

Farklı Dozlarda Biyoçar ve Çinko Fosfat Uygulamalarının Kanola Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri

Vedat BEYYAVAŞ¹, Suat CUN^{1*}, Erdal SAKİN², Dilek TURHAN¹

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa

*Sorumlu yazar (Corresponding author): suatcun@harran.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 16.08.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 30.09.2024

Özet

Tarımda bitkisel üretimi korumak için birçok organik bileşik organik gübre olarak kullanılmaktadır. Biyoçar organik toprak iyileştirmeleri, çevre dostu olmaları, verimlilikleri ve ekonomik uygulanabilirlikleri nedeniyle sorunlu toprağın iyileştirilmesi için yaygın olarak önerilmektedir. Denemede bitki materyali olarak kanola bitkisi kullanılmıştır. Besin kaynağı olarak çinko fosfat ve farklı dozlarda pamuk sapı biyoçarı kullanılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada plastik saksılar kullanılmıştır. Denemede tüm uygulamalar ekim işlemi ile birlikte yapılmıştır. Kontrol grubuna herhangi bir uygulama yapılmadan 2. uygulamada sadece 0.8 g çinko fosfat toprağa uygulanmış ve toprak iyice karıştırılmıştır. Diğer uygulamalarda ise 0.8 g çinko fosfat ile birlikte sırasıyla 1.2 g saksı⁻¹, 2.4 g saksı⁻¹ ve 3.6 g saksı⁻¹ olacak şekilde pamuk sapı biyoçarı uygulanmıştır. Kanola bitkisine çinko fosfat ve çinko fosfat+biyokömür uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak sırasıyla 0.8 g çinko fosfat %6.40, 0.8 g çinko fosfat+1.2 g biyokömür %14.57, 0.8 g çinko fosfat+2.4 g biyokömür %20.21 ve 0.8 g çinko fosfat+3.6 g biyokömür uygulamasıyla %25.75 artmıştır. Uygulamalar arasında en fazla artış 0.8 g çinko fosfat+3.6 g biyokömür uygulamasından elde edilirken, en az artış ise 0.8 g çinko fosfat uygulamasından elde edilmiştir. Çalışmada, biyoçar uygulamasının bitkisel parametrelere olumlu katkı yaptığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyoçar, kanola, bitkisel parametreler, çinko

Effects of Different Doses of Biochar and Zinc Phosphate Applications on the Development of Canola Plants

Abstract

In agriculture, many organic compounds are used as organic fertilizers to maintain plant production. Biochar organic soil amendments are commonly recommended for improving problematic soils due to their environmental friendliness, efficiency, and economic viability. In this experiment, canola (rapeseed) was used as the plant material. Zinc phosphate and cotton stalk biochar at different doses were used as nutrient sources. The study was conducted using a randomized block design with 3 replications, and plastic pots were used. All treatments were applied along with the planting process. In the control group, no treatment was applied, while in the second treatment, only 0.8 g of zinc phosphate was added to the soil, and the soil was mixed thoroughly. In other treatments, cotton stalk biochar was applied along with 0.8 g of zinc phosphate in the following doses: 1.2 g/pot, 2.4 g pot⁻¹, and 3.6 g pot⁻¹. The results showed that the application of zinc phosphate and zinc phosphate + biochar increased the canola plant yield in relation to increasing doses. Specifically, with 0.8 g zinc phosphate, the increase was 6.40%, with 0.8 g zinc phosphate + 1.2 g biochar it was 14.57%, with 0.8 g zinc phosphate + 2.4 g biochar it was 20.21%, and with 0.8 g zinc phosphate + 3.6 g biochar, the increase reached 25.75%. The highest increase was observed with the application of 0.8 g zinc phosphate + 3.6 g biochar, while the lowest increase was observed with 0.8 g zinc phosphate. The study demonstrated that the application of biochar positively contributed to the plant parameters.

Keywords: Biochar, canola, plants parameters, zinc

1. Giriş

Dünya nüfusundaki hızlı artış ve ekilebilir arazilerin azalması, tarımsal üretim ve küresel gıda güvenliği açısından önemli bir sorun teşkil etmektedir (Dai ve ark., 2020). Küresel nüfus artmaya devam ettikçe, gıda talebi de artmakta ve milyarlarca insanın ihtiyaçlarını karşılamak için tarım sistemleri üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Aynı zamanda kentleşme, iklim değişikliği ve toprak bozulması gibi faktörler de tarıma elverişli arazi miktarını azaltıyor. Artan talep ve daralan arzdan oluşan bu ikili tehdit, gıda üretimini baltalayarak herkesin yeterli ve besleyici gıdaya erişimini sağlamayı giderek zorlaştırıyor. Bu sorunun ele alınması, sürdürülebilir tarım uygulamaları, ileri teknolojiler ve verimli arazi kullanımı ile çevrenin korunmasını teşvik eden politikalar gibi yenilikçi çözümler gerektirmektedir. Tarımda bitkisel üretimi korumak için birçok organik bileşik, organik gübre olarak kullanılmaktadır. Bu organik bileşiklerden bazıları çiftlik gübresi, yeşil gübre, hümik maddeler, kompost ve biyokömürdür (De Corato, 2021; Karmegam ve ark., 2021; Khayat, 2021; Mghaiouini ve ark., 2021, Radziemska ve ark., 2021). Organik gübreler yalnızca toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda bitkiye gerekli besin maddelerini de sağlar (Lazcano ve ark., 2021). Ayrıca toprak ekolojisi ve bitki verimliliğinin iyileştirilmesinde kritik bir rol oynayan mikrobiyal popülasyon için yeterli miktarda katkı sağladığı çalışmalarda vurgulanmıştır (Dahansi ve ark., 2021; Viketoft ve ark., 2021). Biochar organik toprak iyileştiricileri, sorunlu toprakların iyileştirilmesindeki etkinlikleriyle yaygın olarak tanınmakta ve çevre dostu, verimli ve ekonomik olarak uygulanabilir bir çözüm sunmaktadır (Karim ve ark., 2022). Organik maddelerin pirolizi yoluyla üretilen bir biyoçar, toprak yapısını iyileştirir, su tutma özelliğini artırır ve besin kullanılabilirliğini geliştirir. Bu faydaları

onu özellikle verimsiz, asitli veya kirlenmiş topraklar için değerli kılmaktadır. Toprak sağlığını iyileştirerek, daha iyi bitki büyümesini ve esnekliğini teşvik ederken, aynı zamanda karbonu tutarak iklim değişikliğinin azaltılmasına katkıda bulunur. Ayrıca biyokömür, tarımsal atıkları yeniden değerlendirdiği için sürdürülebilir bir seçenektir ve maliyetleri düşürürken toprak kalitesini artırmak isteyen çiftçiler için hem ekolojik hem de ekonomik bir avantaj sağlar. Biyoçar, tuzdan etkilenen toprak iyileştirme maddesi olarak büyük ilgi görmektedir. Öte yandan biyoçar, yapının ayrılmaz bir parçası olan bitkilere besin maddesi de sağlar. Biyokömürün eklenmesi topraktaki organik karbonu (0C) ve N, P, K, Ca, Mg ve S gibi mineral besin maddelerini artırdığını vurgulamıştır (Hossain ve ark., 2020). Çinko, birçok enzimin önemli bir bileşeni olan ve bitki gelişimi ile veriminde düzenleyici rol oynayan temel bir mikrobeseindir. Çinko, bitkiler tarafından iki değerlikli formda (Zn^{2+}) alınıp ksilem yoluyla taşınır. Floemde ise, çinko, düşük moleküler ağırlıklı organik asitlerle kompleksler oluşturur ve konsantrasyonu artar. Ancak diğer mikrobeseinler gibi, çinko da erozyona uğramış, kireçli ve asidik toprak çözeltilerinde bitkiler için hareketsiz hale gelir ve kullanılamaz olur. Çinko fosfat uygulamaları, daha iyi gelişimi ve genel sağlığı teşvik eden temel mikro besinleri sağlayarak kanola bitkisinin büyümesini önemli ölçüde etkileyebilir. Çinko bitkiler için hayati bir elementtir ve enzim aktivasyonu, protein sentezi ve hormon regülasyonunda önemli bir rol oynar. Çinko fosfat olarak uygulandığında, topraktaki çinko kullanılabilirliğini artırmaya yardımcı olur ve özellikle düşük çinko seviyelerine sahip topraklarda kanola büyümesini engelleyebilecek potansiyel eksiklikleri giderir (Dhaliwal ve ark., 2022). Doğru çinko beslemesi kök gelişimini geliştirir, klorofil üretimini artırır, su ve besin maddelerinin verimli kullanımını destekler. Sonuç olarak, çinko fosfat ile muamele edilen kanola bitkileri genellikle

artan biyokütle, gelişmiş tohum verimi ve stres faktörlerine karşı daha iyi direnç gösterir (Shao ve ark., 2023). Bununla birlikte, çinko fosfat uygulamalarının etkinliği toprak pH'ı, nem ve kanola çeşidinin özel ihtiyaçları gibi faktörlere bağlıdır, bu da optimum sonuçlar için dikkatli yönetimi gerekli kılar (Shaaban ve ark., 2023). Bu çalışmanın amacı, farklı miktarlarda biyoçar ve çinko fosfat'ın birlikte uygulamasının kanola bitkisinin büyüme ve gelişmesi üzerindeki etkilerini, özellikle kök uzunluğu, bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlıkları ve SPAD değeri üzerine odaklanarak değerlendirmektir. Bu parametreleri inceleyerek, biyokömür ve çinko fosfatın sinerjik kullanımının bitki büyümesini artırıp artıramayacağını ve daha iyi genel bitki sağlığına katkıda bulunup bulunamayacağını belirlemeyi amaçlayan çalışma, kanola yetiştiriciliği için

sürdürülebilir tarım uygulamalarına ilişkin bilgiler sağlayacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nün yarı kontrollü sera koşullarında yürütülmüştür. Çalışma 10.02.2024 tarihinde kurulmuş olup 16.04.2024 tarihinde hasat ile sonlandırılmıştır. Denemede bitki materyali olarak kanola bitkisi kullanılmıştır. Besin kaynağı olarak çinko fosfat ve farklı dozlarda pamuk sapı biyoçarı kullanılmıştır. Toprak materyali araştırma ve uygulama alanından 0-30 cm derinlikten toplanmış, 2 mm'lik elek ile elekten geçirilmiş ve ardından saksılara yerleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Toprak Bünyesi	pH (1:2.5)	EC (mS cm ⁻¹)	Kireç (%)	N (%)	P (kg da ⁻¹)	K (kg da ⁻¹)	Organik madde (%)	Su ile doymuşluk (%)
Killi	8.07	0.30	28.6	0.06	1.66	143.1	1.00	70

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama alanının toprağı; killi bünyeli, pH hafif alkali ve çok fazla kireçli bir yapısı vardır. Azot ve fosfor bakımında fakir, Potasyum bakımından yeterli ve organik maddece yetersizdir.

2.1.1. Biyokömür materyali

Biyokömür materyali olarak Harran Ovası'nda tarımı yapılan ve endüstriyel atık

olarak kullanılan Pamuk sapı kullanılmıştır. Çiftçi arazilerinden elde edilen bu tarımsal atıkların 400 °C'de 30 dakika boyunca az oksijenli ortamda yakılması (Sakin ve Yanardağ, 2019) ile biyoçara dönüştürülmesinden elde edilmiştir. Araştırmada kullanılan biyoçarın bazı özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Araştırmada kullanılan biyokömürün özellikleri

Biyokömür	KDK (cmol/kg)	Ca (mg/kg)	N (%)	Toplam C (%)	Su tutma kapasitesi (%)
Pamuk sapı	134.2	1058	0.539	40.7	364.6

2.1.2. Denemenin kurulması

Deneme için 0-30 cm toprak kalınlığında alınan toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Hazır hale getirilen toprağı uygulamalar yapıp iyice karıştırıldıktan sonra 5 kg'lık saksıya doldurulmuştur. Her

saksıya 5 tohum ekildikten sonra toprak tarla kapasitesine getirilmiştir. Tohumlar çıkış yaptıktan sonra her saksıda bir fide kalacak şekilde seyreltmeler yapılmıştır. Denemede yüksekliği 18 cm, taban çapı 7.5 cm ve üst çapı 12 cm olan saksılar

kullanılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme aşağıdaki şekilde dizayn edilmiştir.

I-Kontrol (uygulamasız)

II-0.8 g çinko fosfat

III-0.8 g çinko fosfat+1.2 g biyoçar

IV-0.8 g çinko fosfat+2.4 g biyoçar

V-0.8 g çinko fosfat+3.6 g biyoçar

2.2. Yöntem

2.2.1. İncelenen bitkisel parametreleri

2.2.1.1. Büyüme parametreleri

Bitki kök ve bitki boyu uzunlukları cm olarak, yaş ve kuru ağırlıkları g olarak ifade edilmiştir. Ölçüm ve tartım işlemleri tekerrürlü olarak yapılmıştır. Yaş ağırlıkları tartıldıktan sonra örnekler 70 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde 72 saat bekletilerek kuru ağırlıkları bulunmuştur (Acar ve ark., 2011).

2.2.1.2. Bitkinin SPAD değerleri

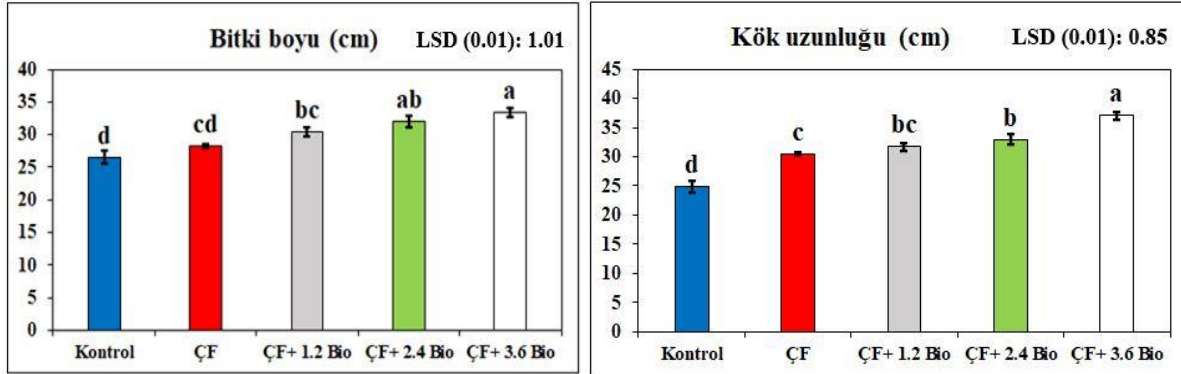
Her tekerrürde (en genç yaprağın altındaki yaprak) Minolta SPAD 502 aleti yardımı ile ölçülmüştür (Johnson ve Saunders, 2002).

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

3.1. Araştırma Bulguları

3.1.1. Bitki boyu

Yapılan varyans analizi sonucunda; bitki boyu (cm) yönünden $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2+BC$ uygulamaları arasında önemli düzeyde ($p<0.01$) farklılıklar ortaya çıkmıştır (Şekil 1). Çalışmada bitki boyu incelendiğinde; kontrol grubuna (26.57 cm) göre diğer uygulamalarda bitki boyunda önemli derecede artışlar gözlemlenmiştir. Denemede uygulamalar arasında en düşük bitki boyu $Zn_3(PO_4)_2$ uygulamalarında görülürken, en yüksek bitki boyu ise $Zn_3(PO_4)_2+3.6$ g BC (33.40 cm) uygulamasında ölçülmüştür. Kanola bitki boyu $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2+BC$ uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak sırasıyla 0.8 g $Zn_3(PO_4)_2$ %6.40, $Zn_3(PO_4)_2+1.2$ g BC %14.57, 0.8 g $Zn_3(PO_4)_2+2.4$ g BC %20.21 ve 0.8 g $Zn_3(PO_4)_2+3.6$ g BC uygulamasıyla %25.75 oranında artmıştır. Uygulamalar arasında en fazla artış 0.8 g $Zn_3(PO_4)_2+3.6$ g BC uygulamasından elde edilirken, en az artış ise 0.8 g $Zn_3(PO_4)_2$ uygulamasından elde edilmiştir.



Şekil 1. $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2+BC$ uygulamalarının bitki boyu ve bitki kök uzunluğuna etkisi

3.1.2. Kök uzunluğu

Yapılan varyans analizi sonucunda; bitki kök uzunluğu (cm) yönünden $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2+BC$ uygulamaları arasında önemli düzeyde ($p<0.01$) farklılıklar saptanmıştır (Şekil 1). Çalışmada bitki kök uzunluğu (cm) kontrol grubu (24.9 cm) ile karşılaştırıldığında uygulanan $Zn_3(PO_4)_2$ ile birlikte artan dozlarda BC uygulamaları

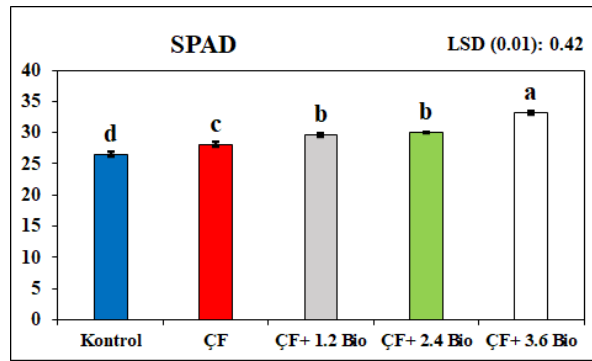
bitkinin kök uzunluğunu artırmıştır. Bu artış en az $Zn_3(PO_4)_2$ uygulamasında (30.5 cm), en fazla $Zn_3(PO_4)_2 + 3.6$ g BC uygulamalarında (37.03 cm) ölçülmüştür. Kanola bitkisinin yetiştiği ortama uygulanan $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2+BC$ 'ın artan dozlara bağlı olarak bitkinin kök gelişimine etkisi sırasıyla sadece 0.8 g $Zn_3(PO_4)_2$ %22.48, $Zn_3(PO_4)_2+1.2$ g BC

%27.31, $Zn_3(PO_4)_2+2.4$ g BC %32.37 ve $Zn_3(PO_4)_2+3.6$ g BC uygulamasıyla %48.71 oranında arttırmıştır. Uygulamalar arasında en fazla artış $Zn_3(PO_4)_2+3.6$ g BC uygulamasından elde edilmiştir.

3.1.3. SPAD değeri

Yapılan varyans analizi sonucunda; bitkinin SPAD değeri yönünden $Zn_3(PO_4)_2$ ile $Zn_3(PO_4)_2+BC$ uygulamaları arasında önemli düzeyde ($p<0.01$) farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Denemede kullanılan $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2+BC$ uygulamalarının bitkinin SPAD değerlerini

28.10-33.20 arasında arttırmıştır. Bu artış kontrol grubuna (26.53) grubuna en düşük SPAD değeri $Zn_3(PO_4)_2$ uygulamalarında görülürken (28.10), en yüksek SPAD değeri ise $Zn_3(PO_4)_2 +3.6$ g BC (33.20) uygulamasında elde edilmiştir. Kanola bitkisine $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2 +BC$ uygulamalarının artan dozlara bağlı olarak bitkinin SPAD değerlerini sırasıyla 0.8 g $Zn_3(PO_4)_2$ %05.92, $Zn_3(PO_4)_2 +1.2$ g $Zn_3(PO_4)_2$ %11.57, $Zn_3(PO_4)_2 +2.4$ g BC %13.19 ve $Zn_3(PO_4)_2 +3.6$ g BC uygulamasıyla %25.14 oranlarında arttırmıştır.

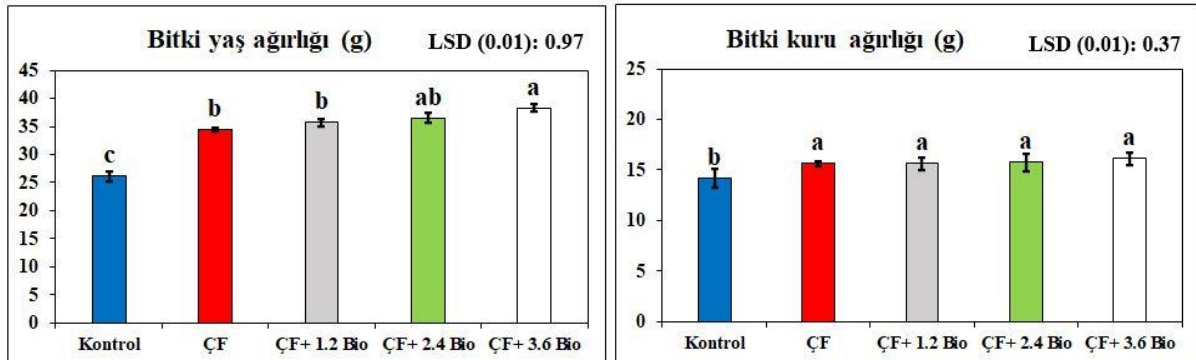


Şekil 2. Çinko fosfat ve Çinko fosfat+Biyokömür uygulamalarının SPAD değeri üzerine etkisi

3.1.4. Bitki yaş ağırlığı

Yapılan varyans analizi sonucunda; bitki yaş ağırlığı (g) yönünden $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2 +BC$ uygulamaları arasında önemli düzeyde ($p<0.01$) farklılıklar olduğu izlenmiştir (Şekil 2). Çalışmada bitki yaş ağırlığı (g) incelendiğinde; denemede kullanılan $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2 +BC$ uygulamalarının 34.43-38.33 g arasında değişmiştir. Buna göre yapılan uygulamalar bakımından, en düşük bitki yaş ağırlığı 8 g

$Zn_3(PO_4)_2$ uygulamalarında (34.43 g) görülürken, en yüksek bitki yaş ağırlığı ise $Zn_3(PO_4)_2 +3.6$ g BC (38.33 g) uygulamasında elde edilmiştir. Kanola bitkisine $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2$ ile birlikte artan dozlarda BC uygulamaları durumunda bitkinin yaş ağırlığını sırasıyla 0.8 g $Zn_3(PO_4)_2$ %31.76, $Zn_3(PO_4)_2 +1.2$ g BC %36.62, $Zn_3(PO_4)_2 +2.4$ g BC %39.53 ve $Zn_3(PO_4)_2 +3.6$ g BC uygulamasıyla %46.69 oranında arttırmıştır.



Şekil 3. Çinko fosfat ve Çinko fosfat+Biyokömür uygulamalarının bitki yaş ağırlığı ve bitki kuru ağırlığına etkisi

3.1.5. Bitki kuru ağırlığı

Yapılan varyans analizi sonucunda; bitki kuru ağırlığı (g) yönünden $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2 + BC$ uygulamaları arasında önemli düzeyde ($p < 0.01$) farklılıklar olduğu izlenmiştir (Şekil 3). Bitki kuru ağırlığı (g) incelendiğinde; denemede kullanılan $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2 + BC$ uygulamaları bakımından, bitkinin kuru ağırlığı 15.66-16.13 g arasında değişmiştir. En düşük bitki kuru ağırlığı kontrol (14.23 g) grubu ile karşılaştırıldığında $Zn_3(PO_4)_2$ (15.63 g) uygulamalarında görülürken, en yüksek bitki kuru ağırlığı ise $Zn_3(PO_4)_2 + 3.6$ g BC (16.13 g) uygulamasında elde edilmiştir. $Zn_3(PO_4)_2$ ve $Zn_3(PO_4)_2$ ile artan dozlarda BC uygulamaları Kanola bitkisinin kuru madde miktarını önemli oranlarda artırmıştır. Bu artış 0.8 g $Zn_3(PO_4)_2$ %9.84, $Zn_3(PO_4)_2 + 1.2$ g BC %10.05, $Zn_3(PO_4)_2 + 2.4$ g BC %10.75 ve $Zn_3(PO_4)_2 + 3.6$ g BC uygulamasıyla %13.35 oranlarında artırmıştır.

3.2. Tartışma

$Zn_3(PO_4)_2$ ve biyokömürün farklı dozlarda toprağa uygulanması, kanola (*Brassica napus* L.) bitkisinin çeşitli büyüme parametrelerinde önemli gelişmeler göstermiştir. Bunlar arasında artan biyokütle oranlarından uygulama bitki boyu, kök uzunluğu, bitki yaş ve kuru ağırlığı ve SPAD değerlerini önemli derece artırmıştır. Bu çalışma, özellikle kanola yetiştiriciliği bağlamında, toprak verimliliğini artırmada ve bitki büyümesini teşvik etmede mikro besinlerin ve organik bileşiklerin rolü hakkında artan bilgi birikimine katkıda bulunmaktadır. Çinko (Zn) bitkiler için temel bir mikro besin maddesidir ve enzim aktivasyonu, protein sentezi ve büyüme hormonlarının düzenlenmesi de dahil olmak üzere çeşitli metabolik süreçlerde önemli bir rol oynar. Çinko eksikliği, özellikle alkali pH, yüksek fosfor seviyeleri veya düşük organik madde içeriği olan birçok toprakta yaygındır (Alloway, 2008). Bir çinko fosfat bileşiği olan $Zn_3(PO_4)_2$, özellikle Zn'nin biyoyararlılığının düşük olduğu topraklarda bitkiler için etkili bir çinko kaynağı olarak

kabul edilmiştir (Mousavi, 2011; Saibou, 2022). $Zn_3(PO_4)_2$ uygulaması muhtemelen kanola bitkileri için mevcut çinko içeriğini artırmış ve bu da büyüme parametrelerinde gözlemlenen iyileşmelere katkıda bulunmuş olabilir. Çinko eksikliği, fotosentez ve karbonhidrat metabolizmasında yer alan kilit enzimlerin aktivitesini sınırlayarak bodur büyümeye yol açabilir (Cakmak, 2008). $Zn_3(PO_4)_2$, daha kolay erişilebilir bir çinko kaynağı sağlayarak, muhtemelen olası eksiklikleri hafifletmeye ve gelişmiş bitki gelişimini desteklemeye yardımcı olmuştur. Bu çalışmada, bitki boyu, kök uzunluğu ve biyokütlerdeki (hem yaş hem de kuru ağırlık) doza bağlı artış, artan çinko mevcudiyetinin genel bitki büyümesini desteklediğini göstermektedir. Önceki çalışmalar da benzer şekilde, çinko takviyesinin özellikle kanola gibi ürünlerde bitki boyutunun ve biyokütle birikiminin artmasına neden olduğunu bildirmiştir (Afsahi ve ark., 2020). $Zn_3(PO_4)_2$ 'nin kök uzunluğu üzerindeki olumlu etkisi özellikle önemlidir, çünkü daha uzun kökler bitkinin topraktan su ve besin maddelerine erişme yeteneğini artırarak genel büyümenin daha iyi olmasına katkıda bulunur (Kumar ve ark., 2018). Organik maddelerin pirolizi yoluyla üretilen kararlı bir karbon formu olan biyokömür, toprak verimliliğini ve bitki büyümesini iyileştirme potansiyeli nedeniyle son yıllarda toprak ıslahı olarak dikkat çekmektedir (Lehmann ve ark., 2011). Toprağa biyokömür eklenmesinin besin tutma, su tutma kapasitesi ve mikrobiyal aktiviteyi iyileştirdiği gösterilmiştir (Ding ve ark., 2016). Biyokömürün yüksek yüzey alanı ve gözenekli yapısı, besin maddesi adsorpsiyonu için alanlar sağlar, bu da besin maddesi sızıntısını azaltabilir ve bitkiler için besin maddesi kullanılabilirliğini artırabilir. Bu durum, biyokömür ile muamele edilen kanola bitkilerinde bitki biyokütlesi ve kök gelişiminde gözlenen artışları açıklayabilir. Bu çalışmada, biyokömürün $Zn_3(PO_4)_2$ ile birlikte uygulanması büyüme parametrelerinin

iyileşmesine yol açmıştır. Bu sinerjik etki, biyokömür ve $Zn_3(PO_4)_2$ 'nin tamamlayıcı rollerine bağlanabilir. Biyokömür toprağın fiziksel özelliklerini geliştirerek yapısını ve nem tutma özelliğini artırırken, $Zn_3(PO_4)_2$ muhtemelen bitki metabolik fonksiyonları için gerekli bir mikro besin maddesi sağlamıştır. Klorofil içeriğini ve fotosentetik kapasiteyi yansıtan SPAD değerlerindeki artış, biyokömürün daha iyi bitki büyümesine yol açacak şekilde besin kullanılabilirliğini ve fotosentezi artırdığı fikrini daha da desteklemektedir (McHenry ve ark., 2009; David, 2015). Hem $Zn_3(PO_4)_2$ hem de biyokömür ile bitki büyümesindeki doza bağlı artış, uygulama oranlarının kanola gelişimini teşvik etmek için optimize edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, $Zn_3(PO_4)_2$ ve biyokömür de dahil olmak üzere herhangi bir girdinin aşırı uygulanmasının azalan getirilere ve hatta bitki büyümesi üzerinde olumsuz etkilere yol açabileceğine dikkat etmek önemlidir. Örneğin, çok yüksek çinko seviyeleri toksisiteye yol açarak bitki büyümesini engelleyebilir ve besin alımını azaltabilir (Marschner, 2012). Benzer şekilde, aşırı yüksek oranlar toprak dengesizliklerine, besin kilitlenmesine veya bitki büyümesinin azalmasına yol açabileceğinden biyokömür dozları dikkatle yönetilmelidir (Thomas ve Gale, 2015). Mevcut çalışmada, daha yüksek dozlarda artan biyokütle oranları, her iki değişikliğin test edilen dozlalarının bitki büyümesini teşvik etmek için en uygun aralıkta olduğunu göstermektedir. Gelecekteki araştırmalar, en etkili uygulama oranlarını belirlemeye ve toprak sağlığı ve mahsul verimliliği üzerindeki uzun vadeli etkileri araştırmaya odaklanabilir. Büyüme parametrelerinde gözlenen iyileşmeler çeşitli mekanizmalara bağlanabilir. $Zn_3(PO_4)_2$ kaynaklı çinko mevcudiyeti muhtemelen protein sentezinde yer alan enzim faaliyetlerini ve her ikisi de hücre bölünmesi ve uzaması için kritik olan oksinler ve gibberellinler gibi bitki hormonlarının düzenlenmesini arttırmıştır (Cakmak, 2008). Biyokömürün sinerjik

etkisi, toprak yapısını ve mikrobiyal çeşitliliği iyileştirerek besin alımını daha da kolaylaştırmış olabilir, çünkü biyokömürün besin döngüsünü artıran faydalı toprak mikroplarını teşvik ettiği gösterilmiştir (Rondon ve ark., 2007). Her iki değişiklikle gözlenen kök uzunluğundaki artış, muhtemelen bitkinin besinler için daha geniş bir toprak hacmini keşfetme yeteneğini geliştirmiş, böylece artan biyokütle ve gelişmiş fotosentetik verimliliğe katkıda bulunmuştur.

4. Sonuç

Sonuç olarak, uygun dozlarda $Zn_3(PO_4)_2$ ve biyokömür uygulamasının kanola bitkisinin büyümesi için faydalı olduğu ve bitki boyu, kök uzunluğu, biyokütle ve klorofil içeriği gibi temel fizyolojik parametreleri geliştirdiği kanıtlanmıştır. Gözlenen sinerjik etkiler, bitkisel üretimi optimize etmek için mikro besin gübrelere organik değişikliklerle birleştirme potansiyelini vurgulamaktadır. Bu tür uygulamaların toprak sağlığı ve mahsul verimi üzerindeki uzun vadeli etkileri üzerine yapılacak daha fazla araştırma, sürdürülebilir tarım uygulamaları için değerli bilgiler sağlayacaktır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

Acar, R., Yorgancılar, M., Atalay, E., Yaman, C., 2011. The effect of different salt concentrations relative water content, chlorophyll content and plant growth in pea (*Pisum sativum* L.). *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 25(3): 42-46.

- Afsahi, K., Nazari, M., Omidi, H., Shekari, F., Bostani, A.A., 2020. The effects of different methods of zinc application on canola seed yield and oil content. *Journal of Plant Nutrition*, 43(8): 1070-1079.
- Alloway, B.J., 2008. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association.
- Cakmak, I., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification. *Plant and Soil*, 302(1-2): 1-17.
- Dahunsi, S.O., Oranusi, S., Efeovbokhan, V.E., Adesulu-Dahunsi, A.T., Ogunwole, J.O., 2021. Crop performance and soil fertility improvement using organic fertilizer produced from valorization of Carica papaya fruit peel. *Scientific reports*, 11(1): 4696.
- Dai, Y., Zheng, H., Jiang, Z., Xing, B., 2020. Combined effects of biochar properties and soil conditions on plant growth: a meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 713: 136635.
- David, J.M., 2015. Biochar and compost increase crop yields but the effect is short term on sandplain soils of Western Australia. *Pedosphere*, 25(5): 720-728.
- De Corato, U., 2021. Compost and compost tea from on-farm composted agro-wastes improve the sustainability of horticultural organic cropping systems. In *Agri-Based Bioeconomy* (pp. 143-162). CRC Press.
- Dhaliwal, S.S., Sharma, V., Shukla, A.K., 2022. Impact of micronutrients in mitigation of abiotic stresses in soils and plants—A progressive step toward crop security and nutritional quality. *Advances in Agronomy*, 173: 1-78.
- Ding, Y., Liu, Y., Liu, S., Li, Z., Tan, X., Huang, X., Zheng, B., 2016. Biochar to improve soil fertility. A review. *Agronomy for sustainable development*, 36: 1-18.
- Hossain, M.Z., Bahar, M.M., Sarkar, B., Donne, S.W., Ok, Y.S., Palansooriya, K.N., Kirkham, M.B., Chowdhury, S., Bolan, N., 2020. Biochar and its importance on nutrient dynamics in soil and plant. In *Biochar*, 2(4) :379–420).
- Johnson, J.R., Saunders, J.R., 2002. Evaluation of chlorophyll meter for nitrogen management in cotton. *Annual Report*, 162-163.
- Karim, A.A., Kumar, M., Singh, E., Kumar, A., Kumar, S., Ray, A., Dhal, N.K., 2022. Enrichment of primary macronutrients in biochar for sustainable agriculture: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(9): 1449-1490.
- Karmegam, N., Jayakumar, M., Govarthanam, M., Kumar, P., Ravindran, B., Biruntha, M., 2021. Precomposting and green manure amendment for effective vermitransformation of hazardous coir industrial waste into enriched vermicompost. *Bioresource Technology*, 319: 124136.
- Khayat, M., 2021. Evaluation effect of farmyard manure (FYM) to improve cereal crop yield. *Journal of Crop Nutrition Science*, 7(1): 59-67
- Kumar, A., Joseph, S., Tsechansky, L., Privat, K., Schreiter, I.J., Schüth, C., Graber, E.R., 2018. Biochar aging in contaminated soil promotes Zn immobilization due to changes in biochar surface structural and chemical properties. *Science of the Total Environment*, 626: 953-961.
- Lazcano, C., Zhu-Barker, X., Decock, C., 2021. Effects of organic fertilizers on the soil microorganisms responsible for N₂O emissions: A review. *Microorganisms*, 9(5): 983.
- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., Crowley, D., 2011. Biochar effects on soil biota—a review. *Soil biology and biochemistry*, 43(9): 1812-1836.

- Marschner, H., 2012. *Mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press.
- McHenry, M.P., 2009. Agricultural bio-char production, renewable energy generation and farm carbon sequestration in Western Australia: Certainty, uncertainty and risk. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(1-3): 1-7.
- Mghaiouini, R., Benzibiria, N., Monkade, M., Bouari, A.E., 2022. Formulation of new biostimulant of plant and soil correction based on humic acids extracted by magnetized water from compost from the waste of coffee marc and cattle manure. *Waste and Biomass Valorization*, 13(1): 453-465.
- Mousavi, S.R., 2011. Zinc in crop production and interaction with phosphorus. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(9): 1503-1509.
- Radziemska, M., Gusiatin, Z.M., Cydzik-Kwiatkowska, A., Cerdà, A., Pecina, V., Beş, A., Brtnický, M., 2021. Insight into metal immobilization and microbial community structure in soil from a steel disposal dump phytostabilized with composted, pyrolyzed or gasified wastes. *Chemosphere*, 272: 129576.
- Rondon, M.A., Lehmann, J., Ramírez, J., Hurtado, M., 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and fertility of Soils*, 43: 699-708.
- Saibou, A., 2022. Winter and Spring Canola Response to Phosphorus and Zinc Starter Fertilization in Eastern Washington and Eastern Connecticut (Master's thesis, University of Connecticut).
- Sakin, E., Yanardag, I.H., 2019. Effect of application of sheep manure and its biochar on carbon emissions in salt affected calcareous soil in Sanliurfa Region SE Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(4): 2553-2560.
- Shaaban, A., El-Mageed, T.A.A., El-Momen, W.R.A., Saady, H.S., Al-Elwany, O.A., 2023. The integrated application of phosphorous and zinc affects the physiological status, yield and quality of canola grown in phosphorus-suffered deficiency saline soil. *Gesunde Pflanzen*, 75(5): 1813-1821.
- Shao, J., Tang, W., Huang, K., Ding, C., Wang, H., Zhang, W., Qari, S.H., 2023. How does zinc improve salinity tolerance? Mechanisms and future prospects. *Plants*, 12(18): 3207.
- Thomas, S.C., Gale, N., 2015. Biochar and forest restoration: a review and meta-analysis of tree growth responses. *New Forests*, 46(5): 931-946.
- Viketoft, M., Riggi, L.G., Bommarco, R., Hallin, S., Taylor, A.R., 2021. Type of organic fertilizer rather than organic amendment per se increases abundance of soil biota. *PeerJ*, 9: e11204.

Atf Şekli: Beyyavaş, V., Cun, S., Sakin, E., Turhan, D., 2024. Farklı Dozlarda Biyoçar ve Çinko Fosfat Uygulamalarının Kanola Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1159–1167.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14538522>.

To Cite: Beyyavaş, V., Cun, S., Sakin, E., Turhan, D., 2024. Effects of Different Doses of Biochar and Zinc Phosphate Applications on the Development of Canola Plants. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1159–1167.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14538522>.
