






## Çay Artıklarından Elde Edilen Odun Sirkesinin Lahanada Fide Gelişimi ve Besin Maddesi İçeriği Üzerine Etkisi

The Effect of Wood Vinegar Obtained from Tea Wastes on Seedling Growth and Nutrient Content in Cabbage

Merve Yüce<sup>1</sup> , Güleray Ağar<sup>2</sup> , Ertan Yıldırım<sup>3</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 02.10.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 19.12.2023

Yayın Tarihi (Published): 29.04.2024

**Öz:** Bu çalışmada, çay bitkisi atıklarından elde edilen odun sirkesinin farklı dozlarda yaprakтан ve topraktan uygulanarak lahanada fidelerinde bitki gelişimi ve mineral madde içeriği üzerine etkisi incelenmiştir. Odun sirkesi (OS) farklı dozlarda (0, 1:25, 1:50, 1:75, 1:100, 1:250 ve 1:500; odun sirkesi/su) hazırlanarak lahanada fidelerine iki şekilde (yapraklara püskürtülerek ve topraktan) uygulanmıştır. Uygulamalar birer hafta aryla 3 kez yapılmıştır. Odun sirkesinin yaprakтан ve topraktan uygulamaları lahanada fidelerinde bitki gelişimini istatistiksel anlamda önemli olarak etkilemiştir. En yüksek gövde çapı, bitki uzunluğu gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı yaprakтан 1:500 OS uygulamasından elde edilirken en yüksek kök taze ağırlığı yaprakтан 1:250 OS uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük değerler ise yaprak vetopraktan uygulanan en yüksek OS konsantrasyonundan (1:25) elde edilmiştir. Çalışmada yaprak veya topraktan farklı dozlarda uygulanan OS uygulamalarının lahanada fidelerinde N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B ve Cu içeriğine etkisinin önemli olduğu ve genellikle bitki besin element içeriğini artırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak özellikle düşük konsantrasyonda yaprakтан veya topraktan OS uygulamaları lahanada fidelerinde bitki gelişimini olumlu olarak etkilediği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Lahanada (*Brassica oleracea*), odun sirkesi, fide gelişimi, besin maddesi içeriği

&

**Abstract:** The purpose of the study was determine to the effect of wood vinegar obtained from tea plant waste on plant growth and mineral content in cabbage seedlings applied to leaves and soil in different doses. Wood vinegar (OS) was prepared in different doses (0, 1:25, 1:50, 1:75, 1:100, 1:250 and 1:500; wood vinegar/water) and applied to cabbage seedlings in two ways (by spraying on the leaves or drench). Applications were made 3 times with one week intervals. Foliar and soil applications of wood vinegar had a statistically significant effect on plant growth in cabbage seedlings. While the highest stem diameter, plant length, stem fresh weight, stem dry weight and root dry weight were obtained from the foliar 1:500 OS application, the highest root fresh weight was determined from the foliar 1:250 OS application. The lowest values were obtained from the highest concentrations (1:25) applied to leaves and soil. In the study, it was determined that the effect of OS applications applied to leaves or soil at different doses on the N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B and Cu contents in cabbage seedlings was significant and generally increased the plant nutrient element content. In conclude, it was determined that foliar or soil OS applications, especially at low concentrations, positively affect plant growth in cabbage seedlings.

**Keywords:** Cabbage (*Brassica oleracea*), wood vinegar, seedling growth, nutrient element content

**Atf/Cite as:** Yüce, M., Ağar, G., & Yıldırım, E. (2024). Çay artıklarından elde edilen odun sirkesinin lahanada fide gelişimi ve besin maddesi içeriği üzerine etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 10(1), 16-22. doi: 10.24180/ijaws.1369931

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Arş. Gör. Dr. Merve Yüce, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, merve.yuce@atauni.edu.tr

<sup>2</sup> Prof. Dr. Güleray Ağar, Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, gagar@atauni.edu.tr

<sup>3</sup> Prof. Dr. Ertan Yıldırım, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, ertanyil@atauni.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

## GİRİŞ

Biyokütle pirolizinin bir yan ürünü olan OS (odun sirkesi), tarım, ormancılık, çevre ve diğer alanlardaki potansiyel uygulamaları nedeniyle giderek artan ilgi görmektedir. OS, organik asitler, fenolik, alkol ve ester bileşiklerinden oluşan 200'den fazla suda çözünür bileşikten oluşur. OS'nin, koku giderici, hayvan yemi katkı maddesi ve böcek kovucu gibi tarımsal kullanımlar ve toprak veya yaprak gübresi gibi birçok kullanımı alanı bulunmaktadır. OS'nin, farklı bitkilerde tohum çimlenmesini ve bitki gelişimini olumlu etkilediği bildirilmiştir (Mungkunkamchao vd., 2013).

OS, toprak enzim aktivitelerini uyararak (Lashari vd., 2013), amonyak buharlaşmasını azaltarak (Win vd., 2009) ve metal toksisitesini hafifleterek toprak yapısının iyileştirilmesinde umut verici potansiyeli nedeniyle ilgi odağı haline gelmiştir (Win vd., 2009; Liu vd., 2018). OS'nin tohuma, toprağa veya yaprağa uygulanması patlıcan ve biberde büyümeye bağlı parametreleri iyileştirdiği bildirilmiştir (De Guzman ve Cababaro, 2021; Zhu vd., 2021). Yüksek veya seyreltilmiş OS çözeltisinin antioksidan ve antibakteriyel özelliklere sahip olduğu ve bir büyüme düzenleyicisi olarak görev yapabileceği rapor edilmiştir (Yang vd., 2016; Zhu vd., 2021). OS'nin ayrıca stres koşullarında bitki gelişimini olumlu etkilediği de bildirilmiştir (Theapparat vd., 2018; Mohd Amnan vd., 2023).

Tarım ve ormancılık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan ve çoğunlukla yakılarak veya doğada terk edilerek elden çıkarılan biyokütle miktarının yıllık 146 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu tür biyokütle kalıntılarının yakılması, toprak canlılarını olumsuz etkileyerek toprağın bozulmasına yol açabilir (Birol ve Günel, 2022). Çay, en yaygın ve en çok tüketilen içeceklerden biri olup, sudan sonra ikinci sırayı almaktadır. Çay atıkları çevre sektörü, enerji sektörü, polimer endüstrisi vb. birçok alanda kullanılmaktadır. Çay ve türevi ürünlerin tüketiminin artmasıyla birlikte, başta çay ekstraktlarının üretimi sırasında oluşan çay kalıntıları, toplanmamış çay yaprakları ve budanmış dallar olmak üzere çay atıklarının miktarı hızla artmış olup, bu da büyük biyokütle kaybına ve çevresel kirlenmenin artmasına yol açmaktadır (Guo vd., 2021). Budanmış çay yaprakları ve çay kalıntıları, karboksil, hidroksil, fenolik hidroksil ve oksil gruplarının yanı sıra oksijen/heteroatom içeren gruplarda bol miktarda bulunan lignin ve holoselüloz bakımından zengindir (Hussain vd., 2018).

Yapılan çalışmalar odun sirkesi uygulamalarının etkisinin elde edildiği kaynağın türüne ve uygulama konsantrasyonuna bağlı olduğunu göstermiştir (Idowu vd., 2023). Türkiye çay alanları 2015 yılında 762 bin dekar iken 2019 yılında 849 bin dekara çıkmıştır. Diğer yandan 2015 yılında 1.33 milyon ton olan çay üretimi 2019 yılında 1.45 milyon tona yükselmiştir. Bu çalışmada, Türkiye'de büyük miktarlarda açığa çıkan ve değerlendirilmeyen çay bitkisi atığından elde edilen odun sirkesinin farklı dozlarda yapraktan ve topraktan uygulanan lahana fidelerinde bitki gelişimi ve mineral madde içeriği üzerine etkisi incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

Çalışma Atatürk Üniversitesi, Bitkisel Üretim ve Araştırma Müdürlüğü'ne ait yarı kontrollü serada yürütülmüştür. Çalışma boyunca sıcaklık ve nem ölçümleri alınmış olup, ortalama sıcaklık 24 °C ve ortalama nem ise %60 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada bitkisel materyal olarak lahana (*Brassica oleracea* var *capitata* cv. Yalova 1) kullanılmıştır. Lahana tohumları torf:perlit (2:1) içeren 216 gözlü viyollere ekildikten sonra yaklaşık bir ay sonra 2-3 adet gerçek yapraklı aşamadaki fideler içinde 2:1:1 oranlarda bahçe toprağı:torf:kum olan 1.5 L'lik saksılara aktarılmıştır. Saksılara herhangi bir gübre uygulaması yapılmamıştır.

Rize Belediyesinin bir kuruluşu olan Ribekent tarafından çay atıklarından proliysis yöntemi ile üretilen odun sirkesi (Çizelge 1) farklı dozlarda (0, 1:25, 1:50, 1:75, 1:100, 1:250 ve 1:500; OS/su) hazırlanarak lahana fidelerine iki şekilde (yapraklara püskürtülerek veya topraktan) uygulanmıştır. Uygulamalar birer hafta arayla 3 kez yapılmıştır.

**Çizelge 1.** Denemede kullanılan odun sirkesinin bazı kimyasal özellikleri.*Table 1. Some chemical properties of the wood vinegar used in the experiments.*

Organik Madde (%)	36.15
Organik Karbon (%)	16.14
pH	5.73
EC (dS m <sup>-1</sup> )	3.43
Toplam Mangan (Mn) (ppm)	4.80
Toplam Azot (N) (%)	1.27
Organik Azot (%)	0.94
Toplam Kükürt (S) (%)	0.10
Toplam (Humik+Fulvik) Asit (%)	60.39
Toplam Bor (B) (ppm)	5.00
Toplam Fosfor (P) (%)	0.25
Toplam Demir (Fe) (ppm)	49.8
Toplam Çinko (Zn) (ppm)	4.40
Suda Çöz. Potasyum Oksit (K <sub>2</sub> O) (%)	0.05

Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 6 bitki olacak şekilde yürütülmüştür. Lahana fideleri saksılara dikiminden 40 gün sonra çalışma tamamlanmıştır. Deneme sonunda fidelerin gövde çapı kumpas ve bitki boyu cetvel ile gövde ve kök taze ve kuru ağırlıkları ise hassas terazide tartılarak belirlenmiştir. Kuru ağırlıklar kök ve gövdeler 68 °C de ağırlık değişmez duruma gelinceye kadar etüvde tutulduktan sonra tartılarak tespit edilmiştir. Kuru ağırlıkları belirlenen toprak üstü aksam öğütüldükten sonra toplam azot (N)'nin belirlenmesi, Vapodest 10 Hızlı Kjeldahl Damıtma Ünitesi (Gerhardt, Königswinter, Almanya) kullanılarak Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner, 1996). Fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), kükürt (S), mangan (Mn), demir (Fe), çinko (Zn), bor (B) ve bakır (Cu) gibi besin elementi içeriğini belirlemek için indüktif olarak eşleşmiş bir plazma spektrofotometresi (Optima 2100 DV, ICP/OES; Perkin-Elmer, Shelton, CT) kullanılmıştır.

Elde edilen veriler Varyans analizine tabi tutulduktan sonra uygulamalar arasındaki farklar SPSS programı kullanılarak LSD (0.05) çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Sera koşullarında saksı denemesi şeklinde yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Çizelge 2 ve Çizelge 3'te sunulmuştur. Çizelge 2 incelendiğinde odun sirkesinin yapraktan ve topraktan uygulamalarının lahana fidelerinde bitki gelişimini istatistiksel anlamda önemli olarak etkilediği görülmektedir. En yüksek gövde çapı, bitki boyu, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı yapraktan 1:500 OS uygulamasından elde edilirken en yüksek kök taze ağırlığı yapraktan 1:250 OS uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük değerler ise yaprak ve topraktan uygulanan en yüksek konsantrasyonlardan (1:25) elde edilmiştir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara paralel olarak önceki araştırmalarda da farklı hammaddelerden elde edilen OS uygulamalarının bitki büyümesini ve gelişimini iyileştirdiği gösterilmiştir (Zhu vd., 2021; Luo vd., 2019). Yine, OS uygulamalarının domates ve hıyarda bitki gelişimini olumlu etkilediği rapor edilmiştir (Mungkunkamchao vd., 2013; Pan vd., 2017; Lei vd., 2018). OS uygulamalarının pirinç ve buğdayda kuraklık stresi toleransını artırdığı belirlenmiştir (Luo vd., 2019; Dissatian vd., 2018; Wang vd., 2019). Kolzada tohumu OS uygulamasının, biyokütle ile ilgili parametrelerde, klorofil içeriğinde ve fotosentezde önemli ölçüde kontrole göre iyileştiği rapor edilmiştir (Ma vd., 2022). Luo vd. (2019) kavak ağacından elde edilen odun sirkesinin biber ve domateste özellikle düşük konsantrasyonlarda kök ve toprak üstü biyokütleyi önemli düzeyde artırdığını ileri sürmüşlerdir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi denemede kullanılan çay bitkisi atıklarından elde edilen OS'nin önemli miktarda humik ve fulvik asit içerdiği görülmektedir. Humik maddelerin doğal, etkili büyüme destekleyicileri olduğu bilinmektedir. Düşük molekül ağırlıklı humik asit, kök hücrelerine girebilir ve hücre içi sinyalleri doğrudan uyarabilir. Besin taşıyıcıları, plazma zarı H<sup>+</sup>-ATPazları, hormon yolları ve azot alımı, hücre bölünmesi ve gelişiminde rol oynayan genler/enzimlerin tümü humik asit'den etkilenir (Vikram vd., 2022). Humik asit ve humik maddeler toprakta kullanıldığında toprak yapısını iyileştirebilir,

besin elementi alım etkinliğini artırabilir ve bitkilerde morfogenezini, yan kök oluşumunu ve kılcal kök oluşumunu teşvik ederek ve aynı zamanda uyarıcı olarak büyümeyi arttırıcı olarak hareket edebilir. Hümik maddeler ayrıca, karbon, azot ve sekonder metabolizma indüksiyonunu artırır (Khan vd., 2018; Yanan vd., 2020; Nardi vd., 2021).

**Çizelge 2.** OS uygulamalarının lahanada fidelerinde bazı bitki büyüme parametreleri üzerine etkisi.

Table 2. Effect of wood vinegar applications on some plant growth parameters in cabbage seedlings.

Uygulama	Gövde Çapı (mm)	Bitki boyu (cm)	Gövde yaş ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Gövde kuru ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Kök yaş ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Kök kuru ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )
1:25 Toprak	2.77	16.00	10.58	2.10	2.08	0.29
1:25 Yaprak	3.72	19.17	14.01	2.13	2.26	0.30
1:50 Toprak	5.05	22.67	24.94	3.37	2.81	0.41
1:50 Yaprak	4.38	21.50	21.19	2.80	2.66	0.39
1:75 Toprak	5.02	25.67	25.51	3.38	3.82	0.52
1:75 Yaprak	5.25	21.33	25.13	3.62	4.07	0.55
1:100 Toprak	4.72	25.00	25.60	3.74	3.11	0.51
1:100 Yaprak	4.00	24.33	24.81	3.72	4.04	0.55
1:250 Toprak	4.92	24.50	25.54	3.64	3.42	0.54
1:250 Yaprak	4.46	23.50	26.50	3.85	4.32	0.53
1:500 Toprak	5.09	27.00	27.98	3.71	3.65	0.54
1:500 Yaprak	5.25	28.33	29.60	4.08	3.65	0.56
Kontrol	4.28	22.50	21.12	3.18	2.68	0.40
<b>Ortalama</b>	<b>4.53</b>	<b>23.19</b>	<b>23.27</b>	<b>3.33</b>	<b>3.27</b>	<b>0.47</b>
F değeri	49.69**	37.10**	48.92**	93.91**	95.19**	103.27**
LSD (0.05)	0.30	1.56	2.23	0.19	0.22	0.03
Varyasyon katsayısı (%)	3.89	4.01	5.76	3.36	3.94	3.56

\*\* : p<0.001

Çalışmada yaprak veya topraktan farklı dozlarda uygulanan OS uygulamalarının lahanada fidelerinde N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B ve Cu içeriğine etkisinin önemli olduğu ve genellikle bitki besin element içeriğini arttırdığı tespit edilmiştir. En fazla N, K, Ca, Mg ve Fe içeriği yapraktan 1:100 OS uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek P, S ve B 1:250 toprak, en yüksek Mn ve Zn 1:500 yaprak, en yüksek Zn ise 1:100 toprak uygulamasında belirlenmiştir. Benzer şekilde Mirsoleimani vd. (2023) OS uygulamalarının bitkinin Ca, Na ve Mn alımını arttırdığını rapor etmişlerdir. OS, toprağın pH'ını ve tuzluluğunu ve dolayısıyla bitkinin kuru ağırlığını ve besin alımını etkileyerek topraktaki besin maddelerinin kullanılabilirliğini ve bunların bitki tarafından alımını etkileyebilir (Mirsoleimani vd., 2023). OS'nin düşük molekül ağırlığa sahip asitleri (asetik asit ve propanoik asit gibi) içerdiği ve bu düşük molekül ağırlığa sahip asitlerin bitkilerde kök morfolojisi ve biyokütlesini destekleyerek besin alımını kolaylaştırdığı ve sonuç olarak rizosferin kalitesini iyileştirerek besin kullanılabilirliğini arttırdığı bildirilmiştir (Sharma vd., 2016). Toprağa uygulanan hümik maddelerin besin elementi alımını ve kök mimarisini etkileyerek özellikle stres koşullarında bitki gelişimi ile besin maddesi alımını arttırdığı rapor edilmiştir (Vikram vd., 2022). Nitekim bizim çalışmamızda kullandığımız çay bitkisi atıklarından elde edilen OS'nin önemli miktarda hümik madde içerdiği görülmektedir (Çizelge 1). Hümik maddeler ayrıca, besin kullanım verimliliğini, makro ve mikro element asimilasyonunu ve karbon, N ve sekonder metabolizma indüksiyonunu arttırdığı ileri sürülmüştür (Khan vd., 2018; Yanan vd., 2020; Nardi vd., 2021).

**Çizelge 3.** Odun sirkesi uygulamalarının lahanada fidelerinde bitki besin elementi içeriği üzerine etkisi.

Table 3. Effect of wood vinegar applications on plant nutrient content in cabbage seedlings.

Uygul.	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )
1:25 Top	3.43	1.25	2.13	3.70	0.337	0.250	50.63	20.15	3.28	2.86	18.48
1:25 Yap	2.82	0.92	1.57	3.50	0.199	0.183	41.70	12.37	2.87	2.77	18.51
1:50 Top	3.17	1.21	2.13	3.42	0.245	0.307	51.23	16.90	3.72	4.00	10.61
1:50 Yap	3.44	1.32	2.04	3.97	0.310	0.289	55.19	18.84	3.74	3.32	14.42
1:75 Top	2.84	1.12	1.85	3.08	0.224	0.485	52.91	17.46	3.32	3.30	20.30
1:75 Yap	2.87	1.19	1.99	3.12	0.240	0.442	44.42	15.12	3.37	3.15	19.52
1:100Top	3.55	1.53	2.56	4.25	0.337	0.331	60.10	20.47	4.02	3.22	10.67
1:100Yap	3.80	1.51	2.71	4.34	0.348	0.297	56.30	21.57	3.76	3.55	14.52
1:250Top	2.76	1.73	1.81	3.18	0.231	0.734	47.82	14.50	3.07	4.38	21.15
1:250Yap	3.31	1.62	2.38	3.52	0.255	0.525	51.90	17.26	3.86	3.78	11.50
1:500Top	2.90	1.47	1.65	3.24	0.341	0.260	40.10	15.30	3.07	3.18	12.52
1:500Yap	2.75	1.52	1.80	3.12	0.327	0.690	60.49	14.43	3.44	3.64	21.50
Kontrol	2.78	0.91	1.56	2.95	0.204	0.171	40.59	13.23	3.10	2.69	9.55
<b>Ort.</b>	<b>3.11</b>	<b>1.33</b>	<b>2.01</b>	<b>3.49</b>	<b>0.277</b>	<b>0.382</b>	<b>50.26</b>	<b>16.74</b>	<b>3.43</b>	<b>3.37</b>	<b>15.64</b>
F değeri	40.45**	75.55	72.45*	4071*	66.74*	212.84**	34.07	27.49*	20.44*	39.98	132.99*
			*	*	*		**	*	*	*	*
LSD (0.05)	0.16	2.05	0.13	0.21	0.020	0.036	3.47	1.61	0.23	0.23	1.11
Varyas. katsa(%)	3.13	3.87	3.68	3.53	4.380	5.630	4.11	5.71	3.98	3.97	4.24

\*\*: p&lt;0.001

## SONUÇ

Sonuç olarak özellikle düşük konsantrasyonda yapraktan veya topraktan OS uygulamaları lahanada fidelerinde bitki gelişimini olumlu olarak etkilediği tespit edilmiştir. OS uygulamalarının diğer sebzelerde de arazi koşullarında verim ve kalitesi üzerine etkisi araştırılmalıdır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## YAZAR KATKISI

Merve Yüce: Denemenin kurulması, deneme kayıtlarının tutulması, verilerin alınması ve ölçüm, tartım vb. ile ilgili laboratuvar çalışmaları, istatistik değerlendirme

Güleray Açar: Sonuçların değerlendirilmesi, makalenin yazılması

Ertan Yıldırım: İstatistiksel analiz, sonuçların değerlendirilmesi, makalenin yazılması

## KAYNAKLAR

- Biröl, M., & Günel, E. (2022). Odun Sirkesinin Tarımda Kullanımı. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 596-608. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.1004736>
- Bremner, J. M. (1996). Nitrogen-total. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, 5, 1085-1121.
- De Guzman, R. S., & Cababaro, A. C. (2021). Utilization of wood vinegar as nutrient availability enhancer in eggplant (*Solanum melongena* L.). *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*, 2(6), 485-492. <https://doi.org/10.11594/ijmaber.02.06.04>



- Dissatian, A., Sanitchon, J., Pongdontri, P., Jongrunklang, N., & Jothityangkoon, D. (2018). Potential of wood vinegar for enhancing seed germination of three upland rice varieties by suppressing malondialdehyde production. *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 40(2), 371-380. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v40i2.1332>
- Guo, S., Awasthi, M. K., Wang, Y., & Xu, P. (2021). Current understanding in conversion and application of tea waste biomass: A review. *Bioresource Technology*, 338, 125530. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125530>
- Hussain, S., Anjali, K. P., Hassan, S. T., & Dwivedi, P. B. (2018). Waste tea as a novel adsorbent: a review. *Applied Water Science*, 8, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0824-5>
- Idowu, O., Ndede, E. O., Kurebito, S., Tokunari, T., & Jindo, K. (2023). Effect of the Interaction between Wood Vinegar and Biochar Feedstock on Tomato Plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(2), 1599-1610. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01227-1>
- Khan, R. U., Khan, M. Z., Khan, A., Saba, S., Hussain, F., & Jan, I. U. (2018). Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. *Journal of plant nutrition*, 41(4), 453-460. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1385807>
- Lashari, M. S., Liu, Y., Li, L., Pan, W., Fu, J., Pan, G., Zheng, J., Zheng, J., Zhang, X., & Yu, X. (2013). Effects of amendment of biochar-manure compost in conjunction with pyroligneous solution on soil quality and wheat yield of a salt-stressed cropland from Central China Great Plain. *Field Crops Research*, 144, 113-118. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.015>
- Lei, M., Liu, B., & Wang, X. (2018, March). Effect of adding wood vinegar on cucumber (*Cucumis sativus* L) seed germination. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 128 (1), 012186. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/128/1/012186>
- Liu, L., Guo, X., Wang, S., Li, L., Zeng, Y., & Liu, G. (2018). Effects of wood vinegar on properties and mechanism of heavy metal competitive adsorption on secondary fermentation-based composts. *Ecotoxicology and environmental safety*, 150, 270-279. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.037>
- Luo, X., Wang, Z., Meki, K., Wang, X., Liu, B., Zheng, H., Xiangwei, Y., & Li, F. (2019). Effect of co-application of wood vinegar and biochar on seed germination and seedling growth. *Journal of Soils and Sediments*, 19, 3934-3944. <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02365-9>
- Ma, J., Islam, F., Ayyaz, A., Fang, R., Hannan, F., Farooq, M. A., Ali, B., Huang, Q., Sun, R., & Zhou, W. (2022). Wood vinegar induces salinity tolerance by alleviating oxidative damages and protecting photosystem II in rapeseed cultivars. *Industrial Crops and Products*, 189, 115763. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115763>
- Mirsoleimani, A., Najafi-Ghiri, M., Boostani, H. R., & Farrokhzadeh, S. (2023). Relationships between soil and plant nutrients of citrus rootstocks as influenced by potassium and wood vinegar application. *Journal of Soils and Sediments*, 23(3), 1439-1450. <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03408-4>
- Mohd Amnan, M. A., Teo, W. F. A., Aizat, W. M., Khaidizar, F. D., & Tan, B. C. (2023). Foliar application of oil palm wood vinegar enhances *Pandanus amaryllifolius* tolerance under drought stress. *Plants*, 12(4), 785. <https://doi.org/10.3390/plants12040785>
- Mungkunkamchao, T., Kesmala, T., Pimratch, S., Toomsan, B., & Jothityangkoon, D. (2013). Wood vinegar and fermented bioextracts: Natural products to enhance growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia horticulturae*, 154, 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.02.020>
- Nardi, S., Schiavon, M., & Francioso, O. (2021). Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, 26(8), 2256. <https://doi.org/10.3390/molecules26082256>
- Pan, X., Zhang, Y., Wang, X., & Liu, G. (2017). Effect of adding biochar with wood vinegar on the growth of cucumber. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 61(1), 01214. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/61/1/012149>
- Sharma, T., Dreyer, I., Kochian, L., & Piñeros, M. A. (2016). The ALMT family of organic acid transporters in plants and their involvement in detoxification and nutrient security. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1488. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01488>
- Theapparatt, Y., Chandumpai, A., & Faroongsarng, D. (2018). Physicochemistry and utilization of wood vinegar from carbonization of tropical biomass waste. *Tropical Forests-New Edition*, 163-183. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77380>

- Vikram, N., Sagar, A., Gangwar, C., Husain, R., & Kewat, R. N. (2022). Properties of humic acid substances and their effect in soil quality and plant health. In *Humus and Humic Substances-Recent Advances*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.105803>
- Wang, Y., Qiu, L., Song, Q., Wang, S., Wang, Y., & Ge, Y. (2019). Root proteomics reveals the effects of wood vinegar on wheat growth and subsequent tolerance to drought stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(4), 943. <https://doi.org/10.3390/ijms20040943>
- Win, K. T., Toyota, K., Motobayashi, T., & Hosomi, M. (2009). Suppression of ammonia volatilization from a paddy soil fertilized with anaerobically digested cattle slurry by wood vinegar application and floodwater management. *Soil Science and Plant Nutrition*, 55(1), 190-202. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2008.00337.x>
- Yanan, L. (2020, June). Research progress of humic acid fertilizer on the soil. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1549 (2), 022004. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1549/2/022004>
- Yang, J. F., Yang, C. H., Liang, M. T., Gao, Z. J., Wu, Y. W., & Chuang, L. Y. (2016). Chemical composition, antioxidant, and antibacterial activity of wood vinegar from *Litchi chinensis*. *Molecules*, 21(9), 1150. <https://doi.org/10.3390/molecules21091150>
- Zhu, K., Gu, S., Liu, J., Luo, T., Khan, Z., Zhang, K., & Hu, L. (2021). Wood vinegar as a complex growth regulator promotes the growth, yield, and quality of rapeseed. *Agronomy*, 11(3), 510. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030510>