

مقاله تحقیقی

ارزیابی کارآیی قارچ کش زیستی کانگ می (*Bacillus subtilis* WP) در مدیریت لکه موی گوجه فرنگیبنفشه صفایی فراهانی^۱، مجتبی مرادزاده اسکندری^۲، شهرام نعیمی^۳، مجید رخشنده‌رو^۴، محمدرضا حسینی^۵

۱- استادیار، بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

۲، ۵- استادیار، محقق، بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۳- دانشیار، بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۴- محقق، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

مسئول مکاتبات: بنفشه صفایی فراهانی، ایمیل: Banafshesafaie@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۳

۹۳-۸۱(۲)۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶

چکیده

روش رایج مدیریت بیماری لکه موی گوجه فرنگی در ایران استفاده از قارچ کش‌های شیمیایی است. در پژوهش حاضر کارایی قارچ کش زیستی کانگ می با دوزهای مصرفی ۰/۷۵، یک، دو، سه و چهار در هزار، یک در هزار و ۱/۲۵ در هزار با قارچ کش ایمونوکتادین تریس و شاهد بدون استفاده از قارچ کش مقایسه شد. آزمایش در استان‌های فارس و خراسان رضوی و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و هر تیمار مشتمل بر چهار تکرار انجام شد. محلول‌پاشی اول پس از مرحله گلدهی، محلول‌پاشی دوم با مشاهده اولین علائم بیماری و محلول‌پاشی سوم تا پنجم در بازه‌های زمانی هفت روزه انجام شد. ارزیابی تیمارها شش مرتبه و بر اساس گسترش لکه‌های ناشی از بیماری در برگ‌ها با استفاده از مقیاس ارزیابی پیشرفت بیماری و نمره‌دهی به آن‌ها انجام و داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری شد. نتایج نشان داد قارچ کش بلکیوت بیشترین تأثیر را در کاهش شدت بیماری دارد و قارچ کش زیستی کانگ می با دوز ۱/۲۵ در هزار بیشترین کارایی را در میان دوزهای مورد بررسی داشته و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) را در مقایسه با شاهد در استان‌های فارس و خراسان رضوی به ترتیب ۳۰/۱۶٪ و ۳۳/۲۱٪ کاهش می‌دهد. با توجه به اثرات سوء استفاده از قارچ کش‌های شیمیایی برای سلامتی انسان و محیط زیست و کاهش شدت بیماری لکه موی گوجه فرنگی پس از استفاده از قارچ کش زیستی کانگ می، این فرآورده با دوز ۱/۲۵ در هزار در مزارع گوجه فرنگی کشور به منظور تولید محصول سالم قابل استفاده است.

واژه‌های کلیدی: آلترناریا، خراسان رضوی، فارس، کنترل زیستی، محصول سالم

مقدمه

چین، هند، ایالات متحده آمریکا، ترکیه و مصر بوده است. حدود ۲۰۰ بیماری تولید تجاری گوجه فرنگی را در جهان محدود می‌کنند که از میان آن‌ها بیماری لکه موی اهمیت زیادی در مناطق مختلف دارد (Jones et al., 2014). عامل این بیماری در اغلب مناطق *Alternaria solani* (Ellis &

گوجه فرنگی گیاهی بومی آمریکای جنوبی و یکی از معمول‌ترین محصولات زراعی در جهان است (Gould, 2013). مطابق آمار سازمان فائو در سال ۲۰۱۸، ایران ششمین کشور تولید کننده گوجه فرنگی در جهان پس از کشورهای

کاهش خسارت ناشی از لکه‌موجی گوجه‌فرنگی در مزرعه مؤثر بوده است. قارچ‌کش‌های سیگنوم (Mahdavi *et al.*, 2015b)، کابریو دو (Mahdavi *et al.*, 2015a)، کانستو (Sharifi *et al.*, 2015) نیز از قارچ‌کش‌های مؤثر برای کنترل لکه‌موجی گوجه‌فرنگی در ایران گزارش شده‌اند. نصر اصفهانی نیز گزارش کرد ایمنواکتادین تریس خسارت ناشی از لکه‌موجی را در سیب‌زمینی کاهش می‌دهد (Nasr *et al.*, 2015). علاوه بر این، پژوهش نصر اصفهانی و همکاران نشان داد قارچ‌کش‌های کلروتالونیل، ایپرودیون، مانکوزب و تری‌فلوکسی‌ستروبین رشد و نمو *A. solani* و *A. alternaria* که از مهم‌ترین عوامل ایجادکننده لکه‌موجی هستند را در شرایط درون‌شیشه‌ای کاهش می‌دهد (Nasr *et al.*, 2010).

کاربرد گسترده آفت‌کش‌های شیمیایی سبب بروز مشکلات زیادی مانند افزایش هزینه‌ها، باقی ماندن آفت‌کش‌ها در غذا و خطرات آن‌ها برای سلامتی انسان و محیط زیست شده است. این موضوع سبب شده استفاده از روش‌هایی مانند کنترل زیستی بیمارگرهای گیاهی، مورد توجه بسیاری از پژوهش‌گران قرار گیرد (Alabouvette *et al.*, 2006; Van Driesche *et al.*, 2010). عوامل کنترل زیستی گونه *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn است که علیه بسیاری از بیماری‌های قارچی مانند آنتراکنوز فلفل ناشی از *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc (Ashwini & Srividya, 2014)، کپک خاکستری انگور ناشی از *Botrytis cinerea* Pers. (Furuya *et al.*, 2011)، پوسیدگی ریشه‌ی لوبیا ناشی از *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (de Jensen *et al.*, 2002) و پوسیدگی ریشه ناشی از *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. در گوجه‌فرنگی (Morsy *et al.*, 2009) مؤثر بوده است. علاوه بر این، پژوهش‌های مختلف نشان داده است *B. subtilis* قادر است خسارت ناشی از لکه‌موجی را در گوجه‌فرنگی نیز کاهش دهد (Abbasi & Weselowski, 2014; Abdalla *et al.*, 2014; Chowdappa *et al.*, 2013; Derbalah *et al.*, 2012; Pane & Zaccardelli, 2015).

G. Martin) L.R. Jones & Grout است اگرچه *A. tenuissima* (Kunze) و *alternaria* (Fr.) Keissl. Wiltshire نیز به عنوان عامل لکه‌موجی گوجه‌فرنگی در جهان و ایران گزارش شده است (Bessadat *et al.*, 2017; Ramezani *et al.*, 2019). بیماری لکه‌موجی قادر است برگ، ساقه و میوه‌های گوجه‌فرنگی را آلوده کند و در خزانه نیز موجب مرگ گیاهچه‌ها شود. میزان خسارت ناشی از این بیماری در مناطق آلوده از ۳۵٪ تا ۷۸٪ گزارش شده (Grigolli *et al.*, 2011) و هر ۱٪ افزایش شدت بیماری موجب کاهش ۱/۳۶٪ از محصول می‌شود (Pandey *et al.*, 2003).

مدیریت لکه‌موجی گوجه‌فرنگی با اقدامات به‌زراعی، استفاده از قارچ‌کش و ارقام مقاوم امکان‌پذیر است. اقدامات به‌زراعی مانند استفاده از بذر سالم، آفتاب‌دهی، حذف بقایای آلوده و تناوب با گیاهان غیر میزبان شدت خسارت ناشی از این بیماری را کاهش می‌دهد؛ اما برای کنترل کامل بیماری کافی نیست (Arunakumara *et al.*, 2010; Chaerani & Voorrips, 2006; Jones *et al.*, 2014). کنون قارچ‌کش‌های مختلفی برای مدیریت لکه‌موجی گوجه‌فرنگی معرفی شده است. به عنوان مثال استفاده از کلروتالونیل (Arunakumara *et al.*, 2010; Muthukumar & Udhayakumar, 2017; Raid, 1990)، سولفات مس، زینب (Sadana & Didwania, 2015)، مانکوزب (Arunakumara *et al.*, 2010; Gondal *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2018; Yadav *et al.*, 2018)، بنومیل (Khan *et al.*, 2003)، کاربندازیم (Farooq *et al.*, 2019; Kumar *et al.*, 2017; Sadana & Didwania, 2015; Yadav *et al.*, 2018)، آزوکسی‌استروبین (Anand *et al.*, 2010)، هگزاکونازول (Farooq *et al.*, 2011)، پروپیکونازول (Arunakumara *et al.*, 2010; Raid, 1990) در کاهش خسارت لکه‌موجی گوجه‌فرنگی در مناطق مختلف جهان مؤثر گزارش شده است. در ایران، استفاده از کلروتالونیل (Azimi & Sharifi, 2009) و ترکیب فاموکسادون + سیموکسانیل (Azimi, 2014) در

چهار ردیف وسطی هر کرت، ۱۰ بوته از چهار ردیف وسط انتخاب و علامت گذاری و از هر بوته پنج برگ ارزیابی شد. مراقبت های زراعی شامل آبیاری جوی و پشته ای، تغذیه، وجین، دفع علف های هرز و مبارزه با آفات مطابق روش های مرسوم در منطقه انجام شد.

محلول پاشی گیاهان و ارزیابی بیماری

محلول پاشی گیاهان در پنج نوبت انجام شد. محلول پاشی اول پس از مرحله گلدهی، محلول پاشی دوم با مشاهده اولین علائم بیماری و محلول پاشی سوم تا پنجم در بازه های زمانی هفت روزه انجام شد. ارزیابی بیماری شش مرتبه به این شرح انجام شد: ارزیابی اول تا پنجم پیش از محلول پاشی های اول تا پنجم انجام شده و ارزیابی ششم نیز ۱۴ روز بعد از محلول پاشی پنجم انجام شد. بدین منظور در هر کرت ۱۰ بوته از چهار ردیف وسط انتخاب و علامت گذاری شدند. سپس از هر بوته پنج برگ به صورت تصادفی برای ارزیابی به کار رفت. شدت بیماری با شاخص ۰ تا ۵ تعیین شد (El-Fiki, 2017).

شاخص شدت بیماری (DSI) بر اساس درصد سطح آلوده به بیماری مطابق رابطه $DSI = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i)}{n} \times 100$ محاسبه شد. در این رابطه L مساحت بخش آلوده ی برگ، L مساحت کل برگ و n تعداد برگ است (Campbell & Madden, 1990).

مساحت زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) نیز از رابطه $AUPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$ محاسبه شد. در این رابطه n تعداد دفعات ارزیابی، i نوبت ارزیابی، y_i میانگین شدت بیماری در ارزیابی قبلی، t_i زمان در ارزیابی قبلی، y_{i+1} میانگین شدت بیماری در ارزیابی حاضر و t_{i+1} زمان در ارزیابی حاضر است (Campbell & Madden, 1990).

برای محاسبه کارایی هر یک از تیمارها از رابطه $Ef = 100 - \left(\frac{\bar{x}_t}{\bar{x}_c} \times 100 \right)$ استفاده شد. در این رابطه Ef درصد اثر بخشی تیمار، \bar{x}_t میانگین شدت بیماری در تیمار و \bar{x}_c

با تولید ترکیبات مختلف مانند آنزیم ها و آنتی بیوتیک ها (Hiraoka et al., 1992; Kajimura et al., 1995; Liu et al., 1995; Smith et al., 2000; Stein, 2005) باعث کاهش جمعیت بیمارگرها می شود. علاوه بر این، افزایش رشد گیاه و القای مقاومت توسط این باکتری در بسیاری از گیاهان از جمله گوجه فرنگی نیز به اثبات رسیده است (Abbasi & Weselowski, 2014; Adinarayana et al., 2018; Awan & Shoaib, 2019; Basamma & Kulkarni, 2017; Espinosa-Vázquez et al., 2019; Lastochkina et al., 2019; Moges et al., 2012; Montealegre et al., 2003).

قارچ کش زیستی کانگ می حاوی *B. subtilis* فرمولاسیون پودر و تابل پیش از این برای مدیریت بلاست برنج در کشور با موفقیت به کار رفته (Naeimi et al., 2016) و به ثبت رسیده است. با توجه به امکان کاربرد قارچ کش زیستی کانگ می در تولید محصول سالم در کشور، پژوهش حاضر با هدف افزایش دامنه مصرف این قارچ کش انجام شده است.

مواد و روش ها

آماده سازی مزارع و طراحی آزمایش

آزمایش در استان های فارس و خراسان رضوی انجام شد. در هر استان یک مزرعه آزمایشی که لکه موجی گوجه فرنگی قبلاً در آن مشاهده شده انتخاب و آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار انجام گرفت. تیمارهای شامل ایمنوکتادین تریس (بلیکویوت 40% WP) به مقدار ۷۵۰ گرم در هکتار، کانگ-می (*Bacillus subtilis* WP) به مقدار ۰/۷۵ در هزار، کانگ می (*Bacillus subtilis* WP) به مقدار ۱ در هزار، کانگ می (*Bacillus subtilis* WP) به مقدار ۱/۲۵ و شاهد بدون سم پاشی بود. مقدار پیشنهادی شرکت سازنده برای بررسی مقدار ۱ در هزار بود که ۲۵٪ کمتر و بیشتر از این مقدار نیز مورد بررسی قرار گرفت. هر کرت دارای شش ردیف کاشت با فاصله ۷۵ سانتی متر و طول سه متر بود. نشاءها روی ردیف با فاصله ۴۰ سانتی متر کاشته شدند. بین کرت ها و بین بلوک ها ۱۵۰ سانتی متر فاصله گذاشته شد. در

منحنی پیشرفت بیماری بین تیمارهای مورد آزمایش در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار دارند (جدول ۲). در ارزیابی های سوم تا ششم کمترین میزان شدت بیماری در تیمار بلکیوت و پس از آن در تیمار کانگمی با غلظت ۱/۲۵ در هزار مشاهده شد. در ارزیابی های چهارم تا ششم اختلاف معنی داری میان تیمار کانگمی با غلظت های ۰/۷۵ و ۱ در هزار مشاهده نشد. کمترین میزان سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) در تیمار بلکیوت و پس از آن در تیمار کانگمی با غلظت ۱/۲۵ در هزار مشاهده شد (جدول ۳). سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) در تیمارهای بلکیوت به مقدار ۷۵۰ گرم در هکتار، کانگمی به مقدار ۱/۲۵ در هزار، کانگمی به مقدار ۱ در هزار و کانگمی به مقدار ۰/۷۵ در هزار نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۵۰/۵۰، ۳۰/۱۶، ۱۹/۸۳ و ۱۶/۲۰ درصد کمتر بود. کارایی کانگمی با غلظت ۱/۲۵ در هزار در ارزیابی سوم تا ششم در استان فارس بین ۲۰/۳۱٪ تا ۳۳/۲۷٪ متغیر بود (جدول ۶).

میانگین شدت بیماری در شاهد بدون سم پاشی است (EI-Fiki, 2017).

واکاوی آماری: داده های حاصل با استفاده از برنامه آماری SAS واکاوی و میانگین تیمارها با آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

نتایج به دست آمده از تجزیه مرکب داده های شدت بیماری و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری در استان های فارس و خراسان رضوی حاکی از معنی دار بودن اثر مکان بر تیمارها در سطح ۱٪ بود (جدول ۱). بنابراین تجزیه های آماری برای هر استان به صورت مجزا انجام شد (جدول های ۲-۵).

استان فارس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد شدت بیماری در تمام ارزیابی ها (به استثنای اولین و دومین ارزیابی) و سطح زیر

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب شدت بیماری و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) لکه موی گوجه فرنگی بر اساس دومین تا ششمین زمان ارزیابی در استان های فارس و خراسان رضوی.

Table 1. Compound analysis of variance of disease severity and area under disease progress curve (AUDPC) of tomato early blight based on second to sixth assessment in Fars and Khorasan Razavi provinces.

S.O.V	D.F	2 nd assessment		3 rd assessment		4 th assessment		5 th assessment		6 th assessment		AUDPC	
		M.S	F	M.S	F	M.S	F	M.S	F	M.S	F	M.S	F
		Place	1	707.2	344.9**	3942	53.3**	2537.6	96**	765.6	28.4**	410.8	12.9
Block	3	5.3	2.6 ns	22.9	0.3 ns	6.9	0.2 ns	3.7	0.1 ns	5.8	0.1 ns	977.6	0.1 ns
Place × Block	3	5.1	2.5 ns	33.6	0.5 ns	17	0.6 ns	17.8	0.6 ns	21.5	0.6 ns	2415.4	0.2 ns
Treatment	4	1.3	0.6 ns	835.5	13.7**	1128.5	42.3**	1410.3	52.4**	2811.5	52.88**	1426592.8	161.3**
Treatment × Place	4	0.5	0.2 ns	303.1	4.9**	127.8	4.84**	15.3	0.5**	99	3.1**	50957.5	5.7**
Error	24	2		60.8		633.8		26.8		31.7		8842.4	
C.V (%)			22.3		24.9		11		9.5		8.4		5.6

D.f: Degree of freedom; M.S: Mean of square; AUDPC: Area under disease progress curve; n.s.: not significant; **: Significant at 1% probability level.

جدول ۲- تجزیه واریانس شدت بیماری و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) لکه موجی گوجه فرنگی بر اساس اولین تا ششمین زمان ارزیابی در استان فارس.

Table 2. Analysis of variance of disease severity and area under disease progress curve (AUDPC) of tomato early blight based on second to sixth assessment in Fars province.

S.O.V	D.F	2 nd		3 rd		4 th		5 th		6 th		AUDPC	
		assessment		assessment		assessment		assessment		assessment		M.S	F
		M.S	F	M.S	F	M.S	F	M.S	F	M.S	F		
Block	3	0.08	1 ns	2	0.2 ns	1.1	0.09 ns	9.9	0.8 ns	23.3	2.4 ns	707.7	0.3 ns
Treatment	4	0.4	5.1 ns	75.7	7.8**	251.2	19.20**	602.8	53.5**	1398.8	145.1**	475618.1	212.2**
Error	12	0.08		9.6		13		11.2		9.63		2240.6	
C.V (%)		13		13.9		9.3		6.7		6.8		3.3	

D.f: Degree of freedom; MS: Mean of square; AUDPC: Area under disease progress curve; n.s.: not significant; **: Significant at 1% probability level.

جدول ۳- مقایسه میانگین شدت بیماری و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) بر اساس دومین تا ششمین زمان ارزیابی در استان فارس.

Table 3. Mean comparison of disease severity and area under disease progress curve (AUDPC) of tomato early blight based on second to sixth assessment in Fars province.

Treatment	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	AUDPC
	assessment	assessment	assessment	assessment	assessment	
Belkute® (WP 40%), 750 g ha ⁻¹	2.07a	16.8a	25.7a	31.5a	38.2a	914.6a
CangMei (Bacillus subtilis WP) 1.25 ml L ⁻¹	2.1a	19.2ab	36.7b	46.7b	56b	1290.5b
CangMei (Bacillus subtilis WP) 1 ml L ⁻¹	2a	22.7bc	41.2bc	53.2c	66.2c	1481.4c
CangMei (Bacillus subtilis WP) 0.75 ml L ⁻¹	2.1a	24.5c	43.5c	54.5c	69.4c	1548.5c
Control	2.3a	27.7c	46.2c	64.8d	89.5d	1846d

AUDPC: Area under disease progress curve; Significant differences are denoted by different letters within each column at $P < 0.01$ according to Duncan's Multiple ranges Test.

استان خراسان رضوی

مقدار بوده و در تیمار کانگ می با غلظت های ۰/۷۵ و ۱ در هزار فاقد اختلاف معنی دار بود (جدول ۵). سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری در تیمارهای بلکیوت به مقدار ۷۵۰ گرم در هکتار، کانگ می به مقدار ۱/۲۵ در هزار، کانگ می به مقدار ۱ در هزار و کانگ می به مقدار ۰/۷۵ در هزار نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۵۳/۲۳، ۳۳/۲۱، ۱۸/۱۱ و ۱۴/۶۶ درصد کمتر بود. کارآیی کانگ می با غلظت ۱/۲۵ در هزار در ارزیابی سوم تا ششم در استان خراسان رضوی از ۲۹/۱۴ تا ۵۱/۸۸٪ بود (جدول ۶).

بررسی نتایج نشان داد اختلاف معنی داری میان شدت بیماری (در ارزیابی سوم تا ششم) و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بین تیمارهای مورد آزمایش در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول ۴). تیمارهای بلکیوت و کانگ می با غلظت ۱/۲۵ در هزار به ترتیب کمترین میزان شدت بیماری را در ارزیابی های سوم تا ششم نشان دادند. شدت بیماری در تیمارهای کانگ می با غلظت های ۰/۷۵ و ۱ در هزار اختلاف معنی داری با یکدیگر در ارزیابی چهارم تا ششم نشان نداد. سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری به ترتیب در تیمار بلکیوت و کانگ می با غلظت ۱/۲۵ کمترین

جدول ۴- تجزیه واریانس شدت بیماری و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) لکه موجی گوجه فرنگی بر اساس دومین تا ششمین زمان ارزیابی در استان خراسان رضوی.

Table 4. Analysis of variance of disease severity and area under disease progress curve (AUDPC) of tomato early blight based on second to sixth assessment in Khorasan Razavi province.

S.O.V	D.F	2 nd assessment		3 rd assessment		4 th assessment		5 th assessment		6 th assessment		AUDPC	
		M.S	F	M.S	F	M.S	F	M.S	F	M.S	F	M.S	F
Block	3	10.4	2.5 ns	54.5	0.4 ns	22.8	0.5 ns	11.5	0.2 ns	4	0.08ns	2685.3	0.1 ns
Treatment	4	1.5	0.3 ns	1062.9	9.4**	1005.1	25.29**	822.9	19.3**	1511.7	28**	1001932.2	64.8**
Error	12	4		112.1		39.7		42.4		53.8		15444.2	
C.V (%)		18.8		26.3		11.5		11.1		10.4		6.5	

D.f: Degree of freedom; MS: Mean of square; AUDPC: Area under disease progress curve; n.s.: not significant; **: Significant at 1% probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین شدت بیماری و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) لکه موجی گوجه فرنگی بر اساس دومین تا ششمین زمان ارزیابی در استان خراسان رضوی.

Table 5. Mean comparison of disease severity and area under disease progress curve (AUDPC) of tomato early blight based on second to sixth assessment in Khorasan Razavi province.

Treatment	2 nd assessment	3 rd assessment	4 th assessment	5 th assessment	6 th assessment	AUDPC
Belkute® (WP 40%), 750 g ha ⁻¹	9.7a	24.5a	30a	37.5a	40a	1156.7a
CangMei (Bacillus subtilis WP) 1.25 ml L ⁻¹	10.2a	31.8ab	48.7b	52b	62b	1652.3b
CangMei (Bacillus subtilis WP) 1 ml L ⁻¹	11a	33.7ab	60.6c	64c	82.5c	2025.6c
CangMei (Bacillus subtilis WP) 0.75 ml L ⁻¹	10.8a	45b	63.1c	65.2cd	79.2c	2110.9c
Control	11.2a	66.2c	70.6c	74.7d	87.5c	2473.6d

AUDPC: Area under disease progress curve; Significant differences are denoted by different letters within each column at $P < 0.01$ according to Duncan's Multiple ranges Test.

جدول ۶- درصد اثربخشی تیمارهای آزمایش در کاهش شدت بیماری و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) لکه موجی گوجه فرنگی بر اساس سومین تا ششمین زمان ارزیابی در استان های فارس و خراسان رضوی.

Table 6. Effectiveness percentage of treatments in reducing disease severity and Area under disease progress curve (AUDPC) of tomato early blight based on third to sixth assessment in Fars and Khorasan Razavi provinces.

Treatment	Fars				AUDPC	Khorasan Razavi				AUDPC
	3 rd assessment	4 th assessment	5 th assessment	6 th assessment		3 rd assessment	4 th assessment	5 th assessment	6 th assessment	
Belkute® (WP 40%), 750 g ha ⁻¹	39.7	43.8	51.5	57.1	50.5	63.2	57.5	49.8	55.7	53.2
CangMei (Bacillus subtilis WP) 1.25 ml L ⁻¹	31	20.3	28.2	37.2	30.1	51.8	30.9	30.4	29.1	33.2
CangMei (Bacillus subtilis WP) 1 ml L ⁻¹	18.6	10.8	18.6	25.8	19.8	49	14.1	14.3	9.4	18.1
CangMei (Bacillus subtilis WP) 0.75 ml L ⁻¹	12.2	5.8	16.4	23.2	16.2	32.7	10.6	12.7	5.7	14.6

بحث

تجزیه مرکب داده‌های به دست آمده در این پژوهش نشان دهنده معنی دار بودن اثر مکان و تیمار×مکان بود. بنابراین نتایج استان‌های فارس و خراسان رضوی به طور مجزا مورد بررسی قرار گرفت. معنی دار بودن اثر مکان و تیمار×مکان ممکن است ناشی از تفاوت در اقلیم، فشار جمعیت عامل بیماری، تغذیه و تاریخ کشت میزبان در مناطق مورد آزمون باشد (Sharifi et al., 2015).

اثر تیمار در هیچ‌یک از ارزیابی‌های اول و دوم در استان‌های فارس و خراسان رضوی معنی دار نبود. ارزیابی اول پیش از اولین سم‌پاشی (بعد از گلدهی گیاه) انجام شد. در این مرحله علائم بیماری در مزرعه وجود نداشته است؛ بنابراین تفاوت معنی داری نیز بین تیمارهای مشاهده نشده است. ارزیابی دوم پیش از دومین سم‌پاشی و به محض مشاهده‌ی اولین علائم بیماری در مزرعه انجام شده است. عدم مشاهده‌ی اختلاف معنی دار بین تیمارها نشان می‌دهد بیماری به صورت یکناخت در مزرعه آغاز شده و نخستین سم‌پاشی که در مرحله گلدهی و پیش از بروز علائم بیماری انجام شده تأثیر معنی داری در آغاز بیماری در مزرعه نداشته است. با توجه به معنی دار بودن اثر تیمار در ارزیابی‌های سوم تا ششم در استان‌های فارس و خراسان رضوی، می‌توان نتیجه گرفت که تنها یک بار سم‌پاشی پیش از شروع علائم بیماری با قارچ‌کش‌های مورد آزمون در این پژوهش، برای مشاهده‌ی اختلاف معنی دار با شاهد کافی نیست و لازم است سم‌پاشی پس از شروع بیماری در مزرعه ادامه پیدا کند.

در پژوهش حاضر، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) هنگام استفاده از قارچ‌کش بلکیوت به مقدار ۷۵۰ گرم در هکتار در استان‌های فارس و خراسان رضوی در مقایسه با شاهد به ترتیب ۵۰/۵۰٪ و ۵۳/۲۳٪ کاهش یافت. تأثیر این قارچ‌کش پیش از این در کنترل بیماری لکه موی سیب‌زمینی در استان اصفهان مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن نشان داده بود قارچ‌کش بلکیوت شدت بیماری را در مناطق مختلف ۲۸/۹۱٪، ۴۲/۴۲٪ و ۴۲/۶۵٪ کاهش می‌دهد (Nasr Esfahani, 2011). پژوهش حاضر با تأیید مطالعه‌ی فوق نشان داد قارچ‌کش بلکیوت قادر به کاهش

شدت بیماری لکه‌موی در مزارع گوجه فرنگی نیز می‌باشد.

بررسی نتایج در استان‌های فارس و خراسان رضوی نشان داد که از نظر سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC)، اختلاف معنی داری بین تیمارهای کانگ‌می با غلظت ۱ در هزار و ۰/۷۵ در هزار وجود ندارد. تیمار کانگ‌می با غلظت ۱/۲۵ در هزار در مقایسه با سایر غلظت‌ها اختلاف بیشتری با شاهد بدون سم‌پاشی داشته و مناسب‌ترین غلظت این قارچ‌کش برای مدیریت بیماری لکه موی گوجه‌فرنگی محسوب می‌شود. استفاده از کانگ‌می با غلظت ۱/۲۵ در هزار در استان‌های فارس و خراسان رضوی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۳۰/۱۶٪ و ۳۳/۲۱٪ کاهش داد.

آسیب‌های ناشی از کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی مانند باقی ماندن آفت‌کش‌ها در غذا و خطرات آن‌ها برای سلامتی انسان و محیط زیست سبب شده استفاده از روش‌های مبتنی بر کنترل زیستی بیمارگرهای گیاهی مورد توجه بسیاری از پژوهش‌گران قرار گیرد (Alabouvette et al., 2006; Van Driesche et al., 2010). یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل زیستی، باکتری *B. subtilis* است که در برابر بسیاری از بیماری‌های قارچی مؤثر بوده است (Ashwini & Srividya, 2014; Furuya et al., 2011; de Jensen et al., 2009; Morsy et al., 2002). باکتری *B. subtilis* با تولید انواع آنزیم‌ها و آنتی‌بیوتیک‌ها جمعیت بیمارگرهای گیاهی را کاهش می‌دهد (Hiraoka et al., 1992; Kajimura et al., 1995; Liu et al., 1995; Smith et al., 2000; Stein, 2005). علاوه بر این، *B. subtilis* در بسیاری از گیاهان از جمله گوجه‌فرنگی سبب افزایش رشد گیاه و القای مقاومت می‌شود (Abbasi & Weselowski, 2014; Adinarayana et al., 2018; Awan & Shoaib, 2019; Basamma & Kulkarni, 2017; Espinosa-Vázquez et al., 2019; Lastochkina et al., 2019; Moges et al., 2012; Montealegre et al., 2003).

استفاده از سوسپانسیون‌های غیرتجاری *B. subtilis* برای کنترل بیماری لکه‌موی گوجه‌فرنگی در پژوهش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. اسپری هوایی سوسپانسیون *B. subtilis* به گیاهچه‌های یک ماهه

گوجه‌فرنگی شوند، اما این قابلیت را دارند که به عنوان سموم جایگزین به منظور کاهش مصرف سموم شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند (Metz, 2017). یافته‌های پژوهش حاضر ضمن تأیید مطالعه‌ی فوق نشان داد قارچ کش زیستی کانگمی در مقایسه با سموم شیمیایی کارایی کمتری در کنترل بیماری لکه موجی گوجه‌فرنگی دارد اما کارایی حدود ۳۰٪ این قارچ کش نشان دهنده قابلیت آن در تولید محصول سالم به عنوان جایگزین استفاده از سموم شیمیایی است.

استفاده از *B. subtilis* سبب افزایش رشد و میزان محصول در بسیاری از گیاهان از جمله گوجه‌فرنگی می‌شود (Abbasi & Weselowski, 2014; Adinarayana et al., 2018; Awan & Shoaib, 2019; Basamma & Kulkarni, 2017; Espinosa-Vázquez et al., 2019; Lastochkina et al., 2019; Moges et al., 2012; Montealegre et al., 2003). اگرچه مولفه‌های رشد و میزان تولید محصول در پژوهش حاضر بررسی نشد اما مطالعه‌ی نعیمی و همکاران (Naimi et al., 2016) نشان داد استفاده از قارچ کش زیستی کانگمی در مزارع برنج به منظور کنترل بلاست سبب افزایش عملکرد این محصول می‌شود. مطالعات بیش‌تری برای بررسی تأثیر قارچ کش کانگمی در میزان عملکرد گوجه‌فرنگی مورد نیاز است اما این احتمال وجود دارد که افزایش عملکرد ناشی از *B. subtilis* تا حدودی کاهش محصول ناشی از لکه موجی گوجه‌فرنگی را کاهش داده و بر قابلیت کانگمی برای مدیریت لکه موجی گوجه‌فرنگی بیفزاید.

پژوهش حاضر نشان داد کارایی قارچ کش زیستی کانگمی در کنترل بیماری لکه موجی گوجه‌فرنگی از کارایی قارچ کش شیمیایی بلکیوت کمتر است. پیش از این نیز گزارش شده که قارچ‌کش‌های زیستی در کنترل بیماری‌های گیاهی در اغلب موارد کارایی کم‌تری نسبت به سموم شیمیایی دارند (Ayilara et al., 2023; Liu et al., 2023; Samada & Tambunan, 2020). اما کیفیت بالاتر مواد غذایی تولید شده با استفاده از آفت‌کش‌های زیستی و قیمت بالاتر محصولات ارگانیک تولید شده با استفاده از این آفت‌کش‌ها استفاده از آن‌ها را علیرغم کارایی کم‌تر

گوجه‌فرنگی در گلخانه شدت بیماری را در مقایسه با شاهد ۴۳٪ کاهش داده است (Moges et al., 2012). در پژوهش دیگری، چهار بار محلول پاشی *B. subtilis* با غلظت ۲ و ۱۰ گرم در لیتر شدت بیماری لکه موجی گوجه‌فرنگی را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۳۵٪ و ۶۵٪ کاهش داد (Basamma & Kulkarni, 2017). همچنین گزارش شده است اسپری کردن *B. subtilis* در شرایط مزرعه شدت لکه موجی در گوجه‌فرنگی را در مقایسه با شاهد ۷۰٪ کاهش می‌دهد (El-Fiki, 2017). استفاده برگی از *B. subtilis* به تنهایی یا همراه با عناصر تغذیه‌ای نیز شدت بیماری لکه موجی را در گوجه‌فرنگی ۶۷٪ و ۸۳٪ کاهش داده است (Awan, 2019). در پژوهش حاضر شدت بیماری لکه موجی گوجه‌فرنگی پس از استفاده از قارچ کش تجاری کانگمی در مقایسه با شاهد حدود ۳۰٪ کاهش یافت که نسبت به مطالعات مذکور کم‌تر می‌باشد. یافته‌های پژوهش حاضر و بسما و کلکری (Basamma & Kulkarni, 2017) نشان داد افزایش غلظت باکتری *B. subtilis* سبب افزایش کارایی آن در کنترل لکه موجی گوجه‌فرنگی می‌شود. بنابراین این احتمال وجود دارد که کم‌تر بودن کارایی قارچ کش کانگمی در پژوهش حاضر در مقایسه با پژوهش‌های فوق که در آن‌ها از سوسپانسیون‌های غیر تجاری *B. subtilis* استفاده شده است به دلیل غلظت بالاتر *B. subtilis* در پژوهش‌های مذکور باشد؛ اگرچه تفاوت در سویه‌های باکتری *B. subtilis* مورد استفاده نیز می‌تواند در میزان کارایی آن در کنترل بیماری لکه موجی گوجه‌فرنگی مؤثر باشد.

در سال ۲۰۱۷، کارایی برخی ترکیبات تجاری حاوی قارچ‌کش‌های زیستی با سموم شیمیایی در کنترل بیماری لکه‌موجی گوجه‌فرنگی مقایسه شد. نتایج این پژوهش نشان داد ترکیبات تجاری حاوی قارچ‌کش‌های زیستی *B. subtilis* و *Trichoderma spp.* کارایی کمتری در کاهش شدت بیماری لکه موجی گوجه‌فرنگی داشته و میانگین کارایی آن‌ها حدود ۲۰٪ است. از پژوهش مذکور نتیجه گرفته شد که اگرچه قارچ‌کش‌های زیستی نمی‌توانند جایگزین سموم شیمیایی در کنترل بیماری لکه موجی

در حال حاضر حدود ۱۰ قارچ کش زیستی در فهرست قارچ کش های مجاز کشور به ثبت رسیده است. با توجه حساسیت دولت و مردم برای تولید محصول سالم و عاری از باقی مانده سموم برای مصرف در بازارهای محلی بسیار اهمیت دارد که آفت کش های زیستی برای استفاده حداکثری در کشاورزی شناسایی و معرفی شوند (Pertot *et al.*, 2016; Rettinassababady & Jeyalakshmi, 2014; Samada & Tambunan, 2020). قارچ کش زیستی کانگ می حاوی *B. subtilis* با فرمولاسیون پودر وتابل پیش از این برای مدیریت بلاست برنج در کشور با موفقیت به کار رفته (Naimi *et al.*, 2016) و به ثبت رسیده است. یافته های پژوهش حاضر نشان داد این فرآورده با دوز ۱/۲۵ در هزار در مزارع گوجه فرنگی کشور در برابر بیماری لکه موجی گوجه فرنگی به عنوان جایگزین سموم شیمیایی به منظور تولید محصول سالم قابل توصیه است.

نویسندگان از مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور برای حمایت از این پژوهش با شماره پروژه ۹۹۰۳۳۲-۹۹-۰۴۵-۱۶-۵۰ تشکر و قدرانی می نمایند.

نسبت به سموم شیمیایی توجه می کند (Ayilara *et al.*, 2023). عدم وجود باقی مانده سموم شیمیایی در محصولات تولید شده با استفاده از آفت کش های زیستی و سلامت استفاده از این محصولات برای کارگران سم پاش سبب تمایل رو به افزایش استفاده از این آفت کش ها در سراسر دنیا شده است. قارچ کش های زیستی به دلیل مکانیسم عمل پیچیده باعث بروز مقاومت در جمعیت بیمارگر نمی شوند. بنابراین استفاده از قارچ کش های زیستی در مدیریت تلفیقی بیماری های گیاهی باعث افزایش تولید محصولات، عدم بروز مقاومت به سموم، بهبود ارزش غذایی محصولات، کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش سلامت جامعه می شود (Ayilara *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2023; Pertot *et al.*, 2016; Rettinassababady & Jeyalakshmi, 2014; Samada & Tambunan, 2020). آمریکا بزرگ ترین سهم را در بازار جهانی آفت کش های زیستی به خود اختصاص داده است در حالی که سهم آسیا از این بازار تنها ۶٪ است (Samada & Tambunan, 2020).

سپاسگزاری

References

- Abbasi, P.A. & Weselowski, B. 2014. Influence of foliar sprays of *Bacillus subtilis* QST 713 on development of early blight disease and yield of field tomatoes in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36(2): 170–178.
- Abdalla, S.A., Algam, S.A., Ibrahim, E.A. & Naim, A.M.E. 2014. In vitro screening of *Bacillus* isolates for biological control of early blight disease of tomato in shambat soil. *World Journal of Agricultural Research*, 2(2): 47–50.
- Adinarayana, M., Narasegowda, N. & Devappa, V. 2018. Effect of *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens* on Growth, Yield and Control of Early Blight in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2): 656–664.
- Alabouvette, C., Olivain, C. & Steinberg, C. 2006. Biological control of plant diseases: the European situation. *European Journal of Plant Pathology*, 114(3): 329–341.
- Anand, T., Chandrasekaran, A., Kuttalam, S., & Samiyappan, R. 2010. Evaluation of azoxystrobin (Amistar 25 SC) against early leaf blight and leaf spot diseases of tomato. *Journal of Agricultural Technology*, 6(3): 469–485.
- Arunakumara, K.T., Kulkarni, M.S., Thammaiah, N. & Hegde, Y. 2010. Fungicidal management of early blight of tomato. *Indian Phytopathology*, 63(1): 96–97.
- Ashwini, N. & Srividya, S. 2014. Potentiality of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent for management of anthracnose disease of chilli caused by *Colletotrichum gloeosporioides* OGC1. *Biotech*, 4(2): 127–136.
- Awan, Z.A., & Shoaib, A. 2019. Combating early blight infection by employing *Bacillus subtilis* in combination with plant fertilizers. *Current Plant Biology*, 20(1): 1–8.
- Ayilara, M.S., Adeleke, B.S., Akinola, S.A., Fayose, C.A., Adeyemi, U.T., Gbadegesin, L.A., Omole, R.K., Johnson, R.M., Uthman, Q.O. & Babalola, O.O. 2023. Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: A case for microbial pesticides, phytopesticides, and nanobiopesticides. *Frontiers in Microbiology*, 14: 1–16.

- Azimi, H. 2014. Effect of Chlorothalonil and Famoxadone + Cymoxanil in control of early blight disease of tomato under field conditions. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 3(1): 35–48 (In Persian with English Summary).
- Azimi, H. & Sharifi, K. 2009. Investigation on the effects of Chlorothalonil for control of tomato Early blight disease. Final Report of Research Project. Agricultural Research and Education and extension Organization, 23p (In Persian with English Summary).
- Basamma, R.H. & Kulkarni, S. 2017. Growth promoting ability and bioefficacy of *Bacillus subtilis* against powdery mildew and early blight of tomato through foliar spray in pot culture studies. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(2): 244–246.
- Campbell, C.L. & Madden, L.V. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons, New York.
- Chaerani, R. & Voorrips, R.E. 2006. Tomato early blight (*Alternaria solani*): the pathogen, genetics, and breeding for resistance. *Journal of General Plant Pathology*, 72(6): 335–347.
- Chowdappa, P. Kumar, S.M., Lakshmi, M.J. & Upreti, K.K. 2013. Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biological Control*, 65(1): 109–117.
- de Jensen, C.E., Percich, J.A. & Graham, P.H. 2002. Integrated management strategies of bean root rot with *Bacillus subtilis* and Rhizobium in Minnesota. *Field Crops Research*, 74(3): 107–115.
- Derbalah, A.S., Kamel, S.M., Morsy, S.Z. & El-Sawy, M.M. 2012. Alternatives to control powdery mildew and early blight diseases of tomato under greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 22(2): 185–190.
- El-Fiki, I.A.I. 2017. Evaluation of some fungitoxicants for controlling tomato early blight disease. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, 4(2): 38–52.
- Espinosa-Vázquez, M.Á., Espinoza-Medinilla, E.E., Orantes-García, C., Garrido-Ramírez, E. & Rioja-Paradela, T.M. 2019. Salicylic acid and *Bacillus subtilis* as control of early blight (*Alternaria solani*) in tomato plants (*Solanum lycopersicum*). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(1): 161–171.
- Farooq, S., Jat, R.R., Gupta, A., Singh, R., Majeed, M., Nabi, S.U., Bashir, N. & Shah, O.S. 2019. Evaluation of different fungicides against *Alternaria solani* (Ellis & Martin) Sorauer cause of early blight of tomato under laboratory conditions. *The Pharma Innovation Journal*, 8(5):140–142
- Furuya, S., Mochizuki, M., Aoki, Y., Kobayashi, H., Takayanagi, T., Shimizu, M. & Suzuki, S. 2011. Isolation and characterization of *Bacillus subtilis* KS1 for the biocontrol of grapevine fungal diseases. *Biocontrol Science and Technology*, 21(6): 705–720.
- Gondal, A.S., Ijaz, M., Riaz, K. & Khan, A.R. 2012. Effect of different doses of fungicide (Mancozeb) against alternaria leaf blight of tomato in tunnel. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 3(1): 1–3.
- Gould, W.A. 2013. *Tomato Production, Processing and Technology*. Elsevier Science, Cambridge.
- Grigolli, J.F.J., Kubota, M.M., Alves, D.P., Rodrigues, G.B., Cardoso, C.R., Silva, D.J.H.D. & Mizubuti, E.S.G. 2011. Characterization of tomato accessions for resistance to early blight. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11(1): 174–180.
- Hiraoka, H., Asaka, O., Ano, T. & Shoda, M. 1992. Characterization of *Bacillus subtilis* RB14, coproducer of peptide antibiotics iturin A and surfactin. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 38(6): 635–640.
- Jones, J.B., Zitter, T.A., Momol, T.M. & Miller, S.A. 2014. *Compendium of Tomato Diseases and Pests*. APS Press, New York.
- Kajimura, Y., Sugiyama, M. & Kaneda, M. 1995. Bacillopeptins, new cyclic lipopeptide antibiotics from *Bacillus subtilis* FR-2. *The Journal of Antibiotics*, 48(10): 1095–1103.
- Khan, M.A., Rashid, A., & Iqbal, M.J. 2003. Evaluation of foliar applied fungicides against early blight of potato under field conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(5): 543–544.
- Kumar, V., Singh, G. & Tyagi, A. 2017. Evaluation of different fungicides against *Alternaria* leaf blight of tomato (*Alternaria solani*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(6): 2343–2350.
- Lastochkina, O., Seifikalhor, M., Aliniaefard, S., Baymiev, A., Pusenkova, L., Garipova, S., Kulabuhova, D. & Maksimov, I. 2019. *Bacillus* spp.: efficient biotic strategy to control postharvest diseases of fruits and vegetables. *Plants*, 8(4): 1–24.
- Liu, H., Pan, X., Zhang, X. & Wang, J. 1995. Experiments on *Bacillus* strains producing antagonistic proteins. *Chinese Journal of Biological Control*, 11(1): 160–164.
- Liu, K., Qi, Z., Tan, L., Yang, C. & Hu, C. 2023. Mixed Use of Chemical Pesticides and Biopesticides among Rice-Crayfish Integrated System Farmers in China: A Multivariate Probit Approach. *Agriculture*, 13(8): 1590–1607.

- Mahdavi, M., Eslahi, M. & Karampoor, F. 2015a. Study on the efficacy of Cabrio Due (EC 11/2%) in the control of early blight of tomato. Agricultural Research and Education and extension Organization, 35p (In Persian with English Summary).
- Mahdavi, M., Eslahi, M. & Karampoor, F. 2015b. Study of the efficacy of Signum (WG 33/4%) in control of early blight of tomato. Agricultural Research and Education and extension Organization, 34p (In Persian with English Summary).
- Metz, N. 2017. Biologicals for the control of *Alternaria solani* under greenhouse and field conditions. Sixteenth Euroblight Workshop, Aarhus, Denmark, Special Report, 85–90.
- Moges, M.M., val Selvaraj, T. & Jebessa, M.T. 2012. Influence of some antagonistic bacteria against early blight (*Alternaria solani* (Ell. & Mart.) Jones & Grout.) of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). The African Journal of plant Science and Biotechnology, 6(1): 40–44.
- Montealegre, J.R., Reyes, R., Pérez, L.M., Herrera, R., Silva, P. & Besoain, X. 2003. Selection of bioantagonistic bacteria to be used in biological control of *Rhizoctonia solani* in tomato. Electronic Journal of Biotechnology, 6(2): 115–127.
- Morsy, E.M., Abdel-Kawi, K.A. & Khalil, M.N.A. 2009. Efficiency of *Trichoderma viride* and *Bacillus subtilis* as biocontrol agents against *Fusarium solani* on tomato plants. Egyptian Journal of Phytopathology, 37(1): 47–57.
- Muthukumar, A. & Udhayakumar, R. 2017. Evaluation of new molecules of fungicides against early blight (*Alternaria solani* (Ellis and Martin) Jones and Grout) of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). International Journal of Chemical Studies, 5(5): 597–600.
- Naeimi, Sh., Firoozjahi, F., Marzban, R., Khosravi, V., Noori, M., Shokri, R., Omrani, M. & Mohadasi, A. 2016. Evaluation of CangMei, a commercial biofungicide containing *Bacillus subtilis*, in controlling rice blast disease under paddy field conditions. Agricultural Research and Education and extension Organization, 23p (In Persian with English Summary).
- Nasr Esfahani, M. 2011. Studies on the effect of flint fungicide on the control of early blight of potato. Agricultural Research and Education and extension Organization, 20p (In Persian with English Summary).
- Nasr Esfahani, M. 2015. Efficacy of iminocadine tris (WP 40%) Fungicide against Potato Early Blight Disease, *Alternaria solani* (Fr.) Keissler and *A. alternata* Sorauer. Pesticides in Plan Protection Sciences 2: 31–43. (In Persian with English Summary).
- Nasr Esfahani, M., Naderpour, S. & Rafizadeh, N. 2010. Studies on fungistatic effects of some fungicides on growth of *Alternaria alternata* and *A. solani*. Plant Protection Journal, 2(4), 311–332. (In Persian with English Summary).
- Pandey, K.K., Pandey, P.K., Kallou, G. & Banerjee, M.K. 2003. Resistance to early blight of tomato with respect to various parameters of disease epidemics. Journal of general plant pathology, 69(6): 364–371.
- Pane, C. & Zaccardelli, M. 2015. Evaluation of *Bacillus* strains isolated from *Solanaceous phylloplane* for biocontrol of *Alternaria* early blight of tomato. Biological Control, 84(1): 11–18.
- Pertot, I., Puopolo, G., Giovannini, O., Angeli, D., Sicher, C. & Perazzolli, M. 2016. Advantages and limitations involved in the use of microbial biofungicides for the control of root and foliar phytopathogens of fruit crops. Italus Hortus, 23(3): 3–12.
- Raid, R.N. 1990. Evaluation of fungicides for control of early blight in Florida celery production. Florida State Horticultural Society 102: 360–362.
- Ramezani, Y., Taheri, P. & Mamarabadi, M. 2019. Identification of *Alternaria* spp. associated with tomato early blight in Iran and investigating some of their virulence factors. Journal of Plant Pathology, 101(3): 647–659.
- Rettinassabady, C. & Jeyalakshmi, C. 2014. Bio-fungicides: The best alternative for sustainable food security and ecosystem. Microbial Diversity and Biotechnology in Food Security, (14): 401–411.
- Sadana, D. & Didwania, N. 2015. Bioefficacy of fungicides and *Trichoderma harzianum* against *Alternaria solani* causing early blight of tomato. Journal of Agroecology and Natural Resource Management, 2(3): 181–186.
- Samada, L.H. & Tambunan, U.S.F. 2020. Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: A review of their current and future status. OnLine Journal of Biological Science, 20(2): 66–76.
- Sharifi, K. Nasr-Esfahani, M. & Moradzadeh Eskandari, M. 2015. Study on the efficacy of Consento (SC 45%) in controlling the early blight of tomato. Agricultural Research and Education and extension Organization, 29p (In Persian with English Summary).
- Singh, V.P., Khan, R.U. & Devesh, P. 2018. In vitro evaluation of fungicides, bio-control agents and plant extracts against early blight of tomato caused by *Alternaria solani* (Ellis and Martin) Jones and Grout. International Journal of Plant Protection, 11(1): 102–108.
- Smith, T.J., Blackman, S.A. & Foster, S.J. 2000. Autolysins of *Bacillus subtilis*: multiple enzymes with multiple functions. Microbiology, 146(2): 249–262.
- Stein, T. 2005. *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. Molecular microbiology, 56(4): 845–857.

- Tolentino Júnior, J.B., Rezende, R., Itako, A.T., Freitas, P.S.L.D. & Frizzone, J.A. 2011. Drip fungigation in early blight control of tomato. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33(1): 9–14.
- Van Driesche, R.G., Carruthers, R.I., Center, T., Hoddle, M.S., Hough–Goldstein, J., Morin, L., Smith, L., Wagner, D.L., Blossey, B., Brancatini, V. & Casagrande, R. 2010. Classical biological control for the protection of natural ecosystems. *Biological Control*, 54(1): 2–33.
- Yadav, V.K., Kumar, V. & Mani, A. 2018. Evaluation of fungicides, biocontrol agents and plant extracts against early blight of potato caused by *Alternaria solani*. *International Journal of Chemical Studies*, 6(1): 1227–1230.

Evaluation of efficacy of CangMei biofungicide (*Bacillus subtilis* WP) for management of tomato early blight

Banafsheh Safaiefarahani¹, Mojtaba Moradzadeh Eskandari², Shahram Naeimi³, Majid Rakhshandehroo⁴, Mohammad Reza Hosseini⁵

1. Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.

2., 5. Assistant Professor, Researcher, Department of Plant Protection, Khorasan–Razavi Center for Research of Agricultural Science and Natural Resources Center, AREEO, Mashhad, Iran.

3. Associate Professor, Department of Biological Control Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

4. Researcher, Horticulture Crops Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.

Corresponding author: Banafsheh Safaiefarahani, email: Banafshesafaie@gmail.com

Received: Sep., 17, 2023

10(2) 81–93

Accepted: Nov., 04, 2023

Abstract

Application of chemical fungicides is the primary method of tomato early blight disease management in Iran. In this study, the efficacy of CangMei biofungicide in doses of 0.75, 1 and 1.25 ml L⁻¹ were assessed on the control of this disease alongside with Iminoctadine Tris and control without the use of fungicide. The experiment was carried out in Fars and Khorasan Razavi provinces according complete randomized blocks with five treatments and four replicates. The first spraying was performed after flowering stage, the second one was after the first symptoms of the disease was observed and repeated every 7 days up to 5 times. The effects of pesticides were assessed six times on the development of the disease on the leaves based on disease severity and the data was analyzed using SAS software. The results showed the best treatment to control of tomato early blight disease was Belkute®. Cang Mei bio fungicide in dose of 1.25 ml L⁻¹ had the greatest effect among examined doses and reduced Area under disease progress curve (AUPDC) 30.16% and 33.21% in Fars and Khorasan Razavi respectively. Due to the destructive effects of chemical fungicides, Cang Mei could be recommended in dose of 1.25 ml L⁻¹ to produce healthy crop.

Keywords: *Alternaria* sp., Biocontrol, Fars, Healthy crop, Khorasan Razavi.