

مدیریت تلفیقی به عنوان یک استراتژی پایدار در کنترل عارضه زوال مرکبات

جواد سرحدی^۱، صابر حیدری^{۱*} و مهری شریف^۲

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱)

چکیده

عارضه زوال مرکبات تاکنون منجر به وارد آمدن صدمات شدید به باغات به‌ویژه در استان‌های جنوب کشور شده است. پژوهش حاضر در قالب بلوک‌های کامل تصادفی به مدت دو سال در جیرفت اجرا شد. تیمارها شامل ۱. تیمار شاهد، ۲. مدیریت بهینه (آبیاری، کود و به‌باغی)، ۳. مدیریت بهینه به‌علاوه سلیکات پتاسیم، ۴. مدیریت بهینه به‌همراه سایه‌بان و مالچ، ۵. مدیریت بهینه به‌همراه قارچ میکوریزا و تریکودرما و سموم قارچ‌کش و نماتدکش، ۶. تیمار ۵ به‌همراه تزریق نیترات کلسیم و ۷. تیمار ۵ به‌همراه کود آبیاری نیترات کلسیم و عناصر میکرو به‌صورت محلول‌پاشی بود. تعداد شاخ و برگ جدید، مساحت برگ، عملکرد، طول و قطر میوه و غلظت برخی عناصر ماکرو و میکرو در برگ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد تیمار شاهد دارای کمترین عملکرد و تیمار چهار (مدیریت بهینه به‌همراه سایه‌بان و مالچ) بیشترین عملکرد (۵۰/۲ کیلوگرم برای هر درخت) را به‌خود اختصاص داد. تعداد شاخ و برگ جدید (بهاره و تابستانه) در تیمار چهار، ۱۹۱ عدد و در تیمار شاهد ۷۶ عدد بود. در تیمار چهار میانگین سطح برگ ۴۱/۸ و در تیمار شاهد ۲۹/۴ سانتی‌متر مربع بود که ۴۲/۲٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. مقایسه آماری میانگین سایر پاسخ‌ها نیز نشان داد که تیمار چهار نسبت به سایر تیمارها افزایش معنی‌داری داشت. به‌نظر می‌رسد عارضه زوال در این منطقه ناشی از مجموعه‌ای از عوامل متعدد تنش‌های زنده و غیرزنده است. بنابراین اعمال مدیریت بهینه آبیاری و تغذیه تلفیقی همراه با استفاده از مالچ گیاهی در منطقه سایه‌انداز درختان و بکارگیری سایه بان می‌تواند به‌عنوان راهکار مناسب در بهبود عارضه زوال مرکبات در منطقه جنوب استان کرمان مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بهینه، تغذیه تلفیقی، سایبان، نیترات کلسیم، مالچ گیاهی

۱ و ۲. به ترتیب استادیار پژوهشی و کارشناس، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: s.heydari@areeo.ac.ir

مقدمه

عارضه زوال مرکبات (*Citrus decline*) یکی از مهمترین عوامل خسارت‌زا در مرکبات بوده و منجر به غیراقتصادی شدن باغات بسیاری در دنیا و ایران شده است. اولین بار علائم زوال مرکبات در هند، پاکستان و در مناطق مختلف آمریکای جنوبی در قرن ۱۹ مشاهده شد. امروزه این عارضه در مناطق مختلف آسیا، آفریقا و آمریکا حائز اهمیت بوده و مطالعات گسترده‌ای روی آن انجام شده است (۳۲). در ایران نیز اولین گزارش مربوط به زوال در استان خوزستان در سال ۱۳۷۹ بود و قارچ *Nattrassiamangiferae* به عنوان عامل بیماری گزارش شد (۳). بیماری‌های متعددی با علائم ظاهری زوال و ناشی از عوامل زنده و غیرزنده، مرتبط با درختان مرکبات از کشورهای مختلف دنیا گزارش شده است. از مهمترین عوامل موثر بر زوال مرکبات تنش‌های محیطی مانند شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک (فشردگی، pH بالا، شوری و وجود بی‌کربنات)، وضعیت تغذیه‌ای خاک (۳۱)، وضعیت رطوبت خاک (تنش آبی به دلیل کمبود یا بیش بود آب) و تنش‌های بیولوژیکی از جمله نماتد، بیماری گرینینگ (۱۹)، بیماری تریتزا، عفونت قارچی فیتوفترا و فوزاریوم ریشه است (۱۶). به نظر می‌رسد تنش‌های محیطی مانند کمبود مواد معدنی و تنش آبی از جمله عوامل مؤثر در زوال مرکبات هستند. پژوهش‌هایی در مورد رابطه بین زوال مرکبات و وضعیت تغذیه‌ای خاک و گیاه انجام شده است (۱۲، ۲۱ و ۲۶). زوال مرکبات باعث کاهش جذب، جابجایی، کارایی و انتقال مجدد عناصر غذایی مورد نیاز در مرکبات می‌شود (۱۵). همچنین در اثر زوال رشد ریشه‌های جدید متوقف نمی‌شود، اما به طور قابل ملاحظه‌ای طول عمر آن از ۹ تا ۱۲ ماه به ۴ ماه کاهش می‌یابد (۹). مقایسه عناصر غذائی در خاک پای درختان دچار زوال و درختان سالم نشان از تفاوت چشمگیر عناصری نظیر نیتروژن، فسفر، گوگرد، روی و منگنز در درختان سالم و بیمار داشت و سطح این عناصر در درختان سالم به شکل قابل-توجهی بالاتر بود (۶). برخی محققان به نقش عناصر پرمصرف، کلسیم، منیزیم و عناصر کم مصرف شامل روی، آهن و مس در

کاهش عارضه زوال مرکبات اشاره داشتند (۸، ۲۹ و ۳۰). از آنجا که بیشتر خاک‌های ایران منشأ آهکی دارند (۲۷) و علائم کمبود عناصر ریز مغذی در اکثر باغات مرکبات مشهود است و با توجه به اینکه بی‌کربنات بالای خاک منجر به کاهش رشد ریشه و جذب و جابجایی عناصر غذایی خصوصاً عناصر ریزمغذی می‌شود، بروز زوال مرکبات در مناطق مختلف در ایران دور از انتظار نخواهد بود (۳۲).

استفاده از تورها یا سایه بان به منظور کاهش استرس‌های محیطی در مرکبات دارای سوابق محدودی است ولی همین سوابق محدود نشان از ارتقاء قابل توجه شرایط رشد و کیفیت میوه دارد. گزارش شده که پوشاندن درختان مرکبات با توری‌ها با سایه اندازی ملایم، در مراحل حساس تشکیل یا رشد میوه، کیفیت میوه را تا حد زیادی ارتقاء می‌دهند. در این تحقیق پوشش با توری ۵۰٪، سایه اندازی در مراحل حساس رشدی کیفیت محصول را تا ۳۵٪ ارتقاء داد (۱۴). در تحقیقی دیگر مشخص شد که پوشش‌های توری می‌تواند مشکلات ناشی از کم آبیاری و تنش‌های تابش و گرما را به شدت کاهش دهد. این تحقیق نشان داد که پوشش توری توانست تمام تنش‌های ناشی از ۵۰٪ کم آبیاری را در مرکبات جبران کند و کاهش محسوسی در محصول حاصل نشود. از طرفی ریزش میوه ناشی از تنش گرما و تابش هم تا ۵۰٪ کاهش یافت (۲). همچنین استفاده از مواد منعکس کننده نور مانند کائولین نیز می‌تواند بر کاهش آفتاب سوختگی شاخه‌ها و میوه‌ها موثر باشد. کاربرد این مواد به علت سهولت استفاده و هزینه کمتر در کشورهای توسعه یافته ترجیح داده می‌شوند. محلول پاشی با کائولین دمای سطح میوه را کاهش می‌دهد و در محصولات نظیر انار و سیب اثرات مفیدی داشته است (۱۰). به طور کلی در پژوهش‌های مختلف به نقش عوامل متعدد در بروز عارضه زوال مرکبات اشاره شده است. به طور کلی می‌توان گفت که هر عاملی که سبب ایجاد اختلال در جذب آب و سایر مواد مغذی از خاک و موجب ضعف و از بین رفتن ریشه‌های موثرین شود می‌تواند عامل زوال باشد (۱۳).

است به طوری که بخش قابل توجهی از این باغات به دلیل خسارت شدید، ارزش اقتصادی خود را از دست دادند. محصول مرکبات منطقه جنوب کرمان یکی از مهم ترین محورهای اقتصادی باغداران این منطقه است و هرگونه صدمه به تولید این محصول موجب کاهش درآمد باغداران می شود. به دلیل وجود پتانسیل و شرایط مناسب در باغات منطقه، عارضه زوال توانسته است در تمامی باغات منطقه گسترش یابد و در حد قابل توجهی خسارت وارد نماید. اما پژوهشی در مورد کاربرد همزمان تیمارهای مدیریتی و تغذیه ای در منطقه انجام نگرفته است. انجام هرگونه پژوهشی در راستای کاهش و تعدیل اثر زوال در مرکبات بسیار ضروری است. لذا پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر تیمارهای مدیریتی و تغذیه ای در تعدیل تنش های زنده و غیرزنده و کاهش عارضه زوال مرکبات انجام گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار با هفت تیمار به مدت دو سال در یک باغ از شهرستان جیرفت و منطقه دلفارد بر روی رقم ناول (*Citrus sinensis* cv. Washington Navel.) انجام شد. قبل از انجام آزمایش، بافت خاک به روش پیپت (۱۱) و برخی خصوصیات خاک شامل اسیدیته، هدایت الکتریکی (EC)، کربن آلی (OC)، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف با روش های معمول آزمایشگاهی اندازه گیری شد (۲۸). همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، خاک محل مورد آزمایش از نظر عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف دارای محدودیت بود.

تیمارها عبارت بودند از:

۱- تیمار شاهد (عرف باغدار) (T1)

۲- مدیریت بهینه آبیاری، کود (شیمیایی و آلی بر اساس آزمون خاک و برگ، به روش چالکود و در زمان کودهی مرسوم هر منطقه) و به باغی متناسب با وضعیت درختان در حال زوال

کلسیم و پتاسیم نقش حیاتی در فیزیولوژی گیاهان ایفا می کنند و تأثیر قابل توجهی بر کیفیت و عمر مفید مرکبات دارند. کمبود کلسیم می تواند منجر به ضعف دیواره های سلول و افزایش حساسیت گیاه به بیماری ها، به ویژه زوال، شود. از طرف دیگر پتاسیم نیز در فرآیندهای فیزیولوژیک گوناگون گیاهان شامل سنتز پروتئین ها، فعال سازی آنزیم ها، تشکیل نشاسته و قندها، و تنظیم شرایط آب درون گیاه دخالت دارد (۲۵). اگرچه پژوهش مشخصی در ارتباط با اثر سیلیکات پتاسیم بر زوال مرکبات مشاهده نشد اما برخی پژوهش ها نشان داد که استفاده از سیلیکات پتاسیم در نهال های پرتقال والنسیا باعث بهبود مقاومت در برابر آفت مینوز و کاهش آلودگی برگ شد (۱) و همچنین کاربرد سوربات پتاسیم اثر مثبتی در کاهش بیماری های قارچی در مرکبات داشت. به طور کلی، استفاده از کودهای سیلیکات پتاسیم می تواند اثرات مثبتی در کاهش آلودگی به آفات و بهبود مقاومت گیاه داشته باشد، اما مکانیسم خاصی به صراحت برای آن ذکر نشده است (۲۳). همچنین کواگیو و همکاران (۲۴) بیان داشتند که استفاده از نیترات کلسیم به عنوان منبع نیتروژن نیز می تواند منجر به بهبود تعادل یونی، pH بالاتر محلول خاک و کاهش دسترسی به آمونیوم شود که منجر به افزایش عملکرد میوه و کارایی مصرف نیتروژن در مرکبات می شود.

منطقه جیرفت و کهنوج (جنوب استان کرمان) یکی از مهمترین قطب های کشاورزی کشور است. این منطقه از نظر تولید مرکبات جایگاه سوم در کشور را دارا است. متأسفانه با گذشت بیش از سه دهه خشکسالی و کاهش شدید میزان بارندگی، پارامترهای مهمی نظیر رطوبت نسبی، پوشش جنگلی و مرتعی، دبی و ذخیره آب های سطحی و زیرزمینی کاهش چشمگیری داشته است. تنش های گرما و سرمای منطقه به درجه خسارت زایی رسیده اند و چند سالی است که شاهد بروز عوارض ناشی از افزایش درجه حرارت نظیر عارضه خشکیدگی خوشه خرما و عارضه زوال مرکبات هستیم. عارضه زوال مرکبات تاکنون سبب صدمه قابل توجهی به مرکبات منطقه شده

سبک و از نظر ماده آلی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز ضعیف تا تقریباً ضعیف و فاقد شوری برای مرکبات بود (جدول ۱). درختان انتخابی به دلیل یکسان بودن مدیریت باغ، شرایط خاک و آب، سن، رقم و اقلیم از نظر وضعیت رشدی و شدت زوال تقریباً شرایط مشابهی داشته و همگن بودند. پیش از اجرای پروژه نمونه خاک تهیه شد و مورد آزمایش قرار گرفت و تیمارهای تغذیه تلفیقی بر اساس نتایج تجزیه خاک و مطابق مراحل مختلف رشدی درختان، اعمال شد. کودهای مورد استفاده در تیمار تغذیه بهینه برای هر درخت شامل کود گاوی پوسیده به مقدار حدودی ۲۰ کیلوگرم، سولفات آمونیوم به مقدار ۲ کیلوگرم، سولفات پتاسیم به مقدار ۱ کیلوگرم، سوپرفسفات تریپل به میزان ۵/۰ کیلوگرم و سولفات منیزیم به میزان ۴/۰ کیلوگرم بود. همچنین در این تیمارها مقدار ۱۰۰ گرم کود ریزمغذی میکرو میکس در هر درخت نیز استفاده شد. همچنین نسبت به اعمال مدیریت مناسب آبیاری از نظر تعداد قطره‌چکان، محل قرارگیری لوپ آبیاری و بهبود پخشیدگی رطوبت خاک و استفاده از مالچ گیاهی (برگ درخت نخل زیتنی) در تیمارهای مربوطه اقدام شد. توری مناسب (شید) نیز از نیمه دوم خرداد در تیمار مورد نظر استفاده شد.

در پایان بازه زمانی (آخر مهرماه) اقدام به تهیه نمونه برگ (برگ‌های ۵-۶ ماهه شاخ و برگ‌های جدید در بازه زمانی اجرای پروژه)، شمارش تعداد شاخ و برگ جدید، نمونه‌گیری محصول و اندازه‌گیری عملکرد (در بازه زمانی آبان‌ماه) اقدام و به آزمایشگاه منتقل شد. آنالیز و اندازه‌گیری پاسخ‌هایی که به خوبی تحت تاثیر عارضه زوال بودند و شامل تعداد شاخ و برگ جدید، مساحت برگ (میانگین سطح یک برگ در هر درخت)، عملکرد، طول و قطر میوه و غلظت برخی عناصر ماکرو و میکرو در برگ بود، انجام شد. برخی از پاسخ‌ها نظیر حجم اندام هوایی، قطر تنه درخت و حجم ریشه به دلیل خطای زیاد در روش اندازه‌گیری مورد ارزیابی قرار نگرفتند. در سال دوم نیز تیمارها بر روی همان درختان سال اول و با همان شرایط خاکی، آبی و مدیریتی اجرا شد. در پایان دو سال اجرای

(هرس، تنک میوه و حذف علف‌های هرز) (T2).

۳- مدیریت بهینه آبیاری، کود (شیمیایی و آلی بر اساس آزمون خاک و برگ، به‌روش چالکود و در زمان کوددهی مرسوم هر منطقه) و به‌باغی متناسب با وضعیت درختان در حال زوال (هرس، تنک میوه و حذف علف‌های هرز). با این تفاوت که به جای مصرف کود سولفات پتاسیم فقط از سیلیکات پتاسیم به صورت کود آبیاری به میزان ۳۰ لیتر در هکتار (با توجه به آزمون خاک) در سه نوبت (قبل از ظهور گل، فندقی شدن میوه و بزرگ شدن میوه) در این تیمار استفاده شد (T3).

۴- تیمار دوم (مدیریت بهینه کود، آبیاری) به همراه ایجاد سایه بان (به‌صورت یکپارچه یا انفرادی با حدود ۲۵٪ سایه اندازی) در طول فصل گرما (از اواسط اردیبهشت تا اواسط شهریور یا مهر بسته به شرایط منطقه) به همراه مالچ گیاهی (برای مثال برگ خرما) برای درخت (T4).

۵- تیمار دوم (مدیریت بهینه کود، آبیاری) به همراه افزودن قارچ میکوریزا و تریکودرما (به‌صورت خاکی در اوایل بهمن ماه) و مصرف سموم قارچ‌کش و نماتدکش به‌صورت مایع در محدوده ریشه (فقط سال اول) (T5).

۶- تیمار پنجم به همراه تزریق نیترات کلسیم در تنه درخت با غلظت ۳۰٪ نیترات کلسیم در اوایل فصل رشد و اوایل پاییز هر سال (حجم تزریق به ازای هر بار تزریق ۲۵۰ سی‌سی با pH=6) (T6).

۷- تیمار پنجم به همراه کود آبیاری نیترات کلسیم به میزان ۵۰۰ گرم برای هر درخت در سه نوبت به فاصله هر یک ماه یکبار پس از ریزش گلبرگ‌ها به همراه محلول‌پاشی کلات کلسیم و عناصر میکرو (شامل روی، منگنز، آهن و مس) در سه نوبت بعد از ریزش گلبرگ‌ها و در مرحله فندقی شدن میوه و دو هفته پس از آن (T7).

در این پژوهش باغی انتخاب شد که درختان آن دچار عارضه تدریجی و زود هنگام زوال بود و در هر باغ قسمتی که این عارضه شرایط همگن‌تر و همه‌گیرتری داشت جهت مطالعه انتخاب شد. خاک مورد استفاده در این پژوهش دارای بافتی

جدول ۱. مشخصات خاک محل اجرای پژوهش

عمق خاک	بافت خاک	اسیدیته (گل اشباع)	هدایت الکتریکی (mmohs/cm)	کربن آلی (%)	فسفر	پتاسیم	آهن (mg/kg)	منگنز	روی
۰-۳۰	شنی لومی	۷/۵۰	۳/۲۰	۰/۴۷	۱۳/۵۳	۱۹۵	۳/۱۳	۳/۲۵	۰/۳۸
۳۰-۶۰	لومی سیلتی	۷/۸۰	۲/۱۵	۰/۳۱	۸/۲۲	۸۵	۱/۷۳	۲/۱۵	۰/۱۳

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات رشدی مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات				عملکرد
		تعداد شاخ و برگ جدید	قطر میوه	طول میوه	سطح برگ	
سال	۱	۱۹۰۶**	۱۸۳**	۱۲۰**	۱۲۸**	۸۴/۵**
تکرار/سال	۴	۸۶۲**	۳۱/۵**	۳۷/۲**	۲۱/۸**	۹۵/۳**
تیمار	۶	۹۹۰۹**	۳۳۸**	۳۲۹**	۱۲۵**	۵۴۴**
تیمار × سال	۶	۱۳۸ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۷۸ ^{ns}	۱/۵۴ ^{ns}	۱/۳۳ ^{ns}
خطا	۲۴	۴۳/۹	۲/۶۹	۳/۱۶	۱/۱۴	۶/۹۵
ضریب تغییرات		۶/۴۲	۲/۰۱	۲/۱۶	۳/۱۱	۷/۸۱

n.s. غیر معنی دار، * در سطح احتمال ۵٪ معنی دار و ** در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است.

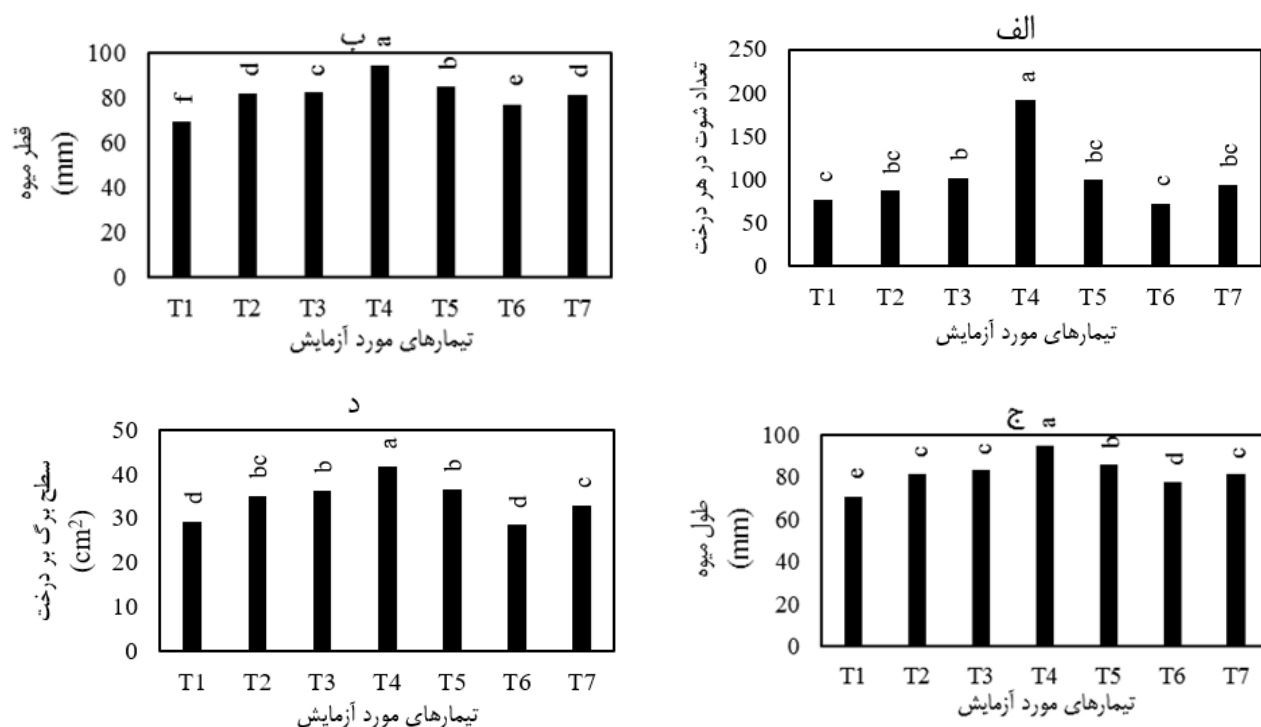
آزمایش، داده‌های خام مربوط به تیمارهای مختلف با نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات تیمارهای مختلف بر صفات مورد مطالعه در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای اعمال شده بر تعداد شاخ و برگ جدید در درخت، قطر میوه، طول میوه، سطح برگ، عملکرد و غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز در برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر سال بر تعداد شاخ و برگ جدید در درخت، قطر میوه، طول میوه، سطح برگ، عملکرد در سطح احتمال ۱٪ و غلظت پتاسیم، روی و منگنز در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود و اختلاف معنی‌داری بین شاخص‌های مورد

اندازه‌گیری در سال‌های اول و دوم وجود داشت ولی اثر متقابل سال با تیمارهای مختلف با صفات مورد نظر معنی دار نشد. دلیل این امر با ثابت بودن روند تغییرات صفات مورد آزمایش در سطوح مختلف هر یک از تیمارها در هر سال بود. اختلاف بین صفات در دو سال آزمایش معنی دار بود اما روند تغییرات صفات در هر سال تحت تیمارها، یکسان بود. درختان در سال دوم نسبت به سال اول از شرایط رشد رویشی و زایشی بهتری برخوردار بودند که این برتری نسبی می‌تواند به دلیل بهبودی و فاصله گرفتن از نقطه اوج عارضه زوال باشد که درخت تحت تاثیر فعالیت‌های حیاتی با راندمان بهتری نظیر فتوسنتز، تنفس، جذب آب و مواد غذایی توانسته به شرایط رشدی و زایشی مناسب‌تری نسبت به سال اول برسد.

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف در بهبود عارضه زوال، در شکل ۱ اثر این تیمارها در تعداد شاخ و برگ جدید در هر درخت، قطر میوه، طول میوه و عملکرد نشان داده شده

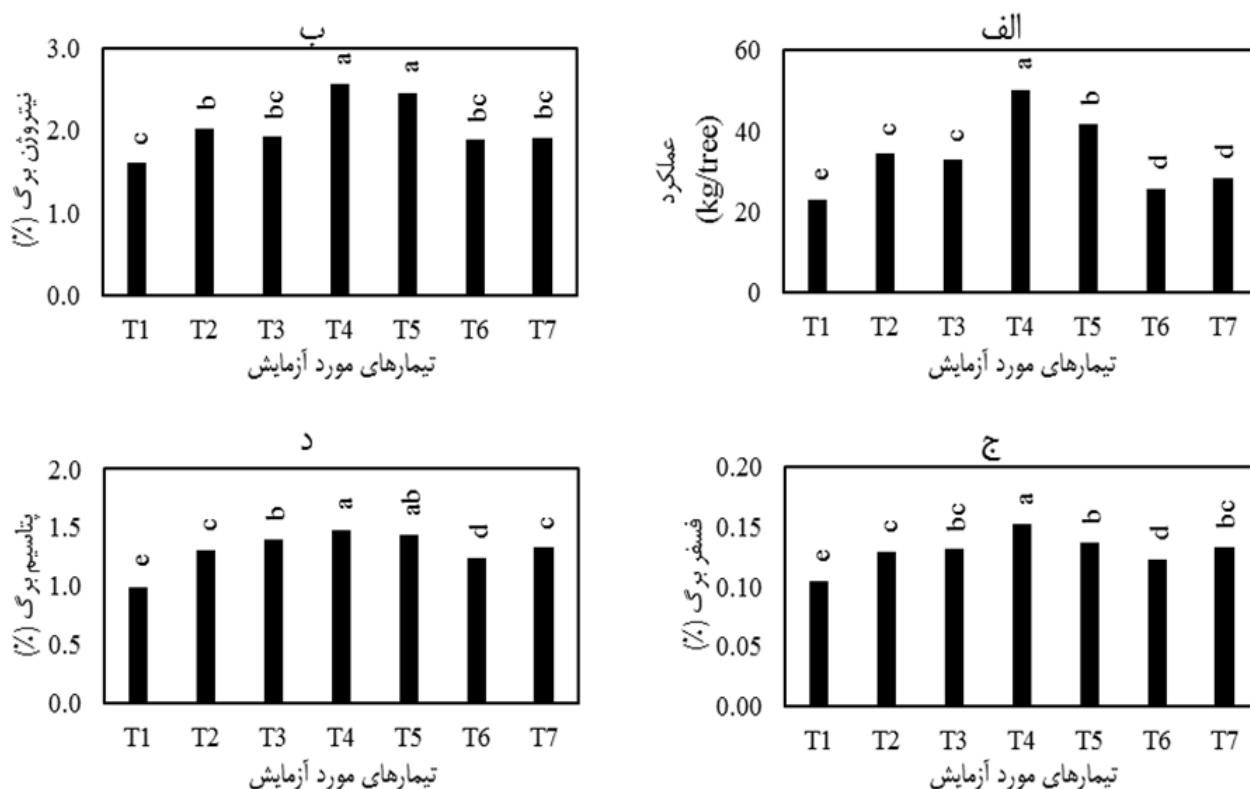


شکل ۱. اثر تیمارها بر الف: تعداد شاخ و برگ جدید در هر درخت، ب: قطر میوه (mm)، ج: طول میوه (mm) و د: سطح برگ (cm²) میانگین سطح یک برگ در هر درخت). وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است

نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان می‌دهد. ترتیب تیمارها در افزایش سطح برگ به صورت $T1 \sim T6 < T7 < T2 < T3 \sim T5 < T4$ بود.

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر عملکرد هر درخت معنی دار بود (جدول ۲). همانطور که در شکل ۲ (الف) نشان داده شده است، کمترین میزان عملکرد با مقدار ۲۲/۹ کیلوگرم در هر درخت مربوط به تیمار یک (شاهد یا عرف باغدار) بود. در تیمار شش و هفت با مدیریت بهینه آبیاری، کود و استفاده از نیترات کلسیم به صورت تزریق (تیمار شش) یا کود آبیاری (تیمار هفت) به ترتیب به میزان ۲۵/۷ و ۲۸/۳ کیلوگرم در هر درخت میزان عملکرد افزایش یافت، به طوری که نسبت به تیمار یک یا شاهد، به ترتیب افزایش ۱۲/۲ و ۲۳/۵٪ در عملکرد مشاهده شد. با استفاده از مدیریت بهینه آبیاری و کود به تنهایی (تیمار دو) و مدیریت بهینه آب و کود به همراه کاربرد سیلیکات پتاسیم (تیمار سه) میزان عملکرد باز هم نسبت به تیمارهای

است. همانطور که در شکل ۱ (الف) نشان داده شده است، متوسط تعداد شاخ و برگ جدید در هر درخت که نسبت عکس با شدت زوال دارد در تیمار چهار ۱۹۱ عدد و در تیمار یک (شاهد) ۷۶/۸ عدد در هر درخت بود که یک افزایش ۱/۵ برابری در تیمار چهار نسبت به تیمار یک مشاهده شد. همچنین اختلاف معنی داری بین تیمارهای یک و شش و بین تیمارهای دو، پنج و هفت در تعداد شاخ و برگ جدید در هر درخت مشاهده نشد. در شکل ۱ (ب و ج) اثر تیمارها در قطر و طول میوه نشان داده شده است. در تیمار چهار بیشترین افزایش در قطر و طول میوه مشاهده شد که نسبت به تیمار یک (شاهد)، به ترتیب ۳۵/۵ و ۳۳/۹٪ افزایش در قطر میوه و طول میوه داشت. سطح برگ نیز می‌تواند شاخص خوبی برای تشخیص درختان درگیر زوال و درختان بهبودیافته باشد. در تیمار چهار که در تمام آزمایشات بهترین و موثرترین تیمار در بهبود زوال بود، میانگین سطح برگ ۴۱/۸ سانتی مترمربع و در تیمار شاهد ۲۹/۴ سانتی مترمربع بود که از این نظر تیمار چهار ۴۲/۲٪



شکل ۲. اثر تیمارها بر الف: عملکرد (kg/tree)، ب: نیتروژن (%)، ج: فسفر (%، د: پتاسیم (% در برگ. وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است

بیشترین درصد نیتروژن در برگ در تیمارهای چهار (مدیریت بهینه کود- آبیاری به همراه ایجاد سایه بان و مالچ گیاهی) و پنج (مدیریت بهینه کود- آبیاری و افزودن قارچ میکوریزا و تریکودرما و مصرف سموم قارچ کش و نماتدکش) به ترتیب با مقادیر ۲/۵ و ۲/۴ بود که افزایش ۵۶/۲ و ۰/۵٪ نسبت به تیمار شاهد را نشان دادند (شکل ۲ (ب)). همانطور که در شکل ۲ (ج و د) نشان داده شده است، میانگین غلظت فسفر و پتاسیم برگ در تیمار چهار ۰/۱۵ و ۱/۵٪ بود که این غلظت در تیمار چهار نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۵۰ و ۶۶/۶٪ افزایش نشان داد. از نظر غلظت فسفر و پتاسیم در برگ نیز تیمار پنج پس از تیمار چهار دارای بیشترین مقدار بود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر غلظت عناصر کم مصرف (آهن، روی و منگنز) معنی دار بود (جدول ۳). همانطور که در شکل ۳ نشان

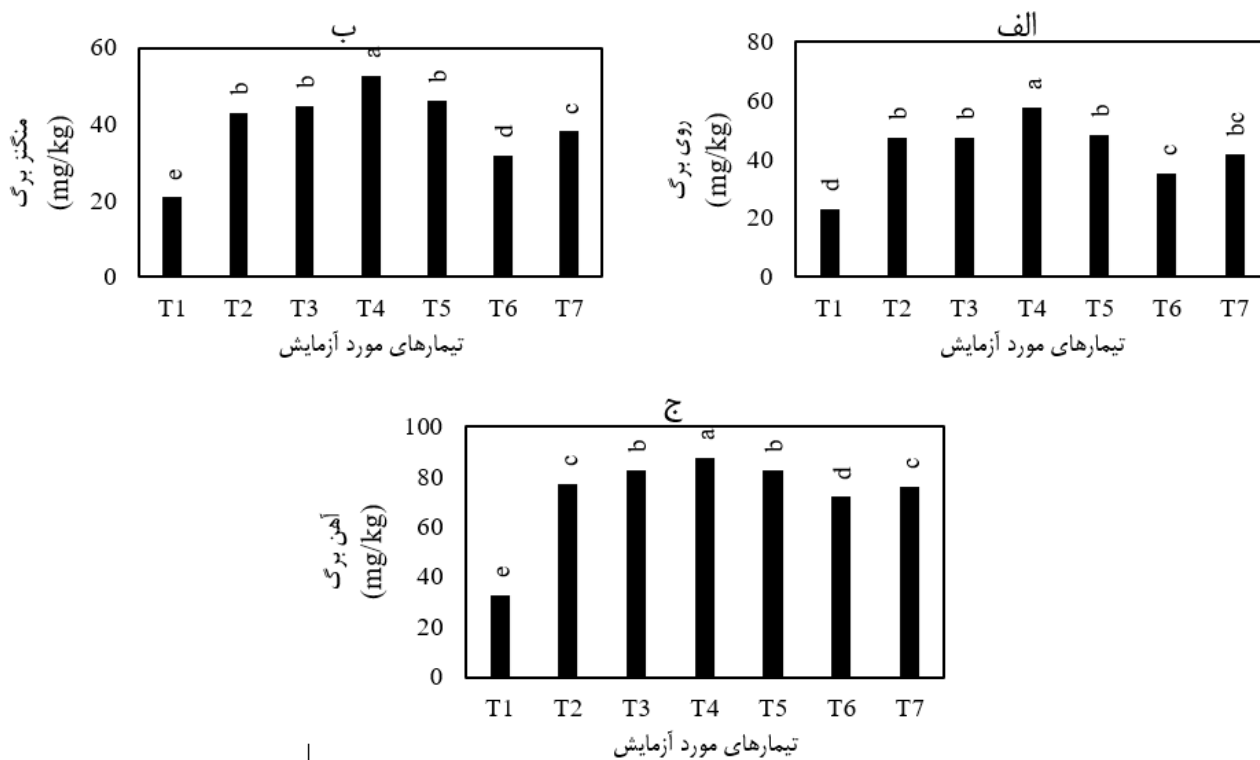
قبلی افزایش داشته و به ترتیب به مقدار ۳۴/۴ و ۳۲/۹ کیلوگرم در هر درخت رسید. در تیمار پنج که با مدیریت بهینه کود- آبیاری و افزودن قارچ میکوریزا و تریکودرما و مصرف سموم قارچ کش و نماتدکش همراه بود، میزان عملکرد نسبت به تیمارهای قبلی افزایش یافته و به مقدار ۴۱/۵ کیلوگرم در هر درخت رسید. بیشترین مقدار عملکرد (۵۰/۲ کیلوگرم در هر درخت) در تیمار چهار (مدیریت بهینه کود- آبیاری به همراه ایجاد سایه بان و مالچ گیاهی) به دست آمد که نسبت به تیمار یک، دو، سه، پنج، شش و هفت به ترتیب ۱۱۹، ۴۵/۹، ۵۲/۵، ۲/۱، ۹۵/۳ و ۷۷/۴٪ افزایش عملکرد را نشان داد.

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارها بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. کمترین درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ به ترتیب با مقادیر ۱/۶، ۰/۱ و ۰/۹ مربوط به تیمار یک (شاهد یا عرف باغدار) بود.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارها بر شاخص‌های عناصر در برگ مرکبات

منابع تغییرات	درجه آزادی	df	نیترژن	فسفر	پتاسیم	روی	منگنز	آهن
سال	۱	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۳×۱۰ ^{-۳*}	۰/۰۲**	۳۵۹**	۳۵۹**	۱۵۴*	
تکرار/سال	۴	۰/۱۹**	۰/۲×۱۰ ^{-۳**}	۰/۰۲**	۸۶/۸**	۷۶/۷**	۷۵/۳*	
تیمار	۶	۰/۶۸**	۱×۱۰ ^{-۳**}	۰/۱۶**	۳۴۷۳۹**	۶۶۲**	۲۰۲۸**	
تیمار×سال	۶	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۶×۱۰ ^{-۴^{ns}}	۰/۳×۱۰ ^{-۲^{ns}}	۱۰/۵ ^{ns}	۲/۶۵ ^{ns}	۱/۲۴ ^{ns}	
خطا	۲۴	۰/۰۴	۰/۰۵×۱۰ ^{-۳}	۰/۰۰۱	۱۵/۳	۹/۴۱	۲۳/۳	
ضریب تغییرات		۹/۶۵	۵/۴۸	۳/۰۵	۹/۱۰	۷/۷۴	۶/۶۱	

n.s غیر معنی‌دار، * در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار و ** در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است.



شکل ۳. اثر تیمارها بر غلظت عناصر الف: روی (mg/kg)، ب: منگنز (mg/kg) و ج: آهن (mg/kg) برگ. وجود حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار چهار (مدیریت بهینه کود- آبیاری به‌همراه ایجاد سایه بان و مالچ گیاهی) مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱/۵، ۱/۵۲ و ۱/۶۵ برابری افزایش را نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که بعد از تیمار چهار، تیمار پنج که

داده شده است، کمترین میزان غلظت عناصر روی، منگنز و آهن با مقدار ۲۳/۱، ۲۰/۸ و ۳۲/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار یک (شاهد یا عرف باغدار) بود. همچنین بیشترین مقدار غلظت عناصر روی، منگنز و آهن با مقادیر ۵۷/۸، ۵۲/۶ و ۸۷/۴

علاوه بر شرایط بهینه آبیاری و تغذیه دارای قارچ‌های میکوریزا و تریکودرما بود، بر شرایط رشدی درخت اثر مثبت داشته و موجب افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش غلظت این عناصر در برگ گیاه و در نهایت موجب تحمل درخت در برابر عارضه زوال شد. ترتیب تیمارها در افزایش غلظت عناصر روی، منگنز و آهن در برگ به صورت $T1 < T6 < T7 < T2 \sim T3 \sim T5 < T4$ بود.

بحث

بررسی نتایج نشان می‌دهد که تیمار چهار نسبت به شاهد و سایر تیمارها دارای برتری قابل قبول و معنی‌داری بود که اگر به ترکیب این تیمار توجه شود ملاحظه می‌شود که وجود توری و مالچ علاوه بر داشتن اجزای مشترک با تیمارهای دیگر سبب این برتری شده است. توری موجب ایجاد سایه و کاهش تابش نور و بالاخره کاهش گرما، سوختگی، و کاهش تبخیر و تعرق آب از اندام هوایی درخت می‌شود. این کمک حفاظتی توری به‌طور کلی، موجب کاهش تنش گرمایی و کم‌آبی می‌شود که هر دو تنش از علل افزایش عارضه زوال مرکبات هستند. در تنش گرمایی بخش قابل توجهی از برگ‌ها سوخته و از مدار انجام عمل فتوسنتز خارج می‌شوند در صورتی که با وجود توری، سوختگی بسیار ناچیز است و این یعنی فتوسنتز و تولید گلوکز بیشتر، که نقش مهمی در افزایش مقاومت گیاه در برابر عامل یا عوامل دخیل در بروز زوال دارند (۳۳). باقریان و همکاران (۵) در بررسی مهمترین عامل غیرزنده موثر بر زوال بیان داشتند که همبستگی معنی‌دار و بالایی بین سایه‌انداز و کاهش درصد وقوع زوال وجود دارد که بیان‌کننده کاهش میزان شدت نور آفتاب و حرارت ناشی از آن و در نتیجه کاهش وقوع زوال است. افزایش دما یکی از اصلی‌ترین عوامل در شیوع زوال مرکبات است که به‌صورت غیر مستقیم سبب بالا رفتن اثر سایر عوامل تشدید کننده زوال است. یکی دیگر از علائم زوال، کوچک و تیره شدن برگ‌هاست که حاکی از توقف رشد درخت و عدم ایجاد جوانه و شاخ و برگ جدید است. در چنین وضعیتی برگ‌ها

دارای سطح کمی هستند ولی در شرایطی که درخت از حالت زوال خارج می‌شود اولین علامت آن ایجاد شاخ و برگ جدید و جوانه است که در نهایت، درخت دارای برگ‌های جدید و بزرگ می‌شود که همین شاخ و برگ جدید در بهار حامل جوانه‌های گل و میوه می‌شوند (۵). مزیت دیگر تیمار چهار نسبت به سایر تیمارها استفاده از مالچ گیاهی در سطح خاک منطقه سایه‌انداز درخت بود که این مالچ مانع تابش آفتاب و تبخیر رطوبت خاک شد و لذا موجب کاهش تنش کم‌آبی، بهبود فعالیت بیولوژیکی خاک و قابلیت جذب عناصر شده که این شرایط مناسب موجب بهبود شرایط رشدی گیاه و مقاومت آن در برابر تنش گرمایی می‌شود (۳۵).

برخی از محققین مجموعه‌ای از عوامل عفونی مثل قارچ‌ها، نماتدها و باکتری‌ها و ویروس‌ها را در بروز علائم زوال در درختان مرکبات را معرفی کردند. تاکنون گونه‌های قارچی شامل: *Fusarium spp.*, *Phytophthora nicotianae* var. *Diplodia*, *Phytophthora citrophthora*, *parasitica*, *Curvularia* و *Colletotrichum gloeosporioides*, *natalensis* و *tuberculata* و دو گونه نماتد شامل *Tylenchulus* و *semipenetrans* و *Radopholus similis* به‌عنوان عوامل زوال درختان مرکبات معرفی شده‌اند (۷ و ۲۰). آزادوار و همکاران (۴) در سبب شناسی بیماری زوال درختان مرکبات بیان داشتند که وجود تنش‌های خشکی و دمایی و آلودگی همزمان درختان به بیمارگرهای قارچی، شبه قارچی و نماتدی می‌تواند منجر به تشدید بیماری و تسریع زوال در درختان شود. بنابراین استفاده از قارچ‌کش‌ها و نماتدکش‌ها می‌تواند در موارد زیادی روند زوال در درخت را کند و متوقف کند. البته زمانی می‌تواند موفق‌تر عمل کند که شرایط درخت از نظر سایر عوامل غیرزنده موثر بر زوال اصلاح شود.

در تیمار چهار، علاوه بر کاربرد سایه‌بان و مالچ گیاهی، وضعیت تغذیه گیاه با عناصر ماکرو و میکرو نیز در بهینه‌ترین حالت و با توجه به وضعیت آزمون خاک بود. اوبرزا و مورگان (۲۲) بیان داشتند که بین ریزش میوه ناشی از زوال و غلظت

نیتروژن برگ در پرتقال والنسیا همبستگی منفی و معناداری وجود داشت. در موارد کمبود نیتروژن، ریزش برگ، میوه و مرگ ساقه‌ها می‌تواند رخ دهد و با افزایش عرضه نیتروژن تا نرخ بهینه نیتروژن، رشد و عملکرد اندام هوایی افزایش می‌یابد. افزایش غلظت نیتروژن برگ باعث بهبود محتوای کلروفیل برگ، محتوای نسبی آب برگ، وزن مخصوص برگ، عملکرد کل درخت، کیفیت، اندازه و رنگ میوه شد. علاوه بر این، افزایش غلظت نیتروژن برگ باعث کاهش پژمردگی اندام هوایی، ریزش برگ و میوه و پوسیدگی ریشه شد. تدین (۳۲) نیز بیان داشتند که غلظت پتاسیم برگ با تراکم ریشه، افزایش پوسیدگی ریشه و پژمردگی اندام هوایی همبستگی منفی معنی‌داری داشت. عوامل محدود کننده در خاک آهکی منطقه مانند pH بالا، بی‌کربنات و مواد آلی کم و همچنین مصرف بیش از حد کودهای پتاسیم در خاک بر جذب کلسیم، منیزیم و ریزمغذی‌ها تأثیر گذاشت و در نتیجه زوال مرکبات را افزایش داد. شریواستاوا و سینگ (۲۹) نیز در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که غلظت بالای پتاسیم در ریزوسفر باعث کاهش جذب کلسیم، منیزیم، آهن، روی و منگنز توسط ریشه شد. شریواستاوا و سینگ (۳۱) بیان داشتند زمانی که وضعیت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، مس و روی در درختان سالم و در حال زوال مقایسه شد، این عناصر تغییرات قابل توجهی نشان دادند. درشت مغذی‌ها و ریز مغذی‌های برگ در درختان سالم به‌طور قابل توجهی بالاتر از درختان در حال زوال بودند. به‌طور معمول، کمبود نیتروژن در درخت با علائمی مانند رنگ سبز روشن، نازک و شکننده شدن برگ‌ها همراه است و سطوح بالای نیتروژن در برگ می‌تواند منجر به کاهش دیگر عناصر خصوصاً فسفر، پتاسیم و عناصر ریز مغذی شده و منجر به تشدید علائم زوال شود. در بررسی شریواستاوا و سینگ (۲۹) مشاهده شد که غلظت پایین فسفر برگ رابطه مستقیمی با علائم زوال دارد. در این درختان علی‌رغم مناسب بودن سطح فسفر خاک، گیاه در جذب فسفر ناتوان بوده و دچار عارضه زوال می‌شود. همچنین در این درختان غلظت پتاسیم

اختلاف معنی‌داری با درختان بدون عارضه زوال داشتند. به‌طور معمول همبستگی بالایی بین محتوای آهن در برگ گیاه و مقدار کلروفیل و در نتیجه فتوسنتز گیاه وجود دارد. کاهش قابلیت دسترسی آهن در خاک ارتباط مستقیمی با زوال دارد. اگرچه وجود آهن بالا در خاک نیز می‌تواند تشدیدکننده علائم زوال باشد. ایجاد شرایط ماندابی یا کاهشی در خاک اگرچه سبب افزایش آهن قابل‌دسترس خاک می‌شود اما با برهم‌زدن تعادل تغذیه‌ای و ایجاد آسیب در ریشه می‌تواند تشدید کننده زوال در درختان باشد (۱۸). یک بررسی بر پرتقال والنسیا نشان داد که کاربرد نترات کلسیم طی دوره رشد و در اواخر اردیبهشت تا اواسط خرداد و مجدداً در اواخر مرداد تا اوایل مهر و همچنین کوددهی تکمیلی خاک با عناصر آهن، روی، مس و منگنز در سه نوبت در طی دوره رشد، در رشد اندام‌های هوایی بسیار مهم بوده و برای رشد ریشه، کاهش درصد ریزش برگ و میوه ناشی از عارضه زوال مفید بود (۳۲). مطالعات دیگری روی زوال نارنگی کینو نشان داد که میزان ماده آلی خاک، نیتروژن، روی و منگنز می‌توانند در بروز عارضه زوال نقش داشته باشند (۱۷). بررسی و مقایسه پایه ماکروفیلا دارای زوال با ماکروفیلا سالم از نظر عناصر کلسیم، مس، آهن، منیزیم، منگنز و روی در برگ و بافت آوند آبکش نشان داد که مقدار عنصر روی در برگ درختان دارای زوال کاهش و در بافت آوند آبکش افزایش یافته بود (حدود ۲/۵۷ برابر بر اساس وزن خشک). همچنین مقدار منیزیم، آهن و منگنز اندکی در برگ‌های درختان دارای زوال کمتر بودند (۳۴). تغذیه نامناسب درختان نیز می‌تواند از علل بروز زوال در درختان مرکبات باشد و هرچقدر شرایط را به گونه‌ای محیا شود که عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در اختیار آن باشد و یا شرایط محیطی مثل دما و رطوبت مورد نیاز گیاه، خصوصاً ریشه گیاه، به گونه‌ای تنظیم شود که در جذب عناصر اختلال ایجاد نشود، می‌تواند در کاهش عارضه زوال موثر باشد (۳۱).

نتیجه گیری

با توجه به شرایط اقلیمی منطقه جنوب استان کرمان، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باغات مرکبات، جاری بودن مدیریت نامناسب در زمینه احداث، تغذیه و آبیاری باغات به نظر می رسد عارضه زوال در این منطقه ناشی از مجموعه ای از تنش های زنده و غیرزنده است. بنابراین راهکارهایی که صرفاً در جهت رفع یکی از این تنش ها می پردازد، به عنوان مثال کنترل شیمیایی پاتوژن های موثر در زوال، نمی تواند به عنوان راهکار پایدار برای عارضه زوال مورد استفاده قرار گیرد. انجام هر کدام از اقدامات گفته شده در قالب تیمارهای این پژوهش ممکن است سهم کمی در بهبود وضعیت درخت داشته باشند اما انجام مجموع این اقدامات، به عنوان مثال در تیمار چهار، می تواند سهم موثری در پیشرفت عارضه زوال در درختان مرکبات منطقه ایجاد کند. بنابراین اعمال مدیریت مناسب و بهینه آبیاری و

تغذیه تلفیقی عناصر ماکرو و میکرو همراه با استفاده از مالچ گیاهی در منطقه سایه انداز درختان و بکارگیری توری به عنوان شید (سایبان) در محدوده زمانی اواخر خرداد تا اواسط شهریور ماه می تواند به عنوان راهکار مناسب در بهبود عارضه زوال مرکبات در منطقه جنوب استان کرمان مورد توجه و استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از تمامی حمایت ها و مساعدت های بخش تغذیه و حاصلخیزی موسسه تحقیقات خاک و آب و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان به جهت فراهم نمودن امکانات مورد نیاز و همکاری لازم در اجرای پروژه تشکر و قدردانی به عمل می آید.

منابع مورد استفاده

1. Abo El-Enien, M., A. Abo El-Kassim, A. El-Azaze and F. El-Sayed. 2017. Effect of silicon, potassium and calcium compounds on growth and increase the efficiency of citrus seedlings to resist citrus leafminer (*phyllocnistis citrella*). *Journal of Productivity and Development* 22(3): 729-749.
2. 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.
3. 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 Farsi).
4. Azadvar, M., H. Alizadeh, M. R. Safarnejad, M. Najafinia and P. A. Bianco. 2019. Etiology of quick decline disease of citrus on Bakraee (*Citrus* spp.) rootstock in southern Kerman. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 50(1): 87-97. (In Farsi).
5. Bagherian, S. A. A., A. Ghani and A. R. Sanie Khatam. 2021. The most important abiotic factors affecting the occurrence of citrus decline in citrus limon cv. 'Lisbon'. *Journal Of Horticultural Science* 35(1): 39-53. (In Farsi).
6. 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.
7. Banihashemi, Z. 2004. A method to monitor the activity of *Phytophthora* spp. in the root zone of *Pistacia* spp. *Phytopathologia Mediterranea* 43(3): 411-414.
8. Burnett, H., S. Nemec and M. Patterson. 1982. A review of Florida citrus blight and its association with soil edaphic factors, nutrition and *Fusarium solani*. *International Journal of Pest Management* 28(4): 416-422.
9. Dewdney, M. M. and E. Johnson. 2021. 2021–2022 Florida Citrus Production Guide :Phytophthora Foot Rot, Crown Rot, and Root Rot. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS), Florida.
10. Ehteshami, S., H. Sarikhani and A. Ershadi. 2012. Effect of kaolin and gibberellic acid application on some qualitative characteristics and reducing the sunburn in pomegranate fruits (*Punica granatum*) cv. 'Rabab Neiriz'. *Plant Production Technology* 3(1): 15-24. (In Farsi).

11. Gee, G. and J. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp383-411, In: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods, Agronomy Monograph. American Society of Agronomy/Soil Science Society of America, Madison.
12. 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.
13. Hosseini, Y., M. Askari syahooaee and J. Saleh. 2021. Evaluation of the causes of citrus decline in southern Iran and the required soil and water management strategies. *Land Management Journal* 8(2): 129-140. (In Farsi).
14. 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.
15. Koh, E. J., L. Zhou, D. S. Williams, J. Park, N. Ding, Y. P. Duan and B. H. Kang. 2012. Callose deposition in the phloem plasmodesmata and inhibition of phloem transport in citrus leaves infected with "*Candidatus Liberibacter asiaticus*". *Protoplasma* 249(3): 687-697.
16. Kumar, K. K. and A. Das. 2019. Diversity and community analysis of plant parasitic nematodes associated with citrus at citrus research station. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 7: 187-189.
17. Kumar, P., S. Sharma, S. S. Dhankhar and P. S. Partap. 2011. Studies on 'Kinnow' (*Citrus reticulata* Blanco.) decline in relation to soil-plant nutritional status. *Notulae Scientia Biologicae* 3(3): 109-112.
18. Kumar, P., S. K. Sharma and R. P. S. Dalal. 2012. Citrus decline in relation to soil-plant nutritional status - A review. *Agricultural Reviews* 33: 62-69.
19. Li, X., H. Ruan, C. Zhou, X. Meng, and W. Chen. 2021. Controlling citrus huanglongbing: green sustainable development route is the future. *Frontiers in Plant Science* 12: 760481.
20. Naqvi, S. A. M. H. 2004. Diagnosis and management of certain important fungal diseases of citrus. pp. 247-290, In: S. A. M. H. Naqvi (ed.), Diseases of Fruits and Vegetables Volume I: Diagnosis and Management. Springer Netherlands, Dordrecht.
21. 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.
22. Obreza, T. A. and K. T. Morgan. 2008. Nutrition of Florida citrus trees. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS), Florida.
23. Parra, J., G. Ripoll and B. Orihuel-Iranzo. 2014. Potassium sorbate effects on citrus weight loss and decay control. *Postharvest Biology and Technology* 96: 7-13.
24. Quaggio, J. A., T. R. Souza, F. C. Bachiega Zambrosi, R. Marcelli Boaretto and D. Mattos Jr. 2014. Nitrogen-fertilizer forms affect the nitrogen-use efficiency in fertigated citrus groves. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 177(3): 404-411.
25. Ramirez-Godoy, A., G. Puentes-Perez and H. Restrepo-Diaz. 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.
26. 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.
27. Roozitalab, M. H., H. Siadat and A. Farshad. 2018. The soils of Iran. Springer, Madison.
28. Sparks, D., A. Page, P. Helmke, R. Loeppert, P. Soltanpour, M. Tabatabai, C. Johnston and M. Summer. 1996. Methods of Soil Analysis, Parts 2 and 3 Chemical Analysis. Soil Science Society of America Inc., Madison.
29. Srivastava, A. and S. Singh. 2004a. 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.
30. Srivastava, A. and S. Singh. 2004b. Zinc nutrition and citrus decline—A review. *Agricultural Reviews* 25(3): 173-188.
31. Srivastava, A. K. and S. Singh. 2009. Citrus decline: Soil fertility and plant nutrition. *Journal of Plant Nutrition* 32(2): 197-245.
32. Tadayon, M. S. 2020. The role of nutritional management in improving the symptoms of citrus decline. *Journal of plant nutrition* 43(10): 1555-1570.
33. Tanny, J. and S. Cohen. 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.
34. Taylor, K. C. and H. L. Geitzenauer. 1998. 5-kD Zinc-binding protein accumulation in macrophylla-decline-affected citrus. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123(3): 357-360.
35. Tu, A., S. Xie, H. Zheng, H. Li, Y. Li and M. Mo. 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.

Integrated Management as a Sustainable Strategy to Control Citrus Decline

Javad Sarhadi¹, Saber Heidari^{1*}, Mehri Sharif²

1 and 2. Research Assistant Professor and Instructor, Respectively, Soil and Water Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran.

*: Corresponding Author, Email: s.heydari@areeo.ac.ir

(Received: July 04-2023; Accepted: December 12-2023)

Extended Abstract

Introduction

Citrus decline is a significant deteriorating factor in citrus cultivation, imposing costly damages to many orchards worldwide, including in Iran. Key factors contributing to citrus decline include environmental stresses such as the physical and chemical conditions of the soil, soil nutritional status, soil moisture condition, and biotic stresses. Environmental stresses, particularly mineral deficiencies and water stress, appear to play a crucial role in citrus deterioration. The Jiroft region is one of the major agricultural centers in south of Iran. Despite its pivotal role in citrus production of the country, the region's orchards experience widespread deterioration, causing considerable annual losses. However, no research has yet explored the potential benefits of simultaneous use of management and nutritional treatments in these orchards. Therefore, this study aims to investigate the effect of management and nutritional treatments on alleviating both biotic and abiotic stresses and reducing citrus fruit deterioration.

Materials and Methods

The current study employed a randomized complete block design over two years in Jiroft, south of Iran, incorporating the following treatments: 1. Control: No intervention. 2. Optimal Management: This included timely irrigation, fertilization (chemical and organic amendments based on soil and leaf tests), and gardening practices (pruning, fruit thinning, and weed removal). 3. Optimal Management + Potassium Silicate: This treatment received optimal management plus potassium silicate fertilizer applied through irrigation water three times at a rate of 30 L ha⁻¹ (as determined by soil test). 4. Optimal Management + Shading: This treatment consisted of optimal management with shading (integrated or individual) at approximately 25% during the hot season, along with plant mulch. 5. Optimal Management + Biocontrol & Fungicides/Nematicides: This treatment combined optimal management with Mycorrhizal and Trichoderma fungi, along with fungicides and nematicides. 6. Optimal Management + Calcium Nitrate Injection: Trees received calcium nitrate injection (30%) directly into the trunk twice a year. 7. Optimal Management + Calcium Nitrate Fertilizer & Foliar Spray: This treatment involved optimal management with calcium nitrate fertilizer applied three times (500 grams per tree, one-month intervals) through irrigation water supplemented by foliar sprays containing calcium chelate and micronutrients (zinc, manganese, iron, and copper) applied three times. Then, leaf samples (both 5–6-month-old leaves and new

leaves) and fruits were collected and transported to the laboratory for analysis. This analysis included measurements of number of new leaves, leaf area (average surface area per tree leaf), yield, fruit length and diameter, and the concentration of specific macro- and microelements in the leaves.

Results and Discussion

The results revealed an inverse relationship between the average number of new leaves per tree and the severity of decay. Treatment-4 displayed a 1.5-fold increase in new leaves compared to the control (treatment-1). Additionally, the number of final shoots (spring and summer regrowth) was 191 in the treatment-4 and 76 in the control treatment. In the treatment-4, the mean leaf area was 41.8 cm², compared to 29.4 cm² in the control treatment, demonstrating an increase of 42.20%. Statistical comparisons of other responses also indicated a significant increase in treatment-4 compared to the others. Treatment-4 also exhibited the greatest improvements in fruit size. Fruit diameter and length increased by 35.5% and 33.9%, respectively, compared to the control. Treatment-4 resulted in the largest average leaf area (41.8 cm²) compared to the control (29.4 cm²). Fruit yield followed a similar trend, the lowest fruit yield (22.9 kg/tree) being observed in the control treatment. Conversely, treatment-4 (optimal irrigation management with shading and mulch) achieved the highest fruit yield (50.2 kg/tree), representing a significant increase of 119.2%, 45.9%, 52.5%, 2,100.0%, 95.3%, and 77.4% compared to control, treatment-2, treatment-3, treatment-5, treatment-6, and treatment-7, respectively. Treatment-4 also demonstrated the highest concentrations of zinc, manganese, and iron in the fruits. These elements increased by 1.50, 1.52, and 1.65 times, respectively, compared to the control. The results overwhelmingly favored treatment-4 compared to the control and other treatments. This superiority likely stems from the combined effects of shade mesh and mulch, which are unique to treatment-4. Shade mesh not only provides shade but also reduces radiation intensity, ultimately minimizing heat stress, sunburn, and water loss through evaporation and transpiration from the tree's foliage. Beneficial effects of Treatment-4 go beyond shade and mulch by ensuring optimal plant nutrition based on soil tests, addressing a crucial factor in citrus health. Inadequate nutrition can contribute to tree decline. By providing the necessary macro and micronutrients and adjusting environmental conditions like temperature and humidity, particularly around the roots, we can minimize disruptions in nutrient uptake and promote overall tree health.

Conclusions

Given the warm climatic conditions of Jiroft at Kerman's southern region, citrus decline arises from a combination of biotic and abiotic stresses. Consequently, solutions targeting either biotic or abiotic constraints are unlikely to provide a sustainable solution to the citrus decline question. An integrated approach, incorporating optimal irrigation and combined nutrient management, was found to be more effective. Therefore, implementing optimal irrigation and combined nutrition management, using plant mulch in the shaded area of the trees, and employing netting as a shade was proven to be a suitable solution to the citrus decline in the Jiroft at southern region of Kerman province, Iran.

Keywords

Optimum irrigation, Integrated Nutrient, Shade, Calcium Nitrate, Plant Mulch