



دانشگاه گیلان

دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره هفتم / شماره سوم / پاییز ۱۳۹۶ (۳۹۸-۳۸۱)

مطالعه برهمکنش همزیستی میکوریزایی، کاربرد خاکی و محلول پاشی کود فلومیکس بر عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی گیاه ذرت (*Zea mays L.*) در شرایط رقابت با علف‌های هرز

حمید عباس‌دخت^{۱*}، رامین جباری^۲، حسن مکاریان^۳ و احمد غلامی^۴

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۲۷

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد قارچ میکوریزا، محلول پاشی و کاربرد خاکی کود فلومیکس بر عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی گیاه ذرت، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. در این آزمایش، همزیستی میکوریزایی در دو سطح شامل بدون همزیستی و همزیستی قارچ میکوریزا، محلول پاشی فلومیکس در سه سطح شامل بدون مصرف، یکبار مصرف و دو بار مصرف و کاربرد خاکی فلومیکس شامل بدون مصرف، یکبار مصرف و دو بار مصرف اعمال شد. نتایج تجزیه واریانس بیانگر افزایش معنی‌دار صفات کلونیزاسیون ریشه و فسفر دانه تحت تأثیر همزیستی میکوریزا و محلول پاشی فلومیکس بود. کلونیزاسیون ریشه و عملکرد دانه تحت تأثیر محلول پاشی و کاربرد خاکی فلومیکس قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار کاربرد قارچ میکوریزا + دو بار محلول پاشی فلومیکس، مقدار کلونیزاسیون ریشه و فسفر دانه را به ترتیب از ۳۷/۲۲ درصد و ۱/۸۳ پی‌پی‌ام در تیمار بدون کاربرد قارچ و محلول پاشی به ۶۷/۲۲ درصد و ۵/۰۶ پی‌پی‌ام افزایش داد. تیمار کاربرد قارچ میکوریزا + دو بار محلول پاشی فلومیکس توانست میزان عملکرد دانه را از ۱۱۴۴ کیلوگرم بر هکتار در تیمار بدون کاربرد قارچ میکوریزا + بدون محلول پاشی به ۲۱۵۵ کیلوگرم در هکتار افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، فسفر، کلروفیل، کلونیزاسیون

- ۱- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
- ۲- کارشناس ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
- ۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
- ۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

* نویسنده مسئول: habbasdokht@yahoo.com

مقدمه

مورد نیاز هستند، اما کمبود آن‌ها در خاک کارآیی عناصر پرمصرف را تحت تاثیر قرار می‌دهد و موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (Malakooti, 1996).

به‌منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، بیشتر تولیدکنندگان به مصرف کودهای شیمیایی روی آورده‌اند، اما مصرف مداوم کودهای شیمیایی در درازمدت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را تخریب کرده و با کاهش نفوذپذیری خاک، گسترش ریشه گیاهان را دچار مشکل می‌کند (Wu et al., 2004). راهکارهای زیادی جهت پایداری در کشاورزی وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها استفاده از کودهای بیولوژیک می‌باشد. قارچ‌های میکوریزا یکی از انواع کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند و از مهم‌ترین ریزجانداران موجود در اغلب خاک‌های تخریب نشده می‌باشد، به‌طوری که در برخی تخمین‌های موجود ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاک‌ها را ریشه این قارچ‌ها تشکیل می‌دهد (Miller, 2000). به‌طور کلی، حدود ۹۵-۹۰ درصد از گیاهان با این قارچ‌ها ارتباط هم‌زیستی دارند، به‌طوری که در این گیاهان میکوریزا (نه ریشه) اندام اصلی جذب آب و عناصر غذایی محسوب می‌شود (Bago, 2000; Auge, 2001).

ذرت در مراحل اولیه رشد در رقابت با علف‌های هرز ضعیف می‌باشد و لذا نیاز است که با علف‌های هرز مبارزه موثر و به‌موقع صورت گیرد. کارشناسان در مورد اهمیت مبارزه با علف‌های هرز در زراعت ذرت تأکید فراوان کرده‌اند. چنانچه علف‌های هرز بدون مبارزه رها شوند می‌توانند محصول ذرت را از ۱۵ الی ۱۰۰ درصد بر حسب نوع علف‌ها و میزان رشد آن‌ها کاهش دهند (Tajbakhsh, 1996). گیاه ذرت در ۳ تا ۵ هفته اول نسبت به علف‌های هرز بسیار حساس بوده و در مدت رشد در جذب آب، مواد غذایی و نور با ذرت رقابت نموده و باعث کاهش شدید محصول ذرت می‌شوند (Mahadi et al., 2007). با توجه به مطالب فوق هدف از اجرای این تحقیق بررسی برهم‌کنش هم‌زیستی میکوریزایی، کاربرد خاکی و محلول‌پاشی کود فلومیکس بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات کیفی گیاه ذرت در شرایط رقابت با علف‌های هرز بود.

ذرت با نام علمی *Zea mays* L. پس از گندم و برنج، مهم‌ترین منبع غذایی دنیا را تشکیل می‌دهد. ذرت از لحاظ فتوسنتزی گیاهی چهار کربنه می‌باشد. دامنه گسترش این گیاه وسیع است اما در اقلیم‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری رشد بهتری دارد. ذرت از جمله گیاهانی است که عملکرد آن در عرض جغرافیایی بالاتر از خاستگاه خویش، زیادت‌تر می‌باشد. این موضوع بیانگر توسعه اقتصادی و استفاده بیشتر از نهاده‌ها در تولید این محصول در عرض جغرافیایی بالاتر است، هر چند طول دوره روشنایی زیادت‌تر و فصل رشد طولانی‌تر هم در این امر موثر بوده‌اند. پتانسیل عملکرد در ذرت به گونه‌ای است که برداشت ۱۵ تا ۲۰ تن در هکتار در سطح تجاری رایج می‌باشد (Zand and Laali Nia, 2010). از این‌رو، برنامه‌ریزی در جهت افزایش این محصول راهبردی باید به‌گونه‌ای باشد که مدیریت تغذیه گیاهی هم در جهت افزایش و پایداری تولید باشد و هم باعث حفظ محیط زیست شود. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که با انتخاب عوامل زراعی مناسب از جمله مصرف صحیح عناصر غذایی می‌توان عملکرد کمی و کیفی ذرت را افزایش داد (Kogbe and Adediran, 2003). جهت دستیابی به عملکرد بالا لازم است عناصر غذایی در زمان مناسب و به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار گیرد (Doberman and Fairhurst, 2000). هم‌اکنون مهم‌ترین روش مصرف کودها، روش مصرف خاکی می‌باشد. در سطح جهانی از روش‌های دیگری نیز برای استفاده از عناصر غذایی وجود دارد که می‌توان به روش آغشته کردن بذور و محلول‌پاشی اندام‌های هوایی اشاره کرد (Bengtsson et al., 2003). یکی از روش‌هایی که به‌عنوان مکمل برای مصرف کودهای شیمیایی در خاک مطرح می‌شود، محلول‌پاشی (تغذیه برگ) می‌باشد (Seligman, 1996). محلول‌پاشی باعث افزایش جذب مواد غذایی از طریق برگ نسبت به جذب از طریق خاک می‌شود (Koochaki and Sarmad Nia, 1999). علت اصلی توجه بیشتر به عناصر کم‌مصرف به جز اثر در افزایش تولید محصولات، مشاهده پیدایش کمبود و گرسنگی پنهان و افزایش بیماری‌هایی است که انسان امروزی در اثر مصرف مواد غذایی فقیر به آن‌ها مبتلا می‌شود (Malakooti and Tehrani, 1998). تمام گیاهان برای رشد خود به عناصر غذایی نیاز دارند که در این بین عناصر غذایی ریزمغذی هر چند به میزان کم

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه و ارتفاع ۱۳۴۹ متر از سطح دریا، انجام شد. بر اساس تقسیم‌بندی شاهرود، دارای اقلیم سرد و خشک و بارندگی سالانه بین ۱۵۰ الی ۱۶۰ میلی‌متر می‌باشد که بارندگی‌ها عمدتاً در 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. قبل از انجام عملیات آماده‌سازی و اجرای نقشه آزمایش به‌منظور تعیین بافت خاک و عناصر غذایی موجود در آن از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک در ۱۰ نقطه از خاک مزرعه نمونه‌برداری به روش مشبک صورت گرفت. سپس نمونه‌ها جمع‌آوری شده و مخلوط شدند. در نهایت یک نمونه یک کیلوگرمی از خاک که در برگزیده کل نمونه‌ها بود به آزمایشگاه منتقل گشت. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۷ نشان داده شده است.

مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای مورد مطالعه شامل کاربرد قارچ میکوریزا در دو سطح بدون مصرف و مصرف قارچ میکوریزا، محلول‌پاشی در سه سطح بدون مصرف، یک‌بار مصرف و دوبار مصرف و کاربرد خاکی کود فلومیکس در سه سطح شامل بدون مصرف، یک‌بار مصرف و دوبار مصرف بود. آزمایش از سه بلوک (۸×۵۴ متر) ۴۳۲ مترمربعی و هر بلوک از ۱۸ کرت (۸×۳ متر) ۲۴ مترمربعی و هر کرت از ۴ ردیف کاشت به طول ۸ متر و فاصله ۶۵ سانتی‌متر از یکدیگر تشکیل شد. فاصله دو بوته روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر و عمق کاشت بذر ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مرز بین هر کرت با یک پشته نکاشت مشخص شد. عملیات تهیه بستر بذر به ترتیب شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک‌زنی و تسطیح زمین بود. سپس با استفاده از فاروئر زمین به‌صورت جوی و پشته در آمد. در نهایت توسط نهر کن، جوی آبیاری و زهکشی به عرض ۴ متر ایجاد شد. گونه قارچ میکوریزای مورد استفاده در این تحقیق از نوع *Glomus mossea* بود و از شرکت زیست‌فناور توران

تهیه شد. به‌طوری که بر اساس توصیه‌های این شرکت قبل از کاشت حدود ۱۰ گرم قارچ که حاوی قطعات ریز ریشه، میسلیوم‌ها، اسپوره‌های قارچ و خاک چسبیده به آن‌ها بود، در حفره کاشت بذرها در عمق ۷ سانتی‌متری قرار داده شد. سپس روی آن مقداری خاک ریخته شد و در عمق ۵ سانتی‌متری بذر رقم سینگل کراس ۷۰۴ با فاصله ۲۰ سانتی‌متری کاشته شد و در هر نقطه سه بذر قرار گرفت. در هر تکرار یک کرت به‌صورت تصادفی به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد که فقط کود نیتروژن، نصف عرف منطقه و به‌صورت سرک به آن اضافه شد.

کود نیتروژن در مرحله ۸-۶ برگی به‌صورت سرک و به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (نصف عرف منطقه) به زمین اضافه شد. با توجه به نتایج آزمون خاک و از طرف دیگر، ایجاد شرایط بهتر برای فعالیت قارچ‌های میکوریزا در خاک از اضافه نمودن کود فسفره اجتناب شد. عملیات کاشت در تاریخ دهم خرداد ماه انجام شد. پس از عملیات کاشت بلافاصله آبیاری سنگینی به‌صورت نشتی انجام شد، به‌گونه‌ای که پشته‌ها کاملاً خیس شده و سیاه شدند. آبیاری‌های بعدی در طول فصل رشد به‌طور منظم هر ۸ روز یک‌بار انجام شد.

جهت اعمال تیمارهای محلول‌پاشی و کاربرد خاکی، محلول فلومیکس از شرکت سازان کود پاسارگاد تهیه شد. ترکیبات موجود در کود فلومیکس در جدول ۲ و شیوه مصرف در جدول ۳ ارائه شده است. برای اعمال تیمار محلول‌پاشی پس از محاسبه میزان مصرف کود فلومیکس برای طرح آزمایشی، طبق نتایج آزمون خاک محلول فلومیکس و آب با نسبت معین مخلوط شد و سپس توسط سم‌پاش مخصوصی که دارای سیستم هم‌زن بوده و مانع از رسوب محلول می‌گشت در صبح زود روی اندام‌های هوایی گیاه محلول‌پاشی صورت گرفت. اولین محلول‌پاشی قبل از ظهور کاکل روی تیمارها اعمال شد. مرحله دوم محلول‌پاشی ۲۰ روز پس از اولین مرحله به همان شیوه انجام گرفت.

برای اعمال تیمار کاربرد خاکی نیز پس از محاسبه میزان مصرف، محلول فلومیکس و آب با نسبت معین مخلوط شد و با استفاده از آب‌پاش در صبح روز آبیاری در بین خطوط کاشت اضافه شد. تاریخ اولین کاربرد خاکی در مرحله ۶-۴ برگی گیاه ذرت انجام شد و مرحله دوم نیز ۱۵ روز پس از اعمال مرحله اول انجام گرفت.

جدول ۱- ترکیبات کود فلومیکس
Table 1. Flomix fertilizer compounds

روی	منگنز	مس	آهن	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	اسید هیومیک	اسید فولیک
Zn	Mn	Cu	Fe	P	K ₂ O	N	Humic acid	Folic acid
پی.پی.ام (ppm)			درصد (%)					
7480	4540	3240	6950	2	4	3	2 - 3	30 - 35

جدول ۲- روش مصرف کود فلومیکس
Table 2. Methods of Flomix fertilizer using

روش استفاده Method of using	مقدار مصرف Amount of using	زمان مصرف Time of using
محلول پاشی Foliar spray	۴-۶ لیتر در هکتار 4 - 6 Lit / ha	دو الی سه نوبت در طول دوره رشد 2 to 3 times during the growing season
مصرف خاکی Soil spray	۶-۸ لیتر در هکتار 6 - 8 Lit / ha	بعد از دومین آبیاری و در صورت نیاز هر دو هفته یکبار After the second irrigation as needed
بذر مال Seed treatment	یک لیتر در ۱۰ لیتر آب برای ۱۰۰ کیلو گرم بذر 1 Lit in 10 Lit water for hundred seed	هنگام کاشت Planting time
نهال و نشاء Seedlings	غوطه ور کردن ریشه نهال و نشاء در محلول ۵ در هزار Soaking of roots and seedlings in a solution of 5 per thousand	هنگام کاشت Planting time

مقدار فسفر دانه به روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات- وانادات) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Jenway 6305 محاسبه گردید (Jones *et al.*, 1991). اندازه گیری قند محلول به روش اشلیگل (Sheligl, 1986) توسط فنل- اسید سولفوریک و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Jenway 6305 صورت گرفت. جهت اندازه گیری رنگی های کلروفیل a و b از روش آرنون (Arnon, 1967) و استن ۸۰ درصد دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Jenway 6305 استفاده گردید، سپس با استفاده از روابط (۴) و (۵) مقدار رنگی های کلروفیل a و b محاسبه شد:

رابطه (۴)

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663}) - (0.86 \times A_{645}) \text{ V}/100\text{W}$$

رابطه (۵)

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{645}) - (3.6 \times A_{663}) \text{ V}/100\text{W}$$

V: حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از

سانتریفوژ)

A: جذب نور در طول موج های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰

نانومتر

W: وزن تر نمونه بر حسب گرم

جهت اندازه گیری درصد کلونیزاسیون ریشه از روش اسلاید و جهت رنگ آمیزی ریشه ها از روش تغییر یافته فیلیپس و هایمان (Philips and Hayman, 1970) استفاده گردید. در پایان با استفاده از رابطه (۱) درصد کلونیزاسیون محاسبه شد:

رابطه (۱)

۱۰۰ × (تعداد قطعات مشاهده شده / تعداد قطعات کلونیزه

شده به قارچ میکوریزا) = درصد کلونیزاسیون

اندازه گیری پروتئین دانه با استفاده از دستگاه تمام خودکار Kjeltac Analysis Unit 2300 و هضم نمونه ها با روش والینگ و همکاران (Waling *et al.*, 1989) و دستگاه هضم Digester 2040 صورت گرفت و در نهایت با استفاده از روابط (۲) و (۳) میزان پروتئین دانه محاسبه شد:

رابطه (۲)

۱۰۰ × وزن نمونه (گرم) / (A × ۰/۱۴) = درصد نیتروژن
A = اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال مصرفی بر حسب

میلی لیتر

رابطه (۳)

ضریب تبدیل نیتروژن × درصد نیتروژن = درصد پروتئین

فسفر از عوامل مهم در دانه‌بندی و شکل‌گیری دانه در ذرت است، بنابراین به‌نظر می‌رسد که قارچ میکوریزا به‌دلیل افزایش سطح ریشه‌ها از طریق نفوذ میسیلیوم قارچ در خاک و در نتیجه دسترسی گیاه به حجم بیشتری از خاک سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده است (Smith et al., 2003) که این امر موجب فتوسنتز بیشتر، بهبود رشد گیاه و در نتیجه باعث افزایش جذب فسفر و انتقال آن به منبع (دانه) شده است (Ghoorchiani et al., 2010). تحقیقات عارف (Aref, 2008) نیز افزایش میزان فسفر دانه را در اثر کاربرد عناصر کم‌مصرف در ذرت اعلام کرد. گزارش شده است که در خاک‌هایی که کربنات کلسیم بالایی دارند، مقدار زیادی از فسفر به‌وسیله همین کربنات کلسیم تثبیت می‌شود. در این حالت گیاه هرچه برای جذب آهن، H^+ بیشتری در خاک آزاد کند فسفر قابل دسترس بیشتری هم‌زمان با احیای آهن در منطقه ریشه برای گیاه فراهم می‌سازد (به‌علت جدایی فسفر از ترکیب با کربنات کلسیم در خاک‌های قلیایی) (Smart, 1994). در این تحقیق نیز مشخص شد که با محلول‌پاشی و مصرف خاکی فلومیکس حاوی آهن میزان فسفر دانه نیز افزایش می‌یابد. فسفر از جمله عناصر ضروری برای گیاه به‌شمار می‌آید. این عنصر به علت نوع ترکیباتش به سرعت در خاک تثبیت می‌شود. در شرایطی که در یک مزرعه هم گیاه زراعی و هم علف هرز حضور داشته باشد، گیاهی می‌تواند فسفر دانه بیشتری داشته باشد که بتواند فسفر نامحلول را به فسفر محلول تبدیل نماید. از طرف دیگر منابع فسفر بیشتری در اختیار داشته باشد. در این پژوهش گیاه ذرت با قارچ میکوریزا هم‌زیستی بالایی داشته است و در نتیجه توانسته است فسفر نامحلول بیشتری را به محلول تبدیل نماید و به دانه خود انتقال دهد. لازم به توضیح است که علف‌های هرز غالب این طرح شامل سوروف (*Echinochloa crus-gali* L.، تاج‌خروس ریشه‌قرمز (*Amaranthus retroflexus* L. و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) بود و هیچ‌کدام از این علف‌های هرز قادر به هم‌زیستی با قارچ میکوریزای گونه گلموس موسه‌آ نیستند. بنابراین، فسفر حاصل از فعالیت قارچ‌های میکوریزا جذب گیاه ذرت شد. مصرف برگی و خاکی فسفر نیز باعث شده است که گیاه بتواند رشد بهتری نسبت به سایر گیاهان داشته باشد و در نتیجه از منبع فسفر موجود در خاک استفاده بیشتری داشته باشد.

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ نیز به روش ریچی و نگویان (Ritchie and Nguyen, 1990) با استفاده از رابطه (۶) صورت پذیرفت.

رابطه (۶) $100 \times (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن اشباع برگ}) / (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن تازه برگ}) = \text{درصد محتوای نسبی آب برگ}$

در عملیات برداشت بوته‌ها به‌نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات واحد آزمایشی مربوط را نشان دهند. قطع بوته‌ها نیز از سطح خاک و از ناحیه طوقه گیاه انجام پذیرفت. سپس بوته‌ها در پاکت‌های کاغذی که از قبل برای این منظور شماره‌گذاری شده بودند قرار داده شدند و به آزمایشگاه برای محاسبه عملکرد و اجزای عملکرد منتقل شدند. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان داد که اثرات اصلی قارچ میکوریزا، محلول‌پاشی و کاربرد خاکی کود فلومیکس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین علاوه بر تأثیر کاربرد قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی فلومیکس، اثر متقابل محلول‌پاشی و کاربرد خاکی فلومیکس نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت فسفر دانه معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین خاکی از آن بود که تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و دوبار محلول‌پاشی فلومیکس با ۵/۰۶ پی‌پی‌ام و تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا و عدم محلول‌پاشی با ۱/۸۳ پی‌پی‌ام به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار فسفر دانه بودند (جدول ۴). همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین، تیمار دو بار محلول‌پاشی در شرایط دوبار کاربرد خاکی فلومیکس در مقایسه با تیمار عدم کاربرد خاکی و محلول‌پاشی توانست فسفر دانه را ۷۲ درصد افزایش دهد. طبق مشاهدات به‌دست آمده از جدول مقایسه میانگین‌های این صفت، تیمار دوبار محلول‌پاشی در شرایط دوبار کاربرد خاکی فلومیکس با ۵/۸۰ پی‌پی‌ام دارای بیشترین میزان فسفر دانه و تیمار عدم محلول‌پاشی و عدم کاربرد خاکی فلومیکس با ۱/۶۰ پی‌پی‌ام کمترین میزان فسفر دانه بود (جدول ۶).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات پروتئین دانه و محتوی کلروفیل‌های a و b ذرت تحت تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا، محلول‌پاشی و مصرف خاکی کود فلومیکس

Table 3. Mean comparisons of corn grain protein, chlorophyll a and b effected by mycorrhizae symbiosis, soil and foliar spray of Flomix

همزیستی میکوریزا Mycorrhizae symbiosis	محلول‌پاشی Foliar spray	مصرف خاکی Soil spray	پروتئین دانه (%) Grain protein (%)	کلروفیل a	کلروفیل b	
				(میلی‌گرم بر گرم)		
				Chlorophyll a (mg / gr)	Chlorophyll b (mg / gr)	
بدون کاربرد قارچ Non-application Mycorrhizae	بدون مصرف Non-application	بدون مصرف Non-application	5.21 ^e	0.204 ⁱ	0.076 ^h	
		یکبار کاربرد خاکی Once soil spray	5.82 ^{de}	0.253 ^{hi}	0.089 ^h	
		دو بار کاربرد خاکی Twice foliar spray	6.61 ^{cde}	0.307 ^{gh}	0.139 ^{gh}	
	یکبار محلول‌پاشی Once foliar spray	بدون مصرف Non-application	7.58 ^{bcde}	0.378 ^{fg}	0.210 ^{fg}	
		یکبار کاربرد خاکی Once soil spray	8.46 ^{abc}	0.448 ^{ef}	0.280 ^{ef}	
		دو بار کاربرد خاکی Twice foliar spray	9.62 ^{ab}	0.521 ^{cde}	0.353 ^{cde}	
	دو بار محلول‌پاشی Twice foliar spray	عدم مصرف Non-application	8.84 ^{abc}	0.397 ^{fg}	0.229 ^{fg}	
		یکبار کاربرد خاکی Once soil spray	7.73 ^{bcd}	0.574 ^{bcd}	0.406 ^{bcd}	
		دو بار کاربرد خاکی Twice foliar spray	6.85 ^{cde}	0.617 ^{abc}	0.450 ^{abc}	
	کاربرد قارچ Application of Mycorrhizae	بدون مصرف Non-application	بدون مصرف Non-application	6.71 ^{cde}	0.325 ^{gh}	0.157 ^{gh}
			یکبار کاربرد خاکی Once soil spray	8.85 ^{abc}	0.518 ^{de}	0.350 ^{de}
			دو بار کاربرد خاکی Twice foliar spray	7.48 ^{bcde}	0.505 ^{de}	0.337 ^{de}
یکبار محلول‌پاشی Once foliar spray		بدون مصرف Non-application	10.40 ^a	0.524 ^{cde}	0.356 ^{cde}	
		یکبار کاربرد خاکی Once soil spray	7.68 ^{bcde}	0.628 ^{ab}	0.460 ^{ab}	
		دو بار کاربرد خاکی Twice foliar spray	8.85 ^{abc}	0.640 ^{ab}	0.472 ^{ab}	
دو بار محلول‌پاشی Twice foliar spray	بدون مصرف Non-application	7.00 ^{cde}	0.672 ^{ab}	0.504 ^{ab}		
	یکبار کاربرد خاکی Once soil spray	8.65 ^{abc}	0.681 ^a	0.513 ^a		
	دو بار کاربرد خاکی Twice foliar spray	10.41 ^a	0.673 ^{ab}	0.525 ^a		

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۴- مقایسه میانگین همزیستی میکوریزا و محلول پاشی فلومیکس
Table 4. Mean comparisons of Mycorrhizae symbiosis and foliar spray of Flomix

همزیستی میکوریزا	محلول پاشی	کلونیزاسیون (%)	فسفر دانه (ppm)	قند محلول (ppm)	محتوی آب نسبی (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
Mycorrhizae symbiosis	Foliar spray	Colonization (%)	Grain P (ppm)	Sugar solutions (ppm)	R.W.C (%)	Grain yield (Kg/ha)
	عدم مصرف Non-application	37.22 ^d	1.83 ^c	51.02 ^c	57.92 ^d	1144 ^d
بدون کاربرد قارچ Non-application of Mycorrhizae	یکبار محلول پاشی Once foliar spray	51.67 ^c	2.69 ^{bc}	74.19 ^a	64.39 ^c	1718 ^b
	دوبار محلول پاشی Twice foliar spray	51.67 ^c	2.76 ^{bc}	63.33 ^b	65.68 ^c	2136 ^a
	بدون مصرف Non-application	62.22 ^b	2.89 ^{bc}	72.78 ^{ab}	67.33 ^c	1419 ^c
کاربرد قارچ Application of Mycorrhizae	یکبار محلول پاشی Once foliar spray	63.89 ^b	3.09 ^b	78.08 ^a	77.26 ^b	1850 ^b
	دوبار محلول پاشی Twice foliar spray	67.22 ^a	5.06 ^a	72.28 ^{ab}	86.10 ^a	2155 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level.

پروتئین دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۸) حاکی از معنی‌دار بودن اثر اصلی قارچ میکوریزا و محلول پاشی کود فلومیکس و برهمکنش سه‌گانه کاربرد قارچ میکوریزا، محلول پاشی و کاربرد خاکی فلومیکس در سطح احتمال یک درصد بر صفت پروتئین دانه بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار دوبار محلول پاشی و کاربرد خاکی در شرایط استفاده از قارچ میکوریزا و تیمار بدون کاربرد قارچ میکوریزا+ بدون محلول پاشی+ بدون کاربرد خاکی کود فلومیکس به ترتیب با ۱۰/۴۱ درصد و ۵/۲۱ درصد دارای بیشترین و کمترین درصد پروتئین در دانه ذرت بودند (جدول ۳). بر اساس مشاهدات مقایسه میانگین صفت پروتئین دانه، تیمار دوبار محلول پاشی و کاربرد خاکی در شرایط استفاده از قارچ میکوریزا توانست پروتئین دانه ذرت را ۵۰ درصد افزایش دهد.

باروز و اولسن (Burrows and Olsen, 1995) گزارش کردند که میزان پروتئین دانه گندم بر اثر رقابت با علف هرز به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. آن‌ها این کاهش را

به کاهش میزان نیتروژن قابل دسترس بر اثر رقابت نسبت دادند. قارچ میکوریزا ممکن است جذب نیتروژن را از منابع گیاهی نیز افزایش دهد. هرچند مطالعات بیشتری لازم است تا مکانیسم این فرآیند به‌طور کامل مشخص گردد (Hodge *et al.*, 2001; Read and Perez-Moreno, 2003). به‌نظر می‌رسد که محلول پاشی و کاربرد خاکی فلومیکس به دلیل این‌که حاوی عناصر کم مصرف به‌ویژه روی است، توانسته است درصد پروتئین دانه را افزایش دهد. زیرا این عنصر توانایی گیاه برای تنظیم مقدار نیتروژن و پتاسیم را افزایش داده، به‌نحوی که این عناصر به مقدار متعادل از ریشه جذب و به قسمت‌های هوایی منتقل شده است. همچنین بر اساس نتایج خلدبرین و اسلامزاده (Khaladbarin and Eslamzadeh, 2000) عنصر روی از طریق شرکت در ساختمان RNA پلی‌مراز باعث افزایش اسیدهای آمینه و افزایش سنتز پروتئین‌ها در نتیجه افزایش درصد پروتئین می‌گردد. به نظر می‌رسد که افزایش غلظت نیتروژن به سبب بهبود رشد و نمو و افزایش مقدار کلروفیل برگ و متعاقب آن افزایش وزن

کاربرد خاکی افزایش دهد و مقدار قند محلول برگ گیاه ذرت را به ۸۳/۵۷ پی‌پی‌ام برساند. این در حالی است که کمترین مقدار قند محلول برگ مربوط به تیمار بدون محلول‌پاشی و کاربرد خاکی فلومیکس بود (جدول ۶). همچنین بر اساس نتایج، صفت قند محلول تیمارهای یک‌بار محلول‌پاشی + یک‌بار کاربرد خاکی و یک‌بار محلول‌پاشی + بدون کاربرد خاکی با بیشترین میزان قند محلول در برگ در یک گروه آماری قرار گرفتند.

برهم‌کنش هم‌زیستی در اجتماعات میکوریزایی، بر اساس تبادل کربوهیدرات‌ها و مواد غذایی معدنی بین گیاهان و قارچ می‌باشد. فسفر نقش مهمی را در شکستن کربوهیدرات‌ها و ساخت پلی‌ساکاریدها ایفا می‌کند. از سوی دیگر، قارچ‌های میکوریزا در جذب فسفر موثر هستند. اهمیت فسفر در انتقال انرژی در طی فتوسنتز از مدت‌ها پیش شناخته شده است. بنابراین، قارچ میکوریزا می‌تواند محرکی برای افزایش فعالیت فتوسنتزی شوند. دلیل دیگر برای تأثیر این قارچ‌ها در افزایش محتوی قندهای محلول، افزایش مقدار هورمون‌های سیتوکینین و جبریلین در گیاهان میکوریزایی است. افزایش در میزان این هورمون‌ها موجب بالا رفتن سرعت فتوسنتز و در نهایت افزایش محتوی کربوهیدرات‌ها در گیاهان می‌شود. افزودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به روش محلول‌پاشی و کاربرد خاکی باعث می‌شود که رشد گیاه افزایش پیدا کند و سبزیگی فتوسنتز گیاه بیشتر شود؛ در نتیجه گیاه دارای کلروفیل بیشتر و شیره پرورده بیشتری خواهد بود. در نتیجه این گیاهان دارای کربوهیدرات‌های بیشتری خواهند بود. قند محلول آن نیز بیشتر خواهد بود. سینگ و ریواری در هندوستان (Singh and Riwari, 1996) به نقل از فتحی امیرخیز و همکاران (Fathi Amirkhiz *et al.*, 2011) با مطالعه تأثیر عناصر کم‌مصرف آهن، روی و منگنز را بر کمیت و کیفیت پیاز، متوجه شدند که تیمارهای حاوی عناصر آهن، روی و منگنز باعث افزایش معنی‌داری مواد جامد محلول، قند کل و اسید آسکوربیک پیاز شدند. رقابت علف هرز با گیاه زراعی سبب کاهش تولید کربوهیدرات‌ها در گیاه شده و یا اینکه در این شرایط بخشی از مواد ذخیره‌ای در ریشه گیاهان، صرف توسعه اندام‌های هوایی شده است که این امر سبب کاهش درصد قند در این تیمار شده است.

خشک گیاه بر اثر هم‌زیستی میکوریزایی باشد. سابرامانیان و چارست (Subramanian and Charest, 1997) به نقل از انصاری جوینی و همکاران (Ansari Joini *et al.*, 2012) گزارش کردند که پروتئین‌های محلول و کل محتوای نیتروژن در گیاهان ذرت میکوریزایی شده و نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی بالاتر بود. آن‌ها همچنین عنوان کردند که ارتقای فعالیت آنزیم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و ترکیبات نیتروژنه در ذرت می‌تواند حاکی از انتقال NO_3^- از طریق هیف‌های میکوریزا باشد. پاتل و همکاران (Patel *et al.*, 1993) گزارش کردند که محلول‌پاشی آهن، محتوی نیتروژن و پتاسیم بادام زمینی را افزایش داد.

قند محلول

آثار اصلی قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی کود فلومیکس در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش کاربرد قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی فلومیکس و محلول‌پاشی و کاربرد خاکی فلومیکس در سطح احتمال ۵ درصد بر صفت قند محلول برگ گیاه ذرت معنی‌دار بود (جدول ۸). بر اساس مشاهدات جدول مقایسه میانگین، تیمار یک‌بار محلول‌پاشی فلومیکس در شرایط حضور قارچ میکوریزا با ۷۸/۰۷ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا و عدم محلول‌پاشی با ۵۱/۰۲ پی‌پی‌ام دارای کمترین مقدار قند محلول بود. همچنین تیمارهای کاربرد قارچ میکوریزا + یک‌بار محلول‌پاشی و بدون کاربرد قارچ میکوریزا + یک‌بار محلول‌پاشی کود فلومیکس با بیشترین میزان قند محلول در برگ در یک گروه آماری قرار گرفتند. طبق نتایج حاصل، تیمار یک‌بار محلول‌پاشی در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا توانست مقدار قند محلول برگ گیاه ذرت را ۲۷/۰۵ پی‌پی‌ام نسبت به شرایط بدون کاربرد قارچ + عدم محلول‌پاشی کود فلومیکس افزایش دهد (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار یک‌بار محلول‌پاشی و یک‌بار کاربرد خاکی فلومیکس توانست میزان قند محلول برگ را ۲۵/۱۵ پی‌پی‌ام در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی و بدون

جدول ۵- تأثیر همزیستی میکوریزا و مصرف خاکی فلومیکس بر کلونیزاسیون ریشه

Table 5. Effect of Mycorrhizae symbiosis and soil spray of Flomix on root colonization

همزیستی میکوریزا Mycorrhizae symbiosis	مصرف خاکی Soil spray	کلونیزاسیون ریشه (%) Root colonization (%)
بدون کاربرد میکوریزا Non-application Mycorrhizae	بدون مصرف Non-application	43.86 ^d
	یکبار محلول پاشی Once soil spray	46.67 ^d
	دوبار محلول پاشی Twice soil spray	50.00 ^c
کاربرد میکوریزا Application of Mycorrhizae	بدون مصرف Non-application	66.67 ^a
	یکبار محلول پاشی Once soil spray	63.33 ^b
	دوبار محلول پاشی Twice soil spray	63.33 ^b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۶- مقایسه میانگین محلول پاشی و مصرف خاکی کود فلومیکس

Table 6. Mean comparisons of soil and Foliar spray of Flomix fertilizer

محلول پاشی Foliar spray	مصرف خاکی Soil spray	کلونیزاسیون ریشه (%) Root colonization (%)	فسفر دانه (ppm) Grain Phosphor (ppm)	قند محلول (ppm) Sugar solutions (ppm)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)
بدون مصرف Non-application	بدون مصرف Non-application	45.00 ^e	1.60 ^d	58.42 ^c	1131 ^d
	یکبار محلول پاشی Once soil spray	55.83 ^{cd}	2.02 ^{cd}	64.07 ^{bc}	1151 ^d
	دوبار محلول پاشی Twice soil spray	48.33 ^e	3.47 ^b	63.21 ^{bc}	1564 ^c
یکبار محلول پاشی Once foliar spray	بدون مصرف Non-application	59.17 ^{abc}	2.38 ^{bcd}	82.15 ^a	1852 ^b
	یکبار محلول پاشی Once soil spray	52.50 ^d	3.35 ^{bc}	83.57 ^a	1719 ^{bc}
	دوبار محلول پاشی Twice soil spray	61.67 ^a	2.94 ^{bcd}	62.66 ^{bc}	1718 ^b
دوبار محلول پاشی Twice foliar spray	بدون مصرف Non-application	61.67 ^a	2.26 ^{bcd}	72.28 ^{ab}	2093 ^a
	یکبار محلول پاشی Once soil spray	56.67 ^{bc}	3.68 ^b	65.55 ^{bc}	2159 ^a
	دوبار محلول پاشی Twice soil spray	60.00 ^{ab}	5.80 ^a	65.59 ^{bc}	2189 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level.

کلروفیل a و b

جدول تجزیه واریانس (جدول ۸) بیانگر تأثیر معنی‌دار آثار اصلی کاربرد قارچ میکوریزا، محلول‌پاشی و کاربرد خاکی کود فلو میکس و اثر متقابل سه‌گانه کاربرد قارچ میکوریزا، محلول‌پاشی و کاربرد خاکی فلو میکس در سطح احتمال یک درصد بر صفت کلروفیل a و b بود و باعث افزایش این صفت شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار دوبار محلول‌پاشی و یک‌بار کاربرد خاکی فلو میکس در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا با ۰/۶۸۱ میلی‌گرم در گرم بافت‌تر و تیمار شاهد با ۰/۲۰۴ میلی‌گرم در گرم بافت‌تر به ترتیب، دارای بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a در برگ گیاه ذرت بود (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار دوبار محلول‌پاشی و دوبار کاربرد خاکی فلو میکس در شرایط استفاده از قارچ میکوریزا به مقدار ۰/۵۲۵ میلی‌گرم در گرم بافت‌تر دارای حداکثر میزان کلروفیل b و تیمار بدون کاربرد قارچ میکوریزا + بدون محلول‌پاشی + بدون کاربرد خاکی با ۰/۰۷۶ میلی‌گرم بر گرم بافت‌تر دارای حداقل میزان کلروفیل b در برگ گیاه ذرت بود. بر اساس مشاهدات جدول مقایسه میانگین صفات فوق، تیمارهای کاربرد قارچ میکوریزا، دوبار محلول‌پاشی و یک‌بار کاربرد خاکی فلو میکس و کاربرد قارچ میکوریزا، دوبار محلول‌پاشی و دوبار کاربرد خاکی فلو میکس به ترتیب باعث افزایش ۷۰ و ۸۵ درصدی کلروفیل a و b در مقایسه با تیمار شاهد شدند (جدول ۳). همچنین طبق مشاهدات جدول مقایسه میانگین، صفت کلروفیل b (جدول ۳) تیمارهای بدون کاربرد قارچ میکوریزا + بدون محلول‌پاشی + بدون کاربرد خاکی و بدون کاربرد قارچ میکوریزا + بدون محلول‌پاشی + یک‌بار کاربرد خاکی کود فلو میکس به ترتیب با ۰/۰۷۶ و ۰/۰۸۹ میلی‌گرم بر گرم بافت‌تر دارای کمترین و تیمارهای کاربرد قارچ میکوریزا + دو بار محلول‌پاشی + دوبار کاربرد خاکی و کاربرد قارچ میکوریزا + دوبار محلول‌پاشی + یک‌بار کاربرد خاکی کود فلو میکس به ترتیب با ۰/۵۲۵ و ۰/۵۱۳ میلی‌گرم بر گرم بافت‌تر دارای بیشترین میزان کلروفیل b در برگ گیاه ذرت بودند و در یک گروه آماری قرار گرفتند.

برخی محققان اظهار داشتند که می‌توان میزان کلروفیل را به‌عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری میزان دوام سبزینه برگ مورد استفاده قرار داد (Campos et al., 2008; Araus et al., 2004). بنابراین مقدار کلروفیل

برای هر گیاهی مهم است زیرا میزان فتوسنتز آن گیاه را مشخص می‌سازد. تانگ و همکاران (Tang et al., 2009) در بررسی خود ذرت بیان کردند که تلقیح ذرت با قارچ میکوریزا سنتز کلروفیل در گیاه را افزایش می‌دهد. علف هرز در مزارع به‌علت رقابتی که با گیاه زراعی ایجاد می‌کند، باعث می‌شوند که گیاه زراعی مقداری از فتوسنتز و توانایی ژنتیکی خود را صرف رقابت با آن‌ها کند، در نتیجه گیاه نمی‌تواند از حداکثر پتانسیل خود تنها برای تولید آسیمیلات و مواد فتوسنتزی استفاده کند. در نتیجه مقداری از توانایی آن کاسته می‌شود. این امر در مورد میزان کلروفیل برگ نیز صادق است. بنابر گفته شفق و همکاران (Shafagh et al., 2009) در مزارع سویا مشخص گردید که تداخل و وجود علف هرز در طول دوره رشد گیاه سویا، به‌طور خطی و معنی‌داری میزان کلروفیل برگ را کاهش داد. برای کاهش این مقدار از هدرروی انرژی گیاه زراعی باید توان رقابتی آن را افزایش داد. که در این تحقیق از قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی و مصرف خاکی فلو میکس به این منظور استفاده شد. این عوامل به دلیل این‌که عناصر غذایی بیشتری را در اختیار گیاه زراعی قرار داده‌اند باعث افزایش قدرت رقابتی آن با علف هرز شده‌اند. به‌نظر می‌رسد، افزایش میزان کلروفیل a و b در اثر محلول‌پاشی و کاربرد خاکی فلو میکس می‌تواند ناشی از نقش عملکردی آهن در فعال‌سازی پروتئین‌سنتز مسیر بیوسنتز کلروفیل و برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند آسکوربات پراکسیداز و گلوکاتون رودکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن باشد. در مطالعه عابدی بابا عربی و همکاران (Abedi Baba Arabi et al., 2011) بر روی گیاه گلرنگ، محلول‌پاشی عنصر روی موجب افزایش کلروفیل a و b در برگ شد. موحدی دهنوی و همکاران (Movahhedi Dehnavi et al., 2004) گزارش کردند که عنصر روی به‌طور مستقیم در تشکیل کلروفیل موثر نیست، اما می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی درگیر در تشکیل کلروفیل و یا عنصری که قسمتی از مولکول کلروفیل هستند مانند آهن و منیزیم موثر باشد.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار قارچ میکوریزا، محلول‌پاشی کود فلو میکس و برهمکنش قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی فلو میکس بر صفت محتوای نسبی آب برگ در سطح

علف هرز در زمین زراعی امری اجتناب‌ناپذیر است، پس باید یک استراتژی را در پیش گیریم که باعث تقویت گیاه زراعی مورد نظر ما شود. دو نوع از استراتژی‌ها استفاده از قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی گیاه زراعی است که باعث تقویت گیاه زراعی می‌شود و در نتیجه گیاه قوی‌تر خواهد بود و ریشه آن سریع‌تر رشد خواهد کرد و به منابع آبی دسترسی پیدا می‌کند.

عملکرد دانه

نتایج بیان‌گر تأثیر معنی‌دار قارچ، محلول‌پاشی و کاربرد خاکی کود فلومیکس و برهمکنش کاربرد خاکی و محلول‌پاشی فلومیکس در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد بر صفت عملکرد دانه بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و دوبار محلول‌پاشی فلومیکس توانست عملکرد دانه را از ۱۱۴۴ کیلوگرم در هکتار در تیمار بدون کاربرد قارچ میکوریزا + بدون محلول‌پاشی به ۲۱۵۵ کیلوگرم در هکتار معادل ۴۷ درصد افزایش دهد (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد تیمارهای کاربرد قارچ میکوریزا + دوبار محلول‌پاشی و بدون کاربرد قارچ میکوریزا + دوبار محلول‌پاشی به ترتیب با ۲۱۳۹ و ۲۱۵۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶). همچنین تیمار دوبار محلول‌پاشی و دوبار کاربرد خاکی فلومیکس عملکرد دانه را ۴۸ درصد معادل ۱۰۵۸ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و مقدار عملکرد دانه را از ۱۱۳۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار بدون محلول‌پاشی و کاربرد خاکی به ۲۱۸۹ کیلوگرم در هکتار رساند (جدول ۶). طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین این صفت تیمارهای دوبار محلول‌پاشی + دوبار کاربرد خاکی، دوبار محلول‌پاشی + یک‌بار کاربرد خاکی و دوبار محلول‌پاشی + بدون کاربرد خاکی به ترتیب با ۲۱۸۹، ۲۱۵۹ و ۲۰۹۳ کیلوگرم در هکتار و تیمارهای بدون محلول‌پاشی + بدون کاربرد خاکی و بدون محلول‌پاشی + یک‌بار کاربرد خاکی کود فلومیکس به- ترتیب با ۱۱۳۱ و ۱۱۵۱ کیلوگرم در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶).

احتمال ۵ درصد بود (جدول ۸). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی فلومیکس باعث افزایش ۲۸/۱۴ درصدی محتوای آب نسبی برگ شد. بر اساس نتایج، تیمار دوبار محلول‌پاشی فلومیکس در شرایط استفاده از قارچ میکوریزا و تیمار بدون کاربرد قارچ و محلول‌پاشی فلومیکس به ترتیب با ۸۶/۱۰ و ۵۷/۹۶ درصد دارای بیشترین و کمترین محتوای آب نسبی برگ بودند (جدول ۴).

قارچ به چند دلیل می‌تواند باعث بهبود روابط آبی گیاه و افزایش محتوای نسبی آب برگ شود، ۱- افزایش مجموع سطح ریشه به دلیل ایجاد پوشش وسیع میسیلیومی در منطقه ریشه و تار کشنده، ۲- نفوذ هیف به درون کورتکس ریشه و از آنجا به منطقه آندودرم و در یک مسیر کم مقاومتی را در عرض ریشه برای حرکت آب فراهم می‌آورد و آب با مقاومت کمتری در عرض ریشه تا رسیدن به آوند چوبی روبه‌رو می‌شود، ۳- هیف از راه افزایش جذب عناصر غذایی مقاومت به انتقال آب را درون ریشه کاهش می‌دهد، ۴- میکوریزا رشد ریشه را افزایش می‌دهد و به دنبال آن یک سیستم گسترده از ریشه را برای جذب آب فراهم می‌آورد. پانوار (Panwar, 1993) گزارش کرد که همزیستی میکوریزا، کاهش در محتوای آب نسبی برگ گندم در طول تنش خشکی را به تأخیر می‌اندازد و به برگ‌ها اجازه می‌دهد که روزه‌های خود را در محتوای آب نسبی پائین باز نگه دارند. عنصر روی در فرآیند انتقال آب نقش دارد و حضور آن برای گیاه الزامی می‌باشد، زیرا این عنصر به‌طور غیرمستقیم مقدار آب گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زیرا کاهش مقدار اکسین به علت کمبود روی منجر به ناتوانی دیواره سلولی برای رشد می‌شود. بنابراین موجب یک فشار اسمزی زیاد و محدود شدن جذب آب توسط گیاه می‌شود. یکی از وظایف عنصر پتاسیم در گیاه تنظیم باز و بسته شدن روزه‌ها و روابط آبی گیاه می‌باشد و هرچه میزان این عنصر مناسب نیاز گیاه باشد، این تنظیم نیز بهتر و دقیق‌تر خواهد بود. این عنصر در ترکیب فلومیکس وجود دارد و احتمال می‌رود که علت افزایش محتوای آب نسبی برگ در اثر مصرف این مکمل رشد و حضور این عنصر صورت گرفته باشد. شاید یکی از مهم‌ترین منابع رقابتی علف هرز و گیاه زراعی آب باشد زیرا آب تعیین‌کننده بقا و حیات محصول به‌شمار می‌آید. در این رقابت، گیاهی پیروز خواهد بود که بتواند منابع آب بیشتری دسترسی پیدا کند و از آنجا که حضور

جدول ۷- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 7. Physical and chemical properties of the experimental soil

کلاس بافت Class texture	شن Sand	لای Silt	رس Clay	نیترژن کل Total N	کربن آلی Organic C	مس قابل جذب Cu	منگنز قابل جذب Mn	روی قابل جذب Zn	آهن قابل جذب Fe	پتاسیم قابل جذب K	فسفر قابل جذب P	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته گل اشباع pH
				%		mg. Kg ⁻¹				ppm		Ec×10 ³ (ds/m)	
لومی رسی Clay loam	20.1	49.2	30.7	0.105	0.59	0.62	4.6	0.50	2.6	181.4	14.4	1.34	7.76

جدول ۸- میانگین مربعات ویژگی‌های کیفی صفات مورد مطالعه در شرایط رقابت با علف‌های هرز در گیاه ذرت

Table 8. Mean of square of qualitative characteristics in competition with weeds in corn (*Zea mays* L.)

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean square			میانگین مربعات
			کلونیزاسیون ریشه Root colonization	پروتئین دانه Grain protein	فسفر دانه Grain P	قند محلول Sugar solutions
Replication (R)	تکرار	3	7.407 ^{ns}	0.516 ^{ns}	0.002 ^{ns}	182.335 ^{ns}
Mycorrhizae application (A)	کاربرد قارچ میکوریزا	1	4178.241 ^{**}	12.051 ^{**}	21.081 [*]	1794.702 ^{**}
Foliar spray (B)	محلول پاشی	3	486.574 ^{**}	19.837 ^{**}	11.183 [*]	919.796 ^{**}
A × B	قارچ میکوریزا × محلول پاشی	1	197.685 ^{**}	2.062 ^{ns}	4.193 ^{**}	381.955 [*]
Soil spray (C)	کاربرد خاکی	1	14.352 ^{ns}	1.878 ^{ns}	17.790 [*]	309.926 ^{ns}
A × C	قارچ میکوریزا × کاربرد خاکی	2	103.241 ^{**}	0.107 ^{ns}	0.752 ^{ns}	224.987 ^{ns}
B × C	محلول پاشی × کاربرد خاکی	2	171.991 ^{**}	1.679 ^{ns}	4.213 [*]	327.484 [*]
A × B × C	قارچ میکوریزا × محلول پاشی × کاربرد خاکی	2	16.435 ^{ns}	9.537 ^{**}	0.393 ^{ns}	183.637 ^{ns}
Error	اشتباه آزمایشی	2	10.349	1.231	0.826	106.405
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	30	5.78	14.38	29.70	15.03

^{ns}, ^{*} and ^{**}: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

^{*} و ^{**}: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

کلونیزاسیون ریشه

طبق نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۶) اثر اصلی قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی کود فلومیکس و اثر متقابل تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی فلومیکس، کاربرد قارچ میکوریزا و کاربرد خاکی فلومیکس و محلول‌پاشی و کاربرد خاکی فلومیکس در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت درصد کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار بود و باعث افزایش این صفت شد. آزمون مقایسه میانگین نشان داد که تیمار دوبار محلول‌پاشی فلومیکس در شرایط استفاده از قارچ میکوریزا توانست درصد کلونیزاسیون ریشه را به ۶۷/۲۲ درصد برساند. این در حالی است که کمترین میزان کلونیزاسیون ریشه مربوط به تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا و عدم محلول‌پاشی فلومیکس با ۳۷/۲۲ درصد بود (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین در ارتباط با اثر متقابل کاربرد قارچ میکوریزا و کاربرد خاکی فلومیکس، تیمار استفاده از قارچ میکوریزا و عدم کاربرد خاکی توانست درصد کلونیزاسیون ریشه را ۲۲/۸۵ درصد افزایش دهد. تیمارهای کاربرد قارچ میکوریزا و عدم کاربرد خاکی فلومیکس و عدم کاربرد قارچ میکوریزا و عدم کاربرد خاکی فلومیکس به ترتیب با ۶۶/۶۷ و ۴۳/۸۲ درصد دارای بیشترین و کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه بودند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای عدم کاربرد قارچ میکوریزا + عدم کاربرد خاکی و عدم کاربرد قارچ میکوریزا + یک‌بار کاربرد خاکی به ترتیب با ۴۳/۸۹ و ۴۶/۶۷ درصد در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶).

طبق مقایسه میانگین، تیمار دوبار محلول‌پاشی و بدون کاربرد خاکی فلومیکس و بدون محلول‌پاشی و عدم کاربرد خاکی فلومیکس به ترتیب با ۶۱/۶۷ و ۴۵/۰۰ درصد دارای بیشترین و کمترین درصد کلونیزاسیون در ریشه گیاه ذرت بودند (جدول ۶). نتایج بیانگر افزایش ۱۶/۶۷ درصدی کلونیزاسیون ریشه توسط تیمار دوبار محلول‌پاشی در شرایط بدون کاربرد خاکی فلومیکس بود. بر اساس نتایج مشخص شد که تیمارهای دوبار محلول‌پاشی + بدون کاربرد خاکی و یک‌بار محلول‌پاشی + دوبار کاربرد خاکی به ترتیب با ۶۱/۶۷ و ۶۱/۶۷ درصد و تیمارهای بدون محلول‌پاشی + بدون کاربرد خاکی و بدون محلول‌پاشی + دوبار کاربرد خاکی به ترتیب با ۴۵/۰۰ و ۴۸/۳۳ درصد در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶).

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش به‌نظر می‌رسد که قارچ میکوریزا ریشه‌های گیاه میزبان خود را تقویت نموده و در نتیجه ریشه گیاه با کمک هیف‌های قارچی به حجم بیشتری از خاک دسترسی پیدا کرده و به دنبال آن گیاه به مقدار بیشتری از آب و عناصر غذایی مورد نیاز خود دسترسی پیدا می‌کند. از طرف دیگر، محلول‌پاشی و کاربرد خاکی فلومیکس که نوعی مکمل رشد است و حاوی مقدار قابل توجهی از اسید فولیک، اسید هیومیک و عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف که نقش مهمی در رشد و نمو گیاه دارد، باعث شد تا گیاه مواد غذایی مورد نیاز خود را به مقدار کافی در اختیار داشته باشد. یدوی و همکاران (Yadavi et al., 2007) گزارش کردند علف‌هرز تاج‌خروس باعث کاهش عملکرد دانه ذرت تا ۳۷ درصد شد. زرقانی و همکاران (Zarghani et al., 2012) نیز نتایج مشابهی را روی گیاه کنجد اعلام کردند. احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2002) در آزمایشی گزارش کردند که عدم وجین علف‌های هرز در کل دوره رشد برنج باعث کاهش ۵۳ درصدی عملکرد آن شد. عالی و همکاران (Ali et al., 2013) طی آزمایشی اعلام کردند تداخل کامل علف‌هرز با گیاه ذرت باعث کاهش ۵۷ درصدی عملکرد دانه ذرت شد. رحیمی و آقاعلیخانی (Rahimi and Aghaalikhani, 2011) طی آزمایشی اعلام کردند زمان ظهور هم‌زمان تاج‌خروس باعث کاهش عملکرد اقتصادی ذرت شد. در این رابطه، بوسنیچ و سوانتون (Bosnic and Swanton, 1997) حداکثر کاهش عملکرد ذرت در اثر رقابت زود‌هنگام سوروف را بین ۲۱ تا ۲۳ درصد گزارش کردند و سنگکارا و استامپ (Sangakkara and Stamp, 2006) نیز حداکثر کاهش عملکرد ذرت در ارتباط با ظهور زود‌هنگام علف‌هرز در مزرعه و عدم کنترل آن ۳۲ درصد گزارش کردند. همچنین بهشتی و موسوی سروینه (Beheshti and Mousavi Sarvine, 2009) بیشترین کاهش عملکرد سورگوم دانه‌ای را در اثر تراکم ۱۵ بوته علف‌هرز تاج‌خروس در متر مربع گزارش کردند. بر اساس تحقیقات متعدد انجام شده حضور علف‌هرز باعث ایجاد خسارت در عملکرد گیاهان مختلف می‌شود. به‌نظر می‌رسد در این تحقیق منابع مازادی که در اختیار گیاه قرار داشت باعث جلوگیری از این کاهش شد، به‌صورتی که موجب افزایش چشم‌گیر عملکرد دانه در اثر استفاده از کود فلومیکس و قارچ میکوریزا در کرت‌های مورد نظر شد.

جدول ۹- تجزیه واریانس ویژگی‌های کیفی صفات مورد مطالعه در شرایط رقابت با علف‌های هرز در گیاه ذرت

Table 9. Analysis of variance of qualitative characteristics in competition with weeds in corn (*Zea mays* L.)

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean of square			میانگین مربعات
			کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	محتوای نسبی اب برگ RWC	عملکرد دانه Grain yield
Replication (R)	تکرار	3	0.002 ^{ns}	0.003 ^{ns}	128.943 ^{ns}	381150.169 ^{ns}
Mycorrhizae application (A)	کاربرد قارچ میکوریزا	1	0.359 ^{**}	0.347 ^{**}	2728.534 ^{**}	624366.447 [*]
Foliar spray (B)	محلول پاشی	3	0.295 ^{**}	0.248 ^{**}	804.011 ^{**}	483680.663 [*]
A × B	قارچ میکوریزا × محلول پاشی	1	0.003 ^{ns}	0.001 ^{ns}	143.481 [*]	332230.165 ^{ns}
Soil spray (C)	کاربرد خاکی	1	0.081 ^{**}	0.076 ^{**}	125.699 ^{ns}	81222.139 ^{ns}
A × C	قارچ میکوریزا × کاربرد خاکی	2	0.005 ^{ns}	0.003 ^{ns}	10.217 ^{ns}	139624.087 ^{ns}
B × C	محلول پاشی × کاربرد خاکی	2	0.001 ^{ns}	0.00 ^{ns}	44.883 ^{ns}	381946.777 [*]
A × B × C	قارچ میکوریزا × محلول پاشی × کاربرد خاکی	2	0.012 ^{**}	0.014 ^{**}	65.445 ^{ns}	214720.247 ^{ns}
Error	اشتباه آزمایشی	2	0.002	0.002	43.986	142376.164
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	30	9.13	13.62	9.50	21.02

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

مصرف خاکی کود فلومیکس روی آن انجام شد، سرعت رشد بیشتری نسبت به سایر گیاهان داشت. بنابراین، میکوریزا توانست با گیاه همزیستی بیشتری نسبت به علف هرز داشته باشد و درصد همزیستی میکوریزایی افزایش پیدا کند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از قارچ میکوریزا، محلول‌پاشی و کاربرد خاکی کود فلومیکس باعث افزایش صفاتی از قبیل عملکرد دانه، کلونیزاسیون ریشه، پروتئین دانه، فسفر دانه و برخی از ویژگی‌های کیفی گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط رقابت با علف‌های هرز شد. با توجه به نتایج این پژوهش، اگر هدف از کاشت ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ تولید دانه باشد با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، تیمار دوبار محلول‌پاشی و مصرف خاکی و همچنین کاربرد قارچ میکوریزا و دوبار محلول‌پاشی کود فلومیکس قابل توصیه است و ترکیب تیماری فوق می‌تواند توان گیاه ذرت را در شرایط رقابت با علف‌های هرز افزایش دهد. اما اگر هدف از کاشت این رقم ذرت بهبود ویژگی‌های کیفی آن می‌باشد، استفاده از تیمار دوبار محلول‌پاشی کود فلومیکس در شرایط حضور قارچ میکوریزا در مزرعه قابل توصیه است.

گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) گزارش کردند که تلقیح گیاه نعناع با قارچ میکوریزا به‌طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد بیولوژیکی و درصد همزیستی ریشه را در مقایسه با گیاهان تلقیح‌نشده افزایش داد. می‌توان استنباط کرد که مصرف میکوریزا شرایط مناسبی را برای بهبود درصد همزیستی ریشه در ذرت فراهم می‌آورد. در همین رابطه، کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها مشاهده نمودند که درصد کلونیزاسیون ریشه رازیانه در تلقیح با قارچ میکوریزا به‌طور چشم‌گیری بیشتر از تیمار عدم تلقیح گردید و تفاوت آن‌ها ۷۰ درصد بود. قارچ میکوریزا به‌علت این که می‌تواند با گیاه زراعی همزیستی ایجاد کند، می‌تواند باعث کاهش مقدار علف هرز در یک مزرعه شود، زیرا این قارچ می‌تواند ریشه گیاه زراعی را توسعه دهد و باعث می‌شود که گیاه رشد بهتری داشته باشد. گیاه زراعی هم با قدرت بیشتر، رشد شاخساره بیشتری نیز خواهد داشت. در نتیجه رشد آن نیز سریع‌تر خواهد بود و می‌تواند باعث سرکوب علف هرز و کاهش رشد آن بشود. بنابراین هر مقدار همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه زراعی بیشتر باشد، احتمال می‌رود که رشد علف هرز نیز کمتر باشد. میکوریزا زمانی می‌تواند با گیاهی همزیستی داشته باشد که سرعت رشد ریشه آن بیشتر از سایر گیاهان باشد. در این تحقیق نیز گیاه زراعی به‌دلیل اینکه محلول‌پاشی و

References

- Abedi baba Arabi, S., Movahedi Dehnavi, M., Yadavi, A. and Adhami, A. 2011.** Effect of Zinc and Potassium foliar spray on physiological traits and yield of Safflower in drought stress. **Electronic Journal of Crop Production** 4: 75-95. (In Persian with English Abstract).
- Ahmadi, A., Rashed Mohasel, M. A., Baghestani, M., and Rostami, M. 2002.** Study the effect of critical period of weed competition on yield, yield components and morphologic characteristics of bean (Derakhshan cultivar). **Iranian Journal of Field Crop Research** 3: 171-182. (In Persian with English Abstract).
- Ali, S., Vazan, S., Mosavi Nia, H., Golzardi, F. and Charband, B. 2013.** Effect of During periods of interference and weeds on yield and yield components of corn as a second crop after Canola in Moghan. **Journal of Weed Ecology** 2: 23-32. (In Persian with English Abstract).
- Ansari Joini, M., Chai chi, M. R. and Ehtedhami, M. R. 2012.** Study the effect of drought stress and phosphorus fertilizers on quantitative and qualitative characteristics between two variety of grain Sorghum (Kimia and Sepideh). **Iranian Journal of Field Crop Research** 43: 421-435. (In Persian with English Abstract).
- Araus J. L., Slafer, A. G., Royo, C. and Serret, M. D. 2008.** Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. **Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences** 27: 377-412.
- Aref, F. 2008.** Effect of Zinc and Boron elements on yield and Nitrogen, Phosphorus and Potassium in grain of corn. **Journal of Agriculture Science** 5: 63-69. (In Persian with English Abstract).
- Arnon, A. N. 1967.** Method of extraction of chlorophyll in the plants. **Journal of Agronomy** 23: 112-121.

- Auge, R. M. 2001.** Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhizae* 11: 3-42.
- Bago, B., Feffer, P. E. and Shachar-Hill, Y. 2000.** Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhiza. *Plant Physiology and Biotechnology* 124: 949-957.
- Beheshti, S. A. and Mousavi Sarvine, S. R. 2009.** Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) Competition effects on grain and biomass yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Oencl). *Seed and Plant Production Journal* 25 (2): 33-44. (In Persian with English Abstract).
- Bengtsson H., Oborn I., Jonsson S., Nilsson I. and Andersson, A. 2003.** Field balances of some mineral nutrients and trace elements in organic and conventional dairy farming: a case study at Ojebyn, Sweden. *European Journal of Agronomy* 20: 101-116.
- Bosnic, A. C. and Swanton, C. J. 1997.** Influence of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) time of Emergence and density on corn (*Zea mays* L.). *Weed Technology* 47: 551-556.
- Burrows, V. S. and Olsen, P. J. 1995.** Reaction of small grain to various densities of wild mustard and the results obtained after their removal with 2,4-D or by hand, I. Experiments with wheat. *Canadian Journal of Agricultural Science* 35: 68-75.
- Campos, H., Cooper, M., Habben, J. E., Edmeades, G. O. and Schussler, J. R. 2004.** Improving drought tolerance in maize. *Field Crops Research* 90: 19-34.
- Doberman, A. and Fairhurst, T. 2000.** Rice nutrient disorders and nutrient management. International Rice Research Institute, Philipines. Newsletter No. 1271.
- Fathi Amirkhiz, K., Amini Dehghi, M., Modares Sanavi, A. M. and Heshmati, S. 2011.** Effect of soil and foliar spray of Fe on some biochemical characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under two moisture regimes. *Iranian Journal of Field Crop Science* 42 (3): 509-518. (In Persian with English Abstract).
- Ghoorchiani, M., Akbari, G. H. A., Alikhani, H. A., Dadi, A. and Zarei, M. 2010.** Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and the Pseudomonas fluorescence bacterium On characteristics of the ear, chlorophyll content and yield of corn under water stress conditions. *Water and Soil Science (Agriculture Science)* 21 (1): 98-114. (In Persian with English Abstract).
- Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. 2002.** Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology* 81: 77-79.
- Hodge, A., Campbell, C. D. and Fitter, H. A. 2001.** An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature* 413: 297-299.
- Jones, J. R., Wolf, J. B. and Mills, H. A. 1991.** Plant Analysis: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro and Macro Publishing Inc, Athens, Georgia.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K. G. 2004.** Improved growth and essential oil yield and quality in foeniculumvulgare mill on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertilizer. *Bioresource Technology* 93: 307-311.
- Khaladbarin, B. and Eslamzadeh, T. 2000.** Mineral nutrition organic plants. Shiraz University Publication pp: 496-902. (In Persian).
- Kogbe, J. O. S. and Adediran, J. A. 2003.** Influence of nitrogen, Phosphorus and application on the yield of maize in savanna zone of Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 2: 345-349.
- Koochaki, A. and Sarmad Nia, G. H. 1999.** Crop physiology. SSID Publication. 400 p. (In Persian).
- Mahadi, M. A., Dadari, S. A., Mahmud, M., Babaji, B. A. and Mani, H. 2007.** Effect of some rice based herbicides on yield and yield components of maize. *Crop Protection* 26:1601-1605.
- Malakooti, M. J. 1996.** Sustainable agriculture and increasing yield by optimizing fertilizer usage in Iran. Agriculture Education Publication, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. 279 p. (In Persian).
- Malakooti, M. J. and Tehrani, M. M. 1998.** Effects of micronutriens on the yield and quality of agricultural products. Tarbiat Modarres University Publications. 300 p. (In Persian).
- Miller, M. H. 2000.** Arbuscular mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize. A. Review of Guleph studies. *Canadian Journal of Plant Science* 80: 47-52.
- Movahhedi Dehnavi, M., Modarres Sanavi, A. M., Soroush Zade, A. and Jalali, M. 2004.** Changes of proline, total soluble sugars, chlorophyll (SPAD) content and chlorophyll fluorescence in safflower varieties under drought stress and foliar application of zinc and manganese. *Desert (Biaban)* 9: 93-110. (In Persian with English Abstract).

- Panwar, J. D. S. 1993.** Response of VAM and Azospirillum inoculation to water status and grain yield in wheat under water stress conditions. **Indian Journal of Plant Physiology** 36: 41-43.
- Patel, M. S., Sutar, D. M. and Kanizaria, M. V. 1993.** Effect of foliar application of iron and sulfur in curing chlorosis in groundnut. **Journal of Indian Society of Soil Science** 41: 103-105.
- 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.
- Rahimi, A. and Aghaalikhani, M. 2011.** Studying the effect of plant density and Amaranthus emergence on light use efficiency, leaf area index distribution and extinction coefficient and dry matter in maize canopy. **Iranian Journal of Weeds Science** 6: 65-77. (In Persian with English Abstract).
- Read, D. J. and Perez-Moreno, J. 2003.** Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems a journey towards relevance? **New Polymeric Materials** 157: 475-492.
- Ritchie, S. W. and Nguyen, H. T. 1990.** Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. **Crop Science** 30: 105-111.
- Sangakkara, V. R. and Stamp, P. 2006.** Influence of different weed categories on growth and yields of maize (*Zea mays* L.) grown in a minor (dry) season of the humid. **Journal of Plant Diseases and Protection** 113: 81-85.
- Seligman, N. G. 1993.** Nitrogen redistribution in crop plant: Regulation and significance. **Journal of Agronomy** 312: 758-764.
- Shafagh, J., Salmasi, S. Z., Javanshir, A., Moghaddam, M. and Dabbagh Mohammadasab, A. 2009.** Influence of nitrogen and weed interference on grain yield, yield components and leaf chlorophyll value of soybean. **Journal of Sustainable Agriculture** 1: 1-23. (In Persian with English Abstract).
- Sheligi, H. Q. 1986.** Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. **International Journal of Plant Biology** 47-51.
- Singh, D. P. and Riwari, R. S. 1996.** Effect of micronutrients on yield and quality of onion. **Plant Growth Regulation** 39: 137-141.
- Smart, J. 1994.** The groundnut crop: A scientific basis for improvement. Chapman and Hall. London, UK.
- Smith S. E. Smith, F. A. and Jacobsen, I. 2003.** Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plant irrespective of growth responses. **Plant Physiology and Biochemistry** 133: 16-20.
- Subramanian, K. S. and Charest, C. 1997.** Nutritional, growth and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress tasselling. **Mycorrhiza** 7: 25-32.
- Tajbakhsh, M. 1996.** Corn: Agronomy, breeding, pests and diseases. Ahrar Publication, Tabriz, Iran. 133 p. (In Persian).
- Tang, M., Chen, H., Huang, J. C. and Tian, Z. Q. 2009.** AM fungi effects on the growth and physiology of *Zea mays* L. seedlings under diesel stress. **Soil Biology and Biochemistry Journal** 41: 936-940.
- Waling, I., Vark, W. V., Houba, V. J. G. and Van der Lee, J. J. 1989.** Soil and plant and analysis, a series of syllabi. Plant7. Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University, The Netherland.
- Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C. and Wong, M. H. 2004.** Effect of biofertilizer containing N fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. **Geoderma** 125: 155-166.
- Yadavi, A. R., Zand, A., Ghalavand, A. and Agha-Alikhani, M. 2007.** Effects of plant density and plant arrangement on yield and yield components of corn in competition with red root pigweed. **Pajouhesh-va-Sazandegi** 75: 33-42. (In Persian with English Abstract).
- Zand, B., and Laali Nia, A. 2010.** Cereals crop. Payam-e-Noor Publication. 276 p. (In Persian).
- Zarghani, H., Nezami, A., Khajeh Hosseini, M. and Izadi Darbandi, A. 2012.** Effect of weeds control on yield and yield components on sesame. **Iranian Journal of Field Crop Research** 10: 690-698. (In Persian with English Abstract).



University of Guilan
Faculty of Agricultural
Sciences

Cereal Research
Vol. 7, No. 3, Autumn 2017 (381-398)

The effect of Mycorrhizae symbiosis, soil and foliar spray of Flomix on grain yield and some qualitative characteristics of corn (*Zea mays* L.) in weeds competition

Hamid Abbasdokht^{1*}, Ramin Jabbari², Hassan Makarian³ and Ahmad Gholami⁴

Received: August 12, 2014

Accepted: February 29, 2016

Abstract

To study the interaction between mycorrhizae symbiosis, soil and foliar spray of Flomix on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.), an experiment was carried out as factorial based on randomized complete block design with three replications in Agriculture Research Station of Shahrood University of Technology in 2014. The treatments included mycorrhizae symbiosis at two levels (non-application and application of mycorrhizae), foliar spray at three levels (non-application, once sprayed and twice sprayed) and soil spray at three levels (non-application, once soil application and twice soil application). The results showed that interaction between mycorrhizae symbiosis, foliar spray of Flomix indicate a significant effect on root colonization and grain P and increased these traits. Also root colonization and grain yield was affected by interaction between mycorrhizae symbiosis and soil spray of Flomix. Mean comparisons showed that Mycorrhizae application + twice foliar spray of Flomix respectively increased root colonization and grain P from 37.22 percent and 1.83 ppm in non-application of mycorrhizae + non-spray of Flomix to 67.22 percent and 5.06 ppm. Also Mycorrhizae application + twice foliar spray of Flomix increased grain yield from 1144 Kg/ha in non-application of mycorrhizae + non-spray of Flomix to 2155 Kg/ha.

Keywords: Chlorophyll, Colonization, Phosphorus, Protein

-
1. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
 2. M. Sc., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
 3. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
 4. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

* Corresponding author: habbasdokht@yahoo.com