Journal of Research in Horticultural Science
پژوهش در علوم باغبانی
Vol. 3, No. 2 Autumn and Winter 2024 (104–122)
جلد ۳ شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳ (ص ۱۲۲-۱۰۴)
10.22092/rhsj.2025.368806.1121
مقاله علمی پژوهشی
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir

اثر محلول پاشی تیامین بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای رقم "California Wonder"

افسانه فرحمندی[۱]، بیژن حقیقتی[۲]، بابک مدنی[۳*]

۱- فوق لیسانس دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران
۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷

چکیده

این مطالعه به بررسی تأثیر محلول‌پاشی تیامین بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای پرداخته است. آزمایش به‌صورت گلدانی در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی چهارمحال و بختیاری در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل تیامین در سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و شاهد (آب مقطر) بودند. محلول‌پاشی در ۴ نوبت با فاصله ۷ روز انجام شد تا مراحل حساس رشد شامل استقرار رویشی (نوبت ۱)، مرحله‌ی گلدهی (نوبت ۲)، تشکیل میوه (نوبت ۳) و پر شدن میوه (نوبت ۴) می‌باشد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی تیامین تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد، عملکرد و کیفیت فلفل دلمه‌ای دارد. بیشترین عملکرد میوه (۸۸۲ گرم در بوته) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین مشاهده شد. همچنین، این تیمار موجب افزایش معنی‌دار ویتامین C و مواد جامد محلول (۵/۷۸ درصد بریکس) گردید. بیشترین سفتی بافت میوه (۷/۴۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر) و بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۲۳/۷۲ درصد) نیز در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین ثبت شد. محلول‌پاشی تیامین در سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش غلظت ترکیبات فنلی (۳۸۵/۵۴ و ۴۱۲/۰۷ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تر) و فلاونوئیدها (۶۷/۶۵ و ۷۱/۸۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) شد. کاربرد تیامین قبل از برداشت با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیشترین اثر مثبت را بر کیفیت میوه نشان داد. اگرچه تحقیقات بیشتری در این زمینه لازم است، اما نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تیامین پتانسیل بهبود رشد، عملکرد و ویژگی‌های کیفی فلفل دلمه‌ای را دارد.

واژگان کلیدی: آنتی‌اکسیدان‌ها، بهبود، پتانسیل، سفتی بافت میوه، عملکرد.

Effect of foliar application of thiamine on growth, yield and fruit quality of bell pepper cultivar "California Wonder"

Afsane Farahmandi[1], Bijan Haghighati[2] and Babak Madani[*3]

1- Master's degree, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2- Assistant Professor, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shahrekord, Iran
3- Assistant Professor, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shahrekord, Iran

Received: March 2025 Accepted: March 2025

Abstract

This study investigated the effect of foliar application of thiamine on growth, yield and fruit quality of bell pepper. The experiment was conducted in a pot in the greenhouse of Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural Research Center in 2013-2014, in a completely randomized design with three replications. The treatments included thiamine at three levels (50, 100 and 200 mg/L) and a control (distilled water). Foliar application was performed in 4 doses with an interval of 7 days until the critical growth stages including vegetative establishment (Stage 1), flowering stage (Stage 2), fruit formation (Stage 3) and fruit filling (Stage 4). The results showed that foliar application of thiamine had a significant effect on growth, yield and fruit quality indices of bell pepper. The highest fruit yield (882 g/plant) was observed in the 200 mg/L thiamine treatment. This treatment also significantly increased vitamin C and soluble solids (78.5% Brix). The highest fruit firmness (48.7 kg/cm) and highest antioxidant activity (72.23%) were also recorded at a concentration of 200 mg/L thiamine. Foliar application of thiamine at levels of 100 and 200 mg/L increased the concentration of phenolic compounds (385.54 and 412.07 mg gallic acid per 100 g fresh weight) and flavonoids (67.65 and 71.84 mg per 100 g fresh weight). Preharvest application of thiamine at a concentration of 200 mg/L showed the greatest positive effect on fruit quality. Although more research is needed in this area, the results of this study indicate that thiamine has the potential to improve growth, yield, and quality characteristics of bell pepper.

Keywords: Antioxidants, improvement, potential, fruit firmness, yield.

*نویسنده مسئول: babakmadani2010@gmail.com

۱- مقدمه

میوه‌ها و سبزیجات از مهم‌ترین منابع غذایی انسان به شمار می‌روند. آنتی‌اکسیدان‌های موجود در میوه‌ها و سبزیجات به‌عنوان مهم‌ترین ترکیباتی شناخته می‌شوند که خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن و خطرناک را کاهش می‌دهند (Riseh *et al.*,2024). فلفل یکی از مهم‌ترین سبزیجات جهان است. میوه فلفل دلمه‌ای به‌دلیل داشتن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله فنول‌ها، ویتامین C و کاروتنوئیدها دارای ارزش غذایی بالایی است و برای تنظیم فشار خون، افزایش اشتها و هضم غذا استفاده می‌شود (Anaya-Esparza *et al.*, 2021). اگرچه عملکرد میوه عامل مهمی در تولید تجاری محصولات گلخانه ای است، اما امروزه شاخص‌های کیفی مانند طعم، میزان قند، اسیدیته، اسید اسکوربیک و غیره به طور قابل توجهی مورد توجه مصرف کنندگان قرار گرفته است (Kyriacou and Rouphael., 2018). در تلاش برای تأمین غذا از نظر کالری، نقش اساسی ریزمغذی‌ها (ویتامین‌ها و مواد معدنی) در تغذیه اغلب نادیده گرفته می‌شود. تیامین (ویتامین B_1) یک عامل ضروری است و کمبود این ریزمغذی زمینه ساز چندین بیماری، به‌ویژه اختلالات سیستم عصبی است. منبع اصلی ویتامین B_1 در رژیم غذایی، غذاهای گیاهی است. علاوه بر این، ویتامین B_1 برای خود گیاهان نیز مهم است و فواید آن در سلامت گیاهان کمتر از حوزه سلامت انسان مورد توجه قرار گرفته است. ویتامین B_1 به‌دلیل نقش آن به‌عنوان یک کوآنزیم در مسیرهای متابولیک، به ویژه آنهایی که در تولید انرژی و متابولیسم مرکزی، از جمله جذب کربن و تنفس نقش دارند، به خوبی مشخص می‌شود. ویتامین B_1 نیز به‌عنوان یکی از اجزای مهم پاسخ‌های تنش گیاهی در حال ظهور است و چندین نقش غیر کوآنزیمی این ویتامین مشخص می‌شود. در مقاومت به بیماری گیاهی، تحمل به تنش و عملکرد محصول نقش دارد (Fitzpatrick and Chapman., 2020). همچنین سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی را بهبود می‌بخشد و اخیراً در تحمل آسیب DNA به‌عنوان یک فعال کننده مقاومت در برابر بیماری در گیاهان نقش دارد (Fitzpatrick and Chapman, 2020). همچنین اثرات پیش برداشت مواد بی خطر برای محیط زیست در افزایش عملکرد و کیفیت میوه و سبزیجات مورد توجه محققان قرار گرفته است. بر اساس گزارش فلاحی و همکاران (Fallahi *et al.,* 2018) محلول‌پاشی تیامین با غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش محتوای فنل کل و آنتی اکسیدان در ریحان شد (Fallahi *et al.,* 2018). زمانی پور گزارش کرد که استفاده از تیامین در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیترباعث افزایش رشد، بهبود صفات بیوشیمیایی از قبیل کلروفیل، فنول کل، مواد جامد محلول، ویتامین ث و عملکرد گوجه فرنگی رقم دلفوس شد (Zamani por, 2021). همچنین محلول‌پاشی تیامین باعث بهبود رشد و افزایش محتوای فنل و آنتی اکسیدان در گیاه گشنیز شد (Aminifared *et al.,* 2018). بیان کرد که پیریدوکسین، تیامین و اسید فولیک باعث افزایش پارامترهای رشد گوجه فرنگی نسبت به شاهد شدند، به‌طوری که بیشترین ارتفاع بوته (۲۷۱ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۷ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۳۱)، وزن تر (۵۰۲ گرم) و وزن خشک (۳۴۱/۶۶ گرم) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پیریدوکسین، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولیک و تیامین گردید (Zamani por, 2021). دنگ و همکاران بیان کردند که استفاده از تیامین پس از برداشت باعث افزایش NADPH اکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، فعالیت کاتالاز، اسید اسکوربیک، فنل‌ها و فلاونوئیدهای میوه عناب شد (Deng *et al.,* 2022). بر اساس مطالعات، استفاده از تیامین قبل از برداشت بر رشد و کیفیت فلفل دلمه‌ای مورد مطالعه قرار نگرفته است. با توجه به ارزش غذایی و اهمیت میوه فلفل دلمه‌ای در جهان، هدف از این تحقیق تأثیر محلول پاشی تیامین بر رشد گیاه، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیا واندر بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محل، مواد گیاهی و شرایط رشد

به منظور بررسی اثر تیامین بر رشد و عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات چهارمحال و بختیاری در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیامین در سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و آب مقطر به عنوان شاهد بود. بذور فلفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیا واندر در سینی‌های مخصوص کشت ۷۲ حفره‌ای در بستر خاک حاوی خاک برگ، شن و خاک لوم (به ترتیب با نسبت ۵۰، ۲۵ و ۲۵ درصد) در گلخانه با (دمای۳ روز و ۳ ± ۱۸شب با رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد) کشت شدند و بعد از ۳۰ روز (مرحله چهار تا پنج برگی) نشاها به گلدان‌های ۵ لیتری حاوی ترکیب کوکوپیت، پرلیت و ورمی کمپوست (به ترتیب با نسبت ۶۰، ۳۰ و ۱۰ درصد) منتقل شدند. فاصله‌ی گلدان‌ها ۴۵ سانتی‌متری از هم قرار گرفتند. ۷ روز پس از انتقال نشاها به گلدان با کودهای کامل (۲۰- ۲۰- ۲۰) تغذیه شدند و اولین محلول پاشی ۱۴ روز پس از انتقال نشاها به گلدان‌ها شروع گردید و با فاصله‌ی هر ۷ روز یک بار، (چهار بار در طول دوره‌ی رشد) انجام شد. تیامین و شاهد (آب مقطر) به‌صورت جداگانه بر روی گیاهان محلول پاشی شدند. پس از رسیدن میوه‌ها به مرحله بلوغ تجاری، میوه‌های درجه یک و دو به تدریج برداشت و برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل شدند. برداشت محصول از ۷۵ روز پس از انتقال نشا آغاز شد و به صورت مرحله‌ای ادامه یافت. معیارهای برداشت شامل رسیدن میوه‌ها به رنگ سبز بالغ (برای برداشت اولیه)، اندازه استاندارد تجاری (حدود ۸-۱۰ سانتیمتر طول)، برداشت‌ها هر ۵-۷ روز یک بار تکرار شد تا اثر تیمارها بر کل دوره تولید ارزیابی شود. دوره کشت از زمان انتقال نشاهای ۳۵ روزه به گلدان‌های نهایی آغاز و تا ۱۲۰ روز پس از انتقال ادامه یافت. این دوره شامل۲ هفته اول: استقرار گیاهچه. هفته ۸-۳: رشد رویشی و گلدهی و هفته ۹-۱۷: تشکیل و رسیدن میوه‌ها بود. در کشت گلخانه‌ای فلفل، سیستم آبیاری به صورت آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) با فواصل ۲-۴ روز در بسترهای با زهکش سریع (مانند کوکوپیت) پیشنهاد شده است و بستر ما نیز کوکوپیت + پرلیت و ورمی کمپوست می‌باشد و از طرفی کاهش تنش آبی: تیامین (ویتامین B۱) می‌تواند به گیاه در تحمل تنش‌های محیطی (حتی تنش ملایم خشکی ناشی از فواصل آبیاری) کمک کند. بهبود جذب آب و مواد مغذی: تیامین ممکن است ریشه‌زایی را تقویت کند، بنابراین گیاه بهتر می‌تواند از آب موجود در فواصل ۳ روزه استفاده کند.

جدول ۱ خصوصیات خاک گلدان‌های آزمایشی را نشان می‌دهد.

برخی ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گلخانه، که طبق روش‌های مرسوم در موسسه تحقیقات آب و خاک اندازه‌گیری گردید در جدول‌های (۱ و ۲) آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش.

نمونه	E.C.	pH.	O.C	T.N.V	فسفر.	پتاسیم	مواد محلول کل	روی.	منگنز	آهن	مس.	بر
شرح	دسی زیمنس بر متر	از گذشته	درصد	درصد	میلی گرم /کیلوگرم	میلی‌گرم /کیلوگرم	درصد	میلی‌گرم /کیلوگرم	میلی‌گرم /کیلوگرم	میلی‌گرم /کیلوگرم	میلی‌گرم /کیلوگرم	**میلی‌گرم /کیلوگرم**
نمونه۱:	۲/۱۷	۷/۷۴	۰/۲۹۳	۰/۲۶	۵/۶	۱۶۴	۰/۰۱۶	۰/۸۸	۸/۲۱	۲/۱۲	۱/۰۲	۲/۱۱

۲-۲- تفسیر نتایج آزمون خاک:

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش همراه با حد مطلوب عناصر برای فلفل دلمه‌ای.

پارامتر	واحد	مقدار در خاک آزمایش	حد مطلوب برای فلفل دلمه‌ای
بور (B)	$mg.kg^{-1}$	۱/۲	۱-۲
مس (Cu)	$mg.kg^{-1}$	۱/۰۲	۱-۲
آهن (Fe)	$mg.kg^{-1}$	۲/۱۲	۱۰-۲۰
منگنز (Mn)	$mg.kg^{-1}$	۸/۲۱	۵-۱۵
روی (Zn)	$mg.kg^{-1}$	۰/۸۸	۲-۵
نیتروژن کل (N)	%	۰/۱۶	۰/۲ -۰/۵
فسفر (P)	$mg.kg^{-1}$	۵/۶	۱۵-۳۰
پتاسیم (K)	$mg.kg^{-1}$	۱۶۴	۱۵۰-۲۵۰
TNV	%	۰/۲۶	-
OC (ماده آلی)	%	۰/۲۹۳	۲-۳
pH	-	۷/۷۴	۶ -۶/۸۶
EC	$dS.m^{-1}$	۲/۱۷	<۲/۵

اقدامات اصلاحی انجام شده در آزمایش:

کوددهی پایه: افزودن کود دامی/کمپوست برای جبران ماده آلی، مصرف کودهای فسفره (مثل سوپر فسفات) برای جبران کمبود P، استفاده از سولفات روی برای رفع کمبود Zn ، تنظیم pH: استفاده از گوگرد برای کاهش pH استفاده شد

مدیریت شوری: شستشوی خاک قبل از کشت، انتخاب کودهای با نمک پایین، بر اساس آزمون خاک اولیه (جدول فوق)، بستر کشت نیاز به اصلاحات زیر داشت:

افزودن ۳٪ کود دامی پوسیده برای بهبود ماده آلی (از ۰.۲۹۳٪ به ≈۲.۵٪)

مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی برای رفع کمبود Zn

کاربرد سوپر فسفات تریپل (۴۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کود پایه

تنظیم pH با گوگرد کشاورزی (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)

این اقدامات بر اساس استانداردهای کشت فلفل دلمه‌ای در گلخانه انجام شد تا شرایط بهینه برای تمام تیمارها فراهم گردد..

جدول ۳- خلاصه توصیه‌های کودی بر اساس آزمون خاک:

اقدام اصلاحی	محدوده مطلوب	مقدار فعلی	پارامتر
افزودن ۳۰ تن کود دامی در هکتار	۳-۲%	۰/۲۹۳	ماده آلی
مصرف گوگرد (۵۰۰ کیلوگرم/ هکتار)	۶ -۶/۸	۷/۷۴	pH
سوپر فسفات (۴۵ کیلوگرم/ هکتار)	۳۰-۱۵ میلی‌گرم/ کیلوگرم	۵/۶ میلی‌گرم/ کیلوگرم	فسفر
سولفات روی (۵۰ کیلوگرم در هکتار)	۵-۲ میلی‌گرم / کیلوگرم	۰/۸۸ میلی‌گرم /کیلوگرم	روی

جدول ۴- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب محل انجام آزمایش را نشان می‌دهد.

جدول ۴- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب محل انجام آزمایش همراه با حد مطلوب برای فلفل دلمه‌ای

پارامتر	واحد	مقدار در آب آزمایش	حد مطلوب برای آبیاری فلفل دلمه‌ای	وضعیت کیفیت آب
سولفات (SO_4^{2-})	$mg.l^{-1}$	۳۲۰	۲۰۰-۴۰۰	مناسب
کربنات (CO_3^{2-})	$mg.l^{-1}$	۱۵	<۵۰	مناسب
بیکربنات (HCO_3^-)	$mg.l^{-1}$	۱۸۵	<۲۰۰	نزدیک به حد بحرانی
کلرید (Cl^-)	$mg.l^{-1}$	۲۱۰	<۱۵۰	بالاتر از حد مطلوب
منیزیم (Mg^{2+})	$mg.l^{-1}$	۲۴	۳۰-۵۰	کم
کلسیم (Ca^{2+})	$mg.l^{-1}$	۸۵	۶۰-۱۲۰	مناسب
سدیم (Na^+)	$mg.l^{-1}$	۹۲	<۱۰۰	نزدیک به حد بحرانی
پتاسیم (K^+)	$mg.l^{-1}$	۱۵	۱۰-۳۰	مناسب
کل املاح محلول (TDS)	$mg.l^{-1}$	۱۱۵۲	<۱۰۰۰	بالاتر از حد مطلوب
pH	-	۷/۱	۶/۵ -۷/۵	مناسب
هدایت الکتریکی (EC)	$dS.m^{-1}$	۱/۸	۲<	نزدیک به حد بحرانی

۲-۳- تعیین متغیرهای وابسته

سطح برگ با استفاده از نرم افزار image j، USA اندازه‌گیری شد. شاخص کلروفیل برگ نیز با استفاده از دستگاه SPAD 502 (مینولتا، ژاپن) اندازه‌گیری شد. طول و عرض میوه با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. وزن و عملکرد میوه در زمان برداشت مورد ارزیابی قرار گرفت. وزن میوه با ترازوی دیجیتال ثبت شد. سفتی میوه با استفاده از مدل نفوذ سنج دستی FT 327، ایتالیا) با پایه هشت میلی‌متری اندازه‌گیری شد. مواد جامد محلول با استفاده از رفرکتومتر دستی (مدل آتاگو، ژاپن) اندازه‌گیری و به صورت بریکس ثبت شد. محتوای اسید اسکوربیک با استفاده از روش یدومتری محاسبه و با استفاده از رابطه زیر به صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه ثبت شد (Zamani por., 2021).

$$A=S\times N\times F\times ۸۸/۱\times ۱۰۰/10$$

A= مقدار اسید اسکوربیک، S= مقدار ید مصرفی، N= نرمال بودن ید، F= فاکتور محلول

۲-۴- اندازه‌گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی

به منظور سنجش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از روش (Jozwiak *et al.,* 2016) استفاده گردید. ماده اصلی در سنجش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی DPPH بود.

۲-۵- اندازه گیری فنل کل

اندازه‌گیری غلظت فنل کل با استفاده از روش فولین-سیکالتو انجام شد (Lopes, *et al.,* 2017) مقدار ۰/۳ میلی‌لیتر عصاره میوه و برگ در تاریکی توسط سمپلر جدا کرده و درون لوله‌ی آزمایش ریخته شد و سپس ۱/۵ میلی‌لیتر فولین ۱۰ درصد به آن اضافه گردید و بعد از گذشت ۵ دقیقه، ۱/۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷ درصد به آن اضافه شد و به مدت ۹۰ دقیقه روی شیکر با ۱۱۰ دور در دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی قرار گرفت و در انتها ۶ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد که حجم نهایی به ۹ میلی‌لیتر رسید نهایتاً با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (شیمادزو، ژاپن) میزان جذب نور نمونه‌ها در طول‌موج ۷۶۵ نانومتر، قرائت گردید با استفاده از اسید گالیک به‌عنوان استاندارد محتویات فنلی کل در بافت میوه و برگ به‌وسیله واکنش فولین سیوکالتو تعیین گردید با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک، مجموع فنل به‌صورت میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه بیان شد. فولین ۱۰ درصد: ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از ماده فولین سیوکالتو با دقت و در تاریکی برداشته و با آب مقطر در بالن ژوژه به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد.کربنات سدیم ۷ درصد: ابتدا ۷ گرم از ماده در ۱۰ مبلی لیتر از آب مقطر حل شد و سپس در بالن ژوژه با دقت به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد.

$$\frac{\text{غلظت در فرمول منحنی استاندارد}}{۱۰۰۰} \times \frac{\text{حجم نمونه (۳ میلی لیتر)}}{\text{وزن نمونه‌تر (۰/۳ گرم)}} \times ۱۰۰ =$$

محتوای فنل کل میوه و برگ (میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن‌تر)

۲-۶- اندازه گیری فلاونوئید کل

برای اندازه‌گیری غلظت فلاونوئید کل از روش (Lopes *et al*, 2017) انجام شد. بدین ترتیب جهت اندازه‌گیری فلاونوئید کل ۰/۲۷۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه و برگ با ۸۲۵ میکرو لیتر آب مقطر به حجم ۱/۱میلی‌لیتر رسانده شد سپس ۰.۳ میلی‌لیتر نیتریت سدیم ۵ درصد به محلول اضافه گردید پس از سپری شدن مدت‌زمان ۵ دقیقه ۰/۶ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد به محلول اضافه شد. و بعد از ۶ دقیقه ۲ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم (سود) ۱ مولار به همراه یک میلی‌لیتر آب مقطر به محلول اضافه گردید و شدت جذب محلول در طول‌موج ۵۱۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر در مقابل بلانک آب مقطر قرائت شد. برای محاسبه غلظت فلاونوئید کل با استفاده از روتین منحنی استاندارد رسم گردید و غلظت فلاونوئید کل در میوه و برگ‌بر حسب میکروگرم روتین (کوئرستین ۳-روتینوزید) در ۱۰۰ گرم وزن‌تر بیان شد. برای تهیه استاندارد ابتدا مقدار ۱ میلی‌گرم کوئرستین در مقداری سود ۰/۱ نرمال حل شد و حجم نهایی محلول به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. نیتریت سدیم ۵ درصد: ابتدا ۵ گرم از نمک فوق توزین شد و در ۱۰ میلی‌لیتر از آب مقطر حل شد درنهایت در بالن ژوژه با دقت با آب مقطر به حجم ۱۰۰ سی‌سی رسانده شد. کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد: ابتدا ۱۰ گرم از ماده توزین شد و در حجم ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر گردید درنهایت با دقت با آب مقطر به حجم ۱۰۰ سی‌سی رسانده شد.

$$\frac{\text{غلظت در فرمول منحنی استاندارد}}{۱۰۰۰} \times \frac{\text{حجم نمونه (۳ میلی لیتر)}}{\text{وزن نمونه‌تر (۰/۳ گرم)}} \times$$

۱۰۰ = محتوای فلاونوئید کل میوه و برگ (میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن‌تر)

۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و تیمارها شامل تیامین در سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و آب مقطر به عنوان شاهد و ۱۲ واحد آزمایشی انجام شد. داده‌ها با استفاده از سیستم تجزیه و تحلیل آماری (SAS) نسخه (SAS Institute Inc., ۹.۴ Cary, NC, USA) و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دامنه چندگانه دانکن (DMRT) در سطح معنی‌داری $p\geq ۰/۰۱$ مقایسه شد.

۳- نتایج و بحث

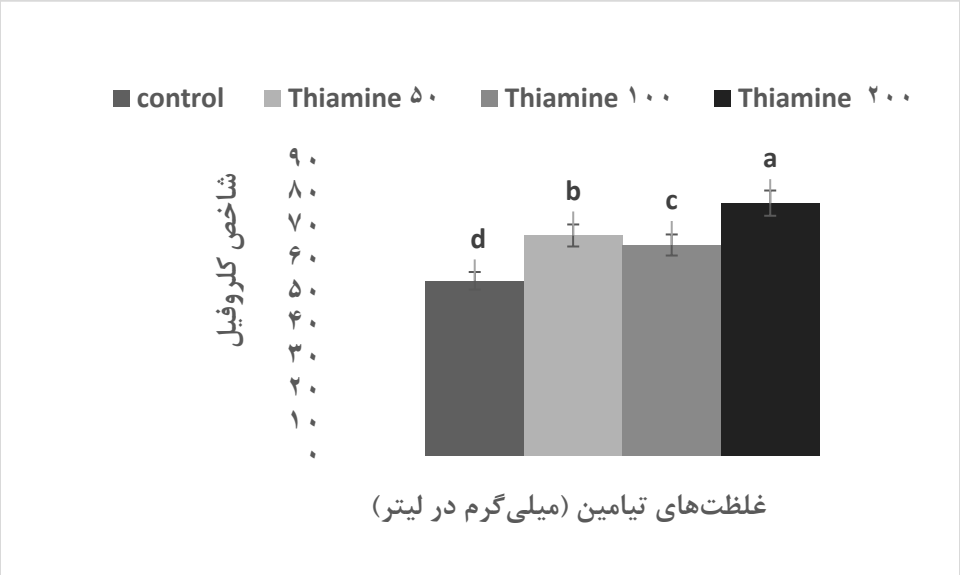
آنالیز واریانس جدول (۳-۵) نشان داد که اثرات تیمارهای تیامین بر شاخص کلروفیل، سطح برگ، وزن میوه، تعداد میوه و عملکرد بوته فلفل دلمه‌ای در سطح احتمال ٪۱معنی‌دار شد اما برصفات طول و عرض میوه غیر معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵- تحلیل واریانس اثرات تیمارهای تیامین قبل از برداشت بر شاخص کلروفیل، سطح برگ، عرض میوه، طول میوه، وزن میوه، تعداد میوه و عملکرد بوته فلفل دلمه ای.

منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص کلروفیل (SPAD)	سطح برگ (cm^2)	عرض میوه (cm)	طول میوه (cm)	وزن میوه (g)	تعداد میوه (عدد/ بوته)	عملکرد (g/ بوته)
تیمارها	۳	۳۱۶/۶۲**	۱۱۶/۶۱**	۳/۸۴ ns	۱/۱۶ ns	۲۶۷/۷۳**	۲/۹۴**	۱۰۴۷۰۴/۴۳**
خطا	۸	۱/۱۶	۲/۲۲	۱/۱۷	۰/۹۰	۶/۰۱	۰/۱۲	۶۵۰/۶۳
CV%	-	۱/۶۶	۳/۵۶	۱/۵۰	۱/۳۱	۲/۱۸	۵/۲۴	۳/۵۵

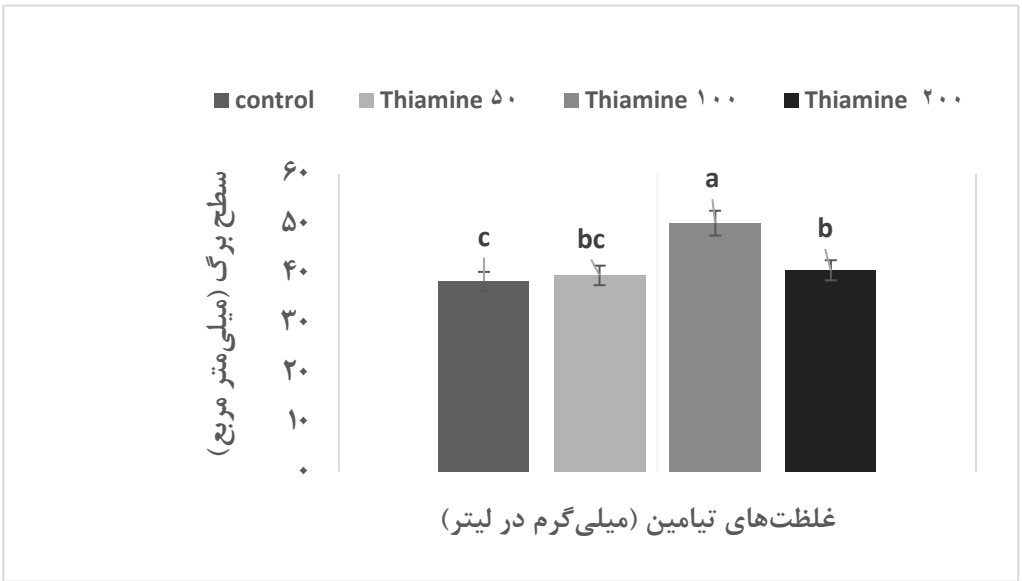
** معنی‌دار در سطح ۱درصد، ns،غیر معنی دار

براساس مقایسه میانگین شکل۳-۱ُ مشخص گردید که تیمار تیامین اثرات معنی‌داری بر شاخص کلروفیل و سطح برگ داشت (شکل ۳-۱). بیشترین شاخص کلروفیل (۷۶/۹۱) و کمترین شاخص کلروفیل (۵۱/۸۴) به‌ترتیب برای ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین و شاهد به‌دست آمد (شکل ۱).



شکل ۱ - اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای.حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است.میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).

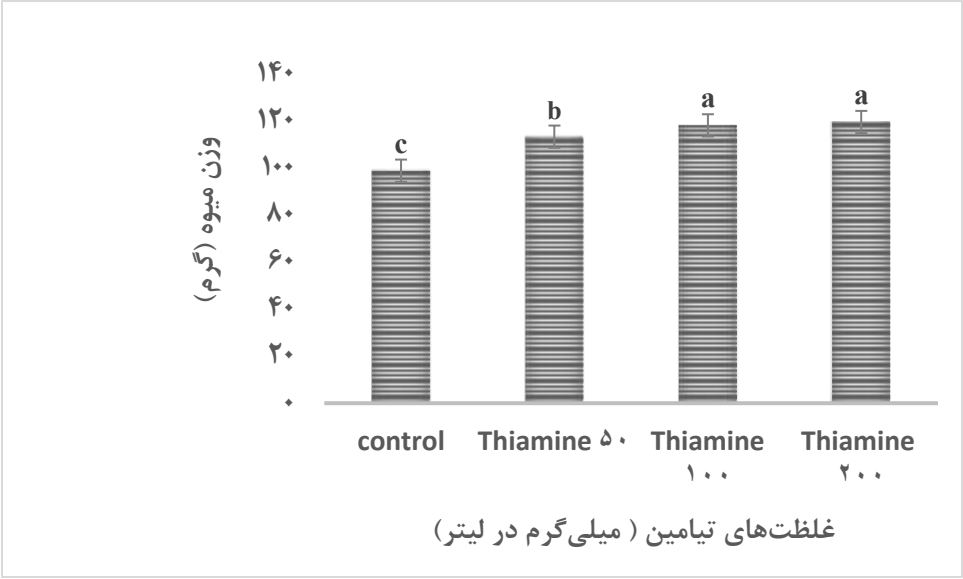
حداکثر سطح برگ برای تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر تیامین به دست آمد (شکل ۲).



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است. میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).

امینی فرد و همکاران (Aminifard *et al.,* 2018) نشان دادند که محلول‌پاشی تیامین در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش سطح برگ گشنیز شد که به‌دلیل افزایش محتوای نسبی آب برگ‌ها است (Aminifard *et al.,* 2018). همچنین استفاده از تیامین باعث بهبود شاخص کلروفیل در گیاه ریحان شد (Fallahi *et al.,* 2018). علاوه براین، افزایش رشد رویشی و رنگدانه‌های فتوسنتزی با استفاده از تیامین در گشنیز و شنبلیله گزارش شده است (Aminifard *et al.,* 2018). تیامین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان و یک کوفاکتور رشد را بهبود می‌بخشد و از تحریک دفاع آنتی اکسیدانی سلول‌های گیاهی در برابر استرس اکسیداتیو محافظت می‌کند (Bouhadi *et al.,* 2024). گزارش شده است

که رشد و عملکرد بهتر گیاهان عمدتاً به نقش تیامین در تنظیم مناسب واکنش‌های فتوسنتز و تامین انرژی مربوط می‌شود (Martinis *et al.,* 2016). بر اساس نتایج شکل (۲) سطوح مختلف محلول‌پاشی تیامین بر وزن میوه، تعداد میوه و عملکرد بوته تأثیر معنی‌داری داشت (شکل ۳). با توجه به نتایج، بیشترین وزن میوه (۱۱۹/۴۴ گرم) برای تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین نداشت همچنین کمترین وزن میوه برای تیمار شاهد مشاهده شد.

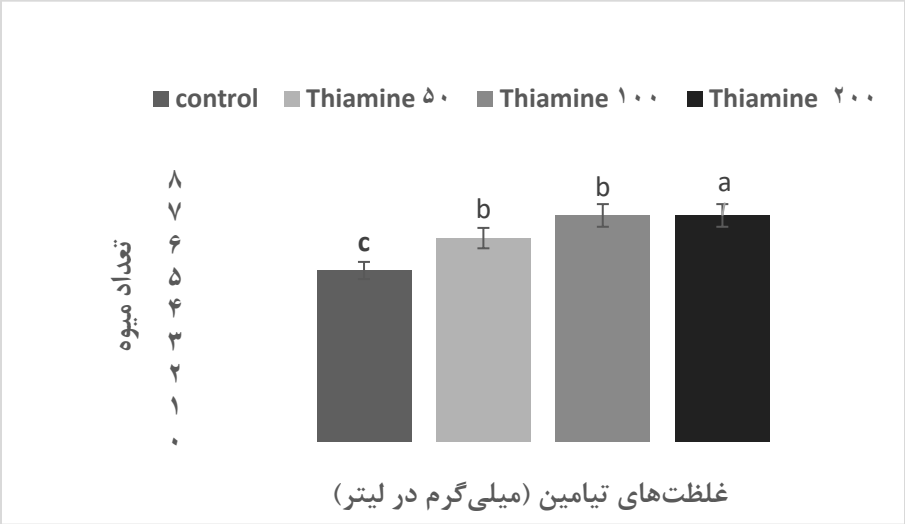


شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است. میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).

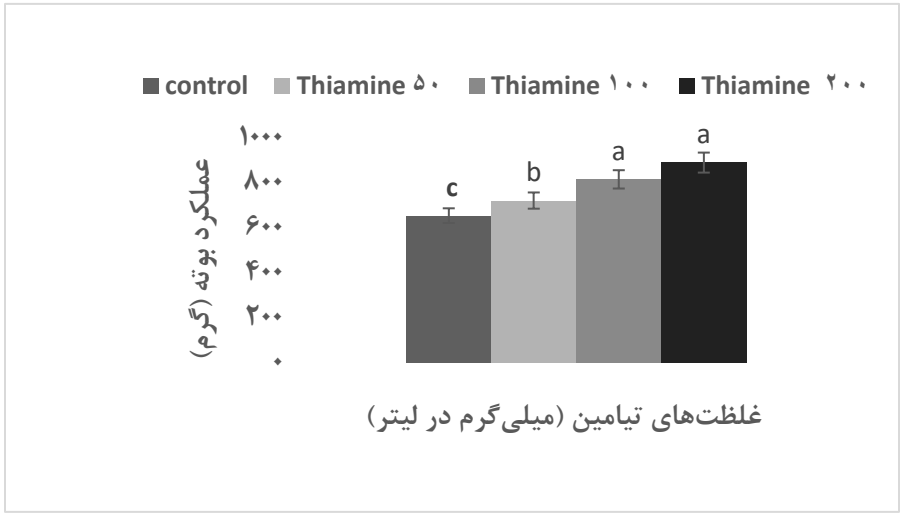
بیشترین تعداد میوه در بوته (۷/۰) و (۷/۴۳) و عملکرد بوته (۸۸۱.۷۳ گرم) برای گیاهان تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین مشاهده شد. اما کمترین تعداد میوه و عملکرد گیاه برای تیمار شاهد به دست آمد (شکل‌های ۴ و ۵).

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین به‌طور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) باعث افزایش تعداد میوه در بوته به میزان ۴۳/۷ عدد و عملکرد بوته به میزان ۸۸۲ گرم شد (شکل‌های ۴ و ۵)، در حالی که کمترین مقادیر مربوط به تیمار شاهد بود. این یافته‌ها را می‌توان از

طریق مکانیسم‌های زیر تبیین کرد. تیامین به‌عنوان کوفاکتور آنزیم‌های کلیدی متابولیسم کربوهیدرات‌ها (مانند ترانسکتولاز و پیروات دهیدروژناز) عمل می‌کند (Maguire *et al.*, 2018). همچنین، تیامین با افزایش سنتز هورمون‌های رشد مانند اکسین، درصد گلدهی و تشکیل میوه را افزایش می‌دهد (Kaya *et al.*, 2020). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تیامین می‌تواند بازده فتوسنتزی را تا ۲۵٪ افزایش دهد (Yusof, 2019). به‌طور خاص، در گوجه‌فرنگی، کاربرد تیامین منجر به افزایش ۳۰-۴۰٪ عملکرد شده است (Zamani por *et al.*, 2021). این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر تأثیر مثبت تیامین بر عملکرد فلفل دلمه‌ای همخوانی دارد.



شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است. میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).



شکل ۵- اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است. میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).

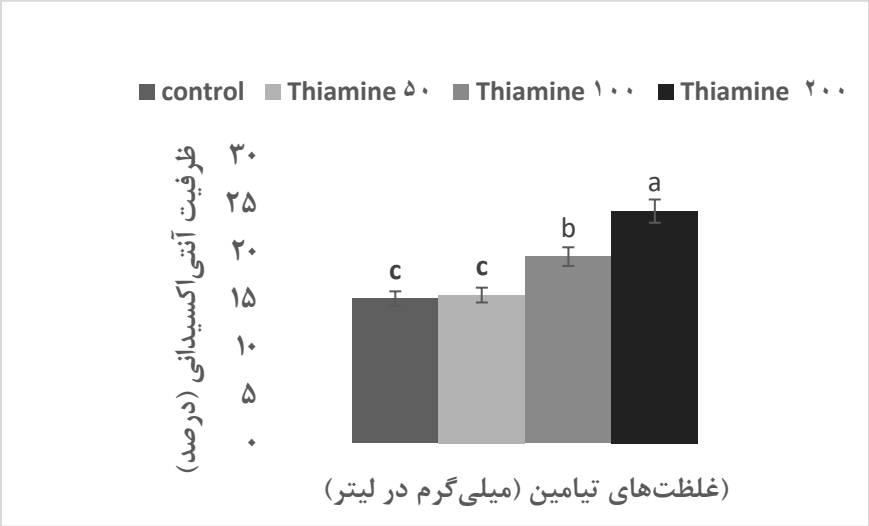
به گزارش حسین و همکاران (Hussen *et al.,* 2020) که غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین باعث افزایش شاخص‌های رشد و محتوای کلروفیل در نهال‌های انگور شد. تیامین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را بر روی صفات مورفولوژی، ویژگی‌های ظاهری میوه و صفات فیزیولوژیک کیفی در گوجه‌فرنگی رقم گلکسی تحت شرایط کشت گلخانه‌ای داشت (Jazayeri ., 2022). کاربرد تیامین باعث افزایش تعداد میوه و وزن تر گوجه فرنگی دلفوس شد (Zamani por, 2021). همچنین غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین از نظر ویژگی‌های تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بوته و عملکرد کل دانه سیاه‌دانه (Al-Rikabi and Lahmoud, 2022) برتری معنی‌داری داشت. نتایج مشابه نشان داد که محلول‌پاشی تیامین اثرات قابل‌توجهی بر رشد و ویژگی‌های عملکردی دارد که ممکن است به‌دلیل نقش آن به‌عنوان یک کوفاکتور مهم در بیوسنتز بسیاری از هورمون‌ها، تقسیم و گسترش سلولی را افزایش داده و عملکرد را افزایش دهد (Aminifard *et al.,* 2018).

جدول ۶- واریانس اثرات تیمارهای تیامین قبل از برداشت بر فعالیت آنتی اکسیدانی، سفتی میوه، جامد محلول کل و اسید اسکوربیک فلفل دلمه ای.

میانگین مربعات	درجه آزادی	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	سفتی بافت	مواد جامد محلول	ویتامین ث
تیمارها	۳	۵۵/۹۸**	۱/۸۲**	۵/۸۰**	۶۸۰۱/۹۷**
خطا آزمایشی	۸	۰/۸۷	۰/۶۷	۰/۰۱۳	۱۳/۲۷
Cv(%)	–	۵/۰۲	۱۲/۴۷	۲/۵۰	۳/۰۴

** **معنی‌دار در سطح ۱ درصد**

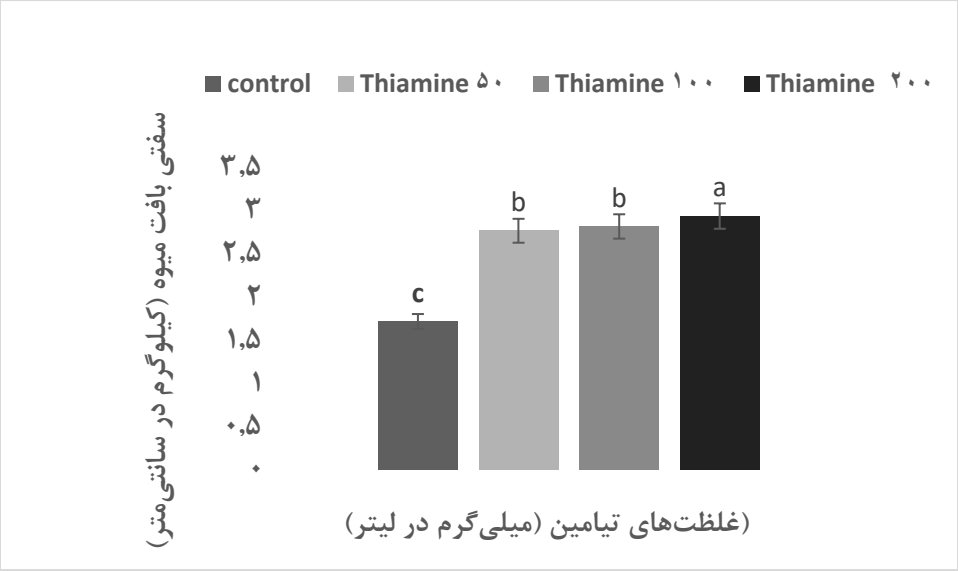
نتایج شکل (۶) تفاوت معنی‌داری را بین غلظت‌های مختلف تیامین از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد (شکل ۶). بیشترین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی برای میوه‌های محلول پاشی با تیامین ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. با این حال، کمترین فعالیت برای تیمار شاهد و تیامین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد (شکل ۶).



شکل ۶- اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است. میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).

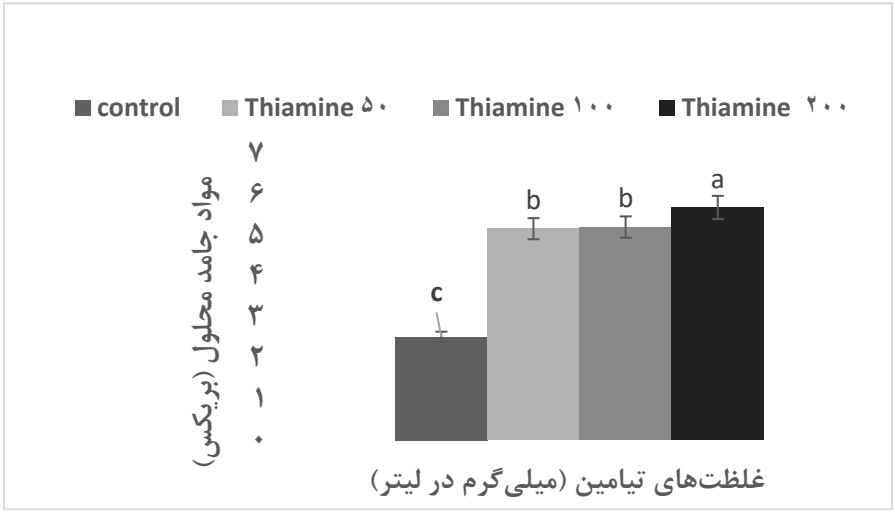
افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به‌دلیل نقش تیامین در مسیرهای متابولیکی مانند متابولیسم قند و پروتئین، فتوسنتز و تنفس سلولی است (Nadernejad *et al.,* 2017). محلول‌پاشی تیامین باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان در شرایط گلخانه‌ای شد (Fallahi *et al.,* 2018). علاوه بر این، دنگ و همکاران نشان دادند که استفاده از تیامین پس از برداشت آنتی‌اکسیدان میوه عناب را افزایش می‌دهد (Deng *et al*., 2022). بیشترین سفتی میوه برای تیمار ۲۰۰ میلی گرم در لیتر تیامین مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشت (شکل ۷).

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و سفتی میوه فلفل دلمه‌ای رقم 'California Wonder'شد (شکل ۷). این یافته‌ها با مکانیسم‌های شناخته شده تأثیر تیامین بر سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهان که در مطالعات پیشین گزارش شده است، کاملاً همسو می‌باشد. تیامین به عنوان کوفاکتور آنزیم‌های کلیدی در متابولیسم قندها (ترانسکتولاز) و چرخه کربس (پیروات دهیدروژناز) عمل می‌کند (Nadernejad *et al.,* 2017). این فعالیت‌های آنزیمی منجر به: تولید بیشتر پیش‌سازهای مسیر فنیلپروپانوئید، افزایش تولید ATP و NADPH مورد نیاز برای سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، کاهش استرس اکسیداتیو از طریق تقویت سیستم آسکوربات-گلوتاتیون. مطالعه فلاحی و همکاران بر روی ریحان نشان داد که تیامین می‌تواند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) را افزایش دهد (Fallahi *et al.,* 2018). پژوهش دنگ و همکاران تأیید کرد که تیامین حتی در مرحله پس از برداشت نیز می‌تواند سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها را فعال نگه دارد (Deng *et al.,* 2022). افزایش معنی‌دار سفتی میوه در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین احتمالاً ناشی از افزایش سنتز دیواره سلولی (سلولز و پکتین، کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی (پلی‌گالاکتروناز و سلولاز، حفظ یکپارچگی غشای سلولی به دلیل کاهش پراکسیداسیون لیپیدها می‌باشد.



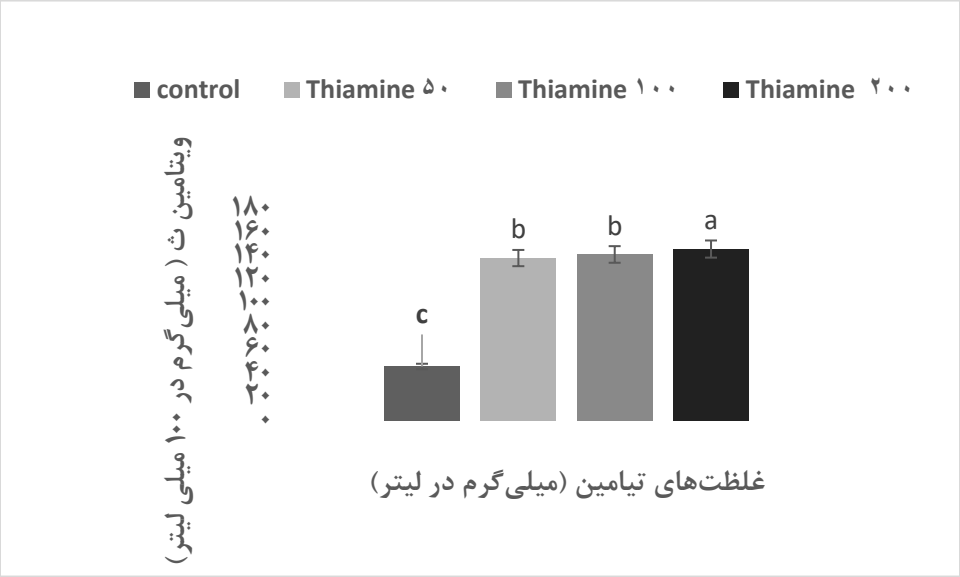
شکل ۷- اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است. میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).

محلول‌پاشی تیامین اثر معنی‌داری بر محتوای مواد جامد محلول میوه نشان داد (شکل ۸). با توجه به نتایج، بیشترین مواد جامد محلول میوه (۵/۷۸ بریکس) برای تیمار تیامین با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین (۲/۶۵ بریکس) برای تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۸).



شکل ۸- اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است. میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).

کاربرد تیامین با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث بهبود مواد جامد محلول در گوجه فرنگی دلفوس شد (Zamani por *et al.,* 2021). همچنین استفاده از تیامین ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش مواد جامد محلول گشنیز و شنبلیله شد (Amini fard *et al.,* 2018). تیامین ممکن است از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی در چرخه کربس (مانند ترانسکتولاز) متابولیسم کربوهیدرات‌ها را تسریع کند. نقش تیامین به عنوان کوفاکتور در سنتز پیش‌سازهای اسید اسکوربیک (مانند-L گالاکتونولاکتون) تحریک سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه و کاهش تخریب اسید اسکوربیک می‌باشد (Bouhadi *et al.,* 2024).



شکل ۹- اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است. میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).

تیامین یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی و یک ویتامین ضروری است که از میوه‌ها و سبزیجات به‌دست می‌آید و فلفل دلمه‌ای یکی از مهم‌ترین منابع اسید اسکوربیک است. نتایج با (Meitha *et al.,* 2020) مطابقت دارد که گزارش داد استفاده از تیامین و سایر ویتامین‌ها باعث بهبود میزان اسید اسکوربیک در میوه می‌شود. همچنین محلول‌پاشی ویتامین‌ها در گوجه‌فرنگی باعث افزایش میزان اسید اسکوربیک شد (Jazayeri ., 2022).

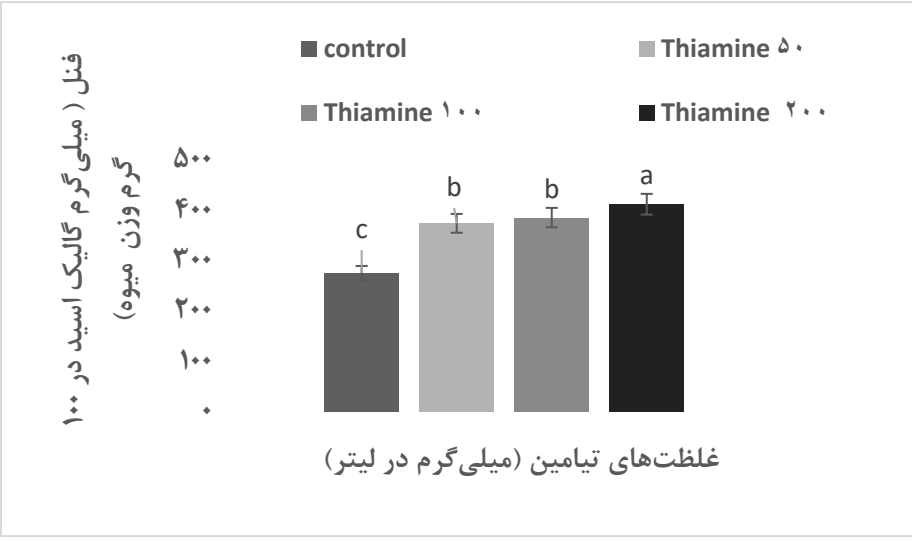
طبق جدول ۳-۷ نتایج آنالیز واریانس اثرات تیمارهای تیامین قبل از برداشت بر فنل و فلاونوئید کل فلفل دلمه‌ای در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۷).

جدول ۷-تجزیه و تحلیل واریانس اثرات تیمارهای تیامین قبل از برداشت بر فنل و فلاونوئید فلفل دلمه ای

میانگین مربعات	(درجه آزادی)	فنل	فلاونوئید
تیمارها	۳	۱۰۶۸۳.۳۸**	۳۵۳.۶۹**
خطا آزمایشی	۸	۴۲.۶۹	۳.۸۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۱.۸۰	۳.۱۹

** معنی دار در سطح ۱ درصد

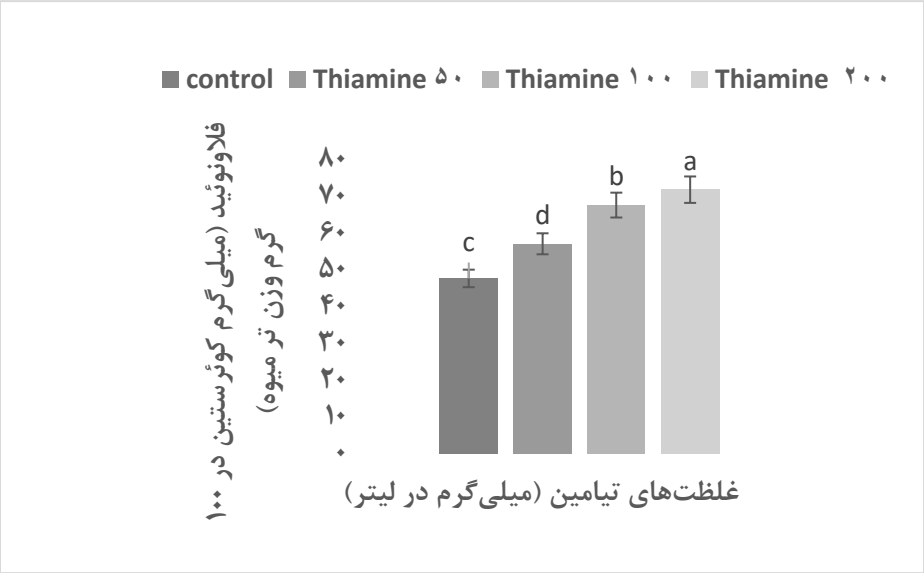
آنالیز واریانس، تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها برای فنل کل نشان داد (شکل ۱۰). بر اساس نتایج، بیشترین میزان فنل کل برای میوه های تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱۰). بین تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میزان فلاونوئید دز تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین مشاهده شد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱۱). در یک مطالعه مرتبط، همچنین نشان داده شد که به طور چشمگیری محتوای ویتامین C و فنول کل در ارقام شلغم را در شرایط خشکی افزایش می دهد (Jabben *et al.,* 2021). این یافته‌ها با نتایج جابین و همکاران (Iqbal *et al.,* 2024) که گزارش کردند تیامین می‌تواند محتوای ویتامین C و فنولیک‌ها را در گیاه شلغم تحت شرایط تنش خشکی افزایش دهد، همسو است. مکانیسم احتمالی این تأثیر می‌تواند از طریق موارد زیر باشد. تیامین به عنوان کوآنزیم در سنتز پیش‌سازهای فنلیک مانند اسید شیکیمیک عمل می‌کند. غلظت‌های بالاتر تیامین ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ممکن است سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه را فعال‌تر کند. تیامین می‌تواند جذب عناصر کم‌مصرف مؤثر در سنتز ترکیبات فنلیک را افزایش دهد.



شکل ۱۰- اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است. میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).

امینی فرد و همکاران (Amini fard *et al.,* 2018) نشان داد که محلول‌پاشی تیامین در غلظت ۵۰۰ ppm باعث افزایش محتوای نیتروژن برگ، کلروفیل b، کاروتنوئیدها و فنول کل در گیاه گشنیز شد. کاربرد محلول‌پاشی تیامین با غلظت ۷۵۰ میکرومولار باعث افزایش ترکیبات فنلی در گیاه ریحان در شرایط گلخانه‌ای شده است (Fallahi *et al.,* 2018). غلظت ۵۰۰ ppm تیامین باعث افزایش محتوای فنول ها و فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاهان گشنیز و شنبلیله شد (Aly *et al*., 2022). این یافته‌ها با نتایج امینی فرد و همکاران (۲۰۱۸) که گزارش کردند تیامین در غلظت باعث افزایش معنی‌دار محتوای نیتروژن برگ، کلروفیل b، کاروتنوئیدها و فنول کل در گیاه گشنیز شد، همسو است.

همچنین، فلاحی و همکاران (Fallahi *et al.,* 2018) مشاهده کردند که کاربرد تیامین با غلظت ۷۵۰ میکرومولار موجب افزایش ترکیبات فنلی در گیاه ریحان تحت شرایط گلخانه‌ای می‌شود.مکانیسم احتمالی این تأثیرات ممکن است ناشی از نقش تیامین به عنوان یک کوآنزیم کلیدی در متابولیسم انرژی و سنتز پیش‌سازهای ترکیبات ثانویه باشد. مطالعه الی و همکاران (Aly *et al.,* 2022) که گزارش کردند تیامین در غلظت ۵۰۰ ppm باعث افزایش محتوای فنول‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاهان گشنیز و شنبلیله شد، این فرضیه را تقویت می‌کند که تیامین احتمالاً از طریق فعال کردن مسیرهای بیوسنتزی فنولیک‌ها و تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه عمل می‌کند.



شکل ۱۱- اثر غلظت‌های مختلف تیامین (شاهد (۰)، تیامین (۵۰)، تیامین (۱۰۰) و تیامین (۲۰۰) بر شاخص کلروفیل فلفل دلمه ای. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری (SMART.۰/۰۱) است. میله‌ها نشان دهنده‌ی خطا استاندارد است (N=3).

این مطالعه به‌وضوح نشان داد که محلول‌پاشی تیامین ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر معنی‌داری بر بهبود رشد، عملکرد و کیفیت فلفل دلمه‌ای رقم 'California Wonder' دارد. افزایش ۴۳/۷ عدد میوه در بوته و عملکرد ۸۸۲ گرمی در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، همراه با بهبود شاخص‌های کیفی مانند افزایش فنل کل، اسید اسکوربیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، گواهی بر نقش کلیدی تیامین در متابولیسم

انرژی و تحریک سیستم دفاعی گیاه است. این نتایج با مطالعات پیشین روی گیاهانی مانند گشنیز، ریحان و گوجه‌فرنگی که تأثیر مثبت تیامین بر ترکیبات فنولی و عملکرد را گزارش کرده‌اند، همسو است مکانیسم این تأثیرات احتمالاً از طریق فعال‌سازی مسیرهای بیوسنتزی ترکیبات ثانویه و بهبود کارایی فتوسنتزی صورت می‌گیرد . همچنین، افزایش سفتی میوه در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نشان‌دهنده نقش تیامین در حفظ یکپارچگی دیواره سلولی و کاهش تخریب آنزیمی پس از برداشت است . با توجه به مقرون‌به‌صرفه بودن و سازگاری با محیط زیست، تیامین می‌تواند به عنوان یک محرک رشد طبیعی در سیستم‌های کشاورزی پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

تضاد و تعارض منافع- نویسندگان هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با اثر منتشر شده است رد می نمایند.

تشکر و قدردانی - بدینوسیله از همکاری مرکز تحقیقات و آموزش و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری جهت پشتیبانی‌های اجرایی این مقاله قدر دانی می‌نمایم.

منابع

Al-Rikabi, Z. H. K., & Lahmoud, A. M. (2022). Effect of adding thiamine and ascorbic acid on growth and yield of *Nigella sativa L*. *NeuroQuantology*, *20*(11), 2977.

Aly, M. K. A., Ahmed, E. T., Mohamed, M. A. H., & Kasem, M. T. H. (2022). Response of anise plants to humic acid, amino acids and thiamine treatments. Scientific *Journal of Flowers and Ornamental Plants*. *9*(3), 153–165.

Aminifard, M. H., Jorkesh, A., Fallahi, H. R., & Alipoor, K. (2018). Foliar application of thiamine stimulates the growth, yield and biochemical compounds production of coriander and fenu greek. *Journal of Horticultural Research*, *26*(1), 77–85.

Anaya-Esparza, L. M., Mora, Z. V. D. L., Vázquez-Paulino, O., Ascencio, F., & Villarruel-López, A. (2021). Bell peppers (*Capsicum annum* L.) losses and wastes: Source for food and pharmaceutical applications. *Molecules*, *26*(17), 5341.

Bouhadi, M., El Kouali, M. H., Samir, K., Elbouhmadi, K., Talbi, M., & Fougrach, H. (2024). Exogenous application of thiamine and nicotinic acid improves tolerance and morpho-physiological parameters of lens culinaris under lead (Pb) exposure. *Journal of plant growth regulation*, *43*(11), 4185-4198.

Deng, B., Chen, L., Tian, S., Shi, H., & Zhao, X. (2022). Vitamin B1 delays postharvest senescence and enhances antioxidant accumulation by activating NADPH oxidase in *Ziziphus jujuba* fruit. *LWT*, *165*, 113743.

Fallahi, H., Aminifard, M. H., & Jorkesh, A. (2018). Effects of thiamine spraying on biochemical and morphological traits of basil plants under greenhouse conditions. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, *1*(1), 27–36.

Fitzpatrick, T.B., & Chapman, L. M. (2020). The importance of thiamine (vitamin B_1) in plant health: From crop yield to biofortification. *Journal of Biological Chemistry*, *295*(34), 12002–12013.

Hussen, M. M. (2020). The eefect of adding organic fertilizers (cows) and thiamine and their interaction on the growth of grape seedlings (kamali cultivar). *Plant Archives*, *20*(2), 1599–1603.

Iqbal, R., Shahbaz, M., Mansha, M. Z., Ikram, K., Khalid, I., Tariq, U., & Uz Zaman, Q. (2024). Enhancing crop resilience through thiamine: implications for sustainable agriculture in drought-stressed radish. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *52*(1), 13472-13472.

Jabeen, M., Akram, N., Ashraf, M., Alymeni, M., & Ahmad, P. (2021). Thiamin stimulates growth and secondary metabolites in turnip (*Brassica rapa* L.) leaf and root under drought stress. *Physiologia Plantarum*, *172*, 1399–1411.

Jazayeri, S. M. (2022). The effect of simultaneous application of salicylic acid and thiamine on morpho-physiological and qualitative properties of tomato (*Solanum lycopersicum L.)* of Galaxy cultivar. *Journal of Plant production Sciences*. *12*(1), 172–186.

Jóźwiak, W., Mleczek, M., & Politycka, B. (2016). The effect of exogenous selenium on the growth and photosynthetic pigments content of cucumber seedlings. *Fresenius Environ. Bull*, *25*, 142-152.

Kaya, C., Aslan, M., Uğurlar, F., & Ashraf, M. (2020). Thiamine-induced nitric oxide improves tolerance to boron toxicity in pepper plants by enhancing antioxidants. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *44*(4), 379-390.

Kyriacou, M. C., & Rouphael, Y. (2018). Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, *234*, 463-469.

Lopes, G., Ávila, F. W., & Guilherme, L. R. G. (2017). Selenium behavior in the soil environment and its implication for human health. Ciência e Agrotecnologia, *41*(6), 605–615.

Maguire, D., Talwar, D., Shiels, P. G., & McMillan, D. (2018). The role of thiamine dependent enzymes in obesity and obesity related chronic disease states: a systematic review. *Clinical nutrition ESPEN*, *25*, 8-17.

Martinis, J., Gas-Pascual, E., Szydlowski, N., Crèvecoeur, M., Gisler, A., Bürkle, L., & Fitzpatrick, T. B. (2016). Long-distance transport of thiamine (vitamin B_1) is concomitant with that of polyamines. *Plant Physiology*, *171*(1), 542–553.

Meitha, K., Pramesti, Y., & Suhandono, S. (2020). Reactive oxygen species and antioxidants in postharvest vegetables and fruits. *International journal of food science*, *2020*(1), 8817778.

Nadernejad, N., Hamzeh Nejadi, M., Asrar, Z., & Mozafari, H. (2017). Evaluation of auxin and thiamine interaction effect on PAL activity and phenolic compounds content in vegetative growth stage of soybean plants. *Journal of Plant Biological Sciences*, *9*(2), 53–68.

Yusof, Z. N. B. (2019). Thiamine and its role in protection against stress in plants (enhancement in thiamine content for nutritional quality improvement). *Nutritional quality improvement in plants*, 177-186.

Riseh, R. S., Vatankhah, M., Hassanisaadi, M., Shafiei-Hematabad, Z., & Kennedy, J. F. (2024). Advancements in coating technologies: unveiling the potential of chitosan for the preservation of fruits and vegetables. *International Journal of Biological Macromolecules*, *254*, 127677.

Zamanipour, M. (2021). Effects of pyridoxine, thiamine and folic acid on growth, reproductive and biochemical characteristics of delphus tomato. *Journal Of Horticultural Science*, *35*(2), 283–300.