




## Biyokömürün Çilek Yapraklarında Besin Element İçerikleri Üzerine Etkileri

Gülşah Selen KESKİNASLAN , Mehmet Ali SARIDAŞ , Sevgi PAYDAŞ\* 

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana

\*Sorumlu Yazar: [sevpay@cu.edu.tr](mailto:sevpay@cu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 13.04.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 27.04.2023 Kabul Tarihi: 27.04.2023

### ÖZ

Son yıllarda çevre kirliliğini önlemek ve atıkları değerlendirmek amacıyla bitkisel üretim sonucunda elde edilen atıklar ile hammaddesi tarımsal ürün olan fabrikasyon atıklarının tarımsal üretimde toprak düzenleyicisi olarak kullanılması yaygınlaşmıştır. Biyokömür, dünya genelinde bir toprak düzenleyicisi olarak bilinmektedir. Bu özelliği yanı sıra toprakta zengin bir karbon kaynağı olmasından dolayı da kullanılmaya başlanmıştır. Çalışmada turunçgil budama atığından üretilen biyokömürün (%0 - %1 biyokömür), Sabrina ve Fortuna çilek çeşitleri ile 33, 36 ve 112 No'lu üstün özellikleri nedeniyle seçilmiş melez çilek genotiplerine uygulamasının yapraklardaki bazı bitki besin element içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma 2020-2021 yetiştirme sezonunda İspanyol tipi yüksek tünel altına yerleştirilen 3.1 litrelik saksılarda yürütülmüştür. Taze tüplü çilek fideleri, Ekim ayının ikinci haftasında dikilmiştir. Turunçgil budama atıkları 500°C'de 2 saat süreyle piroliz edilmiştir. Deneme bitkileri tarla su kapasitesine göre kontrollü bir şekilde sulanmıştır. Deneme sonunda alınan yaprak örneklerinde makro (N, K, Mg) ve mikro (Cu, Fe, Zn, Mn) elementlerden önemli bazıları saptanmıştır. Yetiştirme ortamına biyokömür uygulamasının yapraklarda K, Fe, Zn düzeylerine olumlu etki yaptığı ve kontrol ile uygulama arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Biyokömür uygulanan bitkilerin yapraklarında özellikle Fe ve Zn düzeylerinin çok belirgin bir artışa neden olduğu dikkati çekmiştir. Yaprak Mg değeri biyokömür etkisiyle kontrole göre çok hafif azalmıştır. Öte yandan yaprak N, Mn ve Cu düzeylerinde ise uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Azot alımının genotipe bağlı olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; uygulanan doz miktarını değiştirerek farklı tür ve çeşitlerde denemeler yapılmasının daha yararlı ve hatta pelet şekline getirilen biyokömürü uygulamanın daha pratik ve etkili olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Çevre Dostu Uygulama, *Fragaria × ananassa*, Saksı Denemesi, Turunçgil Atığı

## Effects of Biochar on The Plant Nutrient Elements of Strawberry Leaves

### ABSTRACT

In recent years, in order to prevent environmental pollution and to evaluate wastes, the use of wastes obtained as a result of plant production and fabrication wastes, whose raw material is agricultural product, as soil conditioner in agricultural production has become widespread. Biochar is known worldwide as a soil conditioner. In addition to this feature, it has started to be used because it is a rich carbon source in the soil. In this study, the effects of the application of biochar (0 - 1% biochar) produced from citrus pruning waste to Sabrina and Fortuna strawberry cultivars and hybrid strawberry genotypes selected due to their superior characteristics no. 33, 36 and 112 on some plant nutrient contents in the leaves were investigated. The study was carried out in 3.1 liter pots placed under the Spanish type high tunnel in the growing season of 2020-2021. Fresh type strawberry plants were planted in the second week of October. Citrus pruning wastes were pyrolyzed at 500°C for 2 hours. Trial plants were irrigated in a controlled manner according to field water capacity. In the leaf samples taken at the end of the experiment, some important macro (N, K, Mg) and micro (Cu, Fe, Zn, Mn) elements were determined. It was found that the application of biochar to the growing medium had a positive effect on the levels of K, Fe, Zn in the leaves and the difference between the control and the application was statistically significant. It was noted that especially the Fe and Zn levels in the leaves of

biochar-treated plants caused a very significant increase. Leaf Mg value decreased slightly compared to the control by the effect of biochar. On the other hand, the difference between applications was statistically insignificant in leaf N, Mn and Cu levels. Nitrogen uptake was determined to be genotype dependent. In conclusion; It is thought that it would be more beneficial to make experiments with different species and cultivars by changing the amount of dose applied, and even more practical and effective to apply biochar, which is made into pellets.

**Key words:** Enviromental friends applications, *Fragaria × ananassa*, Pot Experimet, Citrus Waste.

## GİRİŞ

Ülkemizde tarım arazilerinde yetiştiricilik anlamında zaman içerisinde verim ve kalite bakımından azalma olduğu görülmektedir. Söz konusu sorunun çözümü için farklı çalışmalar yapılmakla birlikte biyokömür gibi uygulamalar toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını düzenlemede yardımcı uygulama olarak değerlendirilmektedir. Yapılan bu uygulamalar yalnızca doğru ve yeterli gübreleme, sulama ile etkili olmaktadır (Neşe ve ark., 2013). Biyokömür, Güney Amerika'da "Terrapreta" olarak isimlendirilen koyu renkli toprakların keşfi ile dikkat çekmeye başlamış olup, son yıllarda birçok çalışmaya konu olan bir materyaldir. Hammaddenin oksijensiz ortamda (piroliz) ya da az miktarda oksijende yüksek ısıya tabi tutulması ile ortaya çıkmıştır (Lehmann ve ark., 2003). Biyokömür, dünya genelinde bir toprak düzenleyicisi olarak bilinmektedir. Bu özelliği yanı sıra toprakta zengin bir karbon kaynağı olmasından dolayı da kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda bitki kaynaklı çeşitli atıkların toprak düzenleyicisi olarak kullanılması yaygınlaşmıştır. Çalışmalar, atık olarak nitelendirilen çoğu materyalin toprağa eklenmesiyle, bitki besin maddesi ve organik madde kaynağı olabileceklerini veya belirli oranlarda karıştırılmalarıyla yetiştirme ortamı olarak kullanılacaklarını göstermiştir (Aydeniz ve Brohi, 1991; Benito ve ark., 2005). Biyokömür ile yapılmış olan denemelerde toprağa karıştırıldıktan sonraki aşamada bitki gelişiminde olumlu etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir (Major ve ark., 2010). Lehmann ve Rondon (2006), tarafından yürütülen çalışmalarda biyokömürün toprağa birçok etkileri olduğu saptanmıştır. Bu çalışmalara göre; biyokömür ile topraktan besin maddelerinin yıkanması önlenirken, KDK değerinde artış sağlanmış, toprak özelliklerine bağlı olarak pH'nın değiştiği biyolojik aktivitenin arttığı bildirilmiştir. Jones ve ark. (2012), 450°C'de 48 saat piroliz işlemi yapılmış biyokömürün 3 yıl boyunca toprakta mısır bitkisi ve çimlerdeki etkilerini araştırmışlar ve ikinci yılın sonunda toprağın havalanmasında iyileşme, topraktaki bakteri üreme hızında, bitki biyokütlesinde ve yaprak azot miktarlarında artışlar olduğunu tespit etmişlerdir. Alburquerque ve ark. (2013), biyokömür hammaddesi olarak buğday samanı ve zeytin ağacı budama atıklarını 300-450°C arasında değişen sıcaklıklarda piroliz işlemine tabi tutmuşlar ve tek başına biyokömür uygulamasının mineral gübre kullanımına göre büyüme parametreleri açısından zayıf kaldığını, biyokömür ile mineral gübrelerin birlikte kullanımında ise buğdayda verimin arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda biyokömür üretiminin elde edilen üründe yüzey alanını azalttığı, kullanılan hammaddenin de önemli olduğu vurgulanmıştır. Gunes ve ark. (2014), fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömür uygulamasının, marul bitkisinde N, P ve K düzeyleri ile bitki kuru ağırlığını kontrol grubuna kıyasla arttırdığını, ancak Ca, Mg, Fe ve Zn düzeylerini ise azalttığını saptamışlardır. Gunes ve ark. (2015), farklı sıcaklıklarda (250, 300, 350, 400°C) elde ettikleri tavuk gübresi biyokömürünü uyguladıkları mısır ve marul bitkilerinde, en yüksek verimin, 300°C'de piroliz edilen biyokömürle elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca bitkilerde verim ile birlikte P ve K konsantrasyonlarının da arttığı, Ca ve Mg konsantrasyonlarının ise azaldığı sonucuna varılmıştır. Saygan ve Aydemir (2016), Harran Ovası topraklarında antepfıstığı dış kabuklarından 250°C karbonizasyon yöntemiyle biyokömür elde ederek, deneme kurmuşlardır. Denemede %0, 0.2, 0.4, 0.6, 1.2 ve 2.4 oranlarında biyokömür kullanılmış ve uygulamalardan 15., 60., 120. ve 180. günlerde alınan toprak örneklerinde pH, toplam azot, organik madde, toplam karbon, yarıyıllı fosfor, değişebilir katyon değerleri ve katyon değişim kapasitesi bakımından en yüksek değerler; 180. gündeki %2.4 uygulamasından, en düşük değerler ise 15. gündeki %0 doz uygulamasından elde edilmiştir. Deneme sonuçları; antepfıstığı dış kabuğundan elde edilen biyokömürün topraklarda, organik toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Özenç ve Şenlikoğlu (2017), yaptıkları çalışmada, farklı dozlarda fındık zürufu biyokömürünün ıspanak bitkisinin gelişmesi ile besin element içerikleri üzerine etkilerini incelemek için zenginleştirilmiş kompost ve hayvan gübresi (0, 20, 40, 80 g kg<sup>-1</sup>) ile 0 ve 15 kg da<sup>-1</sup> N uygulamışlardır. Azot, kompost ve hayvan gübresi uygulamaları, bitki besin elementi içeriklerini ve bitki gelişmesini önemli ölçüde artırmıştır. Zemanova ve ark. (2017), sera ortamında ilkbahar ve sonbaharda biyokömür uygulamalarını denedikleri çalışmalarında, biyokömürün %5 oranında uygulanması halinde, ıspanak bitkisinde gelişmenin önemli düzeyde arttığını ve bu artışın kontrole göre ilkbaharda %102, sonbaharda ise %353 olduğunu bulmuşlardır. Biyokömür uygulaması, K ve P içeriklerini önemli düzeyde artırmış, ancak Ca ve Mg içeriğini azaltmıştır. Ergün (2017), ahır gübresi (5, 10 ve 20 ton ha<sup>-1</sup>) ve biyokömür (0, 5, 10, 15 ve 20 ton ha<sup>-1</sup>)

uygulamalarının toprakların organik madde içerikleri ile özellikle N, P ve K başta olmak üzere, alınabilir makro ve mikro besin element içeriklerini artırdığını gözlemlemiştir. Günel ve ark. (2017), Tokat İlinde, domateslerin hasat artıklarından, 500°C'de yavaş piroliz yöntemi ile biyokömür elde etmiş ve %1, %3 ve %6 dozlarında toprağa karıştırarak biyokömürün nitrat ve amonyum yıkanması üzerine etkilerini araştırmışlardır. Deneme sonuçlarına göre, nitrat yıkanmasında kontrol uygulamasına göre en önemli etkinin %34.5 daha az yıkanma görülen %3 biyokömür uygulamasında olduğu saptanmıştır. Bu deneme sonucunda biyokömür uygulamasının azotun kök bölgesinde daha uzun süre tutulmasında etkili olabileceği bildirilmiştir. Adekiya ve ark. (2019), iki yıl boyunca turp bitkilerine tavuk gübresi (0, 2.5 ve 5.0 t ha<sup>-1</sup>) ile biyokömür (0, 25 ve 50 t ha<sup>-1</sup>) uygulamaları yapmışlar ve yaprak besin maddesi konsantrasyonlarında artışlar kaydetmişlerdir. Ancak araştırmacılarca, kısa dönemde yetişen bitkilerde tek başına biyokömür uygulamasının yetersiz kalabileceği vurgulanmıştır. Tarakçıoğlu ve ark. (2019), biyokömür hammaddesi olarak fındık kabuğu ile ahır gübresi ve fındık zürufunun toprağa etkisini araştırmak için sera koşullarında saksı denemesi yürütmüşlerdir. Denemede dekara 3 ve 6 tona karşılık gelen materyaller toprağa karıştırılmış ve inkübasyona bırakılmıştır. Çalışma sonucunda fındık zürufundan elde edilen bulguların, diğer materyallerden daha etkin olduğu, biyokömürün toprak pH'sını artırıcı etki dışında çok belirgin bir etkisinin olmadığı, etkinin net biçimde ortaya çıkması için inkübasyon süresinin uzatılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Sönmez ve Fatih (2019), artan dozlarda (%0, %5, %10, %20) biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının, buğdayın ve toprağın besin içeriği üzerine etkilerini araştırmışlar ve uygulamaların besin elementlerinde belirgin değişimlere neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Biyokömürde en etkili dozun %20 olduğu tespit edilmiştir. He ve ark. (2020), sera koşullarındaki tuzlu-alkali toprakta *Miscanthus* (Fil Çimeni) bitkisinin büyümesi üzerine farklı seviyelerde biyokömür uygulamasının (%0; %1.0; %2.0; %2.5; %5.0 ve %10.0) etkilerini denemişler ve %2 ve %2.5 oranlarında biyokömür uygulamasının toprağın fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerini olumlu yönde etkilediğini rapor etmişlerdir. Xiao ve ark. (2020), söğüt budama atığının 500°C'de piroliz edilmesiyle elde edilen biyokömürün 0, 1, 2 ve 4 g kg<sup>-1</sup> dozlarında toprağa karıştırılmasıyla toprağın fiziksel özelliklerinin iyileştiğini, organik karbon miktarının arttığını belirlemişlerdir. Arın ve Coşkan (2021), çay budama atıklarından elde ettikleri biyokömürü, toprağa %0, %0.5 ve %1 dozlarında uyguladıkları çalışmalarından biyokömürün, toprak pH'sını, enzim aktivitelerini, amonyum ve nitrat konsantrasyonlarını arttırabildiğini saptamışlardır. Khadem ve ark. (2021), iki farklı yapıdaki topraklara (kumlu-tınlı ve killi ve kireçli) biyokömür uygulamasının toprak pH'sı, iletkenlik ve potasyum içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir. Kayıkcıoğlu ve Tepecik (2022), Belediye budama atıklarından üç farklı piroliz sıcaklığında (300, 500, 700°C) elde ettikleri biyokömürü beş farklı dozda (0, 10, 20, 30 ve 60 t ha<sup>-1</sup>) uyguladıkları topraklarda yaptıkları incelemelerde, 300°C piroliz sıcaklığında elde edilen biyokömürün, diğer sıcaklıklara göre daha kolay biyodegradasyona uğrayabildiğini gözlemlemiştir. Aynı çalışmada biyokömür uygulamasının toprakların pH değerini 75 günde %0.5- %6.2 düzeyinde artırma potansiyelinin olduğu görülmüştür. Ayrıca mikro elementlerden alınabilir Mn, Fe ve Cu açısından herhangi bir etkinin olmadığı bulunmuştur.

Bu çalışmanın amacı, turuncgil budama atığı kullanılarak üretilen biyokömürün iki adet ticari çilek çeşidiyle, üç adet Üniversitemiz bünyesinde ıslah edilen çilek genotiplerinin yapraklarındaki bazı makro-mikro besin element içerikleri üzerine etkilerini belirlemektir.

## MATERYAL ve METOT

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma alanında 2020-2021 yetiştirme döneminde çilekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Biyokömür materyali, bölgemizde yaygın olarak bulunan ve Bölümümüze ait turuncgil bahçesinden sağlanan budama atıklarının, Fakültemiz "Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü"nde yer alan fırında piroliz işlemi yapılarak hazırlanmıştır. Bahçeden alınan büyük boyutlu bitki parçaları, öncelikle daha küçük parçalara bölünmüş ve daha sonra 500°C'de 2 saat süreyle piroliz işlemine tabi tutulmuştur. Söz konusu işlemde sonra elde edilen biyokömür, porselen havanda ezilip, toz haline getirilerek çalışmada kullanılmıştır.

Denemede bitkisel materyal olarak; Fortuna ve Sabrina çilek çeşitleri ile 112, 33 ve 36 No'lu üstün özellikleri nedeniyle seçilmiş melez çilek genotipleri kullanılmıştır (Sarıdaş, 2018). Araştırma, İspanyol tipi yüksek tünelin altındaki masaların üzerine yerleştirilen 3.1 litre hacmindeki saksılarda yürütülmüştür. Saksılara, 3:1 oranında torf ve perlit karışımından oluşan harç doldurulmuş ve Ekim ayının ikinci haftasında taze tüplü çilek fideleri dikilmiştir.

Deneme bitkilerini kontrollü bir şekilde sulamak için Ekim ayının ilk haftasında, yetiştirme ortamından örnekler alınmış, tarla kapasitesini belirlemek üzere "Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü"nde ölçümler yapılmıştır. Her sulamada bitkilere verilen su miktarı yapılan hesaplamalara göre belirlenmiştir.

Uygulamalar: Turuncgil budama atıklarından üretilen biyokömür uygulaması (%1) ve Kontrol (%0 biyokömür) şeklinde düzenlenmiştir. Yapılan hesaplamalarda saksıların her birine 30 g olacak şekilde porselen havanda toz haline getirilen biyokömür uygulaması yapılmıştır.

Deneme, 2 farklı dozda biyokömür uygulaması X 5 çilek genotipi X 3 tekerrür X her tekerrürde 5 bitki olmak üzere “tesadüf parsellerinde faktöriyel düzen” deneme desenine göre kurulmuş olup, 150 saksıda yürütülmüştür. Saksılara fide dikimi sonrasında temel gübreleme olarak; 100 mg N kg<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 150 mg P kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 150 mg K kg<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O uygulaması yapılmıştır. Gübreleme ile hastalık ve zararlı kontrolleri önceki tecrübelerle göre gözlemsel olarak yürütülmüştür.

Her çilek genotipinin biyokömür uygulaması ve uygulamasız bitkilerine ait yapraklarında makro ve mikro besin element analizleri yapılmıştır. Deneme sonunda bitkilerin bütün yaprakları kurutulup, öğütüldükten sonra makro besin elementleri olarak N, K, Mg ve mikro besin elementi olarak Fe, Zn, Mn, Cu konsantrasyonları belirlenmiştir. Azot Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn elementleri, atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Varian AA240FS) cihazında okunarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Denemeden elde edilen bütün parametreler “Tesadüf parsellerinde faktöriyel düzen” deneme desenine göre JMP 8.1.0. paket programında varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar LSD testi ile karşılaştırılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma, turuncu budama atığı kullanılarak üretilmiş olan biyokömürün beş çilek genotipinin yapraklarındaki bazı makro-mikro besin element içerikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

### Makro Besin Elementleri

#### Yaprak Azot Değerleri (N)

Beş farklı çilek genotipine, biyokömür uygulamasının, yaprak N değerleri Çizelge 1’de verilmiş olup, genotipler arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu, uygulama ve genotip x uygulama etkileşimleri arasındaki farkların ise önemsiz oldukları saptanmıştır. Genotipler arasından en yüksek N değeri (%2.2) 33 No’lu genotipde ve istatistiksel olarak aynı grupta bulunan (% 2.1) Fortuna çeşidinde elde edilmiştir. En düşük değer ise (%1.6) Sabrina çeşidinde saptanmıştır. Biyokömür uygulanan ve uygulanmayan bitkilerin yapraklarındaki N değerleri %1.9 olarak tespit edilmiştir. Genotip x uygulama interaksiyonları bakımından en yüksek N değeri 33 No’lu genotipin Kontrol grubu bitkilerinde %2.2 olarak ölçülmüştür. En düşük N değeri ise Sabrina çeşidinde biyokömür uygulanan bitkilerde %1.5 olarak saptanmıştır.

Çizelge 1. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak azot değerleri üzerine etkileri (%)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
33	2.1	2.2	2.2 A <sup>1</sup>
36	2.1	2.0	2.0 AB
112	1.7	1.8	1.7 BC
Fortuna	2.1	2.0	2.1 A
Sabrina	1.5	1.7	1.6 C
Uyg. Ort.	1.9	1.9	
LSDgen**= 0.32		LSDuyg= Ö. D. <sup>2</sup>	LSDgenxuyg= Ö. D.

(1) : Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

(2) : Ö.D.: Önemli Değil. \*\*\*:p<0.001; \*\*:p<0.01; \*:p<0.05

Gunes ve ark. (2014), fosfor ve biyokömür ile zenginleştirilmiş ortamda yetiştirilen marul bitkisinde; N, P ve K konsantrasyonlarının kontrol uygulamasına göre arttığını bildirmişlerdir. Sonuçlandırılan bu çalışmada ise biyokömür uygulamasının yaprak N değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını, yaprak N değerlerinin genotipten etkilendiğini göstermiştir. Bu sonucun; uygulama dozu, tür ve yetiştirme koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte daha önce yapılan çalışmalarda biyokömür uygulamalarının toprağın; karbon, azot, fosfor, organik madde oranını arttırdığı (Lu ve ark., 2020); azot ve fosfor döngüsünü olumlu yönde etkilendiği (He ve ark., 2020); amonyum ve nitrat konsantrasyonlarını arttırdığı (Arın ve Coşkan, 2021) bildirilmiştir.

#### Yaprak Potasyum Değerleri (K)

Çizelge 2’de verilen yapraklardaki K değerleri üzerine uygulama, genotip x uygulama etkileşimleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli, genotipler arasındaki farkların ise önemsiz oldukları saptanmıştır.

Biyokömür uygulanan çileklerin yaprak K düzeyinin %1.9, Kontrol grubu bitkilerin yaprak K değerinin ise %1.5 olduğu ve aradaki %0.4'lük farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Genotip x uygulama etkileşiminde en yüksek yaprak K değeri % 2.1 ile Fortuna çeşidinde biyokömür uygulanan bitkilerden elde edilmiştir. Bu açıdan en düşük değer % 1.2 olarak 36 No'lu genotipin Kontrol grubu bitkilerinde saptanmıştır. Çilek yapraklarında kritik K değerlerinin %1.0 - %3.0 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Reuter ve ark., 1986; Kacar ve İnal, 2008).

Çizelge 2. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak potasyum değerleri üzerine etkileri (%)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	2.0 ab <sup>1</sup>	1.7 abc	1.9
<b>36</b>	2.0 ab	1.2 c	1.6
<b>112</b>	2.0 ab	1.3 c	1.7
<b>Fortuna</b>	2.1 a	1.6 bc	1.9
<b>Sabrina</b>	1.3 c	1.7 abc	1.5
<b>Uyg. Ort.</b>	1.9 A	1.5 B	
LSDgen= Ö.D. <sup>2</sup>		LSDuyg**= 0.21	LSDgenxuyg*= 0.47

(1) : Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

(2) : Ö.D.: Önemli Değil. \*\*\*:p<0.001; \*\*:p<0.01; \*:p<0.05

Bu çalışmada elde edilen K miktarları önceki çalışmalarda bulunan sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Biyokömürün yaprak K içeriğini arttırdığını bildiren diğer çalışmalara örnek olarak; Gunes ve ark. (2015), tavuk gübresi biyokömürünü uyguladıkları mısır ve marul bitkilerinde, P ve K konsantrasyonlarının arttığı; Zemanova ve ark. (2017), ıspanakta biyokömür uygulamasının K içeriğini önemli düzeyde arttırdığını; Adekiya ve ark. (2019), turp bitkisinde iki yıl süreyle tavuk gübresi ile biyokömür uygulamalarının yaprak besin maddesi konsantrasyonlarını arttırdığını; Sönmez ve Fatih (2019), biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının, buğdayın ve toprağın besin içeriğinde belirgin değişimlere neden olduğunu bildirmişlerdir. Khadem ve ark. (2021), tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, iki farklı yapıdaki topraklara (kumlu-tınlı ve killi ve kireçli) biyokömür uygulamasının toprak pH'sı, iletkenlik ve potasyum içeriğini arttırdığı rapor edilmiştir.

#### Yaprak Magnezyum Değerleri (Mg)

Deneme kapsamında incelenen faktörlerden genotip ve uygulama arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli, genotip x uygulama etkileşimi arasındaki farkların ise önemsiz oldukları saptanmıştır (Çizelge 3). Genotipler arasından en yüksek Mg değeri %0.7 değeriyle Sabrina çeşidinden elde edilirken, en düşük değer %0.6 olarak 33 No'lu ve 112 No'lu genotiplerde belirlenmiştir.

Çizelge 3. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak magnezyum değerleri üzerine etkileri (%)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	0.6	0.7	0.6 B
<b>36</b>	0.7	0.7	0.7 AB
<b>112</b>	0.6	0.7	0.6 B
<b>Fortuna</b>	0.6	0.7	0.7 AB
<b>Sabrina</b>	0.7	0.7	0.7 A
<b>Uyg. Ort.</b>	0.6 B <sup>1</sup>	0.7 A	
LSDgen*= 0.06		LSDuyg*= 0.04	LSDgenxuyg= Ö. D. <sup>2</sup>

(1) : Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

(2) : Ö.D.: Önemli Değil. \*\*\*:p<0.001; \*\*:p<0.01; \*:p<0.05

Biyokömür uygulanan bitkilerin yapraklarında %0.6 olan magnezyum düzeyi, kontrol bitkilerinin yapraklarında çok hafif artarak %0.7 değerini almıştır. Biyokömür uygulamalarının yaprak Mg değerini; marul bitkisinde azalttığı (Gunes ve ark., 2014), mısır bitkisinde azalttığı (Gunes ve ark., 2015), ıspanak bitkisinde arttırdığı (Özenç ve Şenlikoğlu, 2017) ve azalttığı (Zemanova ve ark., 2017), turp bitkisinde arttırdığı (Adekiya ve

ark., 2019) tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan biyokömürün yaprak Mg değerleri üzerine bazı çalışmalarda arttırıcı bazılarında azaltıcı etki yaptığı, bunun da biyokömürün hammaddesine, elde edilme yöntemine, uygulama dozuna, uygulandığı tür ve çeşitlere göre değiştiği sonucuna varılmıştır.

#### Mikro Elementler

##### Yaprak Demir Değerleri (Fe)

Yapraklarda belirlenen Fe değerleri Çizelge 4’de verilmiştir. Denemedeki uygulamalar arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli, genotip ve genotip x uygulama etkileşimi arasındaki farkların ise önemsiz oldukları tespit edilmiştir. Yapılan uygulamaların yaprak demir düzeyine etkileri incelendiğinde; 71.5 mg.kg<sup>-1</sup> ile biyokömür uygulanan bitkilerin, 54.7 mg.kg<sup>-1</sup> ile Kontrol grubu bitkilerin yaprak Fe değerlerine sahip oldukları ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Böylece biyokömür uygulamasının yaprak Fe miktarına olumlu etki yaptığı dikkati çekmiştir. Ancak biyokömür uygulamasının yaprak Fe içeriğini marulda azalttığı (Gunes ve ark., 2014), ıspanakta (Özenç ve Şenlikoğlu, 2017), turpda (Adekiya ve ark., 2019) ve buğdayda (Sönmez ve Fatih, 2019) arttırdığı belirlenmiştir. Başka bir çalışmada, Kayıkcıoğlu ve Tepecik (2022), biyokömür uygulamasının toprakta Fe açısından herhangi bir etki yaratmadığını savunmuşlardır.

Çizelge 4. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak demir değerleri üzerine etkileri (mg.kg<sup>-1</sup>)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	67.4	54.6	61.0
<b>36</b>	95.5	51.8	73.7
<b>112</b>	64.2	48.0	56.1
<b>Fortuna</b>	73.0	54.3	63.7
<b>Sabrina</b>	57.5	65.1	61.3
<b>Uyg. Ort.</b>	71.5 A <sup>1</sup>	54.7 B	
LSDgen= Ö. D. <sup>2</sup>	LSDuyg*= 12.87	LSDgenxuyg= Ö. D.	

(1) : Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

(2) : Ö.D.: Önemli Değil. \*\*\*:p<0.001; \*\*:p<0.01; \*:p<0.05

##### Yaprak Çinko Değerleri (Zn)

Yapraklarda belirlenen Zn değerleri Çizelge 5’de verilmiştir. Uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli, genotip ve genotip x uygulama etkileşimi arasındaki farkların ise önemsiz oldukları saptanmıştır. Biyokömür uygulanan bitkilerin yaprak çinko düzeyi 32.6 mg.kg<sup>-1</sup> olup, Kontrol grubuna ait bitkilerin yaprak çinko değeri olan 26.2 mg.kg<sup>-1</sup>’den istatistiksel olarak önemli olacak düzeyde yüksektir.

Çizelge 5. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak çinko değerleri üzerine etkileri (mg.kg<sup>-1</sup>)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	31.8	29.9	30.9
<b>36</b>	29.5	25.0	27.3
<b>112</b>	28.2	22.8	25.5
<b>Fortuna</b>	44.9	24.2	34.6
<b>Sabrina</b>	28.7	29.1	28.9
<b>Uyg. Ort.</b>	32.6 A <sup>1</sup>	26.2 B	
LSDgen= Ö. D. <sup>2</sup>	LSDuyg*= 5.12	LSDgenxuyg= Ö. D.	

(1) : Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir.

(2) : Ö.D.: Önemli Değil. \*\*\*:p<0.001; \*\*:p<0.01; \*:p<0.05

Yapılan bu çalışmada biyokömür uygulamasının yaprak Zn miktarı üzerine olumlu etki yaptığı gözlemlenmiştir. Ancak, Gunes ve ark. (2014), marul bitkisinde biyokömür uygulamasının, Zn düzeyini azalttığını saptamışlardır. Tür ve doz farklılığının bu sonuca neden olduğu düşünülen çalışmadaki Zn değerlerinin hem Ersoy (2004)’un bulduğu 30 mg.kg<sup>-1</sup> ile hem de May ve Pritts (1990)’in bildirdiği 20-50 mg.kg<sup>-1</sup> değerleriyle uyumlu ve yeterli düzeyde olduğu bulunmuştur.

**Yaprak Mangane Değerleri (Mn)**

Yaprak Mn değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Denemedeki uygulama, genotip ve genotip x uygulama etkileşimi arasındaki farkların istatistiksel olarak önemsiz oldukları saptanmıştır. Yaprak Mn değerlerinin 12.3-20.3 (mg.kg<sup>-1</sup>) arasında dağılım gösterdikleri belirlenmiştir. Sönmez ve Fatih (2019), biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının, buğdayın ve toprağın besin içeriği üzerine etkilerini araştırmışlar ve yeşil aksamdaki K, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu elementlerinde en önemli artışların Kontrol uygulamasına göre solucan gübresinden elde edildiğini bildirmişlerdir. Sonuçlandırılan bu tez çalışması, önceki çalışma ile benzer bulunmuş olup, biyokömür ve kontrol grubu bitkileri arasındaki fark çok küçük olup, istatistiksel olarak da önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 6. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak mangane değerleri üzerine etkileri (mg.kg<sup>-1</sup>)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	13.1	17.6	15.3
<b>36</b>	15.7	16.3	16.0
<b>112</b>	12.3	15.7	14.0
<b>Fortuna</b>	13.6	13.4	13.5
<b>Sabrina</b>	20.3	12.9	16.6
<b>Uyg. Ort.</b>	15.0	15.2	
LSDgen= Ö. D. <sup>1</sup>	LSDuyg= Ö. D.	LSDgenxuyg= Ö. D.	

(1) : Ö.D.: Önemli Değil.

**Yaprak Bakır Değerleri (Cu)**

Beş farklı çilek genotipine, turuncgil budama atığından üretilen biyokömür uygulamasının, Cu değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Uygulama, genotip ve genotip x uygulama etkileşimi arasındaki farkların istatistiksel olarak önemsiz oldukları saptanmıştır. Türkoğlu (2005)'un bir çalışmasında Cu değerlerinin 2.36-4.23 mg.kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çizelge 7. Biyokömür ve kontrol uygulamalarının beş çilek genotipinde yaprak bakır değerleri üzerine etkileri (mg.kg<sup>-1</sup>)

Genotip	Uygulama		Genotip Ort.
	Var	Yok	
<b>33</b>	3.8	3.6	3.7
<b>36</b>	4.5	4.1	4.6
<b>112</b>	5.0	3.9	4.5
<b>Fortuna</b>	4.0	3.7	3.8
<b>Sabrina</b>	3.7	4.0	3.9
<b>Uyg. Ort.</b>	4.2	3.9	
LSDgen= Ö. D. <sup>1</sup>	LSDuyg= Ö. D.	LSDgenxuyg= Ö. D.	

(1) : Ö.D.: Önemli Değil.

Çileğin yapraklarında Cu değerinin 6-50 mg.kg<sup>-1</sup> değerleri arasında yeterli olduğu da rapor edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen çilek yapraklarındaki Cu düzeyleri 3.6-5.0 mg.kg<sup>-1</sup> arasında dağılım göstermiş olup, Türkoğlu (2005)'un yaptığı çalışmaya benzer değerler sergilemiştir.

**SONUÇ ve ÖNERİLER**

Sonuç olarak; uygulanan doz miktarını değiştirerek farklı tür ve çeşitlerde denemeler yapılmasının daha yararlı ve hatta pelet şekline getirilen biyokömürü uygulamanın daha pratik ve etkili olabileceği düşünülmektedir.

**Teşekkür:** Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi BAP birimi tarafından FYL-2021-13551 No'lu Yüksek Lisans Tez Projesi olarak desteklenmiştir. Yaprak analizlerine verdiği desteklerden dolayı Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ayfer Torun'a, Proliz işlemlerine verdiği desteklerden dolayı aynı bölüm Öğretim Üyesi Prof. Dr. İbrahim Ortaç'a çok teşekkür ederiz.



**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Adekiya, A.O., Agbede, T.M., Aboyeji, C.M., Dunsin, O., ve Simeon, V.T., 2019. Biochar and poultry manure effects on soil properties and radish (*Raphanus sativus* L.) yield. *Biological Agriculture and Horticulture*, 35(1), 33-45.
- 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.
- Aydeniz, A., Brohi, A., 1991. Gübreler ve Gübreleme. Tokat Ziraat Fakültesi Yayınları 10, Ders Kitabı 3, Tokat.
- Benito, M., Masaguer, A., De Antonio, R., Moliner, A., 2005. Use of Pruning Waste Compost as a Component in Soilless Growing Media. *Bioresource Technology*, 96, 597-603.
- Ergün, Y.A., 2017. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının topraktaki bazı enzim aktivitelerine, CO<sub>2</sub> üretimine, besin elementi içeriğine ve domates bitkisinin gelişimine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu..
- Ersoy B., 2004. Değişik gölgeleme uygulamalarının Camarosa çilek çeşidinde makro ve mikro elementlerin mevsimsel değişimine etkileri üzerine bir araştırma. (Yüksek Lisans Tezi) Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Samsun.
- 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.
- Günel, E., Erdem, H. & Kaplan, A. 2017. Biyokömür ilavesinin Toprakta Nitrat ve Amonyum Yıkanmasına Etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1), 77-83.
- He K, He G, Wang C, Zhang H, Xu Y, Wang S, Hu R., 2020. Biochar amend mentameliorates soil properties and promotes *Miscanthus* growth in a coastal saline-alkali soil. *Applied Soil Ecology*, 155, 103674.
- Jones, D.L., Rousk, J., Edwards-Jones, G., DeLuca, T.H. & Murphy, D.V. 2012. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. *Soil Biology and Biochemistry*, 45, 113-124.
- Kacar, B., İnal A., 2008. Bitki Analizleri, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Yayınları, Yayın No: 1241 Ankara.
- Kayıkçıoğlu, H. H., & Tepecik, M., 2022. The Effect of Biochar Obtained from Municipal Pruning Wastes at Different Pyrolysis Temperatures on Maize Yield and Some Soil Properties. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(1), 108–127.
- Khadem A, Raiesi F, Besharati H, Khalaj MA., 2021. The effects of biochar on soil nutrients status, microbial activity and carbon sequestration potential in two calcareous soils. *Biochar*, 3(1): 105-116.
- Lehmann, J. & Rondon, M. 2006. Bio-char soil management on highly weathered soils in the humid tropics. *Biological approaches to sustainable soil systems*, 113:517-530.
- Lehmann, J., Kern, D.C., Glaser, B. & Woods, W.I. 2003. *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Lu H, Yan M, Wong MH, Mo WY, Wang Y, Chen XW, Wang JJ., 2020. Effects of biochar on soil microbial community and functional genes of a land fill cover three years after ecological restoration. *Science of the Total Environment*, 717, 137133.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J. & Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and soil*, 333(1-2), 117-128.
- May, G., Pritts, M., 1990. *Strawberry nutrition*. Cornell University, Ithaca, NY. ISSN : 0732-3506
- Neşe, Ü., Çetin, Ö. & Ali, T. 2013. Gap Bölgesinde Sulamanın Etkisi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 17(2), 37-42.
- Özenç, D.B., ve Şenlikoğlu, G., 2017. Organik ve kimyasal azot kaynağının ıspanak bitkisinin bazı besin içeriği ve nitrat birikimi üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilim. Dergisi*, 32, 398-406.
- Reuter, D. J., Robinson, J. B., Peverill, K. I., Price, G. H., & Lambert, M. J., 1986. Guidelines for collecting, handling, and analyzing plant materials. *Plant Analysis: An Interpretation Manual*. Inkata Press, Melbourne, Australia, 11-35.



- Sarıdaş, M.A., 2018. Melezleme Islahiyla Seçilmiş Çilek Genotiplerinin Verim, Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi ve Moleküler Karakterizasyonu (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adana.
- Saygan, E.P., Aydemir, S. 2016. Harran ovası kireçli killi toprak özellikleri üzerine antepfıstığı dış kabuğu biyokömür uygulamasının etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 20 (4), 301-312.
- Sönmez, F., Fatih, Ç.I., 2019. Artan Dozdaki Biyokömür ve Solucan Gübresi Uygulamalarının Buğdayda ve Toprakta Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22(4), 526-536.
- Tarakçıoğlu, C., Özenç, D.B., Yılmaz, F.I., Kulaç, S. & Aygün, S., 2019. Fındık kabuğundan üretilen biyokömürün toprağın besin maddesi kapsamı üzerine etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 34(1), 107-117.
- Türkoğlu, Z., 2005. Selva ve Camarosa çilek çeşitlerinde bazı bitki aktivatörlerinin erkencilik, verim, kalite ile yapraklardaki besin element düzeylerine etkileri (Yüksek Lisans Tezi) Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Samsun.
- Xiao, L., Yuan, G., Feng, L., Bi, D., Wei, J., Shen, G. & Liu, Z., 2020. Coupled effects of biochar use and farming practice on physical properties of a salt-affected soil with wheat–maize rotation. Journal of Soils and Sediments, 1-9.
- Zemanova, V., Brendova, K., Pavlikova, D., Kuvatova, P., Tlustos, P. 2017. Effect of biochar application on the content of nutrients (Ca, Fe, K, Mg, Na, P) and amino acids in subsequently growing spinach and mustard. Plant, Soil and Environment, 7, 322-327.