

اثر برهمکنش کود زیستی و علف کش متری بیوزین بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) و کلونیزاسیون باکتری‌ها

حسن مکاریان^{۱*}، عباس نصیری دهرخی^۲، مهرداد صفرپور^۳، منوچهر قلی‌پور^۱، حمیدرضا اصغری^۱، حسن قربانی قوژدی^۴، حسین میرزایی مقدم^۵

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۲- دانشجوی دکتری اگروکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد اگروکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۴- مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران

۵- گروه مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

* مسئول مکاتبه: H.makarian@yahoo.com

DOI: 10.22034/CSRAR.2021.265743.1078

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی همراه با علف‌کش متری بیوزین بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) در حضور علف‌های هرز، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. تیمارها شامل: وجین و عدم وجین علف هرز، تلقیح نشاء با هر یک از باکتری‌های *Pseudomonas fluorescens* و *Azotobacter crococom* کاربرد علف‌کش متری بیوزین در سه دز ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ گرم از نوع تجاری در هکتار به‌صورت مجزا و در ترکیب با باکتری‌های *P. fluorescens* و *A. crococom* بودند. نتایج نشان داد که کاربرد *A. crococom* و *P. fluorescens* همراه با دز کم علف‌کش سبب افزایش جمعیت باکتری‌ها به‌ترتیب به‌میزان ۵۷/۸۹ و ۵۲/۶۳ درصد در مقایسه با شاهد دارای علف هرز گردید. دز بالای علف‌کش (۱۵۰۰ گرم در هکتار) به‌تنهایی و یا در ترکیب با کودهای زیستی سبب کاهش معنی‌دار کلونیزاسیون باکتری‌ها و رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی گردید. نتایج نشان داد که کاربرد *P. fluorescens* و *A. crococom* در ترکیب با دز کم علف‌کش به‌ترتیب سبب افزایش ۲۶/۴ و ۲۴/۸ درصدی تعداد میوه رسیده در مقایسه با شاهد بدون علف هرز گردید. براساس نتایج آزمایش، کاربرد کودهای زیستی همراه با دزهای پایین علف‌کش متری بیوزین می‌تواند ضمن بهبود رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی و کنترل مطلوب علف‌های هرز، گام مهمی در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار از طریق کاهش مصرف علف‌کش و اثرات سوء زیست‌محیطی آن باشد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، رقابت، سودوموناس، مدیریت تلفیقی

مقدمه

فصل رشد تحت تأثیر رقابت با علف‌های هرز قرار می‌گیرد و همین آسیب اولیه می‌تواند تأثیر به‌سزایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی داشته باشد (Zangoee Nejad, 2013). علف‌های هرز برای کسب آب، مواد غذایی، فضا و نور با گوجه‌فرنگی رقابت نموده و باعث کاهش میزان محصول گوجه‌فرنگی می‌شوند. به‌طوریکه طبق تحقیق انجام شده در ایالت کالیفرنیا، امریکا، میزان افت عملکرد محصول در حضور علف‌هرز سوروف، بین ۷۵-۸ درصد برآورد شده است (Norris et al., 2001).

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) بعد از سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) دومین محصول مهم باغبانی در جهان محسوب می‌شود (Flores et al., 2010). در ۱۰ سال اخیر مساحت زیرکشت و میزان تولید این محصول به‌ترتیب ۲۵ و ۴۰ درصد افزایش یافته است (Sheikhalipour et al., 2019). گوجه‌فرنگی گیاهی از خانواده بادنجانیان^۱ و منبع مهمی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، لیکوپن و پلی‌فنول‌ها می‌باشد (Lai et al., 2007). گوجه‌فرنگی به شدت در ابتدای

از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن با تولید مقادیر قابل ملاحظه هورمون‌های تحریک‌کننده رشد، به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Zahir et al., 2004). باکتری‌های *Pseudomonas* نیز با تولید آنزیم‌های فسفاتاز، سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی فسفردار در خاک می‌شوند. این باکتری‌ها همچنین در تولید مواد بیولوژیک دیگر از جمله هورمون‌های رشد مثل اکسین، جیبرلیک اسید و همچنین ویتامین‌ها در خاک نقش دارند (Rasouli Sadaghiani et al., 2006).

باکتری‌های *Pseudomonas* به عنوان پالاینده‌های زیستی، قادر هستند که آلاینده‌های شیمیایی از جمله آفت‌کش‌ها را در محیط زیست تجزیه کنند. از مهم‌ترین گونه‌های آن، می‌توان به *P. fluorescens*، *P. putida*، *P. aeruginosa* اشاره کرد (Shahgholi et al., 2014). نتایج پژوهشی نشان داد کاربرد کودهای آلی ضمن تاثیرگذاری بر جمعیت و فعالیت‌های میکروبی خاک نقش مهمی در افزایش تجزیه علف‌کش متری بیوزین در خاک دارد (Mehdizadeh et al., 2015). نتایج پژوهش دیگری نیز نشان داد که کودهای آلی و زیستی در حضور علف‌کش متری بیوزین، به‌طور معنی‌داری بر رشد گوجه فرنگی تأثیر مثبت دارند (Makarjian and Shahgholi, 2015). محققان اظهار داشتند باکتری‌های *Pseudomonas* می‌توانند نقش مهمی را در تجزیه آترازین در محیط زیست ایفا کنند. این باکتری‌ها قادرند که از علف‌کش آترازین به عنوان منبع غذایی استفاده کنند و این علف‌کش را از محیط زیست حذف کنند و یا سمیت آن را کاهش دهند (Rezaee et al., 2011).

در گوجه فرنگی نیز مانند سایر گیاهان، رشد بهینه و عملکرد مطلوب از نظر کمی و کیفی تحت تأثیر شرایط تغذیه-ای قرار دارد. تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نظیر پتاسیم، فسفر، نیتروژن و عناصر کم‌مصرف در مجموع باعث بهبود عملکرد و افزایش کیفیت این محصول خواهد شد (Sheikhalipour et al., 2019). بنابراین با توجه به اهمیت تولید محصولات سالم از طریق کاهش مصرف علف‌کش‌ها و نیز نقش ریزموجودات خاکزی در بهبود رشد گیاهان زراعی و افزایش قابلیت رقابت آنها با علف‌های هرز، این پژوهش با هدف

متری‌بیوزین علف‌کشی سیستمیک و انتخابی می‌باشد که به‌صورت پیش‌کاشت و یا پیش‌رویشی برای کنترل شمار زیادی از علف‌های هرز باریک‌برگ و پهن‌برگ در محصولاتی مثل سویا، سیب زمینی، گوجه‌فرنگی و نیشکر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Tomlin, 2000). این علف‌کش به عنوان علف‌کشی با ماندگاری متوسط در خاک شناخته می‌شود و نیمه‌عمر آن در شرایط مزرعه‌ای بین ۳۰ تا ۱۲۰ روز گزارش شده است (Maqueda et al., 2009). به‌علت استفاده گسترده از این علف‌کش در محصولات کشاورزی و ماندگاری نسبتاً زیاد آن در خاک، از پتانسیل نسبتاً بالایی در خسارت به گیاهان غیر هدف موجود در تناوب برخوردار است (Mehdizadeh et al., 2015). مصرف کودهای شیمیایی جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، از عملیات متداول زراعی محسوب می‌شود که یکی از نتایج منفی آن طی سال‌های اخیر، بحران آلودگی‌های زیست‌محیطی، به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب بوده است که به‌صورت زنجیره‌ای به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است. به‌منظور رفع این چالش، تلاش‌های گسترده‌ای با هدف یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها از خاک، صورت گرفته است. کاهش این مخاطرات زیست‌محیطی همراه با افزایش عملکرد گیاهان زراعی، نیازمند استفاده از روش‌های نوین زراعی است (Armak et al., 2018). از جمله این روش‌ها، ارزیابی جامعه زنده و فعال خاک و شناسایی ریزجانداران خاکزی سودمند و استفاده از آنها به عنوان کودهای زیستی است. کودهای زیستی حاوی ریزموجودات مفید خاکزی از قبیل باکتری‌ها، قارچ‌ها و اکتینومیست‌ها یا متابولیت‌های حاصل از آنها می‌باشند که با تشکیل کلونی در بخش‌های داخلی گیاه و یا در ناحیه اطراف ریشه، باعث تحریک رشد گیاه می‌شوند (Zhang et al., 2013). در بین باکتری‌های محرک رشد گیاه، باکتری‌های جنس *Pseudomonas* و *Azotobacter* به‌دلیل توزیع گسترده آنها در خاک، توانایی کلونیزه کردن ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Saharan and Nehra, 2011). باکتری‌های جنس *Azotobacter*

طول جغرافیایی ۵۵ دقیقه طول شمالی و ارتفاع ۱۳۶۶ متر از سطح دریا واقع شده است. میانگین بارندگی سالانه بین ۱۶۰-۱۵۰ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود، میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، در جدول ۱ ارائه شده است.

بررسی تأثیر کودهای زیستی متشکل از باکتری‌های محرک رشد گیاه (*A. crococom* و *P. fluorescens*) همراه با کاربرد علفکش متری بیوزین، بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکردی گیاه گوجه‌فرنگی و جمعیت علف‌های هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در شهر بسطام به اجرا در آمد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil of experimental location

هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	نیترژن کل T.N (%)	کربن آلی O.C (%)	فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس Available K (mg.kg ⁻¹)	شن Sand (%)	لی Slit (%)	رس Clay (%)	بافت Texture
1.46	8.4	0.05	0.47	9.2	115	41	27	32	Loam sand

سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در زمان مناسب به خاک مزرعه اضافه گردید. پس از شخم و تسطیح مزرعه، جوی و پشته‌هایی به عرض ۷۵ سانتی‌متر در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۵ متر ایجاد شد. در ادامه پس از تهیه و آغشته نمودن ریشه نهال گوجه‌فرنگی با باکتری‌ها، کاشت گوجه‌فرنگی در کرت‌ها انجام شد. کاربرد علفکش متری بیوزین با نام تجاری سنکور (ماده مؤثر متری بیوزین تجاری با درجه خلوص ۷۰ درصد (پودر و تابل) با فرمول 4-amino-6-(1,1-dimethylethyl)-3-(methylthio)- (1,2,4-triazin-5(4H)-one)) با استفاده از سمپاش پستی ماتابی پلاس ساخت کشور اسپانیا با نازل تی‌جت، ۱۶ روز قبل از کاشت به مقدار لازم (۳۵۰ لیتر محلول سمی در هکتار) در تیمارهای مربوطه تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. برای بررسی کلونیزاسیون باکتری‌ها، نمونه‌گیری از خاک در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری ۴۵ روز پس از کاشت توسط آگری به قطر پنج سانتی‌متر در پنج نقطه از هر کرت انجام شد و پس از اختلاط و هوا خشک کردن نمونه‌ها، آن‌ها را از الک دو میلی‌متری عبور داده سپس تا مرحله کشت باکتری در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

تلقیح نشاءهای گوجه‌فرنگی (رقم PS) در مرحله چهار تا شش برگی، در تیمارهای مربوطه، با استفاده از مایه تلقیح گونه‌های مختلف

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل ۱۳ تیمار بود. تیمارهای مورد بررسی شامل: T1: عدم وجین علف هرز، T2: وجین تمام فصل علف هرز، T3: تلقیح نشاء با *P. fluorescens*، T4: تلقیح نشاء با *A. crococom*، T5: کاربرد علفکش متری بیوزین (۵۰۰ گرم از نوع تجاری در هکتار)، T6: کاربرد علفکش متری بیوزین (۱۰۰۰ گرم از نوع تجاری در هکتار)، T7: کاربرد علفکش متری بیوزین (۱۵۰۰ گرم از نوع تجاری در هکتار)، T8: کاربرد علفکش متری بیوزین (۵۰۰ گرم از نوع تجاری در هکتار) + تلقیح نشاء با *P. fluorescens*، T9: کاربرد علفکش متری بیوزین (۱۰۰۰ گرم از نوع تجاری در هکتار) + تلقیح نشاء با *P. fluorescens*، T10: کاربرد علفکش متری بیوزین (۱۵۰۰ گرم از نوع تجاری در هکتار) + تلقیح نشاء با *P. fluorescens*، T11: کاربرد علفکش متری بیوزین (۵۰۰ گرم از نوع تجاری در هکتار) + تلقیح نشاء با *A. crococom*، T12: کاربرد علفکش متری بیوزین (۱۰۰۰ گرم از نوع تجاری در هکتار) + تلقیح نشاء با *A. crococom*، T13: کاربرد علفکش متری بیوزین (۱۵۰۰ گرم از نوع تجاری در هکتار) + تلقیح نشاء با *A. crococom* بودند.

براساس نتایج آزمایش خاک و توصیه آزمایشگاه خاکشناسی، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار

جمعیت باکتری‌ها مربوط به تیمار *A. crococom* و *P. fluorescens* بود که با تیمارهای شاهد وجین، تیمار باکتری (*A. crococom* و *P. fluorescens*) + کاربرد علفکش متری بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم و همچنین باکتری (*A. crococom* و *P. fluorescens*) + کاربرد علفکش متری بیوزین به مقدار ۱۰۰۰ گرم در یک گروه آماری قرار داشتند. مطابق این یافته‌ها، گزارش شده است که کاربرد ورمی کمپوست به همراه *P. fluorescens* بیشترین تأثیر را بر جمعیت باکتری‌ها داشت درحالی‌که کمترین اثر مربوط به تیمار شاهد بود (Makarjian and Shahgholi, 2015).

در بین تیمارهای ترکیبی، کاربرد علفکش متری بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* و کاربرد علفکش متری بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم + *A. crococom* به ترتیب سبب افزایش ۴۵ و ۲۰ درصدی میانگین جمعیت باکتری‌ها در مقایسه با کاربرد علفکش متری بیوزین به مقدار ۱۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* و کاربرد علفکش متری بیوزین به مقدار ۱۵۰۰ گرم + *A. crococom* گردیدند. قابل ذکر است که تیمارهای کاربرد علفکش متری بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم + *A. crococom* و کاربرد علفکش متری بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* به ترتیب سبب افزایش ۵۷/۸۹ و ۵۲/۶۳ درصدی میانگین جمعیت باکتری‌ها در مقایسه با شاهد با علف هرز (بدون وجین) گردید (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد در تیمارهایی که علفکش به تنهایی و بدون باکتری استفاده شده است و همچنین در تیمارهایی که دز بالای علفکش (۱۵۰۰ گرم) همراه با باکتری بکار رفته است، کلونیزاسیون باکتری‌ها حداقل مقدار بود. به نظر می‌رسد در دزهای بالای علفکش، سمیت ایجاد شده در خاک شرایط را برای فعالیت باکتری‌ها سخت کرده است و یا ممکن است باعث نابودی این میکروارگانیسم‌های مفید در خاک شده باشد.

در همین راستا، در پژوهشی که به منظور بررسی اثرات علفکش بر ویژگی‌های میکروبی خاک انجام شد، محققین اظهار داشتند که تعداد باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن به‌طور قابل ملاحظه‌ای ۷ الی ۱۴ روز پس از سم‌پاشی کاهش یافتند (Milosevic and Govedarica, 2002). محققان اظهار داشتند که پس از مصرف علفکش به‌مرور زمان، از جمعیت باکتری‌ها به عنوان گونه‌ای از تجزیه‌کنندگان علفکش در

باکتری تهیه شده از شرکت فرآورده‌های زیستی زنجان صورت پذیرفت. کاشت نشاء همزمان با آبیاری در تاریخ ۲۵ خرداد ماه، ۱۶ روز بعد از اعمال علفکش متری بیوزین در صبح زود انجام شد. در طی فصل رشد عملیات داشت شامل آبیاری (هر هفت روز یکبار) و وجین علف‌های هرز در تیمارهای وجین صورت گرفت. برای بررسی جمعیت باکتری‌ها از روش کشت در محیط‌های غذایی (CFU^1) استفاده شد (Aleem et al., 2003). محیط کشت مورد استفاده نوترینت آگار بود که بر اساس دستورالعمل کشت باکتری‌ها در محیط کشت آگار تهیه شده و استریل گردید. طبق این روش ۱۰ گرم خاک از نمونه انتخاب و با استفاده از سری‌های تریقی غلظت‌های متفاوتی از محلول خاک تهیه شد و کشت باکتری‌ها روی محیط استریل انجام گردید (Toyota and Kuninaga, 2006). سپس به مدت ۴۸ ساعت، هر ۱۲ ساعت یکبار، تعداد واحدهای تشکیل‌دهنده کلنی شمارش شد. در انتهای دوره رشد به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های مورد نظر در هر کرت، نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف همراه با دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. سپس از دو ردیف وسط چهار بوته به‌طور تصادفی انتخاب گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه شامل وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع ساقه اصلی، تعداد شاخه فرعی و ویژگی‌های عملکردی گوجه فرنگی شامل تعداد میوه‌های رسیده و نارس و وزن میوه‌های رسیده و نارس اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری از علف‌های هرز نیز در طی فصل رشد به کمک کوادراتی به ابعاد ۳۰ × ۵۰ سانتی‌متر در هر کرت (سه بار در هر کرت به‌طور تصادفی) انجام گرفت و میانگین آن به‌عنوان نمونه معرف هر کرت مورد استفاده قرار گرفت. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. محاسبه ضرایب همبستگی صفات نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گردید.

نتایج و بحث

جمعیت باکتری‌ها

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تیمارهای مختلف در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری بر تعداد کلنی باکتری‌ها داشت (جدول ۲). در بین تیمارهای مختلف، بیشترین تأثیر بر میانگین

1. Colony forming unit

تجزیه نموده و حتی از عناصر غذایی موجود در آن نیز استفاده نمایند (Kargi and Eker, 2004). به هر حال افزایش جمعیت باکتری‌ها در کنار دز کم علف‌کش می‌تواند ناشی از عدم تأثیر علف‌کش بر فعالیت این میکروارگانیسم‌ها باشد یا اینکه ناشی از فعالیت بهتر باکتری به دلیل دسترسی به مواد غذایی بیشتر از طریق تجزیه علف‌کش باشد.

خاک کاسته می‌شود و این روند کاهش می‌شود تا زمانی که شرایط برای تجزیه علف‌کش مهیا نشود، ادامه دارد (Huang *et al.*, 2001). نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد دزهای کم (۵۰۰ گرم) و متوسط علف‌کش (۱۰۰۰ گرم) همراه با باکتری سبب افزایش جمعیت باکتری‌ها در خاک گردید. گزارش شده است که میکروارگانیسم‌های خاک و از جمله باکتری‌ها در دزهای پایین علف‌کش که اجازه فعالیت پیدا می‌کنند می‌توانند علف‌کش‌ها را

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات رشدی گوجه فرنگی و کلونیزاسیون باکتری‌ها تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

Table 2- Results of analysis variance of growth traits of tomato and bacterial colonization as affected by experimental treatments

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		تعداد کلنی Coloni number	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک برگ Dry weight of leaf	وزن خشک ساقه Dry weight of stem
تکرار Replication	2	1.59	1.378	0.019	0.004
تیمار Treatment	12	76.75**	45.78**	0.044**	0.013**
خطا Error	24	6.93	5.64	7.39	6.42
ضریب تغییرات C.V (%)	-	7.64	7.51	8.4	2.3

** و ns به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

** and ns, are significant at $p \leq 0.01$ and non-significant, respectively.

Zahir *et al.*,) گزارش کرده بود، تلقیح شده بود، گزارش کردند (Zahir *et al.*, 1998). نتیجه پژوهش دیگری نشان دادند که تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک باعث افزایش ارتفاع بوته ذرت شد. آن‌ها دلیل این امر را افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود فتوسنتز و ساخت مواد کربوهیدراتی بیشتر در اثر افزایش سطح برگ عنوان کردند (Wu *et al.*, 2005).

در بین تیمارهای ترکیبی، کاربرد علف‌کش متری بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* سبب افزایش ۶/۵ درصدی میانگین ارتفاع بوته در مقایسه با کاربرد علف‌کش متری بیوزین به مقدار ۱۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* گردید. کاربرد ترکیبی علف‌کش متری بیوزین به میزان ۵۰۰ گرم + *A. crococom* باعث افزایش ۵/۷ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار کاربرد علف‌کش متری بیوزین به میزان ۱۵۰۰ گرم + *A. crococom* گردید. محققین گزارش دادند با افزایش دفعات سمپاشی علف‌کش به دو مرتبه، علی‌رغم تأثیر مثبت این علف‌کش بر کنترل گل جالیز، به دلیل اثر نامطلوب آن بر بوته‌ی گوجه‌فرنگی و نیز باکتری‌های موجود در کودهای زیستی و متعاقب آن کاهش

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد بین تیمارهای مختلف از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که بیشترین تأثیر بر ارتفاع بوته‌ها مربوط به کاربرد *A. crococom* + کاربرد علف‌کش متری بیوزین (۱۰۰۰ گرم در هکتار)، *P. fluorescens* + کاربرد علف‌کش متری بیوزین (۵۰۰ گرم در هکتار) و *P. fluorescens* + کاربرد علف‌کش متری بیوزین (۱۰۰۰ گرم در هکتار) در یک سطح آماری قرار داشتند و تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نگردید. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین کاربرد *A. crococom* و *P. fluorescens* به تنهایی در افزایش میانگین ارتفاع بوته مشاهده نگردید، هر چند استفاده از این دو نوع باکتری سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به تیمار با علف هرز و بدون علف هرز گردید. در همین راستا، محققان نیز افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوته ذرت را که بذرهای آن با باکتری

علف کش به ترتیب ۶، ۱۷ و ۲۲ درصد می باشد که احتمالاً علت این امر، کاهش در میزان فتوسنتز و جذب عناصر غذایی به دلیل افزایش در میزان علف کش باشد (Keshavarz, 2018).

جذب نیتروژن و فسفر، رشد بوته کاهش نشان داد (Shirdel *et al.*, 2014). نتایج پژوهش دیگری نشان داد با افزایش میزان علف کش متری بوزین ارتفاع بوته گندم به طور معنی داری کاهش یافت، این کاهش برای سطوح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گرم در هکتار

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات رشدی گوجه فرنگی و کلونیزاسیون باکتری ها تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

Table 3- Mean comparison for growth traits of tomato and bacterial colonization as affected by experimental treatments

تیمارها Treatments	تعداد کلنی باکتری Bacterial colonization (number/gram of soil)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن خشک برگ Dry weight of leaf (g/plant)	وزن خشک ساقه Dry weight of stem (g/plant)
T1	950000d	42.8d	0.47f	0.25h
T2	1450000ab	50.4c	0.62e	0.34g
T3	1700000a	53.6b	0.63de	0.37efg
T4	1800000a	54.6b	0.66cd	0.39def
T5	1200000c	54.9b	0.69bc	0.41bcde
T6	980000d	55.2b	0.67bc	0.39def
T7	850000e	52.3c	0.64de	0.38def
T8	1450000ab	57.3a	0.71ab	0.44abc
T9	1350000ab	56.4a	0.70ab	0.42bcd
T10	1000000d	53.8b	0.68bc	0.39def
T11	1500000ab	59.1a	0.73a	0.46a
T12	1400000ab	58.4a	0.72a	0.42bcd
T13	1250000c	55.7b	0.68bc	0.39def

در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی داری نمی باشند. Means within each column followed by the same letter are not different at 5% level according to least significance difference (LSD) test.

به ویژه میانگین های ساقه و اکسین و سیتوکینین که روی تقسیم سلولی نقش دارند، اثر گذاشته، که نتیجه آن افزایش ارتفاع در بوته است (Ehteshami *et al.*, 2014a). محققان اظهار داشتند باکتری های محرک رشد می توانند ارتفاع بوته و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوکرومها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان، جلوگیری از عوامل بیماریزا و القای مقاومت سیستمیک به عوامل بیماریزا افزایش دهند (Burdman, 1996). محققین اظهار داشتند استفاده از قارچ میکوریزا از اثر منفی علف کش متری بوزین بر ارتفاع بوته می کاهد که احتمالاً دلیل آن می تواند تأمین مواد غذایی بیشتر بخصوص فسفر توسط قارچ میکوریزا باشد (Keshavarz, 2018).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد کمترین میانگین ارتفاع بوته نیز در تیمار شاهد با علف هرز مشاهده گردید (جدول ۳). در

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن بود که تیمارهای کاربرد علف کش متری بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم در هکتار + *A. crococom* و کاربرد علف کش متری بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم در هکتار + *P. fluorescens* در مقایسه با شاهد بدون وجین و همچنین با وجین به طور معنی داری سبب افزایش ارتفاع بوته گردیدند. تیمار کاربرد علف کش متری بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم در هکتار + *A. crococom* سبب افزایش ۱۳/۶۴ درصدی ارتفاع بوته و تیمار کاربرد علف کش متری بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم در هکتار + *P. fluorescens* سبب افزایش ۱۷/۱ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد بدون علف هرز گردید. می توان بیان کرد که در کنار ایفای نقش علف کش در کنترل علف های هرز، این باکتری ها با تأثیر روی سیستم ریشه سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی در گیاه می شوند، همچنین از طریق تولید هورمون هایی مثل جیبرلین که روی رشد طولی سلول ها

نشان داد ارتفاع بوته همبستگی معنی‌دار و بالایی با وزن میوه رسیده (**/۸۸۰) و نارس (**/۹۱۰) داشت (جدول ۴). در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد ارتفاع بوته زیره سبز رابطه مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت؛ به طوریکه بالاترین همبستگی (۸۷ درصد) مربوط به ارتفاع بوته و عملکرد دانه بود (Nasiri Dehsorkhi *et al.*, 2018). در پژوهشی، مطالعه همبستگی ویژگی‌های نشان داد ارتفاع بوته لوبیا قرمز رابطه مثبت و معنی‌داری (۸۹ درصد) با عملکرد دانه داشت (Varnaseri Ghandali *et al.*, 2020). در پژوهش دیگری، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع برنج و عملکرد دانه در هر دو شرایط حضور و عدم حضور علف هرز مشاهده شد (Rezvani *et al.*, 2013).

همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد کمترین ارتفاع بوته لوبیا چشم بلبلی در تیمار شاهد آلوده به علف هرز حاصل گردید، زیرا علف‌های هرز منابع مورد نیاز گیاه از جمله عناصر غذایی، آب و نور را جذب کرده و آن را در تنگنا قرار می‌دهند (Nasiri Dehsorkhi, 2016). نتایج همبستگی ویژگی‌ها (جدول ۴) نشان داد ارتفاع بوته، بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (**/۹۷۰) را با وزن خشک برگ و ساقه داشت. در پژوهشی که به منظور بررسی اثر تراکم بوته و کنترل علف‌های هرز بر کلزا انجام گردید، محققان اظهار داشتند رابطه بسیار بالایی (۹۹ درصد) بین ارتفاع بوته و عملکرد علوفه خشک کلزا مشاهده شد. زیرا هر چه ارتفاع بوته بالاتر باشد امکان تولید شاخه‌های جانبی افزایش یافته که در نهایت منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی می‌گردد (Tavassoli *et al.*, 2018). همچنین نتایج

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در گوجه فرنگی و تراکم کل علف‌های هرز
Table 4- Correlation coefficients between investigated traits of tomato and total weed density

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
۱- تعداد کلونی 1- Coloni number	1								
۲- ارتفاع بوته 2- Plant height	0.39 ^{ns}	1							
۳- وزن خشک برگ 3- Dry weight of leaf	0.31 ^{ns}	0.97 ^{**}	1						
۴- وزن خشک ساقه 4- Dry weight of stem	0.33 ^{ns}	0.97 ^{**}	0.97 ^{**}	1					
۵- تعداد میوه نارس 5- Number of unripe fruit	0.75 ^{**}	0.83 ^{**}	0.76 ^{**}	0.79 ^{**}	1				
۶- وزن میوه نارس 6- Weight of unripe fruit	0.56 [*]	0.91 ^{**}	0.90 ^{**}	0.91 ^{**}	0.84 ^{**}	1			
۷- تعداد میوه رسیده 7- Number of ripe fruit	0.49 ^{ns}	0.95 ^{**}	0.95 ^{**}	0.95 ^{**}	0.85 ^{**}	0.93 ^{**}	1		
۸- وزن میوه رسیده 8- Weight of ripe fruit	0.51 ^{ns}	0.88 ^{**}	0.86 ^{**}	0.91 ^{**}	0.84 ^{**}	0.93 ^{**}	0.93 ^{**}	1	
۹- تعداد کل علف‌های هرز 9- Total weed density	0.15 ^{ns}	-0.58 [*]	-0.7 ^{**}	-0.60 [*]	-0.15 ^{ns}	-0.47 ^{ns}	-0.57 [*]	-0.43 ^{ns}	1

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

وزن خشک برگ

۳ مشاهده می‌شود در بین تیمارهای مختلف، بیشترین تأثیر بر وزن خشک برگ مربوط به تیمار *A. crococom* + کاربرد علف‌کش متری بیوزین (۵۰۰ گرم) بود که البته با تیمارهای *A. crococom* + کاربرد علف‌کش متری بیوزین (۱۰۰۰ گرم)،

مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، وزن خشک برگ به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت. همانطور که در جدول

شدن وزن خشک بخش هوایی ذرت با کاربرد باکتری *A. crococom* گزارش گردید (Nieto and Frankenberger, 1991). تلقیح بذر سویا با باکتری *Pseudomonas* سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و جذب عناصر غذایی نسبت به شرایط بدون تلقیح گردید (Zaidi, 2003). با توجه به نقش باکتری‌های محرک رشد بر جذب آب و عناصر غذایی، همراه با تولید سطح برگ، افزایش وزن خشک برگ در گیاه به‌واسطه تجمع ماده‌ی خشک بیشتر در نتیجه فتوسنتز قابل پیش‌بینی است (Ehteshami and Rabiei, 2014).

در پژوهش حاضر، کمترین میانگین وزن خشک برگ نیز در تیمار شاهد با علف هرز مشاهده گردید (جدول ۳). در همین راستا، گزارش شده است که کمترین وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی در تیمار شاهد آلوده به علف هرز مشاهده گردید (Nasiri Dehsorkhi, 2016). همچنین گزارش شده است که سطح برگ، وزن خشک ساقه و برگ و همچنین وزن خشک کل ذرت با افزایش مدت زمان تداخل علف‌های هرز کاهش پیدا کرد (Saedinezhad and Saffari, 2015). در پژوهش دیگری، محققان اظهار داشتند تداخل علف‌های هرز از طریق کاهش سطح برگ باعث کاهش بیوماس تولیدی سورگوم می‌شود. کاهش سطح برگ سورگوم در اثر تداخل علف‌های هرز باعث می‌شود که میزان مواد فتوسنتزی تولیدی کاهش پیدا کند و نمود این کاهش را می‌توان در کاهش وزن خشک برگ، ساقه و کل دانست (Arabi and Saffari, 2015).

وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین تیمارهای مختلف از نظر وزن خشک ساقه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین-ها، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کاربرد به‌تنهایی *A. crococom* و *P. fluorescens* در افزایش میانگین وزن خشک ساقه مشاهده نگردید، هر چند *A. crococom* سبب افزایش بیشتر (۲/۶۳ درصد) وزن خشک ساقه در مقایسه با *P. fluorescens*؛ نسبت به شاهد وجین گردید (جدول ۳). نتایج نشان داد در بین تیمارهای ترکیبی، کاربرد علف‌کش متری-بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم *P. fluorescens* و کاربرد علف‌کش متری-بیوزین به مقدار ۱۰۰۰ گرم *P. fluorescens* سبب

P. fluorescens + کاربرد علف‌کش متری-بیوزین (۵۰۰ گرم) و *P. fluorescens* + کاربرد علف‌کش متری-بیوزین (۱۰۰۰ گرم) در یک سطح آماری قرار داشتند. کاربرد ترکیبی علف‌کش متری-بیوزین به میزان ۵۰۰ گرم *A. crococom* باعث افزایش ۷/۳۵ درصدی وزن خشک برگ نسبت به تیمار کاربرد علف‌کش متری-بیوزین به میزان ۱۵۰۰ گرم *A. crococom* گردید. از طرفی کاربرد ترکیبی علف‌کش متری-بیوزین به میزان ۱۰۰۰ گرم *A. crococom* + باعث افزایش ۵/۸۸ درصدی وزن خشک برگ نسبت به تیمار کاربرد علف‌کش متری-بیوزین به مقدار ۱۵۰۰ گرم *A. crococom* + گردید. در همین راستا، محققان اظهار داشت با افزایش میزان علف‌کش متری-بیوزین، کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد در تمام سطوح علف‌کش مشاهده می‌گردد. با توجه به اینکه علف‌کش متری-بیوزین باعث اختلال در زنجیره‌ی انتقال الکترون در فتوسیستم II می‌شود به نظر می‌رسد علت این کاهش در میزان وزن خشک اندام هوایی به علت کاهش در فتوسنتز باشد (Keshavarz, 2018). نتایج تحقیقی حاکی از آن است که وزن خشک اندام هوایی کدوی خورشتی با افزایش غلظت متری-بیوزین کاهش می‌یابد، ولی در حالت کلی این کاهش در گیاهان میکوریزی کمی کمتر از گیاهان غیرمیکوریزی بود (Esmailnejad Khiavi and Khara, 2014).

نتایج نشان داد که تیمارهای کاربرد علف‌کش متری-بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم *A. crococom* و کاربرد علف‌کش متری-بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم *P. fluorescens* در مقایسه با شاهد بدون وجین و همچنین با وجین به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن خشک برگ گردید. تیمار علف‌کش متری-بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم *A. crococom* سبب افزایش ۱۷/۷۴ درصدی وزن خشک برگ و تیمار علف‌کش متری-بیوزین به مقدار ۵۰۰ گرم *P. fluorescens* سبب افزایش ۱۴/۵۱ درصدی وزن خشک برگ در مقایسه با شاهد بدون علف هرز گردید. در همین راستا، سایر محققین گزارش نمودند که کاربرد کودهای زیستی وزن خشک بخش هوایی گوجه‌فرنگی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Nemati and Golchin, 2014). محققان، افزایش ۸۱ درصدی وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی را در گیاهچه-های تلقیح شده با *Azotobacter* و *Pseudomonas* گزارش کردند (Carletti et al., 1994). در پژوهش دیگری، پنج برابر

بردن کارایی فتوسنتزی و تولید ماده‌ی خشک در طی دوره‌ی رویش گیاه شلغم علوفه‌ای و در نهایت افزایش عملکرد علوفه تر و خشک با کیفیتی بالا شدند (Ehteshami and Rabiei, 2014).

در این پژوهش، کمترین میانگین وزن خشک ساقه در تیمار شاهد با علف هرز مشاهده شد (جدول ۳). حضور علف‌های هرز منجر به کاهش دسترسی گیاه به مواد غذایی اصلی و همچنین املاح مورد نیاز می‌گردد که باعث کاهش ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه از جمله ماده خشک آن می‌گردد. در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد کمترین وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی در تیمار شاهد آلوده به علف هرز به‌دست آمد (Nasiri Dehsorkhi, 2016).

در پژوهش دیگری، محققان اظهار داشتند وجین دستی علف‌های هرز به‌طور قابل ملاحظه‌ای سبب افزایش وزن خشک نعنای فلفلی شد و توانست تأثیر مستقیمی بر عملکرد خشک آن داشته باشد. این محققین اظهار داشتند با کنترل دستی علف‌های هرز، فضا برای موفقیت گیاه دارویی نعنای فلفلی فراهم شد، زیرا به‌طور مطلوب‌تری توانست از منابع و شرایط به نفع خود بهره گرفته و بر علف‌های هرز برتری یابد (Gity and Raoofy, 2017). نتایج همبستگی ویژگی‌های حاکی از آن بود که وزن خشک ساقه، همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد میوه نارس (**۰/۷۹) و تعداد میوه رسیده (**۰/۹۵) گوجه فرنگی داشت (جدول ۴). در همین راستا، محققین اظهار داشتند هر چه گیاه از تعداد برگ و وزن ساقه بالاتری برخوردار باشد، متعاقباً فرآیند فتوسنتز و انتقال مواد پرورده در گیاه بهتر صورت خواهد گرفت که این امر در نهایت تولید میوه‌های بیشتر را به همراه خواهد داشت (Nasiri Dehsorkhi et al., 2020).

عملکرد گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد ویژگی‌های مرتبط با عملکرد (تعداد و وزن میوه نارس، تعداد و وزن میوه رسیده) به‌طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت (جدول ۵).

افزایش ۱۲/۸۲ و ۷/۶۹ درصدی میانگین وزن خشک ساقه در مقایسه با کاربرد علفکش متری بیوزین به مقدار ۱۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* گردید، در بین تیمارهای ترکیبی علفکش + *A. crococom* نیز کاربرد ترکیبی علفکش متری بیوزین به میزان ۵۰۰ گرم و علفکش به‌میزان ۱۰۰۰ گرم همراه با *A. crococom* به‌ترتیب باعث افزایش ۱۷/۹۴ و ۷/۶ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به تیمار علفکش ۱۵۰۰ گرم + *A. crococom* گردید. نتایج پژوهشی نشان داد در هر دو تیمار میکوریزایی و غیرمیکوریزایی با افزایش میزان علفکش متری بوزین، وزن ماده خشک اندام هوایی کاهش بیشتری می‌یابد (Keshavarz, 2018). متری بوزین باعث اختلال در زنجیره‌ی انتقال الکترون بین پذیرنده‌های PSII و اختلال در عمل روبیسکو می‌شود، از این‌رو باعث کاهش جذب گاز کربنیک و در نهایت کاهش فتوسنتز و زیست توده اندام هوایی می‌گردد (Nemat-Alla et al., 2008).

نتایج نشان داد که کاربرد ترکیبی دز پایین علفکش متری بیوزین (۵۰۰ گرم) همراه با باکتری در مقایسه با شاهد بدون وجین و همچنین با وجین به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن خشک ساقه گردید. این افزایش در وزن خشک ساقه به‌دلیل کنترل مطلوب علف‌های هرز و نیز فعالیت مناسب باکتری‌ها در دزهای پایین علفکش می‌باشد.

در همین راستا، پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که کاربرد *A. crococom* وزن خشک ساقه و ارتفاع ساقه گوجه فرنگی را به-ترتیب ۳۲/۱۴ و ۷/۲۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Makarjian and Shahgholi, 2015). عملکرد، ارتفاع بوته و بیوماس بخش هوایی و ریشه گوجه فرنگی در اثر تلقیح با کودهای زیستی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Nemat and Golchin, 2015).

در پژوهش دیگری، کاربرد ماده تلقیحی *Azotobacter* موجب افزایش وزن خشک ساقه ذرت نسبت به شاهد شد (Biari et al., 2011). باکتری‌های *Pseudomonas* و *Azotobacter* به‌واسطه حلالیت فسفر، تثبیت نیتروژن، تولید سیدروفور از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای، موجب بهبود جذب آب و عناصر غذایی، افزایش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی، افزایش سطح برگ و در نتیجه جذب نور و بالا

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات عملکردی گوجه فرنگی و جمعیت علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده

Table 5- Results of analysis variance of yield traits of tomato and weeds population as affected by experimental treatments

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		تعداد میوه نارس Number of unripe fruit	وزن میوه نارس Weight of unripe fruit	تعداد میوه رسیده Number of ripe fruit	وزن میوه رسیده Weight of ripe fruit	تعداد کل علف‌های هرز Total weed density
تکرار Replication	2	11.42	0.68	62.71	0.004	0.36
تیمار Treatment	12	21.58**	1.67**	6.86**	0.09**	0.38**
خطا Error	24	6.87	7.37	3.45	5.45	0.098
ضریب تغییرات C.V (%)	-	12.93	37.82	14.46	16.32	13.94

** و ns به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و عدم معنی‌داری.

** and ns, are significant at $p \leq 0.01$ and non-significant, respectively.

تعداد میوه نارس

نتایج نشان داد که تعداد میوه نارس تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶)، در بین تیمارهای مختلف، بیشترین تأثیر بر تعداد میوه نارس مربوط به تیمار *A. crococom* + کاربرد علف‌کش متری‌بیوزین به میزان ۵۰۰ گرم بود که بعد از آن تیمارهای *A. crococom* + علف‌کش متری‌بیوزین به میزان ۱۰۰۰ گرم، *P. fluorescens* + کاربرد متری‌بیوزین به میزان ۵۰۰ گرم بود که البته با تیمارهای *A. crococom*، *P. fluorescens* + کاربرد متری‌بیوزین به میزان ۱۰۰۰ گرم در یک گروه آماری بودند. در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد بیشترین تعداد میوه نارس گوجه فرنگی مربوط به تیمار ورمی کمپوست به همراه *P. putida* بود که باعث افزایش ۶۲ درصدی در تعداد میوه‌های نارس شد و کمترین اثر مربوط به تیمار شاهد بود (Shahgholi, 2012). همچنین در پژوهش دیگری، گزارش شد که تلقیح کودهای زیستی تعداد میوه در گیاه گوجه‌فرنگی را بطور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد افزایش داد (Nemati et al., 2015). با توجه به تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر توسعه سیستم و طول ریشه و توانایی ایجاد ارتباط با ریشه، گیاه سطح تماس ریشه خود را با خاک افزایش می‌دهد و در نتیجه آب و عناصر غذایی را بهتر و بیشتر جذب می‌کند، لذا با توجه به افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه تلقیح شده، افزایش

عملکرد چندان دور از انتظار نیست (Ehteshami et al., 2014b).

کاربرد علف‌کش به مقدار ۵۰۰ گرم *P. fluorescens* سبب افزایش معنی‌دار ۱۳/۰۸ درصدی میانگین تعداد میوه نارس در مقایسه با کاربرد علف‌کش به مقدار ۱۵۰۰ گرم *P. fluorescens* گردید. کاربرد ترکیبی علف‌کش به میزان ۵۰۰ گرم *A. crococom* + و میزان ۱۰۰۰ گرم *A. crococom* + نیز به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار ۲۳/۹۲ و ۱۴/۷۲ درصدی تعداد میوه نارس نسبت به تیمار کاربرد علف‌کش به میزان ۱۵۰۰ گرم *A. crococom* گردید. نتایج نشان داد که تیمار کاربرد علف‌کش به میزان ۵۰۰ گرم + *A. crococom* سبب افزایش ۲۹/۵۵ درصدی میوه نارس و تیمار کاربرد علف‌کش به میزان ۵۰۰ گرم *P. fluorescens* سبب افزایش ۴۱/۴۵ درصدی میوه نارس در مقایسه با شاهد بدون علف هرز گردیدند (جدول ۶). محققان اظهار داشتند تلقیح با باکتری‌های محرک رشد از طریق تعدیل کردن اثرات ناشی از تنش شوری، تولید هورمون اکسین و بهبود رشد ریشه گیاهی و در نتیجه افزایش جذب عناصر غذایی و آب و همچنین کنترل عوامل بیمارگر باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه گوجه فرنگی شدند (Soltani Toolarood et al., 2015). کمترین میانگین تعداد میوه نارس نیز در تیمار شاهد با علف هرز و تیمار کاربرد ۱۵۰۰ گرم علف‌کش متری‌بیوزین مشاهده گردید (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات عملکردی گوجه‌فرنگی و جمعیت علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

Table 6- Mean comparison for yield of tomato and weeds population as affected by experimental treatments

تیمارها Treatments	تعداد میوه نارس در بوته Number of unripe fruit per plant	وزن میوه نارس Weight of unripe fruit (kg/plant)	تعداد میوه رسیده در بوته Number of ripe fruit per plant	وزن میوه رسیده Weight of ripe fruit (kg/plant)	تعداد کل علف‌های هرز Total weed density (plant/m ²)
T1	11.1c	1.12c	7.4d	1.3d	734a
T2	14.2b	1.85ab	12.5c	1.9c	3i
T3	17.8ab	2.3a	13.4b	2.2a	384b
T4	18.4a	2.39a	13.5b	2.1ab	412b
T5	15.2b	2.4a	14.7b	2.3a	98f
T6	14.9b	2.1b	12.4bc	2.1ab	74g
T7	12.3bc	1.9ab	11.9bc	1.8c	33h
T8	18.5a	2.5a	15.8a	2.6a	168c
T9	17.7ab	2.5a	15.4a	2.5a	123d
T10	15.8b	2.1b	13.6b	2.0ab	96e
T11	20.2a	2.42a	16.2a	2.53a	187c
T12	18.7a	2.3a	15.6a	2.3a	145d
T13	16.3b	2.1b	14.1b	1.9c	102e

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Means within each column followed by the same letter are not different at 5% level according to least significance difference (LSD) test.

با باکتری سبب شده است تا این ریزموجودات خاکزی بتوانند به فعالیت خود ادامه دهند و از طریق بهبود رشد گیاه سبب افزایش تعداد میوه گردند، ضمن اینکه نقش علفکش نیز در کنترل مطلوب علف‌های هرز و کمک به رشد و تولید میوه بیشتر گوجه‌فرنگی را نباید فراموش کرد. در همین راستا، محققان اظهار داشت در افزایش عملکرد میوه گوجه‌فرنگی شاهد بدون علف هرز و متری بیوزین به میزان ۰/۷۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار به صورت پس‌رویشی مؤثرترین تیمارها بودند (Ghanbari Birgani et al., 2014). در پژوهشی، محققان با کاربرد چند علفکش در گوجه‌فرنگی دریافتند که علفکش متری بیوزین نسبت به علفکش‌های آل‌اکر، اکسی‌فلورفن و دیفن‌آمید کمترین اثرات فیتوتوکسیتی بر گوجه‌فرنگی داشت و عملکرد آن به همان اندازه تیمار وجین کامل بود (Roan et al., 2003).

تعداد میوه رسیده

بر اساس نتایج از لحاظ تعداد میوه رسیده در بین تیمارهای مختلف، بیشترین تأثیر بر این ویژگی مربوط به تیمار *A. crococom* + متری بیوزین به میزان ۵۰۰ گرم بود که بعد از آن به ترتیب تیمارهای *P. fluorescens* + کاربرد متری بیوزین به میزان ۵۰۰ گرم، *A. crococom* + کاربرد علفکش به میزان ۱۰۰۰ گرم و *P. fluorescens* + کاربرد متری بیوزین به مقدار

وزن میوه نارس

نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین کاربرد تنه‌هایی *A. crococom* و *P. fluorescens* در افزایش میانگین وزن کل میوه نارس وجود نداشت (جدول ۶). در بین تیمارهای ترکیبی علفکش + *P. fluorescens*، تیمارهای *P. fluorescens* + دز کم و متوسط علفکش در مقایسه با تیمار *P. fluorescens* + دز بالای علفکش به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن میوه نارس گردیدند. کاربرد ترکیبی علفکش به میزان ۵۰۰ گرم + *A. crococom* و ۱۰۰۰ گرم + *A. crococom* به ترتیب باعث افزایش ۱۵/۲۳ و ۹/۵۲ درصدی وزن میوه نارس نسبت به تیمار علفکش متری بیوزین به میزان ۱۵۰۰ گرم + *A. crococom* گردید. تیمارهای کاربرد علفکش به مقدار ۵۰۰ گرم + *A. crococom* و علفکش به مقدار ۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* در مقایسه با شاهد بدون وجین به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن میوه نارس گردیدند.

در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد کاربرد *A. crococom* و *P. putida* باعث افزایش معنی‌دار وزن میوه رسیده و نارس گوجه‌فرنگی در مقایسه با شاهد گردید (Makarjian and Shahgholi, 2015). باکتری‌های محرک رشد به دلیل تأثیر بر افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر می‌توانند منجر به افزایش وزن خشک و عملکرد گیاه گردند (Ehteshami et al., 2014b). کاربرد دز پایین علفکش همراه

با کودهای زیستی در دزهای متوسط و پایین علفکش نیز توانست با تقویت گیاه گوجه فرنگی سبب بهبود رشد و میوه‌دهی این گیاه گردد.

نتایج برآورد همبستگی ویژگی‌های (جدول ۴) حاکی از آن بود که تعداد میوه رسیده همبستگی مثبت و معنی‌داری به میزان ۹۵ درصد با وزن خشک برگ و ساقه گوجه فرنگی داشت. در همین راستا، محققان اظهار داشتند تعداد میوه در بوته گوجه فرنگی همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک ($r=0/54^{***}$) داشت و تر برگ ($r=0/52^*$) و خشک ساقه ($r=0/52^{**}$) داشت (Ghorbanpour et al., 2018). در پژوهش دیگری که روی طالبی انجام گرفت نتایج نشان داد تعداد میوه در بوته، همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک برگ ($r=0/35^*$) و وزن خشک ساقه ($r=0/72^{**}$) گیاه داشت (Nasiri Dehsorkhi et al., 2020).

وزن میوه رسیده

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) نشان داد کاربرد ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم علفکش متری بیوزین باعث افزایش میانگین وزن میوه رسیده به ترتیب به میزان ۲۷/۷ و ۱۶/۶ درصد نسبت به کاربرد ۱۵۰۰ گرم علفکش گردید. تفاوت معنی‌داری بین کاربرد تنهایی *A. crococom* و *P. fluorescens* در افزایش میانگین وزن میوه رسیده مشاهده نگردید. کاربرد علفکش به میزان ۵۰۰ گرم + *A. crococom* و علفکش به میزان ۱۰۰۰ گرم + *A. crococom* به ترتیب سبب افزایش ۳۳/۱۵ و ۲۱/۰۵ درصدی میانگین وزن میوه رسیده در مقایسه با کاربرد علفکش به مقدار ۱۵۰۰ گرم + *A. crococom* گردید. نتایج پژوهشی نشان داد که کاربرد کودهای آلی ضمن تاثیرگذاری بر جمعیت و فعالیت‌های میکروبی خاک نقش مهمی در افزایش تجزیه علفکش متری بیوزین در خاک دارد (Mehdizadeh et al., 2015). محققان اظهار داشتند باکتری‌های *Pseudomonas* می‌توانند نقش مهمی را در تجزیه آنرازین در محیط زیست ایفا کنند. این باکتری‌ها قادرند که از علفکش آنرازین به عنوان منبع غذایی استفاده کنند و این علفکش را از محیط زیست حذف کنند و یا سمیت آن را کاهش دهند (Rezaee et al., 2011). در پژوهش دیگری، محققان دریافتند باکتری سودوموناس ADP (تعداد سلول 9×10^9 در میلی لیتر) آنرازین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر را در

۱۰۰۰ گرم قرار داشتند (جدول ۶). در بین تیمارهای ترکیبی علفکش + *P. fluorescens* نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به نحوی که کاربرد علفکش به میزان ۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* و مصرف علفکش به میزان ۱۰۰۰ گرم + *P. fluorescens* به ترتیب سبب افزایش ۱۶/۱۷ و ۱۳/۲۳ درصدی میانگین تعداد میوه رسیده در مقایسه با مصرف علفکش به میزان ۱۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* گردید. در بین تیمارهای علفکش + *A. crococom* از نظر تأثیر بر تعداد میوه رسیده نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. کاربرد ترکیبی علفکش به میزان ۵۰۰ گرم + *A. crococom* و علفکش به میزان ۱۰۰۰ گرم + *A. crococom* به ترتیب سبب افزایش ۱۴/۸۹ و ۱۰/۶۳ درصدی تعداد میوه رسیده نسبت به تیمار علفکش به میزان ۱۵۰۰ گرم + *A. crococom* گردید. تیمار کاربرد علفکش به مقدار ۵۰۰ گرم + *A. crococom* سبب افزایش ۲۶/۴ درصدی میوه رسیده و تیمار مصرف علفکش به میزان ۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* سبب افزایش ۲۴/۸ درصدی میوه رسیده در مقایسه با شاهد بدون علف‌هرز گردیدند. در پژوهشی، بیشترین عملکرد گوجه فرنگی با ۲۱/۲ درصد افزایش نسبت به شاهد مربوط به *A. crococom* بود در حالی که *P. putida* با افزایش ۱۳/۱ درصدی عملکرد نسبت به شاهد در مرتبه بعدی از نظر تولید عملکرد قرار داشت. همچنین کود زیستی *P. fluorescens* ۹ درصد عملکرد را نسبت به شاهد افزایش داد (Makarjian and Shahgholi, 2015). علت احتمالی افزایش عملکرد در تلقیح بذر با باکتری‌ها را به افزایش جذب مواد غذایی در دسترس و افزایش سلامت ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه نسبت داده‌اند (Roesti et al., 2006). محققان اظهار داشتند تنها فراوانی عناصر غذایی عاملی برای تولید بیشتر نمی‌باشد، بلکه سایر ویژگی‌های محرک رشدی باکتری‌ها در مجموع می‌تواند باعث افزایش عملکرد گیاه شود. به نظر اثرات چندگانه این باکتری‌ها اعم از انحلال فسفر، رهاسازی پتاسیم و غیره در بهبود عملکرد گیاه گوجه فرنگی نقش داشته است (Sheikhalipour et al., 2019). براساس نتایج بدست آمده می‌توان گفت که دزهای پایین و متوسط علفکش با کنترل مطلوب علف‌های هرز توانستند تأثیر مثبتی بر رشد و عملکرد گوجه فرنگی داشته باشند از طرفی تلقیح نهال‌های گوجه فرنگی

تیمارهای ترکیبی، *P. fluorescens* + کاربرد علف‌کش به میزان ۱۵۰۰ گرم و *A. crococom* + کاربرد علف‌کش متری بیوزین به میزان ۱۵۰۰ گرم بیشترین تأثیر را در کاهش میانگین تعداد علف‌هرز داشتند. بعد از شاهد بدون وجین، تیمارهای *A. crococom* و *P. fluorescens* به ترتیب بیشترین میانگین تعداد علف‌هرز را به خود اختصاص دادند، هرچند این تیمارها توانستند به ترتیب کاهش ۴۷/۶۸ و ۴۳/۹ درصدی در جمعیت علف‌های هرز نسبت به شاهد آلوده به علف‌هرز ایجاد کنند. می‌توان گفت که باکتری‌ها با ایجاد همزیستی و بهبود شرایط رشد گیاه، قابلیت رقابت آن را با علف‌های هرز افزایش داده‌اند و موجب کاهش معنی‌دار ۵۰ درصدی جمعیت علف‌های هرز نسبت به شاهد عدم وجین شده‌اند. این میزان تأثیر بدون استفاده از علف‌کش و تنها با کاربرد کود زیستی در مدیریت پایدار علف‌های هرز و تولید محصول سالم بسیار ارزشمند می‌باشد.

کاربرد علف‌کش به میزان ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم در هکتار به تنهایی به ترتیب سبب کاهش ۸۶/۶ و ۸۹/۹ درصدی جمعیت علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد آلوده به علف‌هرز گردید. همانطور که مشاهده می‌شود، با توجه به اینکه دز علف‌کش دو برابر شد، اما اختلاف کاهش جمعیت علف‌های هرز بین دو دز علف‌کش تنها حدود ۳/۳ درصد بود، بنابراین در شرایط عدم کاربرد کود زیستی، با در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی و غیره، دز پایین علف‌کش (۵۰۰ گرم) قابل توصیه می‌باشد. کاربرد علف‌کش به میزان ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم در هکتار همراه با باکتری سبب کاهش درصد کنترل علف‌های هرز نسبت به کاربرد به تنهایی علف‌کش گردید، به طوری که جمعیت علف‌های هرز در کاربرد ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم علف‌کش + *P. fluorescens* به ترتیب کاهش ۷۷/۱۱ و ۸۳/۲۴ درصدی و همین دز علف‌کش + *A. crococom* کاهش ۷۴/۵۲ و ۸۰/۲۴ درصدی جمعیت علف‌های هرز را نسبت به شاهد عدم وجین به همراه داشت. تیمارهای کاربرد علف‌کش به تنهایی، به ویژه متری بیوزین ۱۵۰۰ گرم سبب کاهش شدید و معنی‌دار میانگین تعداد علف‌های هرز در واحد سطح شد، اما همانطور که در جداول ۳ و ۶ مشاهده می‌شود این دز علف‌کش سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع، وزن خشک برگ و وزن میوه رسیده نسبت به دز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم علف‌کش در هکتار گردید. بنابراین این دز برای کاربرد در گوجه فرنگی توصیه نمی‌شود.

مدت زمان ۹۰ دقیقه کاملاً تجزیه کرد و همچنین این باکتری در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آترزین در محیط کشت آگار نیز رشد کرد (Mandelbaum *et al.*, 1995). ترکیب کاربرد علف‌کش و کود می‌تواند ضمن کنترل علف‌های هرز موجب رشد بهتر گیاه زراعی و افزایش عملکرد شود (Chad *et al.*, 2006).

تیمارهای کاربرد علف‌کش به مقدار ۵۰۰ گرم + *A. crococom* و کاربرد علف‌کش به میزان ۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* در مقایسه با شاهد بدون وجین و همچنین شاهد با وجین به طور معنی‌داری سبب افزایش وزن میوه رسیده گردید. تیمار کاربرد علف‌کش به میزان ۵۰۰ گرم + *A. crococom* سبب افزایش ۳۳/۱۵ درصدی وزن میوه رسیده و تیمار مصرف علف‌کش به میزان ۵۰۰ گرم + *P. fluorescens* سبب افزایش ۳۶/۸۴ درصدی وزن میوه رسیده در مقایسه با شاهد بدون علف‌هرز گردید. محققان اظهار داشتند عملکرد گوجه‌فرنگی در اثر کاربرد کودهای زیستی نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش معنی‌داری داشت (Nemati *et al.*, 2015). باکتری‌های محرک رشد می‌توانند از طریق مکانیسم‌هایی از قبیل ایجاد مقاومت در برابر پاتوژن‌ها، افزایش مقاومت در برابر خشکی و شوری، افزایش جذب نیتروژن، سنتز هورمون‌های گیاهی و افزایش تولید سیدروفورها موجب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی شوند (Kloepper and Beauchamp, 1991).

جمعیت علف‌های هرز

نتایج نشان داد که علف‌های هرز سوروف^۱، سلمه تره^۲، تاجریزی^۳ و دم روباهی^۴ گونه‌های رایج مشاهده شده در مزرعه بودند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مورد نظر از لحاظ تعداد علف‌های هرز در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۶)، بیشترین میانگین تعداد علف‌های هرز در تیمار بدون وجین علف‌هرز و کمترین میانگین تعداد علف‌هرز در تیمار وجین علف‌هرز مشاهده گردید. براساس نتایج به دست آمده، به ترتیب تیمارهای شاهد با وجین، علف‌کش به تنهایی در دزهای ۱۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۵۰۰ گرم و سپس

1. *Echinochloa crus-galli* L.
2. *Chenopodium album* L.
3. *Solanum nigrum* L.
4. *Setaria* spp.

منفی و معنی‌داری با ارتفاع بوته ($0/58^*$)، وزن خشک برگ ($0/70^{**}$)، وزن خشک ساقه ($0/60^*$) و تعداد میوه رسیده ($0/57^*$) داشت (جدول ۴). در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد زیست‌توده علف‌های هرز با تمامی ویژگی‌های رشدی و عملکرد طالبی، همبستگی منفی داشت (Nasiri Dehsorkhi et al., 2020). در پژوهش دیگری، تراکم و وزن خشک علف هرز در سطح احتمال یک درصد همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه برنج داشت (Yousefnia pasha et al., 2012). محققان گزارش دادند بین آزولا و عملکرد دانه برنج، همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت که این امر نشان می‌دهد کنترل آزولا در طول فصل رشد می‌تواند عملکرد را افزایش دهد (Jalili and Ganjabadi, 2017).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که کاربرد کودهای زیستی (*A. crococom* و *P. fluorescens*) به تنهایی می‌تواند با بهبود رشد و قابلیت رقابت گوجه‌فرنگی با علف‌های هرز، سبب کاهش حدود ۵۰ درصدی جمعیت علف‌های هرز و افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به تیمار عدم وجین گردد. در بین دزهای مختلف علف‌کش، کاربرد دز ۵۰۰ گرم علف‌کش در هکتار برای کنترل مطلوب علف‌های هرز و دستیابی به عملکرد مطلوب گوجه‌فرنگی کفایت می‌کند. بر اساس نتایج این پژوهش، کلونیزاسیون باکتری‌ها و ویژگی‌های رشدی و عملکردی گوجه‌فرنگی در دز بالای علف‌کش کاهش می‌یابد، اما کاربرد باکتری‌های *P. fluorescens* و *A. crococom* در تلفیق با دز پایین علف‌کش (۵۰۰ گرم در هکتار) علاوه بر بهبود رشد و عملکرد می‌تواند سبب کنترل قابل قبول علف‌های هرز و کاهش مصرف علف‌کش در مزارع گوجه‌فرنگی گردد. از طرفی دز کم علف‌کش می‌تواند توسط باکتری‌ها سریع‌تر تجزیه شده و از اثرات سوء زیست‌محیطی این ترکیبات شیمیایی بکاهد.

References

- Adigun, J.A., Daramola, O.S., Adeyemi, O.R., Olorunmaiye, P.M. and Osipitan, O.A. 2018. Nitrogen and weed management in transplanted tomato in the Nigerian forest-savanna transition zone. *Annals of Agrarian Science*, 16: 281-285.
- Arabi, M. and Saffari, M. 2015. The effect of weeding and plant density on yield and yield components of forage sorghum cultivars. *Journal of Agronomy Sciences*, 5(10): 39-52. (In Persian).

در پژوهش‌های متعددی به کارایی علف‌کش متری بیوزین در کاهش جمعیت علف‌های هرز در مزارع گوجه‌فرنگی اشاره شده است به‌طور مثال، در پژوهشی محققان اظهار داشتند در مقایسه با تیمار شاهد با علف هرز، به‌طور متوسط، کاربرد تیمارهای متری بیوزین به صورت پیش‌رویشی ۸۲ درصد و به‌صورت پس‌رویشی ۶۹ درصد باعث کاهش مجموع تعداد علف‌های هرز گوجه‌فرنگی گردید (Ghanbari Birgani et al., 2010). مصرف علف‌کش متری بیوزین به میزان ۰/۵ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار برای کنترل علف‌های هرز گوجه فرنگی به‌صورت پیش از کاشت مؤثر اعلام گردید (Adigun et al., 2018). در مقایسه با تیمار شاهد با علف هرز، مؤثرترین تیمارهای علف‌کش در کاهش تراکم کنجد شیطانی شامل متری-بیوزین به‌میزان ۰/۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پیش‌رویشی و در کاهش تراکم طلحه و مجموع علف‌های هرز، متری بیوزین به‌میزان یک کیلوگرم در هکتار به‌صورت پیش‌رویشی بودند (Ghanbari Birgani et al., 2014).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد اگرچه تیمارهای تلفیقی *A. crococom* + علف‌کش و *P. fluorescens* + علف‌کش نیز سبب کاهش چشم‌گیری در میانگین جمعیت علف‌های هرز شدند، ولی در مقایسه با کاربرد علف‌کش به تنهایی، اثرات کمتری را نشان دادند که علت آن احتمالاً به خاطر حضور باکتری‌ها می‌باشد که با تجزیه علف‌کش‌ها به مرور زمان سبب کاهش اثرات علف‌کش و همچنین افزایش نسبی علف‌های هرز شدند. این نتایج گویای این می‌باشد که استفاده ترکیبی باکتری‌های *A. crococom* و *P. fluorescens* همراه با علف‌کش، منجر به تجزیه احتمالی علف‌کش‌ها به مرور زمان می‌گردد و به‌همین دلیل میانگین تعداد علف‌های هرز در تیمارهای صرفاً علف‌کش در مقایسه با تیمارهای ترکیبی باکتری + علف‌کش در غلظت مشابه، بیشتر بود. نتایج همبستگی ویژگی‌ها حاکی از آن بود که تعداد کل علف‌های هرز، همبستگی

- Armak, A., Farzi, H. and Alipanah, M.** 2018. Impact of use of different sources of humic, bio and nano fertilizers and nitrogen levels on saffron (*Crocus sativus* L.) flower yield. *Saffron Agronomy Technology*, 5(4): 329-344.
- Biari, A., Gholami, A. and Rahmani, H.A.** 2011. Effect of different plant growth promotion bacteria (Azotobacter, Azospirillum) on growth parameters and yield of field maize. *Journal of Water and Soil*, 25(1): 1-10. (In Persian).
- Burdman, S., Volpin, H., Kigel, J., Kapulnik, Y. and Okon, Y.** 1996. Promotion of nod gen inducers and nodulation in common bean (*Phaseolus vulgaris*) roots inoculated with Azospirillum brasilense Cd. *Applied and Environmental Microbiology*, 62: 3030-3033.
- Carletti, S., Caceres, E.R. and Liorent, B.** 1994. Growth promotion by PGPR on different plant species growing in hydroponics conditions. In: Improving plant productivity with rhizosphere bacteria. *Proceeding of 3rd International Workshop on Plant Growth Promoting Rhizobacteria*, March 7-11, Adelaide, Australia.
- Chad, W., Edward, G. and Bork, W.** 2006. Fertilization augments Canada thistle (*Cirsium arvense* L. Scop) control in temperate pastures with herbicides. *Crop Protection*, 26: 668-676.
- Ehteshami, S.M.R. and Rabiei, M.** 2014. Effect of seed biological treatment and chemical fertilizer integration on forage yield and nutrients uptake of turnip (*Brassica rapa* L.). *Iranian of Seed Sciences and Research*, 1(1): 51-66. (In Persian).
- Ehteshami, S.M.R., Kashani, M. and Yousefi Rad, M.** 2014a. Effect of Seed inoculation with Pseudomonas and Azotobacter bacteria on quantitative and qualitative yield of two sesame cultivars. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 3(3): 47-57. (In Persian).
- Ehteshami, S.M.R., Amindeldar, Z., Shahdi Kumleh, A. and Ramezani, H.** 2014b. Effect of seed inoculation with Pseudomonas fluorescens strains on quantitative and qualitative indices of two rice cultivars (*Oryza sativa* L.). *Research in Field Crops*, 2(1): 50-63. (In Persian).
- Esmailnejad Khiavi, N. and Khara, J.** 2014. The effects of arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus etunicatum* on growth and some physiological parameters of squash plants under herbicide metribuzin toxicity. *Journal of plant research (Iranian journal of biology)*, 27(1): 52-60. (In Persian).
- Flores, F.B., Sanchez-Bel, P., Estan, M.T., Martinez-Rodriguez, M.M., Moyano, E., Morales, B., Compos, J.F., GarciaAbellan, J.O., EgeaI Fernandez-Garcia, N., Romojaro, F. and Bolarin, MC.C.** 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 125: 211-217.
- Ghanbari Birgani, D., Tabatabaai Nimavard, R., Karaminejad, M.R. and Zarifi nia, N.** 2010. Evaluation different herbicides on direct seeded tomato. The 3rd Iranian Weed Science Congress, February. 496-499. (In Persian).
- Ghanbari Birgani, D., Karaminejad, M.R., Tabatabaai Nimavard, R. and Zarifi Nia, N.** 2014. Evaluation of the efficacy of selected herbicides on weeds and yield in direct seeded tomato. *Pesticides in Plan Protection Sciences*, 1(2): 86-102. (In Persian).
- Ghorbanpour, A., Salimi, A., Tajick Ghanbary, M.A., Pirdashti, H. and Dehestani, A.** 2018. Relationship between fruit yield and its components in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars using multivariate statistical methods. *Journal of Crop Breeding*, 9(24): 22-29. (In Persian).
- Gity, S. and Raoofy, M.** 2017. Yield, essential oil and some morphological characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.) influenced by hand weeding and plant density. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(1): 13-23. (In Persian).

- Huang, Y., El-Gamry, A.M. and Xu, J.M.** 2001. Assessment of two sulfonylurea herbicides on soil microbial biomass N and N-mineralization. *Egyptian Journal of Soil Science*, 41: 187-203.
- Jalili, E. and Ganjabadi, F.** 2017. The interaction of herbicide and humic acid on Azolla control to enhance the yield of Rice (*Oryza sativa*). *Iranian Journal of Weed Science*, 13(2): 135-145. (In Persian).
- Kargi, F. and Eker, S.** 2004. Toxicity and batch biodegradation kinetics of 2, 4 dichlorophenol by pure *Pseudomonas putida* culture. *Journal Enzym Microb Technology*, 35: 424-428.
- Keshavarz, F.** 2018. The effect of mycorrhizal fungus (*Rhizophagus irregularis*) and zeolite on some growth parameters and nutrients uptake by wheat as affected by application of herbicide metribuzin. M.Sc. Thesis, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan. (In Persian).
- Klopper, J.W. and Beauchamp, C.J.** 1991. A review of issues related to measuring of plant roots by bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 38: 1219-1232.
- Lai, A., Santangelo, E., Soressi, G.P. and Fantoni, R.** 2007. Analysis of the main secondary metabolites produced in tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) epicarp tissue during fruit ripening using fluorescence techniques. *Postharvest Biology and Technology*, 43: 355- 342.
- Makarian, H.** 2002. Planting date and population density influence on competitiveness of corn (*Zea mayz* L.) with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad, Iran. (In Persian).
- Makarian, H. and Shahgholi, H.** 2015. Effect of organic and biological fertilizers on growth and yield of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and bacterial colonization. *Journal of Horticultural Science*, 29(2): 185-195. (In Persian).
- Mandelbaum, R.T., Allan, D.L. and Wackett, L.P.** 1995. Isolation and characterization of a pseudomonas sp. that mineralizes the S-Triazine herbicide atrazine. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, 61: 1451-1457.
- Maqueda, C., Villaverde, J., Sopena, F., Undabeytia, S. and Morillo, S.** 2009. Effects of soil characteristics on metribuzin dissipation using clay-gel-based formulations. *Agricultural Food Chemistry*, 57: 3273-3278.
- Mehdizadeh, M., Izadi-Darbandi, E., Naseri-Pour Yazdi, M.T., Rasgoo, M., Malackeh-Nikouei, B. and Nasirli, H.** 2015. Evaluation of metribuzin degradation and its half life in soil affected by different organic fertilizers under field conditions. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 108: 120-126. (In Persian).
- Milosevic, N. and Govedarica, M.** 2002. Effect of herbicides on microbiological properties of soil. *Proceedings for Natural Sciences*, Matica Srpska, Novi Sad, 102: 05-21.
- Nasiri Dehsorkhi, A.** 2016. Effects of ultrasonic waves, seed priming and herbicide application on growth and yield of cowpea (*Vigna sinensis*) and weeds control. M.Sc. Thesis, Shahrood University of Technology. (In Persian).
- Nasiri Dehsorkhi, A., Makarian, H., Varnaseri Ghandali, V. and Salari, N.** 2018. Investigation of effect of humic acid and vermicompost application on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Applied Research in Field Crops*, 31(1): 93-113. (In Persian).
- Nasiri Dehsorkhi, A., Varnaseri Ghandali, V., Makarian, H., Ramezan, D. and Estekhdami, P.** 2020. The effect of poultry manure and zinc sulfate on growth and yield of cantaloupe (*Cucumis melo* L.) in competition with weeds. *Horticultural Plants Nutrition*, 2(2): 45-69. (In Persian).

- Nemati, A. and Golchin, A.** 2015. Effects of biological fertilizers on yield and concentrations of micronutrients in organs of tomato under cadmium stress. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(3): 45-64. (In Persian).
- Nemati, A., Golchin, A. and Besharati, H.** 2015. Effects of biological fertilizers on yield and growth indices of tomato in Cd contaminated soil. *Iranian Journal of Soil Research*, 29(1): 23-36. (In Persian).
- Nemat-Alla M.M., Badawi A.M., Hassan N.M., El-Bastawisy Z.M. and Badran, E.G.** 2008. Effect of metribuzin, butachlor and chlorimuron-ethyl on amino acid and protein formation in wheat and maize seedlings. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 90: 8-18.
- Nieto, K.F. and Frankenberger, W.T.** 1991. Influence of adenine, isopentyl alcohol and *Azotobacter chroococcum* on the vegetative growth of *Zea mays*. *Plant Soil*, 135: 213-221.
- Norris, R.F., Elmore, C.L., Rejmanek, M. and Akey, W.C.** 2001. Spatial arrangement, density, and competition between barnyard grass and tomato: 1. crop growth and yield. *Weed Science*, 49: 61-68.
- Rasouli Sadaghiani, M.H., Khavazi, K., Rahimian, H., Malakouti, M.J. and Asadi Rhamani, H.** 2006. An Evaluation of the potentials of indigenous Fluorescent Pseudomonads of wheat rhizosphere for producing siderophore. *Journal Soil Water Science*, 20: 134-143.
- Rezaee, D., Haghnia, Gh., Lakzian, A., Hassanzadeh Khaiat, M. and Nassirli, H.** 2011. Biodegradation of atrazine in different concentrations by pseudomonas bacteria. *Journal of Plant Protection*, 25(2): 224-227. (In Persian).
- Rezvani, M., Halalkhor, S., Zaefarian, F. and Nikkhah Kocheksaraee, H.** 2013. Effectiveness of different nitrogen resource on yield components, yield and weed biomass in two varieties of rice (*Oryza sativa* L.). *Research in Field Crops*, 1(1): 15-30. (In Persian).
- Roan, Y.C., Sajjapongse, A.G. and Selleck, W.** 2003. Weed control for transplanted tomato. *ISHS Acta Horticulturae 136: Weeds and Herbicides* (<http://www.actahort.org>).
- Roesti, D., Gaur, R., Johri, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K. and Aragno, M.** 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rainfed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 1111-1120.
- Saeidinezhad M. and Saffari, M.** 2015. The effects of plant density, number and stages of weed control in corn (*Zea mays* L.) Varieties on seed yield and weeds dry matter in Kerman. *Applied Field Crops Research*, 28(107): 74-81. (In Persian).
- Saharan, B.S. and Nehra, V.** 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: A critical review. *Life Sciences and Medicine Research*, 21: 1-32.
- Shahgholi, H.** 2012. Study the effect of biological and organic fertilizers on tomato growth and yield and their effect on metribuzine herbicide degradation and persistence in soil. M.Sc. Thesis. Shahrood University of Technology. (In Persian).
- Shahgholi, H., Makarian H., Izadi Darbandi E., Darakhshan Shadmehri A. and Asghari H.R.** 2014. Evaluating the effect of biological and organic fertilizers on metribuzine herbicide degradation and persistence in soil. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 4(2): 91-110. (In Persian).
- Sheikhalipour, M., Bolandnazar, S.A., Sarikhani, M.R. and Panahandeh, J.** 2019. Effect of application of biofertilizers on yield, quality and antioxidant capacity of tomato fruit. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(3): 621-632. (In Persian).

- Shirdel, K., Amani, Sh., Yarnia, M., Jawnshir, A. and Dabbagh Mohammadi Nasab, A.** 2014. The control of broomrape (*Orobancha aegyptiaca*) in tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) farms. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(3): 476-483. (In Persian).
- Soltani Toolarood, A.A., Ziatabar, S.R., Esmailpour, B., Khavazi, K. and Fathololomi, S.** 2015. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and spent mushroom compost on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Iranian Journal of Soil Research*, 29(3): 285-296. (In Persian).
- Tavassoli, A., Moussavi, T., Piri, I. and Babaeian, M.** 2018. Effect of plant density and weed controlling on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agroecology*, 10(1): 94-106. (In Persian).
- Tomlin, C.D.** 2000. The Pesticide Manual, 12th ed., British Crop Protection Council, Farnham,
- Toyota, K. and Kuninaga, S.** 2006. Comparison of soil microbial community between soils amended with or without farmyard manure. *Applied Soil Ecology*, 33: 39-48.
- Varnaseri Ghandali, V., Ramroudi, M. and Nasiri Dehsorkhi, A.** 2020. The study foliar spraying of micronutrients (iron, zinc and manganese) on yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under cutting irrigation conditions. *Applied Research in Field Crops*, 33(1): 105-124. (In Persian).
- Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C. and Wong, M.H.** 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K Solubilizers and AM fungi on maize: a green house trial. *Geoderma*, 125: 155-166.
- Yousefnia pasha, H., Tabatabae koloor, R., Aghagolzadeh, H. and Hashemi, J.** 2012. Study the effects of different weed control methods on yield and yield components of rice. *Iranian Journal of Weed Science*, 8: 93-105. (In Persian).
- Zahir, A.Z., Arshad, M. and Khalid, A.** 1998. Improving maize yield by inoculation with plant promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science*, 15: 7-11.
- Zahir, A.Z., Arshad, M. and Frankenberger, W.F.** 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81: 97-168.
- Zaidi, S.F.A.** 2003. Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and fluorescent *Pseudomonas* to control *Rhizoctonia solani* in soybean [*Glycine max* (L) Merr]. *Annals-of-Agricultural-Research*, 24: 151-153.
- Zangoee Nejad, R.** 2013. Comparison of non-living mulches (organic and inorganic) and chemical control effects on weed control, total yield and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. CH). MS.C Thesis in weed science. Shiraz University. (In Persian).
- Zhang, N., Wang, D., Liu, Y., Li, S., Shen, Q. and Zhang, R.** 2013. Effects of different plant root exudates and their organic acid components on chemotaxis, biofilm formation and colonization by beneficial rhizosphere-associated bacterial strains. *Plant and Soil*, 374: 689-700.

The interaction effect of bio-fertilizer and metribuzin herbicide on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and bacterial colonization

Hassan Makarian^{1,*}, Abbas Nasiri Dehsorkhi², Mehrdad Safarpour³, Manouchehr Gholipour¹, Hamid Reza Asghari¹, Hassan Ghorbani Ghoojdi⁴, Hossein Mirzaei Moghadam⁵

¹Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

²PhD. Student of Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

³M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

⁴University of Gonabad, Gonabad, Iran

⁵Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

*Corresponding Author: H.makarian@yahoo.com

Received: 3 January 2021

Accepted: 14 February 2021

DOI: 10.22034/CSRAR.2021.265743.1078

Abstract

In order to investigate the effect of biological fertilizers and application of metribuzin herbicide on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and weed population, a field experiment was conducted as randomized complete block design with three replications at the research field of Shahrood University of Technology. The experimental treatments included; weed free and weed infest all season, inoculation of root of tomato transplant with *Pseudomonas fluorescens* and *Azotobacter crococom* separately, soil application of metribuzin herbicide 500, 1000 and 1500 g.ha⁻¹ and the mentioned dosage of herbicide (500, 1000 and 1500 g.ha⁻¹) along with inoculation of *P. fluorescens* and *A. crococom*. Results showed that *A. crococom* and *P. fluorescens* in combination with low doses of herbicide (500 g.ha⁻¹) increased bacterial colonization by 57.89 and 52.63 percent compared to the control (weedy) treatment respectively. High doses of herbicide (1500 g.ha⁻¹) alone or in combination with bio-fertilizers decreased bacterial colonization in soil and growth and yield of tomato. Also, *A. crococom* and *P. fluorescens* in combination with low doses of herbicide increased the number of ripe fruit of tomato by 26.4 and 24.8 percent in comparison to weed free treatment respectively. Based on the results of this experiment, application of bio-fertilizers (*A. crococom* and *P. fluorescens*) together with 500 g.ha⁻¹ metribuzin herbicide while improving the growth and yield of tomato and optimal weed control can be an important step towards achieving sustainable agricultural goals through reducing herbicide consumption and its adverse environmental effects.

Keywords: Azotobacter, Competition, Integrated management, Pseudomonas

