



Biyokömür İnkübasyonunun Buğday Verimi ve Bazı Verim Parametrelerine Etkisi

Aykut Şener^{1*}, İbrahim Erdal²

^{1*} Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1868-9451), aykutsener@isparta.edu.tr

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8177-948X), ibrahimerdal@isparta.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 31 Ekim 2022 ve Kabul Tarihi 21 Kasım 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1197040)

ATIF/REFERENCE: Şener, A. & Erdal, İ. (2022). Biyokömür İnkübasyonunun Buğday Verimi ve Bazı Verim Parametrelerine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (41), 410-415.

Öz

Araştırmada dört yıl inkübasyona bırakılmış farklı sıcaklıklarda elde edilen biyokömürlerin buğdayın bazı verim ve verim öğelerine etkisini incelemek amaçlanmıştır. Bu amaçla 2017 yılında, dört saat boyunca 300, 500 ve 700 °C derecelerde piroliz edilmiş biyokömürlerden parsellere dekara 3 ton olacak şekilde uygulama yapılmıştır. 2020-2021 yetiştirme döneminde ise bitki yetiştirme denemesi kurulmuştur. Deneme sonuçlarına bakıldığında, biyokömür uygulamalarının buğdayın vejetatif gelişmesini artırdığı, buna karşılık tane verimini azalttığı belirlenmiştir. Dahası, biyokömür uygulamaları hasat indeksi, başak boyu, bitki tane sayısı, kardeşlenme ve tane protein içeriklerini olumsuz etkilemiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular göstermiştir ki, alkali bir toprağa uygulanarak uzun süre inkübasyona bırakılmış biyokömür, buğdayın vejetatif gelişimini artırırken, tane verimini olumsuz etkilemiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokömür, buğday, toprak verimliliği, toprak özellikleri.

Effect of Biochar Incubation on Yield and Some Yield Parameters of Wheat

Abstract

This study investigated the effects of biochars pyrolyzed at different temperatures on some yield and yield components of wheat after a four-year application. For this, biochars pyrolyzed at 300, 500, and 700°C during four hours were applied to the plots at a rate of 3 t/da in 2017 and left for incubation for four years. In 2020-2021 growing season, plant growth experiment was planned. Experiment results showed that biochar applications enhanced wheat vegetative growth but the yield of grain decreased with biochar application. Moreover, the effect of biochar on some yield and quality criteria such as harvest index, ear length, plant grain number, tillering and grain protein ratio was negative. Findings from this study indicated that biochars incubated for a long time in an alkaline soil, increased the straw yield of wheat, but biochar had a negative effect on some grain yield and some yield parameters.

Keywords: biochar, wheat, soil fertility, soil properties.

1. Giriş

Dünya nüfusunun her geçen gün artması, gıdaya olan ihtiyacı da artırmaktadır. Artan gıda arzına rağmen tarım alanlarının azalması nedeniyle dünyada gıda yetersizliği sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Tarım alanları azalırken üretimi artırmak için tek çözüm birim alandan elde edilecek verimi artırmaktır. Verim artışı yüksek verimli çeşit geliştirilmesinin yanında yetiştiricilik yöntemlerinin de geliştirilmesiyle sağlanabilir. Gübreleme ile yaklaşık %30-50 arasında verim artışı sağlanmaktadır. Gübreleme olmadan istenen verim artışlarını sağlamak mümkün değildir. Fakat aşırı kimyasal gübre kullanımının çevre üzerine olumsuz etkileri vardır. Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirerek bitkilerin topraktaki besin maddelerinden daha fazla yararlanmasını sağlanabilir. Buğday, en temel ve stratejik besin maddesidir. Buğday bitkisi genellikle besin maddelerince fakir çoraklaşma tehdidi altındaki kuru tarım alanlarında yetiştirilmektedir. Türkiye'nin geliştirilmiş Toprak Haritasında 15187220 da alanın tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunduğu bildirilmiştir. Tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunan alanların %41'i hafif tuzlu, %33'ü tuzlu, %17.5'i tuzlu-alkali, %8'i hafif tuzlu-alkali ve %0.5'i alkalidir. Çorak topraklar Türkiye'nin işlenen tarım arazilerinin %5.48'i kadardır (Gökoğlu ve Çaycı, 2021). Ayrıca Türkiye'de tarımsal üretim yapılan topraklarının %43.78'inde organik madde miktarı oldukça düşüktür (Eyüpoğlu, 1999). Bu alanların korunması ve sürdürülebilir kullanılması önemlidir. Biyokömür, biyolojik maddelerin oksijenin sınırlandırıldığı ortamda piroliz işlemi ile karbon bakımından zengin maddelere dönüşmüş halidir. Biyokömürün toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olumlu etkilerinin olduğu birçok araştırma sonucu bulunmaktadır. Biyokömür toprağın su tutma kapasitesini artırır, bitkilerin topraktaki fosfor ve azot gibi birçok elementten yararlanmasını artırır (Glaser vd., 2015; Lehmann vd., 2011). Yüze alanının ve karbon oranının yüksek olması, topraktaki mikroorganizmaların sayısının ve çeşidinin değişmesine neden olmaktadır (Gul vd., 2015). Ayrıca toprağa biyokömür uygulamalarının, toprağın hacim ağırlığının düşmesine ve toprak sıkışmasının azalmasına neden olmuştur (Asai vd., 2009; Olmo vd., 2014). Yüksek sıcaklıkta üretilen biyokömürün yüzey

alanının ve buna bağlı olarak negatif yükünün daha fazla artması sonucunda bitkiler, bir katyon olan amonyum (NH_4^+) azotundan daha fazla yararlanmaktadır (Major vd., 2009, Nelissen vd., 2012). Biyokömürün toprak verimliliği ve bitki gelişimi üzerine olumlu etkilerinin olduğu, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine doğrudan veya dolaylı yollarla etkisinin olduğu, fitotoksik moleküllerin absorbe edilmesinde etkili olduğu ve toprak kökenli patojenlerin baskılanmasında yararlı olduğu bildirilmiştir (Günel ve Erdem, 2018).

Bu çalışmada, buğday tarımının yaygın yapıldığı alkali topraklarda farklı sıcaklıklarda üretilen biyokömürün buğdayın verimi ve verim parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneme Alanı ve İklim Özellikleri

Araştırma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi deneme arazisinde 2017-2021 yılları arasında yürütülmüştür. Deneme alanı toprağı killi-tınlı bünyeli, alkali reaksiyonlu (pH, 8.0) ve kireç içeriği fazla (CaCO_3 , %26) olup tuzluluk sorunu bulunmamaktadır (EC= 0.44 ds/m). Deneme alanı toprağı organik madde (OM) bakımından fakir (OM, %1.9) durumda iken bitkiye yarayırlı fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu) bakımından ise yeterli düzeyde (54 ppm P, 156 ppm K, 6000 ppm Ca, 379 ppm Mg, 11 ppm Fe, 31 ppm Mn, 2.9 ppm Zn ve 5.2 ppm Cu) olduğu belirlenmiştir (Alpaslan vd., 1998).

2.2. Biyokömür

Domates hasat artıkları kurutularak 4mm'den küçük parçalara ayrılmış ve ardından 50 litrelik silindirik piroliz reaktöründe yavaş piroliz yöntemine göre biyokömüre dönüştürülmüştür. Biyokömürler 300 (BK300), 500 (BK500) ve 700°C (BK700) sıcaklıklarda 4 saat boyunca piroliz işlemine tabi tutulduktan sonra soğumaları beklenmiş ve 2 mm'lik elekten geçirilmek suretiyle kullanıma hazır hale getirilmişlerdir. Kullanılan biyokömüre ait bazı analizler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan biyokömürün temel özellikleri

Table 1. Basic properties of biochar used in the study

Biyokömür	pH	Kül (g kg ⁻¹)					Fe (mg kg ⁻¹)					
		C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	
BK300	6.3	123	439	19	8	22	23	9	350	83	37	22
BK500	9.1	284	444	22	8	41	34	10	643	110	80	22
BK700	9.7	302	413	24	12	43	61	16	750	166	227	43

Biyokömür verileri daha önce yapılan bir çalışmadan alınmıştır (Erdal vd., 2021).

2.3. Bitki Materyali

Çalışmada bitki materyali olarak KOÇ2015 ekmeçlik buğday çeşidi kullanılmıştır.

2.4. Denemenin Kurulması

Araştırma 2017-2022 yılları arasında iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Birinci aşama inkübasyon aşaması olup, 4 yıl sürdürülmüştür. Bunun için Haziran 2017 de üç farklı sıcaklıklarda üretilen biyokömürden dekara 3 ton olacak şekilde mikro parsellere (50 cm × 50 cm, parsel aralarında 1'er m boşluk olacak şekilde hazırlanmıştır) uygulanmıştır. Toprağın 15 cm derinliğine karıştırılan biyokömler 4 yıl süreyle bitki yetiştirmeksizin doğal koşullar altında inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinden sonra 2020-2021 yetiştirme sezonunda bitki yetiştirme denemesi kurulmuştur. Deneme 4 uygulama (Kontrol, BK300, BK500 ve BK700) 3 tekerrürlü olacak şekilde toplam 12 parselden oluşmuştur. Bunun için ekim öncesi topraklara dekara 6 kg N, 9 kg P₂O₅, 4 kg K₂O olacak şekilde amonyum nitrat, diamonyum fosfat ve potasyum sülfat gübreleri kullanılarak temel gübreleme yapılmıştır. Azotun yarısı diğer gübrelerle birlikte ekimden önce uygulanmış geri, kalanı ise kardeşlenme döneminde üst gübresi şeklinde verilmiştir. Temel gübreleme sonrası 21 Kasım 2020' de, metrekaareye 500 buğday tohumu gelecek şekilde 4 sıralı olarak elle ekim yapılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak planlanmış ve hasada kadar sürdürülmüştür.

2.5. Toprak Analizleri, Bitki Ölçümleri ve Verilerin Değerlendirilmesi

Toprak özelliklerinin belirlenmesinde; organik madde için Walkley ve Black (1934) yöntemi kullanılmıştır. Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) ölçümleri 1/2.5 toprak/su süspansiyonunda kombine pH+EC ölçer ile yapılırken, toprağın kireç miktarını belirlemek için kalsimetrik yöntem kullanılmıştır (Allison ve Moodie 1965). Toprakta alınabilir fosfor, sodyum bikarbonat yöntemiyle (Olsen vd. 1954) spektrofotometrede (Shimadzu UV-1208), değişebilir potasyum,

kalsiyum ve magnezyum Knudsen vd., (1982)' ye göre, DTPA'da ekstrakte edilebilen Fe, Mn, Zn ve Cu Lindsay ve Norvell (1978)'e göre atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (Varian SpectrAA-240FS) okunarak belirlenmiştir. Bitki ölçümleri; Yürür (1981)'e göre her parselden rastgele seçilen 10 bitki üzerinde yapılmıştır. Protein oranı ise Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2010).

Elde edilen verilerin değerlendirilmesi için MSTATC paket programında ANOVA testi uygulanmış (P<0.05) ve ortalamalar arası fark TUKEY testiyle belirlenmiştir

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Biyokömür uygulamalarının buğdayın verimi, hasat indeksi (HI) ve bin tane ağırlığına (BTA) etkisi Tablo 2'de sunulmuştur. Tablo 2'den de görüleceği üzere biyokömür uygulamalarının tane verimi üzerine etkisi olumsuz olmuştur. Kontrol grubunda 266 g olan parsel verimi bütün biyokömür uygulamalarında giderek azalmış ve 300, 500 ve 700 derecede elde edilen biyokömür uygulanmış parsellerde sırasıyla 262, 243 ve 232 g/parsel tane verimi alınmıştır. Diğer taraftan, biyokömür uygulamalarının sap verimi ve toplam verim üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu gözlenmiştir. Hatta elde edilen bu olumlu etkinin yüksek sıcaklıklarda elde edilen biyokömür uygulanmış parsellerde daha fazla olduğu belirlenmiştir. En düşük sap verimi 311 g ile kontrol parsellerinde elde edilirken, BK300, BK500 ve BK700 uygulamalarından kontrole oranla yaklaşık 1.5, 2 ve 2.4 kat fazla sap verimi alınmıştır. Sap veriminde olduğu gibi biyolojik verim de biyokömür uygulamalarıyla artmıştır. Elde edilen artışın yine biyokömürün üretilme sıcaklığıyla paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Kontrole kıyasla, en yüksek verim artışı yaklaşık %68'lik bir oranla 700°C'de üretilen biyokömür uygulanmış parsellerden elde edildiği görülmüştür. Biyokömür uygulamalarının HI üzerine olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. Biyokömür uygulanmamış parsellerde 0.46 olarak hesaplanan HI, biyokömürün üretim sıcaklığıyla düşmüş ve BK700 uygulamasında 0.24'e kadar gerilemiştir. Buğdayın bin tane ağırlığı 38.8 ve 42.1 g arasında değişiklik göstermiş olup, bu değişim üzerine biyokömür uygulamalarının etkisi anlamlı olmamıştır.

Tablo 2. Biyokömürün buğdayın verimi, hasat indeksi (HI) ve bin tane ağırlığına (BTA) etkisi

Table 2. The effect of biochar on wheat yield, harvest index (HI) and thousand grain weight (BTA)

Uygulamalar	Verim (gr/parsel)			HI	BTA (g)
	Tane	Sap	Biyolojik		
Kontrol	266 a	311 c	577 c	0.46 a	38.9
BK300	262 ab	473 bc	735 bc	0.36 b	38.8
BK500	243 bc	640 ab	883 ab	0.28 c	40.8
BK700	232 c	734 a	965 a	0.24 c	42.1

BK300, BK500 ve BK700 sırasıyla 300, 500 ve 700 °C sıcaklıkta üretilen biyokömleri simgeler. Bütün değerler üç tekrarın ortalamasıdır. Aynı kolonda aynı harfi paylaşan uygulamalar arasındaki fark Tukey testine göre önemli değildir (P>0.05).

Buğdayın başak uzunluğu, bitki tane verimi ve tane protein içeriği biyokömür uygulamalarından farklı şekillerde etkilenmiş ve bu etkiler istatistiksel olarak anlamlı olmuştur. Bu üç parametre için en yüksek değerlerin kontrol uygulamasıyla en düşük sıcaklıkta üretilen biyokömüre (BK300) ait uygulamalardan elde edildiği görülürken, diğer uygulamalardan elde edilen değerler daha düşük bulunmuştur. Başaktaki tane sayısı 20 ile 23.9 arasında değişim göstermiş fakat bu değişime uygulamaların

etkisi anlamsız olmuştur (Tablo 3). Biyokömür uygulamalarının buğdayın yaprak yeşil renk yoğunluğu (SPAD) ile başaklanma süresi, kardeş sayısı ve bitki boyu üzerine olan etkileri Tablo 4'te görülmektedir. Uygulamalardan elde edilen değerlere bakıldığında SPAD değerlerinin 47 ile 49 arasında, başaklanma süresinin 211-212 gün arasında, bitki boylarının ise 83 ile 86 cm arasında değiştiği fakat bu değişimler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 4). Biyokömür uygulamalarına bağlı olarak kardeş sayısı 1.8 (kontrol) ile 2.5 (BK300) adet arasında değişmiştir. Bu değişim

üzerine uygulamalarının anlamlı bir etkisinin olduğu belirlenmiş olup, bütün biyokömür uygulamalarının kontrole göre kardeş sayısını eşit ve anlamlı derecede artırdığı belirlenmiştir.

Tablo 3. Biyokömürün buğdayın başak uzunluğu, başakta tane sayısı, bitki tane verimi ve tane protein içeriğine etkisi
Table 3. Effect of biochar on wheat ear length, grain per ear, plant grain yield and grain protein content

Uygulama	Başak uzunluğu (cm)	Başakta tane sayısı (adet)	Bitki tane verimi (g)	Protein oranı (%)
Kontrol	7.7 ab	23.9	0.966 a	14.7 a
BK300	8.1 a	23.4	0.954 a	14.7 a
BK500	6.7 c	21.7	0.884 ab	12.8 b
BK700	7.1 bc	20.0	0.842 b	13.0 b

BK300, BK500 ve BK700 sırasıyla 300, 500 ve 700 at °C sıcaklıkta üretilen biyokömürleri simgeler. Bütün değerler üç tekrarin ortalamasıdır. Aynı kolonda aynı harfi paylaşan uygulamalar arasındaki fark Tukey testine göre önemli değildir ($P>0.05$).

Tablo 4. Biyokömürün buğdayın yaprak SPAD değeri, başaklanma süresi, kardeş sayısı ve bitki boyu üzerine etkisi
Table 4. The effect of biochar on leaf SPAD value, earing time, tiller numbers and plant height of wheat

Uygulamalar	SPAD	Başaklanma süresi (gün)	Kardeş sayısı (adet)	Bitki boyu (cm)
Kontrol	52	211	1.8 B	83
BK300	49	211	2.5 A	86
BK500	47	211	2.2 A	84
BK700	47	212	2.3 A	83

BK300, BK500 ve BK700 sırasıyla 300, 500 ve 700 °C sıcaklıkta üretilen biyokömürleri simgeler. Bütün değerler üç tekrarin ortalamasıdır. Aynı kolonda aynı harfi paylaşan uygulamalar arasındaki fark Tukey testine göre önemli değildir ($P>0.05$).

4. Tartışma

Elde edilen sonuçlar biyokömür uygulamalarının buğdayın tane ve sap verimi üzerine farklı şekillerde etkisi olduğunu göstermiştir. Tane verimi artmamasına karşılık sap ve toplam verimde artışlar kaydedilmiştir. Elde edilen veriler HI'nin uygulamalara bağlı olarak azaldığını göstermiştir. Bilindiği üzere HI tane verimiyle çok yakından ilişkili bir parametredir. Tane verimiyle artan HI, sap veriminin artmasıyla azalır (Singh ve Stoskopf 1971, Kobata vd., 2018, Rivera-Amado, 2019). Yapılan bir araştırmada birçok buğday çeşidi için belirlenen HI değerinin 0.3 ve 0.6 arasında olduğu ifade edilmiştir (Hay, 1995). Bu değerlendirmeye göre, sadece iki uygulamadan (Kontrol ve BK300) elde edilen sonuçların belirtilen aralığa düştüğünü ifade etmek gerekir. Diğer uygulamalardan (BK500 ve BK700) elde edilen HI değerleri daha önce yapılan bazı araştırmalardan elde edilen değerlerden düşüktür (Kobata vd., 2018, Rivera-Amado, 2019). Yukarıda da ifade edildiği gibi, HI değerlerinin düşük olmasının en önemli nedeni tane veriminin düşük sap veriminin ise yüksek olmasıdır. Artan sap veriminin en önemli nedeni ise biyokömürün buğdayın erken dönemdeki besin elementi kullanımının biyokömürle teşvik edilmesi olabilir. Ayrıca biyokömürün kardeş sayısını ve bitki boyunu artırdığı belirlenmiştir. Kardeş sayısı ve bitki boyunun artmasına paralel olarak sap verimi de artmıştır. Yapılan bir araştırmada toprağa kimyasal gübre+biyokömür uygulamasının buğdayda bitki boyunu artırdığı bildirilmiştir (Namlı vd., 2017). Yapılan araştırmalar, bitkinin vejetatif gelişimi üzerine en etkili elementlerden olan azotun biyokömür uygulanmış koşullarda toprakta bitkiye yarayışlı şekilde daha uzun kaldığını ve bitkilerin bundan kolaylıkla faydalanabildiğini göstermiştir (Peng vd., 2021). Ayrıca biyokömür, inorganik azotun immobilizasyonunu kısmen önlemek suretiyle uzun süre yarayışlı formda kalmasına yardımcı olmaktadır (Fiorentino vd., 2019). Yüksek sıcaklıkta piroliz edilen biyokömür uygulanmış parsellerden elde edilen sap veriminin daha fazla olması ise yüksek sıcaklıkta üretilen

biyokömür yüzey alanı ve buna bağlı olarak negatif yükün daha fazla artması ve buna bağlı olarak bitkinin bir katyon olan amonyum (NH_4^+) azotundan daha fazla yararlanmasıyla ilişkilendirilebilir (Major vd., 2009, Nelissen vd., 2012). Biyokömür toprağın bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirmek suretiyle de bitkinin vejetatif gelişimini dolaylı olarak teşvik etmiş olabilir. Yapılan araştırmalar biyokömürün toprak verimliliği ve bitki gelişimine olan dolaylı etkisinin direkt etkisine göre daha fazla olabileceğini göstermiştir (Lehmann vd., 2003). Yine biyokömürle toprağa sağlanan etilen gibi hormonlar veya hormon benzeri maddeler bitkilerin vejetatif gelişimini teşvik edebilir (Liu vd., 2021). Artan vejetatif gelişimin generatif gelişime olan olası olumsuz etkisi de tane veriminin düşük kalmasına neden olmuş olabilir (Kacar ve Katkat, 2010). Tane verimi; başak uzunluğu, başakta tane sayısı ve bitki tane verimi özellikleri ile yakından ilişkilidir. Biyokömürün başak uzunluğu, başakta tane sayısı ve bitki tane verimi üzerine olumsuz etkisinin olmasına bağlı olarak tane verimi de azalmıştır. Hansen vd. (2017) toprağa biyokömür uygulamasının toprağın organik karbon içeriğini önemli derecede artırmadığını ve kışık buğday verimine önemli bir etkisi olmadığını bildirmiştir. Tane veriminde olduğu gibi yaprak renk yoğunluğu (SPAD), tane protein içeriği ve diğer verim ve kalite özelliklerinde olduğu gibi, toprakların verimliliğinden doğrudan etkilenen çeşitli parametreler üzerinde biyokömürün ya etkisi olmamış ya da olumsuz yönde etkilemiştir. Bu durum toprak pH'sı ile yakından ilişkilidir. Konuya ilişkin yapılan birçok araştırmalar biyokömürün düşük pH'lı topraklarda çok daha etkili olduğu (Chan vd., 2008; Biederman ve Harpole, 2013) alkali topraklarda etkisinin çok az olduğunu hatta bazı durumlarda olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur (Erdal vd., 2019; Erdal vd., 2021). Ayrıca kullanılan biyokömür materyalinin cinsi, uygulama durumu, yakma süresi ve sıcaklığı, inceliği, arazide gördüğü işlemler gibi çok çeşitli faktörler de biyokömürün etkinliğini belirlemektedir (Joseph vd., 2010; Alburquerque vd., 2013).

5. Sonuç

Elde edilen sonuçlara göre uzun süre inkübasyona bırakılmış olan farklı derecelerde üretilmiş biyokömür uygulamaları bitkinin vejetatif gelişimini ve toplam verimini artırmış, buna karşılık tane verimini olumsuz etkilemiştir. Ayrıca biyokömür uygulamaları, buğdayın kardeş sayısını artırdığı belirlenmiştir. Ancak SPAD değeri, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, bitki tane verimi gibi verime etkisi olan özellikler üzerine olumsuz etki göstermiştir. Ayrıca biyokömür uygulaması ile tane protein oranında da azalma olmuştur. Buradan yola çıkarak, uzun süre inkübasyona bırakılmış biyokömürün alkali topraklarda buğdayın tane verimi ile bazı verim öğeleri üzerinde olumlu bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

Kaynakça

- Albuquerque, J. A., Salazar, P., Barrón, V., Torrent, J., del Campillo, M. D. C., Gallardo, A., & Villar, R. (2013). Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(3), 475-484.
- Allison, L.E., Moodie, C.D., 1965. Carbonate. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties. 9, 1379-1396.
- Alpaslan, M., Güneş, A., & İnal, A. (1998). Deneme tekniği. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın*, 1501, 455.
- Asai, H., Samson, B. K., Stephan, H. M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., ... & Horie, T. (2009). Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field crops research*, 111(1-2), 81-84.
- Biederman, L. A., & Harpole, W. S. (2013). Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB bioenergy*, 5(2), 202-214.
- Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., & Joseph, S. (2008). Using poultry litter biochars as soil amendments. *Soil Research*, 46(5), 437-444.
- Erdal, İ., Memici, M., Ekinci, K., & Sukuşu, E. (2019). Effects of tomato harvest residue derived biochars obtained from different pyrolysis temperature on periodical available nutrient concentrations of soils. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 75-78.
- Erdal, İ., Memici, M., Ekinci, K., & Sukuşu, E. (2021). Periodical changes of some soil properties of a calcareous soil under field conditions as affected by different biochar applications. *ROMANIAN AGRICULTURAL RESEARCH*, 38, 203-213.
- Erdal, İ., Memici, M., Ekinci, K., & Sukuşu, E. (2021). Periodical Changes Of Some Soil Properties Of A Calcareous Soil Under Field Conditions As Affected By Different Biochar Applications. *Romanian Agricultural Research*, No. 38, 204-2013 www.inceda-fundulea.ro Print ISSN 1222-4227; Online ISSN 2067-5720.
- Eyüpoğlu, F. (1999). Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü-Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 220 Ankara.
- Fiorentino, N., Sánchez-Monedero, M. A., Lehmann, J., Enders, A., Fagnano, M., & Cayuela, M. L. (2019). Interactive priming of soil N transformations from combining biochar and urea inputs: A ¹⁵N isotope tracer study. *Soil Biology and Biochemistry*, 131, 166-175.
- Glaser, B., Wiedner, K., Seelig, S., Schmidt, H. P., & Gerber, H. (2015). Biochar organic fertilizers from natural resources as substitute for mineral fertilizers. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 667-678.
- GÖKOĞLU, B., & ÇAYCI, G. (2021). Organik Materyal Kullanımının Alkali Bir Toprağın Bazı Islah Göstergeleri Üzerine Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 10(1), 60-67.
- Gul, S., Whalen, J. K., Thomas, B. W., Sachdeva, V., & Deng, H. (2015). Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: mechanisms and future directions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 206, 46-59.
- Günal, E., & Erdem, H. (2018). Biyokömür; Tanımı, Kullanımı ve Tarım Topraklarındaki Etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 87-93.
- Hansen, V., Müller-Stöver, D., Imparato, V., Krogh, P. H., Jensen, L. S., Dolmer, A., & Hauggaard-Nielsen, H. (2017). The effects of straw or straw-derived gasification biochar applications on soil quality and crop productivity: A farm case study. *Journal of Environmental Management*, 186, 88-95.
- Hay, R. K. M., (1995). Harvest index: a review of its use in plant breeding and crop physiology. *Annals of applied biology*, 126(1), 197-216.
- Joseph, S. D., Camps-Arbestain, M., Lin, Y., Munroe, P., Chia, C. H., Hook, J., ... & Amonette, J. E. (2010). An investigation into the reactions of biochar in soil. *Soil Research*, 48(7), 501-515.
- Kacar, B. & İnal, A. (2010). Bitki Analizleri, *Nobel Yayınevi*, 1241. Ankara.
- Kacar, B., Katkat, V., 2010. Bitki Besleme. (5. Baskı) *Nobel Yayın Dağıtım*.
- Knudsen, D., Peterson, G. A., & Pratt, P. F. (1982). Lithium. Sodium and Potassium. Methods of Soil Analysis. Part 2. The G.W. (1982). Exchangeable Cations. pp. 159-165. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No.9 (2 nd Ed). ASA-SSSA. Madison. Wisconsin. USA.
- Kobata, T., Koç, M., Barutçular, C., Tanno, K. I., & Inagaki, M. (2018). Harvest index is a critical factor influencing the grain yield of diverse wheat species under rain-fed conditions in the Mediterranean zone of southeastern Turkey and northern Syria. *Plant Production Science*, 21(2), 71-82.
- 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
- Lindsay, W. L., & Norwell, W. A. (1978). Department of a DTPA soil test for zinc, iron and manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.

- Liu, C., Sun, B., Zhang, X., Liu, X., Drosos, M., Li, L., & Pan, G. (2021). The water-soluble pool in biochar dominates maize plant growth promotion under biochar amendment. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(4), 1466-1476.
- Major, J. (2009). Biochar Application To A Colombian Savanna Oxisol: Fate And Effect On Soil Fertility, Crop Production, Nutrient Leaching And Soil Hydrology Volume I.
- Namlı, A., Akça, M. O., & Akça, H. (2017). Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(1), 39-47.
- Nelissen, V., Rütting, T., Huygens, D., Staelens, J., Ruyschaert, G., & Boeckx, P. (2012). Maize biochars accelerate short-term soil nitrogen dynamics in a loamy sand soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 55, 20-27.
- Olmo, M., Albuquerque, J. A., Barrón, V., Del Campillo, M. C., Gallardo, A., Fuentes, M., & Villar, R. (2014). Wheat growth and yield responses to biochar addition under Mediterranean climate conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 50(8), 1177-1187.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., & Dean, L.A. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. US. Dept. Agric. Cric. p. 939.
- Peng, J., Han, X., Li, N., Chen, K., Yang, J., Zhan, X., ... & Liu, N. (2021). Combined application of biochar with fertilizer promotes nitrogen uptake in maize by increasing nitrogen retention in soil. *Biochar*, 3(3), 367-379.
- Rivera-Amado, C., Trujillo-Negrellos, E., Molero, G., Reynolds, M. P., Sylvester-Bradley, R., & Foulkes, M. J. (2019). Optimizing dry-matter partitioning for increased spike growth, grain number and harvest index in spring wheat. *Field Crops Research*, 240, 154-167.
- Singh, I. D., & Stoskopf, N. C. (1971). Harvest index in cereals 1. *Agronomy Journal*, 63(2), 224-226.
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.
- Yürür, N., Tosun, O., Eser, D. & Geçit, H. H. (1981). *Buğdayda Anasap Verimi ile Bazı Karakterler Arasındaki İlişkiler*. Bilimsel Araştırma ve İncelemeler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 755, 443.