($74,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Fe}$) uygulamasının mısır dokusundaki Fe konsantrasyonunu en fazla artıran uygulama olduğu görülmüştür (Tablo 3). Bunu $71,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Fe}$ konsantrasyonunda aynı biyokömür dozu ile vermikompost uygulaması izlemiştir. Bununla birlikte, en yüksek Zn konsantrasyonu $49,3 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Zn}$ ile hayvan gübresi ve %2 biyokömür içeren saksılarda yetiştirilen mısır bitkilerinin dokularında tespit edilmiştir. En düşük Zn konsantrasyonu ise biyokömür ve önerilen gübre uygulaması yapılmayan bitki dokularında $23,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Zn}$ olarak bulunmuştur. Bitki dokularındaki Cu konsantrasyonları değerlendirildiğinde, en etkili uygulama $12,4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Cu}$ ile %2 biyokömür + hayvan gübresi uygulaması olarak bulunmuştur. Bunu $12,1 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Cu}$ ile vermikompost + %2 biyokömür uygulaması izlemiştir. Hayvan gübresinin toprağa uygulanması toprakta Cu ve Zn birikimine yol açabilir (Laird ve ark., 2010; Lentz ve Ippolito, 2012). En yüksek Mn konsantrasyonu $62,2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Mn}$ olarak hayvan gübresi+1% biyokömür uygulamasında ölçülmüştür.

Tablo 2. Biyokömür, kimyasal ve organik uygulamaların mısır bitkisinin makro besin elementi konsantrasyonu üzerine etkisi

Biyokömür	Uygulamalar	N	P	K	Ca	Mg
				%		
0	KG	3,28 ±0,0 ^a	0,31 ±0,03 ^a	6,23 ±0,2 ^{d-f}	1,23 ±0,1 ^a	0,13 ±0,00 ^{de}
	VK	2,65 ±0,1 ^e	0,26 ±0,02 ^a	6,92 ±0,1 ^{ab}	0,78 ±0,1 ^{cd}	0,14 ±0,00 ^{c-e}
	HG	2,91 ±0,1 ^{cd}	0,29 ±0,02 ^a	7,13 ±0,2 ^a	0,76 ±0,1 ^{cd}	0,15 ±0,01 ^{b-d}
		2,94 B	0,28 A	6,76 A	0,92 A	0,14 B
0,5	KG	2,97 ±0,1 ^c	0,29 ±0,02 ^a	6,13 ±0,2 ^{ef}	1,09 ±0,1 ^{ab}	0,09 ±0,01 ^f
	VK	2,65 ±0,1 ^e	0,29 ±0,02 ^a	6,68 ±0,1 ^{ab}	0,45 ±0,0 ^f	0,12 ±0,01 ^{d-f}
	HG	2,82 ±0,1 ^{c-e}	0,31 ±0,01 ^a	6,75 ±0,1 ^{a-c}	0,49 ±0,0 ^{ef}	0,12 ±0,00 ^{d-f}
		2,81 C	0,30 A	6,52 B	0,67 B	0,11 C
1	KG	3,42 ±0,1 ^a	0,28 ±0,01 ^a	5,82 ±0,1 ^f	0,86 ±0,0 ^{bc}	0,11 ±0,01 ^{ef}
	VK	3,24 ±0,1 ^{ab}	0,27 ±0,02 ^a	6,45 ±0,2 ^{c-e}	0,69 ±0,1 ^{c-e}	0,16 ±0,05 ^{b-d}
	HG	2,70 ±0,0 ^{de}	0,29 ±0,02 ^a	6,91 ±0,2 ^{ab}	0,72 ±0,0 ^{c-e}	0,22 ±0,01 ^a
		3,12 A	0,28 A	6,39 C	0,76 B	0,16 B
2	KG	3,01 ±0,0 ^{bc}	0,28 ±0,01 ^a	6,46 ±0,0 ^{c-e}	1,13 ±0,1 ^a	0,18 ±0,00 ^{a-c}
	VK	2,71 ±0,1 ^{de}	0,28 ±0,01 ^a	6,65 ±0,1 ^{b-d}	0,59 ±0,0 ^{d-f}	0,20 ±0,00 ^{ab}
	HG	2,85 ±0,1 ^{c-e}	0,29 ±0,02 ^a	6,77 ±0,1 ^{a-c}	0,60 ±0,1 ^{d-f}	0,22 ±0,01 ^a
		2,86 BC	0,28A	6,62 AB	0,77 B	0,20 A
	sd					
B	3	P<0,001	P<0,071	P<0,001	P<0,001	P<0,001
U	2	P<0,001	P<0,079	P<0,001	P<0,001	P<0,001
BXU	6	P<0,001	P<0,317	P<0,004	P<0,001	P<0,001

Lentz ve Ippolito (2012), biyokömür uygulamasının mikrobiyal aktivite üzerindeki olumlu etkisi nedeniyle toprağın Mn kullanılabilirliğini artırdığını bildirmiştir. Patel ve ark. (2007) soya fasulyesi ve buğday tarlalarına hayvan gübresi uygulamasının mikro elementlerin (Zn, Cu, Fe ve Mn) alımını önemli ölçüde artırdığını bulmuştur. Tüm uygulamalar değerlendirildiğinde, bitki dokularındaki mikro element konsantrasyonu ile ilişkili olarak hayvan gübresindeki yüksek mikrobese içeriği (Fe, Mn, Zn ve Cu) ve uygun biyolojik koşullar nedeniyle etkili bir uygulama olarak kabul edilmiştir. Koyun gübresinin Fe, Mn ve Zn gibi toprak mikro elementlerinin mevcudiyeti üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu, ancak Cu mevcudiyeti üzerinde bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir (Najafi-Ghiri ve ark., 2019). Kiran ve ark. (2017)'na göre, hayvan gübresi ve ondan üretilen biyokömür uygulaması *Brassica chinensis* L.'nin Fe, Mn ve Zn içeriğini artırmış, ancak Cu konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır. Genel olarak pH, organik maddeden mikro besinlerin elde edilebilirliğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Havlin ve ark., 2005). Biyokömür uygulamasının bitki Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonları üzerinde istatistiksel olarak P<0,01 etkisi olmuştur. Biyokömür, toprak mikrobiyal yapısı ve enzim aktivitesi için faydalı olan toprak pH'ını artırır (Purakayastha ve ark., 2015; Bera ve ark., 2016). Biyokömürün topraktaki bitki besin maddelerinin alımını artırdığı ve toprak özelliklerini iyileştirerek besin maddesi kaybını azalttığı bilinmektedir.

Tablo 3. Biyokömür, kimyasal ve organik gübre uygulamalarının mısır bitkisindeki mikro besin elementleri konsantrasyonları üzerine etkisi

Biyokömür	Uygulamalar	Fe	Zn	Cu	Mn
mg kg⁻¹					
0	KG	60,5 ±3,5 ^{bc}	23,5 ±2,0 ^d	8,9 ±0,5 ^c	59,4 ±1,9 ^{ab}
	VK	62,3 ±2,8 ^{bc}	43,8 ±1,4 ^{bc}	8,9 ±0,1 ^c	49,3 ±2,8 ^{de}
	HG	59,4 ±1,9 ^{bc}	42,3 ±1,6 ^c	9,0 ±0,5 ^c	51,4 ±1,0 ^{cd}
		60,7 B	36,5 C	8,9 C	53,4 C
0,5	KG	61,7 ±5,5 ^{bc}	24,1 ±1,9 ^d	9,2 ±1,1 ^c	57,5 ±1,3 ^{a-c}
	VK	62,9 ±1,4 ^{bc}	44,4 ±1,0 ^{a-c}	10,5 ±0,0 ^{a-c}	55,4 ±2,7 ^{b-d}
	HG	58,3 ±1,0 ^{bc}	44,3 ±2,3 ^{a-c}	10,7 ±0,3 ^{a-c}	56,8 ±0,9 ^{a-c}
		61,0 B	37,6 BC	10,1 B	56,6 B
1	KG	57,7 ±2,8 ^{bc}	25,1 ±1,2 ^d	10,3 ±0,3 ^{bc}	57,9 ±2,7 ^{ab}
	VK	71,5 ±4,4 ^a	47,7 ±1,0 ^{ab}	10,8 ±0,6 ^{a-c}	59,4 ±3,8 ^{ab}
	HG	74,5 ±2,5 ^a	46,7 ±1,3 ^{a-c}	10,7 ±0,3 ^{a-c}	62,2 ±2,5 ^a
		67,9 A	39,8 AB	10,6 AB	59,8 A
2	KG	66,7 ±2,8 ^{ab}	23,7 ±1,3 ^d	8,8 ±0,3 ^c	55,6 ±2,1 ^{b-d}
	VK	61,3 ±1,4 ^{bc}	47,9 ±1,5 ^{ab}	12,1 ±0,8 ^{ab}	43,7 ±1,9 ^e
	HG	61,5 ±1,0 ^{bc}	49,3 ±2,8 ^a	12,4 ±1,6 ^a	58,3 ±0,6 ^{ab}
		63,1 B	40,3 A	11,1 A	52,5 C
sd					
B	3	P<0,001	P<0,001	P<0,001	P<0,001
U	2	P<0,069	P<0,001	P<0,001	P<0,001
BXU	6	P<0,001	P<0,057	P<0,002	P<0,001

4. Sonuç

Geleneksel tarım uygulamalarında, inorganik gübre uygulamasının toprak üzerindeki bazı olumsuz etkileri hayvan gübresi, vermikompost ve biyokömür gibi organik gübrelerle azaltılabilir. Bu araştırma, hayvan gübresi, solucan gübresi ve biyokömürün (yerfıstığı kabuğu) mısır bitkisinin büyümesi ve besin maddesi alımı üzerindeki etkilerini karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Sonuçlar, biyokömür uygulamasının (%1 ve %2) kuru ağırlık ve makro ve mikro besin alımını önemli ölçüde artırdığını, hayvan gübresi uygulamasının ise P, K, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonlarını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Genel olarak, mısır bitkisine organik madde uygulamasının bitki büyümesi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle, mahsul atıklarının biyokömüre dönüştürülmesi ve kireçli topraklara uygulanması, mısır büyümesi için besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırmak için etkili bir stratejidir. Biyokömür, hayvan gübresi ve vermikompostun hem bitki büyüme dinamikleri hem de toprak verimliliği profili üzerindeki uzun vadeli etkilerini belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Teşekkür

Bu araştırma Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi OKUBAP-2022-PT1-004 projesi tarafından finanse edilmiştir.

Çıkar Çatışma Beyanı

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynakça

- Abu Zied Amin AEE. Impact of corn cob biochar on potassium status and wheat growth in a calcareous sandy soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 2016; 47(17): 2026-2033.
- Akpınar C. Interaction of phosphorus chemical fertilizer and biochar application on wheat plant. *Latin American Applied Research-An International Journal* 2024; 54(2): 287-292.
- Akpınar C., Demirbas, A., Ortas I. The effect of different compost compositions on arbuscular mycorrhizal colonization and nutrients concentration of leek (*allium Porrum* L.) plant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 2019; 50(18): 2309-2320.
- Arancon NQ., Edwards CA., Atiyeh R., Metzger JD. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 2004; 93(2): 139-144.
- Bellitürk K. Vermicomposting in Turkey: Challenges and opportunities in future. *Eurasian Journal of Forest Science* 2018; 6(4): 32-41.
- Bera T., Collins HP., Alva AK., Purakayastha TJ., Patra AK. Biochar and manure effluent effects on soil biochemical properties under corn production. *Applied Soil Ecology* 2016; 107: 360-367.
- Black CA. *Methods of soil analysis. Part:2.* American Society of Agronomy Inc., Publisher Maddison, Wisconsin, USA; 1957.
- Boostani HR., Najafghiri M. Effect of organic manures, theirs biochar and mycorrhizae fungi application on the chemical forms of potassium in a calcareous soil. *Journal of Water and Soil Conservation* 2018; 24(6): 159-176.
- Bouyoucos GJ. Hydrometer method improved for marking particle size analysis of soils. *Agronomy J.* 1951; 54: 464-465.
- Bremner JM. Total nitrogen. In *Methods of Soil Analysis* 1965; 1149-1178.
- Chaudhary S., Dheri GS., Brar B. Long-term effects of NPK fertilizers and organic manures on carbon stabilization and management index under rice-wheat cropping system. *Soil and Tillage Research* 2017; 166: 59-66.
- Çağlar KÖ. *Toprak Bilgisi A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1949;10, Ankara.*

- Damodar RD., Rao AS., Reddy KS., Takkar PN. Yield sustainability and phosphorus utilization in soybean–wheat system on Vertisols in response to integrated use of manure and fertilizer phosphorus. *Field Crops Research* 1999; 62(2): 181-190.
- Dong YH., Ouyang Z., Liu SL. Nitrogen transformation in maize soil after application of different organic manures. *Journal of Environmental Sciences* 2005; 17(2): 340-343.
- Evanylo G., Sherony C., Spargo J., Starner D., Brosius M., Haering K. Soil and water environmental effects of fertilizer, manure, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 2008; 127(1): 50-58.
- Ewulo BS., Ojeniyi SO., Akanni DA. Effect of poultry manure on selected soil physical and chemical properties, growth, yield and nutrient status of tomato. *African Journal of Agricultural Resesearch* 2008; 3(9): 612–616.
- Garg S., Bahl GS. Phosphorus availability to maize as influenced by organic manures and fertilizer P associated phosphatase activity in soils. *Bioresource Technology* 2008; 99: 5773-5777.
- Ghimire R., Machado S., Bista P. Decline in soil organic carbon and nitrogen limits yield in wheat-fallow systems. *Plant and Soil* 2018; 422(1): 423-435.
- Gul S., Whalen JK. Biochemical cycling of nitrogen and phosphorus in biochar-amended soils. *Soil Biology and Biochemistry* 2016; 103: 1-15.
- Havlin JL., Beaton JD., Tisdale SL., Nelson WL. *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management* (7th ed.). Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2005.
- Jones JB. *Plant nutrition manual*. London: Crc Press. 1998.
- Kiran YK., Barkat A., Cui X., Feng Y., Pan FS, Tang L., Yang X. Cow manure and cow manure-derived biochar application as a soil amendment for reducing cadmium availability and accumulation by *Brassica chinensis* L. in acidic red soil. *Journal of Integrative Agriculture* 2017; 16(3): 725-734.
- Laird D., Fleming P., Wang B., Horton R., Karlen D. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 2010; 158(3): 436-442.
- Lazcano C., Domínguez J. Soil nutrients. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. In: *Soil Nutrients*, Editor: Mohammad Miransari. 2011; 336.
- Lehmann J., da Silva JP., Steiner C., Nehls T., Zech W., Glaser B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure, and charcoal amendments. *Plant and Soil* 2003; 249(2): 343-357.
- Lentz RD., Ippolito JA. Biochar and manure affect calcareous soil and corn silage nutrient concentrations and uptake. *Journal of Environmental Quality* 2012; 41(4): 1033-1043.
- Li J., Marschner P. Phosphorus pools and plant uptake in manure-amended soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 2019; 19(1): 175-186.
- Lindsay WL., Norvell WA. Development of a dtpa soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal* 1978; 42(3): 421-428.

- Liu S., Tang W., Yang F., Meng J., Chen W., Li X. Influence of biochar application on potassium-solubilizing *Bacillus mucilaginosus* as potential biofertilizer. *Preparative Biochemistry & Biotechnology* 2017; 47(1): 32-37.
- Madari BE., Silva MAS., Carvalho MTM., Maia AHN., Petter FA., Santos JLS., Tsai SM., Leal WGO., Zeviani WM. Properties of a sandy clay loam Haplic Ferralsol and soybean grain yield in a five-year field trial as affected by biochar amendment. *Geoderma* 2017; 305: 100-112.
- Marschner H. Mineral nutrition of higher plants 2nd edn. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim: Germany, 1995.
- Masood S., Naz T., Javed MT., Ahmed I., Ullah H., Iqbal M. Effect of short-term supply of farmyard manure on maize growth and soil parameters in pot culture. *Archives of Agronomy and Soil Science* 2014; 60(3): 337-347.
- McCann L., Abdalla C., Jenner M., Massey R. Improved manure management and utilization: A systems approach. *Renewable Agriculture and Food Systems* 2005; 20: 127-135.
- Murphy J., Riley JP. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 1962; 27: 31-36.
- Najafi-Ghiri M. Effect of different biochars application on some soil properties and nutrients availability in a calcareous soil. *Iranian Journal of Soil Research* 2015; 29(3): 352-358.
- Najafi-Ghiri M., Niksirat SH., Soleimanpour L., Nowzari S. Comparison of different organic amendments on potassium release from two fine-textured soils. *Organic Agriculture* 2018; 8(2): 129-140.
- Najafi-Ghiri M., Razeghizadeh T., Taghizadeh MS., Boostani HR. Effect of sheep manure and its produced vermicompost and biochar on the properties of a calcareous soil after barley harvest. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 2019; 50(20): 2610-2625.
- Narwal RP., Antil RS. Integrated nutrient management in pearl millet–wheat cropping system. In: Kapoor KK., Dudeja SS., Kundu BS. editors. *Management of organic wastes for crop production*. Department of Microbiology, CCS Haryana Agricultural University, Hisar, India. pp 205–213, 2005.
- Olsen SR., Cole CV., Watanabe FS., Dean LA. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular, Vol 939:19. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, 1954.
- Patel BT., Patel JJ., Patel MM. Response of groundnut (*Arachis hypogaea*) to FYM, sulphur and micronutrients and their residual effect on wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Soils and Crops* 2007; 17: 18-23.
- Pedersen IF., Rubæk GH., Sørensen P. Cattle slurry acidification and application method can improve initial phosphorus availability for maize. *Plant and Soil* 2017; 414(1): 143-158.
- Purakayastha TJ., Kumari S., Pathak H. Characterisation, stability, and microbial effects of four biochars produced from crop residues. *Geoderma* 2015; 239-240: 293-303.

- Schlegel AJ., Assefa Y., Bond HD., Haag LA., Stone LR. Changes in soil nutrients after 10 years of cattle manure and swine effluent application. *Soil and Tillage Research* 2017; 172: 48-58.
- Trivedi P., Singh K., Pankaj U., Verma SK., Verma RK., Patra DD. Effect of organic amendments and microbial application on sodic soil properties and growth of an aromatic crop. *Ecological Engineering* 2017; 102: 127-136.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. USDA 1954; 60.
- U.S. Soil Survey Staff. Bureau of plant Industri, Soil and Agricultural Engineering. "Soil Survey" U.S. Department of Agriculture, U.S. Government Printing Office; 1951.
- Watts DB, Torbert HA., Prior SA., Huluka G. Long-term tillage and poultry litter impacts soil carbon and nitrogen mineralization and fertility. *Soil Science Society of America Journal* 2010; 74(4): 1239-1247.
- Zandonadi D., Canellas L., Façanha A. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺ pumps activation. *Planta* 2007; 225: 1583-1595.
- Zhang H., Yu X., Jin Z., Zheng W., Zhai B., Li Z. Improving grain yield and water use efficiency of winter wheat through a combination of manure and chemical nitrogen fertilizer on the Loess plateau, China. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 2017; 17(2): 461-474.