نشریه فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۵، شماره ۷۲، خرداد و تیر ۱۴۰۵ صفحه: ۱-۲۰
https://doi.org/10.22034/15.72.1

مقاله پژوهشی

اثر سرکه چوب و اسیدآمینه پارال آمینوفول بر ویژگی‌های کمی و کیفی خیار گلخانه‌ای رقم کیهان

مهین اخلاص‌پور، فرزین عبدالهی*، علیرضا یاوری

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

چکیده

اسیدآمینه پارال آمینوفول و سرکه چوب به‌دلیل خواص تقویتی و تنظیمی خود می‌توانند رشد گیاه، جذب مواد مغذی و کیفیت محصول را بهبود بخشند. این پژوهش اثر ترکیبات را بر رشد و ویژگی‌های کمی و کیفی خیار رقم کیهان در گلخانه هیدروپونیک در شهرستان ارزوئیه استان کرمان بررسی کرد. تیمارهای سرکه چوب (صفر، ۲، ٤ و ٦ میلی‌گرم در لیتر) و اسیدآمینه پارال آمینوفول (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر) به‌صورت محلول در آب آبیاری قطره‌ای و همزمان در سه مرحله چهار برگی، گلدهی و برداشت اعمال شدند. آبیاری هر چهار روز یک بار انجام و تیمارها با آب آبیاری در اختیار گیاه قرار گرفتند. تیمار سرکه چوب ۲ میلی‌گرم بر لیتر، ارتفاع بوته و قطر ساقه را به‌ترتیب ٦۹/۵٦ و ۱۱۷/۸۵ درصد افزایش داد. بیشترین تعداد میوه با اسیدآمینه ۱/۵ و سرکه چوب ۲ میلی‌گرم بر لیتر (٤۱/۳۳ عدد) و بیشترین طول میوه با تیمار اسیدآمینه ۱/۵ و سرکه چوب ٦ میلی‌گرم بر لیتر (۱٤/۸ سانتی‌متر) مشاهده شد. سفتی میوه با تیمار اسیدآمینه ۱/۵ و سرکه چوب ۲ میلی‌گرم بر لیتر تا ۲۲/۹۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع افزایش یافت و وزن میوه با اسیدآمینه ۱/۵ و سرکه چوب ٦ میلی‌گرم بر لیتر به میزان ۵۱/۳٦ گرم افزایش یافت. نتایج نشان داد که همه تیمارها محتوای مواد جامد محلول را نسبت به شاهد کاهش دادند و بیشترین کاهش در اثر تیمارهای اسیدآمینه ۱/۵ و سرکه چوب ۲ میلی‌گرم بر لیتر بود. همچنین بیشترین افزایش کلروفیل a در تیمار سرکه چوب ۲ میلی‌گرم بر لیتر بدون اسیدآمینه و ترکیب اسیدآمینه ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر با سرکه چوب ٦ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. تیمار اسیدآمینه ۱/۵ و سرکه چوب ۲ میلی‌گرم افزایش کلروفیل b، کاروتنوئید، فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به شاهد ایجاد شد. نتایج نشان داد که کاربرد همزمان این دو ماده در شرایط هیدروپونیک می‌تواند رشد گیاه و کیفیت محصول را به‌طور چشمگیری بهبود بخشد و به عنوان روشی مؤثر در تولید خیار با عملکرد بالا توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: آنتی‌اکسیدان، اسیدآمینه، سرکه چوب، کیفیت میوه، فعالیت‌های فیزیولوژیکی

مقدمه

سبزیجات جز مهمی از تغذیه انسان هستند (Ebabhi and

دریافت مقاله: ۱٤۰٤/۰۲/۰۲، بازنگری: ۱٤۰٤/۰۸/۱٤، پذیرش: ۱٤۰٤/۰۸/۲۱، اولین انتشار: ۱٤۰۵/۰۳/۱۲

* نویسنده مسئول، رایانامه: fabdollahi@hormozgan.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به انجمن فیزیولوژی گیاهی ایران است. ۱٤۰۳ ©

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:
Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

(Adebayo, 2022). خیار (*Cucumis sativus* L.) یکی از محبوب‌ترین اعضای خانواده Cucurbitaceae است که به‌عنوان سبزی تازه مصرف می‌شود و منبع عالی ویتامین K، لیگنین، فلاونوئیدها، تری‌ترپن‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و مواد معدنی است (Sharma *et al*., 2024). خیار کالری بسیار کمی دارد و فاقد کلسترول یا چربی اشباع شده است. این گیاه چهارمین سبزی بعد از گوجه‌فرنگی و پیاز و کلم بوده و به عنوان یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین سبزیجات، مطرح است (Babatunde, 2022). خیار از محصولات باغی مهم در جهان است که در کشور ایران با تولید ٤٨٣٠٩١/٦٨ تن، رتبه پانزدهم جهانی تولید این محصول را به خود اختصاص داده است. در سال ۲۰۲۲، میزان کل سطح زیرکشت خیار در ایران ۱۸۳۱۷ هکتار با عملکرد متوسط ۲٦۳۷٤۳ کیلوگرم در هکتار گزارش گردیده است (FAO, 2022). خیار گیاهی گرمادوست و حساس به سرما است که در دمای بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بهتر رشد می‌کند (Sun *et al*., 2024). خیار در شرایط نوری مناسب، رطوبت کافی، دمای مطلوب، رطوبت خاک و تغذیه مناسب به‌خوبی رشد می‌کند. به‌کارگیری سیستم‌های کشت کنترل‌شده، به‌ویژه کشت گلخانه‌ای، یکی از بهترین روش‌ها برای افزایش تولید در واحد سطح محسوب می‌شود (Wang *et al*., 2024). افزایش بهره‌وری و تولید میوه‌های خیار با کیفیت مطلوب یکی از اهداف مهم در کشت این محصول است که می‌توان با به‌کارگیری برخی مواد محرک به آن دست یافت (Trejo Valencia *et al*., 2018).

سرکه چوب (که به‌عنوان اسید پیرولگنیوس نیز شناخته می‌شود، مایع قهوه‌ای شفافی است که از تراکم دود حاصل از فرآیند تولید زغال چوب تشکیل می‌شود (Gama *et al*., 2024). بیش از ۲۰۰ ماده شیمیایی از جمله اسیدهای آلی، فنل‌ها، اسید استیک، دی‌متیل فنل، تری‌متیل فنل، استرها و پیریمیدین‌های نیتروژن در سرکه چوب یافت می‌شود (Aguirre *et al*., 2020). سرکه چوب برای بهبود کیفیت خاک، کنترل آفات و به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاه برای افزایش رشد ریشه، اندام هوایی، غده، برگ، گل و میوه و رشد و عملکرد استفاده می‌شود (De Guzman and Cababaro, 2021; Abdel-Sattar *et al*., 2024). سرکه چوب به‌طور گسترده برای اهداف مختلفی مانند دارویی، عطر دودی، تجمع مواد غذایی و پلاکتی و فعالیت آنتی‌درماتوفیت در داروسازی استفاده شده است (Theapparat *et al*., 2018). به‌ویژه در کشاورزی ارگانیک، بسیاری از مواد شیمیایی سمی با سرکه چوب جایگزین شده‌اند؛ ماده‌ای طبیعی که در کنترل بیماری‌ها و آفات، تحریک رشد گیاه، بهبود کیفیت میوه، تسریع جوانه‌زنی بذر و همچنین به‌عنوان علف‌کش مورد استفاده قرار می‌گیرد (Abdolahipour and Haghighi, 2019).

اسیدهای آمینه برای تولید محرک‌های زیستی از طریق سنتز شیمیایی، از پروتئین‌های گیاهی (به‌عنوان مثال، جلبک، ذرت و سویا)، و همچنین از پروتئین‌های حیوانی با هیدرولیز شیمیایی یا آنزیمی به‌دست می‌آیند (Sun *et al*., 2024). اسیدهای آمینه اجزای اصلی پروتئین‌ها هستند و عملکردهای متعددی در گیاه دارند (Hildebrandt *et al*., 2015). گیاهان می‌توانند اسیدهای آمینه تولید کنند، اما این سنتز، انرژی زیادی مصرف می‌کند. بنابراین، استفاده از اسیدهای آمینه آماده برای جذب به گیاهان اجازه می‌دهد تا در مصرف انرژی صرفه‌جویی کنند و سرعت توسعه یا بازسازی خود را به ویژه در زمان‌های بحرانی توسعه گیاه افزایش دهند (Galili *et al*., 2016). آمینواسیدها نیز در صنعت محصولات کشاورزی به‌عنوان کلات یون‌های فلزی شناخته می‌شوند. ریزعناصر کلات‌شده با اسیدهای آمینه، مولکول‌های بسیار کوچک و از نظر الکتریکی خنثی را تشکیل می‌دهند که جذب و انتقال آن‌ها را در گیاه تسریع می‌کند (Ashmead, 2012). اسیدهای آمینه محرک شناخته شده‌ای هستند که اثرات مثبتی بر رشد، عملکرد گیاه دارند و به‌طور قابل توجهی آسیب‌های ناشی از تنش‌های غیرزیستی را کاهش می‌دهند (Nephali *et al*., 2020). با توجه به اهمیت تولید محصول با کیفیت و کاهش وابستگی به نهاده‌های شیمیایی، این پژوهش با هدف ارزیابی اثر محلول‌پاشی سرکه چوب و اسیدآمینه بر خصوصیات کمی و کیفی خیار رقم کیهان در شرایط گلخانه‌ای طراحی و اجرا شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

مواد و روش‌ها

مراحل آماده‌سازی واحدهای آزمایشی، کاشت و داشت: این تحقیق در سال ۱۴۰۲، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه هیدروپونیک در شهرستان ارزوئیه استان کرمان با مختصات عرض جغرافیایی ′۲۶ °۲۸ شمالی و طول جغرافیایی ′۳۸ °۵۶ شرقی با دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۶۵ درصد انجام شد. نشاهای خیار رقم کیهان در کیسه‌های کشت ۱۸ لیتری در سیستم باز کشت هیدروپونیک مجهز به سامانه تغذیه قطره‌ای با بستر کشت کوکوپیت: پرلیت (۵۰ :۵۰) کشت شد. هر واحد آزمایشی شامل دو ردیف کاشت با فواصل یک متر و تعداد دو کیسه کشت در هر ردیف بود (در هر واحد آزمایشی چهار کیسه کشت استفاده شد). فاصله بوته‌ها روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. محلول غذایی (جدول ۱) براساس دستورالعمل اختصاصی خیار (Papadopoulos, 1994) از طریق نازل‌ها به مدت دو دقیقه هر دو الی چهار ساعت یکبار تا زمان اولین خروج محلول غذایی از زهکش هر کیسه انجام شد. هدایت الکتریکی و pH محلول غذایی به ترتیب در حدود اعداد یک و شش ثابت بودند. در طول آزمایش به دلیل عدم مشاهده آفات و بیماری‌ها، از سموم شیمیایی استفاده نشد.

اعمال تیمارها: از سرکه چوب با غلظت‌های (صفر، ۲، ۴ و ۶ میلی‌گرم در لیتر) و اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت‌های (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر) در مراحل (چهار برگی، گلدهی و برداشت میوه) به صورت ترکیبی، همراه با آبیاری به‌صورت سیستم هیدروپونیک هر چهار روز یکبار استفاده شد (Abdolahipour and Haghighi, 2019). ترکیبات تشکیل دهنده سرکه چوب (شرکت فصل پنجم، ایران) و اسیدآمینه پارال آمینوفول (PARAL, China) به ترتیب در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

سه هفته قبل از پایان برداشت، صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ و تعداد برگ اندازه‌گیری شد. میوه‌ها زمانی نمونه‌برداری شدند که به حد برداشت تجاری رسیدند (میانگین اندازه و رنگ مناسب برای بازار)، سپس وزن و کیفیت میوه‌ها ارزیابی شد.

ارتفاع بوته، طول میوه و قطر ساقه و میوه: در زمان برداشت اولین میوه‌ها ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش (سانتی‌متر) و طول میوه توسط کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. قطر ساقه و میوه توسط کولیس با سه تکرار اندازه‌گیری شد (نجفی و همکاران، ۱۴۰۰). تعداد میوه‌های تشکیل‌شده در هر خوشه به صورت هفتگی شمارش شد و این روند تا پایان اولین دوره برداشت که معادل چهار هفته یا تعداد چهار مرحله برداشت هفتگی بود، ادامه یافت. در این مدت تمام میوه‌های قابل برداشت از هر خوشه ثبت شدند.

سطح برگ: سطح برگ با نرم‌افزار Digimizer، پس از اسکن تمام برگ‌های سبز و سالم و بر حسب سانتی‌متر مربع بدست آمد. برای این منظور بعد از جداسازی تمام برگ‌های هر بوته، توسط اسکنر (EPSON L3156) با نرم‌افزار Sigma Scanner Pro با وضوح ۳۰۰ نقطه در هر اینچ از برگ‌ها تصویربرداری شد و سپس سطح برگ با استفاده از تصاویر بدست آمده و توسط نرم‌افزار Digimizer نسخه ۵/۷/۲ محاسبه شد (Carvalho *et al*., 2017).

سفتی، وزن و عملکرد میوه: سفتی بافت میوه خیار با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج دستی دیجیتال (Turoni, 53205, Italy) و با قطر پیستون ۸ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. پس از جداسازی پوست، اندازه‌گیری در قسمت میانی میوه (ناحیه استوایی) انجام گرفت تا نتایج یکنواخت و قابل مقایسه باشد و مقادیر بر حسب نیوتن محاسبه گردید (Barriga-Tellez *et al.*, 2011). میوه‌ها در طی دوره رسیدگی از بوته‌ها برداشت و با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن شدند. در پایان آزمایش، مجموع وزن میوه‌ها محاسبه و به‌عنوان عملکرد میوه در واحد سطح (کیلوگرم در متر مربع) بیان گردید.

مواد جامد محلول کل (TSS) و اسید آسکوربیک: ویژگی کیفی میوه شامل مواد جامد محلول کل (TSS) که با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی، مدل DBR95 برحسب عدد بریکس سنجیده شد. آسکوربیک اسید عصاره میوه بر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

جدول ۱- میزان عناصر غذایی استفاده‌شده در محلول اختصاصی خیار

نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	منگنز	روی	بر	مس	مولیبدن
میلی‌گرم در لیتر										
۱۹۰	٤۲	۲٦۰	۱٤٥	۳٥	۲	۰/۷٥	۰/٥	۰/٤	۰/۱	۰/۰٥

جدول ۲- میزان ترکیبات تشکیل‌دهنده سرکه چوب

آهن	روی	بر	کربن آلی	نیتروژن	گوگرد آلی	منگنز	کلسیم	فسفر	اسید هیومیک	اسید فولیک
پی‌پی‌ام			درصد							
۱٤۰٤	٥٤/۸	٤۰۰	۱۰	۰/۹٥	۷/٥	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰٤	۰/٥٥	۸/۱٤

جدول ۳. میزان اسیدهای آمینه موجود در اسید آمینه پارال آمینوفول (گرم در ۱۰۰ گرم محصول)

پرولین	سرین	گلوتامیک اسید	گلایسین	لیوسین	والین	آسپارتیک اسید	آرژنین	ترئونین	آلانین
۹/۳۰	۹/۲٦	۹/۰۳	٦/۷۲	٦/٥۳	٦/٥۱	٦/۰٤	٥/۲۹	٤/۳٤	٤/۱۳

ادامه جدول ۳-

فنیل‌آلانین	ایزولیوسین	سیستین	لایسین	تیروزین	هیستیدین	متیونین	هیدروکسی‌پرولین	هیدروکسی لایزین	جمع کل
٤/۰۳	۳/۹۹	۱/٦٤	۱/٦۲	۰/۷۹	۰/٥۷	۰/٤۱	۰/۲۲	۰/۰۲	۸۰/٤۳

حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه تازه، با روش تیتراسیون با ۲ و ٦ دی‌کلروفنل ایندوفنل (Nielsen, 2017) اندازه‌گیری شد.

کلروفیل a، b و کاروتنوئید: مطابق روش (Arnon, 1956)، نیم گرم میوه تازه در داخل هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سائیده شد. عصاره حاصل برای ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با دور ٦۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. از محلول رویی مقدار ۳ میلی‌لیتر به داخل کووت اسپکتروفتومتر ریخته شد و مقدار جذب برای کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید به‌ترتیب در طول‌موج‌های ٦٦۳، ٦٤۷ و ٤۷۰ نانومتر خوانده شد. غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$Chl.a = (12.25\ A_{663})-(2.79\ A_{647})$
$Chl.b = (21.50\ A_{647})-(5.10\ A_{663})$
$Car = (1000\ A_{470}-1.82\ Chl\ a-85.02\ Chl\ b)/198$

تهیه عصاره میوه: برای تهیه عصاره، ابتدا یک گرم میوه در ٤۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ حجمی به‌مدت چهار و نیم ساعت در دمای ۲٥ درجه سانتی‌گراد عصاره‌گیری شد. عصاره حاصل توسط قیف بوخنر صاف و سپس در دمای ٥۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. کل ماده استخراجی (عصاره خشک) به‌صورت گرم در ۱۰۰ گرم ماده تر گیاهی بدست آمد.

فنل: برای اندازه‌گیری میزان فنل برگ از روش فولین- سیوکالتو استفاده شد. برای این منظور نیم میلی‌لیتر محلول اتانولی عصاره میوه با غلظت ۰/۳۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر، ٤/٥ میلی‌لیتر آب‌مقطر و نیم میلی‌لیتر فولین- سیوکالتو با هم مخلوط شد. پس از پنج دقیقه، ٥ میلی‌لیتر کربنات سدیم هفت درصد به مخلوط اضافه می‌شود. پس از گذشت یک تا یک و نیم ساعت میزان جذب محلول در طول‌موج ۷٦٥ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر مدل Cecil CE2501 انگلستان خوانده شد. برای محاسبه غلظت ترکیبات فنلی، از منحنی استاندارد گالیگ اسید استفاده شد. جهت رسم منحنی استاندارد غلظت‌های ۰/۰۰٦۲٥ تا ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر گالیک اسید، تهیه شد. مقدار یک میلی‌لیتر از محلول‌های استاندارد، در لوله آزمایش ریخته و میزان جذب نور خوانده شد. پس از رسم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

منحنی استاندارد، از معادله به‌دست آمده برای تعیین غلظت ترکیبات فنلی استفاده شد (Ilic *et al*., 2017).

ظرفیت آنتی‌اکسیدان: ابتدا ۵۰۰ میکرولیتر عصاره با ۲۵۰۰ میکرولیتر DPPH مخلوط شد. جذب آنتی‌اکسیدان به‌صورت دو مرحله‌ای و به فاصله ۳۰ دقیقه (زمان اول بعد از مخلوط کردن دو محلول با هم، زمان دوم نیم ساعت در تاریکی قرار گرفت) در طول‌موج جذبی ۵۱۷ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Cecil CE2501) انجام گرفت (Zhu *et al*., 2009).

فلاونوئید: جهت تعیین میزان فلاونوئید کل، ۲ میلی‌لیتر محلول اتانولی عصاره میوه خیار با غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر با ۲/۸ میلی‌لیتر آب‌مقطر، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم یک مولار و ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد مخلوط شد و به‌مدت ۴۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. در نهایت جذب نور محلول در طول‌موج ۴۱۴ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. جهت رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف استاندارد کوئرستین (صفر، ۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) استفاده شد (Ilic *et al*., 2017).

این تحقیق بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. آنالیز آماری داده‌ها (تجزیه واریانس) توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ارزیابی شد. نمودارها با استفاده از برنامه Excel رسم شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل تیمارها بر ارتفاع بوته خیار رقم کیهان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در هر سطح کاربرد سرکه چوب، اسیدآمینه پارال آمینوفول یک پاسخ منفی وابسته به غلظت نشان داد؛ به این معنی که با افزایش غلظت، ارتفاع بوته گیاه خیار کاهش یافت (شکل 1a). بیشترین ارتفاع بوته با مقدار ۳/۴۱ سانتی‌متر در تیمار سرکه چوب به میزان ۴ میلی‌گرم در لیتر و بدون استفاده اسیدآمینه مشاهده شد که نشان‌دهنده بهترین شرایط رشد است. به‌طوری‌که این تیمار باعث افزایش ۶۹/۵۶ درصد ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد شد (شکل 1a). افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته خیار تحت تأثیر تیمار سرکه چوب می‌تواند به‌دلیل ویژگی‌های محرک رشد این مواد باشد. سرکه چوب نیز به‌دلیل دارا بودن ترکیبات فنلی و اسیدهای آلی می‌تواند ساختار خاک را بهبود بخشیده و جذب مواد مغذی را افزایش دهد (Abdel-Sattar *et al*., 2024). مطالعات روی ذرت نشان داد که به‌کارگیری سرکه چوب به‌عنوان محرک رشد، ارتفاع گیاه را افزایش می‌دهد. این اثر احتمالاً ناشی از بهبود ساختار خاک و افزایش جذب مواد مغذی توسط گیاه بوده است (Karimian *et al*., 2022). مطالعه‌ای نشان داد که کاربرد سرکه چوب در گیاه برنج منجر به افزایش قابل توجهی در ارتفاع بوته‌ها به‌دلیل حضور ترکیبات آلی موجود در سرکه چوب و افزایش فعالیت میکروبی در خاک شد (Jeong *et al*., 2015). نشان داده شده است که سطوح بالای نیتروژن، از جمله در فرم‌های آلی مانند اسیدهای آمینه، می‌تواند بیان ژن‌های درگیر در بیوسنتز جیبرلین را سرکوب کند. از آنجایی که جیبرلین‌ها هورمون‌های اولیه مسئول طویل‌شدن سلول در ساقه هستند، کاهش بیوسنتز آن‌ها مستقیماً منجر به میان‌گره‌های کوتاه‌تر در گیاه می‌شود (Tudzynski, 2005).

قطر ساقه: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمارها بر قطر ساقه گیاه خیار رقم کیهان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در هر سطح سرکه چوب، افزایش غلظت اسیدآمینه تا غلظت ۱ گرم در لیتر باعث افزایش قطر ساقه در مقایسه با شاهد شد ولی در غلظت بالاتر (۱/۵ میلی‌گرم در لیتر) این روند کاهشی شد. در مجموع تأثیر سرکه چوب بر افزایش قطر ساقه بیشتر از اسیدآمینه بود به‌طوری‌که در تیمار سرکه چوب با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر و عدم کاربرد اسیدآمینه افزایش معنی‌داری در قطر ساقه به‌میزان ۱۱۷/۸۵ درصد نسبت به شاهد نشان داد (شکل 1b). سرکه

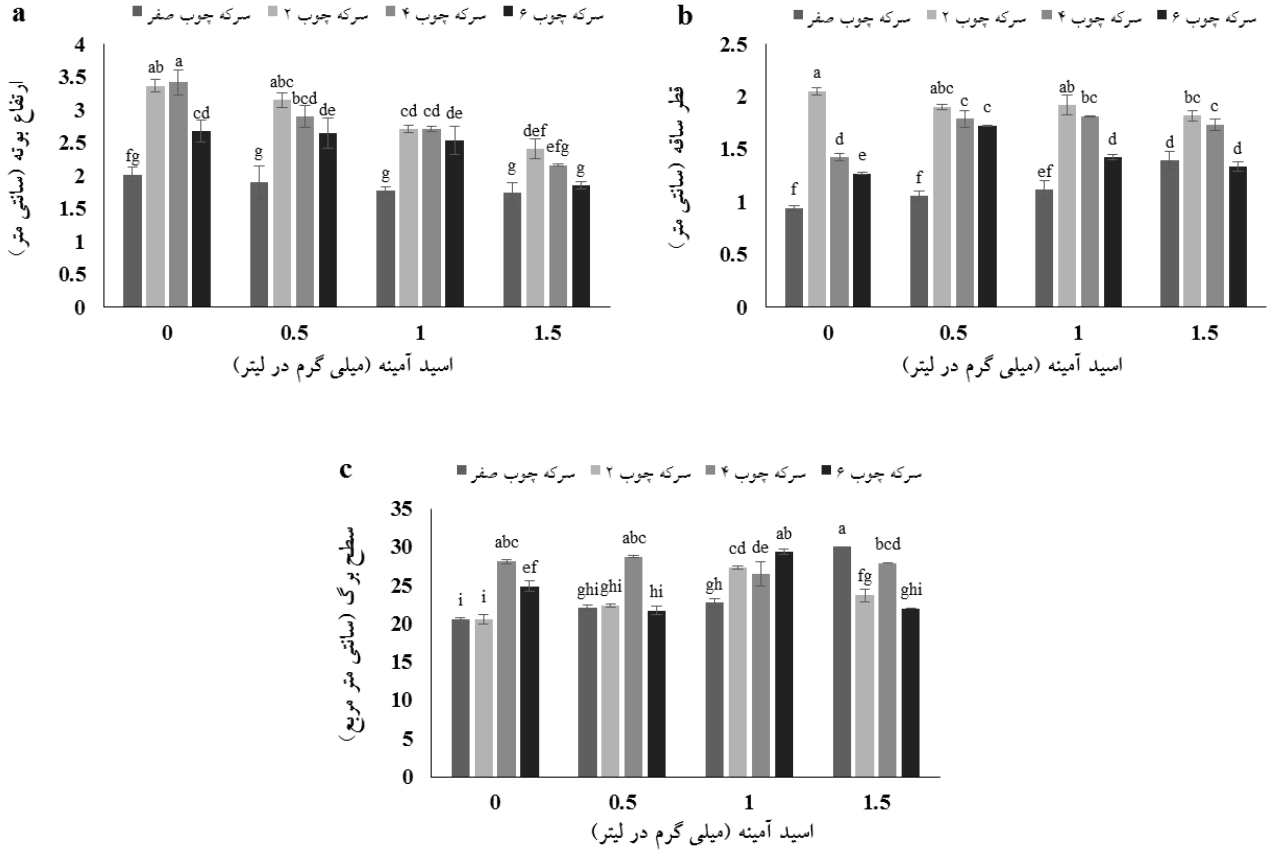
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

جدول ٤- تجزیه واریانس تیمارهای اسیدآمینه و سرکه چوب بر صفات مورفولوژیک میوه خیار رقم کیهان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	سطح برگ	تعداد میوه	طول میوه	قطر میوه
اسیدآمینه	٣	٠/١٢٨ ns	٠/٢٤١**	٣/٨٦ ns	١٠٠٠/٦٣**	٨/٦٤**	٠/٤٥٦**
سرکه چوب	٣	٠/٢٩٢*	٠/٤٦٦**	٠/٠٣٧٩**	٧٨/٧٤**	٩/٣٦**	٢/٤٠**
اسیدآمینه × سرکه چوب	٩	١/٧١٠**	٠/٣٥١**	٥١/٤٣**	١٤٢/٢٦**	١/٦٧**	٠/٠٩٥٧**
خطای آزمایش	٣٢	٠/٠٧٧٩	٠/٠١١٩	١/٤٢	٣/٥٦	٠/٤٩٥	٠/٠٣٥٣
ضریب تغییرات (٪)	-	١١/٧٨	٧/٠٧	٤/٧٨	٧/٠١٧	٥/٦٤	٨/٦٠

***، **، ns به‌ترتیب در سطح احتمال ٥ و ١ درصد و غیرمعنی‌دار**



شکل ١- اثر متقابل سطوح سرکه چوب و اسیدآمینه پارال آمینوفول بر a) ارتفاع بوته b) قطر ساقه c) سطح برگ گیاه خیار رقم کیهان. میانگین‌ها با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. نوار خطا نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

چوب باعث تحریک تولید هورمون‌های گیاهی مانند اکسین می‌شود که مسئول فرآیندهای رشد گیاه مانند افزایش طول و قطر ساقه است (Zhu *et al.*, 2024). همچنین، سرکه چوب می‌تواند موجب بهبود جذب مواد مغذی از خاک شود که این امر نیز به تقویت رشد ساقه کمک می‌کند (He *et al.*, 2025). اسیدآمینه‌ها به‌عنوان پیش‌سازهای هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و سیتوکنین‌ها عمل می‌کنند که تأثیر زیادی بر رشد ساقه و دیگر بخش‌های گیاه دارند (Ghassemi-Golezani and Samea-Andabjadid, 2022).

مطالعات نشان داده‌اند که اثر اسیدهای آمینه بر ویژگی‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

رویشی گیاهان بسیار پیچیده است. به‌طوری‌که افزایش غلظت برخی اسیدهای آمینه به ویژه آلانین، باعث ایجاد اثر آنتاگونیستی بر سایر اسیدهای آمینه و در نتیجه کاهش رشد در گیاه می‌شوند (Trovato *et al*., 2021). از طرف دیگر به نظر می‌رسد که افزایش غلظت برخی اسیدهای آمینه به ویژه تریپتوفان (به‌عنوان پیش‌نیاز سنتز اکسین) باعث افزایش سنتز و تجمع بیش از حد اکسین در گیاه شده و این موضوع باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (Corpas *et al*., 2021).

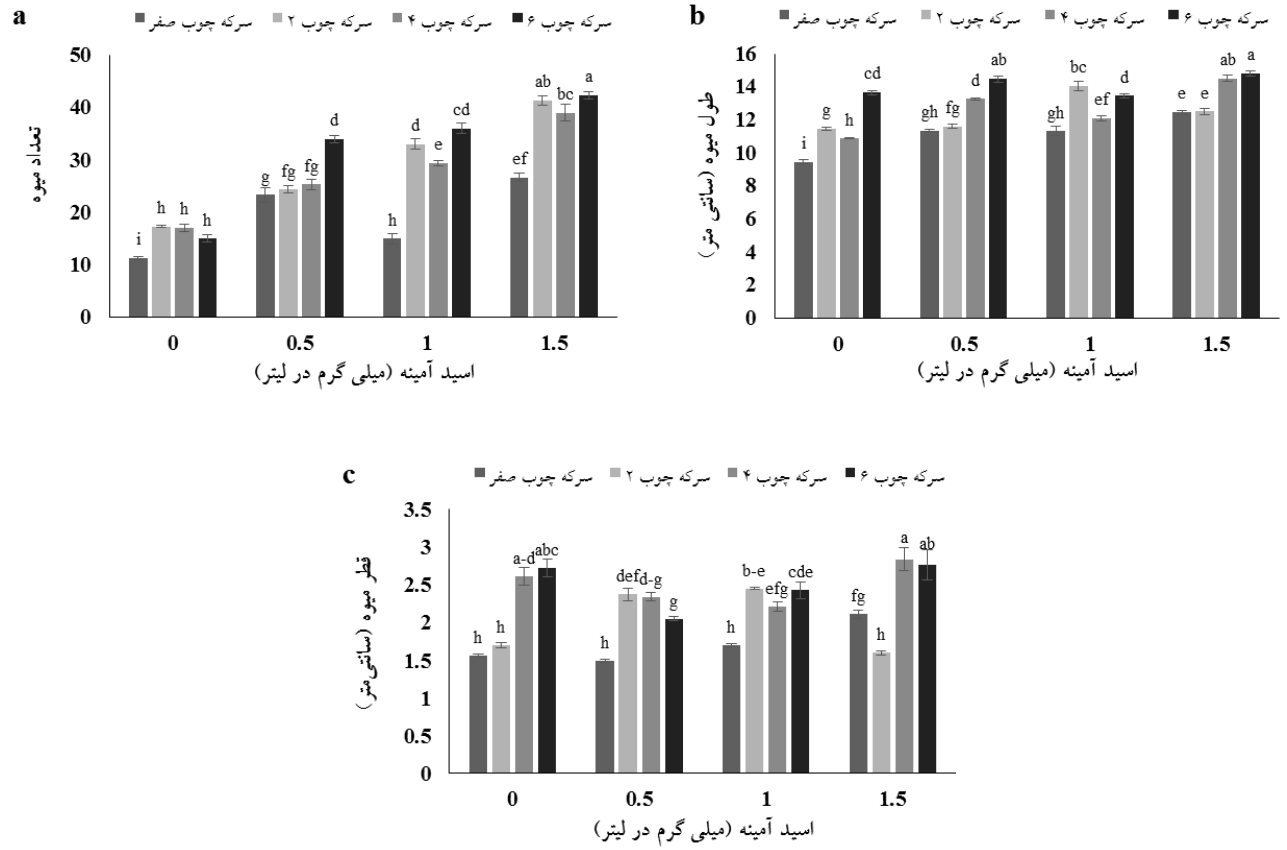
سطح برگ: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل تیمارها بر سطح برگ گیاه خیار رقم کیهان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار اسیدآمینه ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر بدون سرکه چوب سطح برگ‌ها را ٤٥/٨٠ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل 1c). افزایش سطح برگ تحت تیمارهای اسیدآمینه وسرکه چوب به‌علت تأثیر آن‌ها بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه است (Srisompan and Theerakulpisut, 2019). اسیدآمینه‌ها به‌عنوان پیش‌ساز پروتئین‌ها آنزیم‌ها در ساختار سلولی و فرآیندهای حیاتی گیاه، نقش مهمی دارند و باعث افزایش سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌های مرتبط با فتوسنتز و تقسیم سلولی می‌شوند که این امر به تولید برگ‌های بزرگ‌تر و افزایش سطح برگ منجر می‌شود (Planchet and Limami, 2015). از سوی دیگر، سرکه چوب با ترکیبات آلی و اسیدهای مختلف، جذب مواد مغذی را تسهیل کرده و باعث تحریک تولید هورمون‌های رشد می‌شود که موجب بهبود فرآیندهای فتوسنتزی و در نتیجه افزایش سطح برگ می‌گردد (Abdel-Sattar *et al*., 2024). این اثرات به‌ویژه در غلظت‌های بالاتر اسیدآمینه و سرکه چوب مشاهده می‌شود، که به‌طور معنی‌داری موجب افزایش سطح برگ می‌شوند. در مطالعه‌ای بر روی ذرت، تیمار با اسیدآمینه‌های پرولین و آرژنین سطح برگ را در مقایسه با شاهد به‌طور قابل توجهی تا ٤٢ درصد افزایش داد (Al-Janabi *et al*., 2021). تیمار سرکه چوب با غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر، سطح برگ را در سه رقم ذرت به‌میزان ۵۰٪ افزایش داد (Iacomino *et al*., 2024). افزایش غلظت اسیدآمینه‌ها و ترکیبات طبیعی مانند سرکه چوب، به‌دلیل افزایش دسترسی به ترکیبات فعال زیستی، منجر به بهبود سطح برگ گیاهان می‌شود (Afsharipour *et al*., 2024).

تعداد میوه: برطبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل تیمارها بر تعداد میوه خیار رقم کیهان در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). تیمار اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و سرکه چوب ٦ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش معنی‌دار تعداد میوه به‌میزان ۵۸/۷۷ درصد در مقایسه با شاهد شد. پس از آن، اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و سرکه چوب با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تعداد میوه را با میانگین ٤١/٣٣ عدد نشان داد (شکل 2a). کاربرد اسیدآمینه‌ها می‌تواند انتقال مواد غذایی و سنتز هورمون‌هایی نظیر اکسین و سیتوکینین را افزایش دهد که در نهایت به تولید بیشتر میوه منجر می‌شود. همچنین، استفاده از سرکه چوب در غلظت‌های پایین موجب افزایش تعداد گل و میوه می‌گردد، اما در غلظت‌های بالاتر به دلیل تجمع ترکیبات فنلی مضر، اثر معکوس دارد (Zaman *et al*., 2015; Elshahawy and Darwesh, 2023). پژوهشی نشان داد که استفاده از اسیدآمینه‌ها (مخصوصاً گلایسین و متیونین) باعث افزایش تعداد میوه در گیاه فلفل دلمه‌ای شد (Ghoname *et al*., 2012).

طول و قطر میوه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تیمارها بر طول و قطر میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). بیشترین طول میوه از تیمار اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و سرکه چوب با غلظت ٦ میلی‌گرم بر لیتر به‌میزان ١٤/٨ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل 2b). پس از آن، تیمارهای اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر به‌همراه سرکه چوب با غلظت ٦ میلی‌گرم بر لیتر و اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر همراه با سرکه چوب با غلظت ٤ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب با مقادیر ٢٧/٤٨ و ١٦/٤٦ درصد در مقایسه با شاهد سبب افزایش معنی‌دار طول میوه شد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]



شکل ۲- اثر متقابل سطوح سرکه چوب و اسیدآمینه پارال آمینوفول بر a) تعداد میوه b) طول میوه c) قطر میوه گیاه خیار کیهان. میانگین‌ها با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. نوار خطا نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

(شکل ۲b). ترکیب تیماری اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و سرکه چوب با غلظت ٤ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش ۸۲/۰۵ درصدی قطر میوه نسبت به شاهد شد (شکل ۲c). افزایش طول میوه در پاسخ به تیمارهای اسیدآمینه و سرکه چوب می‌تواند به‌علت اثرات مثبت این مواد بر متابولیسم گیاه و تحریک فرآیندهای رشد باشد (Abdel-Sattar *et al.*, 2024). اسیدآمینه‌ها به‌عنوان پیش‌ساز مسیرهای بیوشیمیای مختلف عمل کرده و در سنتز پروتئین‌ها، تنظیم هورمون‌ها، افزایش تقسیم سلولی و کشیدگی سلولی، و در نهایت افزایش طول میوه تأثیر دارند (Li *et al.*, 2021). از سوی دیگر، سرکه چوب حاوی ترکیبات فنلی و مواد معدنی است که می‌تواند فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی را تقویت کند، میزان هورمون‌های رشد مانند اکسین و سیتوکینین را افزایش دهد و مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی را بهبود بخشد، که همه این عوامل در رشد طولی میوه تأثیرگذار هستند (De Smet *et al.*, 2015). نتایج مشابهی گزارش شده که نشان می‌دهد اسیدآمینه‌ها به‌دلیل تأثیر بر افزایش محتوای نیتروژن و سنتز پروتئین، موجب افزایش رشد میوه در انگور می‌شوند (Gutierrez-Gamboa *et al.*, 2020). این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از اسیدآمینه‌ها نه تنها در بهبود رشد رویشی بلکه در افزایش رشد زایشی مؤثر است. در مطالعه حاضر نیز اثرات مثبت سرکه چوب به ترکیبات آلی فعال موجود در آن نسبت داده شد، که با بهبود جذب مواد مغذی و تقویت فرآیندهای متابولیکی گیاه، رشد و توسعه میوه را ارتقاء می‌دهد (Mungkunkamchao *et al.*, 2013; Afsharipour *et al.*, 2024). استفاده ترکیبی از اسیدآمینه‌ها و ترکیبات آلی مانند هیومیک اسید با عصاره‌های گیاهی می‌تواند باعث هم‌افزایی شده و به‌طور قابل توجهی رشد طولی میوه را افزایش دهد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

(Fernandes *et al*., 2023). اسیدآمینه‌ها می‌توانند جذب عناصر غذایی (مانند نیتروژن و پتاسیم) را افزایش داده و به تقویت رشد سلولی و گسترش دیواره سلولی کمک کنند (Karthika *et al*., 2018). افزایش قطر میوه احتمالاً به‌علت افزایش تقسیم سلولی ناشی از تنظیم هورمونی است که توسط اسیدآمینه‌ها تحریک می‌شود (Li and Grierson, 2021). استفاده از اسید آمینه‌ها در گیاهان باغی مانند انگور و خربزه موجب افزایش ابعاد میوه و بهبود کیفیت آن می‌شود (Gutiérrez-Gamboa *et al*., 2020; Lecholocholo *et al*., 2022). سرکه چوب حاوی ترکیبات آلی و معدنی است که به افزایش جذب مواد مغذی توسط ریشه‌ها و بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی گیاه کمک می‌کند (Benzon and Lee, 2016). استفاده از سرکه چوب باعث افزایش اندازه میوه و بهبود عملکرد در گیاهان گوجه‌فرنگی می‌شود (Mungkunkamchao *et al*., 2013). اثر مثبت سرکه چوب بر قطر میوه خیار در این مطالعه نیز می‌تواند به تنظیم تولید هورمون‌هایی مانند اکسین و سیتوکینین مرتبط باشد که نقش مهمی در گسترش میوه دارند (De Smet *et al*., 2015).

سفتی میوه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تیمارها بر سفتی میوه خیار رقم کیهان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). افزایش سفتی میوه با افزایش غلظت تیمارها مشاهده شد. در تیمار اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و سرکه چوب با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش معنی‌دار سفتی میوه به‌میزان ۲۲/۹۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع شد (شکل ۳a). این تیمار منجر به افزایش سفتی میوه به‌میزان ۳۱/۳٦ درصد در مقایسه با شاهد شد (شکل ۳). اسیدآمینه‌ها می‌توانند به واسطه نقش‌شان در سنتز پروتئین‌ها و تنظیم فعالیت آنزیم‌های مرتبط با دیواره سلولی (مانند سلولاز و پلی‌گالاکتوروناز) باعث افزایش سفتی میوه شوند (Hong *et al*., 2024). افزایش سفتی در تیمار اسیدآمینه به احتمال زیاد به تقویت ساختار دیواره سلولی و کاهش تخریب پکتین مربوط است. استفاده از اسیدآمینه‌ها در میوه گوجه‌فرنگی موجب حفظ سفتی و کاهش نرم‌شدن میوه در طول دوره نگهداری می‌شود (Oms-Oliu *et al*., 2011). سرکه چوب حاوی ترکیبات فنلی و آلی است که می‌توانند فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی را کاهش دهند و از نرم‌شدن میوه جلوگیری کنند (Shiekh *et al*., 2021). استفاده از سرکه چوب در میوه سیب موجب حفظ کیفیت بافتی و افزایش سفتی آن شد. همچنین، ترکیب تیمارهای آلی مانند اسیدآمینه‌ها و مواد فنلی باعث افزایش کیفیت بافتی میوه انگور گردید (Serra *et al*., 2023).

وزن و عملکرد میوه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تیمارها بر وزن و عملکرد میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۵). بیشترین افزایش معنی‌دار وزن میوه مربوط به تیمار اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و سرکه چوب با غلظت ٦ میلی‌گرم بر لیتر با مقدار ۵۱/۳٦ گرم بود (شکل ۳b). این تیمار موجب افزایش ۱۰۸/۷۸ درصدی وزن میوه خیار در مقایسه با شاهد شد (شکل ۳). این اثرات به‌دلیل نقش اسیدآمینه‌ها در بهبود فعالیت‌های دخیل در متابولیسم کربوهیدارت و تولید انرژی است (Haro *et al*., 2019). کاربرد اسیدآمینه‌ها در خیار موجب افزایش وزن میوه به دلیل بهبود جذب عناصر و توسعه سلولی شد (Souri *et al*., 2017). در مطالعه Mungkunkamchao و همکاران (۲۰۱۳) استفاده از سرکه چوب در گوجه‌فرنگی وزن میوه را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. پژوهش Glew و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که استفاده از تیمارهای زیستی مانند اسیدآمینه‌ها و ترکیبات آلی باعث افزایش وزن میوه (*Mespilus germanica* L.) می‌شود. همچنین، Al-Suhaibani و همکاران (۲۰۲۰) به تأثیر ترکیبات آلی بر بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی محصولات کشاورزی اشاره کردند. عملکرد میوه در تمامی تیمارها نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۵). افزایش عملکرد میوه در تیمارها به‌دلیل بهبود متابولیسم گیاه، افزایش جذب عناصر غذایی، و تقویت فرآیندهای فتوسنتزی است. اسیدآمینه‌ها به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد، به بهبود تقسیم سلولی و توسعه میوه کمک می‌کند (Bisht *et al*., 2018). تیمار اسیدآمینه گلوتامین با غلظت ۱ میلی‌مولار موجب

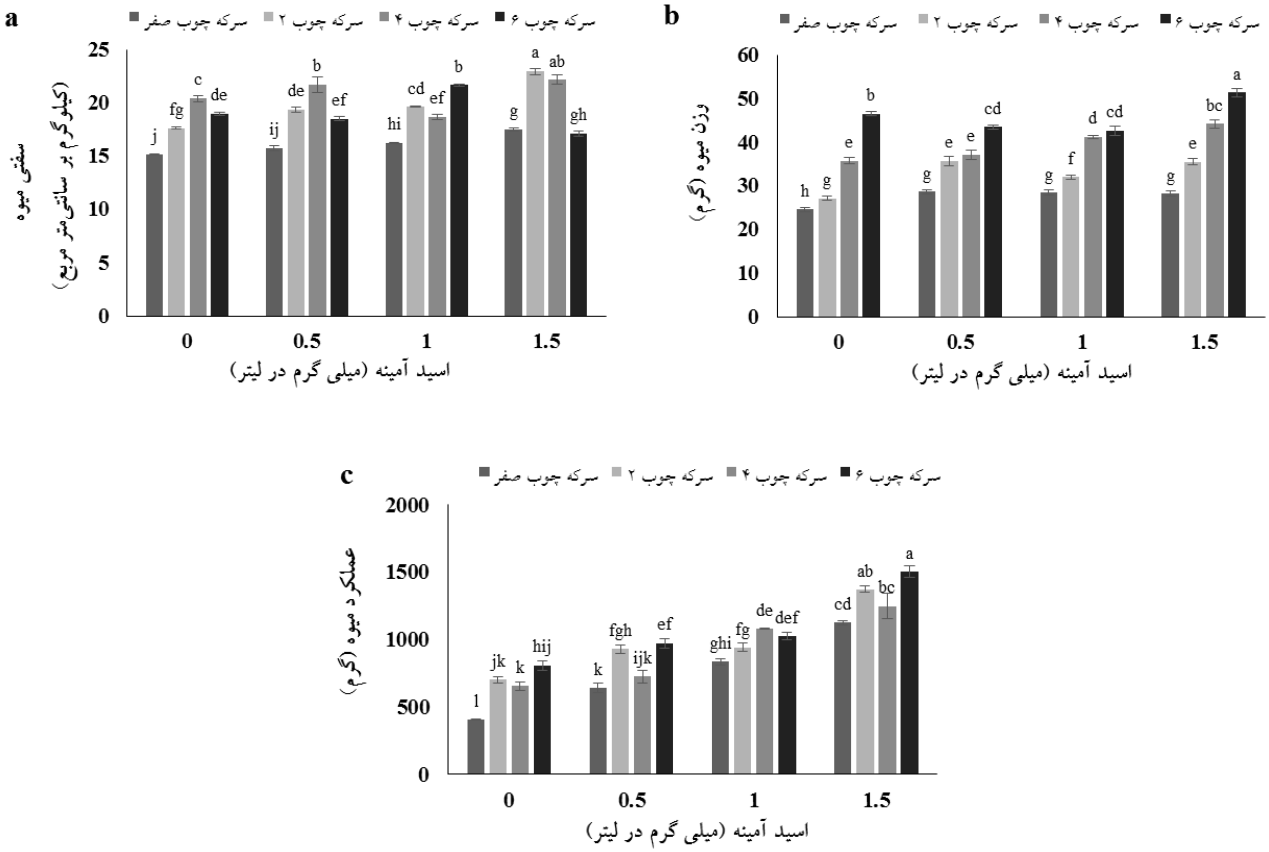
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

جدول ۵- تجزیه واریانس تیمارهای اسیدآمینه و سرکه چوب بر صفات مورفوفیزیولوژیک میوه خیار رقم کیهان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		سفتی میوه	وزن میوه	عملکرد	مواد جامد محلول	آسکوربیک اسید
اسیدآمینه	۳	۱۰/۵٤**	۱۵۹/۲۹**	۲۲۳۲۰۱/٤٦**	۱/۳۳**	۰/۳۳٦**
سرکه چوب	۳	٤٦/۰۸**	۸۰۰/۷۰**	۳۰۲۷٤۸/۹۲**	۰/٦۲۵**	۰/۷۰۷**
اسیدآمینه × سرکه چوب	۹	۱۲/۰۷**	۱۹۷/۲۵**	۲٤۱۲٦۸/۱۱**	۰/۵۲۲**	۰/۳۱٦**
خطای آزمایش	۳۲	۱/۹٦	۹/۱۲	٦۲۳۷/۸	۰/۲۲۱	۰/۱۵۰
ضریب تغییرات (٪)		۷/٤٦	۸/٤۱	۸/٤۵	۱۰/۸٦	۱۸/۹۰

***، **، ns به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار**

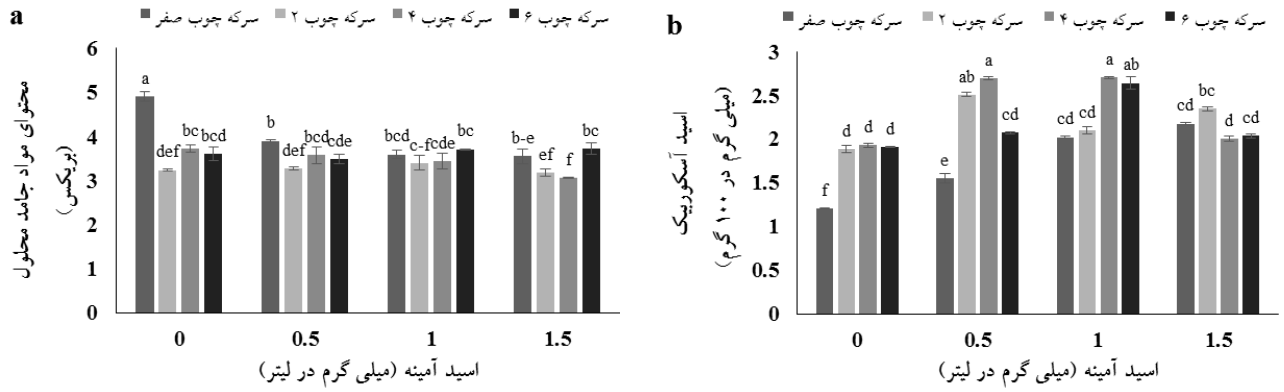


شکل ۳- اثر متقابل سطوح سرکه چوب و اسیدآمینه پارال آمینوفول بر a) سفتی b) وزن c) عملکرد میوه خیار رقم کیهان. میانگین‌ها با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. نوار خطا نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

افزایش ۲۵ درصدی عملکرد میوه سیب نسبت به شاهد شد. این افزایش به دلیل تقویت فرآیندهای متابولیکی و کاهش تنش‌های اکسیداتیو بود (Mosa *et al.*, 2021). تیمار اسیدآمینه در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش ۲۰ درصدی عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای در مقایسه با شاهد شد (Moosavi *et al.*, 2024).

مواد جامد محلول کل: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمارها بر محتوای مواد جامد محلول میوه خیار رقم کیهان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). کاهش محتوای مواد جامد محلول در تمامی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]



شکل ٤- اثر متقابل سطوح سرکه چوب و اسیدآمینه پارال آمینوفول بر a) محتوای مواد جامد محلول کل b) اسید آسکوربیک میوه خیار رقم کیهان. میانگین‌ها با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. نوار خطا نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

تیمارها نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل ٤). بیشترین کاهش مواد جامد محلول با اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و سرکه چوب با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر با مقدار ۳/۰٦ به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۳۷/٦۷ درصد کاهش را نشان داد (شکل ٤a) و بیشترین در شاهد ٤/۹۱ درجه بریکس مشاهده شد (شکل ٤). کاهش محتوای مواد جامد محلول در نتیجه استفاده از ترکیبات خاص مانند سرکه چوب و اسیدآمینه‌ها معمولاً به‌علت اثرات تنظیم‌کننده رشد و تأثیرات متابولیک این ترکیبات بر گیاه است (Alamgir, 2017). ترکیب سرکه چوب (۲ میلی‌لیتر بر لیتر) با اسیدآمینه (۱ میلی‌گرم بر لیتر) موجب کاهش محتوای مواد جامد محلول کل میوه لیمو شد (Benny *et al*., 2023). تیمار اسیدآمینه سیستئین با غلظت ۲ میلی‌مولار باعث کاهش محتوای مواد جامد محلول کل میوه پرتقال شد (Matsumoto and Ikoma, 2012).

اسید آسکوربیک: اثر متقابل تیمارها بر اسید آسکوربیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٥). بیشترین محتوای اسید آسکوربیک در تیمار اسیدآمینه پارال آمینوفول ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر با سرکه چوب با غلظت ٤ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب به‌میزان ۲/٦۹ و ۲/۷۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم مشاهده شد (شکل ٤). اسید آسکوربیک (ویتامین C) آنتی‌اکسیدان قوی است که نقش مهمی در کاهش تنش اکسیداتیو و بهبود کیفیت میوه‌ها دارد. این ماده همچنین در متابولیسم گیاهی و پاسخ به تنش‌های محیطی نقش دارد (Mellidou *et al*., 2021). در تحقیقی تیمار با اسیدآمینه گلوتامین به‌میزان ۲ میلی‌گرم بر لیتر به‌همراه عصاره گیاه آویشن موجب افزایش میزان اسید آسکوربیک در میوه‌های سیب‌زمینی شد (Levaj *et al*., 2023). در پژوهشی استفاده از عصاره چای سبز با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر همراه با سرکه چوب با غلظت ۳ میلی‌لیتر بر لیتر موجب افزایش ۱۸ درصدی در میزان آسکوربیک اسید میوه گلابی شد (Plioni *et al*., 2021). مطالعه‌ای بر روی توت‌فرنگی نشان داد که تیمار با متیونین با غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر همراه با نانوذرات اکسید آهن موجب افزایش ۳۰ درصدی در میزان آسکوربیک اسید در میوه‌های توت‌فرنگی به‌میزان ۵/۲۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم شد (Dai *et al*., 2022).

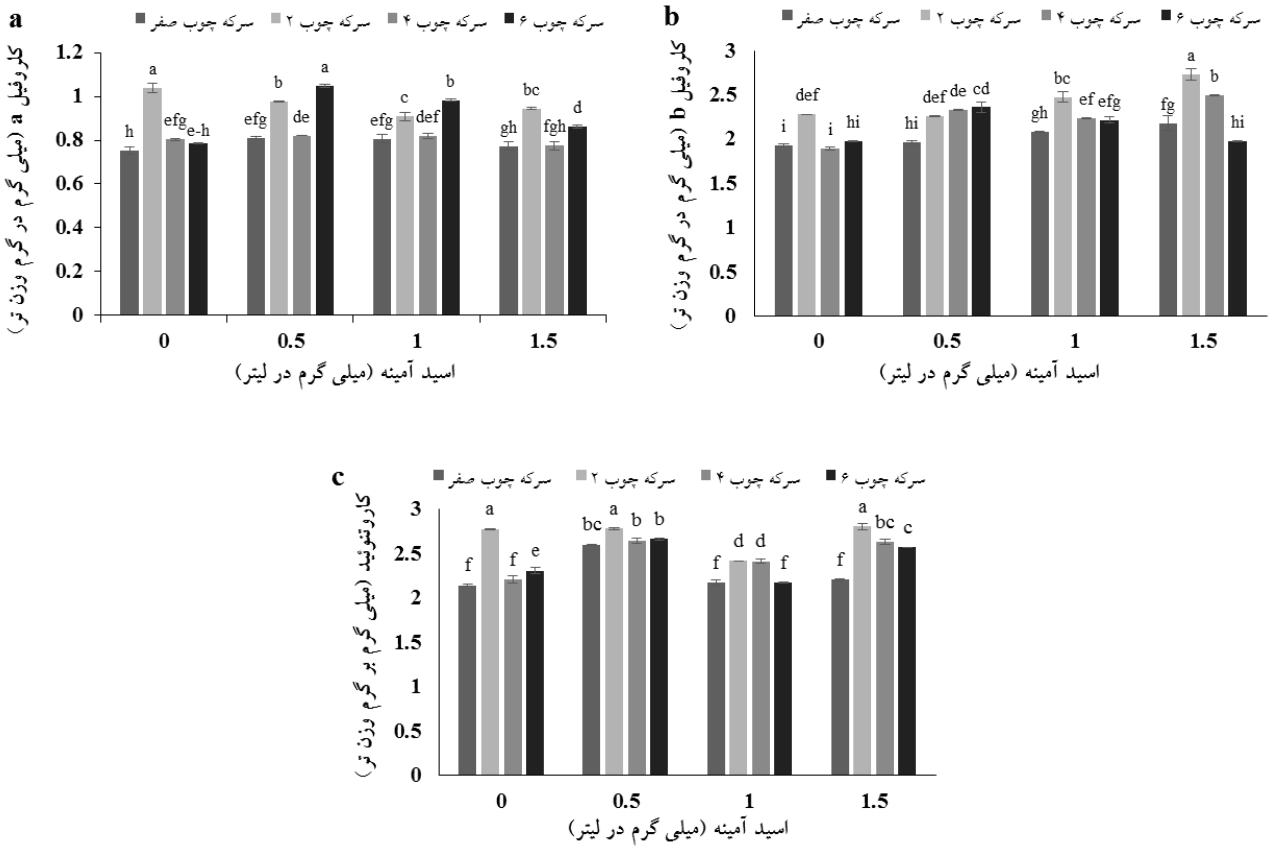
رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل تیمارها بر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید میوه خیار رقم کیهان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٦). بیشترین افزایش کلروفیل a در تیمارهای سرکه چوب با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر و عدم کاربرد اسیدآمینه و تیمار اسیدآمینه پارال آمینوفول ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر به همراه سرکه چوب با غلظت ٦ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب باعث افزایش ۳۷/۷۱ و ۲۹/۰۹ درصدی کلروفیل a نسبت به شاهد شد (شکل ٥a). تیمار اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر (و سرکه چوب با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش ٤۲/۱۸ درصدی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر ساده و متقابل تیمارهای اسیدآمینه و سرکه چوب بر صفات فیزیولوژیک میوه خیار رقم کیهان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	فنل	آنتی‌اکسیدان	فلاونوئید
اسیدآمینه	۳	۰/۰۵٤۵**	۰/٤٤۸**	۰/٤۲۷**	۲/۳۸**	۱۱۷/۵۰**	۱۰/۲٤**
سرکه چوب	۳	۰/۰۲۲٦**	۰/۰۳۹٤**	۰/۱۳۸**	۱/۹۳**	۸۹۳/۲۲**	۱۰/۰٤**
اسیدآمینه × سرکه چوب	۹	۰/۰۲۳۱**	۰/۱۱۵**	۰/۱۰٤**	۱/۰۰**	۲۳٤/٦۳**	٤/۷۹**
خطای آزمایش	۳۲	۰/۰۰۰۷٤٤	۰/۰۰۵۹۱	۰/۰۰۲۲	۰/۳۵۷	۳۲/۵۸	۰/٦۲۲
ضریب تغییرات (٪)		۳/۱۳	۳/٤۷	۱/۹۰	۱۱/۷٦	۱۱/۹۵	۷/۱۵

***، **، ns به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار**



شکل ۵- اثر متقابل سطوح سرکه چوب و اسیدآمینه پارال آمینوفول بر a) کلروفیل b a) کلروفیل b c) کاروتنوئید گیاه خیار. میانگین‌ها با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. نوار خطا نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

کلروفیل b در مقایسه با شاهد شد (شکل ۵b). تیمار سرکه چوب با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر و اسیدآمینه با غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر و تیمار سرکه چوب با غلظت ۲ میلی‌گرم لیتر و اسیدآمینه با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و همچنین تیمار سرکه چوب با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر و عدم کاربرد اسیدآمینه سبب افزایش معنی‌دار کاروتنوئید به‌ترتیب به‌میزان ۲۹/۵۷، ۲۹/۷۹ و ۳۰/۹۲ درصد در مقایسه با شاهد شد (شکل ۵c). سرکه چوب با دارابودن ترکیبات فنولی و آلی می‌تواند رشد گیاه را تحریک کرده و سنتز متابولیت‌های ثانویه از جمله رنگیزه‌های فتوسنتزی را افزایش می‌دهد (Gu *et al.*,

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

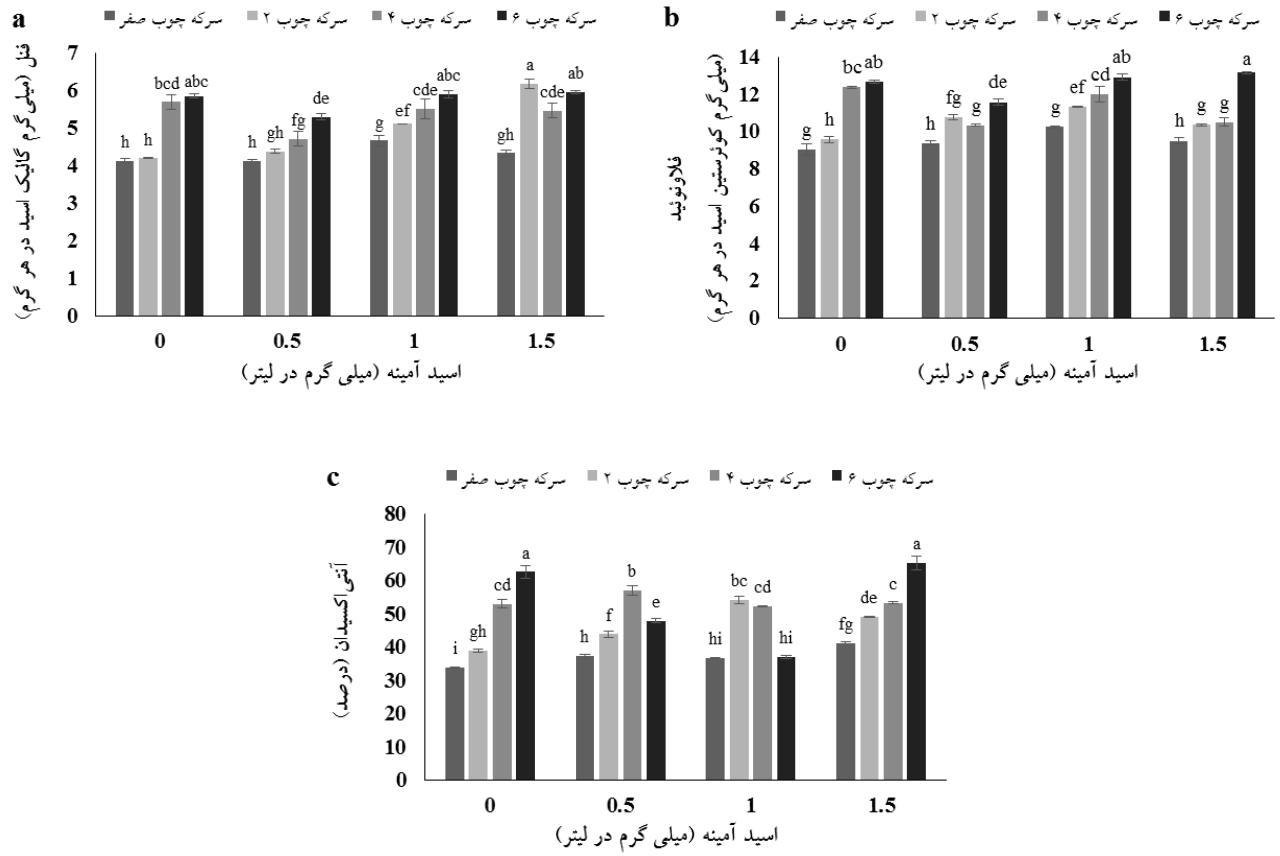
2024). اسیدهای آمینه با تأثیر بر سنتز پروتئین‌ها، بهبود فتوسنتز و افزایش کلروفیل، نقش مهمی در تقویت این فرآیندها ایفا می‌کنند (Khan *et al*., 2019). تیمار با اسیدآمینه گلوتامین به غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر همراه با نانوذرات نقره در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش ۲۵ درصدی در محتوای کلروفیل a، به میزان ٤١/٣٤ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ شد (Dai *et al*., 2022). در تحقیقی مشخص شد تیمار نخود (*Cicer arietinum*) با متیونین به غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش در محتوای کلروفیل a، به میزان ۱۲/۳۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر شد (Gupta *et al*., 2006). تیمار با اسیدآمینه تریپتوفان به غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر همراه با عصاره آلوئه‌ورا در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر روی گیاه یونجه (*Medicago sativa*) موجب افزایش کلروفیل a به میزان ۵۷/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر شد (Makarov *et al*., 2014). در پژوهشی تیمار با اسیدآمینه تریپتوفان به غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر همراه با نانوذرات روی به غلظت ٦٠ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش ۳۵ درصدی کلروفیل b در برگ‌های گوجه‌فرنگی به میزان ۱۳/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر شد (Liu *et al*., 2024). کاربرد اسیدآمینه گلوتامین به غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر و محلول نانوذرات سیلیکات در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش کلروفیل b در برگ‌های گل داوودی (*Chrysanthemum morifolium*) شد (Ditta and Arshad, 2016). کاربرد اسیدهای آمینه پرولین و گلایسین بتائین در گیاه ریحان، سبب افزایش غلظت ترکیبات فنولی، فلاونوئید و رنگدانه‌ها شد که مشابه تأثیرات مشاهده شده در تیمارهای سرکه چوب است (Safwat and Abdel Salam, 2022).

فنل و فلاونوئید: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر متقابل تیمارها بر میزان فنل و فلاونوئید میوه خیار رقم کیهان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). تیمار اسیدآمینه با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و سرکه چوب با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش فنل به‌میزان ٤٩/٦٣ درصد نسبت به شاهد شد (شکل ٦a). تیمار اسیدآمینه پارال آمینوفول با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و سرکه چوب با غلظت ٦ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش ۳۸/۳۱ درصدی فلاونوئید نسبت به شاهد شد (شکل ٦b). تیمارهای سرکه چوب و اسیدآمینه به‌طور معنی‌داری میزان فلاونوئید میوه خیار را در مطالعه حاضر افزایش دادند. این افزایش می‌تواند به‌دلیل تأثیر ترکیبی این تیمارها در تحریک مسیرهای بیوسنتزی فلاونوئیدها باشد که به تولید این ترکیبات کمک می‌کند. سرکه چوب می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنزیم‌هایی شود که در سنتز فلاونوئیدها نقش دارند. ترکیبات فنولی موجود در سرکه چوب می‌توانند به‌عنوان پیش‌ساز برای تولید فلاونوئیدها عمل کنند (Zhou *et al*., 2024). همچنین، سرکه چوب به‌طور غیرمستقیم باعث بهبود وضعیت فیزیولوژیک گیاه شود و به افزایش تولید فلاونوئیدها منجر گردد (Ousaaid *et al*., 2024). پژوهش‌هایی بر روی گیاهانی مانند گوجه‌فرنگی (Zhou *et al*., 2024) و سیب‌زمینی (El-Fawy *et al*., 2023) نشان داده است که تیمار سرکه چوب به‌طور چشمگیری میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فلاونوئید را در میوه‌ها افزایش می‌دهد. برخی مطالعات نشان داده‌اند که اسیدآمینه‌ها می‌توانند با فعال‌کردن آنزیم‌های کلیدی در مسیر بیوسنتزی فلاونوئیدها، میزان این ترکیبات را افزایش دهند (Nabavi *et al*., 2020). در پژوهشی ترکیب تیمارهای اسیدآمینه و عصاره‌های گیاهی توانست میزان فلاونوئیدها را در گلابی به‌طور چشمگیری افزایش دهد (Abd El–Hamied and El-Amary, 2015).

ظرفیت آنتی‌اکسیدان: مقایسه نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر متقابل تیمارها بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدان میوه خیار رقم کیهان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٦). تیمار سرکه چوب با غلظت ٦ میلی‌گرم و عدم کاربرد اسیدآمینه و تیمار اسیدآمینه با غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و سرکه چوب با غلظت ٦ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب باعث افزایش ٦٢/٥٦ و ٦٥/٢٠ درصدی ظرفیت آنتی‌اکسیدان شدند (شکل ٦c). سرکه چوب غنی از ترکیبات فنلی است که می‌توانند به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های قوی عمل کنند. این ترکیبات قادر به خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از آسیب‌های اکسیداتیو به لیپیدها، پروتئین‌ها و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]



شکل ٦- اثر متقابل سطوح سرکه چوب و اسیدآمینه پارال آمینوفول بر a) فنل b) فلاونوئید c) ظرفیت آنتی‌اکسیدان میوه خیار رقم کیهان. میانگین‌ها با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. نوار خطا نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

DNA هستند (Theapparat *et al*., 2018; Perumpuli and Dilrukshi, 2022). افزایش غلظت سرکه چوب می‌تواند به افزایش محتوای فنولی در میوه منجر شود که به‌طور مستقیم ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهد (Coelho *et al*., 2017). اسیدآمینه پارال- آمینوفول به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در بیوسنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها نقش داشته باشد. این ترکیبات به‌دلیل ساختار شیمیایی خود، قادر به خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن هستند و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل را افزایش می‌دهند (Pisoschi and Pop, 2015). ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در سرکه چوب و اثر تقویتی اسیدآمینه‌ها می‌تواند به کاهش پراکسیداسیون لیپیدها منجر شود. این کاهش در آسیب‌های اکسیداتیو غشاهای سلولی نقش مهمی دارد و به حفظ یکپارچگی سلول‌ها کمک می‌کند (Zhu *et al*., 2024). در مطالعه‌ای بر روی گیاه فلفل دلمه‌ای نشان داده شد، استفاده از سرکه چوب باعث افزایش معنی‌دار ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها در این گیاه شد (Avasiloaiei *et al*., 2024). در پژوهشی بر روی گوجه‌فرنگی مشخص شد که سرکه چوب باعث بهبود ویژگی‌های کیفی و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های گوجه‌فرنگی شد (Benzon and Lee, 2016).

نتیجه‌گیری

کاربرد همزمان اسیدآمینه پارال آمینوفول و سرکه چوب در کشت هیدروپونیک خیار رقم کیهان، باعث بهبود قابل توجهی در رشد گیاه، افزایش ویژگی‌های کمی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد و وزن میوه و همچنین ارتقاء کیفیت میوه از جمله افزایش سفتی و طول میوه شد. علاوه‌براین، این ترکیب موجب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]
[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

افزایش محتوای کلروفیل، کاروتنوئیدها، فنل‌ها، فلاونوئیدها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گردید که نشان‌دهنده بهبود سلامت و مقاومت گیاه است. با توجه به نتایج، استفاده از اسیدآمینه ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر همراه با سرکه چوب ۲ میلی‌گرم بر لیتر به‌عنوان بهترین تیمار، روشی مؤثر برای افزایش عملکرد و کیفیت خیار در سیستم هیدروپونیک محسوب می‌شود.

منابع

نجفی، میثم، آرویی، حسین، و امینی‌فرد، محمدحسین (۱۴۰۰). بررسی اثر اسید هیومیک و اسیدآمینه به صورت کود آبیاری بر صفات رشدی خیار سوپر دامینوس (*Cucumis sativus* L.) تحت تنش خشکی. *نشریه علوم باغبانی*، ۳۵(۴)، ۵۲۱-۵۳۳.

Abd El–Hamied, S. A, & El-Amary, E. I. (2015). Improving growth and productivity of "pear" trees using some natural plants extracts under north sinai conditions. *Journal of Agriculture and veterinary Science*, *8*(1), 1-9. http //doi. org/10.9790/2380-08110109

Abdel-Sattar, M., Mostafa, L. Y., & Rihan, H. Z. (2024). Enhancing mango productivity with wood vinegar, humic acid, and seaweed extract applications as an environmentally friendly strategy. *Sustainability*, *16*(20), 8986. https://doi.org/10.3390/su16208986

Abdolahipour, B, & Haghighi, M. (2019). The effects of pine wood vinegar on the germination, growth and photosynthetic characteristics of cucumber. *Iran Agricultural Research*, *38*(2), 83-90. https://doi.org/10.22099/iar.2020.31134.1305

Afsharipour, S., Mirzaalian Dastjerdi, A., & Seyedi, A. (2024). Optimizing *Cucumis sativus* seedling vigor: The role of pistachio wood vinegar and date palm compost in nutrient mobilization. *BMC Plant Biology*, *24*(1), 407. https://doi.org/10.1186/s12870-024-05128-y

Aguirre, J. L., Baena, J., Martin, M. T., Nozal, L., Gonzalez, S., Manjon, J. L., & Peinado, M. (2020). Composition, ageing and herbicidal properties of wood vinegar obtained through fast biomass pyrolysis. *Energies*, *13*(10), 2418. https://doi.org/10.3390/en13102418

Alamgir, A. N. M. (2017). Therapeutic Use of Medicinal Plants and their Extracts.Cham: Springer.

Al-Janabi, Y. A., Abood, N. M., & Hamdan, M. I. (2021). The effect of amino acids and the date of planting on some growth characteristics of the three varieties of maize. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science IOP Publishing. http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/904/1/012064

Al-Suhaibani, N., Selim, M., Alderfasi, A., & El-Hendawy, S. (2020). Comparative performance of integrated nutrient management between composted agricultural wastes, chemical fertilizers, and biofertilizers in improving soil quantitative and qualitative properties and crop yields under arid conditions. *Agronomy*, *10*(10), 1503. https://doi.org/10.3390/agronomy10101503

Arnon, D. J. (1956). Chlorophyll absorption spectrum and quantitative determination. *Biochimical and Biophysical Acta*, *20*, 449-461.

Ashmead, H. D. (2012). Amino Acid Chelation in Human and Animal Nutrition. CRC Press. https://doi.org/10.1201/b11533

Avasiloaiei, D. I., Calara, M., Balaita, C., & Antal-Tremurici, A. (2024). Improving ecological resilience and sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) crop yield via biochar and wood vinegar application. *Scientific Studies and Research. Series Biology/Studii si Cercetari Stiintifice. Seria Biologie*, *33*(2).

Babatunde, R. M. (2022). Growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars as influenced by organic fertilizers in southern *Guinea savanna*, Nigeria. Master's thesis, Kwara State University (Nigeria).

Barriga-Tellez, L. M., Garnica-Romo, M. G., Aranda-Sanchez, J. I., Correa, G. A., Bartolome-Camacho, M. C., & Martinez-Flores, H. E. (2011). Nondestructive tests for measuring the firmness of guava fruit stored and treated with methyl jasmonate and calcium chloride. *International Journal of Food Science and Technology*, *46*(6), 1310-1315. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02633.x

Benny, N., Shams, R., Dash, K. K., Pandey, V. K., & Bashir, O. (2023). Recent trends in utilization of citrus fruits in production of eco-enzyme. *Journal of Agriculture and Food Research*, *13*, 100657. http://dx.doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100657

Benzon, H. R. L, & Lee, S. C. (2016). Potential of wood vinegar in enhancing fruit yield and antioxidant capacity in tomato. *Korean Journal of Plant Resources*, *29*(6), 704-711. http://dx.doi.org/10.7732/kjpr.2016.29.6.704

Bisht, T. S., Rawat, L., Chakraborty, B., & Yadav, V. (2018). A recent advances in use of plant growth regulators (PGRs) in fruit crops-A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(5), 1307-1336. http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.159

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

Carvalho, J. O., Toebe, M., Tartaglia, F. L., Bandeira, C. T., & Tambara, A. L. (2017). Leaf area estimation from linear measurements in different ages of *Crotalaria juncea* plants. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, *89*, 1851-1868. https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170077

Coelho, E., Genisheva, Z., Oliveira, J. M., Teixeira, J. A., & Domingues, L. (2017). Vinegar production from fruit concentrates: Effect on volatile composition and antioxidant activity. *Journal of Food Science and Technology*, *54*, 4112-4122. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2783-5

Corpas, F. J., Gupta, D. K., & Palma, J. M. (2021). Hormones and Plant Response. Plant in Challenging Environments. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77477-6_11

Dai, Y., Li, T., Wang, Z., & Xing, B. (2022). Physiological and proteomic analyses reveal the effect of CeO_2 nanoparticles on strawberry reproductive system and fruit quality. *Science of The Total Environment*, *814*, 152494. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152494

Darwesh, O. M, & Elshahawy, I. E. (2023). Management of sunflower charcoal-rot and maize late-wilt diseases using the aqueous extract of vermicompost (vermitea) and environmental-safe biochar derivative (wood vinegar). *Scientific Reports*, *13*(1), 17387. https://doi.org/10.1038/s41598-023-43974-2

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

De Smet, S., Cuypers, A., Vangronsveld, J., & Remans, T. (2015). Gene networks involved in hormonal control of root development in Arabidopsis thaliana: A framework for studying its disturbance by metal stress. *International Journal of Molecular Sciences*, *16*(8), 19195-19224. http://dx.doi.org/10.3390/ijms160819195

Ditta, A, & Arshad, M. (2016). Applications and perspectives of using nanomaterials for sustainable plant nutrition. *Nanotechnology Reviews*, *5*(2), 209-229. http://dx.doi.org/10.1515/ntrev-2015-0060

Ebabhi, A, & Adebayo, R. (2022). Nutritional values of vegetables. *Vegetable Crops-Health Benefits and Cultivation*. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.101090

El-Fawy, M. M., Abo-Elyousr, K. A., Sallam, N. M., El-Sharkawy, R. M., & Ibrahim, Y. E. (2023). Fungicidal effect of guava wood vinegar against *Colletotrichum coccodes* causing black dot disease of potatoes. *Horticulturae*, *9*(6), 710. http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae9060710

FAO. (2022). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. Rome. https://doi.org/10.4060/cc2211en

Fernandes, A., Polyzos, N., Mandim, F., Pereira, C., Petrovic, J., Sokovic, M., & Petropoulos, S. A. (2023). Combined effect of biostimulants and mineral fertilizers on crop performance and fruit quality of watermelon plants. *Horticulturae*, *9*(7), 838. http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae9070838

Galili, G., Amir, R., & Fernie, A. R. (2016). The regulation of essential amino acid synthesis and accumulation in plants. *Annual Review of Plant Biology*, *67*(1), 153-178. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043015-112213

Gama, G. S. P., Pimenta, A. S., Feijo, F. M. C., Azevedo, T. K. B. D., Melo, R. R. D., & Andrade, G. S. D. (2024). The potential of wood vinegar to replace antimicrobials used in animal husbandry—A review. *Animals*, *14*(3), 381. https://doi.org/10.3390/ani14030381

Ghassemi-Golezani, K, & Samea-Andabjadid, S. (2022). Exogenous cytokinin and salicylic acid improve amino acid content and composition of faba bean seeds under salt stress. *Gesunde Pflanzen*, *74*(4), 935-945.

Ghoname, A. A., El-Bassiouny, A. M., Abdel-Mawgoud, A. M. R., El-Tohamy, W. A., & Gruda, N. (2012). Growth, yield and blossom-end rot incidence in bell pepper as affected by phosphorus level and amino acid applications. *Gesunde Pflanzen*, *64*(1), 29-37. https://doi.org/10.1007/s10343-012-0272-3

Glew, R. H., Ayaz, F. A., Sanz, C., Vander Jagt, D. J., Huang, H. S., Chuang, L. T., & Strnad, M. (2003). Changes in sugars, organic acids and amino acids in medlar (*Mespilus germanica* L.) during fruit development and maturation. *Food Chemistry*, *83*(3), 363-369. http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00097-9

Gu, S., Zhu, W., Ren, L., Sun, B., Ren, Y., Niu, Y., & He, Q. (2024). New insights into the impact of wood vinegar on the growth and rhizosphere microorganisms of cherry radish (*Raphanus sativus* L.). *PeerJ*, *12*, e18505. http://dx.doi.org/10.7717/peerj.18505

Gupta, D. K., Tripathi, R. D., Rai, U. N., Dwivedi, S., Mishra, S., Srivastava, S., & Inouhe, M. (2006). Changes in amino acid profile and metal content in seeds of *Cicer arietinum* L. (chickpea) grown under various fly-ash amendments. *Chemosphere*, *65*(6), 939-945. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.03.047

Gutierrez-Gamboa, G., Alanon-Sanchez, N., Mateluna-Cuadra, R., & Verdugo-Vasquez, N. (2020). An overview about the impacts of agricultural practices on grape nitrogen composition: Current research approaches. *Food Research International*, *136*, 109477. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109477

Haro, D., Marrero, P. F., & Relat, J. (2019). Nutritional regulation of gene expression: Carbohydrate-, fat-and amino acid-dependent modulation of transcriptional activity. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(6), 1386. http://dx.doi.org/10.3390/ijms20061386

He, L., Geng, K., Li, B., Li, S., Gustave, W., Wang, J., & Wang, H. (2025). Enhancement of nutrient use efficiency with biochar and wood vinegar: A promising strategy for improving soil productivity. *Journal of the Science of*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

Food and Agriculture, *105*(1), 465-472. https://doi.org/10.1002/jsfa.13844

Hildebrandt, T. M., Nesi, A. N., Araujo, W. L., & Braun, H. P. (2015). Amino acid catabolism in plants. *Molecular Plant*, *8*(11), 1563-1579. https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.09.005

Hong, P., Zhang, Z., Zhou, Y., Lu, X., Sadeghnezhad, E., Pang, Q., & Jia, H. (2024). Polygalacturonase inhibiting protein enhances cell wall strength of strawberry fruit for resistance to *Botrytis cinerea* infection. *Scientia Horticulturae*, *327*, 112850. http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112850

Iacomino, G., Idbella, M., Staropoli, A., Nanni, B., Bertoli, T., Vinale, F., & Bonanomi, G. (2024). Exploring the potential of wood vinegar: Chemical composition and biological effects on crops and pests. *Agronomy*, *14*(1), 114. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304423824000116

Ilic, S. Z., Milenkovic, L., Dimitrijevic, A., Stanojevic, L., Cvetkovic, D., Kevresan, Z., & Mastilovic, J. (2017). Light modification by color nets improve quality of lettuce from summer production. *Scientia Horticulturae*, *226*, 389-397. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.009

Jeong, K. W., Kim, B. S., Ultra Jr, V. U., & Chul, S. (2015). Effects of rhizosphere microorganisms and wood vinegar mixtures on rice growth and soil properties. *Korean Journal of Crop Science*, *60*(3), 355-365. http://dx.doi.org/10.7740/kjcs.2015.60.3.355

Karimian, N., Ghorbani Dashtaki, S., Motaghian, H., Iranipour, R., & Khalili Moghadam, B. (2022). Effect of application of biochar and wood vinegar on some chemical and microbiological properties of soil under forage corn cultivation. *Journal of Water and Soil Conservation*, *29*(3), 23-44. https://doi.org/10.22069/jwsc.2023.20460.3575 (In Persion)

Karthika, K. S., Rashmi, I., & Parvathi, M. S. (2018). Biological functions, uptake and transport of essential nutrients in relation to plant growth. *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, 1-49. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8-1

Khan, S., Yu, H., Li, Q., Gao, Y., Sallam, B. N., Wang, H., & Jiang, W. (2019). Exogenous application of amino acids improves the growth and yield of lettuce by enhancing photosynthetic assimilation and nutrient availability. *Agronomy*, *9*(5), 266. https://doi.org/10.3390/agronomy9050266

Lecholocholo, N., Shoko, T., Manhivi, V. E., Akinola, S. A., Maboko, M. M., & Sivakumar, D. (2022). Impact of different rootstocks on antioxidant properties and volatile profile of honeydew melons (*Cucumis melo* L.) during postharvest storage. *Agronomy*, *12*(10), 2498. http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12102498

Levaj, B., Pelaic, Z., Galic, K., Kurek, M., Scetar, M., Poljak, M., & Repajic, M. (2023). Maintaining the quality and safety of fresh-cut potatoes (*Solanum tuberosum*): Overview of recent findings and approaches. *Agronomy*, *13*(8), 2002. http://dx.doi.org/10.3390/agronomy13082002

Li, S., Chen, K., & Grierson, D. (2021). Molecular and hormonal mechanisms regulating fleshy fruit ripening. *Cells*, *10*(5), 1136. http://dx.doi.org/10.3390/cells10051136

Liu, J., Huang, S., Haider, S. T. A., Ehsan, A., Danish, S., Hussain, N., & Datta, R. (2024). Influence of indole acetic acid and trehalose, with and without zinc oxide nanoparticles coated urea on tomato growth in nitrogen deficient soils. *Scientific Reports*, *14*(1), 22824. https://doi.org/10.1038/s41598-024-73558-7

Makarov, V. V., Love, A. J., Sinitsyna, O. V., Makarova, S. S., Yaminsky, I. V., Taliansky, M. E., & Kalinina, N. O. (2014). "Green" nanotechnologies: Synthesis of metal nanoparticles using plants. *Acta Naturae*, *6*(20), 35-44. http://dx.doi.org/10.32607/20758251-2014-6-1-35-44

Matsumoto, H, & Ikoma, Y. (2012). Effect of different postharvest temperatures on the accumulation of sugars, organic acids, and amino acids in the juice sacs of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(39), 9900-9909. https://doi.org/10.1021/jf303532s

Mellidou, I., Koukounaras, A., Kostas, S., Patelou, E., & Kanellis, A. K. (2021). Regulation of vitamin C accumulation for improved tomato fruit quality and alleviation of abiotic stress. *Genes*, *12*(5), 694. http://dx.doi.org/10.3390/genes12050694

Moosavi, S. F., Haghighi, M., & Mirmazloum, I. (2024). Interacting effects of phytohormones and fruit pruning on the morpho-physiological and biochemical attributes of bell pepper. *Scientific Reports*, *14*(1), 14801. https://doi.org/10.1038/s41598-024-65855-y

Mosa, W. F., Ali, H. M., & Abdelsalam, N. R. (2021). The utilization of tryptophan and glycine amino acids as safe alternatives to chemical fertilizers in apple orchards. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*, 1983-1991. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10658-7

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. http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2013.02.020

Nabavi, S. M., Samec, D., Tomczyk, M., Milella, L., Russo, D., Habtemariam, S., & Shirooie, S. (2020). Flavonoid biosynthetic pathways in plants: Versatile targets for metabolic engineering. *Biotechnology Advances*, *38*, 107316. http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.11.005

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

Nephali, L., Piater, L. A., Dubery, I. A., Patterson, V., Huyser, J., Burgess, K., & Tugizimana, F. (2020). Biostimulants for plant growth and mitigation of abiotic stresses: A metabolomics perspective. *Metabolites*, *10*(12), 505. https://doi.org/10.3390/metabo10120505

Nielsen, S. S. (2017). Food Analysis Laboratory Manual. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6_32

Oms-Oliu, G., Hertog, M. L. A. T. M., Van de Poel, B., Ampofo-Asiama, J., Geeraerd, A. H., & Nicolai, B. M. (2011). Metabolic characterization of tomato fruit during preharvest development, ripening, and postharvest shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, *62*(1), 7-16. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.04.010

Ousaaid, D., Bakour, M., Laaroussi, H., El Ghouizi, A., Lyoussi, B., & El Arabi, I. (2024). Fruit vinegar as a promising source of natural anti-inflammatory agents: An up-to-date review. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, *32*(1), 307-317. https://doi.org/10.1007/s40199-023-00493-9

Papadopoulos, A. P. (1994). Growing Greenhouse Seedless Cucumbers in Soil and in Soilless Media. Agriculture and Agriculture and Agri-Food Canada Publication 1902/E. Ottawa, Ontario, Canada.

Perumpuli, P. A. B. N, & Dilrukshi, D. M. N. (2022). Vinegar: A functional ingredient for human health. *International Food Research Journal*, *29*(5), 959-974. http://dx.doi.org/10.47836/ifrj.29.5.01

Pisoschi, A. M, & Pop, A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, *97*, 55-74. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.04.040

Planchet, E, & Limami, A. M. (2015). Amino Acids in Higher Plants. Wallingford UK: CAB International. https://doi.org/10.1079/9781780642635.0262

Plioni, I., Bekatorou, A., Terpou, A., Mallouchos, A., Plessas, S., Koutinas, A. A., & Katechaki, E. (2021). Vinegar production from corinthian currants finishing side-stream: Development and comparison of methods based on immobilized acetic acid Bacteria. *Foods*, *10*(12), 3133. https://doi.org/10.3390/foods10123133

Safwat, G, & Abdel Salam, H. S. (2022). The effect of exogenous proline and glycine betaine on phyto-biochemical responses of salt-stressed basil plants. *Egyptian Journal of Botany*, *62*(2), 537-547. https://dx.doi.org/10.21608/ejbo.2022.75826.1689

Serra, M., Casas, A., Teixeira, J. A., & Barros, A. N. (2023). Revealing the beauty potential of grape stems: Harnessing phenolic compounds for cosmetics. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(14), 11751. https://doi.org/10.3390/ijms241411751

Sharma, M., Bithel, N., Sharma, K. K., & Sharma, M. (2024). Plant Metabolites and Vegetables as Nutraceuticals. Apple Academic Press.

Shiekh, K. A., Ngiwngam, K., & Tongdeesoontorn, W. (2021). Polysaccharide-based active coatings incorporated with bioactive compounds for reducing postharvest losses of fresh fruits. *Coatings*, *12*(1), 8. http://dx.doi.org/10.3390/coatings12010008

Souri, M. K., Sooraki, F. Y., & Moghadamyar, M. (2017). Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *58*, 530-536. http://dx.doi.org/10.1007/s13580-017-0349-0

Srisompan, A, & Theerakulpisut, P. (2019). The effect of exogenous spermidine and wood vinegar on growth and physiology of rice (*Oryza sativa* L.) cv. RD6 under salt stress. *Current Applied Science and Technology*, *19*(3), 289-296.

Sun, S., Yang, Y., Hao, S., Liu, Y., Zhang, X., Yang, P., & Luo, Y. (2024). Comparison of transcriptome and metabolome analysis revealed cold-resistant metabolic pathways in cucumber roots under low-temperature stress in root zone. *Frontiers in Plant Science*, *15*, 1413716. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1413716

Theapparat, Y., Chandumpai, A., & Faroongsarng, D. (2018). Physicochemistry and utilization of wood vinegar from carbonization of tropical biomass waste. *Tropical Forests*, 163-183. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77380

Trejo Valencia, R., Sanchez Acosta, L., Fortis Hernandez, M., Preciado Rangel, P., Gallegos Robles, M. A., Antonio Cruz, R. D. C., & Vazquez Vazquez, C. (2018). Effect of seaweed aqueous extracts and compost on vegetative growth, yield, and nutraceutical quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit. *Agronomy*, *8*(11), 264. https://doi.org/10.3390/agronomy8110264

Trovato, M., Funck, D., Forlani, G., Okumoto, S., & Amir, R. (2021). Editorial: Amino acids in plants: Regulation and functions in development and stress defense. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 772810. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.772810

Tudzynski, B. (2005). Gibberellin biosynthesis in fungi: Genes, enzymes, evolution, and impact on biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology, 66*, 597-611. https://doi.org/10.1007/s00253-004-1805-1

Wang, X. A., Pan, Y., Liu, H., Meng, H., & Cheng, Z. (2024). Physiological responses of cucumber seedlings to combined high-temperature and high-humidity stress at different leaf stages. *Horticulturae*, *10*(12),

Zaman, M., Kurepin, L. V., Catto, W., & Pharis, R. P. (2015). Enhancing crop yield with the use of N-based fertilizers co-applied with plant hormones or growth regulators. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(9), 1777-1785. https://doi.org/10.1002/jsfa.6938

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

Zhou, H., Fu, K., Shen, Y., Li, R., Su, Y., Deng, Y., & Zhang, N. (2024). Physiological and biochemical mechanisms of wood vinegar-induced stress response against tomato Fusarium wilt disease. *Plants*, *13*(2), 157. http://dx.doi.org/10.3390/plants13020157

Zhu, G., Tang, Y., Ding, Y., Zhao, W., Wang, Q., Li, Y., & Rui, Y. (2024). Synergistic effect of nano-iron phosphide and wood vinegar on soybean production and grain quality. *Environmental Science: Nano*, *11*(11), 4634-4643. http://dx.doi.org/10.1039/D4EN00383G

Zhu, Z., Liang, Z., & Han, R. (2009). Saikosaponin accumulation and antioxidative protection in drought-stressed *Bupleurum chinense* DC. plants. *Environmental and Experimental Botany*, *66*(2), 326-333. http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.03.017

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]

The effect of wood vinegar and paral aminofol amino acid on the quantitative and qualitative characteristics of greenhouse cucumber (*Cucumis* sativus cv. Keyhan)

Mahin Ekhlaspour, Farzin Abdollahi* and Alireza Yavari

Department of Horticulture Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

Abstract

Paral aminofol amino acid and wood vinegar, due to their strengthening and regulatory properties, can improve plant growth, nutrient uptake, and product quality. This research investigated the effects of these compounds on the growth and quantitative and qualitative characteristics of the 'Keyhan' cucumber cultivar in a hydroponic greenhouse in Orzueeyeh County, Kerman Province. Treatments of wood vinegar (0, 2, 4, and 6 mg/L) and Paral aminofol amino acid (0, 0.5, 1, and 1.5 mg/L) were applied as solutions in drip irrigation water simultaneously at three stages: the four-leaf stage, flowering, and harvest. Irrigation was performed every four days, and the treatments were supplied to the plants with the irrigation water. The treatment with 2 mg/L wood vinegar increased plant height and stem diameter by 69.56% and 117.85%, respectively. The highest number of fruits was observed with the treatment of 1.5 mg/L amino acid and 2 mg/L wood vinegar (41.33 fruits), and the greatest fruit length was observed with the treatment of 1.5 mg/L amino acid and 6 mg/L wood vinegar (14.8 cm). Fruit firmness increased to 22.92 kg/cm² with the treatment of 1.5 mg/L amino acid and 2 mg/L wood vinegar, and fruit weight increased by 51.36 grams with the treatment of 1.5 mg/L amino acid and 6 mg/L wood vinegar. The results showed that all treatments decreased soluble solids content compared to the control, with the greatest reduction observed with the 1.5 mg/L amino acid and 2 mg/L wood vinegar treatments. Furthermore, the highest increase in chlorophyll a was observed in the treatment of 2 mg/L wood vinegar without amino acid and in the combination of 0.5 mg/L amino acid with 6 mg/L wood vinegar. The treatment of 1.5 mg/L amino acid and 2 mg/L wood vinegar resulted in increased levels of chlorophyll b, carotenoids, phenols, flavonoids, and antioxidant capacity compared to the control. The results indicated that the simultaneous application of these two substances in hydroponic conditions can significantly improve plant growth and product quality and is recommended as an effective method for high-yield cucumber production.

Keywords: Antioxidant activity, Amino acid, Wood vinegar, Fruit quality, Physiological activities

Received: Apr. 22, 2025; Revised: Nov. 05, 2025; Accepted: Nov. 12, 2025; Published Online: June. 02, 2026
*Corresponding Author: fabdollahi@hormozgan.ac.ir

Copyright © 2025 Iranian Society of Plant Physiology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-07]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.1]