



Farklı toprak düzenleyicilerinin yetiştirme ortamında ve marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinin bazı özelliklerinde meydana getirdiği değişimler

ib Füsün GÜLSER*, ib Siyami KARACA, ib Bulut SARĞIN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Van

Öz

Bu çalışmada yetiştirme ortamında toprak düzenleyici olarak kullanılan pomza, vermikülit ve vermikompostun marul bitkilerinin gelişimine, besin içeriklerine ve yetiştirme ortamı özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre, 3 kg kapasiteli 27 adet plastik saksıda, üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Toprak düzenleyici olarak kullanılan materyallerin (pomza, vermikülit ve vermikompost) her biri %0 (kontrol)- %2- % 4 olmak üzere üç farklı dozda uygulanmıştır. Deneme 7 hafta sonra sonlandırılarak hasat edilen bitkilerde bitki gelişim kriterleri, yaprak klorofil içeriği, makro ve mikro besin elementleri, kül ve C içeriği belirlenmiştir. Farklı uygulamalara ait toprak örneklerinde kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla en yüksek toprak organik maddesi (%1.12), fosfor içeriği (24.89 mg kg⁻¹), tuz (EC 1.32 dSm⁻¹) ve kireç (%14.72) içeriğinin ikinci doz vermikompost uygulamasında elde edildiği belirlenmiştir. Bu çalışmada bitki gelişim kriterleri üzerindeki olumlu etkileri bakımından uygulanan toprak düzenleyiciler genel olarak pomza > vermikülit > vermikompost sıralamasında yer almışlardır. En yüksek kök yaş ve kuru ağırlığı, bitki çapı, bitki ağırlığı ve yaprak sayısı ortalamaları pomza uygulamasında sırası ile 13.05 g, 2.18 g, 13.23 cm, 138.1 g ve 28 adet olarak elde edilmiştir. Uygulamaların bitki besin elementi içeriklerine etkileri incelendiğinde, artan vermikompost, vermikülit ve pomza dozlarının marul bitkisinin kök ve yaprak P içeriğinde kontrole kıyasla artış sağladığı belirlenmiştir. En yüksek kök P konsantrasyonu ortalamaları % 0.27 olarak vermikompost ve pomza uygulamalarında elde edilmiştir. En yüksek yaprak P konsantrasyonu ortalaması % 0.38 olarak vermikompost uygulamasında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak düzenleyici, bitki gelişimi, marul, fizyolojik parametre, besin elementi.

Changes caused by different soil amendments in some properties of the growing media and lettuce (*Lactuca sativa* L.) plant

Abstract

In this study, the effects of pumice, vermiculite and vermicompost, used as soil conditioners in the growing environment, on the development of lettuce plants, their nutrient content and the properties of the growing environment were investigated. The experiment was carried out according to the randomized plot design in 27 plastic pots containing 3 kg soil with three replications. Each of the materials used as soil conditioners (pumice, vermiculite and vermicompost) were applied at three different doses as 0% (control), 2 % and 4 %. The experiment was ended after 7 weeks and plant development criteria, leaf chlorophyll content, macro and micro nutrients, ash and C content were determined in the harvested plants. In soil samples from different applications, it was determined that the highest soil organic matter (1.12%), phosphorus content (24.89mg kg⁻¹), salt (EC 1.32 dSm⁻¹) and lime (14.72%) content were obtained in the second dose vermicompost application compared to the control and other applications. In this study, the soil conditioners applied in terms of their positive effects on plant development criteria were generally ranked in the order of pumice > vermicult > vermicompost. The highest means of root fresh and dry weight, plant diameter, plant weight and number of leaves were obtained in pumice application as 13.05 g, 2.18 g, 13.23 mm, 138.1 g and 28, respectively. When the effects of the applications on plant nutrient contents were considered, it was determined that increasing doses of vermicompost, vermiculite and pumice increased the root and leaf P contents of lettuce plants compared to the control.

Keywords: Soil conditioner, plant growth, lettuce physiological parameters, nutrient.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : +90 (432) 444 5065 - 61
E-posta : gulserf@yahoo.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 11 Ekim 2024
Kabul Tarihi : 14 Kasım 2024

e-ISSN : 2146-8141
DOI : 10.33409/tbbbd.1565523

Giriş

Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği, ancak uygun tarım yöntemlerinin uygulanmasıyla mümkün olabilecektir. Toprak verimliliğinin artırılması ve fiziksel yapısının devam ettirilmesi için, organik ve inorganik maddelerin toprağa ilave edilmesine, zararlı, kirletici ve zehirli maddelerden arınmasına, sulamanın aza indirgenmesine, verimli ve kaliteli hasadın artırılmasına yardımcı olan toprak düzenleyiciler, tarımda büyük önem taşımaktadır. Tarımsal uygulamalarda gübrelerin toprak düzenleyicilerden en önemli farkı sürdürülebilirliğin olmamasıdır. Gübreler yeterli uygulanmadığında verim ve kalitede önemli kayıplara neden olmakta, buna karşın fazla uygulanması durumunda ise özellikle azot ve fosforlu gübrenin yıkanması ile taban ve yüzey sularının kirliliğine, azot oksit (NO, N₂O, NO₂) emisyonu ile hava kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca gübrelerin fazla kullanılması durumunda yapraktaki nitrat miktarı özellikle yaprağı yenen sebzelerde insan sağlığını tehdit edecek düzeye ulaşmaktadır (Gülser, 2005). Gereğinden fazla uygulanan gübreler toprakta çoraklaşmaya, ağır metal birikimine ve sularda kirliliğe yol açan ötrofikasyona da neden olmaktadır. Kimyasal gübrelerin üretimleri sürecinde ihtiyaç duyulan ithal hammaddeler dolayısı ile yüksek ekonomik maliyetler ortaya çıkmaktadır (Gülser, 2005; Conley ve ark., 2009; Akşahin ve Gülser., 2019). Bu nedenler kimyasal gübre tüketimini aza indirmek ve gübrelere alternatif olabilecek çevre dostu materyaller kullanılması fikrini doğurmuş ve son yıllarda bu alandaki araştırmalar yaygınlaşmıştır. Toprak düzenleyiciler, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını iyileştiren, sınırlı miktarda bitki besin maddesi içeren ve aynı zamanda bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilen malzemeler olarak tanımlanmaktadır (Shinde ve ark., 2019).

Toprak verimliliğinin artırılması ve fiziksel yapısının devam ettirilmesi için; organik ve inorganik maddelerin toprağa ilave edilmesine, zararlı, kirletici ve zehirli maddelerden arındırılmasına, sulamanın aza indirgenmesine, verimli ve kaliteli ürün hasadının artırılmasına yardımcı olan toprak düzenleyiciler, tarımda büyük önem taşımaktadır. Toprak düzenleyiciler asidik ve/veya alkali toprakların toprak pH'sını korumada, topraktaki faydalı mikroorganizmaların ve solucanların çoğalması ve yaşaması için uygun ortamın oluşmasında da etkilidirler. Toprak düzenleyiciler çay atığı, çeltik atıkları, fındık zurufu, üzüm cibresi, kompostlar gibi canlıdan veya bir zamanlar canlı olan bir kaynaktan elde edilmiş iseler organik toprak düzenleyici olarak tanımlanmaktadır (Gülser ve ark. 2010; Candemir and Gülser, 2011; Demir and Gülser, 2021; Yörük ve ark. 2024). Klinoptilolit, Glakonit, Langbenit, Pomza, Diatomit, Vermikülit, Jips, Perlit ve Dolomit gibi maden kaynaklı veya insan yapımı iseler inorganik toprak düzenleyici olarak isimlendirilirler (Gabriels ve ark., 1977; Gülser ve ark., 2015; Yang ve ark., 2020). Shinde ve ark., (2019) polisakkaritler (PSD), poliakrilamidler (PAM), polivinil klorür, (PVC), polifenol hidroklorür (PPH), hidrolize poliakrilonitrile (HPAN), Polivinil alkol (PVA) ve Vinil asetat-maleik asit (VAMA) kopolimerlerinin sentetik toprak düzenleyiciler olarak kullanıldığını bildirmiştir. Bu materyaller birim kuru madde yapımı için gerekli transpirasyonu azaltarak, bitki su tüketimini azaltıp, kökte hücre geçirgenliğini değiştirerek hem seçiciliği hem de minerallerin ve suyun absorpsiyonunu artırmakta, aynı zamanda fotosentez ve karbonhidrat metabolizması üzerindeki etkisinden dolayı mineral madde tüketimini azaltmaktadır. Toprak düzenleyiciler, buğday da dahil olmak üzere birçok bitkide çinko başta olmak üzere mikro besin elementlerinin alımını etkileyerek, verim ve verim öğelerinde artışlara neden olmaktadır. Toprak düzenleyiciler kullanım amaçlarına göre; organik toprak düzenleyiciler, pH toprak düzenleyici ve mineral toprak düzenleyiciler olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmada toprak düzenleyici olarak pomza, vermikülit ve vermikompostun marul bitkisinin gelişimi ve bazı fizyolojik parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada deneme bitkisi olarak Yedikule marul (*Lactuca sativa L.*) çeşidi, toprak düzenleyici olarak pomza, vermikülit ve vermikompost kullanılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre, 27 adet plastik saksıda yürütülmüştür (Şekil 1). Denemede toprak düzenleyici olarak kullanılan materyallerin (pomza, vermikülit ve vermikompost) her biri %0 (kontrol)- %2 - %4 olmak üzere üç farklı dozda, 3 kg kapasiteli plastik saksılara üç tekrarlamalı olarak aşağıda belirtildiği şekilde uygulanmıştır:

- %0 Vermikompost + 3kg toprak, %2 Vermikompost + 2.940 kg toprak, %4 Vermikompost + 2.880 kg toprak
- %0 vermikülit + 3kg toprak, %2 vermikülit + 2.940 kg toprak, %4 vermikülit + 2.880 kg toprak
- %0 pomza + 3kg toprak, %2 pomza + 2.940 toprak, %4 pomza + 2.880 kg toprak.

Deneme toprağının ve denemede kullanılan vermikomposta ait bazı özellikleri Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Tekstür	pH	EC, dS m ⁻¹	CaCO ₃ , %	OM, %	mg kg ⁻¹							
					P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
Tınlı	7.81	0.36	3.86	1.32	5.50	298	3034	405	5.58	29.84	0.58	0.81

Toprak analiz sonuçlarına göre deneme toprağının tınlı, hafif alkali, tuzsuz, orta derecede kireçli, organik madde, fosfor ve çinko içeriği bakımından yetersiz, diğer besin maddeleri açısından yeterli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 2. Denemede kullanılan vermikomposta ait bazı analiz sonuçları

pH	7.14	Nem, %	80.41
EC, dS m ⁻¹	0.24	Organik C (%)	36.06
Organik madde, %	62.16	Azot (%)	1.02

Marul bitkilerine temel gübreleme olarak her bir saksı için 200 mg kg⁻¹ azot, 100 mg kg⁻¹ fosfor, 80 mg kg⁻¹ potasyum olacak şekilde amonyum sülfat (NH₄)₂SO₄, Triple Süper Fosfat (TSP) ve Potasyum Sülfat (K₂SO₄) gübrelere uygulanmıştır. Bitkilerin sulanması için saf su kullanılmıştır. Marul fideleri, büyüme ve gelişme sürecinde %45-55 nem, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık foto periyod, 25±1°C sıcaklık ve 10.000 Lux / gün ışığı yoğunluğuna ayarlanmış kontrollü koşullarda yetiştirme odasında yetiştirilmiştir. Bitki yetiştirme odasında sıcaklık, nem, ışık ve sterilizasyon kontrolleri yapılmıştır. Deneme 7 hafta sonra sonlandırılarak hasat edilen bitkilerde bitki boyu, bitki çapı, bitki yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak sayısı, kök yaş ve kuru ağırlıkları, kök uzunluğu ve kök boğaz çapı, tüketilebilir ağırlık ve iskarta yaprak sayısı belirlenmiştir.

Bitki örneklerinde klorofil içeriği SPAD metre yardımı ile ölçülmüştür. Deneme sonrası saksılardan alınan toprak örneklerinde tane boyutu dağılımı Bouyoucos hidrometre yöntemi ile (Gee ve Bauder, 1986), toprak reaksiyonu 1:2.5 (W:V) toprak: su süspansiyonunda pH metre ile, toprak tuzluluğu, aynı süspansiyonda EC metre ile (Black, 1965), kireç içeriği Scheibler kalsimetresi kullanılarak (Goh ve ark., 1993), organik madde Walkley-Black yöntemine göre (Tiessen ve Moir, 1993), yarıyıllı fosfor Olsen yöntemi ile (Olsen ve Sommers, 1982) total azot Kjeldahl yöntemine (Kacar, 2009) göre analiz edilmiştir. Kurutulmuş ve öğütülmüş yaprak ve kök örneklerinde demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Thermo ICE 3000 series) kullanılarak, azot (N) ve fosfor (P) içerikleri sırasıyla Kjeldahl yöntemi ve spektrofotometrik yöntem kullanılarak Kacar ve İnal (2008) tarafından bildirilen yöntemlere göre analiz edilmiştir.

Elde edilen verilerin istatistiksel analizlerinde SPSS paket programından yararlanılmış ve elde edilen sonuçlar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır (SPSS 2018).



Şekil 1. Vermikompost, vermikülit ve pomza uygulamalarında marul bitkisinin gelişimi.

Bulgular ve Tartışma

Farklı uygulamaların toprak özelliklerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 3' de verilmiştir. Vermikompost uygulamalarının istatistiksel olarak toprak tuzluluğu ve P içeriğinde %5 düzeyinde, organik madde ve azot içeriğinde ise %1 düzeyinde önemli değişimler meydana getirmiştir. Pomza uygulamalarının toprak kireç, organik madde, P ve N içerikleri üzerine etkisinin %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Vermikülit uygulamalarının toprak özellikleri üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Çizelge 3. Farklı toprak düzenleyicilerin eklendiği yetiştirme ortamının bazı özelliklerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

VK	SD	pH	EC	CaCO ₃	OM	P	N
Vermikompost	2	2.53	5.82*	2.13	141.35**	15.75*	141.35**
Vermikülit	2	3.09	0.56	0.31	2.07	0.34	2.07
Pomza	2	3.88	3.10	10.15*	6.99*	6.17*	6.99*

** %1; * %5

Farklı toprak düzenleyicilerin toprak özellikleri üzerine etkileri incelendiğinde, vermikompost ikinci doz uygulamasında kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla toprak organik maddesi (%1.12), fosfor içeriği (24.89 mg kg⁻¹), tuz (EC 1.32 dSm⁻¹) ve kireç (%14.72) içeriğinde en yüksek değerlerin elde edildiği belirlenmiştir. Artan vermikompost dozları ile toprak tuzluluğu, toprak organik maddesi, P ve N içeriği artarken, artan pomza dozları ile toprak organik maddesi, P ve N içeriğinde azalmalar olmuştur. Genel olarak en yüksek pH ortalaması ve en düşük EC ortalaması sırası ile 8,25 ve 0.63 dS m⁻¹ olarak pomza uygulamasında elde edilmiştir. En düşük pH ortalaması ise vermikompost uygulamasında 8.10 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı toprak düzenleyicilerin toprağın kimyasal özelliklerine etkisi

Toprak düzenleyiciler	Doz, %	pH	EC	CaCO ₃	O.M	N	P
			dS m ⁻¹		%		mg kg ⁻¹
Vermikompost	0	8.13	0.80b	15.53	0.36c	0.02c	14.49b
	2	8.14	1.00ab	14.07	0.64b	0.03b	16.27b
	4	8.03	1.32a	14.72	1.12a	0.06a	24.89a
	Ort.	8.10B	1.04A	14.77	0.71A	0.04A	18.55A
Vermikülit	0	8.13	0.80	15.53	0.36	0.02	14.49
	2	8.24	0.68	16.06	0.35	0.02	14.81
	4	8.12	0.86	16.67	0.25	0.01	16.36
	Ort.	8.16AB	0.78A	16.09	0.32B	0.02B	15.22AB
Pomza	0	8.13	0.80	15.53b	0.36a	0.02a	14.49a
	2	8.27	0.53	15.27b	0.31a	0.02a	12.94a
	4	8.34	0.57	16.83a	0.14b	0.01b	8.44b
	Ort.	8.25A	0.63B	15.88	0.27B	0.02B	11.96B

A, B, a, b, c: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi satırında ve sütununda önemlidir.

Farklı toprak düzenleyicilerin bitki gelişim parametreleri ve klorofil içeriği üzerine etkileri incelendiğinde, vermikompost uygulamaları ile kök kuru ağırlığında %5 düzeyinde, vermikülit uygulamaları ile bitki çapında ve klorofil içeriğinde %5 düzeyinde istatistiksel anlamda önemli değişimler belirlenmiştir. Yaprak klorofil içeriğinde vermikülit uygulamaları ile de istatistiksel anlamda %5 düzeyinde önemli değişimler belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı toprak düzenleyicilerin bitki gelişim parametrelerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

VK	SD	KYA	KKA	KU	KBÇ	BB	BÇ	BTA	YS	IYS	Klf
Vermikompost	2	3.04	6.79*	4.85	0.24	1.91	4.14	0.72	2.54	0.76	1.43
Vermikülit	2	0.26	1.47	0.47	1.42	0.62	6.97*	0.19	1.04	2.04	5.22*
Pomza	2	4.74	2.93	0.89	3.68	0.67	10.85**	2.93	0.32	0.15	0.10

** %1; * %5, SD, serbestlik derecesi; KYA, Kök Yaş Ağırlığı; KKA, Kök Kuru Ağırlığı; KB, Kök Uzunluğu; KBÇ, Kök Boğaz Çapı; BB, Bitki Boyu; BTA, Bitki Tüketilebilir ağırlığı; YS, Yaprak Sayısı; IYS, Iskarta Yaprak Sayısı; Klf, Klorofil; BÇ: Bitki Çapı

Genel olarak kullanılan materyallerin bitki gelişim kriterlerinde kontrol uygulamasına kıyasla olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Bitki gelişim parametrelerine ilişkin veriler incelendiğinde, genel olarak en yüksek ortalamaların pomza uygulamalarında en düşük ortalamaların ise kontrol uygulamalarında elde edildiği

belirlenmiştir. Bu çalışmada bitki gelişim kriterleri üzerindeki olumlu etkileri bakımından uygulanan toprak düzenleyiciler genel olarak pomza> vermikülit> vermikompost sıralamasında yer almışlardır (Çizelge 6). En yüksek kök yaş ve kuru ağırlığı, bitki çapı, bitki ağırlığı ve yaprak sayısı ortalamaları pomza uygulamasında sırası ile 13.05 g, 2.18 g, 13.23 mm, 138.1 g ve 28 adet olarak elde edilmiştir. Artan vermikülit dozları klorofil içeriğinde azalmalara neden olmuş, en düşük SPAD değeri 51.41 olarak vermikülitin ikinci dozunda, en yüksek SPAD değeri 56.28 olarak kontrolde elde edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 6. Farklı toprak düzenleyicilerin bitki gelişim parametrelerine etkisi

TD	Doz, %	KYA g	KKA g	KU cm	KBÇ mm	BB cm	BÇ cm	BTA g	YS adet	IYS adet	Klf spad
Vermikompost	0	11.60	1.95a	17.67	11.76	26.67	11.44	123.9	27.67	4.00	56.28
	2	9.00	1.40b	13.67	12.19	25.33	11.77	121.6	25.67	3.00	52.43
	4	11.10	1.87a	12.67	12.48	25.00	13.55	132.2	27.00	2.33	54.69
	Ort.	10.57B	1.74B	14.67B	12.14	25.67	12.25	125.9	26.78	3.11B	54.47
Vermikülit	0	11.60	1.95	17.67	11.76	26.67	11.44b	123.9	27.67	4.00	56.28a
	2	12.43	1.93	21.67	12.78	26.33	12.64ab	125.6	24.67	5.33	53.51ab
	4	11.99	1.63	20.00	12.36	25.33	13.99a	117	28.33	8.00	51.41b
	Ort.	12.01AB	1.84AB	19.78A	12.3	26.11	12.69	122.2	26.89	5.78A	53.73
Pomza	0	11.6	1.95	17.67	11.76	26.67	11.44b	123.9	27.67	4.00	56.28
	2	12.47	1.95	15.00	13.32	25.33	12.46b	127.6	27.33	3.33	55.96
	4	15.08	2.63	16.00	15.18	26.67	15.80a	162.7	29.00	3.33	54.98
	Ort.	13.05A	2.18A	16.22B	13.42	26.22	13.23	138.1	28.00	3.55B	55.74

A, B, a, b, c: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir. T.D., Toprak Düzenleyiciler; KYA, Kök Yaş Ağırlığı; KKA, Kök Kuru Ağırlığı; KU, Kök Uzunluğu; KBÇ, Kök Boğaz Çapı; BB, Bitki Boyu; BÇ, Bitki Çapı; BTA, Bitki Tüketilebilir Ağırlığı; YS, Yaprak Sayısı; IYS, Iskarta Yaprak Sayısı; Klf, Klorofil

Çizelge 7 ve 9 incelendiğinde, vermikompost, vermikülit ve pomza uygulamalarının kök P içeriğinde istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişimler meydana getirdiği belirlenmiştir. Kök potasyum içeriği ise vermikompost uygulamaları ile istatistiksel anlamda %5 düzeyinde değişim göstermiştir. Benzer şekilde yaprak P içeriği vermikompost, vermikülit ve pomza uygulamalarından istatistiksel anlamda %1 düzeyinde etkilenmiştir. Vermikompost uygulamaları ile yaprak Mg ve Mn içeriğinde istatistiksel anlamda %5 düzeyinde önemli değişimler belirlenmiştir.

Çizelge 7. Farklı toprak düzenleyicilerin marulun kök besin elementi içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları (F değerleri).

VK	SD	N	P	Ca	Mg	K	Fe	Zn	Mn	Cu
Vermikompost	2	0.68	24.98**	2.25	0.72	6.69*	0.58	1.06	0.53	0.12
Vermikülit	2	0.78	39.75**	0.36	0.47	1.56	0.48	1.04	1.65	0.63
Pomza	2	0.39	64.4**	0.59	1.95	2.06	1.37	0.58	0.79	0.23

** ile gösterilen F değeri %1 düzeyinde önemli; * ile gösterilen F değeri %5 düzeyinde önemlidir.

Uygulamaların bitki besin elementi içeriklerine etkileri incelendiğinde; artan vermikompost, vermikülit ve pomza dozlarının marul bitkisinin kök N, P ve Ca içeriğinde kontrole kıyasla artış sağladığı belirlenmiştir. En yüksek kök N ortalamaları vermikompost ve vermikülit uygulamasında % 3.22 olarak, en yüksek P ortalamaları % 0.27 olarak vermikompost ve pomza uygulamalarında elde edilmiştir. Artan vermikompost, vermikülit ve pomza dozları ile kök Ca ve K içeriklerinde artış sağlanmış, en yüksek kök Ca ve K ortalamaları ise 20.117 mg kg⁻¹ ve 20.933 mg kg⁻¹ olarak vermikompost uygulamalarında elde edilmiştir. Vermikülitin ikinci dozunda kök mikro besin elementleri içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde ikinci dozlarda, vermikompost uygulamalarında kök Zn, Mn ve Cu içerikleri, pomza uygulamalarında kök Fe ve Mn içerikleri azalmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Farklı toprak düzenleyicilerin marulun kök besin elementi içeriğine etkisi

Toprak düzenleyiciler	Doz, %	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
Vermikompost	0	3.09	0.17c	1.648 b	1.668	0.792	2412	20.4	220	17.2
	2	3.25	0.28b	1.907 b	2.029	0.772	2856	23.1	197	17.3
	4	3.33	0.37a	2.723 a	2.336	1.011	2933	22.8	183	15.8
	Ort.	3.22	0.27	2.093 A	2.011	0.858	2734	22.1	200	16.8
Vermikülit	0	3.09	0.17b	1.648	1.668	0.792	2412	20.4	220	17.2
	2	3.22	0.27a	1.920	1.797	0.685	2565	22.0	187	22.8
	4	3.36	0.26a	2.562	1.937	0.693	2012	17.8	152.1	20.9
	Ort.	3.22	0.23	2.043 A	1.800	0.723	2329	19.9	186.4	20.2
Pomza	0	3.09	0.17b	1.648	1.668	0.792	2412	20.4	220	17.2
	2	3.13	0.31a	1.408	1.886	1.346	3014	22.5	265	20.1
	4	3.23	0.33a	1.262	2.284	0.938	1916	26.7	212	23.7
	Ort.	3.15	0.27	1.439 B	1.946	1.025	2447	23.1	232	20.3

A, B, a, b, c: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi satırında ve sütununda önemlidir.

Çizelge 9. Farklı toprak düzenleyicilerin marulun yaprak besin elementi içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları

VK	SD	N	P	Ca	Mg	K	Fe	Zn	Mn	Cu
Vermikompost	2	0.22	34.53**	0.22	0.22	1.01	5.30*	4.10	0.23	1.62
Vermikülit	2	1.12	20.22*	1.12	1.12	0.94	1.14	0.78	1.92	1.06
Pomza	2	0.87	26.75**	0.87	0.87	0.31	0.96	1.89	0.52	1.97

** ile gösterilen F değeri %1 düzeyinde önemli; * ile gösterilen F değeri %5 düzeyinde önemlidir.

Artan vermikompost, vermikülit ve pomza dozları ile yaprak P içeriğinde artışlar, diğer besin elementi içeriklerinde ise genel olarak azalmalar belirlenmiştir. En yüksek yaprak P ve K ortalamaları sırası ile %0.38 ve %5.2 olarak, en düşük yaprak Mg, Fe, ve Mn ortalamaları ise sırası ile % 0.77, 342 mg kg⁻¹ ve 127 mg kg⁻¹ olarak vermikompost, uygulamasında elde edilmişlerdir. En yüksek yaprak N ortalaması % 3.23 olarak vermikülit uygulamasında ve en yüksek Ca ortalaması % 1.90 olarak pomza uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Farklı toprak düzenleyicilerin marulun yaprak besin elementi içeriğine etkisi

Toprak düzenleyiciler	Doz, %	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
Vermikompost	0	3.18	0.21c	4.691	1.692	0.930a	318	18.4	148a	10.3
	2	3.09	0.42b	5.446	1.480	0.731ab	376	21.1	124a	9.9
	4	3.08	0.51a	5.424	1.510	0.641b	330	20.1	109b	10.3
	Ort.	3.11	0.38	5.187A	1.561	0.767	342	19.9A	127	10.2
Vermikülit	0	3.18	0.21b	4.691	1.692	0.930	318	18.4	148	10.3
	2	3.47	0.35a	4.770	1.489	0.804	190	16.1	117	8.3
	4	3.04	0.52a	5.251	1.350	0.731	524	17.8B	122	9.1
	Ort.	3.23	0.36	4.904A	1.510	0.822	344	17.4	129	9.2
Pomza	0	3.18	0.21b	4.691	1.692	0.930	318	18.4	148	10.3
	2	2.98	0.33a	4.344	1.834	0.884	438	18.4	155	9.4
	4	3.00	0.36a	3.743	2.025	0.873	392	16.2	137	8.6
	Ort.	3.05	0.30	4.259B	1.850	0.896	383	17.7B	147	9.4

A, B, a, b, c: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi satırında ve sütununda önemlidir.

Bu çalışmada toprak düzenleyici olarak uygulanan materyallerin toprak özellikleri, bitki gelişim kriterleri ve bitki besin elementi içerikleri üzerindeki etkilerinin materyallerin özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan vermikompostun organik madde ve tuzluluk parametrelerinin yüksek olması (Çizelge 1) nedeni ile vermikompost uygulamaları ile toprak organik maddesi ve N içeriği ile tuzluluk düzeyinde en yüksek değerler elde edilmiştir. Artan vermikompost dozları ile toprak organik maddesi ve azot içeriğinde meydana gelen artışlar, farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Ouda ve Mahadeen 2008, Gopinath ve ark., 2009; Candemir ve Gülser, 2011, Angelova ve ark., 2013, Demir, 2019). Atiyeh ve ark., (2001), Gonzalez ve ark., (2010) ve Demir (2019) vermikompostun yüksek tuz ve iyon içeriğinin toprak EC değerlerinde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Artan vermikompost dozları ile ıskarta yaprak sayısı ve kök boyunda kontrol uygulamasına kıyasla azalmalar, bitki ağırlığı ve bitki çapında ise kontrol uygulamasına kıyasla artışlar belirlenmiştir. Vermikompostlar yüksek

gözenekliliğe, havalandırmaya, drenaja ve su tutma kapasitesine sahip ince bölünmüş torf benzeri materyallerdir (Edwards ve Burrows, 1988). Bu özellikleri ile yetiştirme ortamlarının fiziksel, kimyasal (Demir, 2019) ve biyolojik (Tomati ve ark., 1987) özelliklerini iyileştirerek bitki gelişimini olumlu yönde etkilemektedirler. Demir (2019) marul bitkisinde en yüksek verimin %5 oranında vermikompost uygulaması ile elde edildiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Ansari (2008) ıspanak, soğan ve patateste; Dhanalakshmi ve ark., (2014) bamya ve biberde, Köksal ve ark. (2017) pazıda; Durak ve ark., (2017) marulda gelişim kriterlerinin vermikompost uygulamalarından olumlu etkilendiğini belirlemişlerdir. Solucanların giberellin, sitokinin ve oksin gibi bitki büyüme düzenleyiciler olarak da adlandırılan fitohormonlar salgıladığı (Zhang ve ark., 2015, Ordoñez- Arévalo ve ark., 2018), vermikompostun bitki büyümesi ve gelişiminde olumlu etkili olan humik asitleri yüksek düzeyde içerdiği bildirilmiştir. Humik asitlerin bitki kökünün gelişimini, kök tüyleri sayısını ve kök hücre zarının geçirgenliğini artırmak yolu ile besin elementi alınımını olumlu yönde etkileyebileceği bildirilmiştir (Aguar ve ark., 2013). Ayrıca vermikompostun nitrat, yayayışlı fosfor, çözünebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi besin elementlerini içerdiği bildirilmiştir (Orozco ve ark. 1996). Bu çalışmada da artan vermikompost dozları ile kökte N, P, K, Ca, Mg, Fe ve Zn, yaprakta P ve K içeriklerinde artış belirlenmiştir. Yaprak örneklerinde vermikompost uygulamalarında N ve diğer besin elementlerinde kontrole kıyasla ortaya çıkan azalmalar bildirilen (Marschner, 2012) verim artışı dolayısı ile bitki biyokütlesindeki artışa bağlı olarak seyrelme etkisinden kaynaklanmaktadır.

Vermikulit katyon değişim kapasitesi yüksek doğal bir silikat kil mineralidir (Chen ve ark., 2020). Vermikulitin katmanlar arasında boşluklar içeren çok katmanlı yapısı suyla temas ettiğinde bozulmaz. Bu benzersiz özelliği nedeniyle üstün havalandırmaya, su geçirgenliğine ve çevresel değişimlere karşı tamponlama özelliğine sahiptir. Ayrıca yüksek adsorpsiyon kapasitesi, büyüme ortamındaki besinlerin yavaşça salınmasına neden olur, bu da sızma yolu ile besin elementi kaybını azaltır ve bitkiler tarafından besin kullanımını kolaylaştırır (Shinzato ve ark., 2020). Vermikulit tarafından adsorbe edilen NH₄ azotu nitrifikasyon yoluyla NO₃ azotuna dönüştürülebilir. NO₃ azotu negatif yüklüdür ve büyüme ortamında eşit şekilde dağıtılabilir. Azotun büyüme ortamındaki eşit dağılımı kök büyümesi için faydalıdır (Lv ve ark., 2013). Vermikulit tarımda yavaş salınan gübre benzeri potasyum kaynağı olarak kullanılabilen, potasyum açısından zengin bir mineral olduğu (Silva ve ark., 2014), besin kaybı olarak nitelendirilecek düzeyde, kolay bir şekilde kaybının söz konusu olmadığı (Rezaeinejad ve al.,2021) bildirilmiştir. Bu çalışmada da vermikulit uygulamaları ile toprak organik maddesi ve N içeriğinde azalmalar, P içeriğinde ise artış belirlenmiştir. Bitki kök uzunluğu, kök çapı, bitki çapı, yaprak sayısı, ıskarta yaprak sayısı, kök ve yaprak P ve K içeriği artan vermikulit dozları ile artarken, klorofil sentezi olumsuz etkilenmiş ve en düşük SPAD değeri vermikulit uygulamalarında belirlenmiştir. Artan vermikulit dozları ile klorofil içeriğinde belirlenen azalma, yaprak azot içeriğindeki azalma ile ilişkilendirilmiştir (Rostami ve ark., 2008). Artan vermikulit uygulamaları ile kökte ve yaprakta besin elementlerinde meydana gelen azalmalar, besin elementleri arasındaki antagonistik ilişkilerden ve artan bitki biyokütlesi dolayısı ile seyrelme etkisinden kaynaklanmıştır (Marschner, 2012).

Bu araştırmada, artan pomza dozları ile toprak organik maddesi, P ve N içeriğinde azalmalar belirlenmiştir. En yüksek kök yaş ve kuru ağırlığı, kök çapı, bitki çapı ve bitki ağırlığı, kök ve yaprak P içerikleri artan pomza dozları ile artmıştır. Kök ve yaprak besin elementi içeriğinde artan pomza dozları ile meydana gelen azalmalar artan bitki biyokütlesine bağlı olarak seyrelme etkisinden kaynaklanmıştır (Marschner, 2012). Öğütülmüş çam kabuğu, pomza, ince talaş ve perlit ile bunların kombinasyonunun marulun verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri araştırılmış ve en iyi sonucun pomza ortamından alındığı belirlenmiştir (Turhan ve Sevgican, 1999). Şahin ve Anapalı (2006), farklı oranlarda ve tanecik büyüklüğünde toprağa karıştırılan pomzanın kontrol uygulamasına kıyasla toprak fiziksel özelliklerini iyileştirdiğini ve su tutma kapasitesini arttırdığını bildirmişlerdir. Buna bağlı olarak, çilek bitkisinde en yüksek yaprak sayısı, yaprak alanı, kuru ve yaş kök ağırlıklarının 4-8 mm boyutunda, %45 pomza içeren saksıda elde edildiğini bildirmişlerdir. Açıkta muz yetiştiriciliğinde toprağa bitki başına 7.5 kg pomza uygulamasının meyve gelişim süresini kısalttığı, verim ve kaliteyi kontrole kıyasla arttırdığı belirlenmiştir (Balkaç ve ark., 2021). Denemede sonucunda elde edilen yaprak bitki besin elementlerine ait veriler bildirilen (Jones vd,1991) sınır değerlere göre değerlendirildiğinde, Fe içeriği yüksek (>100 mg kg⁻¹), Mg, Cu ve Mn içerikleri ise sırası ile yeterli olarak tanımlanmış olan %0.5- 0.8, 8-25 mg kg⁻¹ ve 15-250 mg kg⁻¹ aralıklarında yer almışlardır. Noksan olarak değerlendirilen yaprak P içeriği (< %0. 4) vermikompost uygulamaları ve vermikulitin ikinci doz uygulaması ile yeterli düzeye (> % 0. 4) ulaşmıştır.

Su sıkıntısı yaşayan ülkelerin pomzayı sulama suyunun buharlaşmasını engellemek için çeşitli tekniklerle tarımda kullandıkları bildirilmiştir (Özkan ve Tuncer, 2001). Perez-Urrestarazu ve ark. (2019), arapaça ve

barış çiçeği bitkilerinin gelişimi üzerine kil, perlit ve pomza'nın etkilerini incelemişler ve pomzanın diğer uygulamalara göre bitkilerin biyokütlesini arttırdığını bildirmişlerdir. [Tangolar ve ark. \(2019\)](#), bağ toprağına uygulanan organik materyallerin verim, kalite ve besin elementlerinin alınma etkisini incelemek amacı ile farklı organik materyaller (kuru kompost, budama odunu artığı, çiftlik gübresi kompostu, saman, çiftlik gübresi kompostu) ile bunların pomza ile karışımlarını kullanmışlardır. Denemenin birinci yılında en yüksek verim ve salkım ağırlığı; saman ve çiftlik gübresi kompostu karşımı uygulamasında belirlenmişken, denemenin ikinci yılında en yüksek verim ve salkım ağırlığı ile en yüksek fosfor ve potasyum içeriklerinin pomza uygulamasında elde edildiğini bildirmişlerdir. Bu araştırmada da pomza uygulaması ile marul bitkisinde kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla en yüksek verim kriterleri elde edilmiştir. Bu araştırmada bitki gelişim kriterleri üzerindeki olumlu etkileri bakımından uygulanan toprak düzenleyiciler genel olarak pomza>vermikülit>vermikompost sıralamasında yer almışlardır. Kompostların toprağına ilave edilmesi durumunda, özellikle kompostun yüksek tuzluluk oranı nedeniyle yüksek dozda kompost uygulandığında toprak EC değerlerinin yükseldiğı bildirilmiştir ([Gallardo-Lara ve Nogales, 1987](#)). Vermikompostun bu çalışmada kullanılan diğer toprak düzenleyicilerden daha az etkili olması yüksek tuz içeriğı ile ilişkilendirilmiştir. Çoğı bitkinin ve özellikle genç bitkilerin tuzluluğına karşı toleransının düşük olması nedeniyle yüksek tuz konsantrasyonunun kompostun bitki yetiştirme ortamı olarak kullanımını sıklıkla sınırladığı bildirilmiştir ([Bustamante ve ark., 2021](#)). Vermikompostun yetiştirme ortamlarında kullanılması durumunda tuz faktörünün dikkate alınması ve gerektiğinde yıkama işleminin uygulanması yararlı olacaktır ([Fornes ve ark., 2019](#)). Ayrıca vermikülitin yetiştirme ortamında kullanıldığında, içindeki bal peteğı şeklindeki oluşumların çökmesi nedeni ile yetiştirme ortamında havalanma ve drenajın azaldığı, bundan dolayı torf veya perlit ile karıştırılarak uygulanması durumunda daha da yararlı olacağını bildirilmiştir ([Çelik, 2010](#)).

Sonuç

Bu araştırmada toprak düzenleyici olarak uygulanan materyallerin toprak özellikleri, bitki gelişim kriterleri ve bitki besin elementi içerikleri üzerindeki etkilerinin materyallerin özelliklerine bağılı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Küresel iklim değışikliğınin tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkilerinin giderek daha etkin bir şekilde hissedilmeye başlandığı günümüz koşullarında doğa dostu, sürdürülebilir tarıma olanak sağlayan yeni teknolojilerin ve girdilerin kullanımına yönelik çalışmalar yaygınlaşmakta ve önem kazanmaktadır. Bitkilerde verim ve kalitenin toprak özellikleri ile doğrudan ilişkili olduğu düşünöldüğünde fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini iyileştirmek yolu ile bitki gelişimini teşvik eden ve kimyasal gübre gereksinimini azaltan toprak düzenleyicilerin özellikleri dikkate alınarak bilinçli bir şekilde kullanılması, tarımsal üretimde verim ve kalitenin artırılması ve ekonomik anlamda kazanç sağlanması bakımından yararlı olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmayı FBA 2022-9837 nolu Temel Araştırma Projesi kapsamında destekleyen Van YYÜ BAP koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aguiar NO, Olivares FL, Novotny EH, Dobbss LB, Balmori DM, Santos-Júnior LG, Façanha AR, Canellas LP. 2013. Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages. *Plant and Soil*, 362, 161-174.
- Akşahin V, Gülser F. 2019. Bazı organik materyallerin ve inorganik gübrelerin çemenin (*trigonella foenum graecum*) besin elementi içeriğıne etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 47-53.
- Angelova VR, Akova VI, Artinova NS, Ivanov KI. 2013. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(5), 958-971.
- Ansari AA. 2008. Effect of vermicompost on the productivity of potato (*Solanum tuberosum*), spinach (*Spinacia oleracea*) and turnip (*Brassica campestris*). *World J. of Agricultural Sciences*, 4(3), 333-336.
- Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S, Metzger JD. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78(1), 11-20.
- Balkıç R, Torun M, Demirkaplan G, Gübbük H. 2021. Pomza Kullanımının Muz Yetiştiriciliğinde Morfolojik Özellikler, Verim ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2), 182-188.

- Black CA. 1965. *Methods of Soil Analysis: Part I, Physical and Mineralogical Properties*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA
- Bustamante MA, Gomis MP, Pérez-Murcia MD, Gangi D, Ceglie FG, Paredes C, Bernal MP, Moral R. 2021. Use of livestock waste composts as nursery growing media: Effect of a washing pre-treatment. *Scientia Horticulturae*, 281, 109954. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109954>
- Candemir F, Gülser C. 2011. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes in clay and loamy sand fields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(1), 13-28.
- Chen M, Guo, Q., Pei, F., Chen, L., Rehman, S., Liang, S., Dang, Z., Wu, P. (2020). The role of Fe (III) in enhancement of interaction between chitosan and vermiculite for synergistic Co-removal of Cr (VI) and Cd (II). *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 606, 125356.
- Conley DJ, Paerl HW, Howarth RW, Boesch DF, Seitzinger SP, Havens KE, Lancelot C, Likens GE. 2009. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science*, 323(5917), 1014-1015.
- Çelik H. 2010. *Süs Bitkileri ve Peyzaj (İç Mekân Süs Bitkileri, Tek Yıllık Bahçe Çiçekleri ve Peyzaj)*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 54. sf:202.
- Demir Z, Gülser C. 2021. Effects of Rice Husk Compost on Some Soil Properties, Water Use Efficiency and Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield under Greenhouse and Field Conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, pp.1-18.
- Demir Z. 2019. Effects of vermicompost on soil physicochemical properties and lettuce (*Lactuca sativa* Var. Crispa) yield in greenhouse under different soil water regimes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(17), 2151-2168.
- Dhanalakshmi V, Remia KM, Shanmugapriyan R, Shanthi K. 2014. Impact of addition of vermicompost on vegetable plant growth. *International Research Journal of Biological Sciences* 3(12):56–61.
- Durak A, Altuntaş Ö, Kutsal İK, Işık R, Karaat FE. 2017. The effects of vermicompost on yield and some growth parameters of lettuce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(12), 1566-1570. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i12.1566-1570.1461>.
- Edwards CA, Burrows I. 1988. Potential of earthworm composts as plant growth media. *Earthworms in waste and environmental management*/edited by Clive A. Edwards and Edward F. Neuhauser.
- Fornes F, Carrión C, García-de-la-Fuente R, Puchades R, Abad M. 2010. Leaching composted lignocellulosic wastes to prepare container media: Feasibility and environmental concerns. *Journal of environmental management*, 91(8), 1747-1755. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.03.017>
- Gabriels D, Maene L, Lenvain J, De Boodt M. 1977. Possibilities of using soil conditioners for soil erosion control. In *Soil Conservation and Management in the Humid Tropics; Proceedings of the International Conference*.
- Gallardo-Lara F, Nogales R. 1987. Effect of the application of town refuse compost on the soil-plant system: A review. *Biological wastes*, 19(1), 35-62. [https://doi.org/10.1016/0269-7483\(87\)90035-8](https://doi.org/10.1016/0269-7483(87)90035-8)
- Gee GW, Bauder JW. 1986. Particle-size analysis. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5, 383-411.
- Goh TB, Arnaud RS, Mermut AR. 1993. Aggregate stability to water. *Soil Sampling and Methods of Analysis*, 177-180.
- Gopinath KA, Saha S, Mina BL, Kundu S, Selvakumar G, Gupta HS. 2009. Bell pepper yield and soil properties during conversion from conventional to organic production in Indian Himalayas. *Scientia Horticulturae*, 122(3): 339-345. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.05.016>
- Gülser C, Candemir F, Kanel Y, Demirkaya S. 2015. Effect of manure on organic carbon content and fractal dimensions of aggregates. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(1), 1-5.
- Gülser C, Demir Z, İç S. 2010. Changes in some soil properties at different incubation periods after tobacco waste application. *Journal of Environmental Biology*, 31:671-674.
- Gülser F. 2005. Effects of ammonium sulphate and urea on NO₃⁻ and NO₂⁻ accumulation, nutrient contents and yield criteria in spinach. *Scientia horticulturae*, 106(3), 330-340. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125356>
- Jones JB Jr, Wolf B, Mills HA. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro- Nacro Publishing INC., Georgia. 30607.USA.
- Kacar B, İnal A. 2008. *Bitki analizleri*, Cilt 1, Nobel yayını, Ankara, s. 892.
- Kacar B. 2009. *Toprak analizleri (Genişletilmiş İkinci Baskı)*. Nobel Yayın No: 1387, Ankara.
- Köksal SB, Aksu G, Altay H. 2017. Vermikompostun Bazı Toprak Özellikleri ve Pazı Bitkisinde Verim Üzerine Etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 5 (2): 123–128.

- Liu R, Lal R. 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the total environment*, 514, 131-139.
- Lv G, Wang X, Liao L, Li Z, He M. 2013. Simultaneous removal of low concentrations of ammonium and humic acid from simulated groundwater by vermiculite/palygorskite columns. *Applied Clay Science*, 86, 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.08.043>
- Marschner P, Rengel Z. 2012. Nutrient Availability in Soils, Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. London, pp. 347-364
- Olsen SR, Sommers LE. 1982. Nitrogen-total. *Methods of soil analysis, Part II* (Page AL, Miller RM, Keeney DR, eds).
- Ordoñez-Arévalo B, Guillén-Navarro K, Huerta E, Cuevas R, Calixto-Romo MA. 2018. Enzymatic dynamics into the *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) gut during vermicomposting of coffee husk and market waste in a tropical environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 1576-1586.
- Orozco FH, Cegarra J, Trujillo LM, Roig A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and fertility of soils*, 22:162-166.
- Ouda BA, Mahadeen AY. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). *International Journal of Agriculture and biology*, 10(6), 627-632.
- Özkan ŞG, Tuncer G. 2001. Pomza madenciliğine genel bir bakış. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- Pérez-Urrestarazu L, Fernández-Cañero R, Campos-Navarro P, Sousa-Ortega C, Egea G. 2019. Assessment of perlite, expanded clay and pumice as substrates for living walls. *Scientia horticulturae*, 254, 48-54.
- Rezaeinejad R, Khademi H, Ayoubi S, Mosaddeghi MR. 2021. Roots under water stress induce K release from phlogopite, bio-transforming to vermiculite. *Rhizosphere*, 17, 100310.
- Rostami, M, Koocheki AR, Mahallati MN, Kafi M. 2008. Evaluation of chlorophyll meter (SPAD) data for prediction of nitrogen status in corn (*Zea mays* L.). *American-Eurasian Journal Agriculture Science*, 3(1), 79-85.
- Sahin U, Anapali O. 2006. Addition of pumice affects physical properties of soil used for container grown plants. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71(2), 59-64.
- Shinde R, Sarkar PK, Thombare N. 2019. Soil conditioners. *Agriculture and Food: e-newsletter*, 1(10), 1-5.
- Shinzato MC, Wu LF, Mariano TO, Freitas JG, Martins TS. 2020. Mineral sorbents for ammonium recycling from industry to agriculture. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 13599-13616.
- Silva DRG, Spehar CR, Marchi G, Soares DDA, Cancellier EL, Martins EDS. 2014. Yield, nutrient uptake and potassium use efficiency in rice fertilized with crushed rocks. *Africa Journal Agricultural Research*, 9, 455-64.
- SPSS, 2018. IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Tangolar S, Tangolar S, Torun AA, Ada M, Aydın O. 2019. Bağ toprağına uygulanan organik materyallerin verim, kalite ve besin elementleri almına etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 135-140.
- Tiessen HJWB. 1993. Characterization of available P by sequential extraction. *Soil sampling and methods of analysis*.
- Tomati U, Grappelli A, Galli E. 1987. The presence of growth regulators in earthworm-worked wastes. In *On earthworms. Proceedings of international symposium on earthworms. Selected symposia and monographs, Unione Zoologica Italiana* (Vol. 2, pp. 423-435).
- Turhan E, Sevgican A. 1999. Effects of different growing media on greenhouse lettuce grown in soilless culture. In *International Symposium Greenhouse Management for Better Yield and Quality in Mild Winter Climates*, Antalya.
- Yang X, Feng Y, Zhang X, Sun M, Qiao D, Li J, Li X. 2020. Mineral soil conditioner requirement and ability to adjust soil acidity. *Scientific Reports*, 10(1), 18207.
- Yörük E, Eren E, Hazneci E, Özer H, Gülser C. 2024. Potential Use of Postharvest Tomato Wastes as a Growing Media in Soilless Culture. *Compost Science & Utilization*, 31(1-2), pp.1-8.
- Zhang H, Tan SN, Teo CH, Yew YR, Ge L, Chen X, Yong JWH. 2015. Analysis of phytohormones in vermicompost using a novel combinative sample preparation strategy of ultrasound-assisted extraction and solid-phase extraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Talanta*, 139, 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.02.052>.