

Duman Solüsyonu Uygulamasının Çilek Fidelerinin Vejetatif Büyüme Üzerine Etkisi*

The Effect of Smoke Solution Application on Vegetative Growth of Strawberry Seedlings


Ayşe YILDIZ¹, Gülden BALCI^{2*}

Öz

Tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıklar, çevresel sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliği açısından önemli bir konu haline gelmiştir. Bu atıkların etkin yönetimi ve yeniden değerlendirilmesi hem çevresel etkilerin azaltılmasına hem de döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaştırılmasına katkı sağlamaktadır. Bitki artıklarının kontrollü yakılmasıyla elde edilen duman solüsyonu, içerdiği organik bileşikler sayesinde bitki gelişimini teşvik edici özellikler göstermektedir. Özellikle duman solüsyonunda bulunan karrikins gibi biyoaktif maddeler, tohum çimlenmesini ve fide gelişimini olumlu yönde etkileyerek sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sunmaktadır. Araştırma Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait ısıtmasız seralarında yürütülmüştür. Denemede karasal iklim kuşağında yer alan bölgelerde de başarıyla yetiştirilebilen nötr gün çilek çeşidi olan Albion kullanılmıştır. Duman solüsyonunun çilek fidelerinde bazı vejetatif büyüme kriterleri üzerindeki etkilerini belirlemek için yürütülen çalışmada fındık zuru yakılmasından elde edilen duman solüsyonlarının üç farklı dozu (% 0, 0.1, 0.5, 1) kullanılmıştır. İki farklı dönemde (Çiçeklenme öncesi ve dinlenmeye giriş) bitki sökümleri yapılarak yaprak alanı (cm² bitki⁻¹), gövde kalınlığı (mm), yaprak, gövde, kök bitki parçalarının yaş ve kuru ağırlıkları (g) tespit edilmiştir. Aynı dönemlerde alınan yaprak örneklerinde toplam protein (mg), toplam fenolik madde (GAE mg g⁻¹) belirlenirken, gövde örneklerinde toplam şeker içerikleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda duman solüsyonu uygulamasının yaprak alanı üzerine önemli etkisi olduğu ve en iyi sonucun %1 dozundan (224.95 cm²) elde edildiği belirlenmiştir. Biyokimyasal özelliklere bakıldığında toplam protein ve şeker miktarı üzerine de önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. Toplam protein miktarında en yüksek miktar %1 ve %0.5 dozlarından (sırasıyla 5.73 ve 5,70 mg) elde edilmiştir. Gövdelerdeki toplam şeker içeriği incelendiğinde duman solüsyonunun % 0.5 dozunun (%3.29 g YA) en yüksek miktarı verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çilek, Duman solüsyonu, Toplam şeker, Toplam protein, Vejetatif büyüme

¹Ayşe Yıldız, Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Yozgat, Türkiye. E-mail: yayse038@gmail.com  OrcID: 0009-0005-9345-7177

²*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Gülden Balcı, Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Yozgat, Türkiye. E-mail: gulden.balci@yobu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-8681-0383

Atıf: Yıldız, A., Balcı, G. (2026). Duman solüsyonu uygulamasının çilek fidelerinin vejetatif büyüme üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2): 823-833.

Citation: Yıldız, A., Balcı, G. (2026). The effect of smoke solution application on vegetative growth of strawberry seedlings. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 23(2): 823-833.

*Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A projesinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2026

Abstract

Waste generated from agricultural activities have become important in terms of environmental sustainability and resource efficiency. Effective management and reuse of these wastes contribute to both reducing environmental impacts and promoting circular economy practices. The smoke solution obtained by controlled burning of plant residues shows plant growth promoting properties thanks to the organic compounds it contains. In particular, bioactive substances such as karrikins in the smoke solution contribute to sustainable agriculture practices by positively affecting seed germination and seedling development. The research was conducted in the unheated greenhouses of Yozgat Bozok University Faculty of Agriculture. The neutral-day strawberry variety Albion was used in the experiment. In the study carried out to determine the effects of smoke solutions on some vegetative growth criteria in strawberry seedlings, three different doses (0, 0.1, 0.5, 1.0 %) of smoke solutions obtained from hazelnut pulp burning were used. Leaf area, stem thickness, and plant wet and dry weights (leaf, stem and root) were determined at two different periods (pre-flowering and dormancy). Total protein and total phenolic matter were determined in leaf samples collected at the same periods, total sugar content was determined in stem samples. At the end of the study, it was determined that the application of a smoke solution had a significant effect on the leaf area, and the best result was obtained for a 1% dose (224.95 cm²). The biochemical characteristics were examined, they were found to have a significant effect on total protein and sugar content. The highest amounts of total protein were obtained at 1% and 0.5% doses (5.73 and 5.70 mg, respectively). When the total sugar content in the stems was examined, the 0.5% dose of the smoke solution (3.29g FW%) gave the highest amount.

Key Words: Strawberry, Smoke solution, Total sugar, Total protein, Vegetative growth

1. Giriş

Dünyada nüfus artışıyla birlikte hızla ilerleyen teknoloji ve sanayi, sera gazı ve atık miktarının artışına neden olmuştur. Bozulan denge ise sürdürülebilirlik kavramı ile sürdürülebilirliğe dair uygulamaların ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Sürdürülebilir gıda üretimi, tüm insanlığın, yeterli miktarda, düzenli ve temiz besine ulaşmasını, mevcut doğal kaynakların korunmasını ve iklim değişikliğinin hızının yavaşlamasını amaçlamaktadır (McClements, 2020). Çevre kirliliğinin oluşumu ve önlenmesi kadar mevcut kaynakların düzgün tüketimi ve yeniden kullanılabilirliği oldukça önemlidir. Birçok atık malzeme, geri kazanım süreçleri aracılığıyla ya ikincil hammadde olarak değerlendirilebilmekte ya da alternatif kullanım alanlarına yönlendirilerek çevresel kirliliğin önlenmesine katkı sağlanmaktadır. Bu süreç, aynı zamanda ekonomik büyümeye destek olmakta; yeni iş kollarının oluşmasına ve istihdam olanaklarının artmasına zemin hazırlamaktadır. Küresel ölçekte olduğu gibi, Türkiye’de de bu konuya yönelik gerçekleştirilen akademik araştırmalar ve bilimsel çalışmalar zamanla daha fazla önem kazanmış ve ilgili literatürde dikkate değer bir yer edinmiştir. Dünya nüfusunun hızla artmasına karşın tarımsal üretim alanlarının sabit kalması, biyokütle atıklarının etkin bir şekilde değerlendirilmesini, sınırlı doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından kritik bir gereklilik haline getirmiştir. Biyokütle; kentsel atıklar, endüstriyel kalıntılar, tarımsal atıklardan elde edilen materyaller, odun ve ormancılık yan ürünleri ile etanol, biyodizel gibi biyolojik kökenli ürünlerin işlenmesi sonucu elde edilen katı, sıvı ve gaz formundaki yakıtları kapsayan genel bir terimdir. Yoğun tarımsal üretimin gerçekleştirildiği bölgelerde, bitki atıkları önemli bir çevresel sorun olarak öne çıkmakta; özellikle hasat dönemlerinde ortaya çıkan tonlarca bitki atığının yakılarak bertaraf edildiği gözlemlenmektedir (Karakayacı ve Aydın, 2023; Üçok ve Yang, 2025). Söz konusu uygulamalar, besin maddesi kaybına yol açmanın yanı sıra, ciddi düzeyde hava kirliliğine neden olmakta ve çevresel açıdan olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Fındık yetiştiriciliğinde, 1 kg yaş fındık işlendiğinde yaklaşık olarak üçte biri oranında kuru kabuklu fındık ve beşte biri oranında kuru zuruf yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır (Özenç, 2004). Türkiye İstatistik Kurumu’na (TÜİK) göre, 2024 yılında Türkiye fındık üretimi 717 000 bin tondur ve ortalama 143.400 ton yaş fındık zurufu açığa çıkmaktadır. Tarımsal atıklardan elde edilen duman solüsyonları, bitkilerde büyüme ve gelişimi teşvik etmesi, ürün verim ve kalitesini yükseltmesi ve bununla birlikte stres toleransını artırmasıyla son zamanların dikkat çekici konularındandır (Ngoroyemoto ve ark., 2019). Tarımsal atıklar, nargile prensibine göre çalışan mekanizmalar yardımıyla yakılmakta, yanma işlemi sırasında açığa çıkan duman kabarcıklar halinde suya hapsedilmektedir (Başaran ve ark., 2019). Duman solüsyonlarının bir düzenleyici olarak çimlenme üzerindeki uyarıcı etkisi ilk kez Bruniaceae familyasında (*Audouinia capitata* L.) tespit edilmiştir (De Lange ve Boucher, 1990). Daha sonra çeşitli bitki türleri üzerine etkilerinin belirlendiği çalışmalar yapılmıştır (Brown, 1994; Dixon ve ark., 1995; Drewes ve ark., 1995; Keeley ve Fotheringham, 1998; Daws ve ark., 2007). Bitkisel kaynaklı duman solüsyonunun tohumda bitki büyümesini destekleyen Gibberellik asit (GA) benzeri bir etki mekanizmasına sahip olduğu düşünülmektedir. Çimlenmesi için ışığa ihtiyaç duyan bir tür olan *Lactuca sativa* L. tohumlarında bitki kaynaklı duman ekstraktlarının bitki bünyesindeki GA seviyesini artırırken, ABA seviyesini düşürdüğü belirlenmiştir (Van Staden ve ark., 1995; Gardner ve ark., 2001; Schwachtje ve Baldwin, 2004).

Çilek hem taze tüketim hem de endüstriyel işleme uygunluğu ile öne çıkan, aromatik özellikleri ve yüksek lezzet değeri nedeniyle tercih edilen üzüm türüdür. Taze tüketiminin yanı sıra; reçel, marmelat, komposto, pasta, dondurma ve meyve şırası gibi çeşitli ürünlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmakta ve gıda sanayisinde önemli bir yer tutmaktadır. Çilek yetiştiriciliği, yatırımların kısa sürede geri dönüş sağlaması nedeniyle küçük ölçekli aile işletmeleri için uygun bir tarımsal faaliyet olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, birim alandan sağlanan gelir diğer birçok ürüne kıyasla daha yüksek olması sebebiyle, üretim miktarında yıllar içerisinde sürekli bir artış gözlemlenmektedir (Demirsoy ve ark., 2017). FAO verilerine göre 2023 yılında dünyada 434 977 ha alanda 10 485 454 tonluk bir üretim yapılmıştır (FAO, 2025). Dünyada en fazla çilek üreten ülkeler sırasıyla Çin (4 216 716 t), ABD (1 250 100 t), Mısır (731 144 t) ve Türkiye (606 254 t) olmuştur. 2024 yılında Türkiye’de 196502 dekarlık alanda 606 254 ton üretim yapılmıştır. Ülkemizde en fazla çilek üreten il Mersin (135 527 t) olurken, bu ilimizi Aydın (112 877 t) ve Konya (80 192 t) illeri takip etmiştir. Veriler incelendiğinde Mersin ülkemiz çilek üretiminin %36’sını karşılamaktadır (TÜİK, 2025).

Günümüz önemli konularından biri olan tarımsal atıkların tekrar kullanılması sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Böylelikle tarımsal atıkların sebebiyet verdiği çevre kirliliğinin önüne geçilebilir. Bu

çalışmanın amacı üretimi günden güne artan bir meyve türü olan çilek yetiştiriciliğinde duman solüsyonunu vejetatif büyüme bazı parametreler üzerine etkisini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Denemede Albion nötr gün çilek çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşit erkenci olup meyve kalitesi oldukça iyidir (Balcı ve ark., 2017).

2.2. Duman Solüsyonu

Yakma işlemi, Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait serbest alanda gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, fındık zurufları sabit ağırlığa gelinceye kadar 65°C'de etüvde kurutulmuş 1'er kg kuru atık özel bir mekanizma kullanılarak yakılmıştır. Yanma sırasında ortaya çıkan duman kabarcıkları 4 L musluk suyu içerisinde geçirilmiş ve bitkisel materyaller tamamen yanana kadar yakma işlemine devam edilmiştir (~30-45 dk). Hazırlanan konsantre duman çözeltileri (1/1, v/v) Whatman filtre kağıdı yardımıyla süzülerek, uygulamaların yapılacağı zamanına kadar 4°C'de muhafaza edilmiştir.



Figure 1. Equipment used in the preparation of plant-derived smoke solution (Başaran et al., 2019)

Şekil 1. Bitki kaynaklı duman çözeltilisinin hazırlanmasında kullanılan düzenek (Başaran ve ark., 2019)

2.3. Duman Solüsyonu Uygulaması

03 Nisan 2023 tarihinde frigo fideler, torf perlit karışımı (2:1, v/v) ile doldurulmuş saksılara dikilmiştir. Dikimden sonra fideler 4 yapraklı oluncaya kadar (yaklaşık 1 ay) herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Bu süre içerisinde ticari bir gübre ile gübrenmiştir (% N:18, P₂O₅:18, K₂O:18, B: 0.02, Cu:0.01, Fe:0.04, Mn: 0.03, Mo:0.001, Zn: 0.04). ile bir kez gübrenmiştir. Fideler 4 yapraklı olduktan sonra duman solüsyonu ile 5 gün aralıklarla 5 kez yapraklar ve gövde iyice ıslanacak şekilde spreyleme yapılmıştır. Son uygulamadan 2 hafta sonra fiziksel ölçümler ve biyokimyasal analizler için birinci sökülme (çiçeklenme öncesi, 07.07.2023), 3 ay sonra ise ikinci sökülme (dinlenmeye girişte, 06.10.2023) yapılarak bitki örnekleri alınmıştır.

2.4. Deneme Deseni

Fide dikimleri, 1:1 oranında torf: perlit doldurulan 1 litrelik potlara yapılmıştır. Denemede 4 farklı doz (%0, 0.1, 0.5, 1.0) duman solüsyonu uygulanmıştır. Deneme kontrollü koşullarda gerçekleştirilmiş olup, uygulamalar Tesadüf parselleri deneme deseni kapsamında, her biri 15 bitkiden oluşan ve 3 tekerrürlü parseller kullanılarak çalışma tasarlanmıştır.

2.5. Yöntem

Duman solüsyonunun çilek fidelerinin bazı dönemlerindeki vejetatif büyüme kriterleri ve bazı biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri belirlemek için aşağıdaki ölçüm ve analizler yapılmıştır.

2.5.1. Yaprak Alanı: Birinci ve ikinci sükümlerde kökleri yıkanan bitkilerin yaprakları bitki gövdesinden ayırarak ADC BioScientific Area Meter AM300 cihazı ile ölçülerek cm^2 cinsinden kaydedilmiştir.

Gövde Kalınlığı: Birinci ve ikinci sükümlerde kökleri yıkanan bitkilerin gövde çapları, gövdelerin tam ortasından 0.01 mm'ye duyarlı kumpas yardımı ile mm cinsinden ölçülmüştür.

Bitki Yaş ve Kuru Ağırlıkları (yaprak, gövde, kök): Yaş ve kuru bitki ağırlığı (70°C ' de 48 saat süre kurutmadan sonra) 0,0001 g hassasiyetindeki terazi yardımıyla ölçülerek g cinsinden belirlenmiştir (Balcı ve ark., 2019).

2.5.2. Yapraklarda Toplam Protein Miktarı: Özden ve ark., (2009), yöntemine göre yaprak ekstraktları hazırlanmıştır. Bu ekstraktlardaki protein içeriği; Bradford (1976) yöntemine göre standart Bovine Serum Albumin (BSA) kullanılarak saptanmıştır.

2.5.3. Yapraklarda Toplam Fenolik Madde Miktarı: Toplam fenolik bileşiklerin belirlenmesi amacıyla yaprak ekstraksiyonu, Kiselev ve ark. (2007) tarafından geliştirilen yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Toplam fenolik içerik analizleri ise Singleton ve Rossi (1965) tarafından tanımlanan Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen toplam fenolik bileşik miktarları, standart gallik asit çözeltisinden hazırlanan kalibrasyon eğrisine dayanarak, gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden mg/g olarak ifade edilmiştir.

Gövdede Toplam Şeker Miktarı: Kurutulmuş ve öğütülerek toz haline getirilmiş gövde örneklerinde şeker içeriği anthrone yöntemi ile belirlenmiştir (Dewor, 1954).

2.6. Verilerin İstatistiksel Analizi

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı, dört farklı doz duman solüsyonu (% 0, 0.1, 1.0, 1.5) uygulaması olacak şekilde kurulmuştur. İstatistikî analizler SPSS 20.0 istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıkların tespiti için aynı yazılım aracılığıyla Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi (Duncan Multiple Range Test) uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Duman Solüsyonunun Çilek Fidelerinin Bazı Vejetatif Büyüme Kriterleri Üzerine Etkisi

Denemede iki farklı dönemde sükülen bitkilerden aldığımız örneklerden elde edilen veriler *Tablo 1*'de verilmiştir. Yaprak alanı verileri incelendiğinde bitkinin farklı gelişim dönemlerinin etkisinin çok önemli olduğu görülmektedir. En yüksek yaprak alanı çiçeklenme öncesinde ($305.58 \text{ cm}^2 \text{ bitki}^{-1}$) elde edildiği görülmektedir (*Tablo 1*). Yaprak alanı üzerine duman solüsyonlarının dozu istatistiksel olarak önemli olmuştur. En büyük yapraklar %1.0 uygulamasında ($224.95 \text{ cm}^2 \text{ bitki}^{-1}$) belirlenirken, diğer uygulamalar aynı istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer almıştır (*Tablo 1*). Dönem X Doz interaksyonuna bakıldığında ise en iyi sonuçların çiçeklenme öncesinden elde edildiği görülmektedir (*Tablo 1*). Yem bezelyesinde yapılan bir çalışmada duman solüsyonunun yaprak alanını arttırdığı bildirilmiştir (Başaran ve ark., 2019). Iqbal ve ark. (2016) buğdayda yaptıkları denemede duman solüsyonu uygulamasının yaprak alanını arttırdığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde bamya ve domateste yapılan duman solüsyonu uygulamalarının da yaprak alanını arttırdığı rapor edilmiştir (Kulkami ve ark., 2007). Denememizde dönem, duman solüsyonunun dozu ve interaksyonuna klorofil miktarı, antosiyanin ve gövde çapı üzerine önemli bir etki belirlenmemiştir (*Tablo 1*).

Duman solüsyonu uygulamasının yaprak alanına olumlu etkisi SPAD değerinde ve gövde kalınlığında istatistiksel olarak belirlenmemiştir. SPAD değeri birim alandaki klorofil miktarını belirlemek olduğu düşünülürse, veriler birbirini doğrulamaktadır. Gövde çapında ise interaksyon incelendiğinde istatistiksel bir fark yakalanmış olmasına rağmen sayısal değer olarak arttığı görülmektedir (*Tablo 1*).

Tablo 1. Duman solüsyonunu çileklerde bazı vejetatif büyüme üzerine etkileri

Table 1. Effects of smoke solution on some vegetative growth of strawberries

UYGULAMA APPLICATION		Yaprak Alanı Leaf Area (cm bitki ⁻¹) (cm plant ⁻¹)	Klorofil Miktarı Chlorophyll Content (SPAD)	Antosiyanin Anthocyanin (ACI)	Gövde Çapı Crown Diameter (mm)
Dönem Period	Çiçeklenme Öncesi Pre-Flowering	305.58a	38.13	7.10	8.84
	Dinlenmeye Giriş Pre-dormansi	37.95b	38.21	10.37	8.54
Duman Solüsyonu Dozu Smoke Solution Dose	Kontrol (Control)	158.89b	39.04	7.37	8.55
	% 0.1 0.1%	148.30b	38.23	13.31	8.24
	% 0.5 0.5%	154.93b	38.39	7.33	9.53
	% 1.0 1.0%	224.95a	37.02	6.93	8.44
İTERAKSİYON INTERACTION					
Dönem X Doz Period X Dose	ÇÖ X Kontrol PFXC	284.54a	38.03	7.01	6.90
	ÇÖ X % 0.1 PF X 0.1%	256.98a	37.99	7.17	8.13
	ÇÖ X % 0.5 PF X 0.5%	268.00a	39.05	7.30	10.47
	ÇÖ X % 1.0 PF X 1.0%	412.82a	37.43	6.93	9.84
	DG X Kontrol PDXControl	33.23b	40.05	7.73	10.20
	DG X %0.1 PDX0.1%	39.61b	38.47	7.27	8.35
	DG X % 0.5 PDX0.5%	41.87b	37.73	7.35	8.58
	DG X % 1.0 PDX1.0%	37.09b	36.61	6.93	7.03
ÖNEMLİLİK SIGNIFICANCE					
Dönem (Period)		**	ÖD ns	ÖD ns	ÖD ns
Doz (Dose)		*	ÖD ns	ÖD ns	ÖD ns
Dönem X Doz (Period X Dose)		**	ÖD ns	ÖD ns	ÖD ns

ÇÖ: çiçeklenme öncesi, DG: dinlenmeye giriş, ÖD: Ortalamalar arasındaki fark 0.05 seviyesinde önemli değildir *: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark 0.05 seviyesinde önemli değildir, ns: not significant

3.2. Duman Solüsyonunu Çilek Fidelerinde Bitki Ağırlıkları Üzerine Etkisi

Araştırma boyunca yapılan sökümelerde elde edilen bitki ağırlıkları Tablo 2’de verilmiştir. Denemede elde edilen taze ağırlık verileri incelendiğinde duman solüsyonunun gövde ve kök ağırlıkları üzerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Taze yaprak ağırlığı incelendiğinde çiçeklenme öncesi (9.96 g) taze yaprak ağırlığı en yüksek değerine ulaşırken dinlenme öncesi (5.05 g) bu ağırlık azalmıştır. Taze yaprak ağırlıklarının üzerine duman solüsyonu dozlarının etkisi olmazken interaksyon önemli olmuştur. En yüksek taze yaprak ağırlığı çiçeklenme öncesi %1.0 duman solüsyonundan (12.17 g) elde edilirken en düşük ağırlık dinlenmeye girişte kontrol uygulamasından (3.19 g) elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Duman solüsyonunu çileklerde bitki ağırlıkları üzerine etkileri

Table 2. Effects of smoke solution on plant weights of strawberries

UYGULAMA APPLICATION		TAZE AĞIRLIK Fresh Weight (g)			KURU AĞIRLIK DRY WEIGHT (g)		
		Gövde Crown	Yaprak Leaf	Kök Root	Gövde Crown	Yaprak Leaf	Kök Root
Dönem Period	Çiçeklenme Öncesi Pre-Flowering	1.35	9.96a	5.01	0.37	2.72a	1.26
	Dinlenmeye Giriş Pre-dormansi	1.47	5.05b	4.04	4.40	1.53b	1.16
Duman Solüsyonu Dozu Smoke Solution Dose	Kontrol (Control)	1.73	7.60	4.59	0.48	2.10	1.18
	% 0.1 0.1%	1.66	7.06	4.54	0.45	2.50	1.18
	% 0.5 0.5%	1.15	7.69	4.33	0.29	2.03	1.26
	% 1.0 1.0%	1.10	7.68	4.63	0.31	1.88	1.23
İTERAKSİYON INTERACTION							
Dönem X Doz Period X Dose	ÇÖ X Kontrol PFXC	1.81	8.78b	5.02	0.48	2.27	1.10
	ÇÖ X % 0.1 PF X 0.1%	1.77	8.86b	5.33	0.49	3.42	1.30
	ÇÖ X % 0.5 PF X 0.5%	1.00	10.02ab	5.15	0.25	2.39	1.45
	ÇÖ X % 1.0 PF X 1.0%	0.84	12.17a	4.52	0.27	2.80	1.20
	DG X Kontrol PDXControl	1.65	3.19d	4.15	0.41	1.93	1.26
	DG X %0.1 PDX0.1%	1.56	5.25c	3.74	0.41	1.58	1.07
	DG X % 0.5 PDX0.5%	1.33	5.35c	3.51	0.34	1.67	1.07
	DG X % 1.0 PDX1.0%	1.36	5.71c	4.75	0.36	0.95	1.25
ÖNEMLİLİK (SIGNIFICANCE)							
Dönem (Period)	ÖD	**	ÖD	ÖD	*	ÖD	
Doz (Dose)	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	
Dönem X Doz (Period X Dose)	ÖD	*	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	

ÇÖ: çiçeklenme öncesi, DG: dinlenmeye giriş, ÖD: Ortalamalar arasındaki fark 0.05 seviyesinde önemli değildir *: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark 0.05 seviyesinde önemlidir, ns: not significant

Kuru ağırlık verileri incelendiğinde yaprak kuru ağırlıkları hariç diğer parametrelerde istatistiksel bir farklılık belirlenmemiştir. Yaprak kuru ağırlıklarında dönem (çiçeklenme öncesi, dinlenmeye giriş) önemli olurken diğer kriterler önemsiz olmuştur. En fazla yaprak kuru ağırlığı vejetatif büyümenin en aktif olduğu çiçeklenme öncesinde (2.72 g) elde edilmiştir (Tablo 2). Kuru yaprak ağırlığı dışında incelenen diğer parametrelerde fark istatistiksel olarak bir olmazken, diğer çalışmalarda duman solüsyonu uygulamalarının çeşitli bitki türlerinde fide büyümesinde (Kulkarni ve ark., 2011; Ghebrehiwot ve ark., 2012; Kamran ve ark., 2013; Govindaraj ve ark.,

2016; Ren ve Bai, 2016); fide taze ağırlığında (Elsadek ve Yousef, 2019); kök taze/kuru ağırlığında (Akhtar ve ark., 2017); sürgün taze/kuru ağırlığında (Kulkarni ve ark., 2007; Iqbal ve ark., 2016; Başaran ve ark., 2019) olumlu etkilerinin bulunduğu rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda duman solüsyonunun uygun dozunun belirlenememişti olduğu düşünülmektedir.

3.3. Duman Solüsyonunu Çilek Fidelerinde Bazı Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Araştırma sonunda elde ettiğimiz biyokimyasal veriler *Tablo 3*'de verilmiştir. Denemede yapraklarda elde edilen toplam fenolik madde miktarları (GAE mg g⁻¹) incelendiğinde dönem çok önemli olurken doz ve interaksiyonlar önemsiz olmuştur. En yüksek fenolik madde miktarı dinlenmeye giriş döneminde elde edilmiştir (32.72 GAE mg g⁻¹). Bununla birlikte sonuçlar duman uygulamalarının, toplam fenolik madde içeriklerini yükseltebileceğini ortaya koymaktadır (Aremu ve ark., 2012; Abdelgadir ve ark., 2013; Aremu ve ark., 2014).

Tablo 3. Duman solüsyonunu çileklerde bazı biyokimyasal içerikleri üzerine etkileri

Table 3. Effects of smoke solution on some biochemical contents of strawberries

UYGULAMA		Toplam Fenolik Madde (GAE)(mg g ⁻¹)	Toplam Protein (mg)	Toplam Şeker (g)
Dönem <i>Period</i>	Çiçeklenme Öncesi <i>Pre-Flowering</i>	23.99b	5.62	3.63a
	Dinlenmeye Giriş <i>Pre-dormansi</i>	32.72a	5.48	2.52b
Duman Solüsyon Dozu <i>Smoke Solution Dose</i>	Kontrol <i>(Control)</i>	28.41	5.04b	2.76b
	% 0.1 <i>0.1%</i>	26.69	5.72a	3.31a
	% 0.5 <i>0.5%</i>	29.17	5.70a	3.29a
	% 1.0 <i>1.0%</i>	29.14	5.73a	2.94ab
İNTERAKSIYON <i>INTERACTION</i>				
Dönem X Doz <i>Period X Dose</i>	ÇÖ X Kontrol <i>PFXC</i>	24.52	4.93	3.99
	ÇÖ X % 0.1 <i>PF X 0.1%</i>	20.13	6.07	3.06
	ÇÖ X % 0.5 <i>PF X 0.5%</i>	25.57	5.66	4.04
	ÇÖ X % 1.0 <i>PF X 1.0%</i>	25.73	5.81	3.45
	DG X Kontrol <i>PDXControl</i>	32.30	5.14	2.64
	DG X %0.1 <i>PDX0.1%</i>	33.25	5.36	2.46
	DG X % 0.5 <i>PDX0.5%</i>	32.76	5.75	2.54
	DG X % 1.0 <i>PDX1.0%</i>	32.55	5.66	2.44
ÖNEMLİLİK <i>(SIGNIFICANCE)</i>				
Dönem <i>Period</i>	**	ÖD	**	
Doz <i>Dose</i>	ÖD	*	*	
Dönem X Doz <i>PeriodXDose</i>	ÖD	ÖD	ÖD	

ÇÖ: çiçeklenme öncesi, DG: dinlenmeye giriş, ÖD: Ortalamalar arasındaki fark 0.05 seviyesinde önemli değildir *: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark 0.05 seviyesinde önemli değildir, ns: not significant

Çalışma sonunda elde ettiğimiz yaprakların toplam protein miktarı üzerine duman solüsyonunun dozu önemli olurken diğer parametreler önemsiz olmuştur. Duman solüsyonunun bütün dozları kontrol grubuna oranla toplam

protein miktarını artırdığı tespit edilmiştir (Tablo 3). Duman solüsyonlarının, büyüme üzerine etkili besin maddelerinin absorpsiyonunu artırarak protein biyosentezini desteklediği tespit edilmiştir (Jamil ve ark., 2014). Bitkisel kaynaklı duman solüsyonları ile yapılan priming işleminin mısır (*Zea mays*) buğdaygiller (*L. Poaceae*) (Waheed ve ark., 2016; Aslam ve ark., 2019) ve mürdümük (*Lathyrus sativus*) 'ta (Başaran ve ark., 2019) protein içeriğini artırdığı tespit edilmiştir.

Denemede elde ettiğimiz gövdede toplam şeker miktarlarında dönem ve duman solüsyonu dozlarında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmiştir. Çilek fidelerinin gövdelerinde en yüksek toplam şeker içeriği çiçeklenme öncesinde (%3.63 g) tespit edilmiştir. Duman solüsyonunun dozları incelendiğinde en iyi sonuçların %0.1 ve 0.5 dozlarından (sırasıyla %3.31 ve 3.29 g) elde edildiği görülmüştür (Tablo 3). Jamil ve ark. (2020), düşük dozlarda duman solüsyonu ile ön çimlendirme yapılan pirinç tohumlarında karbonhidrat içeriğinin arttığını belirlemişlerdir. Duman solüsyonunda bulunan karrikins *Amaranthus hybridus* (*Amaranthaceae*) karbonhidrat içeriklerinde artış sağladığı belirlenmiştir (Nemahunguni ve ark., 2019).

4. Sonuç

Son zamanlarda, bitkilerde büyüme ve gelişimi teşvik etmesi, ürün verim ve kalitesini yükseltmesi ve bununla birlikte stres toleransını artırması bakımından önemli bir “biyostimülant” olarak, bitki kaynaklı duman solüsyonları gündeme gelmiştir. Duman solüsyonu uygulamaları özellikle yoğun yetiştiricilik yapılan bölgelerde önemli bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkan bitki artıklarını tekrar tarımda kullanarak sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır.

Denememizde Karadeniz bölgesinde yoğun olarak yetiştirilen fındığın zurufunun yakılması ile elde edilen duman solüsyonunun çilek fidelerinin bazı vejetatif büyüme özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar duman solüsyonu uygulamasının özellikle yaprak alanı ve ağırlıkları ile gövdedeki toplam şeker içeriğini üzerine çok önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. Çileklerde verim ve yaprak alanı ve gövdedeki toplam şeker içeriği arasında pozitif bir etki olduğu bilindiğinden bu bulgu çilek yetiştiriciliği için oldukça olumlu bir tespittir. Ayrıca duman solüsyonu uygulaması ile yapraktaki protein miktarındaki önemli artış bu fidelerin stres koşullarına dayanımına da katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Duman solüsyonu dozları değerlendirilirken en iyi sonucun %1,0 dozundan elde edildiği görülmüştür. İlerleyen çalışmalarda duman solüsyonunun verime katkısı belirlenerek mevcut sonuçların doğrulanması ve arazi koşullarında da değerlendirilmesi planlanmaktadır. Böylelikle duman solüsyonunun çilek yetiştiriciliğine etkisi daha net ortaya konulabilecektir.

Teşekkür

Bu çalışma 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Desteği ile yürütülen araştırma verilerinden üretilmiştir. Maddi katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Balcı, G., Yıldız A.; Materyal ve Metot: Balcı, G., Yıldız, A.; Veri Toplama ve İşleme: Balcı, G., Yıldız, A.; İstatistik Analiz: Balcı, G.; Literatür Tarama: Balcı, G., Yıldız, A.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Balcı, G., Yıldız, A.

Kaynakça

- Abdelgadir, H. A., Kulkarni, M. G., Aremu, A. O. and Van Staden, J. (2013). Smokewater and karrikinolide (KAR1) foliar applications promote seedling growth and photosynthetic pigments of the biofuel seed crop *Jatropha curcas* L. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(59): 743-747.
- Akhtar, N., Khan, S., Malook, I., Rehman, S. U. and Jamil, M. (2017). Pb-induced changes in roots of two cultivated rice cultivars grown in lead-contaminated soil mediated by smoke. *Environmental Science and Pollution Research*, 24: 21298-21310.
- Aremu, A. O., Kulkarni, M. G., Bair, M. O., Finnie, J. F. and Van Staden, J. (2012). Growth stimulation effects of smoke-water and vermin-compost leachate on greenhouse grown-tissue cultured "Williams" bananas. *Plant Growth Regulation*, 66, 111-118.
- Aremu, A. O., Masondo, N. A. and Van Staden, J. (2014). Smoke-water stimulates secondary metabolites during in vitro seedling development in *Tulbaghia* species. *South African Journal of Botany*, 91, 49-52.
- Aslam, M., Rehman, S., Khatoon, A., Jamil, M., Yamaguchi, H., Hitachi, K., Tsuchida, K., Li, X., Sunohara, Y., Matsumoto, H. and Komatsu, S. (2019). Molecular responses of maize shoot to a plant derived smoke solution. *International Journal of Molecular Sciences*, 20 e1319.
- Balcı, G., Koç, A., Keles, H. and Kılıç, T. (2017). Evaluation of some strawberry day neutral cultivars performance in Yozgat. *Fruit Science*, 4(2): 6-12.
- Başaran, U., Doğrusöz, M., Gülümser, E. and Mut, H. (2019). Using smoke solutions in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) to improve germination and seedling growth and to reduce toxic compound ODAP. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43: 518-526.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Brown, N. A. C. (1994). Promotion of germination of fynbos seeds by plant-derived smoke. *New Phytologist*, 123: 575-583.
- Daws, M. I., Davies, J., Pritchard, H. W., Brown, N. A. C. and Van Staden, J. (2007). Butenolide from plant-derived smoke enhances germination and seedling growth of arable weed species. *Plant Growth Regulation*, 51: 7382. <https://doi.org/10.1007/s10725-006-9149-8>
- De Lange, J. H., Boucher, C. (1990). Autecological studies on *Audouinia capitata* (*Bruniaceae*) I. Plant-derived smoke as a seed germination cue. *South African Journal of Botany*, 56: 700-703.
- Demirsoy, L., Mısır, D. and Adak, N. (2017). Strawberry production in soilless culture. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 27(1): 71-80.
- Dewor, A. W. (1954). Sulfonated 1-naphthol and anthrone reactions applied to sulfuric acid extract of cereals. *Agricultural and Food Chemistry*, 2(25): 1290-1292.
- Dixon, K., Roche, S. and Pate, J. (1995). The promotive effect of smoke derived from burnt native vegetation on seed germination of Western Australian plants. *Oecologia*, 101: 185-192.
- Drewes, F. E., Smith, M. T. and Van Staden, J. (1995). The effect of a plant derived smoke extract on the germination of light-sensitive lettuce seed. *Plant Growth Regulation*, 16: 205-209.
- Elsadek, M. A., Yousef, E. A. A. (2019). Smoke-water enhances germination and seedling growth of four horticultural crops. *Plants*, 8: 104.
- FAO (2025). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/OCL/visualize> (Erişim Tarihi: 30.05.2024)
- Gardner, M. J., Dalling, K. J., Light, M. E., Jager, A. K. and Van Staden, J. (2001). Does smoke substitute for red light in the germination of light-sensitive lettuce seeds by affecting gibberellin metabolism? *South African Journal of Botany* 67: 636-640.
- Ghebrehiwot, H. M., Kulkarni, M. G., Kirkman, K. P. and Van Staden, J. (2012). Smoke and heat: influence on seedling emergence from the germinable soil seed bank of mesic grassland in South Africa. *Plant Growth Regulation*, 66: 119-127.
- Govindaraj, M., Masilamani, P., Albert, A. V. and Bhaskaran, M. (2016). Plant derived smoke stimulation for seed germination and enhancement of crop growth: A review. *Agricultural Reviews*, 37: 87-100.
- Iqbal, M., Asif, S., Ilyas, N., Raja N., Hussain, M., Sabir, S., Faz, M. N. A. and Rauf, A. (2016). Effect of plant derived smoke on germination and post germination expression of wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 7: 806-813.
- Jamil, M., Jahangir, M. and Rehman, S. U. (2020). Smoke induced physiological, biochemical and molecular changes in germinating rice seeds. *Pakistan Journal of Botany*, 52(3): 865-871.
- Jamil, M., Kanwal, M., Aslam, M. M., Khan, S. S., Malook, I., Tu, J. and Rehman, S. U. (2014). Effect of plant-derived smoke priming on physiological and biochemical characteristics of rice under salt stress condition. *Australian Journal of Crop Science*, 8: 159-170.
- Kamran, M., Imran, Q., Khatoon, A., Lee, I. and Rehman, S. (2013). Effect of plant extracted smoke and reversion of abscisic acid stress on lettuce. *Pakistan Journal of Botany*, 45: 1541-1549.
- Karakayacı, Z. and Aydın, E. (2023). Environmental valuation of wastewater used in agricultural production. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(4): 1058-1068.
- Keeley, J. E. and Fotheringham, C. J. (1998). Smoke induced seed germination in California chaparral. *Ecology*, 79(7): 2320-2336.

- Kiselev, K. V., Dubrovina, A. S., Veselova, M. V., Bulgakov, V. P., Fedoreyev, S. A. and Zhuravlev, Y. N. (2007). The rol-B gene-induced over production of resveratrol in *Vitis amurensis* transformed cells. *Journal of Biotechnology*, 128: 681-692.
- Kulkarni, M. G., Ascough, G. D. and Van Staden, J. (2007). Effects of foliar applications of smoke-water and a smoke isolated butenolide on seedling growth of okra and tomato. *Horticulture Technology*, 18: 449-454.
- Kulkarni, M., Light, M. and Van Staden, J. (2011). Plant-derived smoke: Old technology with possibilities for economic applications in agriculture and horticulture. *South African Journal of Botany*, 77: 972-979.
- McClements, D. J. (2020). Enhancing efficacy, performance, and reliability of cannabis edibles: Insights from lipid bioavailability studies. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11(1): 45-70. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051834>
- Nemahunguni, N. K., Gupta, S., Kulkarni, M. G., Finnie, J. F. and Van Staden, J. (2019). The effect of biostimulants and light wavelengths on the physiology of *Cleome gynandra* seeds. *Plant Growth Regulation*, 90: 467-474.
- Ngoroyemoto, N., Gupta, S., Kulkarni, M. G., Finnie, J. F. and Van Staden, J. (2019). Effect of organic biostimulants on the growth and biochemical composition of *Amaranthus hybridus* L. *South African Journal of Botany*, 124: 87-93
- Özden, M., Demirel, U. and Kahraman, U. (2009). Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.) exposed to oxidative stress by H₂O. *Scientia Horticulturae*, 119: 163-168.
- Özenç, N. (2004). *Fındık zuruğu ve diğer organik materyallerin fındık tarımı yapılan toprakların özellikleri ve ürün kalitesi üzerine etkileri*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Ren, L. and Bai, Y. G. (2016). Smoke originated from different plants has various effects on germination and seedling growth of species in fescue prairie. *Botany*, 94, 1141- 1150.
- Schwachtje, J. and Baldwin, I. T. (2004). Smoke exposure alters endogenous gibberellin and abscisic acid pools and gibberellin sensitivity while eliciting germination in the post-fire annual, *Nicotiana attenuata*. *Seed Science Research*, 14: 51-60.
- Singleton, V.L. and Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- TÜİK (2025). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <https://data.tuik.gov.tr/img/SVG/excel.svg> (Erişim Tarihi 28.04.2024)
- Üçok, S. and Yang, X. (2025). Chemical composition and methane production potential of agricultural residues: Olive pomace, cotton seed meal and red pepper processing waste. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 22(1): 195-204.
- Van Staden, J., Jäger, A. K. and Strydom, A. J. P. G. R. (1995). Interaction between a plant-derived smoke extract, light and phytohormones on the germination of light-sensitive lettuce seeds. *Plant Growth Regulation*, 17(3): 213-218.
- Waheed, M. A., Muhammad, J., Muhammad, D. K., Shakirullah, K. S. and UrRehman, S. (2016). Effect of plant-derived smoke solutions on physiological and biochemical attributes of maize (*Zea mays* L.) under salt stress. *Pakistan Journal of Botany*, 48: 1763-1774.