



## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2022, 59 (1):171-181  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.894427>

Mahmut TEPECİK<sup>1\*</sup>

H. Hüsnü KAYIKÇIOĞLU<sup>1</sup>

Sıdıka KILIÇ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

[mahmut.tepecik@ege.edu.tr](mailto:mahmut.tepecik@ege.edu.tr)

**Anahtar sözcükler:** Karbon, makro element, mikro element, tarımsal atık, verim

**Keywords:** Carbon, macro element, micro element, agricultural waste, yield

# Farklı piroliz sıcaklıklarında elde edilen biyokömürün mısır bitkisinin bitki besin elementleri üzerine etkisi\*

Effects of biochar obtained at different pyrolysis temperatures on plant nutrients of maize

\*Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından FLP-2019-21330 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

Received (Alınış): 10.03.2021

Accepted (Kabul Tarihi): 11.08.2021

## ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada Belediye park ve bahçe budama atıklarından farklı piroliz sıcaklıklarında 300, 500 ve 700 °C de biyokömür elde edilmiştir. Farklı dozlarda uygulanarak, mısırın toprak üstü aksamının (gövde+yaprak) bitki besin elementleri ile yaş ve kuru ağırlıkları incelenmiştir.

**Materyal ve Yöntem:** Saksı denemesi şeklinde yapılan çalışmada, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı, 3 farklı piroliz sıcaklığındaki T1 (300°C), T2 (500°C) ve T3 (700°C) 5 biyokömür dozu bunlar; kontrol, 1 t/da, 2 t/da, 3 t/da ve 6 t/da olarak uygulanmış ve toplamda (3x5x3) 45 saksı ile yürütülen denemede test bitkisi olarak Hido silajlık mısır (*Zea mays* L.) çeşidi yetiştirilmiştir.

**Araştırma Bulguları:** En yüksek N ve B elementleri 300°C'de elde edilen biyokömür uygulamasında en düşük ise 700°C'de elde edilen biyokömür uygulamasında elde edilmiştir. Fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, bakır ve mangan elementleri en yüksek 700°C de elde edilen biyokömür uygulamasında, en düşük ise 300°C'de elde edilen biyokömür uygulamasında belirlenmiştir. En yüksek yaş ve kuru ağırlık değerleri sırasıyla 700°C ve 300°C'deki uygulamalarında saptanmıştır.

**Sonuç:** Biyokömür uygulamalarının tarla çalışmalarında uzun dönemlere göre planlanması ve toprak analiz sonuçlarına göre biyokömür uygulamalarının yapılması daha çok fayda sağlayabilir. Genel olarak piroliz sıcaklığı 700°C'de ve 6 t/da biyokömür uygulaması önerilebilir.

## ABSTRACT

**Objective:** In this study, biochar was obtained from municipal park and garden pruning wastes at different pyrolysis temperatures at 300, 500 and 700° C. Contents of plant nutrients, fresh and dry weights above-ground parts (stem+leaf) of maize were investigated.

**Material and Methods:** In pot experiment study, 5 biochar doses were obtained at 3 different pyrolysis temperatures T1 (300° C), T2 (500° C) and T3 (700° C), 3 replicates according to the randomized plot trial design control, 1 t/da, 2 t/da, 3t/da and 6 t/da. Experiment conducted with 45 pots (3x5x3), Hido silage maize (*Zea mays* L.) variety was grown as a test plant.

**Results:** The highest N and B elements were obtained biochar application at 300°C while the lowest ones at 700°C. Phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, zinc, copper and manganese elements were also determined and the highest values were obtained at 700°C and the lowest ones at 300°C in biochar application. The highest fresh and dry weight were obtained at 700°C and 300°C, respectively.

**Conclusion:** Biochar applications for long periods in field studies and according to the results of soil analysis can provide more benefits. Generally, the pyrolysis temperature of 700°C and 6 t/da biochar application can be recommended.

## GİRİŞ

Biyokömür, organik maddelerin oksijensiz ortamda pirolizi ya da çok az oksijen ile gazlaştırma işlemiyle elde edilen yüksek karbon ve mineral madde içeren ürün olarak tanımlanmaktadır (Lehmann, 2007). Bitki ve hayvan kökenli biyokütlerin oksijensiz veya az oksijenli bir ortamda piroliz edilmesi sonucu elde edilen biyokömür, karbonca zengin olan organik bir madde olarak da belirtilmektedir (Ahmad et al., 2014). Son yıllarda dünyada organik atıkların geri kazanımına verilen önem hızla artmış ve biyokütlenin dönüşümüne yönelik çok sayıda teknik geliştirilmiştir. Piroliz, kabul gören ve kullanım alanı bulan önemli biyokütle termokimyasal dönüşüm tekniklerinden birisi olarak, çeşitli yönleriyle farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Kambo & Dutta, 2015). Tarımsal atıklar, ormancılık atıkları ve arıtma çamuru gibi pek çok materyal biyokütle ve biyoçar üretiminde kullanılabilir (Namlı vd., 2017; Banik et al., 2018; Xu et al., 2019), bu konuda bitkiler üzerine biyokömür uygulamalarının etkileri incelenmiştir (Erdem et al., 2017; Demirbas et al., 2017; Acir & Erdem, 2020). Biyokömürün en yaygın kullanım şekli toprağa uygulamaktır (Dias et al., 2010). Biyokömür, toprak iyileştiricisi, organik gübre, hayvan yemlerinde katkı maddesi, kimi zehirli gazların absorblayıcısı, enerji depolama ortamı, bazı reaksiyonlarda katalizör, binaların yapımında yapı malzemesi ve sulardaki ağır metaller ile organik kirleticilerin giderilmesinde adsorbent olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Ülkemiz biyokömür üretiminde kullanılacak tarımsal (bağ, bahçe, tarla tarımı) ve hayvansal üretim (büyükbaş, küçükbaş, kanatlı) atıklarının biyokömüre dönüştürülebilir büyük bir potansiyele sahiptir (Akgül, 2017). Toplam biyokömür potansiyelinin %77'sini hayvansal atıklar, %22.5'ini bahçe ve bağ budama atıkları, %0.6'sını ise tarla tarımı atıkları oluşturduğu belirtilmektedir (Sümer vd., 2016).

Bu çalışmada Belediye park ve bahçe budama atıkları elde edilmiştir. Elde edilen bu atıklardan farklı sıcaklıklarda 300, 500 ve 700°C de biyokömür elde edilerek mısır bitkisine farklı dozlarda uygulanarak, mısırın bitki besin elementleri ve bitkinin yaş ve kuru ağırlıkları değişimleri belirlemek için yapılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Belediye rekreasyon alanlarından elde edilen budama atıklarından 300, 500 ve 700°C'lik sıcaklıklarda, 10-50°C/dak arasında değişen ısı artışları uygulanarak biyokömür elde edilmiştir (Kambo & Dutta, 2015). Ham materyal ve farklı piroliz sıcaklıklarında elde edilen biyokömürlerin analiz sonuçları Çizelge 1'de sunulmuştur. Denemede kullanılan toprak, hava kurusu hale geldikten sonra 2 mm'lik elekten elenerek saksı denemesi 7 Mayıs 2020 tarihinde kurulmuştur. Deneme toprağının analiz sonuçları Çizelge 2'de izlenmektedir.

10 kg toprak içeren saksılarda gerçekleştirilen uygulama dozları farklı sıcaklıklardaki T1 (300°C), T2 (500°C) ve T3 (700°C) piroliz işlemiyle elde edilmiş biyokömürler kontrol (0), 1 ton/da, 2 ton/da, 3 ton/da ve 6 ton/da şeklinde uygulanmıştır. Sabit dozda tüm saksılara 1 t/da vermikompost ve kimyasal gübre uygulamaları yapılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı, 3 farklı sıcaklıkta elde edilmiş olan 5 farklı biyokömür dozu uygulanmış ve toplamda (3x5x3) 45 saksı ile yürütülen denemede test bitkisi olarak Hido silajlık mısır (*Zea mays* L.) kullanılmıştır. Denemede tüm saksılara tohum ekimi ile birlikte 300 ppm azotun (N) yarısı 150 ppm (1/2) amonyum sülfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) %21 N gübresinden uygulanmıştır. Fosfor (P) 80 ppm ve 100 ppm potasyumun (K) tamamı ise mono potasyum fosfat ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) gübresi (0:52:34) ile ekimle birlikte uygulanmıştır. Denemede biyokömür dozları, kimyasal gübreler ve vermikompost plastik bir kap içerisinde homojen olarak karıştırıldıktan sonra saksılara doldurulmuştur. Saksılara uygulamalar yapıldıktan sonra her saksıya 6 adet mısır tohum ekimi yapılarak çeşme suyu ile sulanmış ve saksıların altına saksı altlığı konularak sulama esnasında sızan su tekrar saksılara ilave edilmiştir. Tohum çıkışları 13 Mayıs'ta başlamış, çimlenme gerçekleştikten sonra her saksıda iki adet mısır bitkisi kalacak şekilde seyreltilme işlemi yapılmış ve N'lu gübrenin kalan yarısı ise 150 ppm olarak üst gübre şeklinde üre (%46 N) gübresi ile 16.06.2020 tarihinde uygulanmıştır. Sulama faaliyeti toprağın tarla kapasitesinden eksilen su miktarının gravimetrik olarak çeşme suyu ile yapılmıştır.

Mısır bitkisinde tepe püskülünün oluşmasıyla 21 Temmuz'da hasat yapılmıştır. Toprak üstü aksamının (gövde+yaprak) biyokütle ağırlığı belirlendikten sonra, bitkiler çeşme ve saf su ile yıkanarak etüvde 65-70°C de kurutulduktan sonra, değirmenden öğütülerek analizlere hazır hale getirilmiştir. Deneme sonunda her bir saksıdaki bitki örneklerinde toprak üstü aksamında (gövde+yaprak) bitki besin elementleri belirlenmiştir. Element konsantrasyonları kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

**Çizelge 1.** Ham materyal ve biyokömürlerin analiz sonuçları

**Table 1.** Analysis results of raw materials and biochar

Parametreler	Ham materyal	T1	T2	T3
pH	6.04±0.01	7.72±0.02	9.25±0.02	9.72±0.02
E.C (1:10) (dS/m)	1.54±0.09	1.04±0.02	2.25±0.02	2.74±0.02
Organik madde (%)	93.40±0.16	92.40±0.16	83.86±0.24	85.80±0.16
Nem 105°C'de (%)	7.79±4.70	10.02±0.43	9.73±0.37	8.95±0.50
C/N	63.74±0.50	45.55±0.56	48.17±0.92	50.61±0.16
Organik C (%)	54.17±0.09	53.59±0.09	48.64±0.14	49.77±0.09
Toplam N (%)	0.85±0.01	1.18±0.01	1.01±0.02	0.98±0.005
Toplam fosfor (%)	0.09±0.003	0.19±0.005	0.20±0.01	0.24±0.005
Toplam potasyum (%)	0.47±0.01	1.09±0.01	1.32±0.04	1.71±0.01
Toplam kalsiyum (%)	1.07±0.03	1.53±0.07	3.42±0.04	3.52±0.21
Toplam magnezyum (%)	0.13±0.005	0.23±0.01	0.46±0.02	0.52±0.03
Toplam sodyum (mg/kg)	454.56±12.60	477.60±7.74	1268.90±14.90	1931±19.3
Toplam demir (mg/kg)	203.42±5.60	163.05±2.65	1331.49±14.2	3323.89±9.9
Toplam bakır (mg/kg)	38.34±0.78	43.05±0.47	49.38±0.93	48.89±0.65
Toplam çinko (mg/kg)	61.83±0.37	71.91±2.23	143.82±2.11	170.41±1.73
Toplam mangan (mg/kg)	19.52±1.44	37.64±4.04	93.95±1.56	154.62±2.90
Toplam bor (mg/kg)	75.22±4.24	69.50±0.93	48.68±0.94	42.13±0.77

**Çizelge 2.** Saksı denemesi toprak analiz sonuçları

**Table 2.** Pot experiment soil analysis results

pH	6.77	Alınabilir P	111.76
EC (dS/m)	1.51	Alınabilir K	127.50
Kireç	4.06	Alınabilir Ca	2748
Kum	63.28	(mg/kg) Alınabilir Mg	830
Mil	28.00	Alınabilir Na	123.20
(%) Kil	8.72	Alınabilir Fe	14.19
Bünye	Kumlu tın	Alınabilir Zn	6.45
O.Madde	1.73	Alınabilir Mn	17.70
Toplam N	0.101	Alınabilir Cu	1.47
		Alınabilir B	0.97

### **Bitki örnekleri analiz yöntemleri**

Biyokütle; hasat sırasında bitki örneklerin uygulamalara göre önce yaş ağırlıkları belirlenmiş. Temizlik işlemlerinden sonra çeşme ve saf su ile yıkanarak etüvde 65-70°C de kurutulduktan sonra tartılarak kuru ağırlık değerleri belirlenmiştir. Kuru madde; bitki örneklerinin 105°C'de etüvde kurutulmasına dayalı gravimetrik yöntemle belirlenmiştir (Kacar & İnal, 2008). Bitki besin elementi analizleri Toplam N, Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre saptanmıştır. Diğer besin elementleri örneklerde yaş yakma (HNO<sub>3</sub>:HClO<sub>4</sub>; 4:1) sonrası P, vanadomolibdo fosforik sarı renk yöntemi ile spektrofotometrik olarak (Lott et al., 1956), K, Ca ve Na flame (alev) fotometre ile Mg, Fe,

Zn, Mn ve Cu ise Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrede ölçülerek belirlenmiştir (Kacar & İnal, 2008). Örneklerde B analizi kuru yakma sonrası azomethin H yöntemi ile spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Wolf, 1971).

Verilerin istatistik analizinde SPSS 22.0 programı kullanılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar LSD testi ile belirlenmiştir.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

### Bitki besin elementleri

#### Azot (N)

Biyokömür uygulamalarının ve sıcaklık farklarının mısırın toprak üstü aksamının N içeriğine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. T1'de elde edilen biyokömür uygulamalarında toplam N içeriği %2.24-2.87 aralığında saptanmıştır. T2'de elde edilen biyokömür uygulamalarında toplam N değişimi %2.19-2.60 olarak belirlenmiş. T3'de elde edilen biyokömür uygulamalarında en düşük toplam N değeri kontrol saksılarında %2.17 ve 6 ton/da biyokömür uygulamasında %2.56 ile en yüksek değeri aldığı saptanmıştır. En yüksek toplam N değerleri T1 sıcaklığında elde edilen biyokömür uygulamasında bunu sırasıyla T2 ve T3 sıcaklığında elde edilen biyokömür uygulamaları izlemiştir (Çizelge 3). Çakır & Çimrin (2018) mısır bitkisinin kök üstü aksamı için toplam N %1.82-3.96 olarak belirtilen değerlere benzerlik göstermiştir. Biyokömür uygulamaları mısır bitkisinin toprak üstü aksamının toplam N değerini arttırdığı Demirbaş & Çoşkan (2019) tarafından da belirtilmiştir.

**Çizelge 3.** Biyokömür uygulamalarının toplam N (%) üzerine etkisi

**Table 3.** The effect of biochar applications on total N content (%)

Uygulamalar	T1			T2			T3			
Kontrol	2.24	d	A	2.19	d	AB	2.17	c	B	*
1 t/da	2.32	d	A	2.25	d	AB	2.21	c	B	**
2 t/da	2.45	c	A	2.37	c	B	2.34	b	B	**
3 t/da	2.58	b	A	2.49	b	B	2.41	b	B	**
6 t/da	2.87	a	A	2.60	a	B	2.56	a	B	**
		**			**			**		

LSD<sub>0,01</sub>:0.088 LSD<sub>0,05</sub>:0.065; \* = %5 düzeyinde önemli, \*\* = %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

#### Fosfor (P)

Farklı piroliz sıcaklıklarda biyokömürlerin bitkinin toprak üstü aksamının P içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş ve farklı grupta yer almıştır (Çizelge 4). Fosfor değerleri T1'deki biyokömür uygulamasında %0.19-0.45, T2'deki biyokömür uygulamasında %0.20-0.47 ve T3'deki biyokömür uygulamasında %0.18-0.49 aralığında saptanmıştır. Her üç piroliz sıcaklık değişiminde elde edilen biyokömür uygulamalarında en düşük değerler kontrol uygulamalarında ve en yüksek değerler ise 6 ton/da biyokömür uygulamalarında elde edilmiştir. En yüksek P değeri T3'deki biyokömür uygulamasında elde edilmiştir. Inal et al. (2015)'in yaptığı çalışmalarda belirttiği gibi bu çalışmada da biyokömür uygulamalarıyla bitki P içeriği artış göstermiştir. Demirbaş & Çoşkan (2019) mısırın toprak üstü aksamı P içeriği %0.27-0.39 değerlerine benzerlik göstermiştir. Jones et al. (1991) tarafından mısır bitkisi için belirtilen %0.20 P değerine göre kontrol uygulaması haricindeki mısır bitkisinin P açısından yeterli grupta yer aldığı görülmüştür.

**Çizelge 4.** Biyokömürün uygulamalarının fosfor (%) üzerine etkisi**Table 4.** The effect of biochar applications on phosphorus content (%)

Uygulamalar	T1			T2			T3		
Kontrol	0.19	d	A	0.20	c	A	0.18	c	A
1 t/da	0.24	cd	A	0.24	bc	A	0.26	c	A
2 t/da	0.31	bc	A	0.30	b	A	0.35	b	A
3 t/da	0.34	b	B	0.39	a	AB	0.41	ab	A *
6 t/da	0.45	a	A	0.47	a	A	0.49	a	A
		**			**			**	

LSD<sub>0,01</sub>:0.088 LSD<sub>0,05</sub>:0.065; \*= %5 düzeyinde önemli, \*\*= %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

### **Potasyum (K)**

Uygulama dozlarının mısırın K içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak önemli, fakat piroliz sıcaklıklarının etkisi önemsiz olmuştur. Potasyum değerleri T1'deki biyokömür uygulamasında %2.11-3.77, T2'deki biyokömür uygulamasında %2.03-3.69 ve T3'deki biyokömür uygulamasında %2.08-3.88 olarak hesaplanmıştır. En yüksek K değeri T3 uygulamasında elde edilirken bunu T1 ve T2'deki uygulamaları izlemiştir (Çizelge 5). Elde edilen sonuçlar Güngör (2018) tarafından belirtilen K %1.01-1.93 ve %0.75-1.88 değerlere göre farklılık Yağmur & Okur (2018) tarafından rapor edilen K %2.79-3.25 değerlere göre benzerlik gösterdiği izlenmektedir. Demirbaş & Çoşkan (2019) mısırın toprak üstü aksamının K değerinin %2 biyokömür uygulamasıyla en yüksek K %2.54 değeri ile uygulama dozlarıyla birlikte toprak üstü aksamının K içeriği artış göstermiştir. Mısır bitkisinin gelişme döneminde besin maddesi alımın seyri ve hızı azot ve fosfor alımınının çıkıştan yaklaşık iki hafta sonra hızlı, potasyumun ise gelişmenin 3-6.'nci haftalarında çok yüksek düzeyde olduğu belirtilmiştir (İrget vd., 2010).

**Çizelge 5.** Biyokömür uygulamalarının potasyum (%) üzerine etkisi**Table 5.** The effect of biochar applications on potassium content (%)

Uygulamalar	T1			T2			T3		
Kontrol	2.11	c	A	2.03	d	A	2.08	c	A
1 t/da	2.56	bc	A	2.38	cd	A	2.45	bc	A
2 t/da	2.77	bc	A	2.85	bc	A	2.98	b	A
3 t/da	3.28	ab	A	3.40	ab	A	3.77	a	A
6 t/da	3.77	a	A	3.69	a	A	3.88	a	A
		**			**			**	

LSD<sub>0,01</sub>:0.779 LSD<sub>0,05</sub>:0.579 ; \*= %5 düzeyinde önemli, \*\*= %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

### **Kalsiyum (Ca)**

Uygulamaları mısırın Ca içeriği üzerine etkisi uygulama dozlarına ve piroliz sıcaklıklarına göre istatistiki farklılık göstermiştir. T1'deki biyokömür uygulamasında %0.15-0.41, T2'deki biyokömür uygulamalarında %0.19-0.43 ve T3' de elde edilen biyokömür uygulamalarında Ca içeriği %0.17-0.48 olarak elde edilmiştir. En yüksek Ca değeri T3'deki biyokömür uygulamasında elde edilirken bunu T2'de elde edilen biyokömür ve son olarak da T1'de elde biyokömür uygulamaları izlemiştir (Çizelge 6). Bu yönde yapılan çalışmalara göre Demirbaş & Çoşkan (2019) mısırın toprak üstü aksamı için Ca %0.97-1.33; Güngör (2018)'e göre Ca %0.69-0.84 ve %0.82-1.08 ve Yağmur & Okur (2018) tarafından önerilen Ca %0.52-0.71 değerlere göre farklılık göstermiş ve daha düşük seviyede belirlenmiştir. Mısır bitkisinin

besin elementi içeriği dane ve silajlık amaçlı yetiştirilişine ve toprak özelliklerine göre (Oberle & Keeney, 1990b), bitki tür ve çeşitlerin (Noulas et al., 2004) bu farklılıklara neden olduğu belirtilmiştir. Bu farklılıkların üzerine toprak özellikleri, yapılan uygulamalar ve çeşit özelliklerinin etkili olduğu söylenebilir.

**Çizelge 6.** Biyokömür uygulamalarının kalsiyum (%) üzerine etkisi

**Table 6.** The effect of biochar applications on calcium content (%)

Uygulamalar	T1			T2			T3			
Kontrol	0.15	d	B	0.19	d	A	0.17	c	AB	*
1 t/da	0.19	d	A	0.22	d	A	0.22	c	A	
2 t/da	0.27	c	B	0.31	c	AB	0.33	b	A	**
3 t/da	0.34	b	B	0.38	b	B	0.45	a	A	**
6 t/da	0.41	a	B	0.43	a	B	0.48	a	A	**
		**			**			**		

LSD<sub>0,01</sub>:0.050 LSD<sub>0,05</sub>:0.037 ; \*= %5 düzeyinde önemli, \*\*= %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

### **Magnezyum (Mg)**

Biyokömür uygulama dozlarına ve farklı piroliz sıcaklığına göre önemli düzeyde etkili olmuştur. T1 deki biyokömür uygulamalarında Mg %0.24-0.48, T2 deki biyokömür uygulamalarında magnezyum değişimi %0.25-0.49 ve T3 de elde edilen biyokömür uygulamalarında Mg içeriği %0.26-0.52 olarak saptanmıştır (Çizelge 7). Demirbaş & Çoşkan (2019) mısırın toprak üstü aksamı için Mg %0.60-0.78 ve Güngör (2018) tarafından çeşitlere göre Mg %0.59-0.64 ve %0.49-0.57 olarak belirtilen değerlerden farklı seviyede belirlenmiştir. Yağmur & Okur (2018) tarafından belirtilen Mg %0.26-0.30 değerlere göre benzerlik gösterdiği söylenebilir.

**Çizelge 7.** Biyokömür uygulamalarının magnezyum (%) üzerine etkisi

**Table 7.** The effect of biochar applications on magnesium content (%)

Uygulamalar	T1			T2			T3			
Kontrol	0.24	d	A	0.25	d	A	0.26	d	A	
1 t/da	0.29	cd	B	0.33	c	AB	0.36	c	A	*
2 t/da	0.36	bc	B	0.41	b	AB	0.44	b	A	**
3 t/da	0.40	b	B	0.44	ab	AB	0.46	ab	A	*
6 t/da	0.48	a	A	0.49	a	A	0.52	a	A	
		**			**			**		

LSD<sub>0,01</sub>:0.073 LSD<sub>0,05</sub>:0.065 ; \*= %5 düzeyinde önemli, \*\*= %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

### **Demir (Fe)**

Biyokömür uygulamalarının mısırın Fe içeriği üzerine etkisi uygulama dozlarına ve piroliz sıcaklığına göre istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Demir değerleri T1 de elde edilen biyokömür uygulamasında 68.92-110.15 mg/kg, T2 de elde edilen biyokömür uygulamasında Fe 66.20-112.07 mg/kg arasında ve T3 de elde edilen biyokömür uygulamasında 57.49-121.11 mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 8). Her üç farklı sıcaklık değerlerinde elde edilerek uygulanan biyokömürlerin Fe miktarı en düşük kontrol ve en yüksek ise 6 ton/da uygulamalarında elde edilmiştir. Çakır & Çimrin (2018) kök üstü aksam Fe kapsamını 36.10-58.38 mg/kg olarak belirttiği değerlerden yüksek Fe değerleri saptanmıştır. Güngör (2018) tarafından çeşitlere göre Fe elementi miktarı 159-373 ve 207-384 mg/kg olarak belirtilen

değerlerden daha düşük seviyede Fe değerleri belirlenmiştir. Yağmur & Okur (2018) Fe miktarı 104.53-117.59 mg/kg ve Demirbaş & Çoşkan (2019) mısırın toprak üstü aksamının Fe kapsamını 49.8-99.9 mg/kg olarak belirttikleri değerlere genel olarak benzerlik gösterdiği söylenebilir.

**Çizelge 8.** Biyokömür uygulamalarının demir (mg/kg) üzerine etkisi

**Table 8.** The effect of biochar applications on iron (mg/kg)

Uygulamalar	T1			T2			T3			
Kontrol	68.92	c	A	66.20	b	AB	57.49	d	B	*
1 t/da	75.06	c	A	73.81	b	A	73.57	c	A	
2 t/da	93.20	b	A	98.13	a	A	98.83	b	A	
3 t/da	102.15	ab	B	106.17	a	AB	113.16	a	A	*
6 t/da	110.15	a	B	112.07	a	AB	121.11	a	B	*
		**			**			**		

LSD<sub>0.01</sub>:14.320 LSD<sub>0.05</sub>:10.642 ; \*= %5 düzeyinde önemli, \*\*= %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

### **Çinko (Zn)**

Farklı piroliz sıcaklıklarının ve uygulamaların Zn üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. T1 de elde edilen biyokömür uygulamalarında çinko içeriği 21.88-44.27 mg/kg, T2 de elde edilen biyokömür uygulamalarında Zn değeri 28.46-48.28 mg/kg olarak ve T3 de elde edilen biyokömür uygulamalarında Zn 26.02-51.12 mg/kg arasında değişim göstermiştir (Çizelge 9). Genel olarak en yüksek Zn değeri T3 de elde edilen biyokömür uygulamasında elde edilirken bunu sırasıyla T2 de elde edilen biyokömür ve T1 de elde edilen biyokömür uygulamaları izlemiştir. Elde edilen sonuçlar, Yağmur ve Okur (2018) tarafından belirtilen 11.15-14.70 mg/kg Zn değerlerine ve Demirbaş & Çoşkan (2019) Zn kapsamını 8.1-20.7 mg/kg olarak belirttiği değerlerden yüksek olarak belirlenmiştir. Çakır & Çimrin (2018) kök üstü aksam Zn kapsamını 22.94-80.30 mg/kg ve Güngör (2018) tarafından çeşitlere göre Zn elementi miktarı 29.4-59.9 mg/kg ve 10.1-32.0 mg/kg olarak belirttiği değerler ile benzerlik göstermiştir.

**Çizelge 9.** Biyokömür uygulamalarının çinko (mg/kg) üzerine etkisi

**Table 9.** The effect of biochar applications on zinc (mg/kg)

Uygulamalar	T1			T2			T3			
Kontrol	21.88	d	B	28.46	c	A	26.02	b	AB	*
1 t/da	28.84	cd	A	33.57	bc	A	34.23	b	A	
2 t/da	33.58	bc	B	35.50	bc	AB	43.54	a	A	**
3 t/da	39.46	ab	B	39.38	b	B	46.30	a	A	*
6 t/da	44.27	a	B	48.28	a	AB	51.12	a	A	*
		**			**			**		

LSD<sub>0.01</sub>:8.796 LSD<sub>0.05</sub>:6.537 ; \*= %5 düzeyinde önemli, \*\*= %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

### **Bakır (Cu)**

Bakır içeriği uygulama dozlarına ve piroliz sıcaklığına göre farklılık göstermiş ve istatistiki düzeyde önemli bulunmuştur. Bakır T1 de elde edilen biyokömür uygulamasında 6.11-9.72 mg/kg, T2 de elde edilen biyokömür uygulamasında 8.14-9.56 mg/kg aralığında belirlenmiş ve T3 de elde edilen biyokömür uygulamasında 7.91-9.97 mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 10). Yağmur & Okur (2018) tarafından bildirilen Cu değerlerine göre 11.26-17.34 mg/kg ve Çakır & Çimrin (2018)'nin kök üstü aksam Cu

kapsamını 14.62-24.31 mg/kg değerlerinden farklılık göstermiştir. Güngör (2018) tarafından çeşitlere göre Cu elementi miktarı 7.53-12.26 mg/kg ve 8.60-17.33 mg/kg ve Demirbaş & Çoşkan (2019) mısırın toprak üstü aksamını Cu kapsamını 5.2-9.3 mg/kg olarak bildirilen değerler ile benzerlik göstermiştir.

**Çizelge 10.** Biyokömür uygulamalarının bakır (mg/kg) üzerine etkisi

**Table 10.** The effect of biochar applications on copper (mg/kg)

Uygulamalar	T1			T2			T3			
Kontrol	6.11	d	B	8.14	b	A	7.91	b	A	**
1 t/da	6.86	cd	B	8.22	b	AB	8.80	ab	A	**
2 t/da	7.78	bc	B	8.87	ab	AB	9.48	a	B	**
3 t/da	8.46	ab	B	9.11	ab	AB	9.73	a	A	*
6 t/da	9.72	a	A	9.56	a	A	9.97	a	A	
		**			*			**		

LSD<sub>0.01</sub>:1.439 LSD<sub>0.05</sub>:1.069 ; \* = %5 düzeyinde önemli, \*\* = %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

### **Mangan (Mn)**

Mangan içeriği piroliz sıcaklığına ve uygulama dozlarına göre istatistiki olarak önemli düzeyde değişim göstermiştir. Mangan T1 de elde edilen biyokömür uygulamasında 30.44-40.83 mg/kg, T2 de elde edilen biyokömür uygulamasında 29.83-48.21 mg/kg aralığında ve T3 de elde edilen biyokömür uygulamasında 29.37-53.36 mg/kg aralığında değişim göstermiştir. En yüksek Mn değeri 700°C de elde edilen biyokömür uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 11). Elde edilen sonuçlar Yağmur ve Okur (2018) tarafından belirtilen 27.19-28.78 mg/kg Mn değerlerinden yüksek bulunmuştur. Çakır & Çimrin (2018) kök üstü aksam Mn kapsamını 82.54-175.18 mg/kg, Güngör (2018) tarafından çeşitlere göre Mn elementi miktarı 66.1-78.7 mg/kg ve 63.0-75.1 mg/kg ve Demirbaş & Çoşkan (2019) mısırın toprak üstü aksamını Mn kapsamını 41.6-64.1 mg/kg olarak belirtilen değerlere göre farklılık göstermiştir. Bu farklılıkların toprak, uygulama ve çeşit özelliklerinden ileri gelebilir.

**Çizelge 11.** Biyokömür uygulamalarının mangan (mg/kg) üzerine etkisi

**Table 11.** The effect of biochar applications on manganese (mg/kg)

Uygulamalar	T1			T2			T3			
Kontrol	30.44	c	A	29.83	c	A	29.37	c	A	
1 t/da	31.52	c	A	31.98	c	A	31.84	c	A	
2 t/da	35.10	bc	B	37.59	b	AB	40.90	b	A	**
3 t/da	37.28	ab	B	43.58	a	B	45.41	b	A	**
6 t/da	40.83	a	B	48.21	a	A	53.36	a	A	**
		**			**			**		

LSD<sub>0.01</sub>:5.494 LSD<sub>0.05</sub>:4.003 ; \*\* = %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

### **Bor (B)**

Biyokömür dozlarının bor üzerine etkisi istatistiki olarak önemli düzeyde etki yapmıştır. T1 de elde edilen biyokömür uygulamalarında B 22.90-48.80 mg/kg olarak, T2 de elde edilen biyokömür uygulamalarında B 23.67-45.11 mg/kg ve T3 de elde edilen biyokömür uygulamalarında 25.05-47.05 mg/kg belirlenmiştir (Çizelge 12). Farklı sıcaklıklarda elde edilen biyokömür uygulamalarında genel olarak en yüksek B değeri T1 de elde edilen biyokömür uygulamasında elde edilirken bunu sırasıyla T3 de elde edilen



biyokömür ve T2 de elde edilen biyokömür uygulamaları izlemiştir. Reuters & Robinson (1997)'e göre yaprak toplam B yeterlilik sınırı değerlerine 30-50 mg/kg göre kontrol uygulamaları dışındaki diğer uygulamaların B besin elementi yönünden yeterli olduğu görülmektedir. Korkmaz vd. (2005) tarafından mısır bitkisinde koçan yaprağının optimum B kapsamının 20.56 mg/kg olarak belirtilen B değerine göre yüksek bulunmuştur.

**Çizelge 12.** Biyokömür uygulamalarının bor (mg/kg) üzerine etkisi

**Table 12.** The effect of biochar applications on boron (mg/kg)

Uygulamalar	T1		T2		T3	
Kontrol	22.90	c A	23.67	c A	25.05	c A
1 t/da	33.88	b A	31.52	b A	30.38	c A
2 t/da	36.21	b A	34.71	b A	32.76	bc A
3 t/da	40.81	b A	42.72	a A	38.52	b A
6 t/da	48.80	a A	45.11	a A	47.05	a A
		**		**		**

LSD<sub>0.01</sub>:7.765 LSD<sub>0.05</sub>:5.771 ; \*\*= %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

### Biyomas ağırlığı

Mısırın biyomas yaş ağırlığı uygulamalara ve piroliz sıcaklığına göre farklılık göstermiş ve istatistiki olarak önemli bulunmuştur. T1 de ele edilmiş olan biyokömür uygulamasında yaş ağırlık değişimi 146.67-250.43 gr, T2 de ele edilmiş olan biyokömür uygulamasında yaş ağırlık 163.74-274.22 gr ve T3 de ele edilmesiyle uygulamasında yaş ağırlık 173.08-283.52 gr aralığında saptanmıştır (Çizelge 13).

**Çizelge 13.** Biyokömür uygulamasının bitkisinin yaş ağırlığına etkisi (gr)

**Table 13.** The effect of biochar application on the fresh weight of the plant (gr)

Uygulamalar	T1		T2		T3	
Kontrol	146.67	d B	163.74	e AB	173.08	d A
1 t/da	182.06	c A	186.36	d A	194.85	d A
2 t/da	216.95	b AB	209.13	c B	232.44	c A
3 t/da	246.54	a A	240.67	b A	255.69	b A
6 t/da	250.43	a B	274.22	a A	283.52	a A
		**		**		**

LSD<sub>0.01</sub>:22.317 LSD<sub>0.05</sub>:16.586 ; \*\*= %1 düzeyinde önemli. Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

Aynı şekilde kuru ağırlık değişimi uygulamalara göre farklılık göstermiş T1 de elde edilmiş olan biyokömür uygulamasında 15.82-32.78 gr olarak belirlenmiştir. T2'de ele edilmiş olan biyokömür uygulamasında 17.49-35.38 gr ve T3 de ele edilmiş olan biyokömür uygulamasında 18.45-36.32 gr saptanmış olup (Çizelge 14). En yüksek yaş ve kuru ağırlıklar sırasıyla T3 de elde edilmiş biyokömür ve bunu T2 ve T1 de elde edilmiş olan biyokömür uygulamaları izlemiştir. Güngör (2018) tarafından 2 farklı mısır çeşidi için bitki toprak üstü aksamının yaş ağırlığının Hazar çeşidinde 288-312 gr arasında, Helen çeşidinde 261-269 gr kuru ağırlığının ise 32.0-38.7 ve 26.7-30.7 gr olarak belirttiği değerlere benzerlik gösterdiği söylenebilir. Çakır & Çimrin (2018) bitki yaş ağırlığını 26.53-56.36 g/bitki ve kuru ağırlığı ise 3.76-5.96 g/bitki, Alak & Müftüoğlu (2017) tarafından belirtilen yaş ağırlığı değerleri 57.6-87.8 gr ve kuru ağırlık 8.0-13.3 gr değerlerinden yüksek değerler aldığı izlenmektedir. Sevilir (2019) bitki kuru ağırlığının 12.8-21.1 gr, Demirbaş & Çoşkan (2019) tarafından 12.80-27.52 g/saksı ve Kaya vd (2019) kuru ağırlık değeri 18.8-44.3 gr/saksı olarak rapor ettiği sonuçlara benzerlik göstermiştir. Farklı sıcaklıklarda elde edilen biyokömür

uygulamalarında genel olarak en yüksek kuru ağırlık değeri T3'de elde edilen uygulamada, bunu sırasıyla T2 ve T1 de elde edilen biyokömür uygulamaları izlemiştir. Yüksek sıcaklıkta (700°C) üretilen biyokömürlerin çoğunlukla daha yüksek makro element (P, K, Ca ve Mg) ve mikro element (Cu, Fe, Zn ve Mn) konsantrasyonlarına (Akkurt vd., 2020) sahip olması bitkinin biomas ağırlığını arttırmıştır.

**Çizelge 14.** Biyokömür uygulamasının bitkinin kuru ağırlığına etkisi (gr)

**Table 14.** The effect of biochar application on dry weight of plant (gr)

Uygulamalar	T1		T2		T3				
Kontrol	15.82	d	A	17.49	d	A	18.45	c	A
1 t/da	19.94	cd	A	22.05	cd	A	20.98	c	A
2 t/da	25.17	bc	A	26.91	bc	A	28.60	b	A
3 t/da	29.95	ab	A	31.06	ab	A	32.17	ab	A
6 t/da	32.78	a	A	35.38	a	A	36.32	a	A
		**			**			**	

LSD<sub>0.01</sub>:5.467 LSD<sub>0.05</sub>:4.063 ; \*\*= %1 düzeyinde önemli

Düşey küçük harfler uygulamalar, yatay büyük harfler farklı sıcaklıklardaki biyokömürler arasındaki farkı gösterir.

## SONUÇ

Biyokömürün yüksek C içeriğine sahip olması, dolayısıyla da C/N oranının yüksek olması nedeniyle topraktaki ayrışma hızı yavaştır ve etkisini uzun sürede gösterebilmektedir. Biyokömürün özellikleri elde edilen sıcaklık derecelerine göre farklılık göstermiştir. Biyokömürün özelliklerinin piroliz sıcaklığına bağlı olarak önemli oranda değiştiğini göstermiştir. Genel olarak piroliz sıcaklığı 700°C'de ve 6 t/da biyokömür uygulaması önerilebilir. Yapılacak uygulamaların tarla çalışmalarında uzun dönemlere göre planlanması ve farklı bitkiler ve farklı dozların toprak analiz sonuçlarına göre biyokömür uygulamalarının yapılması önerilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından Proje No: FLP-2019-21330 olarak desteklenmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Acir, Y. & E. Halil, 2020. Biochar uygulamalarının ekmeçlik buğdayın kadmiyum (Cd) alımına etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 9 (2): 327-336. DOI: <http://dx.doi.org/10.29278/azd.813360>
- Akgül, G., 2017. Biyokömür; üretimi ve kullanım alanları. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi 5 (4): 485-499. DOI: 10.15317Scitech. 2017.107
- Akkurt, B., H. Günel, H. Erdem & E. Günel, 2020. Piroliz sıcaklığının biyoçarların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 8 (1): 1-13. DOI: 10.33409/tbbbd.756797.
- Alak, H. C. & N. M. Müftüoğlu, 2017. Hüyük asit uygulamalarının alınabilir potasyum üzerine etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 2 (2): 61-66.
- Amad, M., A. U. Rajapaksha, J. E. Lim, M. Zhang, N. Bolan, D. Mohan, M. Vithanage, S. S. Lee & Y. S. Ok, 2014. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. Chemosphere, 99: 19-33. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2013.10.071
- Banik, C., M. Lawrinenko. S. Bakshi & D. A. Laird, 2018. Impact of pyrolysis temperature and feedstock on surface charge and functional group chemistry of biochars. Journal of Environmental Quality, 47 (3): 452-461. DOI: 10.2134/jeq2017.11.0432
- Bremner, J. M., 1965. Total Nitrogen Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C. A. Black. American Society of Agronomy, 1085-1121.
- Çakır, H. N. & K. M. Çimrin, 2018. Kentsel arıtma çamur uygulamalarının etkisi: I. Mısır bitkisi ve topraktaki bazı besin maddesi (N, P, K, Ca, Mg) içerikleri üzerine etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 21 (6): 882-890. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogva.vi.452930>

- Demirbas, A., T. Karakoy, H. Durukan & H. Erdem, 2017. The impacts of the biochar addition in different doses on yield and nutrient uptake of the chickpea plant (*Cicer arietinum* L.) under the conditions with and without incubation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (12): 8328-8336.
- Demirbaş, A. & A. Çoşkan, 2019. Biyokömür ve Kadmiyum Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Verimine ve Besin Elementleri Alımına Etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7 (2): 109-114. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7isp2.109-114.3169>
- Dias, B. O., C. A. Silva, F. S. Higashikawa, A. Roig & M. A. Sánchez-Monedero, 2010. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure; effect on organic matter degradation and humification. *Bioresource Technology*, 101 (4):1239-1246. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.024>
- Erdem, H., A. Kinay, E. Gunal, H. Yaban & Y. Tutus, 2017. The effects of biochar application on cadmium uptake of tobacco. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 12 (2): 447-456.
- Güngör, K., 2018. Hüyük Asit Uygulamalarının Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinin Kök Gelişimi ve Besin Elementleri Alımına Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 44 s.
- Inal, A., A. Gunes, O. Sahin, M. B. Taskin & E. C. Kaya, 2015. Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil, on the growth of bean and maize. *Soil Use and Management*, 31 (1): 106-113.2.
- İrget, M. E., M. Tepecik, H. Çakıcı, D. Anaç, İ. Z. Atalay & H. Çolakoğlu, 2010. Farklı taban gübrelerinin dane mısır üretiminde verim ve besin maddesi alımına etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5.Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildiriler Kitabı Özel Sayısı, 6-11.
- Jones, J. B. Jr., B. Wolf & H. A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook. A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Micro-Macro Publishing, Athens.
- Kacar, B. & A. Inal, 2008. *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 892.
- Kambo, H. S. & A. Dutta, 2015. A Comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45 (2): 359-378. DOI: 10.1016/j.rser.2015.01.050
- Kaya, E. C., H. Akça, M. B. Taşkın, M. M. Mounirou & T. Kaya, 2019. Biyokömür ve fosfor uygulamalarının mısır ve çeltik bitkilerinin gelişimi ve mineral element konsantrasyonlarına etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 8 (1): 46-54. <https://doi.org/10.21657/topraksu.544679>
- Korkmaz, A. N., Özdemir, C. Gülser, R. Kızılkaya & A. Horuz, 2005. Fındık ve mısırdaki borlu gübrelemenin verim ve bor kapsamına etkileri. 125-132. I Ulusal Bor Çalıştayı. 28-29 Nisan 2005 TAEK-Ankara.
- Lehmann, J., 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and Environment*, 5 (7): 381-387. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[381:BITB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[381:BITB]2.0.CO;2)
- Lott, W. L., J. P. Nery, J. R. Gall. & J. C. Medcoff, 1956. *Leaf Analysis Technique in Coffee Research*, IBEC. Research Inst. Publish No: 9: 21-24.
- Namlı, A., M. O. Akça & H. Akça, 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.
- Noulas, C. H, P. Stamp, A. Soldati & M. Liedgens, 2004. Nitrogen use efficiency of spring wheat genotypes under field and lysimeter conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190 (2):111-118.
- Oberle, S. L. & D. R. Keeney, 1990b. Soil type, precipitation and fertilizer N effects on Corn yields. *Journal of Production Agriculture*, 3:522-527.
- Reuters, D. J. & J. B. Robinson, 1997. *Plant Analysis. An Interpretation Manual*. 2<sup>nd</sup> ed. CSIRO Publishing: Melbourne.
- Sevilir, B., 2019. Çeşitli Organik Atıklardan Elde Edilen Biyokömür ve Hidrokömürlerin Mısır Bitkisi Yetiştirilen Sera Koşullarında Toprak Bakteriyel Çeşitliliği Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 59s.
- Sümer, S. K., Y. Kavdır. & G. Çiçek, 2016. Türkiye’de tarımsal ve hayvansal atıklardan biyokömür üretim potansiyelinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19 (4): 379-387.
- Wolf, B., 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 2: 363-374.
- Xu, D. J., Cao, Y. Li, A. Howard. & K. Yu, 2019. Effect of pyrolysis temperature on characteristics of biochars derived from different feedstocks: A case study on ammonium adsorption capacity. *Waste Management*, 87: 652-660. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.049>.
- Yağmur, B. & B. Okur, 2018. Bazı doğal toprak düzenleyicilerin mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin verim parametreleri üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55 (4):471-477. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.419225>.