تأثیر کلسیم بر رشد فلفل دلمه‌ای در شرایط گلخانه

مؤلف: نگین حقوقی[1]

راهنما: شیما شفیعیان[2]

چکیده

فلفل دلمه‌ای با نام علمی (Capsicum annuum L.) متعلق به خانواده Solanaceae است. این محصول به خاطر ارزش اقتصادی و ویژگی‌های مفید دیگری که دارد مورد توجه مصرف‌کنندگان و پرورش‌دهندگان است. تنش‌های محیطی مانند کمبود مواد مغذی از عوامل کلیدی هستند که عملکرد هر محصول باغی را محدود می‌کنند. هر یک از عناصر دارای نقش مشخصی در ساز و کار گیاه هستند. در این بین عنصر کلسیم از اهمیت خاصی برخوردار است چرا که Ca^{+2} یک درشت مغذی ضروری برای همه گیاهان آلی است و چندین عملکرد را در گیاهان انجام می‌دهد و کمبود آن می‌تواند باعث بروز مشکلات فیزیولوژیکی و بروز اختلال‌های مهمی چون عارضه پوسیدگی گلگاه میوه (BER[3]) شود. این اختلال از این لحاظ حائز اهمیت است که غیرقابل کنترل در زمان بروز بوده و می‌تواند خسارت شدیدی در بازار پسندی محصول ایجاد کند. مطالعات زیادی بر روی کاهش این عارضه و کمبود کلسیم انجام شده است که همگی آن‌ها کمبود خود کلسیم را عامل اصلی ذکر نکردند و نامناسب بودن شرایط خاک از نظر اسیدیته، بافت و شرایط آبیاری را عامل بروز این اختلال بررسی کردند و این نتیجه به دست آمده است؛ استفاده از محلول‌پاشی کودهای حاوی کلسیم در زمان‌های حیاتی رشد بوته و میوه و تنظیم زمان دقیق آبیاری و رطوبت می‌تواند به مقدار قابل توجهی خسارت ناشی از این بیماری را کاهش دهد.

واژگان کلیدی: فلفل دلمه‌ای، کمبود کلسیم، عناصر غذایی، پوسیدگی گلگاه میوه

---

[1] کارشناس گیاهپزشکی

[2] کارشناس ارشد علوم اطلاعات

[3] Blossom End Rot

مقدمه

فلفل دلمه (Capsicum annuum L.) یکی از محصـولات مهـم باغبانی است که نه تنها به خاطر ارزش اقتصـادی بلکـه بـه دلیـل ارزش زیاد میوه‌های آن و همچنین منبع عالی رنگ‌های طبیعـی و ترکیبات آنتی-اکسیدانی بسیار موردتوجه قرارگرفته اسـت (جهانگیری و همکاران، 1395). فلفل دلمه‌ای از جمله محصولاتی هست که در دو سیستم کشت گلخانه‌ای و کشت مزرعه‌ای تولید می‌شود. در سیستم کشت گلخانه‌ای به دلیل کنترل شرایط محیطی، معمولاً محصول با کیفیت مناسب تولید می‌شود اما با توجه به هزینه‌های بالای تولید در سیستم کشت گلخانه‌ای بخش قابل توجهی از سطح زیر کشت این محصول به مزارع اختصاص داده شده است که به دلیل عدم کنترل شرایط محیطی، عملکرد آن کاهش قابل توجهی دارد (محمدی و همکاران، 1393). در تولید سبزی و صیفی‌جات سالم و عاری از علائم کمبود مواد مغذی، علاوه بر تأمین نیاز غذایی، حفظ سایر عوامل فنّاوری تولید نیز مهم است. با وجود این، آسیب‌های ناشی از کمبود مواد مغذی می‌تواند اغلب در همه‌ی شرایط رخ دهد. تأمین ناکافی یا بیش‌ازحد مواد مغذی، صرف نظر از بستر رشد، روند طبیعی رشد رویشی و زایشی گیاه را مختل می‌کند. اگر شرایط بهینه برای جذب مواد مغذی فراهم نباشد، تغییرات مورفولوژیکی بروز کرده و تغییر شکل میوه می‌تواند ناشی از اثرات آنتاگونیستی یا هم‌افزایی عناصر غذایی باشد (Bergmann, 1979).

کمبود مواد مغذی می‌تواند نه تنها به دلیل کمبود اجزای محیط کشت داده شده یا محلول غذایی باشد، بلکه می‌تواند تحت تأثیر عوامل فیزیکی و تکنولوژیکی تولید باشد که در جذب عناصر غذایی نقش دارند. تغییرات ناگهانی آب وهوایی به معنای تنش شدید برای فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان (مانند تعرق، فتوسنتز) است که در ارتباط قوی با انتقال و ترکیب عناصر غذایی مانند یون‌های Ca^{+2} هستند. کشت فلفل دلمه‌ای در فصل تابستان به دلیل تغییر شرایط اکولوژیکی و احتمال کمبود Ca^{2+} باعث پوسیدگی گلگاه به تعداد فزاینده روی میوه‌های فلفل دلمه‌ای می‌شود. در شکل‌گیری علائم کمبود نه تنها سطح $CaCO_3$ و EC خاک یا محلول غذایی می‌تواند نقش مهمی ایفا کند، بلکه وضعیت ادافیک (Edaphic) مرکز رشد، سطح تابش، دمای هوای داخلی و دمای ناحیه ریشه می‌تواند نقش مهمی ایفا کند. تعرق به شدت تحت تأثیر رطوبت نسبی هوا و همچنین سایه و هوادهی گیاه است (Lantos et al., 2010). کمبود یون‌های Ca^{2+} باعث نکروز غیرقابل برگشت بافتی می‌شود که به اصطلاح پوسیدگی گلگاه میوه فلفل (BER) می‌باشد که کیفیت محصول را بشدت کاهش می‌دهد و در بیشتر موارد آسیب‌های بافتی برگشت‌ناپذیر است و حتی با مکمل فوری کلسیم نیز بهبود نمی‌یابد (Lantos et al, 2012). با توجه به حساسیت شدید فلفل دلمه‌ای به کمبود ناشی از کلسیم و اثرات ناشی از کمبود این عنصر در

این محصول، در این مقاله به صورت خلاصه تأثیر کلسیم بر فلفل دلمه‌ای در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

گیاه فلفل

فلفل (Capsicum annuum L.) متعلق به خانواده Solanaceae است که این خانواده علاوه بر فلفل، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و بادمجان را نیز شامل می‌شود. دو نوع فلفل وجود دارد، فلفل دلمه‌ای (پاپریکا) و فلفل تند (فلفل چیلی). ماده کپسایسین که احساس گرما و تندی ایجاد می‌کند و با لمس هر بافتی احساس سوزش ایجاد می‌کند، یکی از حیاتی‌ترین اجزای آن است. کشت و تولید فلفل یکی از محصولات اصلی سبزی و صیفی محسوب می‌شود و مزیت اقتصادی دارد که بر درآمد بسیاری از تولیدکنندگان در جهان تأثیر می‌گذارد. مکزیک به عنوان مرکزی برای اهلی کردن و تنوع ژنتیکی فلفل چیلی، گونه‌های کشت شده زیادی دارد (Ballina-Gomez *et al*, 2013).

فلفل, گیاهی با مورفولوژی است که از نظر الگوی رشد با گوجه فرنگی متفاوت است. در گوجه فرنگی دو نوع عادت وجود دارد که اولی تیپ رشد نامحدود و دومی تیپ رشد محدود است. با این حال، گزارش‌های تحقیقاتی نشان داد که فلفل دلمه‌ای یک گونه نامشخص با رشد بی‌نهایت شاخه است. گیاهان رشد نامحدود به طور مداوم رشد می‌کنند. ساقه و شاخه‌ها به رشد خود ادامه می‌دهند. بوته فلفل دارای سیستم ریشه‌ای کم‌عمق است. به طور معمول چند ریشه جانبی اصلی وجود دارد که می‌تواند به عمق 2 متر برسد تا به خاک نفوذ کند. گل‌های سفید در مرحله رشد اولیه کوچک و هرمافرودیت هستند (هر دو جنس در یک گل) (Kim *et al*, 2006).

فلفل از نظر اکولوژیکی گیاهی تابستانی و گرمسیری است. فلفل یخبندان را تحمل نمی‌کند و در واقع گیاهی استوایی به حساب می‌آید. در جایی که دما به کمتر از 12 درجه سانتی‌گراد برسد، رشد نخواهد یافت. بنابراین داشتن آب و هوای معتدل ضروری است. pH مناسب خاک در محدوده‌ی 5/5 تا 6 در نظر گرفته شده است (Massimi & Al-Bdour, 2018).

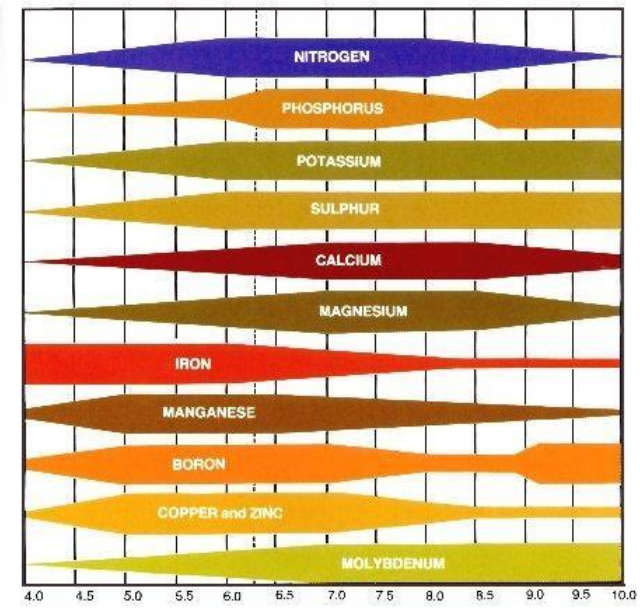
کمبود ناشی از عناصر غذایی

تنش‌های محیطی مانند کمبود مواد مغذی از عوامل کلیدی هستند که عملکرد هر محصول باغی را محدود می‌کنند. منطقی و قابل درک است که کمبود عناصر غذایی مورد نیاز برای فرآیندهای حیاتی و رشد گیاه یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که عکس آن افزایش عناصر محلول خاک در نظر گرفته می‌شود (Massimi & Rodocz, 2021).

تغذیه گیاه به این معنی است که گیاه مواد مغذی مورد نیاز برای رشد و فرآیندهای بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و شیمیایی آن را که ضامن تولید در کمیت و کیفیت است، به دست می‌آورد. سایر موجودات زنده مانند انسان، حیوانات و گیاهان به عناصر زیر نیاز دارند: اکسیژن، کربن، هیدروژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد و آهن. این گیاه همچنین به روی، بور و منگنز نیاز دارد. افزایش فاکتورهایی مانند دما و وقوع حوادثی مانند خشک‌سالی ممکن است منجر به تجمع یک یا چند جزء در محلول غذایی خاک شود و در نتیجه شرایط برای جذب این عناصر مهیا نشود (Zhou *et al*, 2010).

ازآنجایی که این تحقیق به طور تخصصی به تبیین کمبود مواد مغذی و عدم افزایش آن‌ها می‌پردازد لازم است به موضوع روابط شیمیایی در آب و خاک پرداخته شود؛ جایی که حضور یک عنصر خاص ممکن است با افزایش (برهمکنش هم‌افزایی) یا کاهش عنصر دیگر (رابطه آنتاگونیستی) رابطه داشته باشد. همچنین آمادگی عناصر برای جذب توسط گیاه به سطح pH خاک بستگی دارد. یک رابطه بین اسیدیته خاک (pH) و جذب مواد مغذی و آماده‌سازی برای گیاهان توسط علم مدرن نشان داده شده است (Kettering *et al*, 2005).

pH خاک بر جذب درشت مغذی‌ها و ریزمغذی‌ها تأثیر می‌گذارد. از طریق افزایش pH، ظرفیت جذب ریزمغذی‌ها به‌جز مولیبدن کاهش می‌یابد. برعکس، اگر اسیدیته خاک افزایش یابد، جذب عناصر غذایی اصلی (درشت مغذی‌ها) از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، کلسیم و منیزیم به درجات و حدود متفاوتی افزایش می‌یابد. در نتیجه، عناصر کم مصرف (ریزمغذی‌ها) مانند آهن، منگنز، بور، مس و روی به طور مؤثری کمتر جذب می‌شوند (شکل 1) (Gupta *et al*, 2008).



شکل 1- نمودار pH خاک و در دسترس بودن مواد مغذی

نقش اصلی عناصر ماکرو (درشت مغذی) در گیاهان عالی

مواد مغذی در صورتی ضروری تلقی می‌شوند که عملکرد خاصی داشته باشند و در ترکیب گیاه قرار گیرند. رادوکز و همکاران در سال 2019 نقش درشت مغذی‌ها را در سلول‌های گیاهی تشریح کردند. نیتروژن (N) و گوگرد (S) در سنتز اسیدهای آمینه و فسفر (P) در سنتز نوکلئوتیدها نقش دارند. منیزیم (Mg) جزء ضروری رنگدانه سبز گیاهی به نام کلروفیل است و کلسیم (Ca) در ترکیبات پکتین یافت می‌شود (جدول 1). گیاهان مقادیر زیادی پتاسیم (K) جذب می‌کند، اما نقش آن در گیاه کاملاً مشخص نیست. پتاسیم برای انتقال آب و تبادل گاز با جو مورد نیاز است (Strey 2021).

جدول 1- مواد مغذی و نقش‌های ضروری برای سلول‌های گیاهی

عناصر ماکرو	نماد	نقش
نیتروژن	N	آمینواسید
گوگرد	S	آمینواسید
فسفر	P	نوکلئوتیدها
منیزیم	Mg	کلروفیل
کلسیم	Ca	پکتین

(Rodocz et al,2019)

نقش و اهمیت کلسیم در فلفل

Ca^{+2} یک درشت مغذی ضروری برای همه گیاهان آلی است. کلسیم چندین عملکرد را در گیاهان انجام می‌دهد، ازجمله تعادل کاتیون-آنیون، فرآیندهای انتقال غشای سلولی و کمک به گسترش سیستم ریشه اولیه. برای تولیدکنندگان سبزی‌ها و صیفی‌جات، مهم‌ترین عملکرد کلسیم در مرحله باردهی محصول، نقش آن در پایداری دیواره سلولی و غشاء سلولی است. اگر در رشد میوه‌ها کمبود کلسیم وجود داشته باشد، یک وضعیت غیرقابل برگشت به نام پوسیدگی گلگاه ایجاد می‌شود (شکل 2). پوسیدگی گلگاه زمانی اتفاق می‌افتد که دیواره سلولی در طول رشد اولیه میوه کمبود کلسیم داشته باشد و منجر به فروپاشی غشای دیواره سلولی و ظاهر شدن حفره‌های تیره و فرورفته در انتهای گلگاه میوه شود (Salim *et al*, 2019; Mayfield & Kelley, 2009).

شکل 2 - علائم ناشی از کمبود کلسیم و بروز عارضه پوسیدگی گلگاه در فلفل دلمه‌ای

عوامل اصلی بروز کمبود کلسیم در فلفل دلمه‌ای

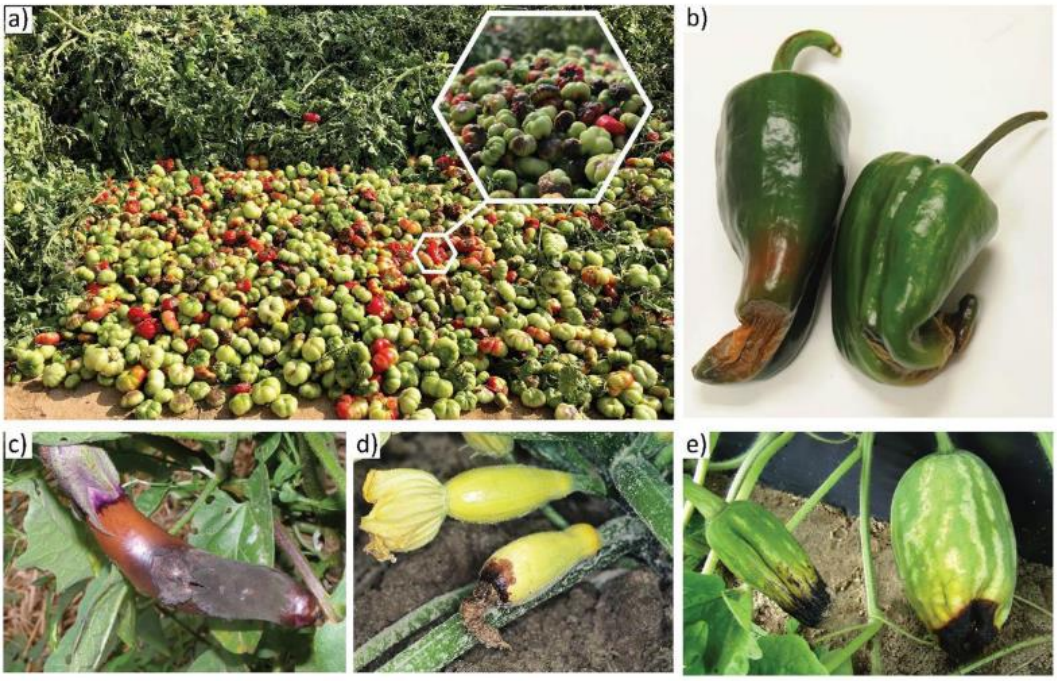
برخی از یافته‌های تحقیقاتی کاهش بروز پوسیدگی گلگاه را با افزایش نرخ آبیاری نشان می‌دهند. با این حال، هیچ توصیه‌ای برای تعیین سطوح رطوبت بحرانی مورد نیاز در خاک برای به حداقل رساندن این اختلال وجود ندارد و همچنین اطلاعاتی در مورد شدت کمبود رطوبتی که باعث پوسیدگی گلگاه می‌شود، وجود ندارد. در حال حاضر، روش "Feel" هنوز امتحان شده‌ترین و واقعی‌ترین روش برای ارزیابی رطوبت خاک در مزرعه است. در امتداد ردیف خاک(در محدوده‌ی ریشه مفید گیاه) باید به اندازه‌ای مرطوب باشد که در دست به شکل توپ درآمده و از هم نپاشد. زمان بهینه برای افزایش آبیاری و اطمینان از تأمین رطوبت کافی از اولین شکوفه دهی تا رشد میوه است (Mayfield & Kelley, 2009).

علائم و شرایط کمبود کلسیم در فلفل دلمه‌ای

علائم کمبود کلسیم در فلفل دلمه‌ای بیشتر به دلیل عدم در دسترس بودن این ماده غذایی برای گیاه است تا کمبود خاک. خاک قلیایی بخصوص در سطح اسیدی (7-8/5) به وفور دارای کلسیم است. علائم کمبود کلسیم معمولاً در برگ‌های جوان جدید ظاهر می‌شود زیرا یک ماده مغذی غیر متحرک گیاه است. بنابراین خاک‌های رسی و آبیاری سنگین می‌توانند کلسیم را حل کرده و در دسترس گیاه قرار دهند. علائم کمبود در خاک‌های

شنی، خشک، خاک‌های اسیدی یا خاک‌های بسیار شور ظاهر می‌شود. همچنین وجود مقدار زیاد عنصر فسفر باعث کاهش جذب کلسیم می‌شود. نیتروژن اضافه نیز باعث کاهش عرضه کلسیم می‌شود. در دسترس بودن منیزیم بر روی در دسترس بودن کلسیم تأثیر دارد (هم افزایی). علائم کمبود کلسیم عبارتند از:

1- لکه‌های زرد روی برگ‌ها 2- برگ‌های بد شکل و حالت خمیده شده 3- عدم رشد شاخه‌های جوان، ریشه‌ها و میوه‌ها 4- تأخیر در رشد 5-پژمردگی گیاه (Strey , 2021). مطالعات گذشته مشخص کرده است که کمبود کلسیم را می‌توان در فلفل در مراحل رشد رویشی، گلدهی و یا باردهی مشاهده کرد. همان‌طور که در بخش بالاتر توضیح داده شد، کلسیم در تشکیل پکتین نقش دارد. بنابراین کمبود این عنصر منجر به فروریختن دیواره‌های سلولی می‌شود. دیواره‌های سلولی گیاهان از پکتین تشکیل شده است که دارای ستون‌هایی از جنس قند اسیدی و زنجیره‌های جانبی قند خنثی است که در چسبندگی سلولی و تشکیل دیواره سلولی نقش دارد. سلول‌های جوان در مرحله میوه‌دهی گیاهان فلفل به کلسیم بیشتری نیاز دارند. این توضیح می‌دهد که چرا پوسیدگی گلگاه در این زمان شروع به شکل‌گیری می‌کند. پوسیدگی گلگاه یک بیماری شدید در فلفل و گوجه‌فرنگی است که به دلیل یک مشکل محیطی (نه عفونت قارچی) ایجاد می‌شود که بیشتر در اثر آبیاری نامناسب یا کمبود کلسیم ایجاد می‌شود (Lantos *et al*, 2012). به گفته آدامز و هو (1993)، پوسیدگی گلگاه معمولاً نتیجه کاهش جذب کلسیم توسط ریشه‌ها است، به دلیل محدودیت عرضه آب یا برهمکنش با سایر مواد مغذی مانند NH_4-N در ناحیه ریشه (lee *et al*, 2012). بنابراین کلسیم ضمن نقش‌های کلیدی که در رشد و افزایش کیفیت میوه دارد، کمبود آن می‌تواند باعث بروز عارضه‌هایی مانند بدشکلی میوه و پوسیدگی گلگاه شود (شکل 3).



شکل 3- پوسیدگی انتهایی گلگاه در محصولات مختلف میوه و سبزی‌ها. a)در گوجه‌فرنگی b) در فلفل c) در بادمجان d) در کدو e) در هندوانه.

روش‌های کاهش کمبود کلسیم در فلفل دلمه‌ای

اگر سطوح کلسیم قبل از آزمایش خاک در حد متوسط (363 تا 544 کیلوگرم کلسیم در هکتار) یا در محدوده بالا (> 544 کیلوگرم کلسیم در هکتار) باشد، فرض می‌شود که سطوح کلسیم خاک برای رشد محصول کافی است. این حتی بیشتر برای pH خاک ≤ 0/6 صادق است، با استفاده از گچ یا آهک مکمل قبل از کاشت در سطوح 227 تا 453 کیلوگرم در هکتار یا بالاتر به همان اندازه برای نتایج آزمایش خاک، تجزیه وتحلیل بافت گیاهی مهم است. برای فلفل دلمه‌ای، درصد کافی کلسیم در بافت برگ درست قبل از (یا در) مرحله اولیه گلدهی باید در محدوده 1 تا 2/5 درصد باشد. ازاین‌رو هیچ توصیه خاصی برای کاهش سطح کلسیم پایین خاک پس از کاشت وجود ندارد. بااین‌حال، نیترات کلسیم ($CaNO_3$) یک منبع محلول در آب از کلسیم و نیتروژن (N) است و به طورمعمول در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای تزریق می‌شود. برخی تحقیقات بر روی ماده نسبتاً جدیدی به نام تیوسولفات کلسیم (CaS_2O_3) آغاز شده است که برای سیستم‌های تزریق قطره‌ای نیز موجود است. تزریق منابع کلسیم محلول باید

از زمان گلدهی شروع شود و تا زمانی که میوه تقریباً به‌اندازه گردویی شدن ادامه یابد. اعتقاد بر این است که این زمان بحرانی است که کلسیم باید به میوه در حال رشد منتقل شود تا از شروع پوسیدگی گلگاه جلوگیری شود. اگرچه برخی از مردم بر این باورند که محلول‌پاشی می‌تواند کمبود کلسیم را در رشد میوه‌ها اصلاح کند، تحقیقات در مورد این موضوع بسیار بی‌نتیجه است. آنچه به‌خوبی شناخته شده است این است که کلسیم فقط از طریق آوند چوبی در گیاه حرکت می‌کند و با جریان آب حاصل از تعرق در ریشه، به سمت بالای گیاه و به سمت برگ‌های در حال رشد حرکت می‌کند. کلسیم توانایی جریان یافتن از برگ‌ها از طریق آبکش به میوه در حال رشد را ندارد. علاوه بر این، هنگامی‌که میوه به‌اندازه گردو بزرگ شد، لایه بیرونی مومی شکل توسعه یافته و اعتقاد بر این است که نسبت به آب کاملاً غیرقابل نفوذ است. بنابراین، توصیه می‌شود که کل کلسیمی که به سبزی‌های بارده می‌رسد از طریق آب آبیاری استفاده شود تا جذب ریشه به حداکثر برسد (Mayfield & Kelley, 2009).

با این حال در مواردی نیاز است که بسته به شرایطی از جمله بالا بودن دما و یا آهکی بودن خاک که در نتیجه آن جذب کلسیم صورت نمی‌گیرد، نسبت به محلول‌پاشی آن اقدام گردد. تغذیه از طریق محلول‌پاشی جایگزین کوددهی از طریق خاک نیست. استفاده در خاک مولدترین و مقرون به‌صرفه‌ترین راه برای تأمین نیازهای اصلی گیاه (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) است. از طرف دیگر، محلول‌پاشی روشی عالی برای تأمین عناصر غذایی ثانویه (کلسیم، منیزیم، و گوگرد) و ریزمغذی‌ها برای گیاهان (روی، منگنز، آهن، مس، بور و مولیبدن) در شرایط خاص می‌باشد. فواید محلول‌پاشی شامل جذب سریع مواد مغذی معدنی را تقویت می‌کند و در عین حال از فعل و انفعالات خاکی که جذب ریشه را به دلیل بی‌حرکتی خاک کاهش می‌دهد، اجتناب می‌کند. این می‌تواند به مشکلات فیزیولوژیکی مرتبط با کمبود مواد مغذی مانند پوسیدگی گلگاه فلفل کمک کند (Haytova, 2013).

بحث

کلسیم برای حفظ ثبات غشای پلاسما ضروری است (Marschner, 1986). این عنصر، زمانی که به درستی تأمین شود، استقرار میوه بیشتر، رشد بیشتر، و بروز کمتر اختلالات فیزیولوژیکی، همراه با افزایش تعداد و وزن میوه‌های تجاری را فراهم می‌کند. مقادیر به دست آمده در مطالعه‌ی Zamban و همکاران در سال 2018 با داده‌های Arruda Júnior و همکاران در سال 2011 در تضاد است که گروه هیبرید را ارزیابی کردند و تأیید کردند که با افزایش دوز کلسیم، کاهش میانگین وزن میوه‌ها مشاهده می‌شود (Zamban *et al*, 2018). از جمله عملکردهای دیگر کلسیم بر تثبیت گل، اثر بر جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده عمل می‌کند (Malavolta *et al*., 1997). در مطالعه‌های گذشته در گیاه گوجه‌فرنگی استفاده دو هفته‌ای کلسیم باعث تجمع قند بیشتر در میوه و وزن میوه‌های تازه در رابطه با عدم وجود کلسیم شد. این در حالی است که همین نتایج در فلفل دلمه‌ای صدق کرد. محلول‌پاشی کلرید کلسیم (0/6 درصد) + بوراکس (0/2 درصد) منجر به ارتفاع حداکثری بوته، افزایش ارتفاع شاخه در بوته، گل، میوه، توده میوه، عملکرد، سفتی میوه و کل مواد جامد محلول و کمترین میزان پوسیدگی در فلفل و گوجه‌فرنگی شد (Rab & Haq, 2012). مطالعات پیشین Zamban و همکاران نشان داد که در فصل رشد بهار و تابستان، تابش خورشید و دماهای بالا باعث تولید بیشتر میوه‌های تجاری شد. این عوامل تأثیر منفی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نداشتند و احتمالاً منجر به مقدار بیشتری از فتوآسیمیلات می‌شوند. این افزایش احتمالی فتوآسیمیلات‌ها در گیاه مقدار بیشتری میوه در هر نژاد، افزایش اندازه میوه، بهبود کیفیت میوه، افزایش تولید تجاری و همچنین بهره‌وری و تولید در هر بوته را فراهم کرد. در فصل رشد بهار و تابستان بیشترین شیوع بیماری‌ها و اختلالات فیزیولوژیکی مشاهده شد. این امر بر بلوغ و کیفیت نهایی میوه‌ها تأثیر می‌گذارد (Zamban *et al*, 2018). عناصر بور و کلسیم در تشکیل میوه با هم عمل می‌کنند و از بروز ضعیف شدن میوه و پوسیدگی می‌کاهند. کمبود یا مقدار زیاد بور منجر به کمبود کلسیم می‌شود که نقش اساسی در دیواره‌های سلولی دارد. ضعیف‌تر شدن غشای سلول‌های میوه بویژه در میوه‌های تازه تشکیل‌شده و در نتیجه از دست دادن فشار تورگور و نشت مایع سلولی رخ می‌دهد (Saure, 2001). کمبود بور مسئول تغییر در انتقال کلسیم در اندام هوایی و میوه است. علاوه بر این، کمبود بور می‌تواند باعث کاهش محتوای کلسیم برگ شود که بر فرآیندهای جذب و جابجایی در گیاه تأثیر می‌گذارد (Yamauchi *et al*., 1986).

پوسیدگی گلگاه یکی از مهم‌ترین اختلالات فیزیولوژیکی در خانواده سولاناسه محسوب می‌شود. این اختلال به دلیل کمبود کلسیم در میوه‌ها ایجاد می‌شود و با ظاهر شدن بافت نکروز در قسمت انتهایی میوه مشخص می‌شود. یکی از توصیه‌ها برای اصلاح کمبود کلسیم، محلول پاشی است. کنترل این اختلال مهم است زیرا پوسیدگی گلگاه

یکی از مؤلفه‌هایی است که بیشترین تأثیر را بر کاهش بهره‌وری این خانواده دارد (Loos *et al*., 2008). تحقیقات بر روی پوسیدگی گلگاه به این یافته‌ها منجر شده است که تأثیر متقابل هموستاز عنصر کلسیم و تجمع ROS (گونه‌های فعال اکسیژن) نقش مهمی در توسعه این اختلال دارد. آن‌ها با هم بر پایداری غشاء و ویژگی‌های دیواره سلولی از نظر میزان متیلاسیون پکتین و در نتیجه ظهور علائم پوسیدگی تأثیر می‌گذارند. ازآنجایی که ترکیبی از استرس محیطی و عوامل تغذیه‌ای بر بروز پوسیدگی گلگاه تا حد زیادی تأثیر می‌گذارد، مدیریت این اختلال در شرایط رشد مزرعه و گلخانه در بسیاری از محیط‌های کشاورزی اغلب دشوار است. در آینده، پرورش‌دهندگان باید هوشیار بمانند و شیوه‌های مدیریت درست مزرعه مانند مالچ پاشی، زهکشی مؤثر آب، سیستم‌های آبیاری مناسب، کاربردهای متعادل کود و احیای خاک که حذف نمک از ناحیه ریشه است را دنبال کنند (Hagassou *et al*. 2019). سایر استراتژی‌های مدیریتی مانند استفاده از بازدارنده‌های رشد نیز می‌توانند به کاهش علائم پوسیدگی گلگاه کمک کنند، اما این‌ها فقط برای تولیدکنندگان تجاری در دسترس هستند. از سوی دیگر، تأکید بیشتر بر استفاده از قدرت تنوع ژنتیکی در ژرم پلاسم محصول برای حداقل کاهش پوسیدگی گلگاه حیاتی است. به عنوان مثال، تمرکز بر افزایش تولید آنتی اکسید آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی باید بروز و شدت پوسیدگی گلگاه را بهبود بخشد. این ترکیبات با تولید آنتی‌اکسیدان بالا از اکسیداسیون لیپید و پروتئین، تجزیه غشا، پلاسمولیز سلولی و در نتیجه از بروز پوسیدگی گلگاه جلوگیری می‌کند. همان‌طور که مطالعات ژنتیکی شروع به روشن کردن ژن‌های زیربنایی پوسیدگی گلگاه می‌کنند، راه‌حل‌های جدیدی برای بهبود محصول در بسیاری از سبزی‌ها امکان‌پذیر است. برای مثال، تنظیم کردن یا حذف ژن‌های حساسیت پوسیدگی گلگاه با استفاده از ژن CRISPR-Cas و یا ویرایش پروموتر باید منجر به توسعه گونه‌های تجاری مقاوم‌تر شود. بنابراین، انتظار می‌رود که ابزار بهبود پوسیدگی گلگاه با ابزارهای جدیدی برای پرورش‌دهندگان گسترش یابد تا گونه‌هایی را توسعه دهند که در برابر این اختلال فیزیولوژیکی اغلب ویرانگر مقاوم‌تر هستند (Topcu *et al*, 2022).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج آزمایش‌های گذشته به طور مداوم اهمیت سطوح کافی کلسیم را برای کشت موفق فلفل دلمه‌ای نشان می‌دهد. آن‌ها اثرات مثبت سطوح بهینه کلسیم را بر کیفیت میوه، عملکرد و مقاومت در برابر بیماری‌ها روشن می‌کنند. کشاورزان با گنجاندن این یافته‌ها در شیوه‌های کشت خود، می‌توانند اطمینان حاصل کنند که محصولات فلفل دلمه‌ای سطوح لازم کلسیم را برای رشد و بهره‌وری مطلوب دریافت می‌کنند و بروز عارضه‌هایی چون بدشکلی و پوسیدگی گلگاه به حداقل خواهد رسید.

منابع

1- جهانگیری، الف.، کیانی، ش.، و حسین پور، ع. 1395. تأثیر محلول‌پاشی منابع و مقادیر مختلف کلسیم بر پوسیدگی انتهای گلگاه میوه فلفل دلمه (Capsicum annuum L.). روابط خاک و گیاه (علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای)، 7(27)، 193-202.

2- محمدی، م.، خادمی، الف.، سعیدی، م.، و بازیگر، م. 1393. اثر کلرید کلسیم بر کنترل پوسیدگی گلگاه در میوه فلفل دلمه‌ای در کشت مزرعه‌ای. همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی.

3- Ballina-Gomez, H., L. Latournerie-Moreno, E. Ruiz-Sánchez, A. Pérez-Gutiérrez, and G. Rosado-Lugo., 2013. Morphological Characterization of Capsicum annuum L. Accessions From Southern Mexico and Their Response to the Bemisia tabaci-Begomovirus Complex. Chilean Journal of Agricultural Research, 73(4): 329-338.

4- Bergmann, W. 1979. Termesztett növények táplálkozás zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

5- Gupta, U.C., W.U. Kening, and L. Siyuan., 2008. Micronutrients in Soils, Crops, and Livestock. Earth Science Frontiers, 15(5):110–125.

6- Haytova, D., 2013. A Review of Foliar Fertilization of Some Vegetables Crops. Annual Review & Research in Biology, 3(4), 455-465.

7- Hagassou D, Francia E, Ronga D, and Buti M. 2019. Blossom end-rot in tomato (*Solanum lycopersicum* L.): A multi-disciplinary overview of inducing factors and control strategies. Sci Hortic. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.042.

8- Ketterings, Q.M., G. Albrecht, and J. Beckman., 2005. Soil pH for Field Crops, Agronomy Fact Sheet Series, Fact Sheet # 5, Cornell University Cooperative Extension.

9- Kim, D.H., M.S. Han, H.W. Cho, Y.D. Jo, M.C. Cho, and B.D. Kim., 2006. Molecular Cloning of a Pepper Gene that Is Homologous to self-pruning. Molecules and Cells, 22(1): 89-96.

10- Lantos, F., Mike, K., Monostori, T. and Helyes, L. 2012. Evaluation of calcium deficiency symptoms in sweet pepper (*capsicum annuum* L.) Fruits

via visual plant diagnosis and microscopic examination. Acta Hortic. 938, 283-289.

11- Lantos, F., Pék, Z., Monostori, T. and Helyes, L. 2010. Studies on the effects of growing substrates and physical factors in sweet pepper forcing in context with the generation of calcium deficiency symptoms. Intl. J. Hort. Sci. 16:61-65.

12- Lee, S., Park, J., Noh, J., and Lim, T. 2012. Comparison of Calcium Content between Blossom-End Rot and Healthy Fruits in Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) Grown in Open Field. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 45. 83-85.

13- ThLoos, R.A., D.J.H. Silva, P.C.R. Fontes, and M.C. Picanço. 2008. Identificação e quantificação dos componentes de perdas de produção do tomateiro em ambiente protegido. Hortic. Bras. 26(2), 281-286.

14- Malavolta, E., G.C. Vitti, and S.A. Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba-SP, Brazil.

15- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London, UK.

16- Mayfield, J.L., and Kelley, W.T. 2009. Blossom-end rot and calcium nutrition of pepper and tomato.

17- Massimi, M, and A. Al-Bdour., 2018. A Short Scientific Note on the Horticultural Crops Optimum Planting Dates in Jordan. Egyptian Journal of Horticulture, 45, 337-340.

18- Massimi, M., and Rodocz, L. 2021. The Action of Nutrients Deficiency on Growth Biometrics, Physiological Traits, Production Indicators, and Disease Development in Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plant: A review. American-eurasian journal of sustainable agriculture. 15(3): 1-19.

19- Rab, A. and I.U. Haq. 2012. Foliar application of calcium chloride and borax influences plant growth, yield, and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. Turk. J. Agric. For. 36, 695-701.

20- Salim, B., Abd El-Gawad, H., Abou El-Yazied, A., and Hikal, M. 2019. Effect of Calcium and Boron on Growth, Fruit Setting and Yield of Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.). Egyptian Journal of Horticulture. 10.21608.

21- Saure, M.C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) - a calcium- or a stess-related disorder? Sci. Hortic. 90(3), 193-208.

22- Strey, R., 2021. PLANTIX Application, 3.3.0, 2021. Progressive Environmental & Agricultural Technologies (PEAT GMBH), Germany (Retrieved February 2021).

23- Topcu, Y., Savithri, U., Nambeesan, U., and Knaap, E. 2022. Blossom-end rot: a century-old problem in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and other vegetables. Molecular Horticulture. 2-1.

24- Yamauchi, T., T. Hara, and Y. Sonida. 1986. Distribution of calcium and boron in the pectin fraction of tomato leaf cell wall. Plant Cell Physiol. 27(4), 729-732.

25- Zamban, D. T., Prochnow, D., Caron, B. O., Turchetto, M., Fontana, D. C., and Schmidt, D. 2018. Applications of calcium and boron increase yields of Italian tomato hybrids (*Solanum lycopersicum*) in two growing seasons.

26- Zhou, J., H. Hu, X. Li, R. Zhao, G. Li, and P. Yang., 2010. Effects of Rootstock on Fruit Yields and Quality of Hydroponically Cultivated Grafted Cucumber under NaCl Stress. Acta Horticulturae,871:63-70.