



The Role of Integrated Management of Suitable Nutrition, Plant Mulch, and Shading in Reducing Decline in Orange Trees (Case Study: South of Kerman Province)

Javad Sarhadi^{a*}, and Mehri Sharif^a

^a Soil and Water Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Kerman, Iran.

Article Info

Article Type

Research Article

Received

January 24, 2026

Revised

February 07, 2026

Accepted

February 14, 2026

Published online

March 16, 2026

Keywords

Calcareous Soils,
Citrus Decline,
Heat Stress,
Integrated Management,
Leaf Nutrient Concentration.

*Corresponding author's email

javad.sarhadi2009@gmail.com

Extended Abstract

Background and Objectives: Citrus decline, a multifactorial syndrome characterized by gradual growth reduction, yield loss, and eventual tree death, poses a severe threat to the sustainability of citrus orchards in arid and semi-arid regions. This phenomenon results from the complex interaction of biotic pathogens and abiotic stresses, including water deficit, nutritional imbalances, and particularly heat stress in warm climates. Southern Kerman province in Iran is a major citrus-producing area increasingly affected by this decline, linked to calcareous sandy soils with inherent limitations in organic matter and nutrient availability. Conventional singular management practices have proven inadequate in addressing this complex issue. Therefore, this study aimed to design and evaluate a holistic, integrated management strategy. The primary objective was to assess the combined effects of optimized nutrition and irrigation, organic mulch application, and artificial shading on mitigating decline symptoms, improving tree physiological status, and enhancing yield and fruit quality of Valencia orange trees (*Citrus sinensis* cv. Washington Navel) grown in calcareous sandy soils.

Materials and Methods: The research was conducted over two years (2021-2022) in a commercial Valencia orange orchard with calcareous sandy soil in Anbarabad, southern Kerman province. Initial soil analysis confirmed a sandy loam to loamy texture, high pH (7.5-7.7), low organic carbon (0.31-0.53%), and deficient levels of available phosphorus, potassium, and micronutrients (Zn, Fe, Mn). The experiment followed a randomized complete block design (RCBD) with three replications and four distinct treatments: (1) Control: standard local orchard practices (conventional nutrition and irrigation). (2) Optimal Nutrition and Irrigation (ONI): Fertilization based on soil and leaf analysis, using chemical and organic amendments (including decomposed cow manure) applied via localized placement (pit method). Irrigation was optimized through a pressurized drip system with proper emitter placement and spacing to ensure adequate water supply. (3) ONI + Mulch (ONI+M): Treatment 2 supplemented with a surface layer of plant-based mulch (shredded palm leaves). (4) ONI + Mulch + Shade (ONI+M+S): Treatment 3 supplemented with a 50% shading net installed from late May to mid-September to mitigate summer heat stress. Key growth and physiological parameters were measured at the end of each growing season. These included vegetative growth (number of new shoots per tree), yield (kg per tree), fruit quality attributes (diameter and length), leaf area, and the concentration of macro- and micronutrients (N, P, K, Zn, Fe, Mn) in leaf tissue. Collected data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS software, and mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test at the 1% significance level.

Results: The integrated management strategy demonstrated highly significant and progressive improvements across all measured parameters. Treatment 4 (ONI+M+S) produced the most dramatic results, recording 298.57 new shoots per tree and a yield of 78.29 kg per tree. This represents increases of 198.6% and 196.1%, respectively, compared to the control (100 shoots, 26.44 kg/tree). Treatments 2 (ONI) and 3 (ONI+M) also showed significant improvements, with yield increases of 64% and 116.3% over the control, indicating the additive benefits of each component. Fruit diameter and length were significantly enhanced under the full integrated treatment (83.67 mm and 86.23 mm, respectively), corresponding to increases of 27.5% and 33.8% compared to control fruit (65.63 mm, 64.44 mm). This indicates a substantial improvement in fruit marketability and grade. Leaf analysis revealed a profound positive impact on tree nutritional health. Treatment 4 resulted in the highest concentrations of all measured nutrients. Most notably, micronutrient levels increased dramatically: by 126.7%, Iron (Fe) by 160.6%, and Manganese (Mn) by 98.8% compared to the control. Macronutrient levels (N, P, K) were also significantly higher in the integrated treatment compared to the control. Leaf area, an indicator of photosynthetic capacity, was also largest (39.63 cm²) in Treatment 4. ANOVA confirmed that the effect of treatments was significant ($p < 0.01$) for all studied traits.

Conclusion: This study conclusively demonstrates that citrus decline in calcareous sandy soils is a multifactorial challenge that cannot be effectively mitigated by conventional, piecemeal approaches. The integrated management package—combining scientifically guided nutrition and irrigation, organic mulching, and seasonal shading—proved to be a highly effective and synergistic strategy. The results provide clear evidence that this approach simultaneously alleviates multiple key stress factors: it corrects nutritional and water deficits, conserves soil moisture and moderates root-zone temperature, and reduces radiative and heat stress on the canopy.

Cite this article: Sarhadi, J., Sharif, M., 2026. The Role of Integrated Management of Suitable Nutrition, Plant Mulch, and Shading in Reducing Decline in Orange Trees (Case Study: South of Kerman Province). Research Article, *Journal of Soil Research*, 39 (4), pp 469-484



DOI: <https://doi.org/10.22092/IJSR.2026.372081.812>

Publisher: Soil Science Society of Iran



نقش مدیریت تلفیقی تغذیه مناسب، مالچ گیاهی و سایبان در کاهش عارضه زوال در درختان پرتقال (مطالعه موردی: جنوب کرمان)

جواد سرحدی^{۱*} و مهتری شریف^۱

^۱ بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، کرمان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۴	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۱۸	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۵	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵	
واژه‌های کلیدی تنش گرمایی، خاک‌های آهکی، زوال مرکبات، غلظت عناصر برگ، مدیریت یکپارچه.	زوال مرکبات در اثر تعامل تنش‌های محیطی به‌ویژه گرما، خشکی و عوامل بیماری‌زا یک تهدید جدی برای پایداری باغات در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر مدیریت تلفیقی تغذیه و آبیاری بهینه، به‌کارگیری مالچ گیاهی و ایجاد سایبان بر کاهش عوارض زوال و بهبود شاخص‌های رشدی درختان مرکبات در جنوب استان کرمان، به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار روی درختان والنسیا در یک باغ با خاک شن آهکی اجرا شد. تیمارها شامل: (۱) شاهد (مدیریت سنتی و عرف منطقه)، (۲) تغذیه و آبیاری بهینه (بر اساس نتایج آزمون خاک، برگ و برآورد علمی نیاز آبی گیاه)، (۳) تیمار دوم + مالچ گیاهی (برگ خرما) و (۴) تیمار سوم + سایبان (توری ۵۰ درصد) از اردیبهشت تا شهریور بودند. تعداد شاخه جدید، عملکرد، ابعاد میوه، سطح برگ و غلظت عناصر غذایی در برگ اندازه‌گیری و تجزیه آماری شدند. طبق نتایج، کلیه تیمارها تأثیر معنی‌داری ($P < 0.01$) بر تمامی صفات مورد بررسی داشتند. تیمار چهارم (ترکیب کامل) با ۲۹۸/۵۷ عدد شاخه جدید و عملکرد ۷۸/۲۹ کیلوگرم در هر درخت، به ترتیب افزایشی معادل ۱۹۸/۶ و ۱۹۶/۱ درصد نسبت به شاهد داشت. قطر و طول میوه نیز در این تیمار به طور معنی‌داری افزایش یافت. بالاترین غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف (روی، آهن، منگنز) در برگ‌های درختان تحت تیمار چهارم مشاهده شد. به نظر می‌رسد ترکیب تغذیه و آبیاری مناسب (رفع کمبودهای غذایی و آبی)، همراه با مالچ (حفظ رطوبت خاک و تعدیل دمای ریشه) و سایبان (کاهش تنش تابشی و گرمایی)، مقاومت درخت پرتقال در برابر عوامل زوال را تقویت می‌کند. این پژوهش مدیریت یکپارچه فوق را به عنوان راهکاری مؤثر برای کنترل زوال و افزایش بهره‌وری در باغات مرکبات مناطق مشابه توصیه می‌نماید.

استناد: سرحدی، ج.، شریف، م.، ۱۴۰۴. نقش مدیریت تلفیقی تغذیه مناسب، مالچ گیاهی و سایبان در کاهش عارضه زوال در درختان پرتقال (مطالعه

موردی: جنوب کرمان). مقاله پژوهشی، نشریه پژوهش‌های خاک، (۴) ۳۹، ص ۴۶۹-۴۸۴.

DOI: <https://doi.org/10.22092/IJSR.2026.372081.812>



*ایمیل نویسنده مسئول
javad.sarhadi2009@gmail.com

مقدمه

مرکبات از جمله محصولات باغی با اهمیت اقتصادی بالا در سطح جهان محسوب می‌شوند. با این حال، پدیده‌ای تحت عنوان زوال مرکبات در دهه‌های اخیر به‌عنوان یکی از جدی‌ترین تهدیدات پایدار باغات مرکبات در بسیاری از نقاط جهان از جمله ایران مطرح شده است. این عارضه در اثر تخریب سیستم ریشه‌ای و اختلال در جذب عناصر غذایی ناشی از تعامل تنش‌های محیطی (به‌ویژه گرمای شدید و خشکی هوا) و محدودیت‌های فیزیولوژیکی خاک‌های آهکی بروز می‌کند. این فرآیند که با کاهش تدریجی شاخساره‌دهی و باردهی آغاز شده و به مرگ درخت ختم می‌شود، خسارات اقتصادی سنگینی به بار آورده است (Tadayon, 2020).

گزارش‌های اولیه از ظهور نشانه‌های زوال در مرکبات به قرن نوزدهم در شبه‌قاره هند و مناطق آمریکای جنوبی بازمی‌گردد. امروزه این اختلال در قاره‌های آسیا، آفریقا و آمریکا به‌صورت گسترده مشاهده شده و موضوع مطالعات متعدد پژوهشی قرار گرفته است (Tadayon, 2020). در ایران نیز نخستین گزارش‌های رسمی از بروز زوال در استان خوزستان و در ارتباط با آلودگی قارچی *Nattrassia mangiferae* ارائه شد (Alizadeh et al., 2000).

زوال مرکبات یک اختلال فیزیولوژیک و پاتولوژیک پیچیده است که با علائم مشخصی همچون زردی پیش‌رونده برگ‌ها، کوچک شدن اندازه برگ‌های جدید و خشکیدگی تدریجی سرشاخه‌ها از انتها به سمت تنه شناخته می‌شود. در درختان زوال‌یافته، سیستم ریشه‌های موئین به شدت تخریب شده که منجر به اختلال در جذب آب و عناصر غذایی می‌گردد. این وضعیت در نهایت منجر به لخت شدن کانوپی، ریزش شدید میوه‌ها و کاهش کیفیت محصول شده و در صورت عدم مدیریت، مرگ تدریجی درخت را در پی دارد (Hosseini et al., 2020; Poudel et al., 2022).

علائم زوال در مرکبات بسیار متنوع و اغلب غیراختصاصی است. این علائم می‌تواند شامل زردی بین رگبرگی و پیشرفت به سمت کل برگ، ریزش برگ‌ها، خشکیدگی سرشاخه‌ها، تیره شدن آوندها، ریزش میوه‌های نارس، کاهش سیستم ریشه‌ای و در موارد شدید، پژمردگی ناگهانی و مرگ درخت باشد (Gottwald et al., 2011; Nwugo et al., 2013; Razi et al., 2012).

چنین درختانی حتی در صورت زنده ماندن، باردهی اقتصادی خود را از دست می‌دهند. اتیولوژی زوال مرکبات پیچیده و چند عاملی است. مجموعه‌ای از عوامل بیماری‌زا (زیستی) شامل قارچ‌ها (مانند *Phytophthora* و *Fusarium*)، نماتدها، باکتری‌ها (مانند عامل بیماری گرینینگ) و ویروس‌ها (مانند ویروس تریستیزا) در کنار

عوامل غیرزنده (غیرزیستی) مانند تنش‌های آبی، کمبودهای غذایی، شوری، دمای بالا و مدیریت نادرست باغی در بروز و تشدید این عارضه نقش دارند (Timmer & Menge, 2007; Kumar & Das, 2019). در بسیاری از موارد، تعامل این عوامل است که منجر به بروز سندرم زوال می‌شود.

بررسی‌های انجام شده در باغات مبتلا به زوال، اغلب حکایت از نقش پررنگ تنش‌های محیطی به‌ویژه کمبود آب و عناصر غذایی دارد. مقایسه وضعیت خاک در اطراف درختان سالم و مبتلا، اختلاف معناداری در سطح عناصری مانند نیتروژن، فسفر، گوگرد، روی و منگنز را نشان می‌دهد که عموماً در پای درختان سالم غلظت بالاتری دارند (Bande et al., 2010). مطالعات دیگر نیز بر ارتباط زوال با سطوح ناکافی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و ریزعنصر در خاک تأکید دارند. از سوی دیگر، آسیب به سیستم ریشه‌ای ناشی از بیماری‌هایی مانند پوسیدگی ریشه فیتوفترایی نیز می‌تواند با تحت تأثیر قرار دادن جذب آب و مواد غذایی، درخت را به سمت زوال سوق دهد (Srivastava & Singh, 2009). در شرایط اقلیمی گرم و خشک، تنش حرارتی به‌عنوان یک عامل غیرزیستی کلیدی خود را نشان می‌دهد. افزایش دما می‌تواند با افزایش تبخیر و تعرق، تشدید تنش آبی، سوختگی برگ‌ها و اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی، درختان را مستعد زوال کند. در این راستا، راهکارهای مدیریتی که بتوانند اثرات تنش گرمایی را تعدیل کنند، مورد توجه قرار گرفته‌اند. استفاده از سایبان (توری‌های سایه‌انداز) یکی از این روش‌هاست که اگرچه سابقه مطالعاتی محدودی دارد، اما نتایج امیدوارکننده‌ای در بهبود شرایط رشدی و کیفی میوه مرکبات نشان داده است. به‌عنوان مثال، کاربرد توری با ۵۰ درصد سایه‌اندازی در دوره‌های حساس رشد توانسته است کیفیت محصول را تا ۳۵ درصد افزایش دهد (Jifon & Syvertsen, 2001). همچنین، گزارش شده که پوشش توری می‌تواند اثرات منفی کم‌آبایی را تا حد قابل توجهی جبران نماید (Abouatallah et al., 2012). استفاده از مالچ گیاهی نیز با حفظ رطوبت خاک، تعدیل دمای منطقه ریشه و بهبود فعالیت بیولوژیک خاک می‌تواند به کاهش تنش‌های خشکی و حرارتی کمک کند.

جنوب استان کرمان (منطقه جیرفت و کهنوج) با تولید بیش از ۵۰۰ هزار تن در سال، یکی از قطب‌های اصلی تولید مرکبات در ایران به شمار می‌رود. متأسفانه از اوایل دهه ۱۳۷۰، عارضه زوال مرکبات به صورت مرگ زود هنگام درختان، به‌ویژه در فصل تابستان و در باغات مناطق کوهپایه‌ای این منطقه ظهور کرده و روندی فزاینده داشته است. بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد که شدت زوال با افزایش

مواد و روش

محل اجرای آزمایش و خصوصیات خاک

این پژوهش به مدت یک سال، بین سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱، در یکی از باغات پرتقال رقم والنسیا (*Citrus sinensis cv. Washington Navel*) واقع در شهرستان عنبرآباد استان کرمان که دارای عارضه زوال بود، انجام گرفت. مساحت باغ محل اجرای آزمایش چهار هکتار بود که در طول جغرافیایی ۵۸/۱۵۵ و عرض جغرافیایی ۲۸/۳۴۹ درجه واقع شده است. اقلیم منطقه خشک و نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم است. جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری انجام شد. قبل از انجام آزمایش، بافت خاک به روش پیپت (Gee & Bauder, 1986) و ویژگی‌های شیمیایی خاک با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. نیتروژن کل به روش کج‌دال، فسفر قابل دسترس به روش اولسن با استفاده از بی‌کربنات سدیم و پتاسیم قابل تبادل با روش استات آمونیوم یک نرمال اندازه‌گیری گردید. غلظت عناصر کم‌مصرف (آهن، روی، منگنز و مس) نیز پس از عصاره‌گیری با DTPA، توسط دستگاه جذب اتمی تعیین شد (Sparks et al., 1996). مطابق نتایج (جدول ۱)، خاک محل آزمایش دارای pH قلیایی بود. این شرایط فیزیکوشیمیایی، به همراه بافت شنی و کربن آلی ناچیز، منجر به تثبیت شدید فسفر و کاهش حلالیت کاتیون‌های فلزی شده است، به طوری که غلظت روی و آهن در خاک به ترتیب ۲/۵ و ۰/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که بسیار پایین‌تر از حد آستانه بحرانی برای مرکبات در خاک‌های آهکی است. این محدودیت‌های شدید، فرضیه ضرورت مدیریت تلفیقی برای احیای ریشه و افزایش جذب را تأیید می‌کند

دما و کاهش رطوبت نسبی رابطه مستقیم دارد. این شرایط اقلیمی سخت، از یک سو با ایجاد تنش اکسیداتیو و تخریب مستقیم ریشه‌های موئین، توان جذب آب و عناصر را کاهش داده و از سوی دیگر، درخت را در برابر حمله عوامل زیستی ثانویه (مانند قارچ‌های فرصت‌طلب خاک‌زاد) آسیب‌پذیر می‌سازد. در واقع، گرما و خشکی به عنوان محرک‌های اولیه، زمینه را برای تخریب نهایی توسط عوامل زیستی فراهم می‌کنند (Hosseini et al., 2020; Sarhadi et al., 2023). عواملی همچون کم‌آبایی، مدیریت نامناسب تغذیه، شوری آب و خاک، توپوگرافی زمین، نوع پایه و رقم و شیوع بیماری‌های گیاهی می‌توانند با تأثیر بر تحمل درخت در برابر گرما شدت این عارضه را افزایش یا کاهش دهند. به عنوان مثال ارقام ناول و انواع نارنگی در مقایسه با رقم والنسیا، نسبت به این عارضه حساسیت بیشتری دارند (Sarhadi, et al 2023).

با توجه به اهمیت اقتصادی مرکبات، روند تغییرات اقلیمی منطقه (افزایش دما و کاهش رطوبت) و پیچیدگی عوامل درگیر در زوال، اتخاذ راهکارهای مدیریتی یکپارچه و جامع ضروری به نظر می‌رسد. چنین راهکارهایی باید بتوانند همزمان بر چندین عامل استرس‌زا تأثیر بگذارند. بر این اساس، پژوهش حاضر بر پایه این فرضیه بنا شد که بهبود وضعیت تغذیه‌ای درختان به تنهایی نمی‌تواند بر عارضه زوال غلبه کند، مگر آنکه تنش‌های محیطی مانند دماهای بالا و نیز تنش خشکی و شوری به‌طور همزمان تعدیل شوند. فرض بر این است که ایجاد سایبان با کاهش بار حرارتی بر کانوپی و کاربرد مالچ با تعدیل دمای لایه رویی ریزوسفر و کاهش تبخیر رطوبت از خاک و بهبود میزان رطوبت منطقه ریزوسفر، شرایط فیزیولوژیک لازم برای حفظ ریشه‌های موئین و افزایش کارایی جذب عناصر غذایی فراهم‌شده در برنامه تغذیه‌ای را بهبود می‌بخشد. از این‌رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر یک مدیریت تلفیقی با تیمارهای تغذیه و آبیاری بهینه، مالچ و سایبان، بر کاهش عارضه زوال درختان پرتقال در جنوب استان کرمان انجام گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1. Physical and chemical properties of the soil studied

روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	آهک %	کربن آلی OC %	هدایت الکتریکی EC mmohs.cm-1	اسیدیته pH	بافت خاک texture	عمق خاک depth
mg.kg-1										
0.32	3.12	2.50	185	12.50	13	0.53	2.40	7.5	لوم شنی	0-30
0.11	1.85	1.70	128	8.60	23	0.31	2.80	7.7	لومی	30-60

تیمارهای آزمایشی و اجرای آزمایش

مناسب (اصلاح مکان قرارگیری قطره چکانها)، انتخاب نوع و تعداد مناسب قطره چکانها و همچنین فاصله مناسب آنها از یکدیگر (۴۵ سانتیمتر، با دبی ۴ لیتر در ساعت). کودها شامل کود گاوی پوسیده، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم برای هر درخت بود که در چند مرحله شامل نیمه اول دی ماه به صورت چالکود (صد درصد فسفر و ۳۰ درصد کل پتاسیم به همراه تمامی کود حیوانی) و به صورت کودآبیاری (باقیمانده پتاسیم و سایر عناصر غذایی مورد نیاز در مراحل چهارگانه رشدی و فیزیولوژیکی درخت) مصرف شدند. نوع و مقدار کود مصرف شده در این تیمار، در (جدول ۲) نشان داده شده است.

به منظور بررسی اثر مدیریت تلفیقی تغذیه، رطوبت خاک (آبیاری) و ایجاد سایبان بر کنترل عارضه زوال در درختان مرکبات، چهار تیمار آزمایشی، در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی و با سه تکرار در درختان پرتقال اعمال شد. تیمارها شامل: ۱- تیمار شاهد (عرف باغدار): مطابق با عرف رایج منطقه، شامل آبیاری با دور دو تا چهار روز و مصرف نامنظم کودهای اوره و فسفات دی آمونیوم (بدون آزمون خاک) در دو نوبت ابتدای فصل و اواخر بهار بود. ۲- تغذیه بهینه (کود شیمیایی و آلی بر اساس آزمون خاک و برگ و به روش چالکود و در زمان کوددهی مرسوم منطقه) + آبیاری

جدول ۲- مقدار و نوع کود شیمیایی و آلی مصرف شده در تیمار تغذیه بهینه (تیمار دوم)

Table 2. amount and kind of organic and chemical fertilizers used in optimal nutrition treatment (T2)

مقدار (به ازای هر درخت) Amount (per tree)	نوع کود Type of fertilizer
15 Kg	کود گاوی پوسیده Well-rotted cattle manure
1Kg	سوپرفسفات تریپل Triple superphosphate
1.5Kg	سولفات پتاسیم Potassium sulfate
40gr	سکوسترین آهن Iron chelate (Sequestrene)
100gr	سولفات منگنز Manganese sulfate
100gr	سولفات روی Zinc sulfate

۴- مدیریت تلفیقی کامل: این تیمار شامل تمامی موارد تیمار سوم، همراه با نصب سایبان بود. سایبان با استفاده از توریهای پلیمری آنتی یووی با ضریب سایه اندازی ۵۰ درصد از اواخر اردیبهشت تا اواسط شهریور نصب شد. زمان بندی عملیات و نمونه برداری: عملیات اجرایی و اعمال تیمارها از اواخر اسفندماه با اصلاح سیستم آبیاری و کوددهی پایه آغاز و با نصب سایبان در نیمه دوم اردیبهشت ماه (همزمان با افزایش دمای هوا به بیش از ۳۵ درجه سانتی گراد) وارد

۳- تغذیه بهینه + مالچ: در این تیمار، علاوه بر تمامی کودهای مصرف شده در تیمار دوم، از برگهای خشک و هرس شده خرما به عنوان مالچ گیاهی استفاده شد. این مالچ در اوایل اردیبهشت ماه در شعاع دو متری تنه درخت (محدوده سایه انداز) به ضخامت ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر پخش گردید تا از تبخیر سطحی جلوگیری کرده و دمای خاک را تعدیل نماید.

نتایج

همانگونه که در (جدول ۱) مشاهده می‌شود خاک مورد استفاده در این پژوهش دارای بافتی سبک و آهکی بوده و از نظر ماده آلی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز ضعیف تا تقریباً ضعیف و فاقد شوری برای مرکبات است. بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر تیمارهای مختلف بر تمامی صفات رشدی مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تیمار چهارم (تغذیه و آبیاری بهینه + مالچ + سایبان) بیشترین مقادیر را در تمامی صفات رشدی و عملکردی مورد اندازه‌گیری به خود اختصاص داد (شکل ۱). در این تیمار، تعداد شاخ و برگ جدید به ۲۹۸/۵۷ عدد رسید که نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ عدد) افزایش ۱۹۸/۶ درصدی داشت. عملکرد درخت نیز در تیمار چهارم ۷۸/۲۹ کیلوگرم به ازای هر درخت بود که ۱۹۶/۱ درصد بیشتر از تیمار شاهد (۲۶/۴۴ کیلوگرم) بود (شکل ۱- الف). قطر و طول میوه به ترتیب با ۸۳/۶۷ و ۸۶/۲۳ میلی‌متر در تیمار چهارم ثبت شد که در مقایسه با تیمار شاهد (قطر ۶۵/۶۳ میلی‌متر و طول ۶۴/۴۴ میلی‌متر) افزایشی به میزان ۲۷/۵ درصد و ۳۳/۸ درصد را نشان داد (شکل ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار سوم (تغذیه و آبیاری بهینه + مالچ) منجر به افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌های جدید (۹۲/۸ درصد)، عملکرد کل (۱۱۶/۳ درصد)، قطر میوه (۱۳/۲ درصد) و ارتفاع میوه (۱۵/۹ درصد) در مقایسه با روش مدیریت سنتی شد. تیمار دوم (تغذیه و آبیاری بهینه به تنهایی) نیز اگرچه تأثیری کمتر از تیمارهای ترکیبی داشت، اما همچنان تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان داد؛ به طوری که میزان افزایش صفات مذکور در این تیمار نسبت به شاهد به ترتیب ۳۹/۶، ۶۴، ۸/۳ و ۱۲/۶ درصد ثبت گردید (شکل‌های ۱ و ۲).

فاز اصلی شد. این مراقبت‌ها تا اواخر شهریورماه به طور مستمر ادامه یافت. در نهایت، جهت ارزیابی اثر تیمارها، نمونه‌برداری از برگ‌های شاخه‌های بدون میوه (۴ تا ۶ ماهه) در مهرماه انجام شد و بلافاصله جهت آنالیزهای شیمیایی که در بخش بعدی شرح داده شده است، به آزمایشگاه منتقل گردید.

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات

به منظور حذف اثرات احتمالی تفاوت در اندازه کانوپی و سن درخت بر عملکرد نهایی، درختانی برای این پژوهش انتخاب شدند که از نظر سن (۱۵ سال)، رقم (والنسیا روی پایه نارنج) و حجم تاج پوشش در ابتدای آزمایش، دارای یکنواختی کامل بودند. تمام درختان منتخب دارای سطوح مشابهی از علائم زوال (خشکیدگی سرشاخه‌ها بین ۳۰ تا ۴۰ درصد) بودند. در اواخر مهرماه تعداد شاخه‌های جدید در چهار جهت جغرافیایی شمارش شد. در زمان برداشت میوه (اوتایل بهمن ماه)، تمامی میوه‌های هر درخت به صورت جداگانه چیده شده و با استفاده از باسکول دیجیتال با دقت ۰/۱ کیلوگرم وزن‌کشی شدند. میانگین عملکرد هر تیمار بر پایه وزن محصول به ازای هر درخت گزارش شد تا پاسخ مستقیم فیزیولوژیک هر واحد آزمایشی به مدیریت تلفیقی، بدون دخالت فاکتورهای جانبی نظیر تراکم کشت، مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد. جهت تعیین ابعاد فیزیکی میوه، در زمان برداشت از هر درخت ۱۰ میوه به صورت تصادفی از جهات مختلف انتخاب شد. قطر میوه (عرض میوه در پهن‌ترین قسمت) و ارتفاع میوه (فاصله بین محل اتصال دم‌میوه تا نقطه گلگاه) با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و ثبت گردید. جهت سنجش عناصر، نمونه‌برداری از برگ‌های میان‌فصل (۴ تا ۶ ماهه) شاخه‌های بدون میوه انجام شد. غلظت نیتروژن به روش کج‌لدال، فسفر به روش رنگ‌سنجی و عناصر ریزمغذی پس از هضم اسیدی، با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (Sparks et al., 1996).

آنالیز نتایج

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه واریانس شده و جهت مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن استفاده شد. برای ترسیم همه شکل‌ها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات تیمارهای آزمایشی بر صفات عملکردی و رشدی مورد مطالعه

Table 3. Analysis of variance of the effects of experimental treatments on the functional and growth traits studied

عملکرد yeild	سطح برگ Leaf area	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter	تعداد شاخ و برگ جدید Number of shoots	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
میانگین مربعات Mean squars						
1444.29**	74.25**	242.70**	171.73**	22221.26**	3	تیمار Treatments
1.95	2.01	0.85	8.07	1.32	2	بلوک Block
3.55	7.89	8.48	12.11	14.17	6	خطا Error
3.67	8.29	3.91	4.72	2.06	-	CV (%)

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهند.

* and ** shows significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

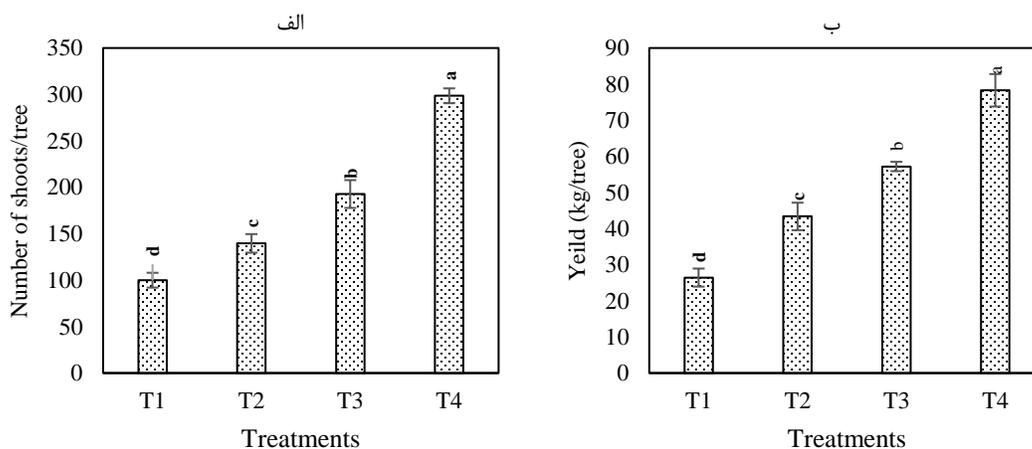
جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات تیمارهای آزمایشی بر غلظت عناصر در برگ مرکبات

Table 3. Analysis of variance of the effects of experimental treatments on element concentration on leaf

میانگین مربعات Mean squars						درجه آزادی df	منابع تغییرات
Fe آهن	Mn منگنز	Zn روی	K پتاسیم	P فسفر	N نیترोजن		
1061.35**	201.08**	331.50**	0.16**	0.0027**	0.44**	3	تیمار Treatment
0.52	0.13	1.06	0.008	0.0001	0.03	2	بلوک Block
9.83	2.04	14.21	0.01	0.0001	0.03	6	خطا Error
5.86	4.68	10.98	9.85	10.75	10.21	-	CV (%)

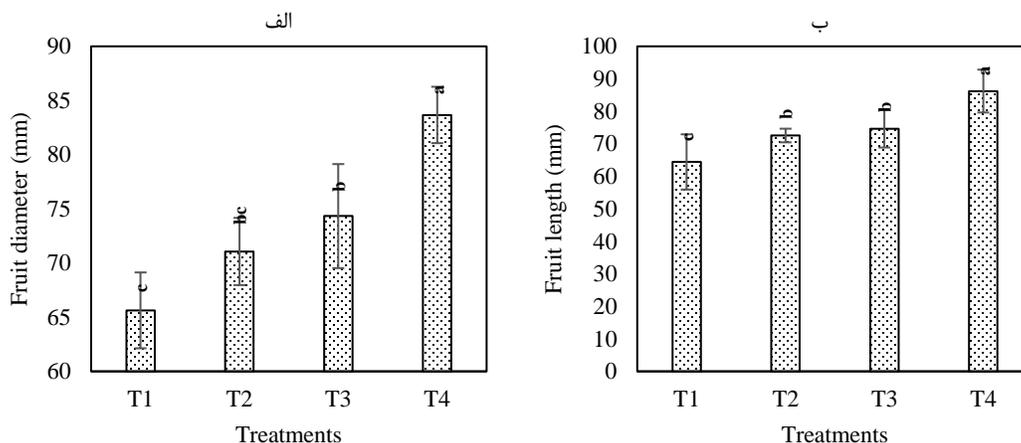
* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهند.

* and ** shows significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.



شکل ۱- اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد شاخه در هر درخت (الف) و نیز عملکرد میوه (ب). تیمارهای T1، T2، T3 و T4 به ترتیب نشان دهنده تیمار شاهد، تیمار تغذیه بهینه، تیمار تغذیه بهینه + مالچ و تیمار تغذیه بهینه + مالچ + سایبان هستند. وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد با آزمون دانکن است.

Figure 1- The effect of treatments on per tree (a) and fruit yield (b). Treatments T1, T2, T3 and T4 represent the control treatment, optimal nutrition and irrigation treatment, optimal nutrition and mulch treatment and complete combined treatment, respectively. The presence of similar letters indicates no significant difference at the 5% error level by Duncan's test.

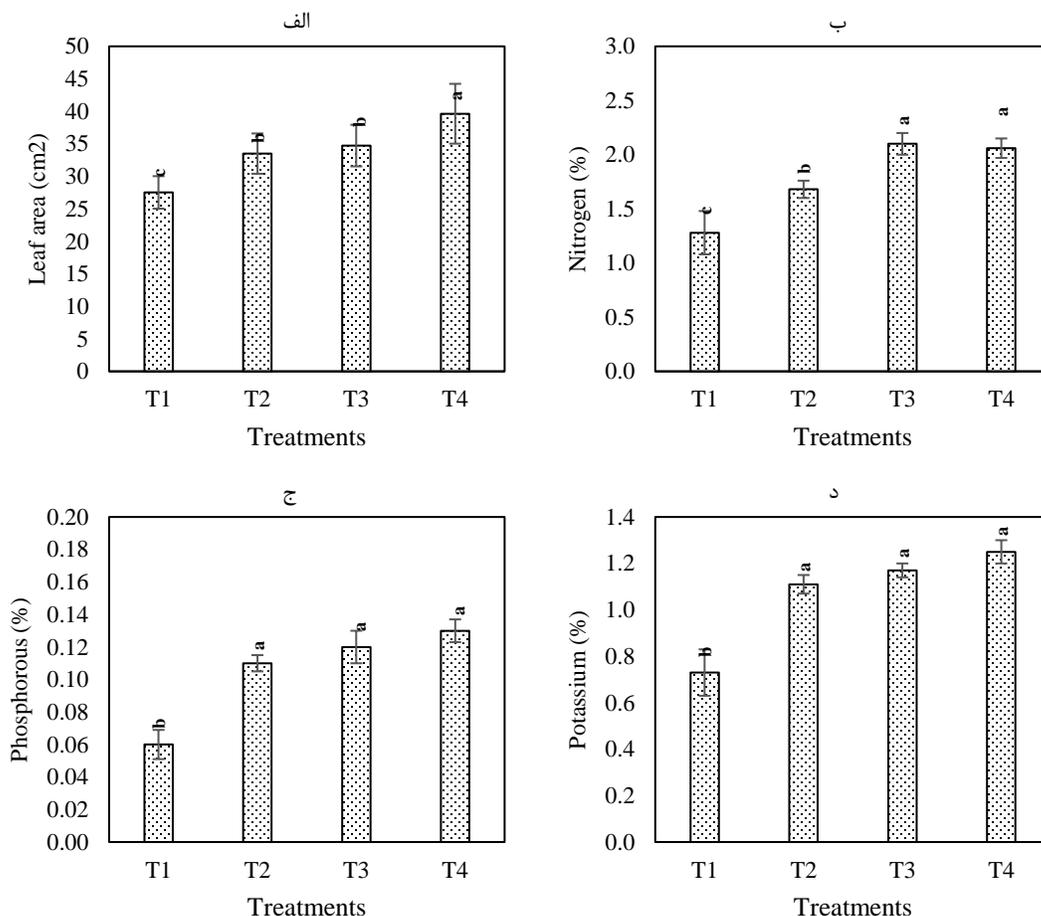


شکل ۲- اثر تیمارهای آزمایشی بر قطر میوه (الف) و نیز طول میوه (ب). تیمارهای T1، T2، T3 و T4 به ترتیب نشان دهنده تیمار شاهد، تیمار تغذیه بهینه، تیمار تغذیه بهینه + مالچ و تیمار تغذیه بهینه + مالچ + سایبان هستند. وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد با آزمون دانکن است.

Figure 2- The effect of treatments on fruit diameter (a) and fruit length (b). Treatments T1, T2, T3 and T4 represent the control treatment, optimal nutrition and irrigation treatment, optimal nutrition and mulch treatment and complete combined treatment, respectively. The presence of similar letters indicates no significant difference at the 5% error level by Duncan's test.

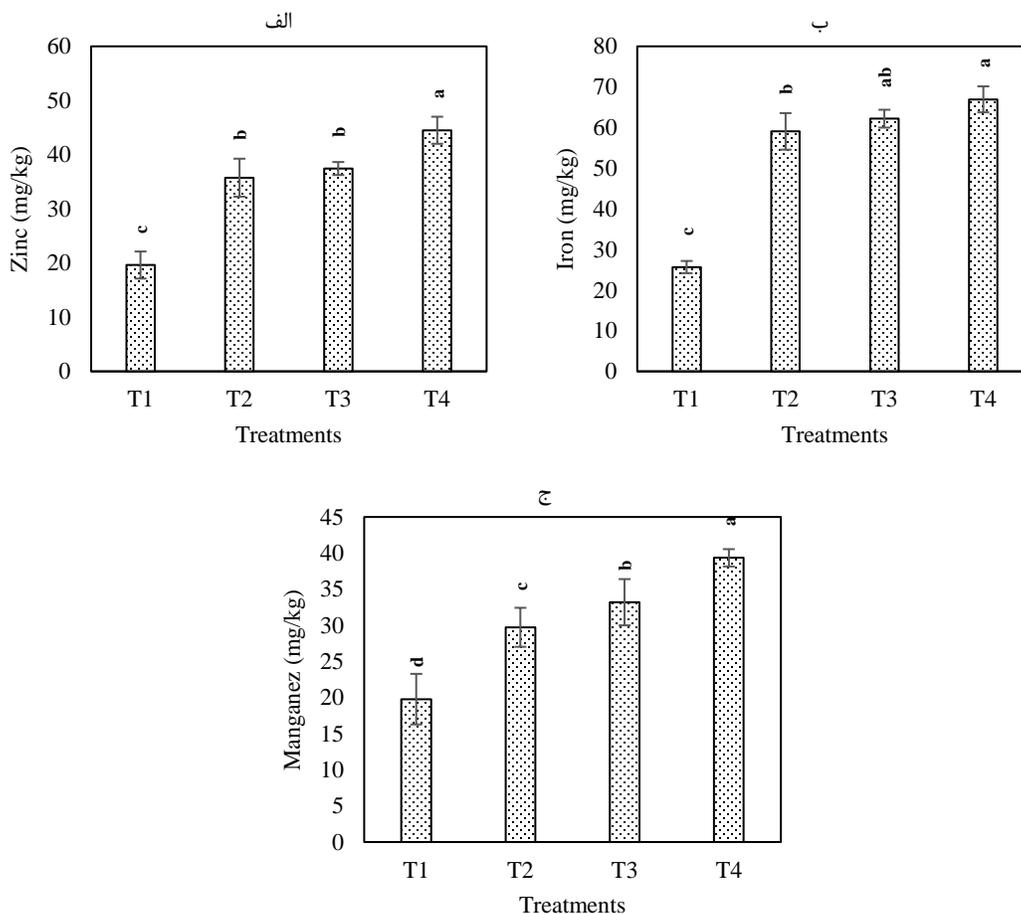
همچنین در تیمار چهارم، غلظت عناصر ماکرو شامل نیتروژن (۲/۰۶ درصد)، فسفر (۰/۱۳ درصد) و پتاسیم (۱/۲۵ درصد) به طور معنی داری بالاتر از شاهد بود. سایر تیمارهای مدیریتی نیز در بهبود وضعیت تغذیه‌ای مؤثر بودند، چنانکه تیمار سوم (مالچ + تغذیه) منجر به افزایش ۱۰۰ درصدی فسفر برگ نسبت به شاهد شد و تیمار دوم (تغذیه بهینه) نیز افزایش ۱۳۰ درصدی غلظت آهن را نسبت به شاهد به همراه داشت (شکل ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر غلظت تمامی عناصر غذایی برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها (شکل ۳ و ۴) بیانگر برتری مطلق تیمار چهارم (مدیریت تلفیقی کامل) بود، به طوری که بالاترین سطح برگ (۳۹/۶۳ سانتی‌متر مربع) و بیشترین غلظت عناصر روی (۴۴/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، آهن (۶۶/۹۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و منگنز (۳۹/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در این تیمار ثبت شد. این مقادیر نشان‌دهنده افزایشی معادل ۴۳/۹ درصد در سطح برگ، ۱۲۶/۷ درصد در روی، ۱۶۰/۶ درصد در آهن و ۹۸/۸ درصد در منگنز در مقایسه با تیمار شاهد است.



شکل ۳- اثر تیمارهای آزمایشی بر سطح برگ (الف)، غلظت نیتروژن (ب)، فسفر (ج) و پتاسیم (د) در برگ. تیمارهای T1، T2، T3 و T4 به ترتیب نشان دهنده تیمار شاهد، تیمار تغذیه بهینه، تیمار تغذیه بهینه + مالچ و تیمار تغذیه بهینه + مالچ + سایبان هستند. وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح خطای ۵ درصد با آزمون دانکن است.

Figure 3- The effect of treatments on leaf area (a), the concentration of nitrogen (b), phosphorus (c) and potassium (d) in the leaf. Treatments T1, T2, T3 and T4 represent the control treatment, optimal nutrition and irrigation treatment, optimal nutrition and mulch treatment and complete combined treatment, respectively. The presence of similar letters indicates no significant difference at the 5% error level by Duncan's test.



شکل ۴- اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت روی (الف)، آهن (ب) و منگنز (ج) در برگ. تیمارهای T1، T2، T3 و T4 به ترتیب نشان دهنده تیمار شاهد، تیمار تغذیه بهینه، تیمار تغذیه بهینه + مالچ و تیمار تغذیه بهینه + مالچ + سایبان هستند. وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد با آزمون دانکن است.

Figure 4- The effect of treatments on leaf area (a), the concentration zinc (a), iron (b) and manganese (c) in leaf. Treatments T1, T2, T3 and T4 represent the control treatment, optimal nutrition and irrigation treatment, optimal nutrition and mulch treatment and complete combined treatment, respectively. The presence of similar letters indicates no significant difference at the 5% error level by Duncan's test.

(شکل ۱ الف). این بهبود چشمگیر در رشد رویشی تحت تیمار سایبان، می‌تواند به تعدیل میکروکلیمای اطراف کانوپی نسبت داده شود. اگرچه در این تحقیق دمای سطح برگ و نرخ تعرق به طور مستقیم اندازه‌گیری نشد، اما بر اساس یافته‌های پژوهشگران دیگر (Tanny & Cohen, 2003; Jifon & Syvertsen, 2003)، ایجاد سایبان با کاهش تابش مستقیم و بار حرارتی روی برگ‌ها، منجر به بهبود پتانسیل آبی گیاه و تداوم باز بودن روزنه‌ها در ساعات گرم روز می‌شود. در پژوهش حاضر، افزایش معنی‌دار جذب عناصری نظیر پتاسیم و نیتروژن در تیمار چهارم، شواهد غیرمستقیمی بر بهبود کارایی فیزیولوژیک برگ‌ها در نتیجه کاهش فشار تبخیری محیط

بحث

تأثیر تیمارها بر صفات رشدی و عملکرد درختان

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر ترکیبی مدیریت تغذیه و آبیاری بهینه همراه با کاربرد مالچ گیاهی و ایجاد سایبان بر کاهش عوارض زوال پرتقال رقم والنسیا در اراضی شنی و آهکی جنوب استان کرمان انجام شد. یافته‌ها به وضوح نشان داد که تیمار تغذیه و آبیاری بهینه + مالچ + سایبان برترین عملکرد را در تمامی صفات رشدی و تغذیه‌ای مورد بررسی داشت. افزایش معنی‌دار تعداد شاخ و برگ جدید (۱۹۸/۶ درصد نسبت به شاهد) در تیمار چهارم نشان‌دهنده بهبود قابل توجه در سلامت و رشد رویشی درختان بود

تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر در برگ و ارتباط آن با سلامت درخت

نتایج نشان داد که مدیریت تلفیقی (تیمار چهارم) منجر به جهش قابل توجهی در غلظت روی (۱۲۶/۷ درصد)، آهن (۱۶۰/۶ درصد) و منگنز (۹۸/۸ درصد) نسبت به شاهد شد (شکل ۴). در خاک‌های آهکی، حلالیت این عناصر به دلیل pH بالا و حضور کربنات کلسیم به شدت محدود است که این امر محرک اصلی شروع زوال فیزیولوژیک در مرکبات است (Srivastava & Singh, 2009). مکانیسم این اثرگذاری را می‌توان در نقش کلیدی این عناصر در متابولیسم ثانویه جستجو کرد؛ روی با تسهیل سنتز پیش‌سازهای اکسین (تریئوفان)، از ریزبرگی و توقف رشد شاخه‌های انتهایی جلوگیری می‌کند، در حالی که آهن و منگنز به عنوان کوفاکتورهای حیاتی در سیستم‌های آنزیمی آنتی‌اکسیدان (مانند SOD) و زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی عمل می‌کنند. بهبود جذب این عناصر در تیمار تلفیقی، احتمالاً ناشی از ترشح اسیدهای آلی توسط مالچ گیاهی (کاهش pH ریزوسفر) و تعدیل دمای برگ توسط سایبان است که کارایی آنزیم‌های وابسته به این ریزمغذی‌ها را در مقابله با تنش‌های اکسیداتیو ناشی از زوال افزایش می‌دهد (Tadayon, 2020; Sarhadi et al., 2023). بدین ترتیب، تأمین این عناصر نه تنها کلروز را برطرف کرده، بلکه با تقویت بنیه ریشه و توازن هورمونی، زنجیره خودتخریبی زوال را متوقف می‌سازد. نتایج نشان‌دهنده بهبود معنی‌دار وضعیت تغذیه‌ای درختان در تیمار چهارم (تغذیه و آبیاری بهینه + مالچ + سایبان) از نظر عناصر پرمصرف (NPK) بود. کمبود این عناصر مستقیماً در چرخه زوال نقش دارد؛ نیتروژن به عنوان ستون فقرات پروتئین‌ها و کلروفیل، در صورت کمبود باعث تخلیه ذخایر کربوهیدراتی و ریزش برگ‌های پیر می‌گردد. فسفر با نقش کلیدی در ساختار ATP، انرژی لازم برای ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده ریشه را فراهم می‌کند که در شرایط زوال به شدت آسیب دیده‌اند. همچنین پتاسیم با تنظیم پتانسیل اسمزی، کارایی مصرف آب را در شرایط تنش گرمایی منطقه افزایش داده و از سوختگی فیزیکی برگ‌ها جلوگیری می‌کند؛ بنابراین، تأمین متعادل این عناصر در تیمار تلفیقی، با رفع گرسنگی پنهان درخت و تقویت سدهای دفاعی بیوشیمیایی، از پیشرفت زوال جلوگیری کرده است (Srivastava & Singh, 2009; Nwugo et al., 2013). این نتایج با مطالعه‌های متعددی که نشان داده‌اند کمبود این عناصر از عوامل مهم زوال مرکبات است، مطابقت دارد (Gottwald et al., 2012; Nwugo et al., 2013). به علاوه، بهبود وضعیت تغذیه‌ای برگ می‌تواند مقاومت درختان را در برابر

در زیر سایبان است. همچنین، مالچ گیاهی با حفظ رطوبت خاک و تعدیل دمای منطقه ریشه، شرایط بهتری برای رشد ریشه، جذب آب و مواد غذایی فراهم می‌کند (Tu et al., 2021). این عوامل در کنار تغذیه بهینه که کمبودهای غذایی خاک را جبران می‌کند، منجر به افزایش تعداد شاخه‌های جدید و بهبود رشد درخت می‌شود. مطالعه sarhadi و همکاران (۲۰۲۳) نیز نشان دادند که استفاده از سایبان و مالچ در کنار تغذیه بهینه، رشد رویشی درختان مرکبات را در شرایط گرم و خشک افزایش می‌دهد.

نتایج همچنین نشان داد که با کاربرد تیمار تلفیقی (تغذیه و آبیاری بهینه، مالچ و سایبان)، افزایش ۱۹۶/۱ درصدی مشاهده شد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت ترکیب تیمارها بر باردهی درختان است (شکل ۱-ب). تغذیه بهینه به‌ویژه تأمین نیتروژن، فسفر و پتاسیم کافی، نقش کلیدی در تشکیل میوه و افزایش عملکرد دارد (Srivastava & Singh, 2009). از سوی دیگر، آبیاری بهینه از تنش آبی جلوگیری کرده و فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به میوه‌ها را بهبود می‌بخشد. مالچ و سایبان نیز با کاهش تنش گرمایی، از ریزش میوه‌های نارس جلوگیری می‌کنند (Abouatallah et al., 2012). این نتایج با یافته‌های Srivastava et al. (۲۰۰۴) که نشان دادند مدیریت یکپارچه تغذیه و آبیاری همراه با بهبود شرایط فیزیکی خاک، عملکرد مرکبات را در خاک‌های آهکی افزایش می‌دهد، همسو است. افزایش قطر و طول میوه به ترتیب ۲۷/۵ درصد و ۳۳/۸ درصد در تیمار چهارم نیز حاکی از بهبود کیفیت میوه بود. این بهبود می‌تواند ناشی از تأمین بهتر مواد غذایی به‌ویژه کلسیم و پتاسیم باشد که در تشکیل دیواره سلولی و اندازه میوه نقش دارند (Ramirez-Godoy et al., 2018). همچنین، کاهش تنش گرمایی به‌واسطه سایبان، از اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تقسیم سلولی جلوگیری کرده و به افزایش اندازه میوه کمک می‌کند (Tanny & Cohen, 2003). مطالعه‌های دیگر نیز نشان داده‌اند که استفاده از سایبان می‌تواند کیفیت میوه مرکبات را از طریق کاهش تنش نوری و حرارتی بهبود بخشد (Jifon & Syvertsen, 2001).

بهبود پایداری خاکدانه‌ها و ارتقای ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) در اراضی شنی مورد مطالعه شده است (Tu et al., 2021). این اصلاح ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، علاوه بر کاهش وزن مخصوص ظاهری و بهبود تخلخل، به عنوان یک بافر حرارتی و رطوبتی عمل کرده و از نوسانات شدید دما در منطقه ریزوسفر جلوگیری می‌کند. با توجه به اینکه تخریب ریشه‌های موئین از علائم کلیدی زوال مرکبات در جنوب ایران است، حفظ رطوبت و تعدیل دمای خاک توسط مالچ، محیطی بهینه برای بقا و توسعه ریشه‌های جدید فراهم آورده و کارایی جذب عناصر را در تیمار تلفیقی افزایش داده است (Srivastava & Singh, 2009; Sarhadi et al., 2023). همچنین، تقویت بیولوژی خاک و حمایت از میکروارگانیسم‌های سودمند در حضور ماده آلی، می‌تواند از طریق القای مقاومت سیستمیک (ISR)، توانایی درخت را در مقابله با تنش‌های زنده و غیرزنده مرتبط با زوال ارتقا بخشد (Kumar & Das, 2019).

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تغذیه و آبیاری بهینه، مالچ گیاهی و سایبان بر عارضه زوال مرکبات در شهرستان عنبرآباد در جنوب استان کرمان انجام شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که برتری چشمگیر تیمار چهارم (تغذیه و آبیاری بهینه، مالچ گیاهی و سایبان) در مقایسه با سایر تیمارها، بیانگر ضرورت به‌کارگیری رویکردهای چندجانبه در مدیریت باغات درگیر با زوال است. در واقع، اثربخشی همزمان بهینه‌سازی تغذیه، تعدیل دمای محیط ریشه با مالچ و کاهش بار گرمایی کانوبی توسط سایبان، توانست با ایجاد سینرژی فیزیولوژیک، محدودیت‌های محیطی و تغذیه‌ای را که محرک اصلی زوال در این منطقه هستند، به حداقل برساند. این استراتژی مدیریتی نه تنها موجب افزایش معنی‌دار رشد رویشی و عملکرد شد، بلکه با بهبود توازن عناصر در برگ، باعث بهبود عملکرد در این آزمایش شد. مطالعات نشان داده است که استفاده از سایبان در دوره‌های گرم سال باعث تعدیل ریزاقليم باغ، کاهش تابش مستقیم و در نتیجه کاهش تنش گرمایی و تبخیر و تعرق شده است. مالچ گیاهی نیز با حفظ رطوبت خاک، تعدیل دمای منطقه ریشه و بهبود فعالیت بیولوژیک خاک، شرایط بهتری برای توسعه ریشه فراهم می‌کند. تلفیق این اقدامات مدیریتی در کنار برنامه‌ی تغذیه مبتنی بر نیاز واقعی گیاه، منجر به قطع زنجیره تنش‌های متقاطع (آبی، گرمایی و تغذیه‌ای) می‌گردد، عاملی که به صورت یک فرآیند خودتقویت‌کننده منجر به پیشرفت زوال مرکبات می‌شود. در واقع، این رویکرد با فراهم کردن بستر مناسب جهت

بیماری‌های قارچی و باکتریایی افزایش دهد (Timmer & Menge, 2007).

نقش ترکیبی تیمارها در کاهش زوال مرکبات و مکانیسم‌های مرتبط

زوال مرکبات یک پدیده چندعاملی است که عوامل زنده و غیرزنده در آن دخیل هستند (Timmer & Menge, 2007). در این پژوهش، تیمار چهارم (تغذیه و آبیاری بهینه، مالچ و سایبان) به‌عنوان مؤثرترین تیمار، توانست به‌طور همزمان بر چندین عامل استرس‌زا تأثیر بگذارد. تغذیه و آبیاری بهینه، کمبودهای غذایی و تنش آبی را برطرف می‌کند. اگرچه در این پژوهش پارامترهای مستقیم تنش (مانند دمای برگ یا پتانسیل آب خاک) اندازه‌گیری نشد، اما افت شدید شاخص‌های رشدی و سطح برگ در تیمار شاهد در مقایسه با تیمارهای مدیریتی، نشان‌دهنده محدودیت‌های محیطی ناشی از اقلیم نیمه‌بیابانی منطقه است. بر این اساس، به نظر می‌رسد مالچ گیاهی با پتانسیل تعدیل نوسانات دمایی منطقه ریشه و حفظ رطوبت، بخشی از شدت تنش‌های غیرزنده را در تیمار چهارم تعدیل کرده است. همچنین، استفاده از سایبان احتمالاً از طریق تعدیل شدت تابش و کاهش بار گرمایی کانوبی، شرایط بهینه‌تری را برای فتوسنتز فراهم کرده است (Jifon & Syvertsen, 2001; Abouatallah et al., 2012). امری که در مطالعات منطقه‌ای به‌عنوان راهکاری برای جلوگیری از سوختگی فیزیکی و کاهش تبخیر و تعرق مازاد در مرکبات جنوب ایران پیشنهاد شده است (Hosseini et al., 2020; Sarhadi et al., 2023). این رویکرد ترکیبی با مدیریت همزمان تنش‌های محیطی و تغذیه‌ای، زنجیره عوامل محرک زوال را در حساس‌ترین ماه‌های سال (اردیبهشت تا شهریور) گسسته است. به‌عنوان مثال، Singh و Srivastava (۲۰۰۹) نشان دادند که مدیریت یکپارچه تغذیه و آبیاری همراه با بهبود شرایط فیزیکی خاک، می‌تواند زوال مرکبات را در خاک‌های آهکی کاهش دهد. همچنین، Sarhadi و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که استفاده از سایبان و مالچ در کنار تغذیه بهینه، بهبود معنی‌داری در سلامت درختان مرکبات در جنوب کرمان ایجاد می‌کند.

مکانیسم عمل این تیمارها را می‌توان از جنبه فیزیولوژیکی نیز بررسی کرد. سایبان با کاهش دمای برگ‌ها، فتوسنتز را بهبود بخشیده و از تنش اکسیداتیو جلوگیری می‌کند (Tanny & Cohen, 2003). استفاده از مالچ گیاهی (برگ خرما) از طریق تجزیه تدریجی و آزادسازی ترکیبات هوموسی، منجر به

عنوان یک راهکار عملی و پایدار به باغداران پیشنهاد شود. با این وجود، برای تعمیم‌پذیری بیشتر این یافته‌ها، انجام مطالعات بلندمدت و بررسی جنبه‌های اقتصادی اجرای این راهکار در مقیاس وسیع‌تر پیشنهاد می‌گردد.

بازسازی سیستم ریشه‌ای و بهبود کارایی فتوسنتزی، روند زوال درختان را متوقف کرده و مسیر را برای بازیابی توان فیزیولوژیک و جوان‌سازی بافت‌های رویشی در باغات آسیب‌دیده هموار می‌سازد. با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک منطقه و محدودیت‌های ذاتی خاک‌های آهکی، به کارگیری این بسته مدیریتی تلفیقی می‌تواند به

References

1. Abouatallah, A., R. Salghi, A. El Fadl, B. Hammouti and A. Zarrouk. 2012. Shading nets usefulness for water saving on citrus orchards under different irrigation doses. *Current world environment*. 7(1): 13-22. <https://doi.org/10.12944/CWE.7.1.03>
2. Alizadeh, A., A. Heidarian, and R. Farokhinejad. 2000. Branch wilt disease, decline and death of citrus trees caused by the fungus *Nattrassia magniferae* (h.and.p.sydow) sutton and dyko and its other hosts in Khuzestan province. *Iranian Journal of Plant Pathology* 36(1-2): 77-98. (In persian).
3. Bande, M.S., S.P. Wagh, M.V. Kadu, M.P. Gajbhiye, and S.B. Selgaonkar. 2010. Soil characteristics of some typical healthy and declined orange gardens in Warud tahsil of Amravati District (MS). *Journal of Soils and Crops* 20(1): 149-154.
4. Gee, G., & Bauder, J. 1986. Particle-size analysis 1: Soil science society of America. American Society of Agronomy Madison, WI .
5. Gottwald, T., J. Graham, M. Irej, T. McCollum and B. W. Wood. 2012. Inconsequential effect of nutritional treatments on huanglongbing control, fruit quality, bacterial titer and disease progress. *Crop Protection* 36: 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.01.004>
6. Jifon, J. and J.P. Syvertsen. 2001. Effects of moderate shade on citrus leaf gas exchange, fruit yield, and quality. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 114: 177-181.
7. Kumar, K.K. and A. Das. 2019. Diversity and community analysis of plant parasitic nematodes associated with citrus at citrus research station, Tinsukia, Assam. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 7: 187-189.
8. Nwugo, C.C., H. Lin, Y. Duan, and E.L. Civerolo. 2013. The effect of 'Candidatus *Liberibacter asiaticus*' infection on the proteomic profiles and nutritional status of pre-symptomatic and symptomatic grapefruit (*Citrus paradisi*) plants. *BMC plant biology* 13(1): 1-24. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-59>
9. Ramirez-Godoy, A., Puentes-Perez, G., & Restrepo-Diaz, H. 2018. An evaluation of the use of calcium, potassium and silicon for the management of *Diaphorina citri* populations in Tahiti lime trees. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2), 546-552. <https://doi.org/10.15835/nbha46211152>.
10. Razi, M., I.A. Khan, and M.J. Jaskani. 2011. Citrus plant nutritional profile in relation to Huanglongbing prevalence in Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 48(4): 299-304.
11. Sarhadi, J., Heidari, S., Sharif, M., & Mousavi, S. M. 2023. Efficacy of integrated management on control of citrus decline: A case study. *Journal of Plant Nutrition*, 46(5), 1-15. <https://doi.org/10.5958/2582-2527.2024.00007.1>
12. Sparks, D., Page, A., Helmke, P., Loeppert, R., Soltanpour, P., Tabatabai, M., Johnston, C., & Summer, M. (1996). *Methods of soil analysis*, parts 2 and 3 chemical analysis. Soil Science Society of America Inc., Madison .
13. Srivastava, A. and S. Singh. 2004. Soil and plant nutritional constraints contributing to citrus decline in Marathwada region, India. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 35(17-18): 2537-2550. <https://doi.org/10.1081/LCSS-200030359>
14. Srivastava, A.K. and S. Singh. 2009. Citrus decline: Soil fertility and plant nutrition. *Journal of Plant Nutrition* 32(2): 197-245. <https://doi.org/10.1080/01904160802592706>
15. Tadayon, M.S .2020.The role of nutritional management in improving the symptoms of citrus decline. *Journal of plant nutrition* 43(10): 1555-1570. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1730897>

16. Tanny, J., & Cohen, S. 2003. The Effect of a Small Shade Net on the Properties of Wind and Selected Boundary Layer Parameters above and within a Citrus Orchard. *Biosystems Engineering*, 84(1), 57-67.
17. Timmer, L. W., & Menge, J. A. 2007. *Compendium of Citrus Diseases* (2nd ed.). American Phytopathological Society.
18. Tu, A., Xie, S., Zheng, H., Li, H., Li, Y., & Mo, M. 2021. Long-term effects of living grass mulching on soil and water conservation and fruit yield of citrus orchard in south China. *Agricultural Water Management*, 252, 106897. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106897>.