



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب کشور



مدیریت تغذیه‌ای و به‌باغی برای پیشگیری از عارضه زوال مرکبات

نگارندگان

محمد سعید تدین^۱، سید مجید موسوی^۲ و یعقوب حسینی^۳

^۱اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

^۲عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب



سرشناسه : تدین، محمدسعید، ۱۳۵۰ -
عنوان و نام پدیدآور : مدیریت تغذیه‌ای و به‌باغی برای پیشگیری از عارضه زوال مرکبات / نگارندگان محمدسعید تدین، سیدمجید موسوی، یعقوب حسینی.
مشخصات نشر : کرج: موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری : ۳۲۷ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک : 978-622-6705-37-0
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه: ص. ۲۷۳ - ۳۱۷.
موضوع : مرکبات -- بیماری‌ها و آفت‌ها
Citrus -- Diseases and pests
مرکبات - تغذیه
Citrus fruits -- Nutrition
شناسه افزوده : موسوی، سیدمجید، ۱۳۶۲ -
شناسه افزوده : حسینی، یعقوب، ۱۳۵۲ -
شناسه افزوده : موسسه تحقیقات خاک و آب
شناسه افزوده : Soil & water research institute
رده بندی کنگره : SB۶۰۸
رده بندی دیویی : ۶۳۴/۳۰۴۹
شماره کتابشناسی ملی : ۹۷۳۳۲۲۹
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

مشخصات اثر

عنوان: مدیریت تغذیه‌ای و به‌باغی برای پیشگیری از عارضه زوال مرکبات

نگارندگان: محمد سعید تدین، سید مجید موسوی و یعقوب حسینی

ناشر: مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات اسرار علم

کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور

ویراستار ادبی: آرش تافته

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۷۰۵-۳۷-۰

سال انتشار: ۱۴۰۳

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره ۳۱۴۰۳۳۶ در تاریخ ۱۴۰۳/۷/۲۷ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور

صندوق پستی: ۳۱۷۸۵-۳۱۱

کد پستی: ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵

تلفن: ۰۲۶-۳۶۲۰۱۹۰۰

نمابر: ۰۲۶۳۶۲۱۰۱۲۱

پست الکترونیکی: info@swri.ir

وبسایت: http://www.swri.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار نویسنده	۱
مقدمه	۵
فصل اول: عوامل زیستی عارضه زوال مرکبات	۹
۱- عوامل زیستی عارضه زوال مرکبات	۹
بیماری‌های فیتوپلاسمایی	۹
پوسیدگی ریشه و طوقه فیتوفترایی	۲۴
پوسیدگی ریشه فوزاریومی	۲۷
فصل دوم: عوامل غیرزیستی و تنش‌های محیطی	۳۱
۲- عوامل غیرزیستی و تنش‌های محیطی	۳۱
تنش خشکی	۳۸
تنش غرقاب	۴۸
تنش حرارتی	۵۱
تنش نوری	۵۶
تنش شوری	۶۲
تنش ناشی از اثر منفی باقیمانده سموم و مسمومیت عناصر در خاک و گیاه	۶۷
فصل سوم: راهکارهای فعلی کنترل عارضه زوال مرکبات	۶۹
۳- راهکارهای فعلی کنترل عارضه زوال مرکبات	۶۹
مدیریت کنترل ناقل بیماری	۷۲
کنترل باکتری‌های CLAS	۷۷
آنتی بیوتیک‌ها	۷۷
فعال کننده‌های دفاعی گیاهی برای مبارزه با بیماری میوه‌سبز	۸۰
ترکیبات آلی ریز-مولکولی و مفید ضد باکتریایی	۸۱

۸۳	ترکیبات عناصر مفید.....
۸۵	کاربرد نانوامولسیون برای انتقال مواد شیمیایی در برابر باکتری CLas.....
۸۶	کاربرد نانوکمپوزیت‌ها و سیستم تحویل کنترل‌ی جدید.....
۹۸	کاربرد سیستم گرمادرمانی.....
۱۰۱	رویکرد تراریخته برای مبارزه با بیماری میوه‌سبز.....
۱۰۳	مدیریت مبارزه بیولوژیکی و کاربرد محرک‌ها و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی.....
۱۰۳	کنترل زیستی داخلی.....
۱۰۵	اصلاح ارگانیکی خاک ریزوسفر ریشه و تقویت میکروبیوتای خاک.....
۱۰۷	تنظیم کننده‌های رشد گیاهی.....
۱۱۱	جاسمونیک اسید.....
۱۱۱	براسینواستروئیدها.....
۱۱۳	پلی آمین‌ها.....
۱۱۳	نیتریک اکساید (NO).....
۱۱۴	سالسلیلیک اسید.....
۱۱۵	ترکیبات آلی فرار.....
۱۱۶	کاربرد فولویک اسید و ترکیبات طبیعی.....
۱۱۹	کاربرد آمینواسیدها.....
۱۲۰	مدیریت بیماری‌های خاکزی (SOIL-BORNE DISEASES MANAGEMENT).....
۱۲۲	نقش مدیریت بعلی بر عارضه زوال مرکبات.....
۱۲۸	هرس و تنک میوه.....
۱۳۲	مدیریت آبیاری.....

فصل چهارم: نقش مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه بر کنترل تنش‌ها

۱۴۱	و عارضه زوال مرکبات.....
۱۴۱	۴- نقش مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه بر کنترل تنش‌ها و عارضه زوال مرکبات.....
۱۴۳	ویژگی‌های فیزیکی خاک.....
۱۴۸	بافت خاک.....
۱۴۹	عمق خاک.....
۱۵۱	شوری و سدیمی بودن خاک.....
۱۵۴	اسیدیته خاک.....
۱۵۸	کربنات کلسیم.....
۱۶۱	نقش مدیریت تغذیه‌ای در کنترل تنش‌های زیستی و غیرزیستی و کاهش عارضه زوال مرکبات.....
۱۷۱	نیتروژن.....
۱۷۹	فسفر.....
۱۸۴	پتاسیم.....

۱۹۰	 کلسیم
۱۹۵	 منیزیم
۱۹۸	 گوگرد
۲۰۲	 عناصر کم مصرف
۲۰۲	 آهن (Fe)
۲۰۵	 روی (Zinc)
۲۱۰	 بور (B)
۲۱۴	 منگنز (Mn)
۲۱۷	 مس (Copper)
۲۲۰	 مولیبدن (Mo)
۲۲۱	 نیکل (Nickel)
۲۲۲	 کلر (Cl)
۲۲۳	 سیلیسیم (Si)
۲۲۵	 کبالت (Co)
۲۲۷	 سلنیوم (Se)
۲۲۸	 برهمکنش عناصر معدنی و تعادل تغذیه‌ای در مقابله با عارضه زوال مرکبات
۲۳۵	 نقش تشخیصی تعادل تغذیه‌ای در کنترل و کاهش عارضه زوال مرکبات
۲۵۵	 نقش تغذیه مکمل برگی در کنترل عارضه زوال مرکبات
۲۵۶	 نقش تخصیص عناصر غذایی و کربوهیدرات‌ها در شرایط تنش‌های زیستی و غیرزیستی

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و توصیه‌های مهم برای پیشگیری و کنترل عارضه زوال مرکبات ۲۶۴

۲۶۳	 ۵- نتیجه‌گیری و توصیه‌های مهم برای پیشگیری و کنترل عارضه زوال مرکبات
-----	--

۲۷۳	 ۶- فهرست منابع
-----	----------------------

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- عملکرد بعضی از محرک‌های رشد گیاهی	۱۰۶
جدول ۴-۱- عوامل خاکی موثر بر شدت عارضه زوال مرکبات	۱۶۰
جدول ۴-۲- برهمکنش عناصر غذایی در خاک و بافت‌های گیاهی	۲۲۸
جدول ۴-۳- موارد مفید آزمون خاک و برگ به عنوان ابزار مدیریت تغذیه مرکبات	۲۳۲
جدول ۴-۴- استاندارد حدود عناصر غذایی خاک برای باغ‌های مرکبات	۲۳۲
جدول ۴-۵- حدود عناصر غذایی نمونه‌های برگ ۴-۶ ماهه رشد بهاره شاخه‌های فاقد میوه مرکبات	۲۳۳
جدول ۴-۶- تنظیم برنامه کودی مرکبات بر اساس نتایج تجزیه برگ.	۲۳۳
جدول ۴-۷- میزان تخلیه عناصر غذایی پرمصرف توسط میوه ارقام مختلف مرکبات	۲۳۴
جدول ۴-۸- تخلیه عناصر غذایی کم مصرف توسط میوه ارقام مختلف مرکبات	۲۳۴
جدول ۴-۹- برآورد نقطه عطف شاخص شدت عارضه زوال مرکبات (B/3A-) برای عناصر غذایی و مقادیر FV یا باقی مانده RD از طریق توابع نسبت واریانس تجمعی آنها $[Ft^C (CLR_x)]$ باغ‌های پرتقال والنسیا	۲۵۰
جدول ۴-۱۰- میانگین و انحراف معیار عناصر غذایی برگ‌ی جمعیت مرجع با عملکرد بالا و نتایج مقایسه آن (آزمون T-STUDENT) با زیرجمعیت با عملکرد پایین باغ‌های پرتقال والنسیا	۲۵۱
جدول ۴-۱۱- وزن خشک کل اندام‌های مختلف درختان بالغ مرکبات	۲۵۶

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۱- مطالعات بیوانفورماتیک شامل بررسی آمیک‌ها شامل تمام ژن‌ها، رونوشت‌ها (RNAها)، پروتئین‌ها، هورمون‌ها، متابولیت‌ها، فنولوژی گیاهان و در ادامه یون‌ها و عناصر غذایی..... ۴
- شکل ۱-۱- گستره بیماری‌های فیتوپلاسمایی در گروه‌های ریپوزومی مختلف در مناطق مختلف دنیا..... ۱۰
- شکل ۱-۲- اعوجاج، پیچیده‌شدن و بریدگی برگ‌های جوان در حال رشد با ظهور رشته‌های مومی توسط حمله پسپیل مرکبات آسیایی عامل انتقال بیماری میوه سبز در باغ‌های مرکبات..... ۱۴
- شکل ۱-۳- دوره بیماری میوه سبز (HLB) مرکبات..... ۱۵
- شکل ۱-۴- تصویر اسکنر میکروسکوپ الکترونی (SEM) باکتری‌ها (BAC)..... ۱۷
- شکل ۱-۵- (بالا) سلول‌های سالم آوند آبکش مرکبات (پرتقال والنسیا) و وجود حفره‌ها و صفحات غربالی. (پایین) سلول‌های آلوده آوند آبکش دارای تعداد زیاد دانه‌های نشاسته..... ۱۷
- شکل ۱-۶- نمونه‌ای از مکانیسم‌های تشدید بیماری باکتری CANDIDATUS LIBERIBACTER در مرکبات..... ۱۸
- شکل ۱-۷- علائم کمبود عناصر غذایی برگ‌گی..... ۲۰
- شکل ۱-۸- سرخشکیدگی و مرگ درختان آلوده به بیماری میوه سبز..... ۲۱
- شکل ۱-۹- محور میوه یک‌طرفه با دانه سقط شده و در میوه‌های رسیده لکه‌های سبز انتهایی باقی می‌ماند که به دلیل بیماری میوه سبز و یا بیماری استابورن مرکبات..... ۲۲
- شکل ۱-۱۰- زوال مرکبات موجب پوسیدگی و سیاه‌شدن ریشه مرکبات شده و بخش عمده‌ای از ریشه‌ها..... ۲۳
- شکل ۱-۱۱- پوسیدگی ریشه و طوقه و ترک خوردگی و ترشح صمغ درختان مرکبات مبتلا به بیماری قارچی پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه..... ۲۵
- شکل ۱-۱۲- بقای گونه‌های فیتوفتورا در خاک برای دوره‌های طولانی خشک به‌صورت اووسپور OOSPORES..... ۲۵
- شکل ۱-۱۳- زئوسپورها ساختارهای تک‌سلولی که قادر به شنا در آب هستند..... ۲۵
- شکل ۱-۱۴- علائم بیماری قارچی پوسیدگی خشک‌ریشه مرکبات ناشی از قارچ *FUSARIUM SPP*..... ۲۸
- شکل ۲-۱- اثرات نامطلوب تنش‌های غیرزیستی و برخی واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان به این تنش‌ها..... ۳۲
- شکل ۲-۲- واکنش‌های فنولوژیکی گیاهان به عدم تعادل تغذیه‌ای در شرایط تنش‌های محیطی..... ۳۷

- شکل ۳-۲- علائم رایج تنش آبی در درختان مرکبات که منجر به لوله‌شدن برگ‌ها و سرخشیدگی شاخه‌ها میگردد..... ۴۱
- شکل ۳-۴- درختان مرکبات در شرایط آبیاری بیش از حد و غرقاب به دلیل از بین رفتن کلروفیل برگ‌های زرد و کمی فنجانی دارند..... ۴۹
- شکل ۳-۵- ناهنجاری آوندی در اثر تنش کمبود اکسیژن (آب‌گرفتگی) در ریشه گیاهان..... ۵۱
- شکل ۳-۶- علائم تنش گرمایی در درختان مرکبات در شرایط دمای بالا و شدت نور زیاد..... ۵۳
- شکل ۳-۷- اثر تنش گرمایی و باد گرم بر ریزش میوه مرکبات..... ۵۴
- شکل ۳-۱- توزیع نانوذرات نقره در درختان مرکبات پس از تزریق در تنه برای کنترل عارضه زوال مرکبات..... ۸۴
- شکل ۳-۲- توسعه نانوکامپوزیت‌ها برای مدیریت آفات و بیماری‌ها و کاهش نارسایی‌های پس از برداشت..... ۸۷
- شکل ۳-۳- تصویر واقعی و اشکال گوناگون نانوذرات ترکیبات کربنی گرافن که دارای خواص فیزیکی، شیمیایی و ترمومکانیکی متفاوت می‌باشند..... ۹۱
- شکل ۳-۴- اثر ضد قارچی نانوذرات اکسید گرافن-نقره در برابر بیمارگر گیاهی *FUSARIUM GRAMINEARUM* درون تنی..... ۹۳
- شکل ۳-۵- آسیب سلولی بیمارگر باکتریایی، با کاربرد نانوکمپوزیت‌های اکسیدگرافن-نقره و چیتوزان-منیزیم..... ۹۵
- شکل ۳-۶- ترکیب نانوذرات اکسیدگرافن-نقره با خاصیت ضدباکتریایی بالا، اکسیدگرافن در بهبود پایداری، افزایش فعالیت ضد باکتریایی و جذب قوی‌تر نانوذرات نقره کمک می‌کند..... ۹۶
- شکل ۳-۷- حاصلخیزی خاک و تقویت و کنترل زیستی در برابر فیتوپلاسماها و لیبروباکترها در مقابله با عارضه زوال مرکبات..... ۱۰۶
- شکل ۳-۸- اثر کاربرد قارچ میکوریز بر عارضه زوال مرکبات چهارماه بعد از اعمال تیمار بر همان درخت..... ۱۰۷
- شکل ۳-۹- فولویک اسید در تعادل الکتروشیمیایی به عنوان دهنده الکترون عمل میکند..... ۱۱۷
- شکل ۳-۱۰- نقش آنزیم اینورتاز در تجزیه و تبدیل پلیساکاریدها به مونوساکاریدها در گیاه و افزایش تجمع قند محلول..... ۱۱۸
- شکل ۳-۱۱- تدخین خاک (FUMIGATION) پیش از کاشت درختان مرکبات برای کنترل بیماری‌های خاک‌زاد پوسیدگی ریشه..... ۱۲۱
- شکل ۳-۱۲- نقش مدیریت آبیاری و کاربرد مالچ یا زمین پوش آلی و مصنوعی در کاهش عارضه زوال مرکبات..... ۱۲۵
- شکل ۳-۱۳- کاهش ریشه‌های تغذیه‌کننده مرکبات در بیماری میوه سبز..... ۱۲۶
- شکل ۳-۱۴- کاربرد تور سایبان به‌منظور کنترل دما و تابش شدید آفتاب در درختان مرکبات..... ۱۲۷

- شکل ۱۵-۳- نقش کاهش شدت تبخیر و تعرق و شدت تابش آفتاب در تاجپوشش درختان در تعدیل
عارضه زوال مرکبات..... ۱۲۷
- شکل ۱۶-۳- روش تربیت درختان مرکبات در چند سال اول کشت..... ۱۳۱
- شکل ۱۷-۳- ضریب گیاهی KC تخمینی برای درختان سالم بالغ و درختان بالغ مبتلا به عارضه زوال
مرکبات ناشی از بیماری میوه سبز..... ۱۳۳
- شکل ۱۸-۳- میزان تبخیر و تعرق آب درختان مرکبات مبتلا به بیماری میوه سبز در ارقام والنسیا و
هاملین..... ۱۳۵
- شکل ۱-۴- کاربرد ترکیبات بیوچار بهعنوان اصلاح‌کننده ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک..... ۱۴۸
- شکل ۲-۴- تغییر اسیدیته آب و اثر آن بر درصد بی کربنات خاک..... ۱۵۷
- شکل ۳-۴- تزریق اسید سولفوریک به شبکه آب آبیاری..... ۱۵۷
- شکل ۴-۴- مقدار کیلوگرم بیکربنات خنثی شده به ازاء ۲۰۰ کیلوگرم کاربرد کود..... ۱۵۸
- شکل ۵-۴- علائم کمبود نیتروژن در برگ مرکبات..... ۱۷۲
- شکل ۶-۴- علائم کمبود فسفر شامل سبز تیره و برنزه شدن برگ و ضخیم شدن پوست میوه مرکبات..... ۱۸۰
- شکل ۷-۴- علائم کمبود پتاسیم شامل کلروز و نکروز در برگ و کوچک‌شدن میوه مرکبات..... ۱۸۵
- شکل ۸-۴- علائم کمبود کلسیم در برگ و میوه مرکبات..... ۱۹۱
- شکل ۹-۴- علائم کمبود منیزیم در برگ مرکبات..... ۱۹۵
- شکل ۱۰-۴- علائم کمبود گوگرد در برگ مرکبات..... ۱۹۹
- شکل ۱۱-۴- علائم کمبود آهن در برگ و سرخشیدگی شاخه‌ها به دلیل کمبود آهن در مرکبات..... ۲۰۳
- شکل ۱۲-۴- علائم کمبود روی در برگ مرکبات..... ۲۰۶
- شکل ۱۳-۴- علائم کمبود بور در برگ مرکبات..... ۲۱۱
- شکل ۱۴-۴- علائم کمبود منگنز در برگ مرکبات..... ۲۱۵
- شکل ۱۵-۴- علائم کمبود مس در برگ مرکبات..... ۲۱۸
- شکل ۱۶-۴- علائم کمبود مولیبدن در برگ مرکبات..... ۲۲۱
- شکل ۱۷-۴- علائم کمبود نیکل در برگ مرکبات..... ۲۲۲
- شکل ۱۸-۴- رابطه بین شدت عارضه زوال مرکبات و $CNDR^2$ باغ‌های پرتقال والنسیا..... ۲۵۱
- شکل ۱۹-۴- رابطه بین عملکرد و $CNDR^2$ باغ‌های پرتقال والنسیا..... ۲۵۲
- شکل ۲۰-۴- تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی PCA اثرات مختلف شاخص‌های $CND(IX)$ بر ممیزهای
زیر جمعیت با شدت کم عارضه زوال مرکبات..... ۲۵۲
- شکل ۲۱-۴- اثر تیمار تزریق نیترات کلسیم بر عارضه زوال مرکبات..... ۲۵۴
- شکل ۲۲-۴- رابطه استوکیومتری در دامنه فاقد بر همکنش تا بر همکنش شدید ین لگاریتم عناصر
غذایی خاک و بافت گیاه..... ۲۵۸

پیش‌گفتار نویسندگان

عارضه زوال مرکبات یکی از مشکلات جدی باغداران مرکبات است که منجر به کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود. عارضه زوال مرکبات یک عارضه پیچیده و چندعاملی است که توسط برخی از بیماری‌های گیاهی، عوامل محیطی و سوءمدیریت در باغ‌ها ایجاد می‌شود. بر اساس تحقیقات انجام شده، مهم‌ترین و مؤثرترین عوامل بروز این عارضه عبارت‌اند از:

- بیماری گرینینگ یا میوه‌سبز مرکبات (*Huanglongbing* (HLB) که توسط باکتری *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) ایجاد می‌شود و توسط حشره پسیل مرکبات آسیایی^۱ (ACP) منتقل می‌شود. در این بیماری، باکتری فوق در آوند آبکش گیاه رشد کرده و آن را مسدود (سیلوم) می‌کنند. بافت آوند آبکش در ساقه و برگ وظیفه حمل فتواسیمیلات‌ها (مواد غذایی تولید شده توسط فتوسنتز) از برگ به ریشه و دیگر اعضای گیاه را دارد. در نتیجه مسدود شدن آن، فتواسیمیلات‌ها به ریشه نرسیده، ریشه ضعیف و گیاه دچار کمبود آب و عناصر غذایی و زوال می‌شود.

- بیماری زردی مرکبات که توسط فیتوپلازما *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* ایجاد می‌شود و توسط حشره زنجبرک مرکبات منتقل می‌شود.

- بیماری‌های ویروسی تریستزا^۲ و اگزوکورتیس^۳ که عوامل بیماری‌زای شناخته شده در مرکبات است و موجب زوال سریع درختان مرکبات می‌شود. است که باعث بیماری‌های شدید در مرکبات می‌شود که منجر به خسارات ویرانگر در تولید جهانی مرکبات می‌شود. در بیماری تریستزا حفراتی^۴ بر روی شاخه‌ها ایجاد می‌گردد. بیماری اگزوکورتیس منجر به پوسته پوسته شدن شاخه‌ها^۵ و توقف رشد درختان مرکبات می‌شود. بروز هر دو عامل بیماری‌زا موجب تشدید عارضه زوال درختان مرکبات می‌شود.

¹ *Diaphorina citri* Psyllidae (ACP)

² *Citrus tristeza virus* (CTV)

³ *Citrus exocortis viroid* (CEVd)

⁴ Stem pitting

⁵ Bark scaling

• ضعف سیستم ریشه و کاهش مواد ذخیره نشاسته آن موجب افزایش حساسیت و حمله عوامل بیماری‌زای ثانویه مانند بیماری‌های قارچی خاکزاد مانند *Phytophthora* *Phytophthora parasitica* و *Phytophthora nicotianae* که عامل بیماری گموز ریشه و طوقه مرکبات می‌باشند، و نیز حمله نماتدهای ریشه مرکبات مانند *Paratrichodorus lobatus*، *Tylenchulus semipenetrans* می‌شود. قارچ‌ها در شرایط مرطوب، از طریق زخم یا ترک‌های موجود روی طوقه وارد گیاه می‌شوند و باعث پوسیدگی، تراوش صمغ و خشک‌شدن درخت می‌شوند. همچنین قارچ *Fusarium spp* که عامل بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه مرکبات یا پوسیدگی خشک‌ریشه (Dry root rot) هستند و باعث آسیب به ریشه‌ها و کاهش جذب آب و مواد غذایی می‌شوند. قارچ *Fusarium spp* در خاک‌های سنگین، شور و با pH بالا فعالیت دارند و باعث پوسیدگی، تغییر رنگ و نکروز بافت ریشه می‌شوند.

• تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی، شوری خاک، کمبود آب و یا غرقاب، دمای بالا یا پایین، مدیریت ضعیف حاصلخیزی خاک و عدم اقدامات اصلاحی و زهکش مناسب جهت تسهیل توسعه ریشه‌های مرکبات، سوءمدیریت باغ‌ها از جمله مدیریت آفات و بیماری‌ها، مدیریت آبیاری و زهکش، مدیریت هرس، مدیریت تغذیه به‌ویژه عدم تعادل تغذیه‌ای موجب تشدید عارضه زوال مرکبات می‌گردد.

این عوامل می‌توانند به‌تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر عارضه زوال مرکبات را ایجاد یا تشدید کنند؛ بنابراین، برای پیشگیری و کنترل این عارضه لازم است که این عوامل را شناسایی و رفع نمود.

برای مقابله با این عارضه می‌توان اقدامات مناسبی را انجام داد. برخی از راههای پیشگیری و کنترل این عارضه عبارت‌اند از:

- بررسی وضعیت سلامت گیاه و شناسایی و مبارزه با بیماری‌ها و آفات
- انجام آزمون خاک و بررسی عوامل مؤثر حاصلخیزی خاک در ارتباط با عارضه زوال مرکبات
- اجرای برنامه تغذیه متعادل و اصلاح خاک مطابق با نیاز گیاه برای افزایش توان تاب‌آوری درختان در برابر بیماری‌ها و تنش‌های محیطی

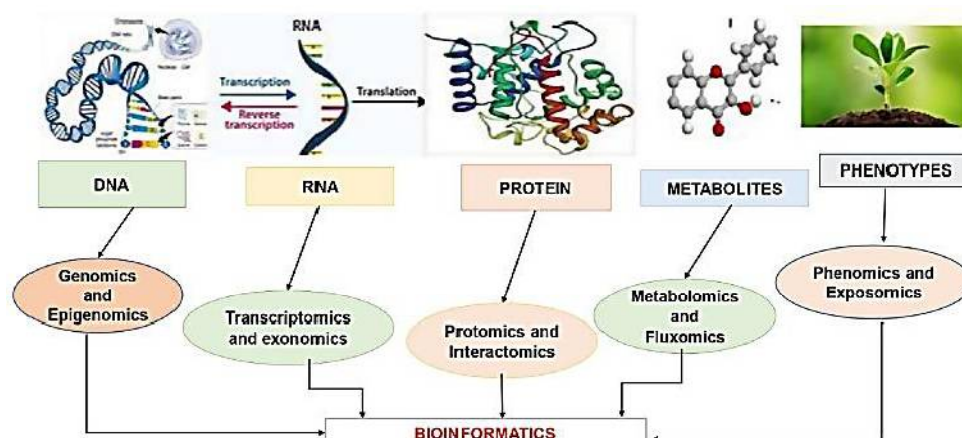
- مدیریت آبیاری مناسب و متناسب با نیاز گیاه و شرایط خاک و همچنین زهکش مناسب
- انتخاب ارقام مقاوم و پایه‌های مناسب برای کاشت و مقاوم به بیماری گرینینگ و پسیل مرکبات و نیز بیماری‌های قارچی و نماتد ریشه مرکبات
- رعایت اصول فنی به باغی مدیریت کاشت، داشت و برداشت مرکبات، هرس مناسب و برداشت بموقع محصول و انجام برنامه مبارزه تلفیقی با آفات به‌ویژه پسیل و زنجره مرکبات با استفاده از روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی
- اجتناب از زخم زدن به گیاه و استفاده از ابزارهای ضد عفونی شده، رعایت مدیریت بهداشت باغ و استفاده از سموم و قارچ‌کش‌های مناسب
- از بین بردن درختان آلوده و جلوگیری از انتشار بیماری
- تولید نهال سالم و عاری از بیماری با احداث اسکرین‌ها و وس و سازهای حفاظتی در خزانه و باغ‌ها، می‌باشد.

شدت بروز عارضه زوال مرکبات نتیجه نهایی اثرات متقابل پاتوزن، ژنوتیپ و محیط است. پیدایش ناهنجاری‌های فیزیولوژیک^۱ اگرچه می‌تواند ناشی از بیماری‌ها از جمله عوامل قارچی، باکتریایی و یا ویروسی باشد، اما این عوامل عمدتاً نقش ثانوی دارند. هرچند عامل ژنتیک یعنی سطح تحمل رقم در بروز هر یک از ناهنجاری‌ها سهم اساسی دارد، اما عوامل محیطی مانند تنش‌ها و ضعف مدیریت زمینه‌ساز بروز و افزایش خسارت حاصل از ناهنجاری می‌شوند. براین اساس هر چه قدر این عوامل تنش‌زا افزایش یابند اثر آنان نیز به‌صورت تجمعی بیشتر خواهد بود. درک بهتر از مکانیسم‌های فیزیولوژیک، مولکولی و هورمونی پاسخ به تنش، به‌ویژه در ارتباط با مدیریت تغذیه‌ای مرکبات مهم می‌باشد. موج عظیمی از مطالعات بیولوژیکی با پیشرفت‌های اخیر در بیوانفورماتیک در این زمینه آغاز شده است. مطالعاتی که به بررسی تمام ژن‌ها، رونوشت‌ها (RNAها)، پروتئین‌ها، هورمون‌ها، متابولیت‌ها و فنولوژی گیاهان و در ادامه یون‌ها و عناصر غذایی با کمک یادگیری ماشین^۲ می‌پردازند به ترتیب به‌عنوان ژنومیک، پروتئومیک، هورمونومیک، متابولومیک و فنومیک و ایونومیک،

¹ Physiological disorders

² Machine learning

نامیده می‌شوند (شکل ۱). این روش‌ها ابزارهای مؤثری برای شناسایی صفات و رویدادهای فیزیولوژیکی مهم و آشکار نمودن مسیرهای متابولیکی ناشناخته قبلی در محصولات به‌ویژه در مواجهه با عوارض و بیماری‌های گیاهی هستند.



شکل ۱- مطالعات بیوانفورماتیک شامل بررسی آمیک‌ها شامل تمام ژن‌ها، رونوشت‌ها (RNAها)، پروتئین‌ها، هورمون‌ها، متابولیت‌ها، فنولوژی گیاهان و در ادامه یون‌ها و عناصر غذایی.

حاصلخیزی خاک و تعادل تغذیه‌ای از عوامل مهم در حفظ سلامت مرکبات است. عوامل خاکی تأثیر بسزایی بر کنترل تنش‌های محیطی و مقاومت درختان در برابر عارضه زوال مرکبات دارند. همچنین عناصر غذایی مختلف نقش‌های متفاوتی در رشد، تولید و تحمل مرکبات به عارضه زوال مرکبات دارند. عناصر غذایی می‌توانند به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر عارضه زوال مرکبات تأثیر بگذارند. به‌صورت مستقیم، عناصر غذایی می‌توانند بر فعالیت آنزیم‌ها، تنظیم pH، آلی‌سازی نیتروژن، تولید هورمون‌ها، انتقال مواد و تنظیم فشار اسمزی در مرکبات اثر داشته باشند. به‌صورت غیرمستقیم، عناصر غذایی می‌توانند بر تحمل مرکبات در برابر عوامل بیماری‌زا، آفات و تنش‌های محیطی اثر داشته باشند. برای جلوگیری از عارضه زوال مرکبات، لازم است که تعادل مناسب تغذیه‌ای در خاک و گیاه حفظ شود. کمبود یا فزونی هر یک از عناصر غذایی می‌تواند باعث اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

مرکبات شود و در نتیجه به کاهش کیفیت و عملکرد مرکبات و افزایش حساسیت گیاه به تنش‌های محیطی منجر شود.

بررسی وضعیت حاصلخیزی خاک و تغذیه مرکبات و برهم‌کنش و رزونانس بین عناصر و نیز عوامل محلی مؤثر بر تولید محصول به‌منظور حفظ تعادل تغذیه‌ای گیاهان برای جلوگیری از عارضه مرکبات بسیار مهم است. ویژگی‌ها و داده‌های تحلیلی خاک و گیاه ذاتاً داده‌های ترکیبی چندمتغیره وابسته به واحد هستند و تغییر و برهم‌کنش آنها، رزونانسی بر محدوده عناصر غذایی در فضای محدود و بسته ترکیبات و در نهایت عملکرد محصول ایجاد می‌کند. این مسئله نیاز به تحلیل داده‌های ترکیبی^۱ (CoDa) در مقیاس محلی دارد. در این کتاب، به عوامل مهم ایجاد و تشدید عارضه زوال مرکبات اشاره شده و به ارائه مدیریت‌های مختلف به‌ویژه روش‌ها و شاخص‌های مطرح در مدیریت تغذیه متعادل مرکبات در مقابله با عارضه زوال مرکبات می‌پردازیم.

مقدمه

مرکبات از خانواده Rutaceae رده Aurantioideae و جنس Citrus و دارای ارقام مهم از گونه پرتقال *Citrus sinensis* می‌باشد. درختان مرکبات بومی مناطق گرمسیری و گرمسیری آسیا، آسیای جنوب شرقی، هیمالیا، شمال شرقی هند، شمال میانمار، چین و اقیانوسیه هستند. این گیاهان درختچه‌ای کوچک یا بزرگ با شاخه‌های خاردار و همیشه‌سبز با برگ‌های متناوب و مضرس می‌باشند. میوه hesperidium، با پوست^۲ چرمی است، میوه مرکبات حاوی آلبدو سفید و اسفنجی و لایه درونی میوه قطعه‌قطعه است. فضای داخل هر قطعه پر از وزیکل^۳ یا پالپ است و میوه مرکبات غیرفراز‌گرا^۴ (فرایند رسیدن میوه به نرخ افزایش اتیلن و افزایش تنفس وابسته نیست) می‌باشد (وو و همکاران، ۲۰۱۸). درختان مرکبات مقاوم به سرما نیستند و می‌توانند به مدت کوتاه تا سرمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد را تحمل کنند؛ اما دما نباید به مدت زیاد (۸-۱۲ ساعت) کمتر از ۲- درجه سانتی‌گراد باشد.

¹ Compositional Data Analysis

² Exocarp

³ Vesicles

⁴ Non-climacteric

درختان نیاز به مناطق آفتابی، مرطوب با خاک حاصلخیز و آبیاری مناسب دارند. بر اساس داده‌های سازمان ملل متحد در سال ۲۰۲۳، کشورهای برزیل، چین، ایالات متحده، مکزیک، هند و اسپانیا بزرگ‌ترین تولیدکنندگان مرکبات در جهان هستند. اهمیت و جایگاه اقتصادی مرکبات در دنیا و همچنین عوامل تأثیرگذار بر تولید آن باعث شده مرکبات از اهمیت خاصی برخوردار باشد. از دو دهه گذشته عارضه‌ای به نام زوال مرکبات^۱ در مناطق مختلف کشت مرکبات در دنیا اقتصاد باغداران این مناطق را تهدید می‌کند. عارضه زوال مرکبات از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زا در مرکبات بوده که منجر به غیراقتصادی شدن و یا از بین رفتن باغ‌های مرکبات زیادی به‌ویژه در جنوب و در سال‌های اخیر در مناطق شمالی کشور مانند شرق استان مازندران (کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳) شده است. عارضه زوال مرکبات در مناطق مختلف کشور در حال توسعه می‌باشد. زوال درختان مرکبات در یک دهه اخیر یکی از علل اصلی کاهش سطح زیر کشت باغ‌های مرکبات استان‌های جنوبی کشور از جمله استان فارس در سال‌های اخیر محسوب می‌شود. این عارضه سندرمی از اختلالات شامل پوسیدگی و سیاه‌شدن ریشه، توقف و مرگ سرشاخه‌ها، ریزش برگ و میوه و علائم زردی نامنظم برگی و ناحیه گلگاه میوه و مرگ تدریجی و ناگهانی مرکبات می‌باشد. خسارت ناشی از این بیماری به باغات مرکبات بسیار سنگین و جبران‌ناپذیر است و درختان آلوده ۳ تا ۸ سال بعد از آلودگی از بین می‌روند. درختان جوان آلوده به این بیماری به مرحله محصول نمی‌رسند و اگر درخت بالغ باشد به‌سرعت کم بارور شده و روبه‌زوال می‌روند (Singh و Srivastava، ۲۰۰۹) از جمله شاخص‌های ویژه زوال مرکبات پوسیدگی و سیاه‌شدن ریشه، مرگ سرشاخه‌ها و توقف رشد، کاهش تاج‌پوشش، ریزش و کاهش تعداد و اندازه برگ مرکبات، تغییر ساختاری (نامتقارن) و کیفیت میوه (کاهش شدید درصد کل مواد جامد قابل حل و شاخص بریکس و آب‌میوه) و در موارد شدید سبز خشک‌شدن کامل درختان می‌باشد (Shea و Mauk، ۲۰۰۲). در منابع مختلف عوامل متعدد زیستی و غیرزیستی به ایجاد و تشدید عارضه زوال مرکبات ارتباط داده شده است. از عمده‌ترین عوامل مطرح شده در ایجاد عارضه زوال مرکبات می‌توان به عوامل زنده شامل عوامل اولیه بیماری‌های فیتوپلاسمایی (بروکاریوت فاقد دیواره) از آن جمله لیبروباکترها مانند بیماری میوه‌سبز^۲، استابورن^۳، بیماری ویروسی

^۱ Citrus decline

^۲ Citrus greening

^۳ Staburn