نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۲۰۸-۱۹۹

Journal of Plant Protection
Vol. 30, No. 2, Summer 2016, P. 199-208

تأثیر قارچ‌های میکوریزایی و علف‌کش ترفلان بر سبز شدن، رشد و درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاه شبدر سفید (*Trifolium repens* L.)

حسن شهقلی[۱]- علی انصوری[۲]- حسین قاسم طلایی[۳]- حسن مکاریان[۴*]- محمدرضا اصغری‌پور[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۳۰

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر دزهای مختلف علف‌کش ترفلان و دو گونه قارچ میکوریزایی بر اجزاء سبز شدن (سرعت سبز شدن، یکنواختی سبز شدن و زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد سبز شدن)، برخی صفات رشدی و کلونیزاسیون میکوریزا در گیاه شبدر سفید (*Trifolium repens* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۱ انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل کاربرد میکوریزا در سه سطح M_1: عدم تلقیح، M_2: *Glommus intraradices* و M_3: *Glommus mosseae* و دزهای مختلف علف‌کش ترفلان در چهار سطح T_1: شاهد عدم کاربرد علف‌کش، T_2: ۱۰۰۰، T_3: ۱۵۰۰ و T_4: ۲۰۰۰ میلی‌لیتر علف‌کش ترفلان از نوع تجاری در هکتار انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش دز علف‌کش ترفلان، یکنواختی سبز شدن (EU) کاهش و زمان تا رسیدن به ۱۰(D_{10}) و ۹۰(D_{90}) درصد سبز شدن افزایش یافت. در غلظت‌های مختلف علف‌کش، تلقیح با میکوریزا حداکثر جوانه‌زنی (Emax) و وزن خشک اندام هوایی را بطور معنی‌داری نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. همچنین، درصد کلونیزاسیون ریشه در دز پایین علف‌کش تحت تاثیر تلقیح میکوریزا نسبت به عدم تلقیح بطور معنی‌داری افزایش یافت. تلقیح با قارچ *G. intraradices* طول ریشه را در دزهای ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌لیتر علف‌کش نسبت به عدم تلقیح در همین تیمارها به ترتیب ۳۴ و ۵۷ درصد افزایش داد. بر اساس نتایج این پژوهش، قارچ‌های میکوریزا از طریق بهبود رشد گیاه سبب کاهش اثرات تنش دزهای پایین علف‌کش ترفلان بر گیاه شبدر می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: تنش علف‌کش، علف‌کش خاک مصرف، *G. intraradices*، *G. mosseae*

مقدمه

علف‌های هرز با رشد خود امکان استفاده از نور، آب و عناصر غذایی را از گیاه زراعی می‌گیرند. نیاز به کنترل علف‌های هرز زمانی بیشتر احساس می‌شود که این گیاهان از فعالیت‌های انسان جلوگیری کرده، از طریق رقابت با گیاهان زراعی باعث کاهش عملکرد گیاه می‌گردند. یکی از مهمترین روش‌های کنترل این گیاهان، کنترل شیمیایی آنها به وسیله علف‌کش‌ها است (۱۲). در حال حاضر در کشاورزی مدرن به کارگیری علف‌کش‌ها امری رایج است. همچنین کاربرد علف‌کش‌های پیش رویشی در کنترل علف‌های هرز نسبتا موفقیت آمیز است. ترفلان از جمله علف‌کش‌هایی است که در خاک و قبل از کاشت مصرف می‌شود و جزء خانواده دی‌نیتروآنیلین‌ها بوده، از تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها جلوگیری می‌کند و برای نخستین بار در سال ۱۹۶۳ از آن برای کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز پهن برگ و علف‌های هرز خانواده غلات در مزارع سویا، پنبه و آفتابگردان استفاده شد (۳۴). علی رغم کارایی قابل قبول ترفلان در کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ در محصولات مختلف، باقیمانده آن در خاک از مهمترین تبعات ناشی از کاربرد آن می‌باشد که علاوه بر تاثیر سوء بر ریزجانداران خاک به محصولات تناوبی خسارت وارد می‌کند (۲۵). همچنین موریسون و همکاران (۲۵) گزارش کردند که با افزایش بقایای تریفلورالین در خاک خسارت آن بر گندم در تناوب افزایش یافته است. بطوری‌که در بیشترین مقدار باقیمانده تشخیص داده شده آن در خاک (یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) عملکرد گندم ۳۵ تا ۴۵ درصد کاهش یافت.

در حال حاضر نگرش‌های جدیدی که در ارتباط با کشاورزی تحت عنوان کشاورزی پایدار، ارگانیک و بیولوژیک مطرح می‌باشد به بهره‌برداری از کاربرد کودهای بیولوژیک استوار است. یکی از مهمترین چرخه‌های بیوشیمیایی خاک همزیستی قارچ‌های

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجویان سابق کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
(*- نویسنده مسئول: (Email: h.makarian@yahoo.com
۳ و ۵- دانشجوی دکترای آگرواکولوژی و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

میکوریزایی آرباسکولار با گیاهان است که در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی دارای اهمیت فراوانی است (۱۱). قارچ‌های میکوریزایی آرباسکولار تأثیرات مثبتی در نظام‌های زراعی دارند که اهم آن‌ها شامل افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان، افزایش فتوسنتز، افزایش کارایی مصرف آب، افزایش مقاومت به تنش خشکی و تنش شوری، مقاومت به آفات و بیماری‌ها، افزایش قدرت رقابت گیاه میزبان در مقابل علف هرز، افزایش مقاومت گیاهان به عناصر سنگین، بهبود ساختمان خاک، کاهش اثرات سوء مواد شیمیایی از قبیل قارچ‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها می‌باشد (۴). پانخورت و همکاران (۲۷) گزارش کرده‌اند که علف‌کش‌ها می‌توانند تحریک کننده کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزایی با ریشه گیاهان زراعی باشند. قارچ‌های میکوریزایی دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی مانند ذرت، پنبه و سویا می‌باشند (۲۹) و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر و برخی عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب و کاهش تاثیر منفی تنش‌های محیطی سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (۲۹ و ۳۰).

تحقیقات نشان داده است که علف‌کش‌ها از طریق ایجاد اختلال در رشد گیاه می‌توانند باعث جلوگیری یا کاهش همزیستی بین قارچ‌های میکوریزایی و گیاهان شوند (۲۶ و ۳۶). از طرفی مارین و همکاران (۲۳) در پژوهشی که در شرایط گلخانه انجام دادند، بیان کردند که قارچ‌های میکوریزایی در خاک آلوده به علف‌کش زنده مانده و باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شدند. مانگ (۲۴) بیان نمود که ضد عفونی خاک‌ها با آفت‌کش‌ها فعالیت قارچ‌های میکوریزایی را با محدودیت روبه‌رو می‌کند. طبق گزارش محققین تأثیر علف‌کش‌ها روی قارچ‌های میکوریزا می‌تواند بسیار متغییر باشد، بطوری‌که گاهی اثرات ناچیزی روی فعالیت قارچ‌های میکوریزایی ایجاد می‌کند اما گاهی اثرات منفی آن بر فعالیت این ریز موجودات بسیار زیاد است (۲۱). باس و همکاران (۶) دریافتند که علف‌کش‌های ایمازاپیر، سولفورمتورون متیل و تریکلوپیر حتی زمانی که در دزهای دو برابر آنچه توصیه می‌شوند به کار رفتند اثر زیانباری روی کلونیزاسیون وگسترش میکوریزای[1] بیرونی نداشتند. بطور کلی پس از کاربرد تریفلورالین در خاک، تجزیه زیستی از مهمترین فرآیندهای مهم و تعیین کننده سرنوشت آن محسوب می‌شود (۵). از آنجا که امکان و سرعت انجام فرآیندهای تجزیه بیولوژیکی در خاک تحت تأثیر جمعیت و فعالیت ریزموجودات خاک است. به نظر می‌رسد تقویت جمعیت میکروبی و نیز فعالیت آنها در خاک در تجزیه تریفلورالین نقش مهمی دارند. در همین راستا، جینی و خانا (۱۷) در آزمایش خود نشان دادند که کودهای زیستی حاوی باکتری ریزوبیوم و باکتری‌های تثبیت کننده فسفر می‌توانند تاثیرات سوء علف‌کش‌های دی‌نیتروآنیلین را کاهش داده و استفاده از آن‌ها به عنوان کودهای بیولوژیکی باعث افزایش عملکرد محصول نیز می‌شود. مکاریان و همکاران (۲۱) نشان دادند که کاربرد قارچ‌های میکوریزایی *G. intraradices*، *G. fasciculatum* و *G. mosseae* در حضور دزهای کم علف‌کش متری‌بیوزین توانستند به طور معنی‌داری محتوای کلروفیل، ارتفاع و وزن زیست توده هوایی ذرت را نسبت به عدم کاربرد میکوریزا افزایش دهند. برزوئی و همکاران (۵)، گزارش کردند که استفاده از کودهای زیستی می‌تواند علاوه بر کاهش بقایای علف‌کش ترفلان از طریق افزایش تجزیه میکروبی، باعث افزایش گسترش ریشه گیاهان به عنوان عامل ثانوی موثر بر جمعیت میکروبی و تجزیه تریفلورالین، افزایش عملکرد محصول را نیز سبب شود. ترفلان یکی از علف‌کش-های مهم مورد استفاده در کشور است و در محصولات مختلفی از جمله پنبه، سویا، آفتابگردان و غیره بکار می‌رود، لذا بقایای آن در خاک ممکن است روی ریزموجودات خاک از جمله قارچ‌های میکوریزایی و نیز گیاهان حساس در تناوب تاثیر داشته باشد. از طرفی قارچ‌های میکوریزایی ممکن است از طریق نقشی که در بهبود رشد گیاهان ایفا می‌کند، بتواند اثر تنش علف‌کش را روی گیاهان حساس کاهش دهد. لذا این تحقیق با هدف بررسی تأثیر دزهای مختلف علف‌کش ترفلان در حضور گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزایی بر سبز شدن، برخی صفات رشدی و کلونیزاسیون میکوریزا در گیاه شبدر انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه تأثیر دزهای مختلف علف‌کش ترفلان و دو گونه قارچ‌های میکوریزایی بر اجزاء سبز شدن (سرعت سبز شدن، یکنواختی سبز شدن و زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد سبز شدن)، برخی صفات رشدی و کلونیزاسیون میکوریزا در گیاه شبدر سفید (*Trifolium repenes* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۱ انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل کاربرد قارچ‌های میکوریزایی در سه سطح M_1: عدم تلقیح، M_2: *Glommus intraradices* و M_3: *Glommus mosseae* و دزهای مختلف علف‌کش ترفلان (تریفلورالین امولسیون ۴۸٪) در چهار سطح T_1: شاهد عدم کاربرد علف‌کش، T_2: ۱۰۰۰، T_3: ۱۵۰۰ و T_4: ۲۰۰۰ میلی‌لیتر از نوع تجاری در هکتار انجام شد. بذرهای شبدر که از مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان شاهرود تهیه شده بود، با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی سطحی شد. پس از ضدعفونی برای از بین بردن تأثیر هیپوکلریت از روی بذر شستشوی بذور بوسیله آب مقطر صورت

1- *Ectomycorrhiza*

گرفت. سپس گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر به ظرفیت ۵ کیلوگرم از خاک مزرعه پر شد و حدود ۲۰ گرم مایه تلقیح (تهیه شده از شرکت زیست فناوری شاهرود) نیز به خاک هر گلدان اضافه گردید. علف‌کش ترفلان در دزهای مختلف، ۲ روز قبل از کاشت به صورت یکنواخت با خاک گلدان‌ها مخلوط شد. به منظور اختلاط کامل علف‌کش با خاک، پس از محاسبه وزن خاک هر گلدان، به مقدار گلدان‌های مربوط به هر دز، خاک خشک مورد نظر تهیه و برای سهولت در اختلاط و اطمینان از یکنواختی غلظت ترفلان در خاک، ابتدا یک کیلوگرم از خاک مذکور آماده شد. سپس با استفاده از یک پیپت سرنگی مقدار علف‌کش برای هر یک از دزهای مورد نیاز روی خاک مذکور ریخته و کاملا با خاک مخلوط شد. سپس در گلخانه برای اطمینان از کاهش تجزیه نوری علف‌کش، نمونه خاک آماده شده برای هر غلظت علف‌کش با سایر خاک‌های مربوط به هر تیمار به طور کامل و یکنواخت مخلوط شد و برای کاشت گیاهان به گلدان‌ها منتقل گردید. سپس هفت عدد بذر در عمق ۱ سانتی‌متری خاک در هر گلدان کاشته و بعد آبیاری انجام شد. به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر از خاک مورد استفاده در گلدان‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت و جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد (جدول ۱). شمارش بذور سبز شده هر روز صبح و عصر انجام شد. شمارش تا زمانی ادامه یافت که افزایشی در تعداد بذور سبز شده مشاهده نشد و این حالت به مدت هفت روز متوالی ثابت ماند. مدتی پس از سبز شدن و در مرحله سه برگی دو بوته شبدر در هر گلدان نگه داشته و بقیه بوته‌ها حذف شدند. برای ایجاد شرایط طبیعی، گلدان‌ها در فضای آزاد قرار داده شدند. آبیاری گلدان‌ها در طی آزمایش به صورت کاملا یکنواخت و به مقدار مساوی آب برای هر گلدان استفاده می‌شد. در زیر هر گلدان یک زیر گلدانی برای جمع‌آوری زه آب گلدان‌ها قرار داده شد بطوری‌که نیم ساعت بعد هر آبیاری آب زیرگلدانی مجددا به گلدان مربوطه اضافه می‌گردید. بعد از گذشت هفت هفته از زمان کاشت (۱۴) یعنی در پایان دوره آزمایش طول ریشه، طول اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه (۳۲) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک صفات مورد نظر همه بخش هوایی شبدر و ریشه جمع‌آوری و در پاکت‌های مقوایی قرار داده شد. سپس نمونه‌های مذکور به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد. محاسبات بر مبنای واحد بوته انجام گرفت. به منظور تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها، از هر گلدان نمونه ۲ گرمی از ریشه گرفته شد. ریشه‌های نمونه‌برداری شده با آب شسته شده، در محلول اتانول ۵۰ ٪ نگهداری گردید. سپس به منظور رنگ‌بری، ریشه‌ها در محلول ۱۰ درصد هیدرواکسید پتاسیم (KOH) به مدت سه ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. جهت خنثی نمودن محیط ریشه‌ها آن‌ها را به مدت ۴ ساعت و در دمای اتاق قرار داده شدند، پس از آن ریشه‌ها در محلول اسید کلریدریک (HCl) ۰/۱ مولار قرار داده شد. سپس برای رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در محلول تریپان بلو (۰/۰۱ درصد) در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند (۲۸). برای محاسبه درصد کلونیزاسیون ریشه شبدر با قارچ‌های میکوریزایی، از ریشه‌های آن به اندازه تقریبی یک گرم نمونه‌برداری و به آزمایشگاه منتقل و رنگ‌آمیزی شدند. تعداد ۵۰ قطعه یک سانتی‌متری از ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده به منظور ارزیابی درصد کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های وزیکولار آرباسکولار به صورت تصادفی انتخاب شدند. برای ارزیابی قطعات ریشه، هر قطعه ریشه در روی لام و داخل محلول لاکتوفنل زیر میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند. میزان کلونیزاسیون با برآورد طولی از ریشه که به ساختمان قارچی (وزیکول، آرباسکول و هیف) آلوده بودند محاسبه شد (۱۳). برای محاسبه سرعت و حداکثر سبز شدن، زمان تا ده، پنجاه و نود درصد (D_{10}، D_{50} و D_{90}) سبز شدن و یکنواختی سبز شدن بذرها از برنامه Germin استفاده شد (۳۳). این برنامه زمان تا ۵ (D_{05})، ۱۰ (D_{10})، ۵۰ (D_{50})، ۹۰ (D_{90}) و ۹۵ (D_{95}) درصد سبز شدن را از طریق درون‌یابی منحنی افزایش سبز شدن در مقابل زمان محاسبه می‌کند. سرعت سبز شدن به‌صورت عکس زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن (یعنی $1/(D_{50})$) به‌دست آمد و یکنواختی سبز شدن به‌صورت مدت زمان (بر حسب ساعت) از ۱۰ تا ۹۰ درصد سبز شدن نهایی (یعنی D90-D10) محاسبه شد (معادله ۱).

معادله ۱ $R50=1/D50$ $EU= D90-D10$

در یکنواختی سبز شدن هر چه عدد به دست آمده (صرف نظر از علامت منفی آن) کمتر باشد، نشان‌دهنده یکنواختی بیشتر سبز شدن بذور می‌باشد (۳۳).

آنالیز داده‌ها به‌وسیله نرم افزارهای SAS و MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و رسم نمودارها بوسیله نرم‌افزار Excel انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the soil used in experiment

بافت خاک Soil texture	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	درصد کربن آلی Organic carbon (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	فسفر قابل جذب Phosphorus (ppm)	نیتروژن Nitrogen (ppm)
Loam	38%	36%	26%	0.78	7.68	2.01	5.43	0.08

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) حداکثر سبز شدن (Emax)، سرعت سبز شدن (R50)، یکنواختی سبز شدن (EU)، زمان تا ۱۰ درصد سبز شدن (D10)، زمان تا ۵۰ درصد سبز شدن (D50)، زمان تا ۹۰ درصد سبز شدن (D90) در گیاه شبدر تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

Table 2- Results of analysis variance (mean squares) of maximum emergence (Emax), rate of emergence (R50), emergence uniformity (EU), time to 10% (D10), 50% (D50) and 90% (D90) emergence in clover plant as affected by experimental treatments

منابع تغییر (Source of variance)	درجه آزادی (Df)	E_{max}	R_{50}	EU	D_{10}	D_{50}	D_{90}
بلوک Block	2	9.85	0.00009	1752.55.	1.34	147.98	1789.33
میکوریزا Mycorrhiza	2	6018.31**	0.00003^{ns}	563.46^{ns}	4.99**	13.42^{ns}	471.45^{ns}
ترفلان Treflan	3	695.35**	0.00006^{ns}	196.38**	1.53**	90.73^{ns}	224.92
میکوریزا× ترفلان Treflan×Mycorrhiza	6	31.16**	0.00001^{ns}	127.58^{ns}	0.16^{ns}	30.19^{ns}	129.99
خطا Error	22	2.44	0.00002	106.35	0.14	35.12	109.11
Cv%		2.71	17.35	18.17	2.42	16.11	14.36

Notes: ** Significant at p ≤0.01 and ^{ns}: non- significant

** و ^{ns} بترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح ۱ درصد و غیر معنی داری است

Df, Degree of freedom; Cv, Coefficient of variation

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به حداکثر سبز شدن (Emax[1])، سرعت سبز شدن (R_{50})، یکنواختی سبز شدن (EU[2])، زمان تا ۱۰ (D_{10})، ۵۰ (D_{50}) و ۹۰ (D_{90}) درصد سبز شدن گیاه شبدر در جدول ۲ ارائه شده است. علف‌کش ترفلان تأثیر معنی‌داری بر Emax، EU، D_{10} و D_{90} داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، کاربرد علف‌کش ترفلان موجب کاهش معنی‌دار حداکثر سبز شدن شد (جدول ۳). به‌طوری‌که بیشترین درصد سبز شدن مربوط به تیمار T_1 بود و تیمارهای T_2، T_3 و T_4 به‌ترتیب موجب کاهش ۱۱، ۲۶/۵ و ۵۰/۶ درصدی سبز شدن نسبت به تیمار شاهد (T_1) شدند. همچنین یکنواختی سبز شدن با افزایش دز ترفلان کاهش معنی‌داری پیدا کرد (جدول ۳). بیشترین مقدار یکنواختی سبز شدن مربوط به تیمار T_1 و کمترین مقدار مربوط به تیمار T_4 بود. هر چند اختلاف معنی‌داری بین تیمار T_1 و تیمارهای T_2 و T_3 در یکنواختی سبز شدن مشاهده نشد. زمان تا ۱۰ (D_{10}) و ۹۰ (D_{90}) درصد سبز شدن نیز با افزایش دز علف‌کش ترفلان افزایش یافت. مشاهده می‌شود کمترین زمان تا ۱۰ و ۹۰ درصد سبز شدن مربوط به تیمار T_1 و بیشترین مقدار مربوط به تیمار T_4 بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد، کاربرد قارچ‌های میکوریزایی تأثیر معنی‌داری بر Emax و D_{10} داشت، به طوری‌که در بین قارچ‌های میکوریزا، تیمار *G. intraradices* بیشترین تأثیر را بر درصد سبز شدن (Emax) وکمترین زمان تا ۱۰ درصد سبز شدن (D_{10}) را دارا بود.

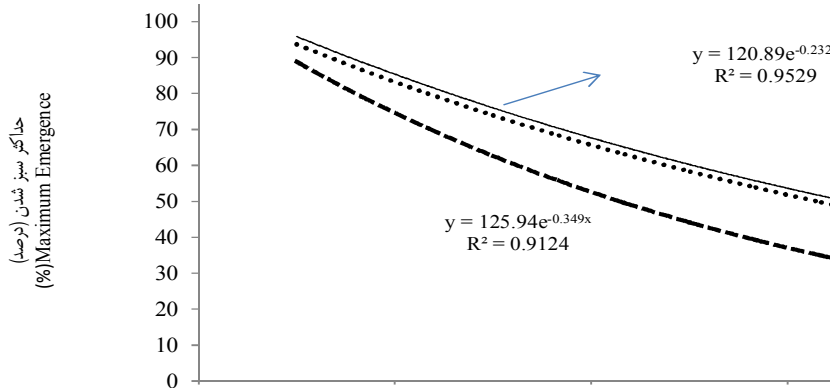
اثر متقابل سطوح مختلف علف‌کش ترفلان و قارچ‌های میکوریزایی تأثیر معنی‌داری بر حداکثر سبز شدن گیاه شبدر داشت (جدول ۲). با افزایش دز ترفلان درصد سبز شدن کاهش یافت اما در گیاهان میکوریزایی روند این کاهش آهسته بود (شکل ۱). به عبارت دیگر تلقیح بذور با قارچ‌های میکوریزایی سبب افزایش درصد سبز شدن نسبت به بذور تلقیح نشده در سطوح مختلف علف‌کش ترفلان گردید. کمترین درصد سبز شدن مربوط به تیمارهای T_4 +M_1 با ۲۱/۲۰ درصد و بیشترین مقدار مربوط به تیمار T_1 +M_2 با ۸۸/۷۶ درصد بود، که این تیمار اختلاف معنی‌داری با تیمار T_1 +M_3 با ۸۷/۴۶ درصد و نیز تیمار T_1 +M_1 نداشت. سیدرجرین (۷) گزارش نمود، استفاده از علف‌کش ترفلان باعث کاهش رشد گیاه جو شد. ترفلان از طریق تأثیر بر فعالیت تقسیم سلولی (میتوز) باعث اختلال در رشد گیاه می‌شود (۳۵). همچنین در مطالعه‌ای که توسط آلن و همکاران (۲) روی تغییرات هورمون‌های گیاهی صورت گرفت آنها بیان کردند، محتوای هورمون جیبرلین در گیاهچه‌های تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزایی افزایش پیدا کرده است. به نظر می‌رسد در مراحل اولیه کلونیزاسیون گیاهچه‌ها، تغییرات هورمونی گیاه تاثیر مثبتی بر تقسیم سلولی در نقاط مریستمی داشته است و توانسته است تاثیر بازدارندگی علف‌کش بر تقسیم سلولی را کاهش دهد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد، قارچ‌های میکوریزایی و علف‌کش ترفلان تأثیر معنی‌داری بر صفات طول ریشه، طول اندام-هوایی، وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و درصد کلونیزاسیون گیاه شبدر داشتند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای آزمایشی (جدول ۵)

1- Maximum Emergence
2- Emergence Uniformity

نشان داد که اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای M_3 و M_2 با تیمار M_1 وجود دارد. بطوری‌که تیمار M_2 به‌ترتیب باعث افزایش ۴۳، ۲۹، ۴۲ و ۳۷ درصدی صفات طول اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک ریشه نسبت به تیمار M_1 گردید.

نتایج حاکی از آن است که، به کارگیری قارچ‌های میکوریزایی توأم با دزهای مختلف علف‌کش ترفلان باعث کاهش اثر ترفلان بر خصوصیات مورد بررسی در این آزمایش شده بخصوص زمانی که از قارچ میکوریزایی *G. intraradices* استفاده شد. مطالعاتی که توسط آلن و همکاران (۲) روی تغییرات هورمون‌های گیاهی در گیاهان میکوریزایی صورت گرفته است، نشان می‌دهند که محتوای هورمون جیبرلین در گیاهان میکوریزی افزایش پیدا می‌کند که این امر می‌تواند تا حدودی در بهبود وضعیت رشد گیاه تاثیری مثبت داشته باشد. دمیر (۹) گزارش کرد که وزن خشک گیاه فلفل همزیست با قارچ میکوریزا *G. intraradices* از گیاهان غیرمیکوریزی بیشتر بوده است. در گیاهان گندم تلقیح شده با دو گونه قارچ *G. Etunicatum* و *G. mosseae* میزان رشد گیاه، تحت تنش خشکی افزایش یافته است (۱).

در مواردی که گیاهان میکوریزا از وزن خشک بیشتری برخوردارند، تأثیرات مثبت میکوریزا را می‌توان به بهبود جذب عناصر ضروری بخصوص عنصر فسفر توسط قارچ‌های همزیست نسبت داد (۸). بنابراین، به نظر می‌رسد افزایش جذب آب، فسفر و سایر عناصر غذایی توسط قارچ‌های میکوریزایی می‌تواند باعث افزایش سنتز ترکیبات کربنی در گیاه شود و همین امر به بهبود رشد گیاه کمک می‌کند.



شکل ۱- اثر متقابل دزهای مختلف علف‌کش ترفلان و قارچ‌های میکوریزایی بر حداکثر سبز شدن (درصد) بذور شبدر

Figure 1- Interaction effects of mycorrhizal fungi and treflan herbicide doses (ml ha^{-1}) on maximum emergence (Emax) in clover plant

در بین دزهای مختلف علف‌کش ترفلان تیمار T_4، بیشترین تأثیر منفی را بر صفات مورد مطالعه داشت. به طوری‌که این تیمار صفات طول ریشه، طول اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک ریشه را به‌ترتیب ۹، ۳۳، ۴۱، ۳۴، و ۳۳ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد علف‌کش) کاهش داد. به طور کلی با افزایش دز علف‌کش میزان سبز شدن، طول ریشه، طول اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک ریشه کاهش یافت. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مکانیسم عمل علف‌کش ترفلان، مهار تقسیم سلولی و جلوگیری از طویل شدن سلول‌ها در ناحیه مریستمی ریشه است، کاهش تقسیم سلولی باعث کاهش رشد ریشه و به دنبال آن موجب کاهش رشد اندام هوایی بر اثر کاهش جذب مواد غذایی می‌شود (۱۹). مطالعات نشان داده‌اند که تیمار ترفلان، باعث مهار طویل شدن ریشه در گیاهان ذرت و گندم می‌شود (۲۰). ترفلان، به زیر واحدهای پروتئین توبولین متصل شده و کمپلکس توبولین- علف‌کش از پلیمریزه شدن میکروتوبول‌ها جلوگیری می‌کند. این امر به نوبه خود باعث اختلال در مرحله متافاز تقسیم میتوز می‌شود (۱۶). آماتو و همکاران (۳) گزارش کردند که در گیاهان ذرت و پنبه تیمار شده با علف‌کش، تقسیم میتوز دچار اختلال می‌شود.

طول ریشه شبدر

بر اساس نتایج بدست آمده سطوح علف‌کش ترفلان و کاربرد میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه شبدر نشان دادند. همچنین اثرات متقابل علف‌کش و میکوریزا بر این صفت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی گیاه شبدر و درصد کلونیزاسیون تحت تأثیر تیمارهای آزمایش
Table 4- Results of analysis variance (mean squares) of clover traits and mycorrhiza colonization as affected experimental treatments

منابع تغییر (Source of variance)	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	ارتفاع گیاه Plant height	طول ریشه Root length	کلونیزاسیون Colonization
بلوک Block	2	2.86	0.77	6.02	7.86	0.19	9.19	11.11
میکوریزا Mycorrhiza	2	6.02**	7.19**	32.02**	26.77**	23.11**	61.01**	7536.25**
ترفلان Treflan	3	20.69**	31.95**	125.36**	111.43**	84.85**	473.42**	5269.44**
میکوریزا× ترفلان Treflan×Mycorrhiza	6	0.13**	0.45ns	0.91 ns	1.29 ns	2.18 ns	8.88**	913.88**
خطا Error	22	336.66	539.61	1984.95	1678.06	1675.22	5096.2	274391
Cv%	-	12.46	13.63	12.54	12.03	15.21	9.38	20

** و ns بترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح ۱ درصد و غیرمعنی‌داری *Notes*; **; Significant at p ≤0.01 and ns; non-significant

Df, Degree of freedom; CV, Coefficient of variation

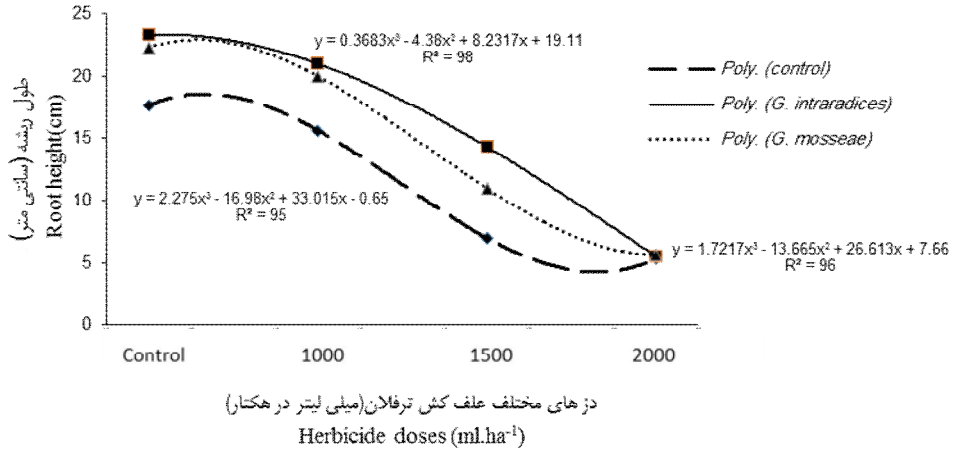
مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد (شکل ۲) که با افزایش دز علف‌کش طول ریشه کاهش یافت اما کاربرد میکوریزا روند کاهش طول ریشه را با افزایش دز علف‌کش کاهش داد. به عبارتی زمانی که میکوریزا با دزهای مختلف علف‌کش همراه بود، باعث کاهش اثر منفی ترفلان بر طول ریشه گردید، تعدیل اثر علف‌کش در دزهای کم علف‌کش (۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) و زمانی که گونه میکوریزای *G. intraradices* بکار رفت نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. در مطالعات متعددی به اثرات سوء علف‌کش ترفلان روی گیاهان زراعی حساس اذعان شده است (۱۹). از طرفی میکوریزا نیز از طریق افزایش جذب عناصر غذایی از قبیل آمونیوم، نیترات، مس، روی، آهن و سولفات و افزایش فراهمی عناصر غذایی و به ویژه فسفر، رشد و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد. همچنین میکوریزا از طریق تولید اسید ۳- ایندول بوتیریک باعث افزایش رشد و نمو ریشه ذرت می‌شود (۱۸). لذا به نظر می‌رسد میکوریزا از طریق بهبود وضعیت رشد گیاه، اثر منفی علف‌کش روی گیاه را کاهش داده و باعث افزایش طول ریشه شده است.

جدول ٥- مقایسه میانگین برخی از صفات رشدی شبدر تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی
Table 5 –Results of mean comparisons of some growth parameters of clover as affected by experimental treatments

تیمارها Treatments	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (gr)	وزن تر اندام هوایی (گرم) Shoot fresh weight (gr)	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (gr)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)
		Mycorrhiza		
Control (M1)	3.83 c	7.58 c	8.91c	6.16c
G. intraradices (M2)	5.25 a	10.83a	11.58a	8.38a
G. mosseae (M3)	4b	9.5b	9.08b	6.83b
LSD	0.29	0.57	0.57	0.54
		Treflan(ml ha^{-1})		
Control (T1)	6.66a	13.33a	13.77a	10.77a
1000 (T2)	4.88b	11b	11.44b	8.55b
1500 (T3)	3.66c	8.22c	8.55c	6.11c
2000 (T4)	2.22d	4.66d	5.66d	3.66d
LSD	0.29	0.57	0.57	0.54

وجود حروف مشترک در هر ستون نمایان‌گر عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد

Means of data followed by the same letter in each column are not significantly different using the LSD test at 5% level



شکل ۲- اثر متقابل دزهای مختلف علف‌کش ترفلان و قارچ‌های میکوریزایی بر طول ریشه گیاه شبدر

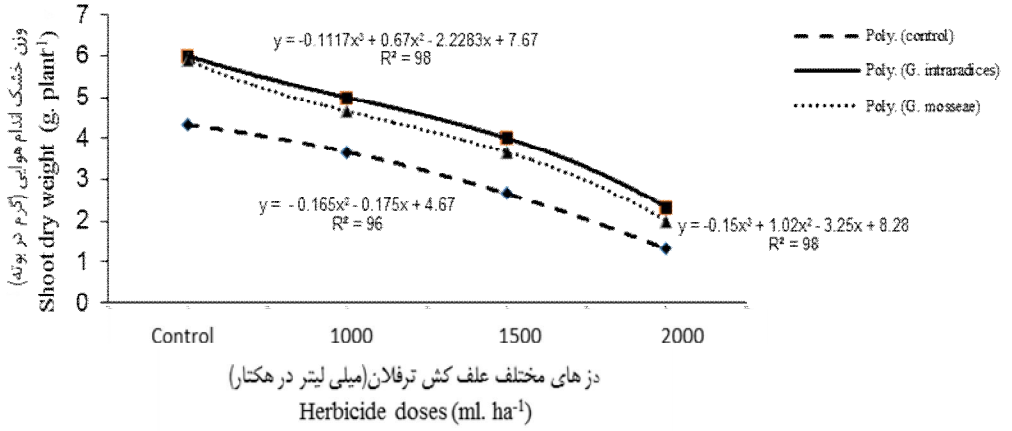
Figure 2- Interaction effects of mycorrhizal fungi and treflan herbicide doses (ml ha^{-1}) on root height of clover plant

وزن خشک اندام هوایی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده و متقابل تیمارها بر صفت وزن خشک اندام هوایی شبدر در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد (شکل ۳) که با افزایش دز علف‌کش وزن خشک اندام هوایی کاهش می‌یابد به طوری‌که بیشترین کاهش مربوط به دز بالای علف‌کش و کمترین تأثیر مربوط به عدم کاربرد علف‌کش بود. شکل ۳ نشان می‌دهد که کاربرد قارچ های میکوریزای *G. intraradices* و *G. mosseae* اثر زیان بار دزهای مختلف علف‌کش را بر وزن خشک اندام هوایی شبدر کاهش داده است. گارسیا رومریا و همکاران (۱۴) نشان دادند که وزن خشک نخود فرنگی در حالت تلقیح و عدم تلقیح در دز های ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر از علف‌کش سیانازین کاهش پیدا کرد. اما وزن خشک بخش هوایی در تیمارهایی که با قارچ‌های میکوریزایی *G. mosseae* تلقیح شده بودند در دز ۰/۰۵ نسبت به ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر از علف‌کش افزایش معنی‌داری نشان داد. مکاریان و همکاران (۲۱) در بررسی تأثیر تلقیح میکوریزا بر رشد ذرت در حضور دزهای مختلف علف‌کش متری‌بیوزین گزارش کردند که با افزایش دز علف‌کش وزن خشک ذرت کاهش یافت اما میزان کاهش وزن خشک در تیمارهای تلقیح شده نسبت به تیمارهای تلقیح نشده بطور معنی‌داری کمتر بود. همین محققین نتیجه گرفتند که میکوریزا توانسته است احتمالاً از دو طریق افزایش تجزیه علف‌کش در خاک و نیز کمک به گیاه در افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز، وضعیت رشد و تولید ماده خشک گیاه را افزایش دهد. علف‌کش ترفلان با اختلال در رشد ریشه‌های جانبی، سرعت جابجایی یا جذب سطحی عناصر غذایی ضروری از جمله نیتروژن، فسفر و گوگرد را کاهش می دهد و باعث ایجاد عدم تعادل در مواد معدنی گیاه می‌شود (۲۲). این عوامل به نوبه خود باعث کاهش رشد و به دنبال آن کاهش زیست توده گیاه می‌شوند. گزارش شده است که وزن خشک اندام هوایی و ریشه در گیاهان ۴ هفته‌ای سویا، تحت تیمار علف‌کش ترفلان کاهش می‌یابد. این کاهش رشد ممکن است ناشی از تأثیر مستقیم ترفلان بر تقسیم سلولی (۱۰) و جذب و انتقال مواد غذایی باشد (۱۹). مطالعات زیادی نیز افزایش جذب فسفر و تأثیرات مثبت آن توسط قارچ را به جذب فعال فسفر از خاک و فعالیت ریسه‌های خارج ریشه ای قارچ و انتقال آن به گیاه نسبت داده‌اند (۳۵). بطورکلی احتمالاً علاوه بر افزایش جذب عناصر غذایی، میکوریزا می‌تواند با افزایش رشد گیاه آثار سمی علف‌کش را به‌وسیله رقیق کردن آن در واحد وزن گیاه و نیز ته‌نشین کردن یا جذب سطحی روی گرانول‌های پلی فسفات خاک کاهش دهد.

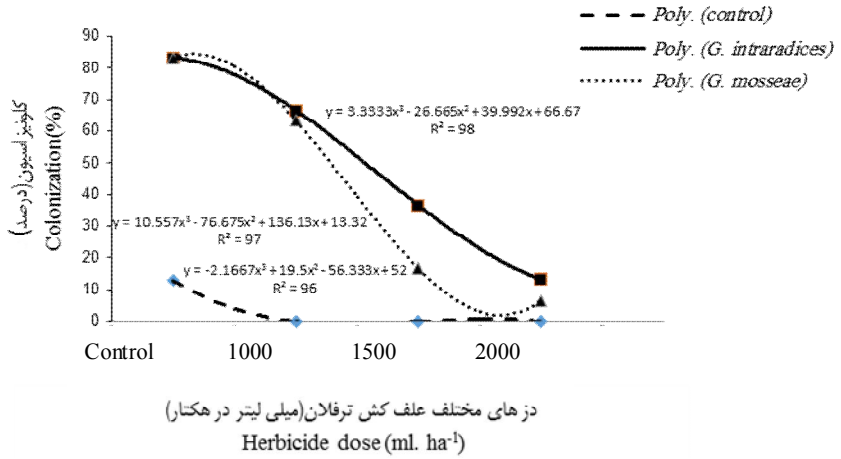
درصد کلونیزاسیون ریشه شبدر

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل کاربرد دزهای مختلف علف‌کش و میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه شبدر در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی (شکل ۴) نشان داد که با افزایش دز ترفلان درصد کلونیزاسیون ریشه کاهش یافت، به طوری‌که بیشترین کاهش درصد کلونیزاسیون ریشه مربوط به دزهای بالای علف‌کش (T_3 و T_4) بود.



شکل ۳- اثر متقابل دزهای مختلف علف‌کش ترفلان و قارچ‌های میکوریزای بر وزن خشک اندام هوایی شبدر

Figure 3- Interaction effects of mycorrhizal fungi and treflan herbicide doses (ml ha^{-1}) on shoot dry weight of clover plant



شکل 4- اثر متقابل قارچ میکوریزا و علف‌کش ترفلان بر کلونیزاسیون میکوریزایی شبدر

Figure 4- Interaction effects of mycorrhizal fungi and treflan herbicide (ml ha^{-1}) on root clover colonization by mycorrhiza fungi (%)

همچنین با کاربرد هر دو گونه میکوریزا درصد کلونیزاسیون افزایش معنی‌داری نسبت به عدم کاربرد آن نشان داد. نتایج نشان داد که در دزهای بالای علف‌کش (۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌لیتر ترفلان در هکتار) کاربرد یا عدم کاربرد میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون ریشه نداشت. اما در دز ۱۰۰۰ میلی‌لیتر علف‌کش در هکتار درصد کلونیزاسیون با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. بنابراین مشاهده می‌شود که گونه‌های قارچ‌های میکوریزایی مورد استفاده، دز علف‌کش را تا یک لیتر در هکتار به خوبی تحمل می‌کنند اما با افزایش میزان دز علف‌کش درصد کلونیزاسیون نیز کاهش می‌یابد. علف‌کش‌ها از طریق ایجاد اختلال در رشد گیاه می‌توانند باعث جلوگیری یا کاهش همزیستی بین قارچ‌های میکوریزایی و گیاهان شوند (۲۶ و ۳۶). مارین و همکاران (۲۳) در تحقیقی بیان کردند قارچ های میکوریزا در خاک‌های آلوده به علف‌کش قادر به رشد و باعث افزایش تولید گیاه نیز می‌شوند. آن‌ها همچنین اظهار کردند فعالیت قارچ‌ها تحت تأثیر میزان علف‌کش مورد استفاده قرار می‌گیرد. باس و همکاران (۶) دریافتند که علف‌کش‌های ایمازاپیر، سولفورمترون متیل و تریکلوپیر حتی زمانی که در دزهای دو برابر آنچه توصیه می‌شوند به کار رفتند اثر زیانباری روی رشد وگسترش میکوریزای[3] بیرونی نداشتند. بطور کلی به نظر می‌رسد قارچ‌های میکوریزا نسبت به علف‌کش‌های مختلف عکس العمل‌های متفاوتی نشان می‌دهند و این

3- *Ectomycorrhiza*

موضوع نیازمند بررسی و مطالعات بیشتری می‌باشد، زیرا می‌تواند برهمکنش قارچ‌های میکوریزا و علف‌کش‌ها در خاک، رشد و عملکرد گیاهان را بطور متفاوتی تحت تأثیر قرار دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش دز علف‌کش ترفلان حداکثر سبز شدن (Emax) و یکنواختی سبز شدن (Eu) کاهش یافت. زمان تا ۱۰ (D_{10}) و ۹۰ (D_{90}) درصد سبز شدن نیز با افزایش دز علف‌کش ترفلان افزایش یافت. همچنین علف‌کش ترفلان کاهش معنی‌داری در صفات طول اندام‌هوایی، وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه و درصد کلونیزاسیون گیاه شبدر ایجاد کرد. تلقیح با قارچ های میکوریزا نیز توانست سبب افزایش معنی‌دار حداکثر سبز شدن و زمان تا ۱۰ درصد سبز شدن نسبت به عدم تلقیح شود. تلقیح با قارچ های میکوریزایی توانست اثرات علف‌کش ترفلان را در کاهش حداکثر سبز شدن تعدیل کند. در غلظت‌های مختلف علف‌کش، تلقیح با میکوریزا وزن خشک اندام هوایی را بطور معنی‌داری نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. همچنین، درصد کلونیزاسیون ریشه در دز پایین علف‌کش (۱۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) تحت تاثیر تلقیح میکوریزا نسبت به عدم تلقیح بطور معنی‌داری افزایش نشان داد. تلقیح با قارچ *G. intraradices* طول ریشه را در دزهای پایین (۱۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) و متوسط علف‌کش (۱۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) نسبت به عدم تلقیح در همین تیمارها بطور معنی‌داری افزایش داد. در مجموع قارچ-های میکوریزایی با قابلیت‌هایی که در بهبود خصوصیات رشدی گیاه شبدر دارند، می‌توانند تنش ناشی از دزهای پایین علف‌کش ترفلان را روی این گیاه کاهش دهند. به نظر می‌رسد این جنبه‌ها، پتانسیل قابل ملاحظه استفاده از قارچ‌های میکوریزا درکاهش بقایای علف‌کش‌ها در خاک و نیز کاهش تنش علف‌کش‌های خاک مصرف بر گیاهان غیر هدف را روشن سازد.

منابع

1- Al-Karaki G. N., McMichael B., and Zah J. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza, 14: 263-269.
2- Allen M. F., Moore T. S., and Christensen M. 1982. Phytohormone changes in *Bouteloua gracils* infected by vesicular-arbuscular mycorrhiza. II Altered levels of gibberellin like substance's and abscisic acid in the host plant. Canadian Journal of Botany, 60: 468- 471.
3- Amato V. A., Hoverson R. R., and Joseph H. 1965 Microanatomical and morphological responses of corn and cotton to trifluralin. Proceedings of Association of Southern Agricultural Workers, p. 234 (Abstracts).
4- Antunes PM., Deaville D., and Goss M J. 2006. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with *Bradyrhizobium japonicum* and soybean. Mycorrhiza, 16: 167–173.
5- Borzouei M., Izadi E., Rashed mohassel MH, Hassanzadeh M., Rastgoo M. 2013. Effect of Trifluralin herbicide residues in soil on the growth of some plants. The 4th Iranian Weed Conference. 6-8 Feb. 2013. Ahvaz University. (in Persian with English abstract).
6- Busse M. D., Fiddler G. O., and Ratcliff A. W. 2004. Ectomycorrhizal formation in herbicide treated soils of differing clay and organic matter content. Water, Air, and Soil Pollution, 152: 23-34.
7- Cedergreen N. 2008. Is growth stimulation by low doses of Glyphosate sustained over time? Envir. Poll. 156: 1099– 1104. [58] Kenneth, A. H. 1982. The chemistry of pesticides: Their metabolism, mode of action and uses in crop protection. The Macmillan Press Ltd. London and Basingstoke, pp 28-58.
8- Chen B. D., Li X. L., Tao H. Q., Christie P., and Wong M. H. 2003. The role of arbuscular mycorrhiza in zinc uptake by red clover growing in calcareous soil spiked with various quantities of zinc. Chemosphere, 50: 839-846
9- Demir S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology, 28: 85-90.
10- Duke S. O. 1990. Overview of herbicide mechanisms of action. Environmental Health Perspectives, 87: 263-271.
11- Falah A. R., Beshareti H. and khoseravi H. 2006. The Soil Microbiology. p180. (In persian).
12- Fathi Gh., and Arjmand A. 1999. The Herbicides and Plant Physiology. Publishing Razavi Holy Shrine. pp 171. (In persian).
13- Garcia I., Mendoza R., and Pomar M. C. 2012. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark.
14- Garcia-Romeria I., Miquel J. A., and Ocampo J. A. 1988. Effect of Cyanazine herbicide on VA mycorrhizal infection and growth of *Pisum sativum*. Plant and Soil, 107: 207-210.
15- Hess D., and Bayer D. 1974. The effect of trifluralin on the ultrastructure of dividing cells of the root meristems of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) (Acala 4-42). Journal of Cell Science, 15: 429-441.
16- Horst V. 2004. Further root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in already mycorrhizal plants in suppressed after a critical level of root colonization. Plant Physiology, 161: 339-341.
17- Jeenie P., and Khanna S. V. 2011. In Vitro Sensitivity of Rhizobium and Phosphate Solubilising Bacteria to

Herbicides. Indian Journal of Microbiology, 51 (2): 230-233.
18- Kaldorf M., and Ludwig-Muller J. 2000. AM fungi might affect the rootmorphology of maize by increasing indole-3-butiric acid biosynthesis. Physiologia Plantarum, 109: 58-67.
19- Kust C. A., and Struckmeyer B. E. 1971. Effects of trifluralin on growth, nodulation, and anatomy of soybeans. Weed Science, 19: 147- 152.
20- Lignowski E. M., and Scott E. G. 1971. Trifluralin and root growth. Plant and Cell Physiology, 12: 701-708.
21- Makarian H., Asghari H. R., and Motaheri Neghad H. 2010. The effect of mycorrhizal fungi on dry matter production and chlorophyll content of maize (*Zea mays* L.) in the presence of herbicides metribuzin. p 486. Proceedings of the 11th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. 24-26 Jul. 2010. Shahied Beheshti University of Tehran, Iran. (in Persian with English abstract).
22- Marenco R. A., and Lopes N. F. 1994. Leaf chlorophyll concentration and nitrogen content in soybean plants treated with herbicide, Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 6(1): 7-13.
23- Marin M., Ybarra M., Fe A., Garcia-Ferriz L. 2002. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and pesticides on *Cynara cardunculus* growth. Agricultural Food Science Finland, 11: 245–251.
24- Meng J.I. A. 1982. Effect of soil fumigants and fungicides on vesicolar arbuscular fungi. Phytopathology, 58: 522.
25- Morrison I. N., Nawolsky K. M., Marshall G. M., and Smith A. E. 1989. Recovery of spring wheat (*Triticum aestivum*) injured by trifluralin. Weed Science, 37: 784-789.
26- O'Connor P. J., Smith S. E., and Smith E. A. 2002. Arbuscular mycorrhizas influence plant diversity and community structure in semi-arid herbland. New Phytology, 154(1): 209-218.
27- Pankhurst C.E., Blair B.L., Magarey R.C., Stirling G.R., Garside A.L. 2005. Effects of biocides and rotation breaks on soil organisms associated with the poor early growth of sugarcane in continuous monoculture. Plant and Soil, 268: 255-269.
28- Philips J. M., and Hayman D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining Parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of British Mycological Society, 55:158–161.
29- Powell J. R., Campbell R. G., Dunfield K. E., Gulden R. H., Hart M. M., Levy-Booth D. J., Klironomos J. N., Pauls K. P., Swanton C. J., Trevors J. T., and Antunes P. M. 2009. Effect of glyphosate on the tripartite symbiosis formed by *Glomus intraradices*, *bradyrhizobbium japonicum*, and genetically modified soybean. Applied Soil Ecology, 41: 128-136.
30- Sharma A. K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India.
31- Sheng M., Tang M., Chen H., Yang B., Zhang F., and Huang Y. 2008. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. Mycorrhiza, 18: 287-296.
32- Smith S. E., and Read D. J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. San Diego, CA: Academic Press, Inc.
33- Soltani A., and Maddah V. 2010. Simple applied programs for education and research in agronomy. ISSA Press, Iran, 80p. (In Persian).
34- Spencer W. F., and Cliath M. M. 1974. Factors affecting vapor loss of Trifluralin from soil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 22: 987-991.
35- Vogel-Mikus K., Drobne D., and Regvar M. 2005. Zn, Cd and Pb accumulation and arbuscular mycorrhizal colonization of pennycress (*Thlaspi praecox* Wulf. Brassicaceae) from the vicinity of a lead mine and smelter Slovenia. Environmental Pollution, 133: 233-242.
36- Vyas S.C. 1988. Soil microorganisms and their activities. Nontarget Effects of Agricultural Fungicides. CRC Press, FL, Boca Raton. 258–275.