Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 13(s1): 2493-2502, 2025
DOI: https://doi.org/10.24925/turjaf.v13is1.2493-2502.8125

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology

Available online, ISSN: 2148-127X | www.agrifoodscience.com | Turkish Science and Technology Publishing (TURSTEP)

The Effects of Combined Use of Pumice and Biochar on Irrigation Water Requirements and Soil and Plant Development

Caner Yerli[1,a,*]

[1]*Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, 65080, Van, Türkiye*
[*]*Corresponding author*

ARTICLE INFO

Research Article

Received : 22.07.2025
Accepted : 25.08.2025

Keywords:
Plant growth
Biochar
Turfgrass
Lolium
Pumice

ABSTRACT

To combat increasing water scarcity, alternative measures need to be developed, especially in agricultural irrigation where water is consumed the most. An inorganic material pumice and an organic material biochar are frequently mentioned. There are many studies where irrigation water productivity is provided and plant and soil productivity is improved by using these materials alone. However, it has been observed that studies examining the effects of the combined use of pumice and biochar on the amount and productivity of irrigation water in turfgrass plants (*Lolium*), soil and plant productivity and quality in landscape areas with intensive water consumption are limited. Thus, this study was carried out in a total of 48 pots by mixing pumice (0%, 10%, 20% and 30%) and biochar (0%, 1%, 2% and 3%) into the soil at 4 different ratios according to volume and weight, based on the hypothesis that the combined use of pumice and biochar will improve irrigation water productivity and soil and plant productivity. As a result, 30% pumice+3% biochar reduced the amount of irrigation water by 19% and increased the fresh weight by 2.5 times, thus a 3-fold increase in irrigation water productivity was achieved. Biochar and its increasing rates caused an increase in soil organic matter and total nitrogen content but a decrease in pH, while the effect of pumice was insignificant. However, the electrical conductivity of the soil increased in both treatments. While root length, quality, fresh and dry weights were positively affected by pumice and biochar and its increasing rates, the level of this effect was higher in 30% pumice+3% biochar. As a result, 30% pumice+3% biochar was found to be recommendable for both plant and soil productivity and for the management of fresh water resources in the combat against increasing water scarcity, but it was found important to continue more comprehensive field studies that take into account different rates in this regard.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 13(s1): 2493-2502, 2025

Pomza ve Biyoçarın Birlikte Kullanımının Sulama Suyu İhtiyacı ile Toprak ve Bitki Gelişimine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 22.07.2025
Kabul : 25.08.2025

Anahtar Kelimeler:
Bitki gelişimi
Biyoçar
Çim
Lolium
Pomza

ÖZ

Artan su kıtlığıyla mücadele etmede özellikle suyun en yoğun tüketildiği tarımsal sulamalarda alternatif önlemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. İnorganik bir materyal pomza ve organik bir materyal biyoçardan sıkça bahsedilmektedir. Bu materyallerin tek başlarına kullanımıyla sulama suyu etkinliğinin sağlandığı ve bitki ile toprak veriminin iyileştirildiği birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak pomza ve biyoçarın beraber kullanımının yoğun su tüketimine sahip peyzaj alanlarında çim bitkisinde (*Lolium*) sulama suyu miktarına ve verimliliğine, toprak ile bitki verim ve kalitesine etkilerinin irdelendiği çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Böylece bu çalışma pomza ve biyoçarın beraber kullanımının sulama suyu verimliliğini ve toprak ile bitki verimliliğini iyileştireceği hipotezi üzerine 3 tekerrürlü olarak hacim ve ağırlık esasına göre pomza (%0, %10, %20 ve %30) ve biyoçarın (%0, %1, %2 ve %3) toprağa 4 farklı oranda karıştırılmasıyla toplam 48 saksıda yürütülmüştür. Sonuçta %30 pomza+%3 biyoçar sulama suyu miktarını %19 azaltmış ve yaş ağırlığı 2,5 kat artırmış böylece sulama suyu verimliliğinde 3 katlık bir artış gerçekleşmiştir. Biyoçar ve artan oranları toprak organik madde ve toplam azot içeriğinde artışa ancak pH'da azalışa neden olmuşken, pomzanın etkisi önemsiz olmuştur. Ancak iki uygulamada da toprağın elektriksel iletkenliği artmıştır. Kök uzunluğu, kalite, yaş ve kuru ağırlıklar pomza ve biyoçar ve artan oranlarından olumlu etkilenirken, bu etkininin düzeyi %30 pomza+%3 biyoçar'da daha fazla olmuştur. Sonuçta %30 pomza+%3 biyoçar hem bitki ile toprak verimliliği için hem de artan su kıtlığıyla mücadelede temiz su kaynaklarının yönetimi için önerilebilir bulunmuş ancak bu konuda farklı oranları da dikkate alan daha kapsamlı saha çalışmalarının da sürdürülmesi önerilmektedir.

[a] caneryerli@yyu.edu.t https://orcid.org/0000-0002-8601-8791

This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

En önemli doğal kaynak olan suyun mevcudiyeti dünya ölçeğinde sürekli çeşitli nedenlerden dolayı azalmaktadır. Azalan su kaynakları kişi başına düşen su mevcudiyetini azaltmanın yanında tarımsal üretim için tüketilen suyun da sınırlanmasıyla daha az üretime neden olmaktadır (Kheirinejad ve ark., 2022). Böylece gıda arz ve talebinde olumsuzluklar, sınırlı üretim ve yetersiz beslenme problemleri sürekli gündeme gelmektedir (McLaughlin ve Kinzelbach, 2015). Bu nedenle her damla suya karşın daha fazla üretimin gerçekleştirilmesi bir zorunluluk olarak dikkate alınmalıdır. Aslında bu zorunluluk toprakta su rezervinin artırılmasıyla sağlanabilir. Toprakta artan su rezervi daha az sulama suyu miktarına neden olarak birim su başına verimliliğin artmasıyla sonuçlanmaktadır (Wang ve ark., 2021).

Pomza sahip olduğu gözenekli ve süngerimsi özelliğiyle toprak nem içeriğinin korunmasında önemli bir inorganik materyal olarak karşımıza çıkmaktadır (Kuslu ve Sahin, 2013). Volkanik bir kayaç olan pomza yapı itibariyle süngerimsi bir özelliğe sahiptir (Sarkar ve ark., 2017). Hacimsel olarak %20 ile %30 aralığında su tutulumu özelliği gösteren pomza (Ersoy ve ark., 2010) suyu bünyesinde tutarak buharlaşmanın azalmasına ve böylece sulama suyu miktarı ve sulama aralığının iyileştirilmesine katkı sunmaktadır (Sahin ve Anapali, 2006). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde toprağın su tutma kapasitesinin arttırılmasında önemli bir materyal olan pomza (Dündar, 2009) hafif olması, taşınım rahatlığı, ucuz ve çevre dostu özelliklerinden dolayı iyi bir toprak düzenleyici olarak tercih edilmektedir (Kong ve ark., 2021).

Biyoçar da toprağın su tutma kapasitesini artırarak toprak nem içeriğinin geliştirimesine katkı sunan organik bir materyaldir. Bu nedenle biyoçar ile ilgili çalışmalar son zamanlarda oldukça artış göstermiştir (Razzaghi ve ark., 2020). Yüksek sıcaklıklarda biyokütlenin pirolizinin katı ürünü olarak ortaya çıkan biyoçar (Weber ve Quicker, 2018), yüksek gözenekli yapısı, geniş özgül yüzey alanı ile hidrofilik alanlarının mevcudiyetiyle toprakta suyun tutulumunu arttırmakla beraber (Verheijen ve ark., 2010) toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini de geliştirmektedir (Zhang ve ark., 2016). Ayrıca biyoçarın toprağa yüksek organik madde katkısı da toprakta su tutulumunu destekleyen bir unsurdur. Böylece biyoçarın bu özellikleri sayesinde üzerindeki ilgi artmış ve bitki ile toprak veriminin geliştirilmesi ve sulama suyu miktarının azaltılarak su verimliliğinin iyileştirilmesi yönünde oldukça kabul görmüştür (Wang ve ark., 2020; Cakmakci ve Sahin, 2023; Yerli, 2023).

Daha önceki çalışmalar pomza veya biyoçarı farklı bitkilerin yetiştiriciliğinde kullanarak sulama suyu miktarını azaltıcı, sulama suyu verimliliğini geliştirici ve toprak ile bitki verimini arttırıcı etkilerini araştırmıştır (Dündar, 2009; Zhang ve ark., 2016; Kong ve ark., 2021; Hassanpour ve ark., 2023; Wu ve ark., 2024). Ancak literatürde pomza ve biyoçarın beraber bir kombinasyon şeklinde kullanımının yoğun su tüketimine sahip peyzaj alanlarında çim bitkisinde sulama suyu miktarına ve verimliliğine, toprak ile bitki verim ve kalitesine etkilerinin araştırıldığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Böylece bu çalışma çim bitkisi yetiştirilen toprağa değişen oranlarda pomza ve/veya biyoçar uygulanmasının sulama suyu miktarına, sulama suyu verimliliğine ve toprak ile bitkiye etkilerini araştırarak pomza+biyoçar kombinasyonunun sulama suyu miktarını azaltarak sulama suyu verimliliğini artıracağı toprak ile bitki verim ve kalitesini iyileştireceği hipotezlerini test etmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesinin serasında yürütülmüştür. Çalışma süresince, seranın ortalama günlük sıcaklık değerleri 17ºC ile 32ºC, nem değerleri ise %33 ile %51 aralığında değişiklik göstermiştir. Üç tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme deseninde dizayn edilen çalışma, toprağa sırasıyla hacim ve ağırlık esaslarına göre pomza (%0, %10, %20 ve %30) ve biyoçarın (%0, %1, %2 ve %3) dört farklı oranda karıştırılmasıyla 1,5 litrelik toplam 48 saksıda (3 tekerrür × 4 biyoçar × 4 pomza) %40 *Lolium perenne*, % 5 *Festuca rubra rubra*, %15 *Festuca rubra commutata* ve %10 *Poa pratensis* karışımına sahip çim bitkisinde gerçekleştirilmiştir.

Ticari olarak temin edilen pomza ve biyoçar < 2 mm boyutlarında çalışmada kullanılmıştır. pH-metre ve kondüktivimetre kullanılarak ölçülen pH ve elektriksel iletkenlik pomza için 8,19 ve 0,12 dS/m, biyoçar için ise 9,65, 4,26 dS/m olarak belirlenmiştir. Biyoçarın organik madde ve azot içeriği Nelson ve Sommers (1982) ve Bremner ve Mulvaney (1982)'e göre analiz edilmiş ve %56 ve %1,8 olarak tespit edilmiştir. Tekstürü Bouyoucos hidrometre yöntemine göre analiz edilen toprağın (Demiralay, 1993); kum, kil ve tın dağılımının sırasıyla %48, %29 ve %23 ile kumlu killi tın bünyeye sahip olduğu belirlenmiştir. Toprağın pH'sı ve elektriksel iletkenliği pH-metre ve kondüktivimetreyle ölçülerek 8,17 ve 0,91 dS/m olarak bulunmuştur. Organik madde ve toplam azot analizleri için Walkey-Black (Nelson ve Sommers, 1982) ve Kjeldahl azot tayin (Bremner ve Mulvaney, 1982) yöntemleri kullanılarak toprağın organik madde ve toplam azot içerikleri %2,13 ve %0,15 olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada topraklara anılan oranlarda pomza ve biyoçar karıştırıldıktan sonra, saksı yüzey alanı dikkate alınarak 50 gr/m^2 olacak şekilde, tüm saksılara eşit miktarda çim tohumlarının ekimi gerçekleştirilmiştir (Çelebi ve ark., 2009). Tüm saksılardaki tohumların yüzeyi örtü materyali olarak yaklaşık 1 cm kalınlığında 1:1:1 oranında ahır gübresi, torf ve çalışma toprağıyla örtülmüştür (Boyno ve ark., 2024). Akabinde saksılara 4 gr/m^2 olacak şekilde %26'lık amonyum nitrat gübrelemesi gerçekleştirilmiştir (Çelebi ve ark., 2009). İlk sulama pomza ve biyoçar uygulanmayan kontrol grubunda, daha önce ağırlık esasına göre belirlenmiş tarla kapasitesindeki saksı ağırlığına, mevcut nemin tamamlanması yaklaşımıyla tüm saksılara eşit miktarda sulama suyu sağlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımla tüm saksılara eşit miktarda sulamalara, çimlenme gerçekleşip bitki boyu yaklaşık 10 cm olan ilk biçim uzunluğuna gelene kadar (Morris ve Shearman, 1998) her gün devam edilmiştir. Bu süreçten sonra her pomza ve biyoçar oranının ayrı ayrı saksı tartımı gerçekleştirilerek belirlenen mevcut nemlerin tarla kapasitesindeki saksı ağırlığına tamamlanmasına ortalama üç gün aralıklı olarak devam edilmiştir.

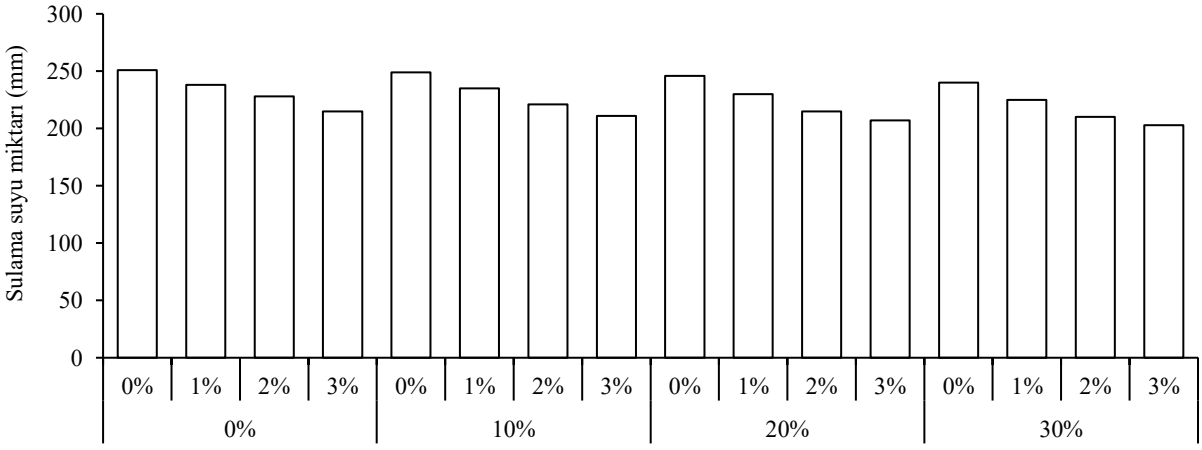
Çim biçimi yaklaşık 10 günde bir 8-10 cm uzunluğundan 3-4 cm'e kısaltılacak şekilde makas yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Morris ve Shearman, 1998). İki buçuk ay sürdürülen çalışmada toplam 6 defa çim biçimi yapılmış ve her gün sürdürülen sulamalar da dahil toplam 35 sulama gerçekleştirilmiştir. NTEP çim değerlendirme kılavuzuna göre, homojenlik, yoğunluk, renk ve genel görünüm değerleri farklı araştırmacılar tarafından 1 ile 9 arasında bir skalada değerlendirilerek kalite kriterleri belirlenmiştir (Morris ve Shearman, 1998). Bitki yaş ağırlıkları toprak yüzeyinden alınan bitkilerin tartılmasıyla, kuru ağırlıkları ise aynı örneklerin 70°C'de 48 saat kurutulmasıyla elde edilmiştir (Türk ve Alagöz, 2018). Elde edilen metre kare başına bitki yaş ağırlık verimlerinin toplam sulama suyu miktarına oranlanmasıyla metre kare başına sulama suyu verimlilik değeri belirlenmiştir. Bitkinin kökleri ise cetvel yardımıyla ölçülerek kök uzunlukları bulunmuştur. Her saksıdan alınan toprak örneklerinde pH ve elektriksel iletkenlik ölçümleri ile organik madde ve toplam azot analizleri de toprak başlangıç analizlerinin belirlendiği analizsel yaklaşımlarla gerçekleştirilmiştir. Sulama suyu miktarı tüm uygulamalar için saksı alanından mm'e dönüştürülerek belirlenmiş, elde edilen yaş ağırlık değerinin sulama suyu miktarına oranlanmasıyla da sulama suyu verimliliği elde edilmiştir.

Verilerin istatistiksel olarak analizinde SPSS programı kullanılmıştır. Veriler, Genel Doğrusal Model ile analize tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca veriler arasındaki ilişkilerin tanımlanabilmesi için korelasyon analizi de ClustVis ve Past 4.17 programlarından yararlanılarak oluşturulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Uygulamalara bağlı sulama suyu miktarları 203 mm ile 251 mm arasında değişim göstermiş ve en düşük sulama suyu miktarı %30 pomza ve %3 biyoçar uygulanan konudan elde edilmiştir. Pomza ve biyoçar uygulanmayan kontrol konusuna göre, %30 pomza ve %3 biyoçar uygulanan konuda sağlanan %19 sulama suyu tasarrufu pomza ve biyoçarın toprağın su tutma kapasitesini arttırıcı etkisiyle açıklanabilir (Şekil 1). Pomza, parçacık büyüklüğü ve gözenekli agrega yapısı sayesinde toprağa uygulandığı durumda toprağın su tutuma kapasitesini geliştirerek (Kadıoğlu ve Canbolat, 2019) sulama suyu miktarını ve sulama aralığını azaltan inorganik bir materyaldir (Sahin ve Anapali, 2006). Benzer etkilere sahip olan organik bir materyal biyoçar da süngerimsi gözenekli yapısı sayesinde toprakta suyun tutulumunun süresini arttırma ve topraktan su kaybını azaltma özelliklerine sahiptir (Zhang ve ark., 2016). Ayrıca biyoçarın toprak organik madde içeriğini arttırıcı etkisi de (Şekil 4) daha az sulama suyu miktarının farklı bir açıklaması olarak ele alınabilir. Çünkü organik madde, toprağın gözenek boyutu ve dağılımını toprağın su tutma kapasitesini iyileştirecek şekilde düzenlemektedir (Amooh ve Bonsu, 2015). Toprağın organik madde içeriğinin %1 artırılması 0,0283 m^3 toprak için yaklaşık 3 litrelik su tutma kapasitesinde bir artış ile sonuçlanmaktadır (Charles Gould, 2015). Bu çalışmanın bulgularıyla benzer şekilde Dündar (2009) pomzanın ve Chen ve ark. (2021) ise biyoçarın sulama suyu miktarını azalttığını belirtmişlerdir.

Sulama suyu verimliliğine pomza ve biyoçar uygulamalarının etkileri çok önemli olmuş ve ayrıca interaksiyon da önemli bulunmuştur (Şekil 2 ve Çizelge 1). %30 pomza ve %3 biyoçar uygulanan konuda daha az sulama suyu miktarı (Şekil 2) ve daha fazla yaş ağırlık (Şekil 10), bu konuda en yüksek sulama suyu verimliliği ile sonuçlanmıştır. Pomza ve biyoçar uygulamalarının artan oranlarıyla toprakta su tutulumunun artması böylece sulama suyu miktarının azalmasına karşın (Şekil 2) yaş ağırlıktaki artış (Şekil 10) sulama suyu verimliliğindeki artışı net olarak açıklamaktadır. Sulama suyu verimliliğinin sulama suyu miktarıyla ile negatif, yaş ağırlıkla ise pozitif korelasyon ilişkileri de bu durumu destekler niteliktedir (Şekil 3). Sulama suyu verimliliğinin formülsel yaklaşımına bağlı olarak artan verime karşın sulama suyu miktarındaki azalış sulama suyu verimliliğinin artmasıyla sonuçlanmaktadır. Bu çalışmanın bulgularıyla benzer şekilde Hassanpour ve ark. (2023) pomza, Cakmakci ve Sahin (2023) ise biyoçar uygulamalarında sulama suyu verimliliğinin arttığını bildirmişlerdir.

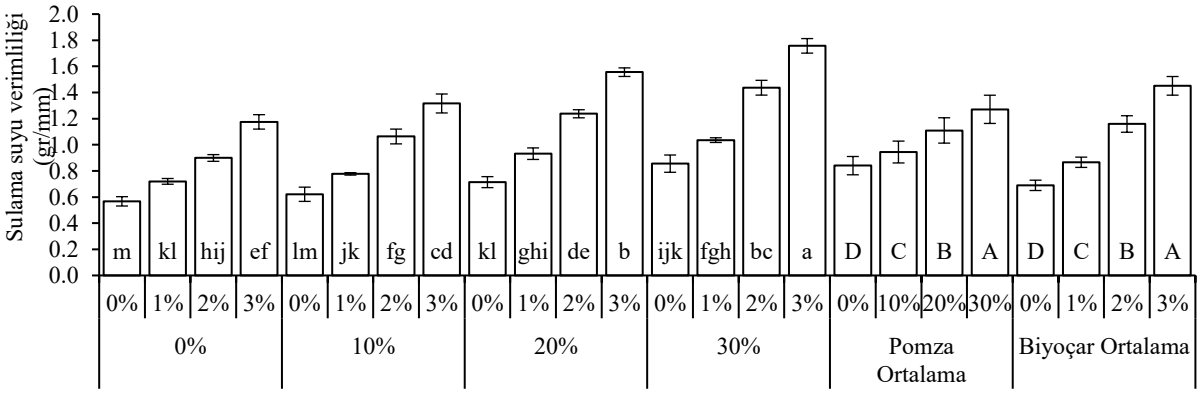


Şekil 1. Pomza ve biyoçar uygulamalarında sulama suyu miktarı (%0, %10, %20 ve %30 pomza oranlarını, %0, %1, %2 ve %3 ise biyoçar oranlarını temsil etmektedir)

Figure 1. Irrigation water amount in pumice and biochar treatments (0%, 10%, 20% and 30% represent pumice rates, 0%, 1%, 2% and 3% represent biochar rates)

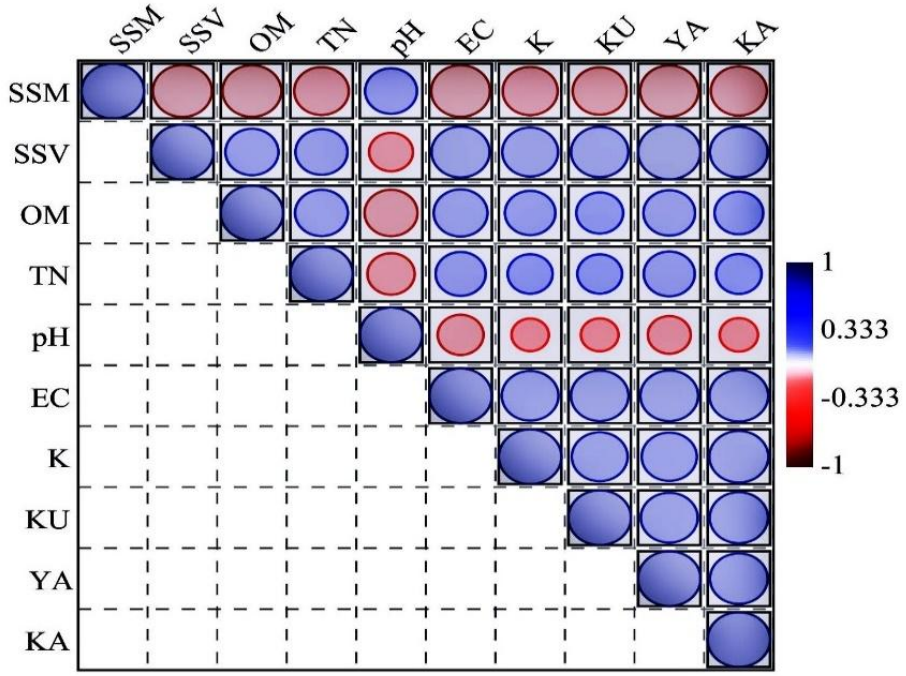
Çizelge 1. Pomza ve biyoçar uygulamalarında varyans analiz sonuçları
Table 1. Variance analysis results in pumice and biochar applications

Sulama suyu verimliliği	df	Kareler ortalaması	F	P
Pomza	3	0,427	68,330	0,000
Biyoçar	3	1,346	215,286	0,000
İnteraksiyon	9	0,014	2,209	0,048
Hata	32	0,006		
Organik madde	df	Kareler ortalaması	F	P
Pomza	3	0,012	2,773	0,057
Biyoçar	3	0,693	165,541	0,000
İnteraksiyon	9	0,000	0,112	0,999
Hata	32	0,004		
Toplam azot	df	Kareler ortalaması	F	P
Pomza	3	0,001	1,684	0,190
Biyoçar	3	0,027	46,069	0,000
İnteraksiyon	9	0,000	0,226	0,988
Hata	32	0,001		
pH	df	Kareler ortalaması	F	P
Pomza	3	0,002	0,283	0,837
Biyoçar	3	0,425	65,318	0,000
İnteraksiyon	9	0,000	0,044	0,999
Hata	32	0,007		
Elektriksel iletkenlik	df	Kareler ortalaması	F	P
Pomza	3	0,501	59,706	0,000
Biyoçar	3	1,203	143,288	0,000
İnteraksiyon	9	0,003	0,327	0,959
Hata	32	0,008		
Kök uzunluğu	df	Kareler ortalaması	F	P
Pomza	3	6,191	96,167	0,000
Biyoçar	3	7,746	120,323	0,000
İnteraksiyon	9	0,514	7,989	0,000
Hata	32	0,064		
Kalite	df	Kareler ortalaması	F	P
Pomza	3	12,839	38,276	0,000
Biyoçar	3	20,720	61,775	0,000
İnteraksiyon	9	0,213	0,634	0,759
Hata	32	0,335		
Yaş ağırlık	df	Kareler ortalaması	F	P
Pomza	3	15378,222	48,239	0,000
Biyoçar	3	40947,056	128,445	0,000
İnteraksiyon	9	297,648	0,934	0,510
Hata	32	318,792		
Kuru ağırlık	df	Kareler ortalaması	F	P
Pomza	3	5238,743	95,597	0,000
Biyoçar	3	6382,799	115,482	0,000
İnteraksiyon	9	4,354	0,079	1,000
Hata	32	55,271		



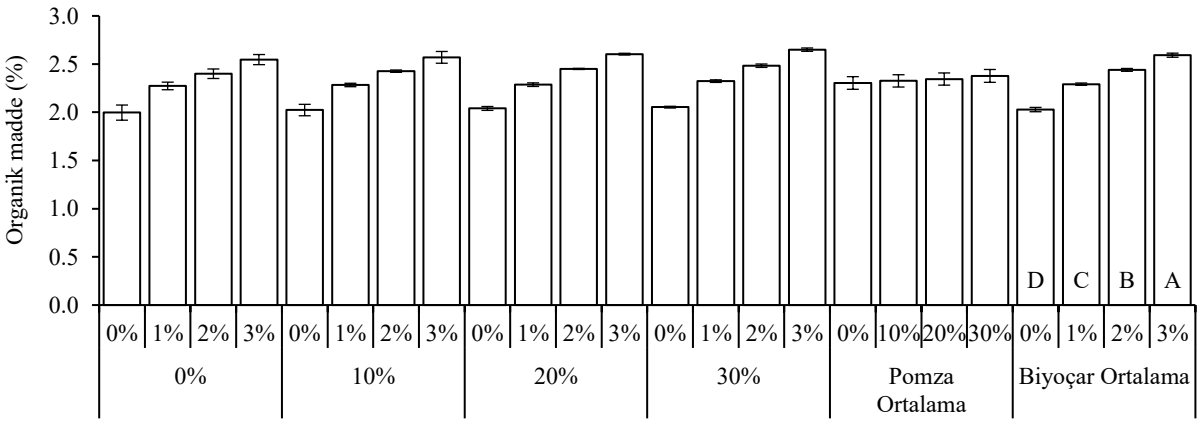
Şekil 2. Pomza ve biyoçar uygulamalarında sulama suyu verimliliği (%0, %10, %20 ve %30 pomza oranlarını, %0, %1, %2 ve %3 ise biyoçar oranlarını temsil etmektedir)
Figure 2. Irrigation water efficiency in pumice and biochar treatments (0%, 10%, 20% and 30% represent pumice rates, 0%, 1%, 2% and 3% represent biochar rates)

Organik madde ve toplam azot içeriklerine pomza uygulamasının etkisi önemsiz olmuşken, biyoçar uygulamasının etkisi çok önemli bulunmuştur (Şekil 4-5 ve Çizelge 1). Biyoçar uygulamaları ve artan oranlarıyla toprakta organik madde ve toplam azot içeriklerinin artışı doğrudan biyoçarın organik madde ve toplam azot içeriklerine bağlı olarak açıklanabilir. Biyoçarın çözünmüş kısmının büyük bir oranı tuz, mineral ve organik maddeden oluşmaktadır (Sun ve ark., 2021). Böylece biyoçar uygulanan toprakların organik madde içeriği zenginleşmektedir (Smebye ve ark., 2016). Lehmann (2007) biyoçarı hem sahip olduğu organik madde katkısıyla toprak organik madde içeriğini zenginleştiren hem de toprağın ve toprağa sağlamış olduğu organik maddenin korunumunu sağlayan bir organik materyal olarak tanımlamışlardır. Benzer şekilde Chen ve ark. (2024) de biyoçarın toprağa azot sağlayıcı etkisine ilaveten biyoçarın toprağa sağladığı ve toprakta mevcut azotu uzun süre mineralizasyona uğratmadan koruyucu özelliğine dikkat çekmişlerdir. Zengin azot içeriğiyle biyoçar, toprağın azot ihtiyacını ortadan kaldırabilen bir toprak gelişimi sunmanın yanı sıra bitki gelişimini de önemli düzeyde destekleyen bir toprak düzenleyici olarak değerlendirilmektedir (Tang ve ark. 2020). Bu çalışmanın bulgularıyla benzer şekilde Prommer (2014) de biyoçar uygulamalarının toprağın organik madde ve toplam azot içeriklerini arttırdığını belirtmişlerdir.



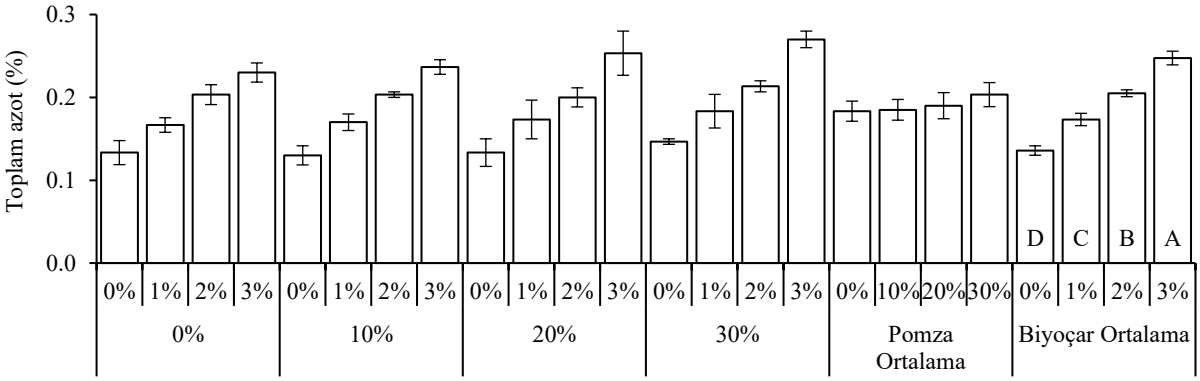
Şekil 3. Korelasyon matrisi (SSM: Sulama suyu miktarı, SSV: Sulama suyu verimliliği, OM: Organik madde, TN: Toplam azot, EC: Elektriksel iletkenlik, K: Kalite, KU: Kök uzunluğu, YA: Yaş ağırlık, KA: kuru ağırlık)

Figure 3. Correlation matrix (SSM: Irrigation water amount, SSV: Irrigation water productivity, OM: Organic matter, TN: Total nitrogen, EC: Electrical conductivity, K: Quality, KU: Root length, YA: Fresh weight, KA: Dry weight)



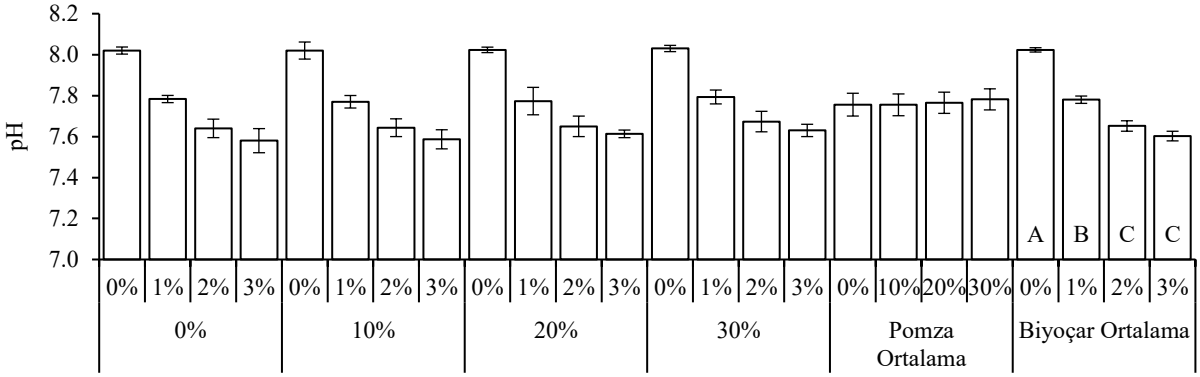
Şekil 4. Pomza ve biyoçar uygulamalarında organik madde %0, %10, %20 ve %30 pomza oranlarını, %0, %1, %2 ve %3 ise biyoçar oranlarını temsil etmektedir)

Figure 4. Organic matter in pumice and biochar treatments (0%, 10%, 20% and 30% represent pumice rates, 0%, 1%, 2% and 3% represent biochar rates)



Şekil 5. Pomza ve biyoçar uygulamalarında toplam azot %0, %10, %20 ve %30 pomza oranlarını, %0, %1, %2 ve %3 ise biyoçar oranlarını temsil etmektedir)

Figure 5. Total nitrogen in pumice and biochar treatments (0%, 10%, 20% and 30% represent pumice rates, 0%, 1%, 2% and 3% represent biochar rates)



Şekil 6. Pomza ve biyoçar uygulamalarında pH %0, %10, %20 ve %30 pomza oranlarını, %0, %1, %2 ve %3 ise biyoçar oranlarını temsil etmektedir)

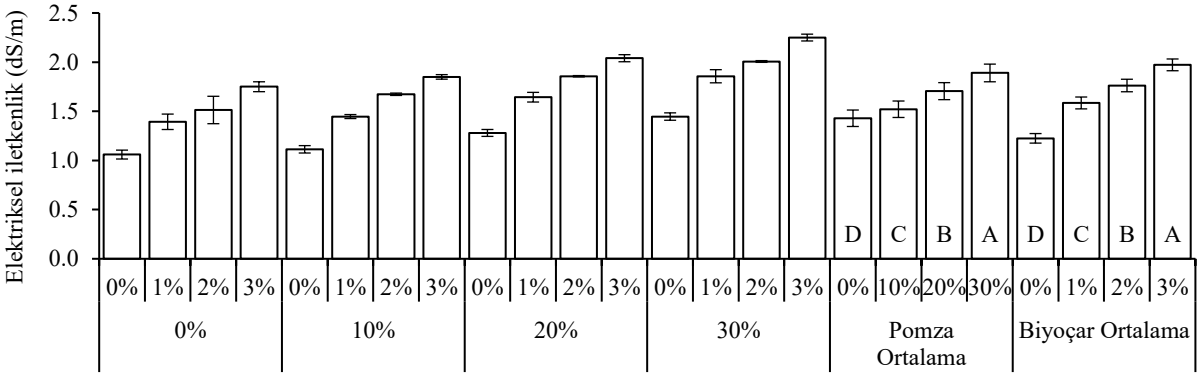
Figure 6. pH in pumice and biochar treatments (0%, 10%, 20% and 30% represent pumice rates, 0%, 1%, 2% and 3% represent biochar rates)

pH'ya pomza uygulamasının etkisi önemsiz olmuşken, biyoçar uygulamasının etkisi çok önemli bulunmuştur (Şekil 6 ve Çizelge 1). Biyoçar uygulamaları ve artan oranlarıyla toprak pH'sının azalışı biyoçarın toprağa sağladığı organik madde ve toplam azot içerikleriyle (Şekil 4 ve 5) açıklanabilir. Toprakta artan organik madde mineralize olduğunda hidrojen iyonları serbest duruma geçerek organik maddeden ayrışan karboksil içerikli asitlerin parçalanmasıyla toprağın asidik yönünün artmasına neden olmaktadır (Zhi-An ve ark. 2008). Benzer şekilde azotun da mineralize oluşuyla amonyum ayrışmakta hidrojen iyonları serbest duruma geçerek nitrifikasyonun artışı neticesinde toprak pH'sı azalmaktadır (Singh ve Agrawal, 2012). pH'nın organik madde ve toplam azot ile negatif korelasyon ilişkileri de bu durumu destekler niteliktedir (Şekil 3). Bu çalışmanın bulgularıyla benzer şekilde Yerli (2023) de biyoçar uygulamalarının toprağın pH'sını azalttığını bildirmişlerdir.

Elektriksel iletkenliğe pomza ve biyoçar uygulamalarının etkileri çok önemli olmuştur (Şekil 7 ve Çizelge 1). Pomza ile biyoçar uygulamaları ve artan oranlarıyla toprak elektriksel iletkenliğinin artışı doğrudan pomza ve biyoçarın elektriksel iletkenlik içeriklerine atfedilebilir. Organik veya inorganik toprak düzenleyicilerin toprakla etkileşiminde içerdikleri tuzların çözünmesi neticesinde toprak elektriksel iletkenliği artmaktadır (Atkinson ve ark. 2010). Gülser ve ark. (2024) vermikompost, vermikulit ve pomza olarak farklı toprak düzenleyicilerin kullanıldığı toprağın elektriksel iletkenliğinin arttığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Ata ve Kaplan (2020) da tavuk gübresinin kullanımıyla toprak tuzluluğundaki artışı bildirmişlerdir. Farklı bir çalışmada Yerli ve ark. (2023) toprağa uygulanan fındık zurufu kompostunun toprağın tuzluluğunda artışa neden olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmanın bulgularıyla benzer şekilde Gülser ve ark. (2024) pomza ve Wu ve ark. (2024) ise biyoçar için pomza ve biyoçar uygulanan toprakların elektriksel iletkenliğinin arttığı belirtmişlerdir.

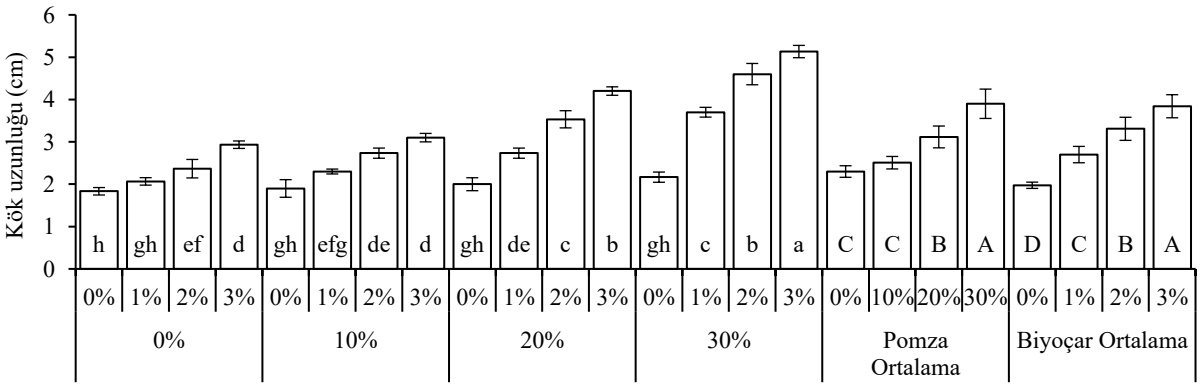
Kök uzunluğuna, kaliteye ve yaş ile kuru ağırlıklara pomza ve biyoçar uygulamalarının etkileri çok önemli olmuş ayrıca kök uzunluğuna interaksiyonun etkisi de çok önemli bulunmuştur (Şekil 8-11 ve Çizelge 1). Pomza ile biyoçar uygulamaları ve artan oranlarıyla kök uzunluğunun artması pomza ve biyoçarın daha iyi bir yetiştirme ortamı sunmasına bağlı olarak değerlendirilebilir. Daha iyi bir kök gelişimi ve yetiştirme ortamı da daha yüksek kalite, yaş ve kuru ağırlıklara neden olmuş olabilir. Çünkü kök gelişimi topraktan daha iyi bir beslenme neticesinde bitki verim ve kalitesinin artışını desteklemektedir (Yerli ve ark. 2023). Kök gelişimindeki iyileşme toprağın su ve besin haznesine ulaşımı kolaylaştırarak doğrudan verime yansır (Richardson ve ark. 2009). Kök uzunluğunun kalite, yaş ve kuru ağırlık ile pozitif korelasyon ilişkileri de bu durumu destekler niteliktedir (Şekil 3). Ayrıca biyoçar uygulamasında daha

yüksek organik madde ve toplam azot içerikleri (Şekil 4 ve 5) biyoçar uygulanan toprakta yetişen çimin daha fazla kök uzunluğunun, kalitesinin, yaş ve kuru ağırlıklarının farklı bir açıklaması olarak ele alınabilir. Çünkü yeterli organik madde ve azot topraktan suyun ve besin elementlerinin alımını arttırma yoluyla stres direncini geliştirir, örtü oranını artırır ve kalite ile verimi düzenler (Larsen ve Bibby, 2005). Toprakta artan organik madde kök gelişimini arttırma yoluyla suya ve besinlere ulaşımı kolaylaştırarak verim potansiyelini geliştirir (Richardson ve ark., 2009). Toprakta besin mevcudiyetinin artması çimlenme, kalite, verim ve verim potansiyelini iyileştirir (Karunakaran ve ark. 2013). Kök uzunluğu, kalite, yaş ve kuru ağırlıklar ile organik madde ve toplam azotun pozitif korelasyon ilişkileri de bu durumu destekler niteliktedir (Şekil 3). Bu çalışmanın bulgularıyla benzer şekilde sırasıyla Dündar (2009) ve Carey ve ark. (2015) de pomza ve biyoçar uygulamalarının çim bitkisinin verim ve kalite potansiyelini arttırdığını belirtmişlerdir.



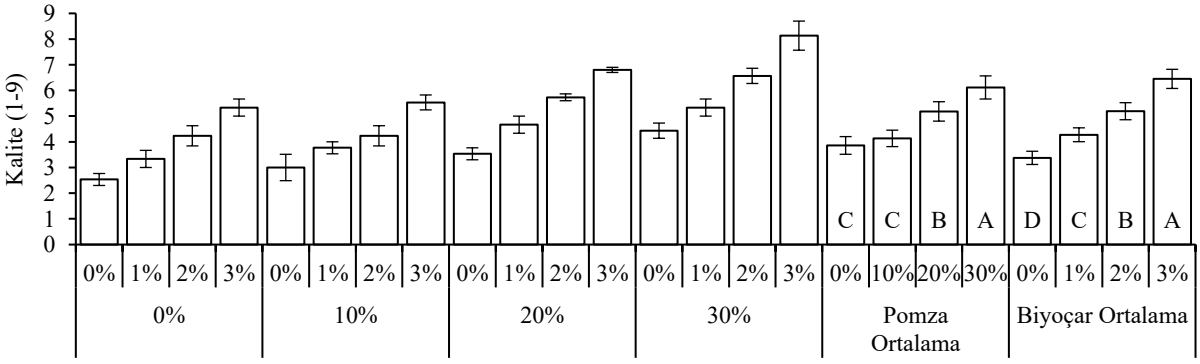
Şekil 7. Pomza ve biyoçar uygulamalarında elektriksel iletkenlik %0, %10, %20 ve %30 pomza oranlarını, %0, %1, %2 ve %3 ise biyoçar oranlarını temsil etmektedir)

Figure 7. Electrical conductivity in pumice and biochar treatments (0%, 10%, 20% and 30% represent pumice rates, 0%, 1%, 2% and 3% represent biochar rates)



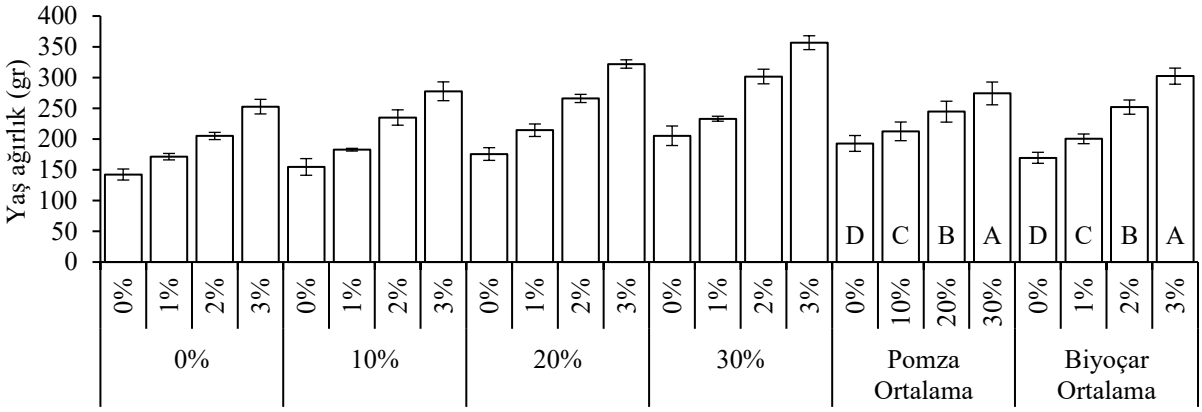
Şekil 8. Pomza ve biyoçar uygulamalarında kök uzunluğu %0, %10, %20 ve %30 pomza oranlarını, %0, %1, %2 ve %3 ise biyoçar oranlarını temsil etmektedir)

Figure 8. Root length in pumice and biochar treatments (0%, 10%, 20% and 30% represent pumice rates, 0%, 1%, 2% and 3% represent biochar rates)



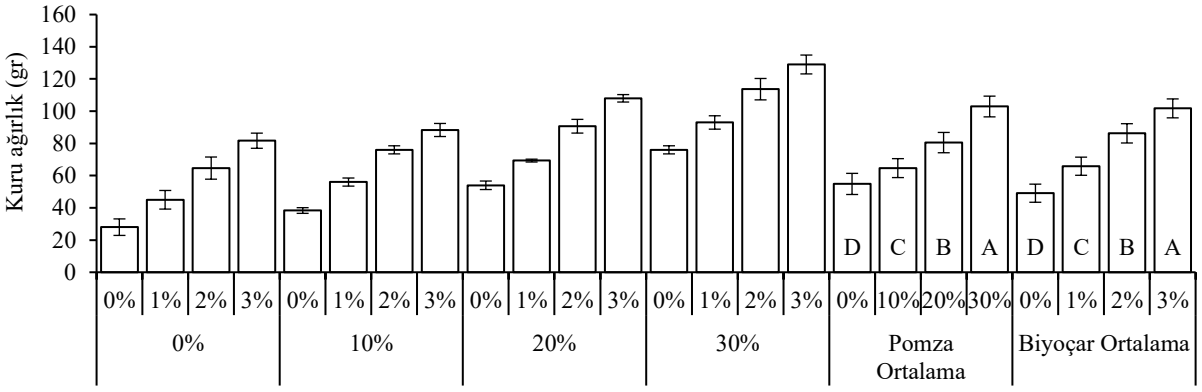
Şekil 9. Pomza ve biyoçar uygulamalarında kalite %0, %10, %20 ve %30 pomza oranlarını, %0, %1, %2 ve %3 ise biyoçar oranlarını temsil etmektedir)

Figure 9. Quality in pumice and biochar treatments (0%, 10%, 20% and 30% represent pumice rates, 0%, 1%, 2% and 3% represent biochar rates)



Şekil 10. Pomza ve biyoçar uygulamalarında yaş ağırlık (%0, %10, %20 ve %30 pomza oranlarını, %0, %1, %2 ve %3 ise biyoçar oranlarını temsil etmektedir)

Figure 10. Wet weight in pumice and biochar treatments (0%, 10%, 20% and 30% represent pumice rates, 0%, 1%, 2% and 3% represent biochar rates)



Şekil 11. Pomza ve biyoçar uygulamalarında kuru ağırlık %0, %10, %20 ve %30 pomza oranlarını, %0, %1, %2 ve %3 ise biyoçar oranlarını temsil etmektedir)

Figure 11. Dry weight in pumice and biochar treatments (0%, 10%, 20% and 30% represent pumice rates, 0%, 1%, 2% and 3% represent biochar rates)

Sonuç ve Öneriler

%30 pomza ve %3 biyoçar uygulanan konuda pomza ve biyoçar uygulanmayan kontrol uygulamasına göre sulama suyu miktarı %19 azalmış ve yaş ağırlık 2,5 kat artmış ve sonuçta 3 kat daha fazla sulama suyu verimliliği gerçekleşmiştir. Biyoçarın artan oranlarıyla toprağın organik madde ve toplam azot içeriği artarken, pH azalmış ve pomzanın toprağın organik madde, toplam azot ve pH içeriğine etkisi önemsiz olmuştur. Hem pomza hem de biyoçar uygulamaları toprak tuzluluğuna olumsuz etki göstermiş ancak bu uygulamalarda kök uzunluğu, kalite, yaş ve kuru ağırlıkları önemli seviyede artmıştır. Tüm bu bitki ile toprak verim ve kalite parametrelerinin ve sulama suyu yönetim etkinliğinin %30 pomza ve %3 biyoçar uygulanan konudaki daha yoğun etkisi düşünülerek, %30 pomza+%3 biyoçar'ın peyzaj alanlarında çim bitkisinde kullanımı hem bitki ile toprak verimliliği için hem de artan su kıtlığıyla mücadelede temiz su kaynaklarının yönetimi için önerilebilir bulunmuştur. Ancak bu konuda pomza ve biyoçarın farklı oranlarını da dikkate alan daha kapsamlı saha çalışmalarının da yürütülmesi bu çalışmanın tavsiye edilebilir sonuçları arasında yer almıştır.

Kaynaklar

Amooh, M. K., & Bonsu, M. (2015). Effects of soil texture and organic matter on evaporative loss of soil moisture. Journal of Global Agriculture and Ecology, 3(3), 152-161. https://ikprress.org/index.php/JOGAE/article/view/495

Ata, N., & Kaplan, M. (2020). Tavuk gübresi ve fertigasyon EC'lerinin örtüaltı baharlık domates (*Solanum lycopersicum*) yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine etkileri. Mediterranean Agricultural Sciences, 33(3), 425-431. https://doi.org/10.29136/mediterranean.816624

Atkinson, C. J., Fitzgerald, J. D., & Hipps, N. A. (2010). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. Plant and Soil, 337, 1-18. https://doi.org/10.1007/s11104-010-0464-5

Boyno, G., Yerli, C., Çakmakci, T., Sahin, U., & Demir, S. (2024). The effect of arbuscular mycorrhizal fungi on carbon dioxide (CO_2) emission from turfgrass soil under different irrigation intervals. J. Water and Climate Change, 15(2), 541-553. https://doi.org/10.2166/wcc.2024.482

Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen total. In A. L. Page, M. H. Miller, & D. R. Keeney (Eds.), Methods of soil analysis, part-2, physical and mineralogical methods (pp. 595–624). Agronomy Society of America and Soil Science Society America, Madison.

Cakmakci, T., & Sahin, U. (2023). Yield, physiological responses and irrigation water productivity of capia pepper (*Capsicum annuum* L.) at deficit irrigation and different biochar levels. Gesunde Pflanzen, 75(2), 317-327. https://doi.org/10.1007/s10343-022-00703-5

Carey, D. E., McNamara, P. J., & Zitomer, D. H. (2015). Biochar from pyrolysis of biosolids for nutrient adsorption and turfgrass cultivation. Water Environment Research, 87(12), 2098-2106. https://doi.org/10.2175/106143015X14362865227391

Charles Gould, M. (2015, October 26). Compost increases water holding capacity of droughty soils. https://www.manuremanager.com/compost-increases-water-holding-capacity-of-droughty-soils-18241/

Chen, S., Xia, X., Ding, Y., Feng, X., Lin, Q., Li, T., Bian, R., Li, L., Cheng, K., Zheng, J., Zhang, X., Xia, S., Wang, Y., Liu, X., & Pan, G. (2024). Changes in aggregate-associated carbon pools and chemical composition of topsoil organic matter following crop residue amendment in forms of straw, manure and biochar in a paddy soil. Geoderma, 448, 116967. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116967

Chen, X., Yang, S., Ding, J., Jiang, Z., & Sun, X. (2021). Effects of biochar addition on rice growth and yield under water-saving irrigation. Water, 13(2), 209. https://doi.org/10.3390/w13020209

Çelebi, Z., Andiç, N., & Yılmaz, I. H. (2009). Van bölgesinde tesis edilecek çim alanları için uygun tür karışımlarının saptanması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 19 (2), 91-101.

Demiralay, İ. (1993). Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni., Yayınları No: 143. Erzurum, 90-95.

Dündar, M. A. (2009). Toprağa karıştırılan farklı irilik ve oranlardaki pomzanın çim bitkisinin sulanmasına etkisi [Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya].

Ersoy, O., Şen, E., Aydar, E., Tatar, İ., & Çelik, H. H. (2010). Surface area and volume measurements of volcanic ash particles using micro-computed tomography (micro-CT): A comparison with scanning electron microscope (SEM) stereoscopic imaging and geometric considerations. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 196(3-4), 281-286. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2010.08.004

Gülser, F., Karaca, S., & Sarğın, B. (2024). Farklı toprak düzenleyicilerinin yetişme ortamında ve marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinin bazı özelliklerinde meydana getirdiği değişimler. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 12(2), 195-204. https://doi.org/10.33409/tbbbd.1565523

Hassanpour, R., Zarehaghi, D., Sadeghzadeh Reyhan, M. E., & Gharabaghi, P. (2023). Soil moisture variations and growth characteristics of Russian olive seedlings as affected by pumice in rainfed conditions. Journal of Plant Physiology and Breeding, 13(2), https://doi.org/249-260. 10.22034/jppb.2023.55645.1298

Kadıoğlu, B., & Canbolat, M. Y. (2019). Organik ve inorganik materyallerin ince bünyeli toprağa ilavesi ile hazırlanan yetişme ortamlarının hidrofiziksel özellikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50(2), 107-114. https://doi.org/10.17097/ataunizfd.453748

Karunakaran, G., Suriyaprabha, R., Manivasakan, P., Yuvakkumar, R., Rajendran, V., Prabu, P., & Kannan, N. (2013). Effect of nanosilica and silicon sources on plant growth promoting rhizobacteria, soil nutrients and maize seed germination. IET Nanobiotechnology, 7(3), 70–77. https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2012.0048

Kheirinejad, S., Bozorg-Haddad, O., Singh, V. P., & Loáiciga, H. A. (2022). The effect of reducing per capita water and energy uses on renewable water resources in the water, food and energy nexus. Scientific Reports, 12(1), 7582. https://doi.org/10.1038/s41598-022-11595-w

Kong, C., Camps-Arbestain, M., Clothier, B., Bishop, P., & Vázquez, F. M. (2021). Use of either pumice or willow-based biochar amendments to decrease soil salinity under arid conditions. Environmental Technology & Innovation, 24, 101849. https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101849

Kuslu, Y., & Sahin, U. (2013). A comparison study on the removal of suspended solids from irrigation water with pumice and sand–gravel media filters in the laboratory scale. Desalination and Water Treatment, 51(10-12), 2047-2054. https://doi.org/10.1080/19443994.2013.734492

Larsen, S. U., & Bibby, B. M. (2005). Differences in thermal time requirement for germination of three turfgrass species. Crop Science, 45(5), 2030-2037. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0731

Lehmann, J. (2007). A handful of carbon. Nature, 447(7141), 143-144. https://doi.org/10.1038/447143a

McLaughlin, D., & Kinzelbach, W. (2015). Food security and sustainable resource management. Water Resources Research, 51(7), 4966-4985. https://doi.org/10.1002/2015WR017053

Morris, K. N., & Shearman, R. C. (1998, August 9). NTEP Turfgrass Evaluation Guidelines. https://www.ntep.org/pdf/ratings.pdf

Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A. L. Page, M. H. Miller, & D. R. Keeney (Eds.), Methods of soil analysis, part-2, physical and mineralogical methods (pp. 961–1010). Agronomy Society of America and Soil Science Society America, Madison.

Prommer, J., Wanek, W., Hofhansl, F., Trojan, D., Offre, P., Urich, T., Schleper, C., Sassmann, S., Kitzler, B., Soja, G., & Hood-Nowotny, R. C. (2014). Biochar decelerates soil organic nitrogen cycling but stimulates soil nitrification in a temperate arable field trial. PloS one, 9(1), e86388. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086388

Razzaghi, F., Obour, P. B., & Arthur, E. (2020). Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. Geoderma, 361, 114055.

Richardson, A. E., Barea, J. M., McNeill, A. M., & Prigent-Combaret, C. (2009). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. Plant and Soil, 321(1), 305–339. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114055

Sahin, U., & Anapali, O. (2006). Addition of pumice affects physical properties of soil used for container grown plants. Agric. Conspectus Scientificus, 71(2), 59-64. https://hrcak.srce.hr/5180

Sarkar, B., Basak, B. B., Sarkar, S., Mandal, S., & Bhaduri, D. (2017). Use of soil amendments in an integrated framework for adaptive resource management in agriculture and forestry. In: A. Rakshit, P. Abhilash, H. Singh & S. Ghosh (Eds.), Adaptive soil management: from theory to practices. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3638-5_7

Singh, A., & Agrawal, M. (2012). Effects of waste water irrigation on physical and biochemical characteristics of soil and metal partitioning in Beta vulgaris L. Agricultural Research, 1, 379-391. https://doi.org/10.1007/s40003-012-0044-4

Smebye, A., Alling, V., Vogt, R. D., Gadmar, T. C., Mulder, J., Cornelissen, G., & Hale, S. E. (2016). Biochar amendment to soil changes dissolved organic matter content and composition. Chemosphere, 142, 100-105. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.04.087

Sun, Y., Xiong, X., He, M., Xu, Z., Hou, D., Zhang, W., Ok, Y. S., Rinklebe, J., Wang, L., & Tsang, D. C. (2021). Roles of biochar-derived dissolved organic matter in soil amendment and environmental remediation: a critical review. Chemical Engineering Journal, 424, 130387. https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130387

Tang, J., Zhang, L., Zhang, J., Ren, L., Zhou, Y., Zheng, Y., Luo, L., Yang, Y., Huang, H., & Chen, A. (2020). Physicochemical features, metal availability and enzyme activity in heavy metal-polluted soil remediated by biochar and compost. Science of the Total Environment, 701, 134751.

Türk, M., & Alagöz, M. (2018). Farklı kapak malzemelerinin çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.)'in çim kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(2), 27-35.

Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A. C., Van der Velde, M., & Diafas, I. (2010). Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes. European Commission, 24099(162), 2183-2207. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC55799

Wang, X., Guo, Z., Hu, Z., & Zhang, J. (2020). Recent advances in biochar application for water and wastewater treatment: a review. PeerJ, 8, e9164. https://doi.org/10.7717/peerj.9164

Weber, K., & Quicker, P. (2018). Properties of biochar. Fuel, 217, 240-261. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.054

Wu, B., Yang, H., Li, S., & Tao, J. (2024). The effect of biochar on crop productivity and soil salinity and its dependence on experimental conditions in salt-affected soils: a meta-analysis. Carbon Research, 3(1), 56. https://doi.org/10.1007/s44246-024-00138-9

Yerli, C. (2023). The effects of biochar pyrolyzed at varying temperatures and different water types on the properties of lettuce and soil. Water, Air, & Soil Pollution, 234(8), 1-26. https://doi.org/10.1007/s11270-023-06582-4

Yerli, C., Senol, N. D., & Yaganoglu, E. (2023). The changes in yield, quality, and soil properties of turfgrass grown by applying varying levels of hazelnut husk compost and irrigating with wastewater in soils with different textures, and their effects on carbon dioxide emissions from the soil. Water, Air, & Soil Pollution, 234(5), 311. https://doi.org/10.1007/s11270-023-06321-9

Zhang, J., Qun, C. H. E. N., & Changfu, Y. O. U. (2016). Biochar effect on water evaporation and hydraulic conductivity in sandy soil. Pedosphere, 26(2), 265-272. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60041-8

Zhi-An, L, Bi, Z., Han-Ping, X., Yong-Zhen, D., Wan-Neng, T., & Sheng-Lei, F. (2008). Role of low-molecule-weight organic acids and their salts in regulating soil pH. Pedosphere, 18(2), 137-148. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(08)60001-6