



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Biyokömür ve Çiftlik Gübresi Uygulamalarının Ispanakta Bazı Büyüme ve Gelişme Parametreleri Üzerine Etkileri

Aynur SADAK TURHAN^{*1,2}, Suat SENSOY^{1,3}, Esra KINA⁴

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 65080, Van, Türkiye

²Dicle Üniversitesi, Diyarbakır Tarım Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 65080, Van, Türkiye

⁴Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 65080, Van, Türkiye

Aynur SADAK TURHAN, ORCID No: 0000-0002-5865-6497, Suat ŞENSOY, ORCID No: 0000-0001-7129-6185, Esra KINA, ORCID No: 0000-0001-6728-3453

*Sorumlu yazar e-posta: aynuursadak@gmail.com

Makale Bilgileri

Geliş: 28.07.2024
Kabul: 13.11.2024
Online Aralık 2024

DOI:10.53433/yyufbed.1523642

Anahtar Kelimeler

Biyokömür,
Büyüme ve gelişme,
Çiftlik gübresi,
Ispanak,
Organik gübre

Öz: Van ekolojik koşullarında biyokömür ve çiftlik gübresi uygulamalarının ıspanakta bazı büyüme ve gelişme parametreleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla iki yıl boyunca sonbahar ve ilkbahar dönemlerinde yürütülen bu çalışmada, Matador ıspanak çeşidi kullanılmıştır. Uygulama olarak; kontrol ve kimyasal gübre (KG) (N:P:K: 12kg:8kg:12kg) uygulamasının yanında, KG'ye ilave edilen 3 farklı çiftlik gübresi (1, 2 ve 3 ton koyun gübresi/da) uygulaması ve KG'ye ilave edilen 3 farklı biyokömür (100, 200 ve 300 kg meşe odun kömürü/da) uygulaması yer almaktadır. Tesadüf parselleri deneme bloklarına göre dizayn edilen denemede, 8 gübre uygulaması, 2 tohum ekim dönemi (sonbahar dönemi (15 ekim) ve ilkbahar dönemi (15 mart) 3 tekerrürlü olarak toplamda 48 uygulama parseli oluşturulmuştur. Parsellere tohum ekimi çizi usulü ile yapılmıştır. Ispanakta incelenen bazı parametreler (sürgün yaş ağırlığı (g), sürgün kuru ağırlığı (g), bitki boyu (cm), yaprak kalınlığı (mm), gövde çapı (mm), sapa kalma oranı (%) ve toplam verim (kg/da)) doğrultusunda kullanılan gübre uygulamalarının istatistiki olarak önemli sonuçlar verdiği; Çiftlik gübresi 3 ton/da + kimyasal gübre uygulaması, en yüksek sürgün yaş ağırlığı (293.52 g), sürgün kuru ağırlığı (28.77 g), bitki boyu (37.25 cm), gövde çapı (9.33 mm) ve toplam verim (1502.9 kg/da) değerlerine ulaşırken, kontrol uygulamasının tüm bu parametrelerde en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Gübre uygulamaları arasında gözlenen farklılıklar, çiftlik gübresi uygulamalarında doz arttıkça bitki gelişimi ve verimde önemli artışların elde edildiğini göstermektedir. Ayrıca, biyokömür gübresinin de organik bir materyal olarak kullanılabilceği düşünülmektedir.

Effects of Biochar and Farmyard Manure Applications on Some Growth and Development Parameters in Spinach

Article Info

Recieved: 28.07.2024
Accepted: 13.11.2024
Online December 2024

DOI:10.53433/yyufbed.1523642

Keywords

Biochar,

Abstract: In this study carried out for two years in autumn and spring periods in order to determine the effects of biochar and farmyard manure applications on some growth and development parameters in spinach in Van ecological conditions, Matador spinach variety was used. As applications; in addition to control and chemical fertilizer (CF) (N:P:K: 12kg:8kg:12kg), 3 different farm manure (1, 2 and 3 tons sheep manure/da) applications added to CF and 3 different biochar (100, 200 and 300 kg oak wood charcoal/da) applications added to CF were included. In the experiment designed according to randomized plots trial blocks, a total of 48 application plots were created as 8 fertilizer applications, 2

Farmyard manure,
Growth and development,
Organic fertilizer,
Spinach

seed sowing periods (autumn period (15 October) and spring period (15 March)) with 3 replications. Seed sowing was done in the plots by scribe method. It was determined that the fertilizer applications used in spinach gave statistically significant results in terms of some parameters examined (shoot fresh weight (g), shoot dry weight (g), plant height (cm), leaf thickness (mm), stem diameter (mm), rate of bolting (%) and total yield (kg/da)); and the application of 3 tons/da of farmyard manure combined with chemical fertilizer achieved the highest values for fresh shoot weight (293.52 g), dry shoot weight (28.77 g), plant height (37.25 cm), stem diameter (9.33 mm), and total yield (1502.9 kg/da), while the control treatment had the lowest values for all these parameters. The observed differences among fertilizer treatments indicate that increasing doses of farmyard manure significantly enhance plant growth and yield. In addition, it is thought that biochar fertilizer can also be used as an organic material.

1. Giriş

Dünya beslenmesinde sebze tarımının önemi gün geçtikçe artmaktadır. Sebzelelerin tüketimi, insan sağlığı açısından içerdiği mineral madde ve vitaminler bakımından oldukça önemlidir (Kılavuz & Erdem, 2019). Tarımsal üretiminde, gübrelemenin ayrı bir önemi bulunmaktadır. Tarımsal üretimde toprakta istenilen mineral maddeler bulunmazsa veya yanlış bir gübreleme uygulanırsa tarımsal üretim kalitesi ve verim olumsuz etkilenir. Türkiye'de sebze yetiştiriciliğinde kimyasal gübreler yaygın olarak kullanılmaktadır. Sebze yetiştiriciliğinde kimyasal gübrelerin yerine organik gübrelerin kullanılması gerekir. Yaygın olarak organik gübrelerin kullanılması, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği ve ekolojik dengeyi sağlayacaktır (Adiloğlu & Eraslan, 2012). Organik gübreler, doğal dengeyi korumak için kullanılan bitkisel ve hayvansal kaynaklı ürünlerdir. Organik gübreler, sürdürülebilir tarıma katkıda bulunan gübrelerdir ve tarımsal üretim için önemi ve kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Tarımsal üretimde organik gübrelerin kullanılması, tarım topraklarının iyileştirilmesini ve düşük maliyetle verim ve kalitenin artırılmasını sağlamaktadır. Organik gübreler; organik maddeler ve çeşitli mikroorganizmalar içerir. Böylece organik gübreler tarım topraklarının fiziksel, biyolojik ve kimyasal özelliklerini iyileştirmektedir (Kacar & Katkat, 2007). Organik gübreler, toprağın organik maddesini artırarak, yapısını geliştirerek ve fiziksel özelliklerini düzenleyerek toprağın yapısını iyileştirir. Organik gübrelerin tek başına ya da inorganik gübrelerle birlikte kullanılması son derece önemlidir (Asri ve ark., 2011; Özkan ve ark., 2013; Lescheva & Ivolga, 2015; Dong ve ark., 2016). Çiftlik gübresi, büyükbaş ve küçükbaş hayvanların dışkılarından elde edilir ve toprağa organik madde sağlamak için kullanılır (Schoenau, 2006; Göksu & Kuzucu, 2017). Çiftlik gübresi, toprak üzerinde sızma oranını azaltır, su tutma kapasitesini artırır, toprak sıcaklığını ve besin içeriğini artırır ve toprakta bulunan mikroorganizma faaliyetlerini artırır (Kacar & Katkat, 2007). Ayrıca, organik gübrelerin kimyasal gübrelerle birlikte uygulanmasının toprak verimliliği üzerindeki etkileri olduğu belirtilmektedir (Gürel, 2024).

Organik gübre olarak kullanılan biyokömür, organik gübre ve organik materyal parçaları gibi biyokütlelerin kapalı, havasız veya az oksijenli bir ortamda yakılması yoluyla elde edilen karbon açısından zengin ve yüksek miktarda mineral içeren bir toprak düzenleyicisidir (Blackwell ve ark., 2009; Lehmann & Joseph, 2009; Günel & Erdem, 2018). Bir başka organik gübre olarak kullanılan biyokömür, karbon açısından zengin ve yüksek miktarda mineral içeren bir toprak düzenleyicisidir. Bu, organik gübre ve organik materyal parçaları gibi biyokütlelerin kapalı, havasız veya az oksijenli bir ortamda yakılması yoluyla elde edilir (Blackwell ve ark., 2009; Lehmann & Joseph, 2009; Günel & Erdem, 2018). Organik gübreler ve biyokömür uygulamaları, toprak verimliliğini artırarak bitki gelişimini desteklemekte ve özellikle inorganik gübrelerin etkin kullanımını iyileştirerek sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlamaktadır (Mounirou ve ark., 2020). Rasheed ve ark. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, nanobiyokömür uygulamasının, tuzluluk ve kuraklık stresi altındaki ıspanak bitkilerinin büyüme dinamikleri ve antioksidatif yanıtları üzerinde önemli iyileşmeler sağladığı bildirilmektedir. Küresel iklim değişikliğinin, toprak bakteriyel topluluk yapısını ve bitkilerin besin elementi kullanımını değiştireceği öngörülmektedir. Biyokömür uygulamaları ise, toprak bakteriyel yapısını ve besin kullanımı verimliliğini iyileştirerek bitki büyümesini destekleyebilmektedir (Ahmad ve ark., 2024). Biyokömür ve kompostun ayrı ayrı veya birlikte toprak iyileştirici olarak kullanılması,

toprak kalitesini artırmak ve bitki gelişimini desteklemek açısından büyük faydalar sağlamaktadır (Pandey ve ark., 2024). Son yıllarda biyokömür, toprak düzenleyici olarak çevresel kirliliği azaltmak ve tarımsal atıkları değerlendirmek amacıyla tarımsal üretimde yaygın olarak kullanılmaktadır (Keskinaslan ve ark., 2023).

Serin iklim sebzesi olarak adlandırılan ıspanak, yaprağı yenilen ve tohumla yetiştirilen tek yıllık bir sebze türüdür. Türkiye'nin ıspanak üretimi 230.000 tona ulaşarak bir önceki yıla göre %5.37'lik bir artış göstermiş ve bu durum, Türkiye'yi küresel ıspanak üretiminde Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nin ardından üçüncü sıraya yerleştirmektedir (FAOSTAT, 2022). Ispanak, Türkiye'de geniş bir coğrafyada yetiştirilen ve yüksek besin değeri ile öne çıkan bir sebze olup, özellikle İç Anadolu, Marmara ve Ege bölgelerinde yoğun olarak üretilmektedir. Yüksek demir, vitamin ve mineral içeriği sayesinde beslenmede önemli bir yer tutan ıspanak, hem taze tüketimi hem de çeşitli yemeklerde kullanımıyla sağlıklı bir diyetin vazgeçilmez parçalarından biridir. Ispanak, sıcak iklimlerde yaz sonları ve kış, soğuk iklimlerde kış ve ilkbaharda yetiştirilir (Sağlam, 2005; Şensoy ve ark., 2011; Bozoğlu & Tepe, 2023). Ispanak üretimi, tohum ekiminden hasat dönemine kadar geçen kısa süre nedeniyle yaygındır (Şalk ve ark., 2008; Bozoğlu & Tepe, 2023).

Ispanak gibi hızla büyüyen ve nitrat birikimi riski taşıyan sebzelerde organik gübre kullanımının, hem bitki sağlığı hem de insan sağlığı açısından önemli faydaları bulunmaktadır. Organik gübreler, toprak verimliliğini artırarak bitkilerin daha sağlıklı büyümesini sağlar, aynı zamanda nitrat seviyelerinin kontrol altında tutulmasına yardımcı olur. Nitrat birikimi, özellikle sağlığa zararlı olabilecek düzeylere ulaştığında, organik gübreleme yöntemi bu birikimin engellenmesine yardımcı olabilir. Bunun yanı sıra organik gübreler, toprağın su tutma kapasitesini artırarak, sürdürülebilir tarım uygulamalarına da katkı sağlamaktadır (Abdolahi Arshad ve ark., 2024). Rasheed ve ark. (2024) tarafından yapılan araştırmaya göre, 3% nanobiyokömür uygulaması, ıspanak bitkilerinin büyümesini, yaprak alanını, fotosentetik pigmentlerini ve besin içeriğini önemli ölçüde artırmış, özellikle kuraklık ve tuzluluk stres koşullarında antioksidan savunma mekanizmalarını güçlendirmiş ve bitkilerin membran stabilitesini iyileştirerek, lipid peroksidasyonunu ve elektrolit sızıntısını azaltmıştır, bu da nanobiyokömürün ıspanak yetiştiriciliğinde stres toleransını ve besin alımını artırmak için umut verici bir strateji olduğunu göstermektedir. Ispanak yetiştiriciliğinde organik gübre olarak bilinen biyokömür kullanımı, kimyasal gübre kullanımını azaltarak toprak kirliliğinin önüne geçilmesine ve insan sağlığını tehlikeye atmayacak kaliteli ürünler yetiştirmeye olanak sağlayabilecektir. Ürün verimini artırmanın yanı sıra çevresel sorunları önleyebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı, Van koşullarının çeşitli ekim dönemlerinde ıspanakta bitki büyüme ve gelişme üzerinde inorganik kimyasal gübre kullanımına organik gübre takviyesi olarak çiftlik gübresi ve biyokömür kullanımının bitki büyüme ve gelişme üzerindeki etkilerini belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada bitkisel materyal olarak Matador (Sunagri Tohumculuk) ıspanak çeşidi kullanılmıştır. Matador ıspanak çeşidi, geniş yapraklara sahip bir çeşittir. Yaprakları dolgun, kısa saplı, koyu yeşil renkte, pürüzsüz ve oval uçludur. Hızlı bir şekilde gelişir ve toprak yüzeyinde yayvan bir görünüm sergiler. Ülke genelinde yaygın olarak ekimi yapılmaktadır. Verimli bir çeşit olup, soğuk hava ve nakliye karşı dayanıklıdır. Gübre olarak, 2 farklı organik gübre (çiftlik gübresi (koyun gübresi) ve biyokömür (meşe odun kömürü) ve 1 kimyasal gübre (12:8:12 N:P:K, potasyum sülfat ve amonyum sülfat formlarında) olmak üzere 3 farklı gübre kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Çalışma, Van ilinde iki yıl boyunca farklı ekim dönemlerinde [(2020 sonbahar - 2021 ilkbahar dönemi) - (2021 sonbahar - 2022 ilkbahar dönemi)] gerçekleştirilmiştir. Van YYÜ Kampüs alanındaki parsellerde yürütülen bu çalışma dönemlerine ait iklim verileri Çizelge 1'de ve parsellerin toprak özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Tesadüf blokları deneme desenine göre dizayn edilen çalışmada, 2 tohum ekim dönemi (15 Ekim ve 15 Mart), 8 gübre uygulaması ve 3 tekerrürlü olarak 2×2 m² ebadında tavalarda şeklinde hazırlanmış ve toplamda 48 parsel oluşturulmuştur. 48 parselin yarısı (24 parsel)

İlkbahar dönemi uygulaması diğer yarısı (24 parsel) ise sonbahar dönemi uygulaması olarak seçilmiştir. Her iki yılda da aynı parseller çakılı düzende kullanılmıştır. Gübre olarak, bir inorganik kimyasal gübre (N:P:K 12:8:12) ve iki farklı organik gübre [biyokömür (meşe odun kömürü) - çiftlik gübresi (koyun gübresi)] olmak üzere üç farklı gübreleme yapılmıştır. Sonbahar ve ilkbahar dönemi uygulama gruplarına her parselde ek bir üst gübre olarak amonyum sülfat ve potasyum sülfat formlarında 4 kg N/da: 4 kg K₂O/da üst gübreleme yapılmıştır. Uygulanan gübre dozları olarak; kontrol uygulaması (hiç gübre verilmeyen), çiftlik gübresi (1, 2 ve 3 ton/da) + kimyasal gübre, biyokömür (100, 200 ve 300 kg/da) + kimyasal gübre ve kimyasal gübre (12kg:8kg:12kg) N:P:K olarak uygulanmıştır. Gübrelemede, her dönem tohum ekiminden yaklaşık olarak bir hafta önce kompose kimyasal gübre ve çiftlik gübresi ike biyokömür taban gübresi olarak uygulanmıştır. Parsellere tohum ekimi çizi usulü ile 2.5 kg/da oranında yapılmıştır. Her bir parselde (4m² lik alan) 8 sıra oluşturulmuş ve 8 sıraya eşit bir şekilde tohum ekimi yapılmıştır. Sulama, ilkbahar döneminde yağmurların azalmasıyla, sonbahar döneminde ise yağmurlar başlayıncaya kadar her sulamada her parselde eşit miktarda (~20 litre) su uygulanmıştır.

Çizelge 1. Van ili iklim değerleri (Anonim, 2022)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2020												
Ortalama sıcaklık (C°)				8.6	14.5	19.3	23.0	21.6	20.1	13.3	6.7	1.4
Ortalama nispinem (%)	74.5	77.1	72.5	65.4	54.0	44.4	46.4	44.5	41.3	53.0	65.4	71.5
Toplam yağış (mm/kg/m ²)	50.3	79.9	44.3	51.8	27.8	13.7	17.6	10.0	5.6	1.8	12.8	27.7
Ortalama rüzgâr hızı (m/sn)	0.9	1.2	1.6	1.7	2.2	2.0	1.8	1.7	1.5	2.1	2.5	2.4
2021												
Ortalama sıcaklık (C°)				11.0	15.0	21.4	22.2	23.8	19.1	12.6	6.1	0.6
Ortalama nispinem (%)	65.7	71.9	67.5	51.9	46.9	33.3	38.8	37.8	42.0	54.9	74.5	74.9
Toplam yağış (mm/kg/m ²)	23.3	29.7	60.9	7.5	13.2	0.0	0.0	7.5	16.3	37.8	21.2	8.6
Ortalama rüzgâr hızı (m/sn)	2.7	2.4	2.8	3.0	2.7	2.8	3.2	2.7	2.5	2.5	2.5	3.0
2022												
Ortalama sıcaklık (C°)				10.0	12.4	20.7	-	-	-	-	-	-
Ortalama nispi nem (%)	80.4	81.4	76.0	63.3	68.0	47.3	-	-	-	-	-	-
Toplam yağış (mm/kg/m ²)	68.1	26.1	39.1	16.2	42.8	7.5	-	-	-	-	-	-
Ortalama rüzgâr hızı (m/sn)	3.2	2.5	2.7	2.7	2.8	2.6	-	-	-	-	-	-

Çizelge 2. Çalışma alanı toprağının 2020 yılı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Toprak özellikleri		
pH	8.47	Alkali
Kireç	% 8.14	Orta kireçli
Organik madde miktarı	% 1.05	Düşük
EC	0.218 ds/m	Tuzsuz
K	51.64 ppm	Çok az
Mg	57.98 ppm	Az
Ca	337.53 ppm	Az

Çalışmada organik gübre olarak, 2 farklı gübre [biyokömür (meşe odun kömürü) ve çiftlik gübresi (koyun gübresi)] kullanılmıştır. Çalışma başlamadan önce her gübreden 500 gram alınarak organik gübre analizleri (EC, pH, karbon/azot tayini, suda çözünür potasyumoksit, toplam N, Cu, Fe, Zn, Mn, Ca, Mg ve Na) Martest Analiz Laboratuvarında [Kacar ve Kütük \(2010\)](#)'a göre yapılmıştır. Biyokömür gübre analizi Çizelge 3'te ve koyun gübresi analizi Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Biyokömür gübre analiz sonuçları

Biyokömür gübresi	
pH	8.97
Suda çözümlü potasyumoksit	% 0.12
Toplam azot	% 0.55
Elektriksek iletkenlik (EC)	0.41 ds/m
Organik karbon	% 3.47
Karbon/azot tayini (C/N)	% 6.31
Bakır (Cu)	28.96 mg/kg
Demir (Fe)	<0.01 mg/kg
Çinko (Zn)	15.76 mg/kg
Mangan (Mn)	1.44 mg/kg
Kalsiyum (Ca)	407.2 mg/kg
Magnezyum (Mg)	69.68 mg/kg
Sodyum (Na)	349.3 mg/kg

Çizelge 4. Koyun gübresi analiz sonuçları

Koyun gübresi	
pH	7.33
Suda çözümlü potasyumoksit	% 1.02
Toplam azot	% 0.86
Elektriksek iletkenlik (EC)	4.52 ds/m
Organik karbon	% 7.92
Karbon/azot tayini (C/N)	% 9.21
Bakır (Cu)	29.68 mg/kg
Demir (Fe)	349.6 mg/kg
Çinko (Zn)	26.12 mg/kg
Mangan (Mn)	5.53 mg/kg
Kalsiyum (Ca)	2539 mg/kg
Magnezyum (Mg)	617.5 mg/kg
Sodyum (Na)	2343 mg/kg

Fide büyüme ve gelişme parametreleri:

2.2.1. Sürgün yaş ağırlığı (g)

4 m²'lik parsellerden rastgele seçilen 15 adet ıspanak bitkisi hassas terazide tartılarak sürgün yaş ağırlık değerleri elde edilmiştir. Bu değer bitki sayısına bölünerek sürgün yaş ağırlıkları elde edilmiştir.

2.2.2. Sürgün kuru ağırlığı (g)

Sürgün yaş ağırlığı için sökülen bitkiler 3 gün açıkta serilerek bekletilmiş ve daha sonra bu örnekler kese kâğıtlarına bırakılarak 65 °C etüvde 48 saat boyunca sabit ağırlığa kadar kurutulmuştur. Elde edilen bu örnekler hassas bir terazide tartılarak sürgün kuru ağırlık değerleri elde edilmiştir.

2.2.3. Bitki boyu (cm)

Ispanak en uzun yaprak boyu bir cetvel yardımı ile ölçülerek bitki boyu belirlenmiştir.

2.2.4. Yaprak kalınlığı (mm)

Ispanakta en uzun yaprağın orta kısmının kalınlığı dijital bir kumpas yardımıyla ölçülerek belirlenmiştir.

2.2.5. Gövde çapı (mm)

Ispanakta gövde çapı dijital bir kumpas ölçülerek belirlenmiştir.

2.2.6. Sapa kalma oranı (%)

Parseldeki sapa kalkan bitki sayısının toplam bitki sayısına oranıdır.

2.2.7. Toplam verim (kg/da)

Ispanak bitkilerinin hasat edildikten sonraki toplam ağırlığının kg/dekara çevrilmesiyle elde edilmiştir.

2.3. İstatistik analiz

Çalışmada varyans analizi için IBM SPSS 21.0 paket programı kullanılmıştır (SPSS, 2020). Bu program, farklı uygulamaların ortalamalarından elde edilen verileri karşılaştırmak için kullanılmıştır. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, istatistiksel açıdan önemli olan ortalamalar arasındaki farklılıklar gruplandırılmıştır. Ortalamalarda elde edilen standart sapma değerleri, \pm işareti ile birlikte belirtilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmanın amacı, ıspanak bitkilerinde biyokömür ve çiftlik gübresi uygulamalarının büyüme ve gelişme üzerindeki etkilerini incelemektir. Hasat edilen ıspanak bitkilerinde bazı parametreler incelenmiştir. Bunlar; sürgün yaş ağırlığı (g), sürgün kuru ağırlığı (g), bitki boyu (cm), yaprak kalınlığı (mm), gövde çapı (mm), sapa kalma oranı (%) ve toplam verim (kg/da) aşağıdaki Çizelge 5 - 7'de belirtilmiştir.

Sürgün yaş ağırlığında gübre uygulamaları arasındaki farklar ve dönem x gübre uygulamaları interaksyonu istatistiksel açıdan ($P \leq 0.05$) önemli bulunmuştur. Çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübre uygulamasında (Ç3) en yüksek sürgün yaş ağırlığı ortalaması 293.52 g olurken, en düşük ortalama değerin ise 51.36 g ile kontrol uygulamasında (K0) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Sürgün kuru ağırlığında gübre uygulamaları arasındaki farklar istatistiksel açıdan ($P \leq 0.05$) önemli bulunmuştur. Dönem x gübre uygulamaları interaksyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübre uygulaması (Ç3) en yüksek değerin (28.77 g) olduğu uygulama olurken, kontrol uygulaması (K0) en düşük ortalama değerin (4.79 g) olduğu uygulama grubu olarak belirlenmiştir (Çizelge 5). Gübre uygulamalarından elde edilen değerler, sürgün yaş ve sürgün kuru ağırlığının kontrol uygulamalarına göre önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Çalışmada, çiftlik gübresi uygulamalarından en yüksek sürgün yaş ve sürgün kuru ağırlık değerleri elde edilmiştir. Çiftlik gübresi dozu arttıkça sürgün yaş ve sürgün kuru ağırlık değerlerinde de artışlar olduğu belirlenmiştir. Her iki parametreye de uygulanan uygulamalar benzer sonuçlar vermektedir. Kontrol uygulaması (K0) en düşük değerin elde edildiği uygulama olurken, çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübre (Ç3) ise en yüksek değerin elde edildiği uygulama olarak belirlenmiştir. Biyokömür 300 kg/da+kimyasal gübre uygulamasının (B3) çiftlik gübresi 1 ton/da+kimyasal gübre uygulamasına (Ç1), Kimyasal gübre uygulamasının (K1) ise biyokömür 1 ton/da+kimyasal gübre uygulamasına (B1) yakın değerlerinin olduğu tespiti yapılmıştır. Bu çalışmanın önceki araştırmalarla uyumlu olduğu ortaya çıkmaktadır. Ispanak yetiştiriciliğinde çiftlik gübresi kullanmanın etkisi üzerine yapılan bir araştırmada, çiftlik gübresi uygulamasının, kontrol ve kimyasal gübre uygulamalarına göre bitki yaş ve bitki kuru ağırlığı değerlerinde daha yüksek olduğu tespit edilmiş; çiftlik gübresi uygulamasında en yüksek bitki yaş ve bitki kuru ağırlığı değerlerinin olduğu saptanmıştır (Sato ve ark., 2010). Çiftlik gübresi ve vermikompostun ıspanak bitkisindeki etkileri incelenen bu çalışmada, bitki yaş ve bitki kuru ağırlığında çiftlik gübresi ve vermikompostu uygulamasının, kontrol uygulamasına göre daha yüksek değerlerin olduğu tespit edilmiştir (Çıtak ve ark., 2011). Başka bir çalışmada ise tavuk gübresinin ıspanağa etkisine bakılmış ve bitki yaş ve bitki kuru ağırlığında kontrole göre önemli oranda artışların olduğu saptanmıştır (Mufwanzala & Dikinya, 2010).

Bitki boyunda gübre uygulamaları arasındaki farklar istatistiksel açıdan ($P \leq 0.05$) önemli bulunmuştur. Dönem x gübre uygulamaları interaksyonu istatistiksel olarak önemsizdir. Çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübre uygulamasında (Ç3) en yüksek bitki boyu ortalaması 37.25 cm olurken, en düşük ortalama değerin ise 9.83 cm ile kontrol uygulamasında (K0) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çalışmada en yüksek bitki boyu değerleri çiftlik gübresi uygulamalardan elde edilmiştir. Doz miktarı arttıkça bitki boyu değerlerinde de nispeten artışlar olmaktadır. Çiftlik gübresinin ıspanak yetiştiriciliğine etkisi incelenen bir çalışmada, bitki boyu değerleri incelenmiş ve çiftlik gübresi uygulamasının, kontrol göre daha yüksek değerlerin olduğu belirlenmiş; en yüksek bitki boyu değerinin çiftlik gübresi uygulamasında olduğu tespit edilmiştir (Sato ve ark., 2010). Bir başka çalışmada, ise tavuk gübresinin ıspanak bitkisine etkisine bakılmış ve bitki boyunda tavuk gübresi uygulamasında, kontrol uygulamasına göre önemli oranda artışların olduğu saptanmıştır (Mufwanzala & Dikinya, 2010).

Çizelge 5. Biyokömür ve çiftlik gübresi uygulamalarının ıspanak bitkisine etkisi

Sürgün yaş ağırlığı (g/bitki)			
Uygulamalar	1.Yıl	2.Yıl	Yıllar ortalaması
K0	46.75 ± 19.14 e*	55.96 ± 16.20 e	51.36 ± 17.4 E*
K1	100.01 ± 53.56 de	125.31 ± 70.17 d	112.6 ± 6.52 D
B1	120.78 ± 35.96 d	184.23 ± 82.72 c	152.5 ± 59.29 CD
B2	139.46 ± 31.94 cd	212.78 ± 75.95 bc	176.12 ± 53.9 CD
B3	152.45 ± 26.75 cd	241.86 ± 70.23 b	197.15 ± 48.25 C
Ç1	186.16 ± 20.74 c	274.01 ± 78.87 b	230.09 ± 49.7 BC
Ç2	213.33 ± 10.98 bc	308.05 ± 78.10 b	260.69 ± 44.30 B
Ç3	240.15 ± 4.97 b	346.90 ± 83.43 a	293.52 ± 41.61 A
Sürgün kuru ağırlığı (g/bitki)			
K0	4.00 ± 1.92 öd	5.58 ± 2.26 öd	4.79 ± 2.06 D*
K1	9.32 ± 5.47	11.09 ± 5.46	10.21 ± 5.43 CD
B1	11.31 ± 4.15	15.27 ± 6.02	13.29 ± 5.08 C
B2	13.16 ± 3.32	19.40 ± 6.95	16.28 ± 5.13 BC
B3	14.08 ± 3.37	23.26 ± 8.35	18.64 ± 5.85 BC
Ç1	17.79 ± 2.63	27.26 ± 10.28	22.53 ± 6.45 B
Ç2	19.83 ± 0.97	31.47 ± 10.01	25.65 ± 5.45 B
Ç3	21.64 ± 1.22	35.89 ± 9.22	28.77 ± 5.19 A
Bitki boyu (cm)			
K0	9.16 ± 4.26 öd	10.50 ± 4.23 öd	9.83 ± 4.20 E*
K1	12.00 ± 4.85	14.00 ± 3.16	13.00 ± 3.96 D
B1	19.00 ± 6.29	23.50 ± 8.34	21.25 ± 7.24 C
B2	21.33 ± 6.59	27.00 ± 9.27	24.17 ± 7.92 BC
B3	24.50 ± 6.83	32.33 ± 9.20	28.42 ± 8.02 B
Ç1	28.83 ± 4.75	34.50 ± 8.26	31.67 ± 6.43 B
Ç2	31.00 ± 4.04	37.50 ± 8.26	34.25 ± 6.15 AB
Ç3	33.66 ± 4.41	40.83 ± 7.94	37.25 ± 6.15 A
Yaprak kalınlığı (mm)			
K0	0.21 ± 0.04 öd	0.29 ± 0.05 öd	0.25 ± 0.04 D*
K1	0.25 ± 0.05	0.33 ± 0.04	0.29 ± 0.05 CD
B1	0.33 ± 0.11	0.38 ± 0.09	0.36 ± 0.10 C
B2	0.39 ± 0.10	0.44 ± 0.13	0.42 ± 0.12 BC
B3	0.43 ± 0.08	0.48 ± 0.12	0.46 ± 0.10 B
Ç1	0.47 ± 0.07	0.53 ± 0.10	0.50 ± 0.09 B
Ç2	0.51 ± 0.08	0.58 ± 0.08	0.55 ± 0.08 A
Ç3	0.55 ± 0.05	0.60 ± 0.08	0.58 ± 0.07 A
Gövde çapı (mm)			
K0	2.78 ± 0.71 öd	3.80 ± 0.66 öd	3.29 ± 0.69 C*
K1	3.31 ± 0.72	4.41 ± 0.63	3.86 ± 0.67 C
B1	4.71 ± 1.70	5.72 ± 1.55	5.21 ± 1.61 BC
B2	5.67 ± 2.05	6.99 ± 2.26	6.33 ± 2.15 B
B3	5.91 ± 2.03	7.94 ± 2.99	6.93 ± 2.51 B
Ç1	7.19 ± 2.08	8.73 ± 3.08	7.96 ± 2.58 B
Ç2	7.68 ± 2.07	9.97 ± 3.51	8.83 ± 2.79 AB
Ç3	7.93 ± 2.19	10.73 ± 3.56	9.33 ± 2.88 A

*: P≤0.05 düzeyinde önemli, öd: İstatistiksel olarak önemli değil, veriler ± standart sapmalar olarak ifade edilmiştir. Kontrol: K0, Kimyasal gübre (KG): K1, Biyokömür 100kg/da+K1: B1, Biyokömür 200kg/da+K1: B2, Biyokömür 300kg/da+K1: B3, Çiftlik gübresi 1ton/da+K1: Ç1, Çiftlik gübresi 2ton/da+K1: Ç2, Çiftlik gübresi 3ton/da+K1: Ç3

Yaprak kalınlığında gübre uygulamaları arasındaki farklar istatistiksel açıdan (P≤0.05) önemli bulunmuştur. Yaprak kalınlığından elde edilen değerler arasında farklılıklar olmasına rağmen, dönem x gübre uygulamaları interaksyonu istatistiksel olarak önemsizdir. Çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal (Ç3) gübre uygulamasında en yüksek yaprak kalınlığı ortalaması 0.58 mm olurken, en düşük ortalama değer

ise 0.25 mm ile kontrol (K0) uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Yaprak kalınlığı değerlerine göre kontrol uygulamasının, gübre uygulamalarına göre azalış gösterdiği ve daha önceki çalışmalarla uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Vermikompostun ıspanak bitkisinde verim ve kaliteye etkisi belirlenmek amacıyla yapılan bir çalışmada, yaprak kalınlığı değerleri elde edilmiş; Vermikompost (0, 1, 2, 3, 4 ve 5 ton/da) uygulamalarının, kontrol uygulamalarına göre yaprak kalınlığı değerlerinin daha yüksek olduğu belirtilmiş en yüksek değer olduğu uygulama vermikompost 5 ton/da olduğu belirtilmiştir (Özkan ve ark., 2016). İnorganik ve organik gübrelerin ıspanakta büyüme ve gelişme üzerine etkileri incelenen çalışmada en yüksek yaprak kalınlığı değerlerinin, organik gübre ile kimyasal gübrenin birlikte uygulandığı uygulamadan elde edildiği tespit edilmiştir (Citak & Sonmez, 2010). Organik çay atıkları ve ahır gübresinin ıspanakta verim üzerine etkileri çalışılan başka bir çalışmada, kontrole göre en yüksek yaprak kalınlığı değerlerinin çay ve gübre karışımı uygulamada olduğu öne çıkmaktadır (Karataş & Büyükdinç, 2016).

Gövde çapında gübre uygulamaları arasındaki farklar istatistiki açıdan ($P \leq 0.05$) önemli bulunmuştur. Dönem x gübre uygulamaları etkileşimi istatistiki olarak önemsizdir. Çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübre uygulamasında (Ç3) en yüksek gövde çapı ortalaması 9.33 mm olurken, en düşük ortalama değerin ise 3.29 mm ile kontrol uygulamasında (K0) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Çalışmada en yüksek gövde çapı değerleri çiftlik gübresi uygulamalardan elde edilmiştir. Doz miktarı arttıkça gövde çapı değerlerinde de önemli artışlar olmaktadır. Gövde çapı değerleri 2.78 - 10.23 mm arasında yer almaktadır. Kontrol uygulaması (K0) en düşük değerin elde edildiği uygulama olarak tespit edilirken, çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübre uygulaması (Ç3) en yüksek değerin elde edildiği uygulama olarak belirlenmiştir. Ispanakta farklı organik kaynaklı gübre uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, en yüksek gövde çapı değerinin 7.16 mm ile çiftlik gübresi uygulamasında olduğu, en düşük gövde çapı değerinin ise 6.68 mm ile kontrol uygulamasında olduğu tespiti yapılmıştır (Yaman, 2019). Ispanağa farklı dozda uygulanan leonardit ve vermikompostun verim ve kaliteye etkisi bakılan bir çalışmada, gövde çapını gübre uygulamalarının, kontrol uygulamasına göre önemli oranda arttırdığı belirlenmiştir (Yıldız, 2019).

Sapa kalkma oranında gübre uygulamaları arasındaki farklar ve dönem x gübre uygulamaları etkileşimi istatistiki açıdan ($P \leq 0.05$) önemli bulunmuştur. Çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübre uygulamasında (Ç3) en düşük sapa kalkma oranı ortalaması %3.43 olurken, en yüksek ortalama değerin ise %20.12 ile kontrol uygulamasında (K0) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6). Çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübrenin genel anlamda en iyi sonuçların elde edildiği uygulama olarak belirlenmiştir. Gübre uygulamalarının kontrol uygulamasına göre azalış gösterdiği ve daha önceki çalışmalarla uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Ispanak, yüksek sıcaklığa maruz kalırsa sapa kalkma oranı artmaktadır. Ispanakta sapa kalkma pazarlana bilirlilik açısından istenilmeyen bir durumdur (Sağlam, 2005). Ispanak üretimi için Van ekolojik koşullarında uygun ekim döneminin (ilkbahar dönemi ve sonbahar dönemi) belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, her iki dönemde de sapa kalkma oranı sorunuyla karşılaşmıştır. Fakat sonbahar döneminden elde edilen sapa kalkma oranı değerinin, ilkbahar dönemine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şensoy ve ark., 2011). Ispanak yetiştiriciliğinde uygun tohum ekim dönemi belirlenmesi amacıyla yapılan başka bir çalışmada, iki farklı yetiştirme dönemi (sonbahar dönemi ve ilkbahar dönemi) çalışılmış ve sonbahar döneminde elde edilen sapa kalkma oranının ilkbahar dönemi ekimine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Tawfiq & Al-Sahaf, 2017).

Çizelge 7’de biyokömür ve çiftlik gübresi uygulamalarının toplam verime etkisi sunulmuştur. Sonbahar dönemine ait verilerde, biyokömür uygulamalarının, özellikle 200 kg/da ve 300 kg/da uygulama seviyelerinde, kontrol ve kimyasal gübre uygulamalarına göre belirgin bir verim artışı sağladığı görülmektedir. Çiftlik gübresi uygulamaları ise en yüksek verimi sağlayan uygulamalar olarak öne çıkmıştır. Ç3 (3 ton/da çiftlik gübresi + KG) uygulaması, toplam verimdeki en yüksek artışı (2267.60 kg/da) sağlamıştır, bu da çiftlik gübresinin toprak verimliliği üzerindeki olumlu etkilerini göstermektedir. Ayrıca, biyokömür ile kimyasal gübrenin birleşik kullanımı da verimi arttırmada etkili olmuştur.

İlkbahar döneminde ise çiftlik gübresi ve biyokömür uygulamaları arasındaki farklar yine belirgin bir şekilde gerçekleşmiştir. Ç3 (3 ton/da çiftlik gübresi + KG) uygulaması, en yüksek verimi (738.35 kg/da) sağlamış, biyokömür uygulamaları ise verim artışında daha düşük oranlar göstermiştir. Ç3 (3 ton/da çiftlik gübresi + KG) uygulaması, verimde sonbahar döneminde 2267.60 kg/da, ilkbahar döneminde 738.35 kg/da ve ortalama 1502.9 kg/da olarak ön plana çıkmıştır. Ancak, biyokömür

uygulamalarının özellikle düşük oranlarda bile verimi artırdığı, toprağın besin içeriği ve bitki büyümesini desteklediği gözlemlenmiştir.

Bu bulgular, organik gübrelerin ve biyokömürün, özellikle sürdürülebilir tarım uygulamaları kapsamında toprak verimliliğini artırmada önemli rol oynadığını ve her iki yöntemin de farklı düzeylerde etkinliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, çiftlik gübresinin daha büyük miktarlarının daha yüksek verimler sağladığı ve biyokömürün verimi artırmada daha belirgin etkiler gösterdiği bir dönemsel farklılık olduğu söylenebilir. Çalışma daha önce yapılmış olan paralel çalışmalarla uyum içerisindedir. [Ahmad ve ark. \(2024\)](#) tarafından yapılan bir çalışmada, biyokömür uygulamasının topraktaki besin maddelerini artırarak, bitki besin elementi alımını ve büyümesini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Benzer şekilde, çalışmamızda da biyokömür ve çiftlik gübresi uygulamaları ile bitki gelişiminde önemli artışlar gözlemlenmiştir.

Çizelge 6. Biyokömür ve çiftlik gübresi uygulamalarının ıspanak bitkisi sapa kalkma oranına etkisi

Sapa kalkma oranı (%)			
Uygulamalar	1.Yıl	2.Yıl	Yıllar ortalaması
K0	26.78 ± 9.58 a*	13.45 ± 4.08 bc	20.12 ± 6.83 D*
K1	19.55 ± 7.74 b	11.73 ± 4.59 bc	15.64 ± 6.16 C
B1	14.43 ± 4.56 bc	9.68 ± 4.65 c	12.06 ± 4.59 C
B2	10.08 ± 5.82 c	8.25 ± 5.08 c	9.17 ± 5.45 BC
B3	8.95 ± 4.99 c	6.63 ± 4.38 cd	7.79 ± 4.67 B
Ç1	6.25 ± 4.32 cd	5.30 ± 3.92 d	5.78 ± 4.12 AB
Ç2	4.80 ± 3.55 d	3.93 ± 3.27 de	4.37 ± 3.41 A
Ç3	3.75 ± 2.86 de	3.10 ± 2.47 de	3.43 ± 2.66 A

*: P<0.05 düzeyinde önemli, öd: İstatistiksel olarak önemli değil, veriler ± standart sapmaolarak ifade edilmiştir. Kontrol: K0, Kimyasal gübre (KG): K1, Biyokömür 100kg/da+K1: B1, Biyokömür 200kg/da+K1: B2, Biyokömür 300kg/da+K1: B3, Çiftlik gübresi 1ton/da+K1: Ç1, Çiftlik gübresi 2ton/da+K1: Ç2, Çiftlik gübresi 3ton/da+K1: Ç3

Çizelge 7. Biyokömür ve çiftlik gübresi uygulamalarının toplam verime etkisi

Toplam Verim (kg/da)			
Uygulamalar	1. Yıl (2020)	2. Yıl (2021)	Sonbahar Dönemi
	Sonbahar Dönemi	Sonbahar Dönemi	Yıllar Ortalaması
K0	499.88 ± 0.28 f*	666.60 ± 144.33 e	583.23 ± 2.15 D*
K1	625.03 ± 0.40 e	883.30 ± 14.05 de	754.18 ± 6.80 CD
B1	900.43 ± 0.45 de	1145.60 ± 89.80 d	1023.03 ± 45.2 C
B2	1250.13 ± 0.08 d	1508.28 ± 14.60 c	1379.20 ± 7.3 BC
B3	1500.13 ± 0.08 c	1675.08 ± 50.00 bc	1587.60 ± 25.5 B
Ç1	1525.20 ± 0.13 c	1943.48 ± 38.80 b	1734.33 ± 19.5 B
Ç2	1912.58 ± 0.05 bc	2204.25 ± 38.13 ab	2058.43 ± 9.1 AB
Ç3	2125.10 ± 0.08 b	2410.08 ± 56.38 a	2267.60 ± 28.3 A
Ortalama	1292.30 ± 560.05 öd	1554.58 ± 599.28	
Uygulamalar	1. Yıl (2021)	2. Yıl (2022)	İlkbahar Dönemi
	İlkbahar Dönemi	İlkbahar Dönemi	Yıllar Ortalaması
K0	87.55 ± 0.28 e*	110.10 ± 4.00 de	98.83 ± 1.90 CD*
K1	125.10 ± 0.10 de	168.43 ± 27.68 d	146.75 ± 1.31 C
B1	214.30 ± 1.50 d	251.80 ± 9.40 cd	233.18 ± 5 C
B2	292.33 ± 0.30 cd	400.70 ± 14.53 c	346.50 ± 7.2 BC
B3	400.40 ± 0.35 c	475.83 ± 0.7 bc	438.10 ± 0.43 B
Ç1	487.53 ± 0.25 bc	530.08 ± 38.65 b	508.80 ± 19.33 B
Ç2	622.90 ± 1.25 b	712.08 ± 49.85 ab	667.48 ± 7.43 AB
Ç3	675.85 ± 1.05 ab	800.88 ± 25.95 a	738.35 ± 11.45 A
Ortalama	363.23 ± 211.20 öd	431.23 ± 238.58	

*: P<0.05 düzeyinde önemli, öd: İstatistiksel olarak önemli değil, veriler ± standart sapmaolarak ifade edilmiştir. Kontrol: K0, Kimyasal gübre (KG): K1, Biyokömür 100kg/da+K1: B1, Biyokömür 200kg/da+K1: B2, Biyokömür 300kg/da+K1: B3, Çiftlik gübresi 1ton/da+K1: Ç1, Çiftlik gübresi 2ton/da+K1: Ç2, Çiftlik gübresi 3ton/da+K1: Ç3

Pandey ve ark. (2024), biyokömür ve kompostun birlikte kullanıldığında, kadmiyumla kontamine olmuş topraklarda toprak kalitesini iyileştirerek, bitki morfolojisi ve klorofil içeriğinde belirgin artışlar sağladığını bildirmiştir. Çalışmamızda da biyokömür ve gübre uygulamalarının bitki gelişimi üzerindeki olumlu etkileri benzer şekilde gözlenmiştir. Gürel (2024), yaptığı çalışmada torağa uygulanan organik bir madde olan gıda atığı kompostunun, toprağın organik madde içeriğini artırarak verimliliği iyileştirdiğini ve özellikle NPK ile beraber uygulandığında toprağın elektriksel iletkenliğini, organik madde ve azot oranını önemli ölçüde artırdığını belirtmektedir. İlkbahar ve sonbahar döneminde yetiştiriciliği yapılan ıspanağa biyokömürün etkisi incelenen çalışmada, biyokömür uygulamalarının ıspanakta büyüme ve gelişmeyi arttırdığı belirlenmiştir. Kontrol uygulamasına göre elde edilen toplam verimin ilkbaharda %100 ve sonbaharda ise %350 oranlarında olduğu ve sonbahar döneminden elde edilen değerlerin, ilkbahar dönemine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Zemanová ve ark., 2017). Ispanak yetiştiriciliğinde besin maddesi olarak deniz yosunu, bioenzim, sığır gübresi, tavuk gübresi, koyun gübresi ve inorganik gübre (NPK) çalışılmıştır. Genel anlamda organik gübrelerin kontrole göre verimi arttırdığı belirlenmiştir. Beşirli ve ark. (2010), çalışmalarında elde edilen en yüksek toplam verim değeri, 1150.29 kg/da ile sığır gübresi uygulamasıyla elde edilmiş olup, bunu 1134.54 kg/da ile tavuk gübresi uygulaması takip etmiştir. Majaule ve ark. (2022), biyokömürün, sulama suyundan fosforu tutma kapasitesinin arttığını ve fosforun biyoyararlanabilirliğini artırarak bitki alımını olumlu yönde etkilediğini belirtmektedirler. Ayrıca, Abdolahi Arshad ve ark. (2024) çalışmalarında, özellikle biyokömürün, yüksek besin adsorpsiyon ve su tutma kapasitesi sayesinde stres koşullarının bitki büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltılmasında da etkili olduğu belirtmektedirler. Son yıllarda, sürdürülebilir tarım uygulamalarının önem kazanmasıyla birlikte, biyogübreler özellikle çevre dostu ve etkili gübre kaynakları olarak öne çıkmakta ve ıspanak gibi sebzelerde verim ve kaliteyi iyileştirmektedir (Günsan Can ve ark., 2022). Wang ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada, asidik modifiye biyokömürün ıspanak bitkisi üzerinde büyüme, verim ve kaliteyi önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, bizim araştırmamızda da biyokömür uygulamalarının bitki gelişimi üzerinde olumlu etkiler sağladığı gözlemlenmiştir. Siddiqui ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada, tavuk gübresi ve tavuk gübresi ile biyokömür karışımının, ıspanak ve marulda biyokütle üretimi ve ağır metal birikimi üzerindeki etkileri incelenmiş ve bu uygulamalarının bitki biyokütlesi üzerinde önemli iyileşmelere yol açtığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, bizim araştırmamızda da çiftlik gübresi ve biyokömür uygulamalarının ıspanak biyokütlesi üzerinde önemli iyileşmelere yol açtığı belirlenmiştir.

Organik gübrelerin sürdürülebilir tarımda önemi uzun yıllardır vurgulanan bir konu olmuştur. Ancak, bu uygulamaların yaygınlaştırılabilmesi için üreticiler tarafından ekonomik açıdan da değerlendirilmesi gerekmektedir. Üreticiler için maliyet ve kazanç analizlerinin yapılması, organik gübre kullanımının ekonomik faydalarını ortaya koyarak bu yöntemlerin daha geniş bir şekilde kabul edilmesini sağlayabilir. Bu tür analizler, organik gübrelerin başlangıç maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen uzun vadede verimlilik artışı ve maliyet tasarrufu sağladığını gösterebilir.

4. Sonuç

Sebze üretimi, doğru ve dengeli bir gübreleme gerektirir. Bu nedenle gübreleme ayrı bir öneme sahiptir. Tarımsal üretimde verim ve kalite olumsuz etkilenir çünkü toprakta istenilen mineral maddeler bulunmazsa veya yanlış bir gübreleme uygulanırsa tarımsal üretim kalitesi ve verim olumsuz etkilenir. Türkiye'de sebze yetiştiriciliğinde kimyasal gübreler yaygın olarak kullanılmaktadır. Sebze yetiştiriciliğinde kimyasal gübrelerin yerine organik gübrelerin kullanılması gereklidir. Yaygın olarak organik gübrelerin kullanılması, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği ve ekolojik dengeyi iyileştirecektir. Bu çalışmanın amacı, Van koşullarında farklı ekim dönemlerinde ıspanakta inorganik kimyasal gübre kullanımına organik gübre takviyesi olarak biyokömür kullanımının ıspanağın büyüme ve gelişme parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemektir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Ispanakta organik gübre kullanımı, bazı büyüme ve gelişme parametrelerini (bitki boyu, sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, yaprak kalınlığı, gövde çapı ve toplam verim) önemli ölçüde artırmıştır. Bu parametreler doğrultusunda, çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübre uygulamasının en yüksek sonuçların olduğu uygulama olarak belirlenmiştir. Bunu çiftlik gübresi 2 ton/da+kimyasal gübre, çiftlik gübresi 1 ton/da+kimyasal gübre, biyokömür 300 kg/da+kimyasal gübre, biyokömür 200 kg/da+kimyasal gübre, biyokömür 100 kg/da+kimyasal gübre, kimyasal gübre ve kontrol uygulamaları

takip etmiştir. Ispanakta sapa kalma oranında ise çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübre uygulaması en düşük değerlerin olduğu uygulama olarak belirlenmiştir.

İncelenmiş olan tüm parametrelere göre, çiftlik gübresi 3 ton/da+kimyasal gübrenin en yüksek sonuçların olduğu uygulama olarak tespit edilmiş ve bunu yine çiftlik gübresinin diğer dozları (çiftlik gübresi 2 ton/da+kimyasal gübre ve çiftlik gübresi 1ton/da+kimyasal gübre) takip etmiştir. Bu çalışma, ispanak yetiştiriciliğinde çiftlik gübresinin kimyasal gübreye takviye olma potansiyelini ortaya koymakta ve gelecekteki araştırmalara, sürdürülebilir gübreleme yöntemleri konusunda önemli bir temel oluşturması beklenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FDK-2020-9302 No'lu proje olarak desteklenmiştir. Çalışma birinci yazarın doktora tezinin bir kısmını içermektedir. Bu çalışmaya destek sağlayan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığına teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Abdolahı Arshad, M., Rangzan, N., & Nadian Ghomsheh, H. (2024). Effect of spent tea waste, compost and biochar on some growth parameters and concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in spinach (*Spinacia oleracea* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 47(7), 1029-1044. <https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2292763>
- Adiloğlu, A., & Eraslan, F. (2012). Gübreler ve gübreleme tekniği. İçinde, M. R. Karaman (Ed.). *Bitki besleme "sağlıklı bitki, sağlıklı üretim"* (pp. 347-474). Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi.
- Ahmad, S., Sehrish, A. K., Umair, M., Mirino Jr, M. W., Ali, S., & Guo, H. (2024). Effect of biochar amendment on bacterial community and their role in nutrient acquisition in spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown under elevated CO². *Chemosphere*, 364, 143098. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143098>
- Anonim. (2022). Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğü – Van. Erişim tarihi: 01.07.2022. <https://van.mgm.gov.tr/>
- Asri, F. Ö., Demirtaş, E. I., Özkan, C. F., & Arı, N. (2011). Organik ve kimyasal gübre uygulamalarının hıyar bitkisinin verim, kalite ve mineral içeriklerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 139-143.
- Beşirli, G., Sönmez, İ., Keçeci, M., & Güçdemir, İ. (2010, Temmuz). *Organik ispanak üretiminde farklı bitki besin maddesi uygulamalarının toprak yapısı üzerine etkilerinin belirlenmesi*. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, Erzurum.
- Blackwell, P., Riethmuller, G., & Collins, M. (2009). Biochar application to soil. In J. Lehman, S. Joseph (Eds.), *Biochar for environmental management: Science and technology* (pp. 2027-226). Earthscan.
- Bozoğlu, M., & Tepe, I. (2023). Beypazarı (Ankara)'nda havuç, ispanak ve marul yetiştiriciliğine genel bir bakış ve yabancı ot sorunu. *Turkish Journal of Weed Science*, 26(2), 83-97.
- Citak, S., & Sonmez, S. (2010). Effects of conventional and organic fertilization on spinach growth, yield, vitamin c and nitrate concentration during two successive seasons. *Scientia Horticulturae*, 126(4), 415-420. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.010>
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., & Yaşın, S. (2011). Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ispanak bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28(1), 56-69.
- Dong, X., Guan, T., Li, G., Lin, Q., & Zhao, X. (2016). Long-term effects of biochar amount on the content and composition of organic matter in soil aggregates under field conditions. *Journal of Soils and Sediments*, 16, 1481–1497.
- FAOSTAT. (2022). 20. Statistic Database. Erişim Tarihi: 01.06.2022. <https://www.fao.org/faostat/en>
- Göksu, G. A., & Kuzucu, Ö. (2017). Karpuzda farklı dozlardaki vermikompost uygulamalarının verim ve bazı kalite parametrelerine etkisi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 48-58. <https://doi.org/10.28979/comufbed.344546>

- Günel, E., & Erdem, H. (2018). Biyokömür tanımı kullanım ve tarım topraklarındaki etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 87-93. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.405858>
- Günsan Can, B., Yıldız, M., & Şensoy, S. (2022). Mikroalg kullanımının ıspanakta bitki gelişimi üzerine etkisi. *Journal of the Institute of Science & Technology*, 12(4), 1884-1895. <https://doi.org/10.21597/jist.1110614>
- Gürel, S. (2024). Gıda atığı kompostu ile kimyasal gübre uygulamasının marul ve ıspanak yetiştirilen vertisol grubu toprakların verimliliğine etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(2), 396-408. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1433803>
- Kacar, B., & Katkat, A. V. (2007). *Gübreler ve gübreleme tekniği*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Kacar, B., & Kütük, C. (2010). *Gübre Analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Karataş, A., & Büyükdinç, D. T. (2016). Organik çay atığının ıspanak ve marul yetiştiriciliğinde bitki gelişimi üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 201-210.
- Keskinaslan, G. S., Saridas, M. A., & Paydaş, S. (2023). Biyokömürün çilek yapraklarında besin element içerikleri üzerine etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(3), 520-528. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1282155>
- Kılavuz, E., & Erdem, İ. (2019). Dünyada tarım 4.0 uygulamaları ve Türk tarımının dönüşümü. *Social Sciences*, 14(4), 133-157.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management: An introduction. In *Biochar for environmental management: Science and technology*, (pp. 1-12). Earthscan.
- Lescheva, M., & Ivolga, A. (2015). Intensification of agricultural production vs. environmental management: Russia's approaches to green economics. In A. Jean-Vasile, I. R. Andreea, T. R. Adrian (Eds.), *Green economic structures in Mmodern business and society* (pp. 140-160). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8219-1.ch008>
- Majaule, U., Dikinya, O., & Glaser, B. (2022). Biochar and sewage sludge phosphorus fertilizer effects on phosphorus bioavailability and spinach (*Spinacia oleracea* L.) yields under no-till system in semi-arid soils. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 11(4). <https://doi.org/10.30486/ijrowa.2022.1927076.1231>
- Mounirou, M. M., Kaya, E. C., Ouedraogo, A. R., Demir, K., Güneş, A., & İnal, A. (2020). Biyokömür ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin gelişimi ve kimyasal gübreden yararlanma oranına etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8(1), 36-45. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.757008>
- Mufwanzala, N., & Dikinya, O. (2010). Impact of poultry manure and its associated salinity on the growth and yield of spinach and carrot, *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(4), 489-494.
- Özkan, C. F., Asri, Ö. F., Demirtaş, E. I., & Arı, N. (2013). Örtüaltı biber yetiştiriciliğinde organik ve kimyasal gübre uygulamalarının bitkinin beslenme durumu ve bitki gelişimi üzerine etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 2(2), 96-101.
- Özkan, N., Dağlıoğlu, M., Ünser, E., & Müftüoğlu, M. (2016). Vermikompostun ıspanak verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 1-5.
- Pandey, M., Mishra, S. M., Tiwari, A., Tirkey, A., Tiwari, A., Dubey, R., Alamri, S., & Pandey, S. K. (2024). A systematic study on synergistic effect of biochar-compost in improving soil function and reducing cadmium toxicity in *Spinacia oleracea* L. *Environmental Technology & Innovation*, 36, 103775. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103775>
- Rasheed, A., Anwar, S., Shafiq, F., Khan, S., & Ashraf, M. (2024). Physiological and biochemical effects of biochar nanoparticles on spinach exposed to salinity and drought stresses. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(9), 14103-14122. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-31953-7>
- Sağlam, F. (2005). *Ispanak yetiştiriciliği*, T.C. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü, No: S/6.
- Sato, A., Takeda, H., Oyanagi, W., Nishihara, E., & Murakami, M. (2010). Reduction of cadmium uptake in spinach by soil amendment with animal waste compost. *Journal of Hazardous Materials*, 181(1-3), 298-304. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.05.011>
- Schoenau, J. (2006). Benefits of long-term application of manure. *Advances in Pork Production*, 17, 153.

- Siddiqui, H. J., Gul, S., Kakar, A., Shaheen, U., Rehman, G. B., Khan, N., & Samiullah, N. (2021). Poultry manure as an organic fertilizer with or without biochar amendment: Influence on growth and heavy metal accumulation in lettuce and spinach and soil nutrients. *Phyton*, 90(2), 651–676. <https://doi.org/10.32604/phyton.2021.011413>
- SPSS. (2020). IBM SPSS software. <http://www.ibm.com/tr-tr/analytics/spss-statistics-software>
- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., & Polat, S. (2008). *Özel sebzeçilik*. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ders Kitabı, 480s, İstanbul.
- Şensoy, S., Türkmen, Ö., & Görgün, Y. (2011). Determination of suitable sowing dates for spinach production in Van ecological condition. *Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2), 140-145.
- Tawfiq, G. K., & Al-Sahaf, F. H. (2017). Role of different manure source and level on quantitative and qualitative characteristics of cabbage and spinach yield. *Kufa Journal For Agricultural Sciences*, 9(1), 267-239.
- Wang, J., Shi, D., Huang, C., Zhai, B., & Feng, S. (2023). Effects of common biochar and acid-modified biochar on growth and quality of spinach in coastal saline soils. *Plants*, 12(18), 3232. <https://doi.org/10.3390/plants12183232>
- Yaman, Ö. (2019). *Farklı organik kaynaklı gübre uygulamalarının ıspanakta (Spinacia oleracea L.) bitki gelişimi, verim, kalite özellikleri ve besin elementi içeriği üzerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi), Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Yıldız, K. Y. (2019). *Farklı dozda uygulanan leonardit ve vermicompostun yaprağı yenen sebzelerde (marul ve ıspanak) verim ve kalite kriterlerine etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Zemanová, V., Břendová, K., Pavlíková, D., Kubátová, P., & Tlustoš, P. (2017). Effect of biochar application on the content of nutrients (Ca, Fe, K, Mg, Na, P) and amino acids in subsequently growing spinach and mustard. *Plant Soil and Environment*, 63(7), 322–327. <https://doi.org/10.17221/318/2017-pse>