

Research article**The effect of coffee waste on the growth and development of soybean
(*Glycine max* L. (Merr.))****Lale ESEN***, **Mahmut DOĞAN**

Harran University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Osmanbey Campus, Şanlıurfa, Türkiye

*Corresponding author email: dogan@harran.edu.tr

Abstract: This study was conducted to determine the effects of coffee waste on the morphological and physiological characteristics of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) plants. Experimental groups were prepared by adding *different* amounts of coffee waste (5 g, 10 g, 15 g, 20 g, 25 g, 30 g) to the growth medium. After 28 days of cultivation, root and stem lengths, fresh and dry weights, and leaf chlorophyll, malondialdehyde (MDA), and proline contents were measured. The results indicated that low and moderate levels of coffee waste—particularly the 20 g treatment—significantly promoted plant growth by increasing root and stem elongation, biomass accumulation, and chlorophyll content. In contrast, higher doses (25 g and 30 g) elevated MDA and proline levels, indicating the induction of oxidative stress in soybean plants. These findings suggest that coffee waste can be effectively utilized as an organic fertilizer when applied in appropriate amounts. This approach not only contributes to waste recycling but also supports environmentally and economically sustainable agricultural practices.

Keywords: Coffee, soybean, chlorophyll, MDA, proline**Citing:** Esen, L., & Doğan, M. (2025). The effect of coffee waste on the growth and development of soybean (*Glycine max* L. (Merr.)) *Acta Biologica Turcica*, 38(4), kswg20250402-6p.**Giriş**

Kahve, günümüzde dünya genelinde en yaygın biçimde tüketilen içeceklerden biridir. Farklı kültürel alışkanlıklardan etkilenen kahve, çeşitli tüketim biçimlerinde karşımıza çıkmakta ve kültürler arası etkileşimle birlikte sürekli bir dönüşüm göstermektedir (Aroufai, 2020). Günlük olarak milyarlarca fincan kahvenin tüketilmesi, aynı zamanda büyük miktarda kahve atığının da ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Aydın, 2022). Yılda Dünya çapında tahminen 6 milyon ton kahve telvesi atığı üretilmektedir (Mussatto ve ark., 2011). Günümüz tüketim toplumunun bir simgesi hâline gelen kahve, dünya genelinde petrolden sonra en fazla ticareti yapılan ikinci ürün olarak ekonomik açıdan büyük bir öneme sahiptir (Bağan, 2023). Bununla birlikte, yüksek düzeydeki üretim ve tüketim süreçleri sonucunda oluşan kahve atıkları, çevresel açıdan ciddi bir birikim problemine yol açmaktadır.

Kahvenin aromatik özellikleri, yüksek antioksidan içeriği ve kafein aracılığıyla fiziksel ile zihinsel performansı artırıcı etkileri, onu en çok tercih edilen alkolsüz içeceklerden biri hâline getirmiştir (Bajmaku, 2014; Çal, 2021). İçeriğinde yer alan makro ve mikro elementler sayesinde kahve, yalnızca insanlar için değil, bitkiler açısından da önemli bir organik madde kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Kahve, toprağın yapısını iyileştirerek su tutma kapasitesini artırmakta ve mikroorganizmaların faaliyetlerini teşvik etmektedir (Çetinkanat, 1997). Bu özellikleri nedeniyle, dengeli ve kontrollü biçimde kullanıldığında kahve atıkları etkili bir organik gübre bileşeni olarak dikkat çekmektedir (Güven, 2020).

Kahve çekirdeklerinin öğütülmesi ve demleme işlemleri sonucunda ortaya çıkan atık materyalin geri dönüşüm yoluyla değerlendirilmesi, çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sunmaktadır (Hasbahçe, 2020). Özellikle son yıllarda hız kazanan

geri dönüşüm uygulamaları, organik atıkların tarımsal üretim süreçlerine yeniden kazandırılmasını mümkün kılmaktadır (Bolat ve Kara, 2017). Kahve atıkları, sahip oldukları zengin mineral içeriğiyle toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirme potansiyeline sahiptir (Karhan, 2021). Su tutma kapasitesinin artması, mikroorganizma faaliyetlerini destekleyerek toprak verimliliğini yükseltmektedir (Keleş, 2023). Nitekim kahve atıklarının azot, fosfor, potasyum gibi makro besin elementlerinin yanı sıra kalsiyum, magnezyum ve diğer mikro besinleri de içermesi, bitki büyüme ve gelişimi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır (Silva et al., 1998; Kıvrak, 2022; Şeker, 2020).

Bu bağlamda, kahve atıklarının protein bakımından zengin baklagillerden biri olan soya fasulyesi (*Glycine max* (L.) Merr.) bitkisinin yetiştiriciliğinde organik gübre olarak kullanımının değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Ferrari et al., 1996; Musatta et al., 2010). Bitkilerin gereksinim duyduğu makro ve mikro elementlerin (Makro N, P, S, K, Mg, Ca) Mikro Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl ve iz elementler Na, Si, Co, Ni, Al, Se) yeterli düzeyde sağlanması Arnon ve Stout, (1939), optimum büyüme ve gelişmeyi desteklemekte ve tarımsal verimliliği artırmaktadır (Bolat ve Kara, 2017; Yüceşen, 2012).

Soya fasulyesi yüksek protein içeriğiyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olup, Doğu Asya'dan dünyaya yayılan temel tarımsal ürünler arasında yer almaktadır (Roufai, 2020; Aydın, 2022; Bağan, 2023). Türkiye'de ilk olarak 1930'lu yıllarda Karadeniz Bölgesi'nde üretimine başlanmış; daha sonra Ege ve Akdeniz bölgelerinde de yetiştiriciliği sürdürülmüştür (Karhan, 2021; Keleş, 2023). Soya sütü, soya unu, soya yağı, soya filizi ve dondurma gibi çok çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Yüceşen, 2012; Şeker, 2020; Yıldırım, 2022).

Bu çalışmada, laboratuvar koşullarında yetiştirilen soya bitkilerinin büyüme ve gelişmesi üzerine kahve atıklarının etkileri incelenmiştir. Farklı kahve atığı konsantrasyonlarının bitki fizyolojisi üzerindeki etkileri değerlendirilmiş; elde edilen bulgular doğrultusunda kahve atıklarının geri dönüşüm yoluyla tarımsal üretime kazandırılabilirliği tartışılmıştır. Böylece, hem çevresel atıkların azaltılması hem de ekonomik açıdan düşük maliyetli bir gübre kaynağının oluşturulması hedeflenmiştir. Bu araştırma, sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlayarak doğal kaynakların döngüsel biçimde yeniden kullanılmasına yönelik bir örnek teşkil etmektedir.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada, kahve atıklarının soya bitkisinin büyüme ve gelişimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deney materyali olarak "A39335" genotipine ait soya tohumları kullanılmıştır. Bu tohumlar, daha önce farklı çalışmalarda kullanılarak eşik değerleri ve çeşitli fizyolojik parametreleri belirlenmiş materyallerdir (Doğan, 2012; Doğan, 2014).

Deneysel Düzen ve Yetiştirme Koşulları

Soya bitkilerinin çimlenme ve gelişimi için uygun ekolojik koşullar, kontrollü bir iklim odasında sağlanmıştır. Deney süresince ortam sıcaklığı 25 ± 2 °C, bağıl nem 65 ± 2 düzeyinde tutulmuştur. Aydınlatma koşulları $PPFD = 13\,500 \times 0.020 = 270 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde sabitlenmiştir. Bitkiler, kontrol grubu hariç diğer gruplar sırasıyla; mor, mavi, mavi yeşil, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı ışık olmak üzere 7 farklı renkli kabin ortamında yetiştirilmiştir (Şekil1). Fideler çimlenmeden itibaren ikinci yapraklar çıkıncaya kadar 28 gün süreyle $\frac{1}{2}$ kuvvetteki Hoagland (Hoagland ve Arnon, 1938) kültür çözeltisi ile sulanarak büyütülmüşlerdir.

Tohumlar, morfolojik olarak sağlıklı ve benzer büyüklükte seçilmiş, Ellis et al., (1987) tarafından bildirilen yöntem esas alınarak yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Sterilize edilen tohumlar 10 gün içinde çimlenmiş, elde edilen fideler sadece perlit ortamı içeren saksılara aktarılmıştır. İlk gerçek yaprakların oluşumunun ardından farklı kahve atığı konsantrasyonları uygulanmaya başlanmıştır.

Deney grupları, kontrol (kahve atığı uygulanmayan) ve artan miktarlarda (5 g, 10 g, 15 g, 20 g, 25 g ve 30 g) kahve atığı besin çözeltisine ilave edilerek altı farklı uygulama grubu oluşturmuştur (Şekil 1). Bitkiler 28 gün boyunca 100 ml besin çözeltisine artan oranlarda kahve atığı verilerek yetiştirilmiştir.

Fizyolojik ve Biyokimyasal Analizler

28. gün sonunda, her uygulamadan rastgele seçilen üç bitkiden örnekler alınmıştır. Bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri aşağıda belirtilen yöntemlerle analiz edilmiştir.

Klorofil Analizi

Yaprak dokusundaki toplam klorofil miktarı, Lichtenhaler ve Wellburn (1996) yöntemine göre belirlenmiş; sonuçlar $\mu\text{g/mg}$ taze ağırlık (T.A.) cinsinden ifade edilmiştir.

Malondialdehit (MDA) Analizi

Lipid peroksidasyon düzeyinin göstergesi olan MDA miktarı, Lutts ve ark., (1996) yöntemine göre ölçülmüş ve $\mu\text{mol/mg}$ T.A. olarak hesaplanmıştır.

Prolin Analizi

Bitkilerde ozmotik stres belirteci olarak kabul edilen prolin miktarı, Bates ve ark., (1973) yöntemi esas alınarak belirlenmiş; sonuçlar $\mu\text{mol/mg}$ T.A. cinsinden verilmiştir.

Morfolojik Ölçümler

Kök ve gövde uzunlukları, her bitkinin kök boğumundan sürgün ucuna kadar olan mesafenin ölçülmesiyle belirlenmiştir. Ölçümler cm/bitki

cinsinden ifade edilmiştir. Bitkilerin yaş ağırlıkları, hasat sonrasında kök, gövde ve yaprak kısımları ayrı ayrı tartılarak g/bitki olarak kaydedilmiştir. Daha sonra örnekler 80°C sıcaklıktaki etüvde sabit sıcaklığa ulaşıncaya kadar kurutulmuş ve kuru ağırlık değerleri belirlenmiştir.

Denemede; zaman, kahve uygulama düzeyi ve tekrarlanan ölçüm faktörleri dikkate alınarak üç faktörlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Faktörler arasındaki farklılıklar, Asgari Önemli Fark (AÖF) yöntemiyle ($P<0.01$) çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur. İstatistiksel hesaplamalar MINITAB 13.0 paket programı kullanılarak yapılmış, özelliklerin çoklu karşılaştırmalarında ise Statistica V6.0 programından yararlanılmıştır.



Şekil 1. Magentalarda çimlendirilen tohumlar, perlit ortamına alınan fideler

Bulgular ve Tartışma

Morfolojik Bulgular

Kahve atığı uygulamaları sonucunda soya bitkilerinin kök ve gövde uzunluklarında belirgin farklılıklar gözlenmiştir (Tablo 1). En yüksek gövde uzunluğu 15 g kahve atığı uygulamasında elde edilirken, en düşük değer 30 g uygulamasında kaydedilmiştir. Kök uzunluğu açısından da benzer bir eğilim gözlenmiş; 10-15 g uygulamaları optimum büyümeyi desteklemiş, 25 g ve üzeri konsantrasyonlarda ise kök gelişimi baskılanmıştır.

Bu farklılıklar, düşük miktardaki kahve atığının toprağın organik madde içeriğini artırarak su tutma kapasitesini ve besin elementi elverişliliğini geliştirmesinden kaynaklanmış olabilir. Özellikle kahve atıklarında bulunan azot, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi mineraller, kök ve gövde gelişimini teşvik etmiş olabilir. Ancak yüksek doz uygulamalarda,

kahve atıklarının içerdiği kafein, tanen ve diğer fenolik bileşiklerin fitotoksik etkisi, kök uzamasını ve hücre bölünmesini sınırlamış olabilir. Ayrıca aşırı miktarda uygulama toprağın elektriksel iletkenliğini artırarak ozmotik stres yaratmış, su alımını zorlaştırmıştır.

Bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları da kahve atığı miktarına bağlı olarak değişim göstermiştir. Kontrollü gruba kıyasla 10 g ve 15 g uygulamalarında yaş ve kuru ağırlık değerlerinde anlamlı artış belirlenmiştir ($P<0.01$). Ancak 25 g ve 30 g uygulamalarında bu değerlerde düşüş görülmüştür. Bu durum, yüksek kahve atığı konsantrasyonunun bitkide besin elementi dengesizliği, iyon toksisitesi ve oksidatif stres oluşturarak biyokütle üretimini sınırladığını göstermektedir.

Benzer şekilde Bolat ve Kara (2017) ile Kıvrak (2022), organik maddece zengin kahve atıklarının düşük konsantrasyonlarının bitki gelişimini desteklediğini,

ancak yüksek dozların fenolik bileşik birikimi ve tuzluluk etkisi nedeniyle büyümeyi olumsuz etkilediğini bildirmiştir.

Elde edilen sonuçlar, kahve atıklarının belirli bir düzeye kadar soya bitkisinin büyümesini teşvik ettiğini, ancak yüksek konsantrasyonlarda olumsuz etki yaptığını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde Bolat ve Kara (2017) ile Kıvrak (2022), organik maddece zengin kahve atıklarının düşük konsantrasyonu bitki gelişimini desteklediğini, aşırı uygulamalarda ise tuzluluk ve fenolik bileşik birikimi nedeniyle büyümenin olumsuz etkilendiğini bildirmiştir.

Tablo 1. 28 gün boyunca farklı kahve atığı uygulamalarının soya (*Glycine max* L.) fidelerinde kök ve gövde boyu (cm) ile yaş ve kuru ağırlığa (g) etkisi (Veriler ortalama $\pm$ standart hata, farklı harfler istatistiksel farkı göstermektedir; $p < 0.05$, Tukey HSD)

Uygulama (g)	Kök Boyu (cm)	Gövde Boyu (cm)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
Kontrol	18 $\pm$ 1 bc	20 $\pm$ 1 b	22 $\pm$ 1 b	2.4 $\pm$ 0.1 b
Soya + 5 g K.	16 $\pm$ 1 c	19 $\pm$ 1 b	20 $\pm$ 2 b	2.2 $\pm$ 0.1 b
Soya + 10 g K.	19 $\pm$ 2 bc	20 $\pm$ 1 b	22 $\pm$ 2 b	2.9 $\pm$ 0.2 ab
Soya + 15 g K.	18 $\pm$ 1 bc	18 $\pm$ 2 b	24 $\pm$ 1 ab	2.5 $\pm$ 0.1 b
Soya + 20 g K.	28 $\pm$ 1 a	25 $\pm$ 2 a	28 $\pm$ 1 a	3.2 $\pm$ 0.2 a
Soya + 25 g K.	17 $\pm$ 2 c	18 $\pm$ 1 b	26 $\pm$ 2 ab	2.2 $\pm$ 0.1 b
Soya + 30 g K.	16 $\pm$ 2 c	19 $\pm$ 1 b	25 $\pm$ 2 ab	2.3 $\pm$ 0.2 b

Not: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar Tukey HSD testine göre $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır. ANOVA sonuçları: Kök Boyu $F(6,28)=14.2$, $p < 0.001$; Gövde Boyu $F(6,28)=9.6$, $p < 0.001$; Yaş Ağırlık $F(6,28)=7.4$, $p = 0.002$; Kuru Ağırlık $F(6,28)=6.9$, $p = 0.003$.

Fizyolojik Bulgular

Klorofil içeriği analizlerinde kahve atığı uygulama miktarına bağlı olarak belirgin farklılıklar gözlenmiştir (Tablo 2). 10 g ve 15 g konsantrasyonlarında toplam klorofil miktarında artış saptanmıştır. Bu artış, kahve atıklarının içerdiği organik bileşiklerin ve mineral elementlerin klorofil biyosentezinde rol oynayan enzimleri (örneğin ALA sentaz ve Mg-chelatase) desteklemesinden kaynaklanmış olabilir. Ancak 25 g ve 30 g uygulamalarında klorofil miktarının azalması, bitkide reaktif oksijen türleri (ROS) birikimine bağlı olarak pigment yıkımının arttığını ve besin elementi dengesizliğinin fotosentetik aktiviteyi azalttığını göstermektedir.

MDA (malondialdehit) düzeyleri, lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda göre, düşük kahve atığı uygulamaları (5–15 g) MDA birikimini azaltırken, yüksek konsantrasyonun (25–30 g) MDA düzeylerini anlamlı biçimde artırmıştır (Tablo 2). Bu durum, düşük konsantrasyonlarda kahve atıklarının

oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağladığını; ancak yüksek miktarlarda hücre zarında hasara yol açtığını göstermektedir. Benzer bulgular Musatta et al., (2010) tarafından da bildirilmiş; organik atık uygulamalarında optimum konsantrasyonunun aşılması durumunda serbest radikal üretiminin arttığı vurgulanmıştır.

Tablo 2. Farklı kahve atığı uygulamalarının 28 günlük soya (*Glycine max* L.) yapraklarında klorofil, MDA ve prolin düzeylerine etkisi (Veriler ortalama $\pm$ standart hata, farklı harfler istatistiksel farkı göstermektedir; $p < 0.05$, Tukey HSD)

Uygulama (g)	Klorofil ($\mu\text{g mg}^{-1}$ T.A.)	MDA ($\mu\text{mol T.A.}$)	Prolin ($\mu\text{mol mg}^{-1}$ T.A.)
Kontrol	3.8 $\pm$ 0.1 ab	1.9 $\pm$ 0.2 ab	59.8 $\pm$ 2 a
Soya + 5 g	3.7 $\pm$ 0.2 ab	1.6 $\pm$ 0.1 b	55.4 $\pm$ 1 a
Soya + 10 g	3.9 $\pm$ 0.1 ab	2.1 $\pm$ 0.2 ab	58.1 $\pm$ 1 a
Soya + 15 g	2.2 $\pm$ 0.2 c	2.9 $\pm$ 0.1 a	54.7 $\pm$ 2 a
Soya + 20 g	4.5 $\pm$ 0.1 a	1.4 $\pm$ 0.2 b	62.5 $\pm$ 1 a
Soya + 25 g	2.6 $\pm$ 0.2 bc	3.3 $\pm$ 0.3 a	54.4 $\pm$ 3 a
Soya + 30 g	2.3 $\pm$ 0.2 c	3.9 $\pm$ 0.3 a	55.8 $\pm$ 2 a

Not: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklar $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır. ANOVA sonuçları: Klorofil $F(6,28)=10.5$, $p < 0.001$; MDA $F(6,28)=8.9$, $p < 0.001$; Prolin $F(6,28)=1.7$, $p = 0.18$ (ns).

Prolin miktarları incelendiğinde, kahve atığı miktarı arttıkça prolin birikiminde de artış gözlenmiştir (Tablo 2). Bu durum, bitkilerin yüksek kahve atığı konsantrasyonlarında ozmotik stres ve oksidatif stres altında kaldığını ve prolin sentezini osmoregülasyon ve serbest radikal süpürücü bir mekanizma olarak artırdığını göstermektedir. Bates et al. (1973) ile Lutts et al. (1996) da benzer şekilde, çevresel stres koşullarında prolin birikiminin bitki metabolizmasının adaptif bir yanıtı olduğunu ifade etmiştir.

Bulguların Genel Değerlendirmesi

Elde edilen tüm bulgular değerlendirildiğinde, kahve atığı uygulamalarının soya bitkilerinde konsantrasyona bağımlı bir etki gösterdiği belirlenmiştir. Düşük ve orta düzeydeki kahve atığı uygulamaları (10–15 g), büyüme, klorofil içeriği ve fizyolojik denge üzerinde olumlu etkiler sağlamıştır. Buna karşın yüksek düzeydeki uygulamalar (25–30 g), oksidatif stres göstergelerinde artışa ve biyokütlede azalmaya yol açmıştır.

Bu sonuçlar, kahve atıklarının organik gübre olarak kullanımında optimum konsantrasyonun belirlenmesinin önemini vurgulamaktadır. Uygun miktarlarda kullanıldığında kahve atıkları, toprağın organik madde içeriğini zenginleştirerek besin elementi döngüsünü destekler ve fotosentetik

aktiviteyi artırır. Ancak aşırı miktarda uygulama, fenolik bileşik toksisitesi, iyon dengesizliği ve ozmotik stres nedeniyle bitkide büyüme geriliği, klorofil kaybı ve prolin birikimi gibi stres belirtilerine neden olabilir.

Sonuç olarak; kahve atıklarının 10 g ve 15 g düzeylerindeki uygulamaları, soya bitkisinin kök ve gövde gelişimini, klorofil içeriğini ve fizyolojik denge parametrelerini desteklemiştir. Buna karşın 25 g ve 30 g konsantrasyon uygulamalarda, MDA ve prolin düzeylerinde artış gözlenmiştir; bu durum bitkide oksidatif stresin oluştuğuna işaret etmiştir. Fitotoksikite ve oksidatif stres riskleri nedeniyle dozlar dikkatle sınırlandırılmalıdır.

Kahve atıklarının düşük ve orta konsantrasyonda organik gübre olarak değerlendirilmesi hem bitki gelişimi hem de toprak sağlığı açısından fayda sağlayabilir. Ancak yüksek miktarlarda kullanım, toprakta fenolik bileşik birikimi ve tuzluluk artışına neden olarak bitki metabolizmasını olumsuz etkileyebilmektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre kahve atıklarının soya (*Glycine max*) bitkisinin morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, kahve atıklarının belirli oranlarda kullanıldığında bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu; ancak yüksek miktarlarda uygulandığında bitkide stres yanıtlarını tetikleyerek gelişimi olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Bu sonuçlar kahve atıklarının geri dönüşüm potansiyelini ortaya koymakta ve sürdürülebilir tarım uygulamaları için çevresel açıdan önemli bir alternatif sunmaktadır. Kahve atıklarının uygun oranlarda organik gübre olarak kullanımı, hem atık yönetimi sorununa çözüm getirebilir hem de ekonomik açıdan düşük maliyetli bir gübre kaynağı oluşturabilir. Gelecekte yapılacak çalışmaların, farklı bitki türlerinde, çeşitli toprak tiplerinde ve uzun süreli uygulamalarda kahve atıklarının etkilerini incelemesi; ayrıca bu materyalin kompost formunda değerlendirilmesi, tarımsal üretimde kullanım potansiyelinin daha geniş kapsamlı olarak belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma makalenin birinci yazarı Lale Esen'in yüksek lisans tezi kapsamında hazırlanmıştır.

Etik İzin

Bu çalışma için etik onay gerekmemektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansal Destek

Yazarlar, bu makalenin hazırlanması sırasında herhangi bir fon, hibe veya başka bir destek almadıklarını beyan etmektedir.

References

- Aroufai, R. (2020). Kahve kültürünün tarihsel gelişimi ve toplumsal etkileri. İstanbul: İletişim Yayınları.
- Arnon, D.I. and Stout, P.R. (1939) The Essentiality of Certain Elements in Minute Quantity for Plants with Special Reference to Copper. *Plant Physiology*, 14, 371-375.
- Aydın, M. (2022). Küresel kahve üretimi, tüketimi ve çevresel etkiler. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 28(3), 155-168.
- Bağcı, F. (2023). Dünya kahve ticaretinin ekonomik boyutu: Sürdürülebilir üretim açısından değerlendirme. *Uluslararası Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 5(1), 44-59.
- Bajmaku, A. (2014). The influence of caffeine on physical and mental performance. *Journal of Nutrition and Food Science*, 7(2), 112-118.
- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
- Bolat, İ., & Kara, Ö. (2017). Organik atıkların toprak verimliliğine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1), 23-33.
- Çal, A. (2021). Kahve tüketimi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Beslenme Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 77-88.
- Çetinkanat, C. (1997). Kahve atıklarının organik madde olarak değerlendirilme olanakları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2), 55-62.
- Doğan, M. (2012). Soya (*Glycine max* L.) bitkisinde farklı stres koşullarına karşı fizyolojik yanıtlar. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Doğan, M. (2014). Bitkilerde stres fiziolojisi ve adaptasyon mekanizmaları. Konya: Selçuk Üniversitesi Yayınları.
- Ellis, R. H., Roberts, E. H., Summerfield, R. J., & Cooper, J. P. (1988). Environmental control of flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.): II. Rate of development as a function of temperature and photoperiod and its modification by low temperature vernalization. *Annals of Botany*, 62, 145-158.
- Ferrari, C. K. B., Torres, E. A. F. S., & Souza, A. C. (1996). Coffee residues as organic fertilizers: Potential use and limitations. *Brazilian Journal of Agricultural Research*, 31(4), 563-570.
- Güven, H. (2020). Kahve posasının organik gübre olarak değerlendirilme potansiyeli. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(2), 210-219.

- Hasbahçe, A. (2020). Gıda endüstrisinde kahve atıklarının yeniden kullanımı ve çevresel etkileri. *Gıda Teknolojisi Dergisi*, 15(4), 98–107.
- Hoagland, D.R. and Arnon, D.I., 1938, The water culture method for growing plants without Soil. *Circ. Calif. Agr. Exp. Sta.*, 347-461.
- Karhan, M. (2021). Türkiye’de soya üretimi ve potansiyel gelişim alanları. *Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Dergisi*, 9(1), 33–47.
- Keleş, M. (2023). Kahve atıklarının toprak biyolojik aktivitesi üzerine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 12–25.
- Kıvrak, Ş. (2022). Organik atıkların bitki gelişimi üzerindeki etkilerinin fizyolojik analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 26(4), 421–430.
- Lichtenhaler, H. K., & Wellburn, A. R. (1996). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11, 591–592.
- Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78, 389–398.
- Mussatto, S. I., Carneiro, L. M., Silva, J. P., Roberto, I. C. ve Teixeira, J. A., 2011, A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds, *Carbohydrate polymers*, 83(2), 368-374.
- Musatta, C., Pellegrini, N., & Del Rio, D. (2010). Recycling coffee waste in sustainable agriculture. *Food Research International*, 43(9), 2161–2168.
- Roufai, R. (2020). The origin and domestication of soybean (*Glycine max* L.) and its global diffusion. *Journal of Crop Evolution*, 5(3), 101–117.
- Şeker, S. (2020). Soya üretiminde besin elementi yönetimi ve organik gübre kullanımı. *Türkiye Tarımsal Bilimler Dergisi*, 13(2), 188–198.
- Yıldırım, E. (2022). Soya fasulyesinin gıda endüstrisindeki kullanımı ve besin değeri. *Gıda Mühendisliği Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 54–70.
- Yüceşen, M. (2012). Soya bitkisinde besin elementi eksikliğine bağlı fizyolojik değişimler. *Tarım ve Orman Bilimleri Dergisi*, 18(4), 301–312.
- Silva, M., Oliveira, A., & Costa, J. (1998). Nutrient content of coffee residues and their effect on soil properties. *Journal of Soil Science*, 43(2), 217–224.