



## Fosfor ile Zenginleştirilmiş Biyokömürün Marul Bitkisinin (*Lactucasativa L. cv. Maritima*) Gelişimi ve Mineral Element Konsantrasyonu Üzerine Etkisi

Özge ŞAHİN<sup>1</sup> Mehmet Burak TAŞKIN<sup>1</sup> Emre Can KAYA<sup>1</sup> Havva TAŞKIN<sup>1</sup>

### Özet

Tavuk gübresinden elde edilmiş biyokömür (BK) ve fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömürün (BK+fosfor) marul bitkisinin birinci ve ikinci ürün verim ve mineral element konsantrasyonlarına etkisi belirlenmiştir. Araştırmada marul bitkisi kontrol ile P konsantrasyonu 200 mg kg<sup>-1</sup> olacak şekilde fosfor, BK ve BK+fosfor uygulamaları ile vejetasyon dönemi boyunca yetiştirilmiştir. Hasat edilen bitkilerin yaş ağırlıkları ile N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonları belirlenmiştir. Bitkilerin ilk hasatının ardından aynı saksılara uygulamaların bakiye etkisini belirlemek amacıyla tekrar marul fidesi dikilmiş ve ilk hasattaki parametreler üzerine etkisi belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek yaş ağırlık her iki denemede de fosfor ve BK+fosfor uygulamasından elde edilmiştir. Birinci denemeden elde edilen ürünün N konsantrasyonları üzerine uygulamaların etkisi istatistiki olarak önemli bir fark yaratmazken, ikinci üründe en yüksek N konsantrasyonu BK ve BK+fosfor uygulamasında belirlenmiştir. Her iki üründe de en yüksek P, K, Ca ve Mg konsantrasyonunu BK+fosfor uygulamasında belirlenmiştir. Uygulamaların birinci ve ikinci ürünün Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonları üzerine etkisi farklı olmuştur. Bu araştırma sonucunda tükenmekte olan fosfor kaynaklarının daha etkin kullanılabilmesi için biyokömür ile fosforun karıştırılarak uygulanmasının etkili bir strateji olacağını söylemek mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** Biyokömür, fosforca zenginleştirilmiş biyokömür, fosfor, marul.

## Effect of Phosphorous-Enriched Biochar on the Growth and Mineral Element Concentration of Lettuce (*Lactuca Sativa L. cv. Maritima*)

### Abstract

The effectiveness of phosphorus, poultry manure-derived biochar (BC) and phosphorus-enriched biochar (BC+phosphorus) on fresh weight and mineral element concentration of first and second harvest of lettuce plant. In this purpose Maritima lettuce cultivars were grown with control and phosphorus, BC and BC+phosphorus application, phosphorus concentration were to be 200 mg kg<sup>-1</sup>, during the vegetation period. After the first harvest, on the growth, and P, N, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu and Mn concentration of lettuce plant were determined. After the harvesting, determined to residual effect on the same pot phosphorus, BC and BC+phosphorus were applied into the same pot. After the first harvesting phosphorus, BC and BC+phosphorus were applied into the same pot to determine the residual effect of application on lettuce plant, and plant growth and N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu concentrations were determined. As a result, the wet weight were determined were highest in the both yield by phosphorus and BC+phosphorus application. There were not statistically significant difference between the treatments on N concentration of the first crop. For the second crop, N concentrations of BC and BC+phosphorus were the highest. The highest P, K, Ca and Mg concentrations of the first and second crop was determined with BC+ P application. Depending on the application, there were differences on Fe, Zn, Cu and Mn concentration of both yields. The results of this research suggest that using phosphorus enriched biochar alternatively to the commercial phosphorus fertilizers is seems to be a good strategy to protect declining phosphate reserves.

**Key words:** Biochar, phosphorous-enriched biochar, phosphorus, lettuce.

### Giriş

Tavuk gübresi, herhangi bir işlem görmeden doğrudan tarım alanlarına uygulandığında bazı

patojenlerin yayılması ve atmosfere salınan sera gazları nedeniyle çevre kirliliğine yol açabilmektedir. Bu sorunlarla karşılaşmamak

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, ANKARA

## Fosfor ile Zenginleştirilmiş Biyokömürün Marul Bitkisinin (*Lactucasativa* L. cv. Maritima) Gelişimi ve Mineral Element Konsantrasyonu Üzerine Etkisi

için alternatif metotlar geliştirilerek klasik yöntemler ile etkinliklerinin karşılaştırılması önem taşımaktadır. Piroliz, her türlü organik atığın oksijensiz ortamda yüksek sıcaklıkta ısıtılarak termal parçalanma ile gaz, katı veya sıvı ürünlere dönüşmesi işlemidir. Atıkların inert, vakum veya indirgen (hidrojen gibi) ortamlarda katalizörlü veya katalizörsüz, sıcaklık etkisiyle bozundurulması temeline dayanır. Bozunma sırasında sıcaklık etkisi ile atığın yapısında bağ kopmaları veya zincir kırılmaları sonunda gaz, sıvı ve katı ürünler oluşur. Hayvan gübreleri tarımsal atıklar içinde önemli bir yer tutar. Bu atıkların uygun işleme teknikleri ile işlenerek tarım alanlarına gübre olarak kazandırılması kimyasal gübrelerden tasarruf sağladığı gibi hayvansal atıkların çevre üzerine olumsuz etkileri de giderilmiş olur. Hayvansal atıklardan bir tanesi olan tavuk gübresinin pirolizi ile elde edilen biyokömürün besin maddesi kapsamı piroliz esnasında daha konsantre bir hale geldiğinden bitkiler için yavaş çözünen bitki besin maddesi kaynağı haline gelmektedir (Agblevor ve ark. 2010). Biyokömür toprak verimliliğini artıran bir toprak düzenleyicidir (Lehmann ve ark. 2011). Besin maddelerinin topraklarda tutunmasını sağlar, toprakta su tutma ve havalanmayı artırır, toprakta mikroorganizma ve mikoriza aktivitesini artırır ve ağır metal toksisitesini azaltmaktadır (Glaser ve ark. 2002; Lehmann ve ark. 2003; Warnock ve ark. 2007; Park ve ark. 2011). Biyokömür, içerdiği yüksek organik madde nedeniyle organo mineral gübrelerin üretilmesinde hammadde kaynağı olarak kullanılabilme potansiyeli oldukça yüksektir. Gunes ve ark. (2014) fosforca zenginleştirilmiş biyokömür ile P ve diğer mineral element yayırlılığının arttığı buna bağlı olarak bitki veriminin arttığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda kimyasal P gübresine göre fosforca zenginleştirilmiş biyokömürün azalan fosfat kaynakları yerine kullanımını ile P ve diğer besin maddesi yayırlılıkları ve verim üzerine olumlu etki yapacağı düşünülmekte olup bu araştırmada tavuk gübresinden elde edilen biyokömür ve biyokömürün fosfor ile zenginleştirilmiş formu ile fosfor uygulamasının bakiye etkisi araştırılmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Bu araştırmada Maritima marul (*Lactuca sativa* L.) çeşidi test bitkisi olarak kullanılmıştır. Bitkiler 10 kg toprak içeren saksılarda her saksıya 5 adet marul fidesi dikilerek 3 tekerrürlü olarak kontrol, fosfor, BK ve BK+fosfor uygulamaları ile 01.11.2014 tarihinde yetiştirilmeye başlanmıştır. BK tavuk gübresinin pirolizi sonucu elde edilmiş olup, elde edilen BK' a H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ilavesiyle BK+fosfor elde edilmiştir. Elde edilen materyallerin toplam P konsantrasyonu PEDXRF'te belirlenmiş ve materyaller saksılara 200 mg kg<sup>-1</sup> fosfor verecek şekilde uygulanmıştır. Bitkilere dikimle birlikte 50 mg kg<sup>-1</sup> N ve 21.11.2014'de 50 mg kg<sup>-1</sup> N %33'lük amonyum nitrattan uygulanmıştır. Deneme 12.12.2014'de hasat edilerek birinci deneme tamamlanarak birinci ürün alınmıştır. Uygulamaların bakiye etkisinin belirlenmesi amacıyla aynı saksılara 17.12.2014'de ikinci ürün olarak yine 5 adet marul fidesi dikilmiş ve 05.02.2016'da hasat edilerek ikinci deneme tamamlanmıştır. Devam eden denemede de azot ihtiyacını karşılamak için bitkilere 31.12.2014 ve 29.01.2015 tarihlerinde 50'şer mg kg<sup>-1</sup>N, % 33 lük amonyum nitrattan uygulanmıştır.

Hasattan sonra bitkiler önce çeşme sonra saf su ile yıkanmış ve havalı kurutma dolabında 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulan bitkilerin kuru ağırlıkları belirlendikten öğütülmüş ve N Bremner (1965)'e göre, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn ve Zn konsantrasyonları Horwitz (1980) ve Kalra (1998)'e göre belirlenmiştir.

### Biyokömürün hazırlanması

Tavuk gübresi (broiler altlığı) piroliz edilmiştir. Bunun için oksijen almayan ancak yanma esnasında oluşan gazların dışarı atılmasına olanak sağlayan bir reaktör kullanılmıştır. Hava kurusu halde bulunan tavuk gübresi öğütüldükten sonra reaktöre konulup 300°C sıcaklıkta 3 saat süreyle piroliz edilerek denemelerde kullanılmak üzere biyokömür elde edilmiştir (Gunes ve ark. 2014).

**Fosfor ile Zenginleştirilmiş Biyokömürün Marul Bitkisinin (*Lactucasativa* L. cv. *Maritima*) Gelişimi ve Mineral Element Konsantrasyonu Üzerine Etkisi**

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile biyokömür ve fosforca zenginleştirilmiş biyokömürün besin maddesi miktarları

Parametreler	Toprak	Biyokömür
Tekstür (Bouyoucos)	Killi tın	-
CaCO <sub>3</sub> , g kg <sup>-1</sup>	70.9	-
pH (1:2.5)	7.53	9.38
EC (1:2.5), dS m <sup>-1</sup>	0.46	15.19
Organik madde (Walkley Black), g kg <sup>-1</sup>	17.7	-
Toplam-N (Kjeldahl), g kg <sup>-1</sup>	0.60	48.40
P (NaHCO <sub>3</sub> -alınabilir), mg kg <sup>-1</sup>	4.98	760
Toplam -P (X-RF), g kg <sup>-1</sup>	0.91	2197
K (NH <sub>4</sub> OAc- Değişebilir), mg kg <sup>-1</sup>	1068	-
Toplam -K (X-RF), g kg <sup>-1</sup>	14.7	6668
Ca (NH <sub>4</sub> OAc- Değişebilir), mg kg <sup>-1</sup>	5559	-
Toplam -Ca (X-RF), g kg <sup>-1</sup>	36.4	4809
Mg (NH <sub>4</sub> OAc- Değişebilir), mg kg <sup>-1</sup>	496	-
Toplam -Mg (X-RF), g kg <sup>-1</sup>	11.3	1345
Zn (DTPA- Yarayışlı), mg kg <sup>-1</sup>	0.96	-
Toplam -Zn (X-RF), mg kg <sup>-1</sup>	70.0	1089
Fe (DTPA- Yarayışlı), mg kg <sup>-1</sup>	3.62	-
Toplam -Fe (X-RF), g kg <sup>-1</sup>	39.1	3088
Cu (DTPA- Yarayışlı), mg kg <sup>-1</sup>	1.89	-
Toplam -Cu (X-RF), mg kg <sup>-1</sup>	36.4	1228
Mn (DTPA- Yarayışlı), mg kg <sup>-1</sup>	7.55	-
Toplam -Mn (X-RF), mg kg <sup>-1</sup>	810	1066

*Deneme Toprağı, Biyokömür ve Fosforca Zenginleştirilmiş Biyokömürün Mineral Element Konsantrasyonlarının PEDXRF İle Belirlenmesi*

Araştırma toprağı ile deneme kullanılan biyokömür ve fosforca zenginleştirilmiş biyokömürün P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonları belirlenmiştir. Elenmiş toprak örneğı ile öğütölmüş biyokömür materyallerinden 2 g tartılmış ve bu tartıma 0.9 gram yapıştırıcı ilave edilerek homojen bir karışım elde edilmiştir. Elde edilen karışımdan“Toz pelet hazırlama makinası” ile peletler hazırlanmış ve bu peletlerde USGS standartlarıncı belirtilen GBW7109 ve GBW7309 standardı kullanılarak Specto XLAB 2000 PEDXRAF cihazında element okumaları yapılmıştır (Gunes ve ark. 2009, 2010)

*Deneme Toprağının Fiziksel ve Kimyasal Analizlerinde Uygulanan Yöntemler*

Deneme de kullanılan toprak, A.Ü. Ziraat Fakölteesi Toprak Bölümü deneme alanından alınmıştır. Toprak örneğı laboratuvarıda hava kuru duruma getirilip, 2 mm’lik elekten geçirildikten sonra tekstür Bouyoucos (1951), pH Jackson (1958), elektriksel iletkenlik (EC) Richards (1954), organik madde Jackson (1958), kireç Hızalan ve Ünal (1966), toplam N Bremner (1965), yarayışlı P Olsen ve ark. (1954), yarayışlı K, Na, Ca ve Mg Pratt (1965) ve yarayışlı Fe, Zn, Cu ve Mn Lindsay ve Norvell (1978)’e göre belirlenmiştir.

**Bulgular ve Tartıřma**

Tavuk gübresinden piroliz yöntemi ile biyokömür elde edilmesi ve biyokömürün fosforca zenginleştirilmesi ile birinci ve ikinci ürün marul bitkilerinin gelişimine etkilerinin belirlenmesi bu araştırmanın temel amacıdır.

## Fosfor ile Zenginleştirilmiş Biyokömürün Marul Bitkisinin (*Lactucasativa* L. cv. *Maritima*) Gelişimi ve Mineral Element Konsantrasyonu Üzerine Etkisi

Araştırmada kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1.'de verilmiştir. Buna göre deneme toprağı killi tın bünyeye sahip, organik madde miktarı yetersiz, orta kireçli, tuzsuz ve alkali reaksiyonlu, toplam N, yarayışlı Fe ve Mn bakımından noksan, alınabilir P ve yarayışlı Zn bakımından yeterli, değışebilir K, Ca ve Mg içeriğı fazla ve yarayışlı Cu içeriğı çok fazla olarak belirlenmiştir.

Biyokömür ve fosforca zenginleştirilmiş biyokömürle yetiştirilen marul bitkisinin birinci ve ikinci ürününün yaş ağırlıkları ile yapraklarındaki N konsantrasyonları Çizelge 2'de verilmiştir. Ayrıca Çizelge 3'de P ve K; Çizelge 3'de Ca ve Mg; Çizelge 5'de Fe ve Zn ve Çizelge 6'da ise Cu ve Mn konsantrasyonları verilmiştir. Araştırma sonucunda BK+fosfor uygulamasına bağılı olarak özellikle bitkilerin P,

(2011) tarafından yapılan inkübasyon çalışmasında P ve biyokömür uygulamasına bağılı olarak P konsantrasyonunun arttığı belirtilmiştir. Demir ve ark. (2010) ve Sahin ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada tavuk gübresi ile domates ve biber bitkilerinin veriminin arttığı belirtilmiştir. Revell ve ark. (2014)'ün yürüttüğü çalışmada toprağı uygulana ve toplam P içeriğı 43 g kg<sup>-1</sup> biyokömürün, toprakta P yarayışlılığını arttırdığını bildirilmişlerdir. Gunes ve ark. (2014) tarafından yürütülen çalışmada biyokömür ve fosforca zenginleştirilmiş biyokömür uygulanan marul bitkisinin N, P, K konsantrasyonun kontrole göre arttığı buna bağılı olarak bitki kuru ağırlığının da arttığı, Ca, Mg, Fe, Zn konsantrasyonlarının ise azaldığı bildirilmiştir. Inal ve ark. (2015) tarafından 0, 2.5, 5, 10 ve 20 g kg<sup>-1</sup> biyokömür uygulamalarının fasulye ve

Çizelge 2. Biyokömür ve fosforca zenginleştirilmi biyokömür uygulamalarının marul bitkisinin birinci ve ikinci ürünün yaş ağırlıkları ile N konsantrasyonları üzerine etkisi

Uygulama	YaşAğırlık (g bitki <sup>-1</sup> )		N (g kg <sup>-1</sup> )	
	1. Ürün	2. Ürün	1. Ürün	2. Ürün
Kontrol	50.82 b	50.82 b	0.41 b	0.93 c
Fosfor	51.23 ab	51.23 ab	1.19 a	1.59 b
BK	49.65 c	49.65 c	1.15 a	1.93 ab
BK+fosfor	51.58 a	51.58 a	1.31 a	2.04 a
Duncan LSD	0.65	0.65	0.17	0.42
F	37.45**	37.45**	134.52**	31.43**

\*\*p<0.01

Çizelge 3. Biyokömür ve fosforca zenginleştirilmiş biyokömür uygulamalarının marul bitkisinin birinci ve ikinci ürün P ve K konsantrasyonları üzerine etkisi

Uygulama	P (g kg <sup>-1</sup> )		K (g kg <sup>-1</sup> )	
	1. Ürün	2. Ürün	1. Ürün	2. Ürün
Kontrol	2.12 c	2.28 c	80.06 c	90.59 d
Fosfor	3.70 b	3.60 b	83.67 c	134.06 c
BK	3.75 b	3.66 b	90.11 b	169.05 b
BK+ fosfor	5.74 a	5.30 a	105.13 a	205.17 a
Duncan LSD	0.87	0.90	6.16	20.17
F	65.49**	43.02**	72.85**	132.73**

\*\*p<0.01

K, Ca, Mg konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buna bağılı olarak bitki verimi de yüksek olmuştur. Nelson ve ark.

mısır bitkilerinin mineral element üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada artan düzeyde biyokömür uygulamasına bağılı olarak

**Fosfor ile Zenginleştirilmiş Biyokömürün Marul Bitkisinin (*Lactucasativa* L. cv. *Maritima*) Gelişimi ve Mineral Element Konsantrasyonu Üzerine Etkisi**

fasulyenin N, P, K, Ca, Fe, Zn, Cu ve Mn belirlemiştir. Ayrıca bitkilerin bitki verimi ile P konsantrasyonun, mısırın ise N, P, K, Zn, Cu ve ve K konsantrasyonunun da arttığı, Ca ve Mg

Çizelge 4. Biyokömür ve fosforca zenginleştirilmiş biyokömür uygulamalarının marul bitkisinin birinci ve ikinci ürün Ca ve Mg konsantrasyonları üzerine etkisi

Uygulama	Ca (g kg <sup>-1</sup> )		Mg (g kg <sup>-1</sup> )	
	1. Ürün	2. Ürün	1. Ürün	2. Ürün
Kontrol	13.64 a	14.40 c	3.22 b	4.32 c
Fosfor	11.11 b	15.18 c	3.52 b	5.72 b
BK	11.90 b	20.14 b	3.37 b	6.14 b
BK+ fosfor	14.36 a	24.71 a	4.26 a	8.77 a
Duncan LSD	1.17	2.33	0.36	0.71
F	36.93**	95.77**	36.98**	153.27**

\*\*p<0.01

Çizelge 5. Biyokömür ve fosforca zenginleştirilmiş biyokömür uygulamalarının marul bitkisinin birinci ve ikinci ürün Fe ve Zn konsantrasyonları üzerine etkisi

Uygulama	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )		Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	
	1. Ürün	2. Ürün	1. Ürün	2. Ürün
Kontrol	329.1	238.7ab	32.93 a	26.20 b
Fosfor	358.7	133.6b	18.33 bc	13.13 d
BK	327.6	189.4 ab	26.20 ab	31.40 a
BK+ fosfor	251.0	296.6 a	7.33 c	20.53 c
Duncan LSD	-	117.9	14.10	4.81
F	1.01 ö.d	7.83**	13.71**	59.84**

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar Duncan testine göre önemli değil:ö.d,\*\*p<0.01

Çizelge 6. Biyokömür ve fosforca zenginleştirilmiş biyokömür uygulamalarının marul bitkisinin birinci ve ikinci ürün Cu ve Mn konsantrasyonları üzerine etkisi

Uygulama	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )		Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	
	1. Ürün	2. Ürün	1. Ürün	2. Ürün
Kontrol	21.13	16.33 b	94.13	100.20
Fosfor	11.73	15.33 b	91.10	117.00
BK	16.00	16.60 b	80.67	114.67
BK+ fosfor	16.13	24.33 a	68.07	110.47
Duncan LSD	-	4.63	-	-
F	2.26 ö.d	17.02**	3.07 ö.d	2.05 ö.d

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar ,  
\*\*p<0.01Duncan testine göre önemli değil: ö.d

Mn konsantrasyonunun arttığı, Ca ve Mg konsantrasyonunun azaldığı bildirilmiştir. Gunes ve ark. (2015) farklı sıcaklıklardan (250, 300, 350 ve 400 °C) elde edilen tavuk gübresi biyokömürü ile yetiştirilen marul ve mısır bitkilerinde en yüksek verimi 300 °C'de

konsantrasyonun ise azaldığı belirtilmiştir. Biyokömürün kireçli toprakta bitki besin maddesi alımı üzerine olumlu etkisi olduğu ve topraktaki besin maddesi yarayışlılığını arttırdığı Zolfi-Bavarian ve ark. (2016) tarafından bildirilmiştir.

## Fosfor ile Zenginleştirilmiş Biyokömürün Marul Bitkisinin (*Lactucasativa* L. cv. *Maritima*) Gelişimi ve Mineral Element Konsantrasyonu Üzerine Etkisi

### Sonuç

Araştırma sonucunda bitki verimini ve besin maddesi konsantrasyonunun BK+fosfor uygulamasında BK ve fosfor uygulamasına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Özellikle ikinci üründe artan besin elementi konsantrasyonunun tarımsal üretim açısından önemli olduğu ve biyokömürün, besin maddesi yararıyla arttırdığı belirlenmiştir. Bu sonuçtan yola çıkarak fosforca zenginleştirilmiş biyokömürün kullanımının hem tarımsal atıkların değerlendirilmesinde hem de azalan P kaynakları yerine kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca ülkemiz de her yıl önemli miktarda açığa çıkan tavuk gübresinin değerlendirilerek çevreye olumlu katkı sağlayacak olmasının yanında, piroliz yoluyla elde edilen biyokömürün besin maddesi içeriğinin zenginliği patojensiz bir organik kaynak olması ile toprağın fiziksel özelliklerini üzerine olumlu etki yapması gibi artıları da bulunmaktadır. Tüm bunlar düşünüldüğünde fosforla zenginleştirilmiş biyokömür azalan P kaynaklarının yerine kullanılabilecek bir alternatif sayılabilir. Ayrıca P'un sadece P kaynağından verilmesi tek taraflı besin maddesi desteği sağlayacakken, fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömür sayesinde P'un yanında diğer besin elementleri yararıyla artacak dolayısıyla bitki verimi de artacaktır.

### Kaynaklar

Agblevor, F.A., Beis, S., Kim, S.S., Tarrant, R., Mante, N.O. (2010) Biocrude oils from the fast pyrolysis of poultry litter and hardwood. *Waste Management* 30:298-307.

Bouyoucos, G.J.A. (1951) Recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal* 43:434-438.

Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen Methods of Soil Analysis .Part 2.Chemical and Microbiological Properties, Ed. C. A. Black. Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agron.Series, No: 9, Madison, Wisconsin, U.S.A. 1149-117.

Demir, K., Sahin, O., Kadioglu, Y.K., Pilbeam D.J., Gunes, A. (2010) Essential and non-essential element composition of tomato

plants fertilized with poultry manure. *Scientia Horticulturae* 127:16-22.

Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W. (2002) Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biology and Fertility of Soils* 35:219-230.

Gunes, A., Inal, A., Kadioglu, Y. K. (2009) Determination of mineral element concentrations in wheat, sunflower, chickpea and lentil cultivars in response to P fertilization by polarized energy dispersive X-ray fluorescence. *X-Ray Spectrometry* 38:451-462.

Gunes, A., Inal, A., Bagcı, E.G., Kadioglu, Y.K. (2010) Combined effect of arsenic and phosphorus on mineral element concentrations of sunflower. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 41:361-372.

Gunes A., Inal A., Taskin, M.B., Sahin O., Kaya E.C., Atakol A. (2014) Effect of phosphorus enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv.) grown in alkaline soil. *Soil Use and Management*.30:182-184

Gunes, A., Inal, A., Sahin, O., Taskin, M.B., Atakol, O., Yılmaz, N. (2015) Variations in mineral element concentrations of poultry manure biochar obtained at different pyrolysis temperatures, and their effects on crop growth and mineral nutrition. *Soil Use and Management* 31:429-437.

Hızalan, E., Ünal H. (1966) Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler”, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 278.

Horwitz, W. (1980) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Thirteenth edition. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.

Inal, A., Gunes, A., Sahin, O., Taskin, M.B., Kaya, E.C. (2015) Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil on the growth of bean and maize. *Soil Use and Management* 31:106–113.

## Fosfor ile Zenginleştirilmiş Biyokömürün Marul Bitkisinin (*Lactucasativa* L. cv. *Maritima*) Gelişimi ve Mineral Element Konsantrasyonu Üzerine Etkisi

- Jackson, M.L. (1958) Soil Chemical Analysis, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1-498.
- Kalra, P.Y. (1998) Reference Methods for Plant Analysis Soil and Plant Analysis Council, Inc. Boca Raton Boston London New York Washington, D.C. 44.
- Lehmann, J., Perira da Silva, J., Steiner, C., Nehls, T. Zech, W. Glaser, B. (2003) Nutrient availability and leaching in an archaeological lanthrosol and a ferralsol of the central amazon basin:fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant Soil* 249:343-357.
- Lehmann, J., Rilling, M.C., Thies, J., Masiello, C., Hockaday, W.C., Crowley, D. (2011) Biochar effects on soil biota-a review. *Soil Biology Biochemistry* 43:1812-1836.
- Lindsay, W.L., Norvell W.A. (1969) Development of a DTPA Micronutrient Soil Test. *Soil Scien Society of American Proceeding* 35:600-602.
- Madiba, O.F., Solaiman, Z.M.,Carson, J.K., Murphy, D.V. (2016) Biochar increases availability and uptake of phosphorus to wheat under leaching Conditions. *Biol Fertil Soils* 52:439-446.
- Nelson, N.O., Agudelo, S. C., Yuan, W.Q., Gan, J. (2011) Nitrogen and phosphorus availability in biochar-amended soils. *Soil Science* 176:218-226.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, N.C. (1954) Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate, U.S. Dept.of Agr.Cir., 939, Washington. D.C.
- Park, J.H., Choppala, G., K.Bolan, N.S., Chung, J.W., Chuasavathi, T. (2011) Biocharreduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant Soil* 348:439-451.
- Pratt, P.F. (1965) Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Propertie ed.c. a. black. American Society of Agronomy. Inc. Pub. Agron, Series No. 9.
- Revell, K.T., Maguire, R.O., Agarblevor, F.A. (2012) Influence of poultry litter biochar on soil properties and plant growth. *Soil Science* 177 :402-408.
- Richards, L.A. (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, U.S. Dept. of Agr. Handbook No: 60, 1954
- Sahin, O., Taskin, M.B., Kadioglu, Y.K., Pilbeam, D J., Inal, A., Gunes, A. (2014) Elemental composition of pepper plants fertilized with pelletized poultry manure. *Journal of Plant Nutrition* 37:458-468.
- Warnock, D.D., Lehmann, J., Kuyper, T.W. Rillig, M.C. (2007) Mycorrhizal responses to biochar in soil concepts and mechanisms. *Plant Soil* 300:9-20.
- Zolfi-Bavariani, M., Ronagh, A., Ghasemi-Fasaei, R., Yasrebi, J. (2016) Influence of poultry manurderived biochars on nutrients bioavailability and chemical properties of a calcareous soil. *Archİves of Agronomy and Soil Science* 62:1578-1591.