

Sığır Gübresi ve Sığır Gübresi Kaynaklı Bokaşı Kompostlarının Marulun Gelişimi ve Yaprak SPAD Değerlerine Etkisi

İbrahim ERDAL¹  Cennet YAYLACI¹  Şevkiye Armağan TÜRKAN¹  Rahmi MERJİ¹ 

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Çünür-İSPARTA-TÜRKİYE

Öz

Bu çalışmada, sığır gübresinden hazırlanmış biyokömür katkılı bokaşı kompostlarının marulun gelişimi ve bazı gelişim parametreleri üzerine etkilerini incelemek amaçlanmıştır. Sığır gübresi, kiraz çekirdeği biyokömürü, sığır gübresi biyokömürü, domates hasat artığı biyokömürü, nar kabuğu biyokömürü, saman, talaş ve domates hasat artığı ham madde olarak kullanılmıştır. Denemede, bu ham maddeler kullanılarak hazırlanan sekiz bokaşı kompostu yanında sığır gübresiyle birlikte dokuz materyal kullanılmıştır. Bu materyaller: Sığır gübresi bokaşı (M1), sığır gübresi bokaşı+kiraz çekirdeği biyokömürü (M2), sığır gübresi bokaşı+sığır gübresi biyokömürü (M3), sığır gübresi bokaşı+domates hasat artığı biyokömürü (M4), sığır gübresi bokaşı+nar kabuğu biyokömürü (M5), sığır gübresi bokaşı+samandan (M6), sığır gübresi bokaşı+talaş (M7), Sığır gübresi bokaşı+domates hasat artıkları (M8) ve sığır gübresi (M9) dir. Hazırlanan bu materyallerden dekara 0, 0.75 ve 1.5 ton olacak şekilde 2 kg toprağa karıştırılarak 60 gün ön inkübasyona bırakılmıştır. Sonrasında sera koşullarında 2 ay süreyle marul yetiştirilmiştir. Sonuçlara göre, bokaşı kompostları, kompostlanmamış sığır gübresine kıyasla marulun büyümesini ve bazı büyüme parametrelerini artırmıştır. Bitki büyümesi üzerinde en etkili uygulamanın hayvansal gübre bokaşisi olduğu belirlenmiş olup, bokaşı kompostlanmış inek gübresine biyokömür veya bazı organik madde ilavesinin önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Son olarak, 0.75 t da⁻¹ bokaşı kompostlanmış inek gübresinin marul büyümesi için uygun olduğu belirlenmiştir.

Article Info

Received: 26.11.2024

Accepted: 18.12.2024

Anahtar Kelimeler

Bitki gelişimi
Biyokömür
Bokaşı
Kompost
Sığır gübresi

Effect of Cow Manure and Bokashi Composts Derived from Cow Manure on the Lettuce Growth and Leaf SDAP Values

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of biochar-amended bokashi composts prepared from cattle manure on lettuce growth and some growth parameters. The raw materials used include cattle manure, cherry kernel biochar, cattle manure biochar, tomato harvest residue biochar, pomegranate peel biochar, straw, sawdust and tomato harvest residue in different ratios. In the experiment, nine materials were used together with cattle manure, as well as eight bokashi composts prepared using these raw materials.. These materials were: Cattle manure bokashi (M1), cattle manure bokashi+cherry kernel biochar (M2), cattle manure bokashi+cattle manure biochar (M3), cattle manure bokashi+tomato harvest residue biochar (M4), cattle manure bokashi+pomogranete peel biochar (M5), cattle manure bokashi+straw (M6), cattle manure bokashi+sawdust (M7), Cattle manure bokashi+tomato harvest residues (M8) and cattle manure (M9). From these materials 0, 0.75 and 1.5 t da⁻¹ were mixed to soils and pre-incubated for 60 days then, lettuce was grown for two months under greenhouse condition. Bokashi composts increased the lettuce growth and some growth parameters compared to un-composted cattle manure. The most effective application on plant growth was determined to be animal manure bokashi, while the addition of biochar or some organic matter to cow manure composted with bokashi had no significant effect. Finally, 0.75 t da⁻¹ bokashi-composted cow manure is sufficient for lettuce growth.

Keywords

Biochar
Bokashi
Compost
Cow manure
Plant growth



Corresponding Author

ibrahimerdal@isparta.edu.tr

Giriş

Toprak organik maddesi, toprak verimliliğinin korunması ve sürdürülebilirliği bakımından, toprağın en önemli bileşenlerindedir. Organik madde, toprağın çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olan olumlu katkıları sayesinde toprak verimliliğinin korunmasında ve artırılmasında önemli katkılar sağlar (Özenç vd., 2019) Bu katkıların önemli bir kısmı, bitkilerin geliştiği toprak koşullarını iyileştirmek ve bitkilere daha iyi bir ortam hazırlamak suretiyle dolaylı şekilde gerçekleşirken, organik maddenin ayrışmasıyla açığa çıkan mineral elementlerin bitki tarafından alınmasıyla da doğrudan bir katkısı vardır (Gong, vd., 2009; Kononova, 2013; Havlin ve Heiniger, 2020). Toprak verimliliği üzerine bu kadar olumlu etkileri olan toprak organik maddesi, toprak ve çevre faktörlerine bağlı olarak ayrışmakta ve bir süre sonra da tükenmektedir. Bu nedenle toprak verimliliğinin korunması ve sürdürülebilmesi için topraklara çeşitli şekillerde organik madde katkısı yapılmalıdır. En bilinen organik madde kaynağı ahır gübresi olmakla birlikte yeşil gübre, tarımsal atıkları, tarımsal işletme atıkları, algler, hümik maddeler, kompost, solucan kompostu ve bokaşı kompostu vb. gibi materyallerde organik madde girdisi olarak kullanılan diğer kaynaklardır (Erdal ve Tarakçioğlu, 2000; Tarakçioğlu ve Öztürk, 2022; Özenç vd., 2023). Kompostta benzer bir organik madde olan bokaşı, organik madde, etkili mikroorganizmalar, melas ve su kullanan anaerobik bir sürecin ürünüdür (Lew vd., 2021). Kompostla karşılaştırıldığında, bokaşı mikrobiyal aktiviteyi uyaran çok daha uygun bir C:N oranına sahiptir (Boechat vd., 2013). Artan mikrobiyal aktiviteyle toprak agregat oluşumunu ve dayanıklılığını artırarak toprağın birçok fiziksel özelliği iyileşir ve böylece toprak verimliliği artar (Ginting, 2019). Bokaşı'deki etkili mikroorganizmalar, bokaşı kompostunun toprak verimliliği üzerindeki etkinliğini artırır (Lim vd., 1999; Dębska vd., 2016; Hata vd., 2020; Evcim ve Gümü, 2022). Bokaşı uygulanan topraklardaki ürün artışı, organik bileşiklerin bitki tarafından kullanılabilir besin maddelerine hızla ayrışmasıyla ilişkilidir. Aynı zamanda toprağa bokaşı uygulaması, besin elementlerinin yıkanmasını da azaltarak toprak verimliliğine katkı sunar (Murillo-Amador vd., 2015). Son yıllarda bokaşı kompostunun farklı bitkiler üzerindeki etkileri araştırılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Farklı çalışmalarda bokaşı'nın marul verimini, baş çapı, taze ağırlık ve yaprak sayısı gibi verim parametrelerini artırdığı bildirilmiştir (Hata vd., 2020). Goulart vd., (2018) yaptıkları bir araştırmada, dekara 500 kg bokaşı uygulamasının marulun verim ve verim parametrelerini olumlu etkilediklerini bildirmiştir. Benzer şekilde pancar ve lahanaya verimi de bokaşı'den olumlu etkilenirken (Silva ve Oliveira, 2018), maydanoz yaprağının klorofil indeksi bokaşı uygulamalarıyla artmıştır (Xavier vd., 2019).

Bu çalışmada farklı materyaller içeren çeşitli sığır gübresi bokaşilerinin marulun gelişimiyle bazı gelişim parametreleri üzerine olan etkilerini inceleyerek bokaşilerin etkinliklerini karşılaştırmak amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma, 2023 yılı Mart-Mayıs ayları arasında, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü cam serasında yürütülmüştür. Deneme 2 kg'lık saksılarda tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı planlanmıştır. Denemede kullanılan toprak killi-tınlı bünyeli, hafif alkali reaksiyonlu (pH: 7.5) olup, tuzluluk sorunu bulunmamaktadır (EC: 0.14 ds m⁻¹). Toprağın organik madde içeriği düşük (% 1.5), kireç içeriği ise yüksektir (% 28). Bitkiye yararlı P içeriği 11, değişebilir K içeriği ise 161 mg kg⁻¹ dir.

Denemede dekara 0 (kontrol), 0.75 ve 1.5 ton olmak üzere 8 farklı bokaşı ve yanmış sığır gübresi eklenmiş, toprakla karıştırılarak 60 gün ön inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda her saksıya 200 mg kg⁻¹ N, 100 mg kg⁻¹ P ve 100 mg kg⁻¹ K dozlarında amonyum nitrat, triple süperfosfat ve potasyum sülfat gübreleri kullanılarak temel gübreleme yapılmıştır. Topraklar elle iyice karıştırılmış, her saksıya ikişer tane kıvrıkcık marul fidesi (Crispa) dikilmiş, fideler tutuktan sonra sayı bire düşürülerek 2 ay süreyle gelişime bırakılmıştır

Denemede kullanılan bokaşı kompostları ve karışım oranları Tablo 1'de bokaşilerin bazı özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Denemede kullanılan bokaşı materyalleri ve karışım oranları (g g⁻¹)

Bokaşı karışımları (Materyaller)	Sığır gübresi	Bokaşı kepeği	Mikroorganizma	Metas	Vişne çekirdeği biyokömürü	Sığır gübresi biyokömürü	Domates hasat atığı biyokömürü	Nar kabuğu biyokömürü	Saman	Talaş	Domates hasat kalıntısı
M1	90.27	8.25	0.02	1.46	-	-	-	-	-	-	-
M2	85.77	7.84	0.02	1.39	4.98	-	-	-	-	-	-
M3	85.75	7.83	0.02	1.39	-	5.01	-	-	-	-	-
M4	85.98	7.85	0.02	1.39	-	-	4.76	-	-	-	-
M5	85.85	7.84	0.02	1.39	-	-	-	4.90	-	-	-
M6	83.11	7.59	0.02	1.35	-	-	-	-	7.93	-	-
M7	83.23	7.60	0.02	1.35	-	-	-	-	-	7.80	-
M8	83.21	7.60	0.02	1.35	-	-	-	-	-	-	7.82
M9	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M1: Sığır gübresi bokaşısı, M2: Sığır gübresi bokaşısı + Vişne çekirdeği biyokömürü, M3: Sığır gübresi bokaşısı + sığır gübresi biyokömürü, M4: Sığır gübresi bokaşısı + domates hasat kalıntısı biyokömürü M5: Sığır gübresi bokaşısı + nar kabuğu biyokömürü, M6: Sığır gübresi bokaşısı + saman, M7: Sığır gübresi bokaşısı + talaş, M8: Sığır gübresi bokaşısı + domates hasat kalıntısı, M9: Sadece sığır gübresi.

Tablo 2. Bokaşı ve sığır gübresine ait bazı özellikler ve toplam N, P, K içerikleri

Materyaller	OM (%)	pH	EC (ds m ⁻¹)	N (%)	P	K
M₁	69	6.32	2.95	1.9	0.5	1.9
M₂	70	6.51	3.60	1.8	0.5	1.6
M₃	71	6.41	3.40	1.9	0.5	1.6
M₄	68	6.63	3.75	1.6	0.5	1.7
M₅	69	6.72	4.05	1.7	0.5	1.7
M₆	68	6.08	3.20	2.0	0.5	1.6
M₇	68	6.29	3.35	1.0	0.5	1.7
M₈	66	6.09	3.55	1.6	0.6	1.9
M₉	73	7.32	4.21	1.9	0.5	1.6

M1: Sığır gübresi bokaşısı, M2: Sığır gübresi bokaşısı + Vişne çekirdeği biyokömürü, M3: Sığır gübresi bokaşısı + sığır gübresi biyokömürü, M4: Sığır gübresi bokaşısı + domates hasat kalıntısı biyokömürü M5: Sığır gübresi bokaşısı + nar kabuğu biyokömürü, M6: Sığır gübresi bokaşısı + saman, M7: Sığır gübresi bokaşısı + talaş, M8: Sığır gübresi bokaşısı + domates hasat kalıntısı, M9: Sadece sığır gübresi.

Denemede kullanılan toprağa ait bazı tanımlayıcı özellikleri Kacar (2009)'da belirtilen yöntemler kullanılarak, bokaşı analizleri ise Kacar ve Kütük (2010)'da belirtilen organik gübrelerin analizlerinde kullanılan yöntemler kullanılarak yapılmıştır. İki aylık bir büyüme periyodundan sonra, bitkiler kökleriyle birlikte hasat edilmiştir. Hasattan önce, kök kaybını en aza indirmek için topraklar suyla doyurulmuş, kökler suyla yıkanarak topraktan temizlenmiştir. Marulun baş yüksekliği ve genişliği bir cetvelle, kök kalınlığı ise kök ve başın birleşme noktasından manuel bir kumpas kullanılarak ölçülmüştür. Köklerin uzunluğu bir cetvel kullanılarak belirlenmiştir. Baş ve kökler ayrıldıktan sonra, ağırlıkları dijital teraziyile alınmış, yapraklar sayılarak kaydedilmiştir. Yaprığın yeşil renk yoğunluğu (SPAD) değerlerini belirlemek için her bitkiden 4 yaprakta okuma yapılarak ortalaması alınmıştır. Bitki ölçümleri ve SPAD ölçümleri Erdal vd., (2023) tarafından bildirildiği şekilde hasat anında yapılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesi MSTAT programı kullanılarak yapılırken, uygulamalar arasındaki farkları belirlemek için bir Tukey testi uygulanmıştır (P<0.01).

Bulgular

Marul yaş ağırlığı ve yaprak SPAD değeri

Doz ve materyal etkileşimine bağlı olarak en düşük baş yaş ağırlık 52.3 g ile 0.75 t da⁻¹ M7 uygulamasından, en yüksek baş yaş ağırlık ise 86.3 g ile M1'in 0.75 t da⁻¹ dozundan elde edilmiştir (Tablo 3). Ortalama değerlere göre, en düşük bitki baş yaş ağırlığı M7 (60.6 g) ve M9 (61.9 g) uygulaması yapılan bitkilerden elde edilirken,

en yüksek (78.0 g) baş yaş ağırlığı M1 uygulaması yapılan bitkilerden alınmıştır. Dozların etkisi incelendiğinde en düşük bitki yaş ağırlığını 65.4 g ile kontrol grubu verirken; 1.5 t da⁻¹ dozu kontrole göre yaklaşık %11'lik bir artış sağlayarak 72.7 g baş ağırlığına ulaşmıştır. Marulun kök yaş ağırlığı 14.0 g ile kontrol gruplarından elde edilirken, en yüksek ağırlık (28.2 g) M2'nin dekara 1.5 ton olan uygulamasında ulaşılmıştır. Materyallerin kök yaş ağırlığına etkisi incelendiğinde en yüksek (22.1 g) değer M2 uygulanan bitkilerden, en düşük (16.4 - 16.2 g) değer ise M5 ve M9 uygulanan bitkilerden ölçüldüğü görülmektedir. Dozların kök yaş ağırlığına etkisine bakıldığında, uygulama dozu arttıkça kontrole göre kök yaş ağırlığının arttığı, ancak yüksek ve düşük doz arasında istatistiksel anlamda bir fark görülmemiştir.

Tablo 3. Uygulamaların marulun baş ve kök yaş ağırlığına etkisi

Materyaller (M)	Materyal dozları (t da ⁻¹)			Ortalama
	0	0.75	1.5	
	Baş ağırlığı (g)			
M1	65.4 C-G*	86.3 A	82.4 A-D	78.0 A***
M2	65.4 C-G	78.6 A-E	85.2 AB	76.4 AB
M3	65.4 C-G	74.2 A-F	82.9 ABC	74.2 ABC
M4	65.4 C-G	63.5 EFG	67.9 B-G	65.6 CD
M5	65.4 C-G	69.6 A-G	64.4 D-G	66.4 CD
M6	65.4 C-G	69.3 A-G	73.0 A-F	69.2 BCD
M7	65.4 C-G	52.3 G	64.0 EFG	60.6 D
M8	65.4 C-G	67.3 B-G	75.1 A-F	69.3 A-D
M9	65.4 C-G	60.5 EFG	59.7 FG	61.9 D
Ortalama	65.4 b**	69.1 ab	72.7 a	
	Kök ağırlığı (g)			
M1	14.0 F	27.3 AB	20.7 A-F	20.7 ABC
M2	14.0 F	24.1 A-D	28.2 A	22.1 A
M3	14.0 F	23.8 A-D	25.3 ABC	21.0 AB
M4	14.0 F	22.0 A-F	21.0 A-F	18.9 A-D
M5	14.0 F	17.8 C-F	17.5 C-F	16.4 D
M6	14.0 F	18.2 C-F	18.3 C-F	16.8 CD
M7	14.0 F	18.0 C-F	24.3 ABC	18.7 A-D
M8	14.0 F	16.0 DEF	22.5 A-E	17.5 BCD
M9	14.0 F	15.2 F	19.4 B-F	16.2 D
Ortalama	14.0 b	20.3 a	21.9 a	

*: Etkileşim etkisi, **Doz ortalamaları, ***Materyal ortalamaları. Aynı harfleri paylaşan değerler arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark yoktur. M1: Sığır gübresi bokaşısı, M2: Sığır gübresi bokaşısı + Vişne çekirdeği biyokömürü, M3: Sığır gübresi bokaşısı + sığır gübresi biyokömürü, M4: Sığır gübresi bokaşısı + domates hasat kalıntısı biyokömürü M5: Sığır gübresi bokaşısı + nar kabuğu biyokömürü, M6: Sığır gübresi bokaşısı + saman, M7: Sığır gübresi bokaşısı + talaş, M8: Sığır gübresi bokaşısı + domates hasat kalıntısı, M9: Sadece sığır gübresi.

Tablo 4. Uygulamaların marulun yaprağın SPAD değerine etkisi

Materyaller (M)	Materyal dozları (t da ⁻¹)			Ortalama
	0	0.75	1.5	
	SPAD			
M1	27.0 A*	25.6 ABC	27.0 A	26.5 A***
M2	27.0 A	25.6 ABC	24.1 ABC	25.5 AB
M3	27.0 A	24.1 ABC	24.8 ABC	25.3 AB
M4	27.0 A	21.2 C	23.6 ABC	23.9 AB
M5	27.0 A	22.2 ABC	23.3 ABC	24.2 AB
M6	27.0 A	23.4 ABC	23.6 ABC	24.7 AB
M7	27.0 A	22.4 ABC	22.6 ABC	24.0 AB
M8	27.0 A	21.4 BC	22.1 ABC	23.5 B
M9	27.0 A	26.8 AB	25.6 ABC	26.5 A
Ortalama	27.0 a**	23.6 b	24.1 b	

*: Etkileşim etkisi, **Doz ortalamaları, ***Materyal ortalamaları. Aynı harfleri paylaşan değerler arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark yoktur. M1: Sığır gübresi bokaşısı, M2: Sığır gübresi bokaşısı + Vişne çekirdeği biyokömürü, M3: Sığır gübresi bokaşısı + sığır gübresi biyokömürü, M4: Sığır gübresi bokaşısı + domates hasat kalıntısı biyokömürü M5: Sığır gübresi bokaşısı + nar kabuğu biyokömürü, M6: Sığır gübresi bokaşısı + saman, M7: Sığır gübresi bokaşısı + talaş, M8: Sığır gübresi bokaşısı + domates hasat kalıntısı, M9: Sadece sığır gübresi.

Bokaşısı ve sığır gübresi uygulamalarının yaprakta ölçülen SPAD değerleri üzerine bireysel ve karşılıklı etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 4). Bitkilerde en yüksek SPAD değeri (27.0) kontrol

grubu ve 1.5 t da⁻¹ M1 uygulamalarından elde edilirken; en düşük 0.75 t da⁻¹ M4 uygulamasından (21.2) elde edilmiştir. Kullanılan materyallerden en yüksek (26.5) SPAD değeri M1 ve M9 uygulanan bitkilerde ölçülmüş olup; buna kıyasla en düşük (23.5) SPAD değeri M8 uygulanan bitkilerde ölçülmüştür. Dozların etkisi incelendiğinde ise bokaşi ve sığır gübresinin artan dozları yaprak SPAD değerinin azalmasına neden olmuştur.

Yaprak sayısı, baş genişliği, baş boyu, kök çapı ve kök uzunluğu

Tablo 5'te uygulamaların marulda yaprak sayısı, baş genişliği ve baş boyu üzerine etkisi verilmiştir. Yaprak sayısı üzerine uygulamaların ortak etkisi incelendiğinde 0.75 t da⁻¹ M7 uygulanan saksıda yetişen bitkilerin en düşük (22.3 adet) yaprak sayısına sahip oldukları görülmektedir. Buna karşılık 1.5 t da⁻¹ M2 uygulanan bitkilerde belirlenen yaprak sayılarının yaklaşık % 54'lük bir artış göstererek en yüksek değer olan 34.5'e ulaşmıştır. Materyal uygulamalarının yaprak sayısı üzerine etkisine bakıldığında; en fazla yaprak sayısının M1 ve M2 uygulanan bitkilerde, en az yaprak sayısının ise M7 uygulanan bitkilerde olduğu görülmektedir. Doz ortalamalarına bakıldığında, artan dozların yaprak sayısını anlamlı derecede artırdığı görülmüş, kontrolde 25.5 olan yaprak sayısı diğer dozlarda sırasıyla 27.5 ve 29.4'e yükselmiştir.

Tablo 5. Uygulamaların yaprak sayısı, baş genişliği ve baş boyu üzerine etkisi

Materyaller (M)	Materyal dozları (t da ⁻¹)			Ortalama
	0	0.75	1.5	
	Yaprak sayısı (adet)			
M1	25.5 BC*	31.5 AB	32.3 AB	29.8 A***
M2	25.5 BC	26.8 ABC	34.5 A	28.9 A
M3	25.5 BC	28.3 ABC	32.0 AB	28.6 AB
M4	25.5 BC	28.0 ABC	28.8 ABC	27.4 AB
M5	25.5 BC	28.3 ABC	29.0 ABC	27.6 AB
M6	25.5 BC	28.3 ABC	26.3 ABC	26.7 AB
M7	25.5 BC	22.3 C	25.8 ABC	24.5 B
M8	25.5 BC	27.0 ABC	29.3 ABC	27.3 AB
M9	25.5 BC	27.5 ABC	27.0 ABC	26.7 AB
Ortalama	25.5 c**	27.5 b	29.4 a	
	Baş genişliği (cm)			
M1	21.5	22.8	22.9	22.4
M2	21.5	23.3	23.6	22.8
M3	21.5	22.8	23.0	22.4
M4	21.5	22.6	22.5	22.2
M5	21.5	22.6	23.1	22.4
M6	21.5	21.6	24.0	22.4
M7	21.5	20.6	23.1	21.8
M8	21.5	23.3	23.1	22.6
M9	21.5	22.5	22.1	22
Ortalama	21.5 b	22.5 b	23.1 a	
	Baş boyu (cm)			
M1	12.8 B	13.0 AB	13.3 AB	13.0
M2	12.8 B	15.1 AB	14.4 AB	14.1
M3	12.8 B	14.3 AB	14.0 AB	13.7
M4	12.8 B	14.0 AB	14.1 AB	13.6
M5	12.8 B	14.1 AB	13.5 AB	13.5
M6	12.8 B	13.0 AB	13.9 AB	13.2
M7	12.8 B	13.4 AB	14.3 AB	13.5
M8	12.8 B	13.1 AB	15.6 A	13.8
M9	12.8 B	13.9 AB	14.0 AB	13.5
Ortalama	12.8 b	13.8 a	14.1 a	

*: Etkileşim etkisi, **Doz ortalamaları, ***Materyal ortalamaları. Aynı harfleri paylaşan değerler arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark yoktur. M1: Sığır gübresi bokaşisi, M2: Sığır gübresi bokaşisi + Vişne çekirdeği biyokömürü, M3: Sığır gübresi bokaşisi + sığır gübresi biyokömürü, M4: Sığır gübresi bokaşisi + domates hasat kalıntısı biyokömürü M5: Sığır gübresi bokaşisi + nar kabuğu biyokömürü, M6: Sığır gübresi bokaşisi + saman, M7: Sığır gübresi bokaşisi + talaş, M8: Sığır gübresi bokaşisi + domates hasat kalıntısı, M9: Sadece sığır gübresi.

Materyal ve doz etkileşimine göre marul baş genişliği 21.5 ile 24.0 cm arasında değişim göstermiş olmakla beraber bu değişim istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Yine materyaller arası farklılık bitki baş

genişliğini etkilememiştir. Marul baş genişliği üzerine tek etkili faktör uygulama dozları olurken 0 kg da⁻¹ dozunda 21.5 cm olan baş genişliği 1.5 ton da⁻¹ dozunda 23.1 cm olmuştur.

Materyallerin marulun baş boyu üzerine etkisine gelince, en kısa bitki boyu (12.8 cm) kontrol grubu bitkilerinden elde edilmiştir. Kontrole kıyasla 2.8 cm artış göstererek en uzun (15.6 cm) bitki boyu 1.5 t da⁻¹ M8 uygulanan bitkilerden elde edilmiştir. Materyaller arasındaki farkın bitki boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Dozlardan en kısa (12.8 cm) bitki boyu 0 kg da⁻¹ grubu bitkilerinde ölçülürken, en uzun (14.1 cm) bitki boyu ise 1.5 t da⁻¹ materyal uygulanan bitkilerde ölçülmüştür.

Bokaşı kompostları ve sığır gübresinin marulun kök boğazı çapı ve kök uzunluğuna etkisine yönelik bulgular Tablo 6'da sunulmuştur. Kök boğazı çapı üzerine uygulamaların ortak etkisi incelendiğinde en yüksek kök boğazı çapı (2,04 cm) 1,5 t da⁻¹ M8 uygulanan bitkilerde, en düşük kök boğazı çapı (1.40 cm) ise 0.75 t da⁻¹ M5 uygulanan bitkilerde ölçülmüştür. Materyaller ve dozlar arası fark kök boğazı çapı yönünden istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Marulda kök uzunluğu değerleri interaksyona bağlı olarak 20.3 – 26.8 cm arasında değişim göstermiş ancak, bu değişim arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Benzer şekilde, materyal dozları ve materyal çeşitlerinin bireysel etkileri de marulun kök uzunluğuna anlamlı etki yapmamıştır.

Tablo. 6 Uygulamaların kök boğazı çapı ve kök uzunluğuna etkisi

Materyaller (M)	Materyal dozları (t da ⁻¹)			Ortalama
	0	0.75	1.5	
	Kök boğazı çapı (cm)			
M1	1.62 AB	1.78 AB	1.69 AB	1.7
M2	1.62 AB	1.61 AB	1.66 AB	1.63
M3	1.62 AB	1.52 AB	1.69 AB	1.61
M4	1.62 AB	1.58 AB	1.50 AB	1.56
M5	1.62 AB	1.40 B	1.60 AB	1.54
M6	1.62 AB	1.61 AB	1.67 AB	1.63
M7	1.62 AB	1.61 AB	1.57 AB	1.6
M8	1.62 AB	1.54 AB	2.04 A	1.73
M9	1.62 AB	1.67 AB	1.67 AB	1.65
Ortalama	1.62	1.59	1.67	
	Kök uzunluğu (cm)			
M1	26.8	26.5	26.5	26.6
M2	26.8	23.1	24.6	24.8
M3	26.8	23.6	26.8	25.7
M4	26.8	26.4	22.3	25.1
M5	26.8	26.5	22.5	25.3
M6	26.8	24.0	25.0	25.3
M7	26.8	25.8	22.3	24.9
M8	26.8	23.3	25.9	25.3
M9	26.8	20.3	24.0	23.7
Ortalama	26.8	24.4	24.4	

*: Etkileşim etkisi. Aynı harfleri paylaşan değerler arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark yoktur. M1: Sığır gübresi bokaşisi, M2: Sığır gübresi bokaşisi + Vişne çekirdeği biyokömürü, M3: Sığır gübresi bokaşisi + sığır gübresi biyokömürü, M4: Sığır gübresi bokaşisi + domates hasat kalıntısı biyokömürü M5: Sığır gübresi bokaşisi + nar kabuğu biyokömürü, M6: Sığır gübresi bokaşisi + saman, M7: Sığır gübresi bokaşisi + talaş, M8: Sığır gübresi bokaşisi + domates hasat kalıntısı, M9: Sadece sığır gübresi.

Tartışma

Elde edilen sonuçlara bakıldığında, bokaşilerin genelinin marulun baş ve kök yaş ağırlığıyla yaprak sayısı gibi önemli verim kriterleri üzerine etkili olduğu görülmektedir. Bazı bokaşilerin ve sığır gübresinin etkileri benzer olmakla birlikte, özellikle M1, M2 ve M3 ile tek başına sığır gübresi (M9) arasında belirgin farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bu durum, kompostlanmamış sığır gübresine göre bokaşilerin özellikle baş ve kök ağırlığı konularında üstünlüğünü ortaya koymaktadır. Genel olarak bokaşilerin kompostlanmamış sığır gübresine göre üstünlükleri görülse de bokaşilerin kendileri arasında belirgin bir ayrım gözlenmemiştir. Fernández vd., (2008), kompostlanmış organik katkı maddelerinin, kompostlanmamış olanlara kıyasla bitki

büyümesi üzerinde çok sayıda avantaja sahip olduğunu belirtmişlerdir. Pei-Sheng ve Hui-Lian (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, bokaşı ile gübrelenen fıstık bitkilerinin büyüme parametrelerinin ve bitki kuru ağırlıklarının arttığı belirtilmiştir. Diğer bir çalışmada, kompostlanmış kümes hayvanı gübresinin, kompostlanmamış gübreye göre mısırın gelişimini daha fazla artırdığını bildirilmektedir (Farhad vd., 2019). Yapılan bir çalışmada, bokaşı dozunun kırmızı soğanın bitki boyu, yaprak sayısı, taze ağırlık ve kuru ağırlık gibi bitki büyüme parametrelerini etkilediği, ancak bokaşı tiplerinin gözlenen tüm ölçümleri önemli ölçüde etkilemediği belirtilmiştir (Surawijaya vd., 2019). Benzer şekilde Prisa (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, büyüme ortamına eklenen bokaşının bitkinin (*Kalanchoe Blossfeldiana*) bazı büyüme parametrelerini ve mineral beslenmesini kontrole kıyasla artırdığı, ancak her bir bokaşı arasındaki etkilerin çoğu durumda benzer olduğu belirlenmiştir. Uğur (2018) yaptığı tarla denemesinde marul bitkisine, mantar kompostunun 2 ton da⁻¹ uyguladığı çalışmada kontrol parsellerine göre bitki köklerinin daha ağır olduğunu tespit etmiştir. Çalışmamızda da benzer olarak bokaşı kompostu karışımının tam doz uygulanan saksılarında en yüksek kök yaş ağırlık değerini verdiği görülmüştür. Artan dozlarda materyal uygulamasıyla yaprak sayısının arttığı, en yüksek yaprak sayısının materyallerin yüksek dozundan elde edildiği görülmüştür. Benzer şekilde Özenç ve Şenlikoğlu (2017) yaptıkları çalışmada kompost uygulamasının toprağa karıştırılma oranlarına bağlı olarak bitki yaprak ve sap gelişimi üzerine etkili olduğunu, artan dozlarda kompost uygulamasının yaprak sayısını artırdığını bulmuşlardır. Elde edilen sonuçlar yapraklarda ölçülen SPAD değerlerinin artan materyal dozlarına bağlı olarak azaldığını göstermiştir. Bu durum, uygulamalarla artan bitki gelişimi ve yaprak yüzey alana bağlı olarak yeşil renk yoğunluğunun azalmasıyla ilişkili olabilir. Nitekim yapılan bir araştırmada da yaprak yüzey alanıyla SPAD değeri arasında belirli bir negatif ilişki olduğu ortaya konulmuştur (Marenco vd., 2009).

Bokaşı uygulamalarıyla elde edilen gelişim ve gelişim parametrelerindeki artışlar bokaşilerin çeşitli şekillerde bitki gelişimini teşvik etmesiyle ilişkilidir. Yapılan araştırmalar, bokaşı kullanımının mikrobiyal popülasyonu ve toprağın düzenini değiştirdiğini ve böylece toprak verimliliğini artırdığını bildirmiştir (Scotton vd., 2020; Luo vd., 2022). Maki vd. (2021), bokaşide bulunan laktik asit bakterilerinin bitki büyümesini teşvik eden maddeleri çevreye salgıladığını ve bunun da bitki büyümesini artırdığını bildirmiştir. İncelenen parametrelerin çoğu açısından diğer bokaşiler arasında önemli bir fark gözlemlenmemiştir. Sığır gübresi bokaşisi uygulamasının, bokaşinin biyokömür veya çeşitli organik maddelerle birlikte uygulanmasından birçok açıdan üstün olduğu gösterilmiştir. Benzer sonuçlar Guo vd. (2020) tarafından da ifade edilmiştir. Çalışmamızda biyokömür ile bokaşı uygulamalarının etkisinin az olması, bokaşı karışımlarında kullanılan biyokömür oranlarının yetersiz olmasıyla ilgili olabilir. Ayrıca, biyokömürü üretmek için kullanılan yöntem gibi çeşitli diğer faktörler de biyokömürün özelliklerini etkilemiş olabilir. Yine, bu denemede kullanılan toprağın alkalın özelliği, biyokömür verimsizliğinin diğer bir sonucu olabilir. Önceki çalışmalarda belirtildiği gibi, alkalın topraklara uygulanan biyokömürün agronomik verimliliği oldukça düşüktür (Erdal vd., 2021). Pandit vd. (2019) biyokömür ilavesinin bitki büyümesini artırabileceğini, ancak biyokömürün kullanılabilmesi için toprak koşullarına, biyokömür türüne ve ek gübrelemeye özel dikkat gösterilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Sonuç

Elde edilen sonuçlar, yaş ağırlık değerleri dâhil olmak üzere çoğu parametre üzerine en etkili uygulamanın sığır gübresi bokaşisi olduğu görülmüştür. Bokaşı kompostlanmış sığır gübresi ile kompostlanmamış sığır gübresi arasında bitki büyümesi ve kimi büyüme parametreleri üzerinde belirgin farklılıklar görülmüştür. Ek olarak, bokaşı kompostlanmış sığır gübresine biyokömür veya bazı organik madde ilavesinin tek sığır gübresi bokaşisine göre önemli bir etkisi olmadığı görülmüş, ayrıca sığır gübresinden hazırlanan bokaşı çeşitleri arasında da önemli bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır. Genel bir değerlendirmeyle, 1.5 ton da⁻¹ uygulama dozunun çoğu parametre üzerinde en etkili uygulama olduğu görülse de en etkili verim parametresi olan baş yaş ağırlığı üzerine 0.75 ile 1.5 ton da⁻¹ dozları arasında anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle ekonomik açıdan da değerlendirildiğinde en etkili uygulama dozu ve materyalin 0.75 ton da⁻¹ bokaşı-kompostlanmış sığır gübresi olduğu söylenebilir.

Teşekkür

Araştırmaya mali destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (119N550) ve Güneydoğu Asya ve Avrupa Ortak Finansman Programı (SEAEUROPEJFS19IN-025) teşekkür ederiz. Ayrıca, denemede kullanılan bokaşileri hazırlayan, ISUBÜ, Ziraat Fakültesi, Tarım Teknolojileri ve Mühendisliği Bölümüne teşekkür ederiz.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar bu çalışmanın hazırlanmasında eşit derecede katkı sunmuşlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

- Boechat, C.L., Santos, J.A.G., & Accioly, A.M.D.A. (2013). Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with Fermented Bokaşı Compost. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35, 257–264.
- Dębska, B., Długosz, J., Piotrowska-Długosz, A., & Banach- Szott, M. (2016). The impact of a bio-fertilizer on the soil organic matter status and carbon sequestration results from a field-scale study. *Journal of Soils and Sediments*, 16, 2335–2343.
- Erdal, İ., & Tarakçıoğlu, C., (2000). Değişik organik materyallerinin mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) gelişimi ve mineral madde içeriği üzerine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi)*, 15(2), 80-85.
- Erdal, İ., Memici, M., Ekinci, K., & Sukuşu, E., (2021). Periodical changes of some soil properties of a calcareous soil under field conditions as affected by different biochar applications. *Romanian Agricultural Research*, 38, 203-213.
- Erdal, İ., Alaboz, P., Ekinci, K., Türkan, Ş. A., Yaylacı, C., & Şener, A. (2024). Effect of biochar on some soil properties after 4-year application and its effect on growth, yield and nutrient uptake of wheat grown on an alkaline soil. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 35(1), 223-235.
- Erdal, İ., Mejri, R., Yaylacı, C., & Türkan, Ş. A. (2023). Comparison of the effectiveness of struvite and some commercial fertilizers on the growth of lettuce. *Bahçe*, 52(2), 95-102.
- Evcim, Ş.H., & Gümüş, İ. (2022). The significance of bokaşı compost obtained from beneficial microorganisms on sustainability and waste disposal. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36(4), 95-99.
- Farhad, W., Cheema, M.A., Saleem, M.F., Hammad, H.M., & Bilal, M.F., (2011). Response of maize hybrids to composted and non-composted poultry manure under different irrigation regimes. *International Journal of Agriculture & Biology*, 13(6), 923-928.
- Fernández, J.M., Hockaday, W.C., Plaza, C., Polo, A., & Hatcher, P.G., (2008). Effects of long-term soil amendment with sewage sludges on soil humic acid thermal and molecular properties. *Chemosphere*, 73, 1838–1844.
- Ginting, S., (2019). Promoting Bokaşı as an organic fertili-zer in Indonesia: A mini review. *International Journal of Environmental Science and Natural Resources*, 21, 556070.
- Gong, W., Yan, X., Wang, J., Hu, T., & Gong, Y., (2009). Long-term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat–maize cropping system in northern China. *Geoderma*, 149, 318–324
- Goulart, R.G.T., dos Santos, C.A., de Oliveira, C.M., Costa, E.S.P., de Oliveira, F.A., de Andrade, N.F., & do Carmo, M.G.F. (2018). Desempenho agrônômico de cultivares de alface sob adubação orgânica em Seropédica. *RJ Rev Bras Agropec Susten*, 8, 66-72.
- Guo, S., Wang, P., Wang, X., Zou, M., Liu, C., & Hao, J., (2020). Microalgae as biofertilizer in modern agriculture. Microalgae biotechnology for food, health and high value products, *Springer*, 397-411.
- Hata, F.T., Spagnuolob, F.A., de Paulaa, M.T., Moreiraa, A.A., Venturaa, M.U., de Freitas, Fregonezic. G.A., & de Oliveiraa,A.L.M. (2020). Bokaşı compost and biofertilizer increase lettuce agronomic variables in protected cultivation and indicates substrate microbiological changes. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32(9), 640-646.
- Havlin, J., & Heiniger, R. (2020) Soil fertility management for better crop production. *Agronomy*, 10(9): 1349.
- Kacar, B. (2009). Toprak analizleri (467s). *Nobel Yayın Dağıtım*. Ankara.

- Kacar, B., & Kütük, C. (2010). Gübre analizleri. *Nobel Yayın Dağıtım*. Ankara.
- Kononova, M.M., 2013. Soil organic matter: its nature, its role in soil formation and in soil fertility. *Elsevier*.
- Lew, P.S., Nik, Ibrahim, N.N.L., Kamarudin, S., Thamrin, N.M., & Misnan, M.F. (2021). Optimization of bokaşı-composting process using effective microorganisms-1 in smart composting bin. *Sensors*, 21(8), 2847.
- Lim, T.D., Pak, T.W., & Jong, C.B. (1999). Yields of rice and maize as affected by effective microorganisms. In Proceedings of the 5th international conference on Kyusei nature farming and effective microorganisms for agricultural and environmental sustainability, *Bangkok, Thailand*, 92-98.
- Luo, Y., Lopez, J.B.G., van Veelen, H.P.J., Sechi, V., ter Heijne, A., Bezemer, T.M., & Buisman, C.J. (2022). Bacterial and fungal co-occurrence patterns in agricultural soils amended with compost and bokaşı. *Soil Biol Biochem*, 174, 108831.
- Maass, V., Céspedes, C., & Cárdenas, C. (2020). Effect of bokaşı improved with rock phosphate on parsley cultivation under organic greenhouse management. *Chil J Agric Res*. 80, 444-451.
- Maki, Y., Soejima, H., Kitamura, T., Sugiyama, T., Sato, T., Watahiki, M.K., & Yamaguchi, J. (2021). 3-Phenyllactic acid, a root-promoting substance isolated from Bokaşı fertilizer, exhibits synergistic effects with tryptophan. *Plant Biotechnol*, 38, 9-16.
- Marengo, R. A., Antezana-Vera, S. A., & Nascimento, H. C. S. (2009). Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species. *Photosynthetica*, 47, 184-190.
- Murillo-Amador, B., Morales-Prado, L.E., Troyo-Diéguez, E., Córdoba-Matson, M.V., HernándezMontiel. L.G., Rueda-Puente, E.O. & Nieto-Garibay, A. (2015). Changing environmental conditions and applying organic fertilizers in *Origanum vulgare* L. *Front Plant Sci*, 6, 549.
- Özenç, D. B., & Şenlikoğlu, G. (2017) Kompost ve azotlu gübre uygulamasının ıspanak bitkisinin (*Spinacia oleracea* L.) gelişimi üzerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 227-234.
- Özenç, D. B., Yılmaz, F. I., Tarakçıoğlu, C., & Aygün, S. (2019). Fındıktan üretilen atıkların toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 7-13.
- Özenç, D.B., Tarakçıoğlu, C., Yılmaz, F.I., & Aygün, S. (2023). Changes in physico-chemical properties of a sandy loam soil depending on the particle size of hazelnut shell-derived biochar. *Philipp Agric Scientist*, 106(4), 414-424.
- Pandit, N.R., Schmidt, H.P., Mulder, J., Hale, S.E., Husson, O., & Cornelissen, G. (2019). Nutrient effect of various composting methods with and without biochar on soil fertility and maize growth. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(2), 250-265.
- Pei-Sheng, Y., & Hui-Lian, X. (2002). Influence of EM Bokaşı on nodulation, physiological characters and yield of peanut in nature farming fields. *Journal of Sustainable Agriculture*, 19(4), 105-112.
- Prisa, D., 2020. EM-bokaşı addition to the growing media for the quality improvement of kalanchoe blossfeldiana. *IJMSAT*, 1(2), 54-59.
- Scotton, J.C., Homma, S.K., Costa, W.L.F., Pinto, D.F.P., Govone, J. S., & Attili-Angelis, D. (2020). Transition management for organic agriculture under citrus cultivation favors fungal diversity in soil. *Renew Agric Food Syst*, 35, 120-127.
- Silva, J., & Oliveira, D.R. (2018). Caracterização química de diferentes receitas de biofertilizantes tipo Bokaşı líquido. *Cadernos de Agroecologia*, 13(1).
- Surawijaya, P., Melhanah, M., Anwar, M., Chotimah, H.E.N.C., & Raudah, R. (2019). Application of aquatic plants bokaşı on the growth and yields of red onion (*Allium ascalonicum* L.). *Anterior Jurnal*, 18(2), 168-174.
- Tarakçıoğlu, C., & Öztürk, Y. (2022). Fındık zuruf kompostunun aşılı domates bitkisinin gelişimi ile bazı besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 968-975.
- Uğur, M., (2018). Mikoriza aşılması ve mantar kompostu uygulamalarının fasulyenin bitki gelişimi ve verimine etkisi. (Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Xavier, M.C.G., Santos, C.A., Costa, E.S.P., & Carmo, M.G.F. (2019). Produtividade de repolho em função de doses de Bokaşı. *Rev Agric Neotrop*, 6, 17-22.