زوال مرکبات؛ علت، علائم، روش‌های مدیریت و برنامه علمی احیای درختان مرکبات

چکیده

زوال مرکبات (Citrus Decline) یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد و خشکیدگی تدریجی باغ‌های مرکبات در جهان و ایران است. برخلاف تصور رایج، زوال یک بیماری مستقل نیست، بلکه نتیجه برهم‌کنش عوامل مختلفی مانند ویروس تریستیزا، نماتدهای انگل ریشه، بیماری‌های خاکزی، شوری خاک و آب، خشکسالی، گرمازدگی، سرمازدگی و تغییرات اقلیمی است. این عوامل با آسیب به سیستم ریشه، اختلال در جذب آب و عناصر غذایی و کاهش توان فتوسنتزی، موجب ضعف تدریجی درخت، کاهش عملکرد و افت کیفیت میوه می‌شوند. شناخت دقیق عوامل ایجادکننده زوال و اجرای مدیریت تلفیقی، نقش مهمی در حفظ سلامت باغ‌ها و افزایش طول عمر اقتصادی درختان دارد. در این مقاله مهم‌ترین عوامل مؤثر در زوال مرکبات، علائم، راهکارهای پیشگیری و برنامه پیشنهادی احیای درختان آسیب‌دیده بررسی شده است.

زوال مرکبات چیست؟

زوال مرکبات به مجموعه‌ای از اختلالات فیزیولوژیک، بیماری‌های عفونی و تنش‌های محیطی گفته می‌شود که به‌تدریج باعث کاهش رشد، ضعف عمومی، افت عملکرد و در نهایت خشک شدن درخت می‌شوند. این پدیده معمولاً در اثر یک عامل واحد ایجاد نمی‌شود، بلکه نتیجه هم‌زمان چندین عامل زیستی و غیرزیستی است. به همین دلیل ممکن است دو باغ با علائم ظاهری مشابه، دلایل کاملاً متفاوتی برای زوال داشته باشند.

در بسیاری از باغ‌های مرکبات، ابتدا سیستم ریشه آسیب می‌بیند و به دنبال آن جذب آب و عناصر غذایی کاهش می‌یابد. در ادامه، رشد رویشی، فتوسنتز، تشکیل میوه و مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی نیز کاهش پیدا می‌کند. بنابراین، مدیریت موفق زوال نیازمند شناسایی علت اصلی و اجرای هم‌زمان مجموعه‌ای از اقدامات اصلاحی است.

مهم‌ترین علائم زوال مرکبات

علائم زوال معمولاً به‌آرامی ظاهر می‌شوند و در صورت بی‌توجهی به مرور شدت می‌یابند. مهم‌ترین نشانه‌ها عبارت‌اند از:

- زردی و کم‌رنگ شدن برگ‌ها
- کوچک شدن برگ و میوه
- کاهش رشد شاخه‌های جدید
- خشک شدن سرشاخه‌ها
- ریزش گل و میوه
- کاهش عملکرد و کیفیت محصول

- ضعف و کاهش رشد ریشه
- کاهش تراکم تاج درخت
- خشک شدن تدریجی یا مرگ کامل درخت

تشخیص زودهنگام این علائم، شانس موفقیت در احیای درختان را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد.

مهم‌ترین عوامل ایجاد زوال مرکبات

ویروس تریستیزا(CTV)

ویروس تریستیزای مرکبات یکی از مهم‌ترین بیماری‌های ویروسی مرکبات در جهان است که در بافت آبکش گیاه مستقر شده و انتقال مواد غذایی از برگ به ریشه را مختل می‌کند. این ویروس عمدتاً توسط شته‌ها، به‌ویژه شته قهوه‌ای مرکبات، و همچنین از طریق پیوندک‌ها و نهال‌های آلوده منتقل می‌شود.

علائم بیماری شامل کاهش رشد، زردی برگ‌ها، کوچک شدن میوه، خشکیدگی تاج و کاهش عملکرد است. در درختانی که روی پایه‌های حساس مانند نارنج پیوند شده‌اند، آلودگی شدید می‌تواند طی مدت کوتاهی موجب مرگ کامل درخت شود. استفاده از نهال‌های گواهی‌شده، کنترل ناقلان و انتخاب پایه‌های مقاوم، مهم‌ترین راهکارهای پیشگیری از این بیماری هستند.

نماتد مرکبات

نماتد مرکبات (*Tylenchulus semipenetrans*) یکی از مهم‌ترین عوامل تضعیف سیستم ریشه است. این آفت با تغذیه از ریشه، جذب آب و عناصر غذایی را کاهش داده و درخت را نسبت به بیماری‌های خاکزی مانند فیتوفتورا حساس‌تر می‌کند.

درختان آلوده معمولاً رشد ضعیف، زردی برگ، کاهش عملکرد و ریشه‌های کم‌حجم دارند. مدیریت نماتد، بهبود سلامت خاک و تقویت سیستم ریشه از مهم‌ترین اقدامات برای جلوگیری از پیشرفت زوال هستند.

شوری، خشکسالی و تنش‌های دمایی

شوری خاک و آب، خشکسالی، گرمازدگی و سرمازدگی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی مؤثر در زوال مرکبات هستند. شوری با ایجاد تنش اسمزی و تجمع یون‌های سدیم و کلر، جذب آب را مختل می‌کند. خشکسالی موجب بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و افت رشد ریشه می‌شود. گرمای شدید باعث تخریب کلروفیل، آفتاب‌سوختگی میوه و افزایش تنفس گیاه شده و سرمازدگی نیز با آسیب به سلول‌های گیاهی، موجب خشک شدن شاخه‌ها و کاهش عملکرد می‌شود.

تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر سبب افزایش فراوانی این تنش‌ها شده و به همین دلیل، امروزه زوال مرکبات بیش از گذشته به عنوان یک پدیده چندعاملی شناخته می‌شود.

بیماری گرینینگ (هوانگ‌لونگ‌بینگ)

بیماری گرینینگ یا **هوانگ‌لونگ‌بینگ Huanglongbing**) **یا (HLB** یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های مرکبات در جهان است که توسط باکتری‌های جنس *Candidatus Liberibacter* ایجاد می‌شود و از طریق پسیل آسیایی مرکبات منتقل می‌گردد. این بیماری با ایجاد اختلال در آوندهای آبکش، انتقال مواد غذایی را مختل کرده و به تدریج موجب زردی نامتقارن برگ‌ها، کوچک و بدشکل شدن میوه‌ها، کاهش شدید عملکرد، افت کیفیت و خشکیدگی تدریجی درخت می‌شود. در حال حاضر درمان قطعی برای HLB وجود ندارد و مدیریت آن بر پایه استفاده از نهال سالم، کنترل ناقل بیماری، حذف درختان آلوده و تقویت وضعیت تغذیه‌ای و فیزیولوژیک درختان استوار است.

پوسیدگی ریشه و طوقه ناشی از فیتوفتورا

قارچ‌نماهای جنس ***Phytophthora*** از مهم‌ترین عوامل بیماری‌های ریشه و طوقه در باغ‌های مرکبات هستند. این عوامل بیماری‌زا در خاک‌های سنگین، زهکش نامناسب و شرایط رطوبت بالا به سرعت گسترش می‌یابند و با تخریب ریشه‌های جذب‌کننده، توانایی درخت در جذب آب و عناصر غذایی را به شدت کاهش می‌دهند. از مهم‌ترین علائم این بیماری می‌توان به پوسیدگی ریشه، ترشح صمغ از طوقه، زردی برگ‌ها، کاهش رشد، ریزش میوه و خشک شدن تدریجی شاخه‌ها اشاره کرد. مدیریت فیتوفتورا شامل بهبود زهکشی خاک، جلوگیری از آبیاری بیش از حد، استفاده از پایه‌های متحمل و حفظ سلامت سیستم ریشه است.

راهکارهای علمی مدیریت زوال مرکبات

با توجه به اینکه زوال مرکبات یک بیماری مستقل نیست و معمولاً در نتیجه برهم‌کنش عوامل بیماری‌زا، تنش‌های محیطی و ضعف تغذیه‌ای ایجاد می‌شود، مدیریت آن نیز باید به‌صورت **تلفیقی (Integrated Management)** انجام شود. تحقیقات دانشگاه‌های معتبر و مراکز تحقیقاتی جهان نشان می‌دهد که هیچ راهکار واحدی قادر به توقف روند زوال نیست و موفقیت زمانی حاصل می‌شود که سلامت خاک، ریشه و اندام هوایی درخت به‌طور هم‌زمان مورد توجه قرار گیرد.

مهم‌ترین اصول مدیریت زوال مرکبات عبارت‌اند از:

- استفاده از نهال‌های سالم و گواهی‌شده
- انتخاب پایه‌های مقاوم یا متحمل به تریستیزا، فیتوفتورا، نماتد و شوری
- کنترل ناقلان بیماری‌های ویروسی و باکتریایی مانند شته‌ها و پسیل آسیایی مرکبات
- مدیریت نماتدها و بیماری‌های خاکزی
- اصلاح ساختمان خاک و افزایش ماده آلی
- بهبود زهکشی و جلوگیری از غرقابی شدن خاک

- مدیریت صحیح آبیاری و کاهش تنش خشکی
- تغذیه متعادل بر اساس آزمون خاک و برگ
- استفاده از ترکیبات محرک رشد و میکروارگانیسم‌های مفید برای افزایش فعالیت ریشه
- کاهش تنش‌های ناشی از شوری، گرما و سرما

اجرای این اقدامات موجب افزایش توان بازسازی سیستم ریشه، بهبود جذب آب و عناصر غذایی، افزایش مقاومت درخت در برابر تنش‌های محیطی و در نهایت کاهش سرعت پیشرفت زوال خواهد شد.

برنامه پیشنهادی شرکت دانش‌بنیان زیست شیمی آزما رشد برای احیای باغ‌های درگیر زوال مرکبات

از آنجا که در بیشتر باغ‌های درگیر زوال، نخستین بخش آسیب‌دیده سیستم ریشه است، برنامه پیشنهادی شرکت دانش‌بنیان **زیست شیمی آزما رشد** با هدف **بازسازی ریشه، بهبود شرایط ریزوسفر، افزایش فعالیت زیستی خاک و ارتقای توان فیزیولوژیک درخت** طراحی شده است. این برنامه جایگزین مدیریت باغ نیست، بلکه در کنار تغذیه صحیح، آبیاری اصولی و کنترل عوامل بیماری‌زا می‌تواند روند احیای درختان آسیب‌دیده را تسریع کند.

مرحله اول؛ تقویت سیستم ریشه

در مرحله نخست، محصولات زیر همراه آب آبیاری مصرف می‌شوند تا مستقیماً در محدوده توسعه ریشه قرار گرفته و بیشترین کارایی را داشته باشند.

- **اکسالتر** :۲ تا ۵ لیتر در هکتار
- **فرمنتاز** :۲ تا ۵ لیتر در هکتار
- **روتکس** :۲ تا ۵ لیتر در هکتار
- **کیتومیت** :۲ تا ۵ لیتر در هکتار
- **نماتوسنس** :۲ تا ۵ لیتر در هکتار

این برنامه با هدف تحریک تشکیل ریشه‌های جدید، افزایش فعالیت ریشه، بهبود جذب آب و عناصر غذایی، تقویت فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک و افزایش تحمل درخت نسبت به تنش‌هایی مانند شوری، خشکی و بیماری‌های ریشه اجرا می‌شود. همچنین در باغ‌هایی که با نماتدها یا پوسیدگی ریشه ناشی از فیتوفتورا مواجه هستند، تقویت سیستم ریشه نقش مهمی در افزایش توان بازیابی درخت خواهد داشت.

مرحله دوم؛ تقویت اندام هوایی

پس از بهبود وضعیت ریشه، محلول‌پاشی برگی با ترکیبات زیر انجام می‌شود:

- **آویرا کیتوسنس** :۱ لیتر در هزار لیتر آب
- **آویرا طلایی** :۱ لیتر در هزار لیتر آب

محلول‌پاشی باید به‌صورت یکنواخت روی تمام تاج درخت انجام شود. این مرحله با هدف افزایش فعالیت فتوسنتزی، بهبود تولید کلروفیل، کاهش آثار تنش‌های محیطی، تقویت سیستم دفاعی گیاه و کمک به بازسازی بافت‌های آسیب‌دیده طراحی شده است.

مرحله سوم؛ تکرار محلول‌پاشی

به‌منظور تثبیت اثرات برنامه، محلول‌پاشی با همان ترکیب **۲۰ تا ۳۰ روز پس از مرحله اول** تکرار می‌شود. استمرار این برنامه موجب حفظ فعالیت متابولیکی گیاه، افزایش رشد رویشی و بهبود توان تولید محصول خواهد شد.

اجرای این برنامه در کنار اصلاح خاک، مدیریت آبیاری، کنترل نماتدها، بیماری‌های ریشه، ویروس تریستیزا و گرینینگ، می‌تواند نقش مؤثری در افزایش سلامت ریشه، بهبود عملکرد و افزایش طول عمر اقتصادی باغ‌های مرکبات داشته باشد.

نتیجه‌گیری

زوال مرکبات یکی از مهم‌ترین چالش‌های باغداران است که در اثر عوامل مختلفی مانند **ویروس تریستیزا، بیماری گرینینگ (HLB)، پوسیدگی ریشه ناشی از فیتوفتورا، نماتدهای انگل ریشه، شوری، خشکسالی، گرمازدگی، سرمازدگی و تغییرات اقلیمی** ایجاد می‌شود. این عوامل با آسیب به سیستم ریشه و اختلال در انتقال آب و مواد غذایی، موجب کاهش رشد، افت عملکرد و خشک شدن تدریجی درختان می‌شوند.

با توجه به چندعاملی بودن زوال، مدیریت آن نیز باید به‌صورت تلفیقی انجام شود. استفاده از نهال سالم، انتخاب پایه‌های مناسب، اصلاح خاک، تغذیه متعادل، مدیریت آبیاری و کنترل عوامل بیماری‌زا، در کنار برنامه‌های تقویت ریشه و کاهش تنش، مؤثرترین راهکار برای حفظ سلامت و افزایش بهره‌وری باغ‌های مرکبات است. برنامه پیشنهادی **شرکت دانش‌بنیان زیست شیمی آزما رشد** نیز با همین رویکرد طراحی شده و می‌تواند به‌عنوان بخشی از یک راهبرد جامع، در افزایش توان بازیابی درختان و پایداری تولید مرکبات مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

١. Timmer, L. W., Garnsey, S. M., & Graham, J. H. (Eds.). (٢٠٠٠). *Compendium of Citrus Diseases* (٢nd ed.). APS Press.

٢. Graham, J. H., Feichtenberger, E., & Timmer, L. W. (٢٠١٤). *Phytophthora diseases of citrus*. In *Compendium of Citrus Diseases and Pests*. APS Press.

٣. Dawson, W. O., Bar-Joseph, M., Garnsey, S. M., & Moreno, P. (٢٠١٥). Citrus tristeza virus: Making an ally from an enemy. *Annual Review of Phytopathology, ٥٣*, ١٣٧–١٥٥.

٤. Moreno, P., Ambrós, S., Albiach-Martí, M. R., Guerri, J., & Peña, L. (٢٠٠٨). Citrus tristeza virus: A pathogen that changed the course of the citrus industry. *Molecular Plant Pathology, ٩*(٢), ٢٥١–٢٦٨.

٥. Wang, N. (٢٠١٩). The citrus Huanglongbing crisis and potential solutions. *Annual Review of Phytopathology, ٥٧*, ٢٨٥–٣٠٦.

٦. Bové, J. M. (٢٠٠٦). Huanglongbing: A destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology, ٨٨*(١), ٧–٣٧.

٧. Gottwald, T. R. (٢٠١٠). Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. *Annual Review of Phytopathology, ٤٨*, ١١٩–١٣٩.

٨. Duncan, L. W. (٢٠٠٥). Nematode parasites of citrus. In *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (٢nd ed.). CABI Publishing.

٩. Barker, K. R., Hussey, R. S., et al. (١٩٩٤). *Plant and Nematode Interactions*. American Society of Agronomy.

١٠. Munns, R., & Tester, M. (٢٠٠٨). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology, ٥٩*, ٦٥١–٦٨١.

١١. Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (٢٠٠٩). Photosynthesis under drought and salt stress. *Annals of Botany, ١٠٣*(٤), ٥٥١–٥٦٠.

١٢. Flexas, J., & Medrano, H. (٢٠٠٢). Drought inhibition of photosynthesis in C٣ plants. *Annals of Botany, ٨٩*(٢), ١٨٣–١٨٩.

١٣. Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., & Foolad, M. R. (٢٠٠٧). Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany, ٦١*(٣), ١٩٩–٢٢٣.

١٤. Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M., Roychowdhury, R., & Fujita, M. (٢٠١٣). Physiological, biochemical and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences, ١٤*(٥), ٩٦٤٣–٩٦٨٤.

١٥. Obreza, T. A., & Morgan, K. T. (٢٠٠٨). *Nutrition of Florida Citrus Trees* (٢nd ed.). University of Florida IFAS.

١٦. Jackson, L. K., & Davies, F. S. (٢٠١١). *Citrus Growing in Florida*. University Press of Florida.

١٧. Talon, M., Caruso, M., & Gmitter, F. G. (Eds.). (٢٠٢٠). *The Genus Citrus*. Woodhead Publishing.

١٨. Food and Agriculture Organization. (٢٠٢٤). *FAOSTAT Database*. FAOSTAT

١٩. Intergovernmental Panel on Climate Change. (٢٠٢٣). *Climate Change ٢٠٢٣: Synthesis Report.*

٢٠. Vessey, J. K. (٢٠٠٣). Plant Growth Promoting Rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil, ٢٥٥*, ٥٧١–٥٨٦.