

Effect of Sowing Date and Symbiosis of Mycorrhizal Fungi on Growth Indices and Yield of Forage Maize

Shawbo Akbari¹, Gholamreza Heidari^{2*}, Hossein Jahani-Azizabadi³

Received: 19 February 2022 Accepted: 22 September 2022

1-Former MSc student, Dept. of Plant Production and Genetics, University of Kurdistan, Iran.

2-Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, University of Kurdistan, Iran.

3-Asist. Prof., of Animal Sciences, University of Kurdistan, Iran.

*Corresponding Author Email: g.heidari@uok.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Biofertilizers include one or more species of high-density soil organisms which are used in sustainable farms with the aim of increasing soil fertility and plant access to nutrients. This experiment was performed to evaluate yield and growth indices of maize at different sowing dates under the influence of mycorrhizal fungi.

Materials and Methods: The experiment was conducted in the research farm of Kurdistan University in 2017 as a factorial based on a randomized complete block design with three replications. Factors included mycorrhizal fungi at four levels including (*Funneliformis mossea*), (*Rhizophagus intraradices*), (*Funneliformis mossea* + *Rhizophagus intraradices*) and without mycorrhiza (control) and sowing date at three levels (6, 16 and 26 July). In this experiment, growth indices and traits related to maize yield were measured.

Results: The results showed that the highest leaf area index, growth rate and dry matter accumulation were obtained on 6 July sowing date and 26 July had the lowest values. The highest values of leaf area index and crop growth rate were related to *Rhizophagus intraradices* treatment. Application of mycorrhiza increased dry matter accumulation and as a result, maize yield compared to the control treatment. The interaction of mycorrhiza fungus and sowing date caused a significant increase in cob dry weight and biological yield.

Conclusion: The results showed that the combined treatment of 6 July planting date and *Rhizophagus intraradices* fungus was superior in terms of growth indices, cob and plant dry weight and biological yield.

Keywords: Crop Growth Rate, Leaf Area Index, Forage Maize, Mycorrhiza, Dry Weight of Cob

اثر تاریخ کاشت و همزیستی قارچ مایکوریزا بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای

شوبو اکبری^۱، غلامرضا حیدری^{۲*}، حسین جهانی عزیزآبادی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۳۱

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشگاه کردستان

۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه کردستان

۳- استادیار گروه مهندسی علوم دامی دانشگاه کردستان

*مسئول مکاتبه: Email: g.heidari@uok.ac.ir

چکیده

اهداف: کودهای زیستی شامل یک یا چند گونه ارگانیسم خاک‌زیست با تراکم جمعیتی زیاد یا فرآورده این موجودات می‌باشند که با هدف بالا بردن حاصلخیزی خاک و دسترسی گیاه به مواد غذایی، در کشاورزی پایدار به کار می‌روند. این آزمایش به منظور بررسی عملکرد و شاخص‌های رشد در تاریخ‌های مختلف کاشت تحت تأثیر قارچ مایکوریزا انجام گردید.

مواد و روش: آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان در سال ۱۳۹۶ بصورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل قارچ مایکوریزا در چهار سطح شامل (*Funneliformis mossea*)، (*Rhizophagus intraradices*)، (*Rhizophagus intraradices + Funneliformis mossea*) و بدون مایکوریزا (شاهد) و تاریخ کشت در سه سطح (۶، ۱۶ و ۲۶ تیرماه) بود. در این آزمایش شاخص‌های رشد و صفات مرتبط با عملکرد ذرت اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در تاریخ کاشت ۶ تیرماه بیشترین شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک حاصل شد و تاریخ کاشت ۲۶ تیر کمترین مقدار این شاخص‌ها را داشت. بیشترین مقادیر شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول به تیمار *Rhizophagus intraradices* به مقدار (۴۶/۲۴) گرم بر متر مربع در روز مربوط بود. در کل کاربرد مایکوریزا باعث افزایش تجمع ماده خشک و در نتیجه عملکرد ذرت نسبت به تیمار شاهد به مقدار (۱۶۸۳/۵۶) گرم بر متر مربع شد. برهمکنش قارچ مایکوریزا و تاریخ کاشت نیز سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک بلال و عملکرد بیولوژیک گردید.

نتیجه‌گیری: بررسی اثرات قارچ مایکوریزا و تاریخ کاشت بر روند رشد نشان داد که تیمار ترکیبی تاریخ کاشت شش تیرماه و قارچ *Rhizophagus intraradices* از لحاظ شاخص‌های رشدی، وزن خشک بلال و بوته و عملکرد بیولوژیک از برتری برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، ذرت علوفه‌ای، مایکوریزا، وزن خشک بلال

مقدمه

ذرت با نام علمی (*Zea mays* L.) جزو مهمترین گیاهان زراعی در جهان است و نقش مهمی در تغذیه انسان‌ها دارد (رئوف و همکاران ۲۰۱۶). ذرت علوفه‌ای با تولید حدود ۱۴/۲۵ میلیون تن، ۱۷ درصد از کل میزان تولید گیاهان زراعی آبی را به خود اختصاص داده است (بی‌نام ۲۰۲۱). کودهای زیستی شامل یک یا چند گونه ارگانیسم خاک‌زیست با تراکم جمعیتی زیاد یا فرآورده این موجودات می‌باشند که با هدف بالا بردن حاصلخیزی خاک و دسترسی گیاه به مواد غذایی، در کشاورزی پایدار به‌کار می‌روند (درزی و همکاران ۲۰۰۸). قارچ‌های میکوریزا جز کودهای زیستی محسوب شده و رابطه مشارکتی با بیشتر گیاهان زراعی دارند و از طریق تعدیل تنش‌های غیر زنده، بالا بردن جذب آب عناصری مانند فسفر و روی و افزایش مقاومت گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا، باعث بهبود رشد و عملکرد گیاهان میزبان قارچ در سیستم‌های زراعی پایدار می‌شوند (شرما ۲۰۰۲). فسفر یکی از عناصر پرمصرف و ضروری برای گیاهان زراعی است که از طریق تنظیم هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در تقسیم سلولی دارد و در فرآیندهای بیوشیمیایی، سازوکارهای انتقال انرژی و انتقال پیام‌ها و افزایش تولید مواد فتوسنتزی و عملکرد گیاهان زراعی از اهمیت بالایی برخوردار است (کوچکی و همکاران ۲۰۰۸). تحقیقات نشان می‌دهد خصوصیات مطلوب فیزیکی و شیمیایی خاک زراعی، در اثر مصرف کودهای شیمیایی کاهش می‌یابد (آدیران و همکاران ۲۰۰۹). استفاده بی‌رویه کودهای شیمیایی از جمله فسفر باعث بروز مشکلاتی از قبیل مسمومیت گیاهی، عدم تعادل جذب عناصر دیگر، بهم خوردن تعادل بیولوژیک خاک، بروز اثرات مخرب زیستی و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی را سبب شده است (شرما ۲۰۱۵). بکارگیری کودهای زیستی به جای نهاده‌های خارجی از رویکردهای مهم کشاورزی پایدار به منظور بالابردن تولیدات و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشد (لاگرید و همکاران ۲۰۰۸). میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی

برخلاف نهاده‌های شیمیایی عناصر جدیدی را به خاک اضافه نکرده و فقط مواد موجود در خاک را مصرف می‌کنند (شرما ۲۰۱۵). قارچ میکوریزا با ترشح آنزیم فسفاتاز باعث افزایش محلولیت فسفر آلی در خاک می‌شود (رشید و همکاران ۲۰۰۴). حلالیت فسفر به وسیله تولید و آزادسازی اسیدهای آلی در محیط ریشه نیز انجام شده (شنوی و کالاکودی ۲۰۰۵) و قارچ میکوریزا از طریق افزایش سطح جذب و با کاهش ناحیه تخلیه از فسفر به کمک ریشه‌های خارجی، این عنصر ضروری را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (پترسو ۲۰۰۴ و کالاکودی ۲۰۰۵). تعیین تاریخ کاشت مناسب برای مناطق مختلف جهت استفاده از پتانسیل هر رقم منطقه از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی و مدیریت‌های زراعی برخوردار است. زیرا که بر صفات و مراحل مختلف رشد و نمو تأثیر گذاشته و باعث بهینه شدن بازده استفاده از عوامل محیطی موثر بر عملکرد می‌گردد و نهایتاً با تغییر اجزاء عملکرد موجب تغییر در عملکرد دانه می‌شود (چوکان ۲۰۱۱). تاریخ کاشت مناسب منجر به بهره‌برداری حداکثر از فصل زراعی و در نهایت رسیدن به رشد مطلوب و حداکثر عملکرد خواهد شد و تاریخ کاشت هر رقم با توجه به فصل و هدف کاشت تعیین می‌شود (هندتر ۱۹۸۰). بنظر هندتر (۱۹۸۰) تاخیر در کاشت موجب کوتاه شدن دوره رشد و کاهش مواد فتوسنتزی کافی جهت ذخیره در دانه می‌شود. یکی از مهمترین پارامترها در تولید گیاهان زراعی، مقدار تشعشع خورشیدی است که به داخل سایه انداز گیاهی نفوذ می‌کند (داختری و همکاران ۱۹۸۳). ویلسام و همکاران (۱۹۸۶) گزارش کردند که کارائی فتوسنتز و رشد ذرت به شدت وابسته به توزیع عمودی نور به داخل کانوپی گیاه است.

این پژوهش به منظور تعیین بهترین تاریخ کاشت و بررسی اثر همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در شرایط آب و هوایی سمنان به اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان در مجاورت روستای دوشان سنندج به مختصات جغرافیایی ۳۵/۱۸ درجه عرض شمالی و ۴۷/۱۸ درجه طول شرقی و ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. تیمارهای مورد بررسی شامل: قارچ میکوریزا در چهار سطح بدون میکوریزا، *Funneliformis Rhizophagus intraradices* و *mossea Rhizophagus + Funneliformis mossea* (intraradices) و تاریخ کشت در سه سطح شامل (۱۶، ۶ و ۲۶ تیرماه) بود. مزرعه آزمایش در بهار پس از مساعد شدن هوا با گاوآهن شخم زده شد و سپس برای تسطیح و خرد شدن کلوخه‌ها از دیسک استفاده گردید. کشت در تاریخ‌های مورد نظر به صورت دستی انجام و جلوگیری از خشک شدن کود مایکوریزا دو روز قبل از کشت مزرعه آبیاری شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک، کود نیتروژن توصیه شده به میزان ۴۰ کیلوگرم برای همه کرت‌های آزمایشی به صورت یکنواخت مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری مزرعه برای همه کرت‌ها به صورت قطره‌ای انجام و کنترل علف‌های هرز بصورت دستی انجام گرفت. فاصله بذور روی ردیف ۸ سانتیمتر و فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۷۵ سانتی متر بود. قارچ میکوریزا بصورت مخلوط با خاک و ریشه تهیه شده از بستر ذرت از شرکت تولید مایکوریزای همدان به میزان ۴ گرم برای هر بذور روی خطوط کاشت با خاک مخلوط گردید و بذور روی پشته‌ها در عمق ۴ سانتی‌متری کشت و روی آن‌ها خاک‌دهی صورت گرفت. مساحت هر واحد آزمایشی ۱۵ متر مربع به طول ۴ متر و عرض ۳/۷۵ متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر و برای هر کرت ۶ ردیف کاشت به طول ۴ متر در نظر گرفته شد. بذور رقم زودرس ماکسیم ۵۰۱ (تیپ صربستان) از مؤسسه تحقیقات کشاورزی سرارود کرمانشاه تهیه و قبل از کاشت جهت پیشگیری از

بیماری‌های قارچی با سم بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی شد.

صفات مورد نظر در این مطالعه شامل تغییرات وزن خشک و سطح برگ تیمارها در طول فصل رشد جهت آنالیز رشد و اندازه‌گیری ^۱LAI، ^۲CGR، ^۳NAR، ^۴TDM و ^۵RGR بودند. در طول فصل رشد پنج مرحله نمونه‌گیری تخریبی جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌ها به تفکیک و اندازه‌گیری سطح برگ انجام شد. به‌منظور ارزیابی تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد محصول مساحتی معادل ۲ مترمربع از خطوط میانی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه در تاریخ ۱۳/۰۶/۱۳۹۶ برداشت گردید. پس از برداشت محصول وزن خشک کل و وزن خشک بلال اندازه‌گیری و برای محاسبه عملکرد بیولوژیک، بوته‌های نمونه‌گیری شده، در آون به مدت ۷۲ ساعت و در در دمای ۷۰ درجه سانتی-گراد قرار داده شد. سپس با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۱ وزن خشک کل بوته‌ها شامل ساقه، برگ، بلال توزین و بر حسب گرم در مترمربع محاسبه و ثبت گردید. برای آنالیز آماری عملکرد و اجزای عملکرد به صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی و توسط نرم افزار SAS تجزیه شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Sigmaplot ver. 12 استفاده شد.

شاخص سطح برگ (LAI)

طبق تعریف عبارت است از نسبت سطح برگ به سطح زمینی که برگ‌ها بر روی آن سایه‌اندازی نموده‌اند. شاخص سطح برگ با استفاده از معادله زیر اندازه‌گیری شد:

$$LAI = LA / GA$$

LA سطح برگ (سانتی‌متر مربع)

GA مساحت سطح زمین که توسط گیاه اشغال شده (سانتی‌متر مربع)

سرعت رشد محصول (CGR)

طبق تعریف عبارت است از مقدار ماده خشک تولید شده در یک واحد زمانی و در واحد سطح زمین (گرم بر

⁴ Total dry matter

⁵ Relative growth rate

¹ Leaf area meter

² Crop growth rate

³ Net assimilation rate

T_1 و T_2 فاصله زمانی بین دو مرحله متوالی نمونه‌برداری (روز)

نتایج و بحث

شاخص‌های رشد ذرت

شاخص سطح برگ ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت با توجه به اینکه در تاریخ‌های مختلف کشت، گیاهان درجه حرارت و طول روزهای مختلفی را برای رسیدن به یک مرحله خاص نمو دریافت می‌کنند، بنابراین اختلاف بین میزان شاخص سطح برگ در تاریخ‌های مختلف کشت را می‌توان به این موضوع نسبت داد. به عبارت دیگر در تاریخ کشت‌های دیر هنگام، قبل از توسعه کامل سطح برگ، گیاه وارد مرحله زایشی می‌شود و در نتیجه میزان شاخص سطح برگ در این تیمارها کاهش می‌یابد (اوزونی دوجی و همکاران ۲۰۰۸). ذرت در هر سه تاریخ کاشت در مرحله گرده افشانی بیشترین سطح برگ را داشت و تاریخ ۶ تیرماه بیشترین شاخص سطح برگ و ۲۶ تیر کمترین مقدار را داشت. برخی محققین گزارش کردند که با افزایش سن گیاه سطح برگ تا یک حد خاص افزایش و سپس روند کاهشی پیدار می‌کند (جاوید و همکاران ۲۰۱۰). تأخیر در کاشت (تاریخ کاشت سوم) موجب تسریع در ورود گیاه به مرحله زایشی و کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی می‌شود و گیاه فرصت کافی برای رشد رویشی و تولید برگ بیشتر و بزرگتر را پیدا نمی‌کند (مهدی و همکاران ۲۰۰۱).

متر مربع در روز). برای محاسبه سرعت رشد محصول از معادله زیر استفاده گردید.

$$CGR = ((W_2 - W_1) / (T_2 - T_1)) \times 1 / GA$$

W_1 و W_2 وزن خشک کل بوته در دو مرحله متوالی نمونه‌برداری (گرم)

T_1 و T_2 فاصله زمانی بین دو مرحله متوالی نمونه‌برداری (روز)

GA مساحت سطح زمین که توسط گیاه اشغال شده (متر مربع)

سرعت جذب خالص (NAR)

عبارت است از سرعت تجمع ماده خشک در واحد زمان و واحد سطح برگ (سطح فتوسنتز کننده) برحسب گرم بر متر مربع سطح برگ در روز.

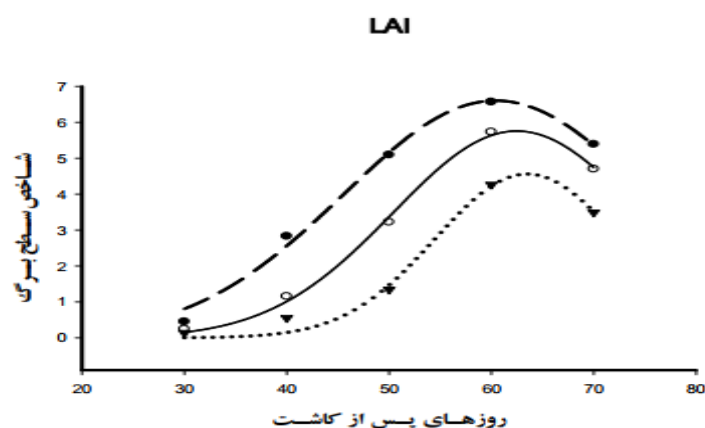
$$NAR = CGR / LAI$$

سرعت رشد نسبی (RGR)

هدف از محاسبه سرعت رشد نسبی، بررسی راندمان تولید ماده خشک است این صفت عبارت است از ماده خشک تجمع یافته در گیاه در واحد زمان است و برحسب گرم بر گرم در روز بیان می‌شود. برای محاسبه سرعت رشد نسبی از معادله زیر استفاده گردید.

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1)$$

W_1 و W_2 وزن خشک کل بوته در دو مرحله متوالی نمونه‌برداری (گرم)



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت

● ۶ تیر، ○ ۱۶ تیر، ▲ ۲۶ تیر

براساس جدول ۱- ضرایب معادله شاخص سطح برگ زرت در تاریخ‌های مختلف کشت نشان داده که بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تاریخ ۶ تیرماه به میزان (۶/۶۰۶۶) بود تاریخ ۱۶ تیرماه در رده بعدی با (۵/۷۵۹۸)

مقدار شاخص سطح برگ قرار گرفت و تاریخ ۲۶ تیرماه با مقدار (۴/۵۶۳۶) در رده آخر قرار گرفت. میزان شاخص سطح برگ در ۶ تیرماه در ۶۰/۴۱ روز پس از کاشت به حداکثر خود رسید.

جدول ۱- ضرایب معادله گوسن ۳ پارامتره $Y=a*\exp(-0.5*((x-x_0)/b)^2)$ برازش داده شده به روند تغییرات شاخص سطح برگ زرت طی مراحل رشد در تاریخ کشت‌های مختلف

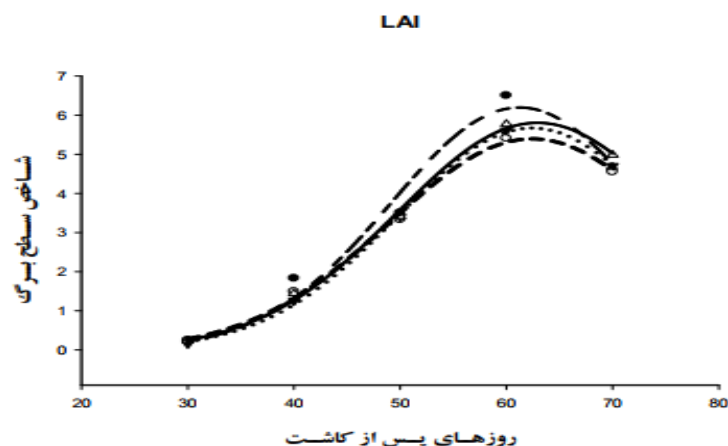
تاریخ کشت	ضرایب معادله سطح برگ			
	a(se)	B	X0(se)	R ²
۶ تیر	۶/۶۰۶۶ (۰/۲۵)	۱۴/۸۲	۶۰/۴۱ (۰/۹۲)	۰/۹۹
۱۶ تیر	۵/۷۵۹۸ (۰/۱۵)	۱۲/۰۵	۶۲/۴۷ (۰/۴۸)	۰/۹۹
۲۶ تیر	۴/۵۶۳۶ (۰/۳۲)	۸/۹۷	۶۳/۵۱ (۰/۷۹)	۰/۹۹

a حداکثر شاخص سطح برگ، se خطای استاندارد، b ضریب ثابت معادله، x0 روز پس از کاشت در زمان به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ، R² ضریب تبیین، P مقدار احتمال

شاخص سطح برگ زرت در تیمارهای مختلف کودی

تأثیر قارچ‌های میکوریزا را بر شاخص سطح برگ بوته‌های زرت در شکل (۲) نشان داده شده است. روند تغییرات نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریزا تا ۴۵ روز پس از کاشت تأثیر چندانی بر مقدار LAI نداشته و پس از گذشت ۴۵ روز از زمان کاشت، اختلاف میان برخی از گونه‌ها با شاهد آشکار می‌گردد. در ۶۰ روز پس از کاشت این اختلاف به بیشترین مقدار خود می‌رسد. در این زمان، بیشترین و کمترین میزان LAI به ترتیب از گونه *Rhizophagus intraradices* و *Funneliformis mosseae* + *Rhizophagus intraradices* (نتایج نشان داد که ۶۰ روز پس از کاشت، بوته‌های زرت به حداکثر میزان LAI

می‌رسند. در این زمان بیشترین مقدار LAI از بذور تلقیح یافته با قارچ *Rhizophagus intraradices* (۶/۱۹۷۹) و کمترین میزان از ترکیب دو قارچ مذکور (۵/۳۹۷۵) حاصل شد. بر اساس شکل (۲)، پس از گذشت ۶۵ روز از کاشت مقدار LAI روند کاهشی را نشان می‌دهد. پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهند که قارچ‌های همزیست میکوریزا شاخص سطح برگ را به طور مستقیم افزایش نمی‌دهند بلکه بر دوام سطح برگ و وزن مخصوص برگ تأثیر می‌گذارند. در یافته‌های شیمدت و همکاران (۲۰۱۵) نیز تلقیح مایکورایز بر روی گیاه سویا به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی باعث افزایش شاخص سطح برگ و وزن خشک شد.



شکل ۲- شاخص سطح برگ زرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

● *Rhizophagus intraradices* ○ *Funneliformis mosseae* + *Rhizophagus intraradices* ▲ *Funneliformis mosseae*

شاهد

سرعت رشد ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت

سرعت رشد محصول (CGR) برای ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت حاکی از آن بود که این شاخص در هر سه تاریخ کاشت در نیمه اول فصل رشد، افزایش از روند کندی برخوردار بود و سپس میزان سرعت رشد تسریع شده، به گونه‌ای که کمی پیش از رسیدن مساحت برگ‌ها به بیشترین مقدار خود، سرعت رشد محصول نیز به حداکثر رسیده و پس از آن با شیب تندی کاهش نشان داد. سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت ۶ تیرماه با سرعت بیشتر و سریع‌تر از دو تاریخ دیگر حداکثر مقدار را نشان داد و تاریخ ۲۶ تیر ماه با سرعت کندتر و با مقدار کمتری به حداکثر رشد خود رسید (شکل ۳). این نتایج با یافته‌های (کریمی و صدیقی ۱۹۹۱) مطابقت دارد.

سرعت رشد ذرت

براساس جدول (۲) ضرایب معادله سرعت رشد محصول بیشترین مقدار این شاخص در تیمار *Rhizophagus intraradices* به میزان (۴۶/۲۴) بود که این میزان در (۶۱/۹۳) روز پس از کاشت به حداکثر خود رسید. در رده‌های بعدی به ترتیب تیمارهای (*Funneliformis* + *Rhizophagus intraradices*) و *Funneliformis mosseae* به میزان (۴۳/۸۶) و (۴۱/۴۸) گرم برمتر مربع در روز قرار داشتند و این مقادیر در (۶۰/۶۲) و (۶۳/۰۶) روز پس از کاشت به بیشترین میزان خود دست یافتند. کمترین میزان سرعت رشد در ذرت مربوط به تیمار شاهد به مقدار (۳۸/۴۹) گرم بر متر مربع در روز بود و این میزان در (۶۲/۰۸) روز پس از کاشت به حداکثر میزان خود دست یافت.

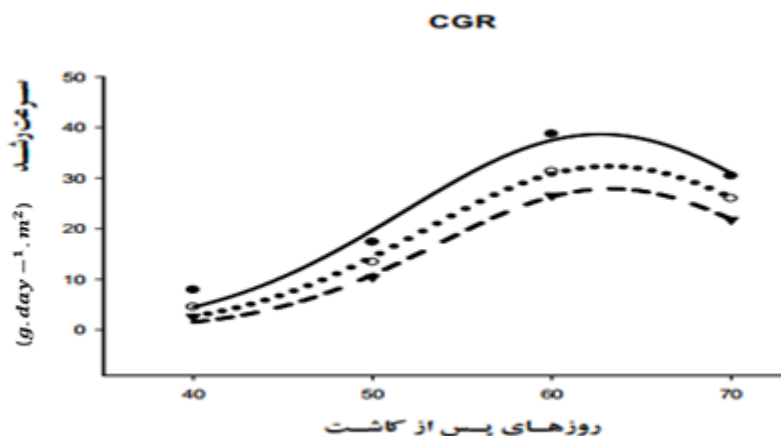
جدول ۲- ضرایب معادله گوسن ۳ پارامتره $Y=a*\exp(-0.5*((x-x_0)/b)^2)$ برازش داده شده به سرعت

رشد محصول تحت تأثیر تیمارهای کودی

P	R ²	ضرایب معادله سرعت رشد محصول			سطوح مایکوریزا
		X0(se)	B	a(se)	
۰/۰۰۳۲	۰/۸۹	۶۲/۰۸(۲/۱۷)	۹/۴۱	۳۸/۴۹(۷/۳۱)	شاهد
۰/۰۰۲۷	۰/۹۲	۶۱/۹۳ (۲/۰۹)	۷/۹۱	۴۶/۲۴(۸/۱۸)	<i>Rhizophagus intraradices</i>
۰/۰۰۳۴	۰/۸۷	۶۳/۰۶(۲/۵۵)	۹/۵۰	۴۱/۴۸(۸/۸۱)	<i>Funneliformis mosseae</i>
۰/۰۰۲۶	۰/۹۲	۶۰/۶۲(۰/۹۴)	۸/۰۹	۴۳/۸۶(۷/۱۵)	<i>Rhizophagus intraradices</i> + <i>Funneliformis mosseae</i>

a حداکثر مقدار سرعت رشد گیاه، x0 روز پس از کاشت تجمعی در زمان به حداکثر رسیدن سرعت رشد

گیاه، b ضریب ثابت معادله، se خطای استاندارد، P مقدار احتمال، R² ضریب تبیین



شکل ۳- سرعت رشد ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت

● ۶ تیر، ○ ۱۶ تیر، ▲ ۲۶ تیر

براساس جدول (۳) ضرایب معادله سرعت رشد محصول در تاریخ‌های مختلف کشت حاکی از آن بود که در تاریخ ۶ تیرماه بیشترین سرعت رشد محصول به میزان (۳۸/۶۵۲۵) گرم بر متر مربع در روز حاصل گردید و تاریخ ۱۶ تیرماه با مقدار (۳۲/۳۵۲۸) گرم بر متر مربع

در روز سرعت رشد محصول در رده بعدی قرار گرفت و تاریخ ۲۶ تیر با مقدار (۲۷/۸۹۷۷) گرم بر متر مربع در روز در رده آخر قرار گرفت. میزان سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت ۶ تیرماه بعد از در ۶۲/۷۰ روز پس از کاشت به حداکثر خود رسید.

جدول ۳- ضرایب معادله گوسن ۳ پارامتره $Y=a*\exp(-0.5*((x-x_0)/b)^2)$ برازش داده شده به سرعت رشد محصول تحت تأثیر تاریخ کشت‌های مختلف ذرت

تاریخ کشت	ضرایب معادله سرعت رشد محصول				P
	a(se)	B	X0(se)	R ²	
۶ تیر	۳۸/۶۵۲۵(۴/۰۵)	۱۰/۹۴	۶۲/۷۰(۱/۶۱)	۰/۹۶	۰/۰۱۸
۱۶ تیر	۳۲/۳۵۲۸(۲/۰۶)	۱۰/۴۰	۶۳/۲۲(۰/۹۲)	۰/۹۸	۰/۰۱۰
۲۶ تیر	۲۷/۸۹۷۷(۱/۱۷)	۹/۶۴	۶۳/۲۵(۰/۵۲)	۰/۹۹	۰/۰۶۳

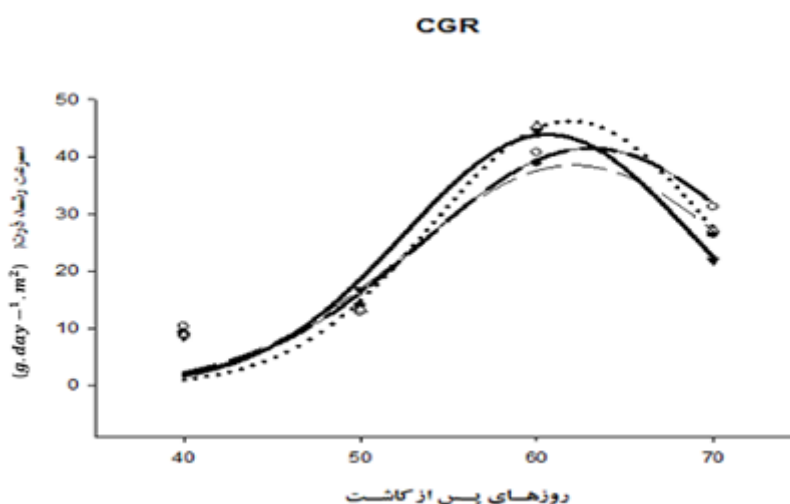
a حداکثر مقدار سرعت رشد گیاه، x0 روز پس از کاشت زمان به حداکثر رسیدن سرعت رشد گیاه،

b ضریب ثابت معادله، se خطای استاندارد، P مقدار احتمال، R² ضریب تبیین

سرعت رشد ذرت تحت تأثیر مایکوریزا

براساس جدول (۴) ضرایب معادله سرعت رشد محصول بیشترین مقدار این شاخص در تیمار *Rhizophagus intraradices* به میزان (۴۶/۲۴) بود که این میزان در (۶۱/۹۳) روز پس از کاشت به حداکثر خود رسید. در رده‌های بعدی به ترتیب تیمارهای (*Funneliformis mosseae* + *Rhizophagus intraradices*) و

Funneliformis mosseae به میزان (۴۳/۸۶) و (۴۱/۴۸) گرم بر متر مربع در روز قرار داشتند و این مقادیر در (۶۰/۶۲) و (۶۳/۰۶) روز پس از کاشت بیشترین مقدار را نشان دادند. کمترین سرعت رشد در ذرت مربوط به تیمار شاهد با مقدار (۳۸/۴۹) گرم بر متر مربع در روز بود که در (۶۲/۰۸) روز پس از کاشت حداکثر مقدار آن مشاهده گردید.



شکل ۴- سرعت رشد ذرت تحت تأثیر سطوح کود مایکوریزا

●، *Rhizophagus intraradices* ○، *Funneliformis mosseae* ▼، *Funneliformis mosseae* + *Rhizophagus intraradices* ▲ شاهد

جدول ۴- ضرایب معادله گوسن ۳ پارامتره $Y=a*\exp(-0.5*((x-x_0)/b)^2)$ برازش داده شده به سرعت رشد محصول تحت تأثیر تیمارهای کودی

P	R ²	ضرایب معادله سرعت رشد محصول			سطوح میکوریزا
		X0(se)	B	a(se)	
۰/۰۰۳۲	۰/۸۹	۶۲/۰۸(۲/۱۷)	۹/۴۱	۳۸/۴۹(۷/۳۱)	شاهد
۰/۰۰۲۷	۰/۹۲	۶۱/۹۳ (۲/۰۹)	۷/۹۱	۴۶/۲۴(۸/۱۸)	<i>Rhizophagus intraradices</i>
۰/۰۰۳۴	۰/۸۷	۶۳/۰۶(۲/۵۵)	۹/۵۰	۴۱/۴۸(۸/۸۱)	<i>Funneliformis mossea</i>
۰/۰۰۲۶	۰/۹۲	۶۰/۶۲(۰/۹۴)	۸/۰۹	۴۳/۸۶(۷/۱۵)	<i>Rhizophagus intraradices+</i> <i>Funneliformis mossea</i>

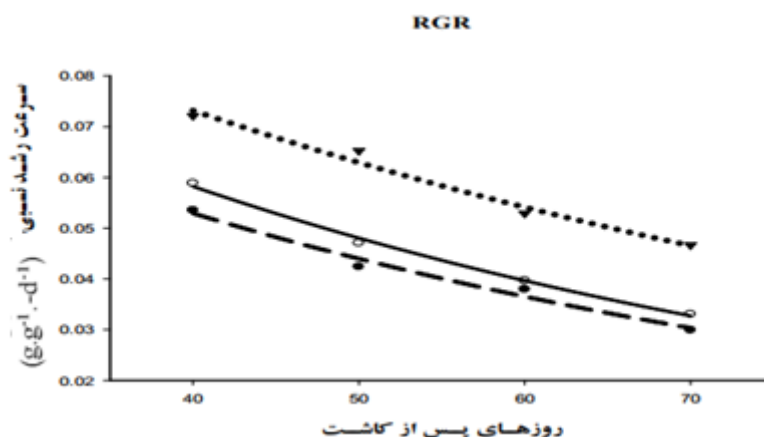
a حداکثر مقدار سرعت رشد گیاه، x0 روز پس از کاشت تجمعی در زمان به حداکثر رسیدن سرعت رشد

گیاه، b ضریب ثابت معادله، se خطای استاندارد، P مقدار احتمال، R² ضریب تبیین

سرعت رشد نسبی

سرعت رشد نسبی بیانگر وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن خشک اولیه در یک فاصله زمانی معین بر حسب گرم بر گرم در روز بوده و نشان‌دهنده قدرت رقابتی گیاه است. هرچه میزان سرعت رشد نسبی بالاتر باشد قدرت رقابتی گیاه نیز بیشتر خواهد بود (لوری و اسمیت، ۲۰۱۸). بر اساس شکل (۵) روند تغییرات RGR در زمان‌های متفاوت کشت بر پایه‌ی روزهای بعد از

کشت از اول تا آخر دوره به صورت نزولی است. به گونه‌ای که در تاریخ کشت سوم در ۴۰ روز پس از کاشت، در مقایسه با دو تاریخ کشت زودتر، میزان بیشتری از RGR را به خود اختصاص داد و با نزدیک شدن به آخر فصل رشد، علاوه بر روند نزولی RGR شدت اختلاف بین هر سه تاریخ کشت نیز کاهش یافت و این امر ناشی از کاهش ماده‌سازی و در نهایت توقف آن در هر سه تاریخ کاشت می‌باشد. این نتیجه-گیری با نتایج آزمایش منیعی (۱۹۹۱) مطابقت می‌کند.



شکل ۵- روند تغییرات سرعت رشد نسبی ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت

● ۶ تیر، ○ ۱۶ تیر، ▼ ۲۶ تیر

سرعت رشد نسبی تحت تأثیر قارچ میکوریزا

نتایج نشان داد که قارچ‌های میکوریزا در اوایل رشد تأثیر مثبتی بر تغییرات سرعت رشد نسبی دارند (شکل ۶) بطوری که ۴۰ روز پس از کاشت گونه *Rhizophagus intraradices* و ترکیب دو گونه قارچ در مقایسه با گونه *Funneliformis mosseae*

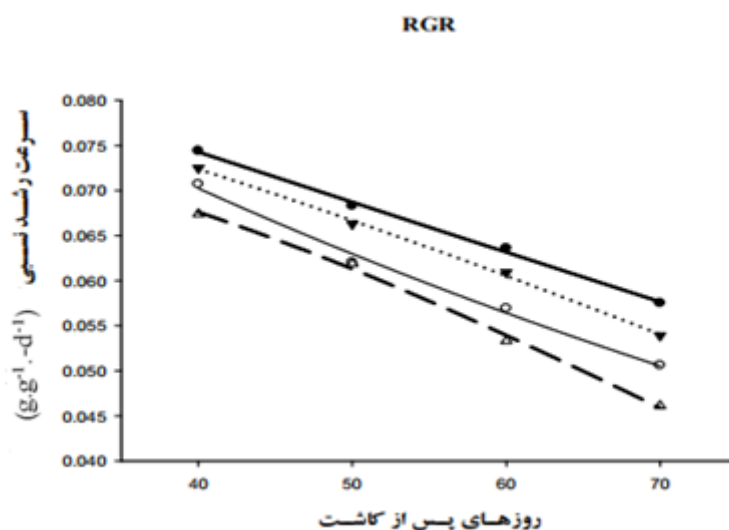
براساس جدول (۵) ضرایب معادله سرعت رشد نسبی در تاریخ‌های مختلف کشت حاکی از آن بود که در تاریخ ۶ تیرماه بیشترین سرعت رشد نسبی محصول به میزان (۰/۰۵۸۲) بود و تاریخ ۱۶ تیر ماه در رده بعدی مقدار نسبی سرعت رشد محصول (۰/۰۶۵۵) و تاریخ ۲۶ تیر ماه با مقدار (۰/۰۷۶۲) در رده آخر قرار گرفت.

شاهد و از سرعت رشد نسبی بیشتری برخوردار شدند. با افزایش سن گیاه و افزایش مقدار تنفس در اواخر فصل رشد، RGR کاهش می‌یابد (دیویدسون و کمپبل ۱۹۸۴). سرعت رشد نسبی در اوایل فصل رشد بالا و مقدار RGR تابع سطح کل فتوسنتز کننده گیاه است و به همین دلیل

جدول ۵- ضرایب معادله زوال نمایی ۲ پارامتره $f = a \cdot \exp(-b \cdot x)$ برازش داده شده به سرعت رشد ذرت تحت تأثیر تاریخ کشت‌های مختلف

تاریخ کشت	ضرایب معادله سرعت رشد نسبی			
	a(se)	B	R ²	P
۶ تیرماه	۰/۰۵۸۲(۰/۰۱۰۶)	۰/۰۱۵۱	۰/۹۸	۰/۰۰۸۹
۱۶ تیرماه	۰/۰۶۵۵(۰/۰۰۵۶)	۰/۰۱۹۲	۰/۹۹	۰/۰۰۱۹
۲۶ تیرماه	۰/۰۷۶۲(۰/۰۵۶۴)	۰/۰۱۸۶	۰/۹۸	۰/۰۰۹۳

a حداکثر مقدار سرعت رشد نسبی گیاه، b ضریب ثابت معادله (بیانگر نرخ کاهش سرعت رشد نسبی)، se خطای استاندارد، P مقدار احتمال، R² ضریب تبیین



شکل ۶- روند تغییرات سرعت رشد نسبی ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف قارچ میکوریزا

● Rhizophagus intraradices، ○ Funneliformis mosseae، ▼ Rhizophagus intraradices + Funneliformis mosseae، Δ شاهد

سرعت جذب خالص در تاریخ‌های مختلف

بر اساس جدول (۷) ضرایب معادله سرعت جذب خالص محصول در تاریخ‌های مختلف کشت نشان داد که بیشترین سرعت جذب خالص محصول به میزان (۱۱/۶۱) به تاریخ ۱۶ تیرماه تعلق داشت و تاریخ ۶ تیرماه با (۱۱/۲۱) در رده بعدی مقدار سرعت جذب خالص محصول و تاریخ ۲۶ تیرماه با مقدار (۸/۴۵) در رده آخر قرار گرفت.

بر اساس جدول (۶) ضرایب معادله بیشترین سرعت رشد نسبی محصول ذرت در قارچ *Rhizophagus intraradices* به میزان (۰/۰۸۵۹) بوده و در رده‌های بعدی به ترتیب تیمارهای ترکیبی دو گونه به میزان (۰/۰۷۷۳) و *Funneliformis mosseae* به مقدار (۰/۰۷۰۸) بود. کمترین سرعت رشد نسبی را تیمار شاهد با مقدار (۰/۰۶۹۷) نشان داد.

جدول ۶- ضرایب معادله زوال نمایی $f = a \cdot \exp(-b \cdot x)$ برازش داده شده به سرعت رشد ذرت تحت تأثیر تیمارهای کودی

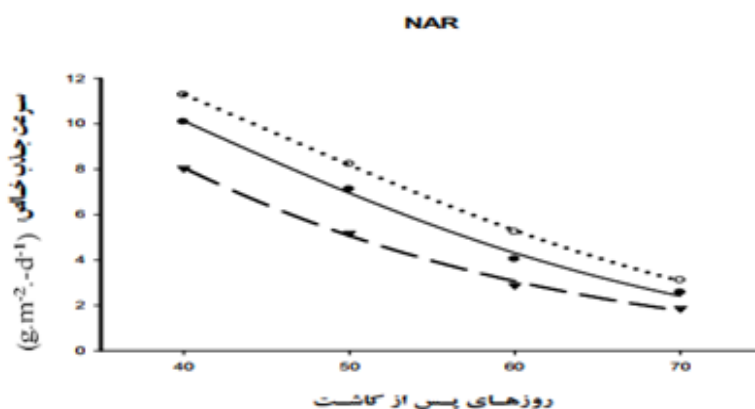
ضرایب معادله سرعت رشد نسبی ذرت				تیمارهای کودی
P	R ²	B	a(se)	
۰/۰۰۴۹	۰/۹۰	۰/۰۰۸۶	۰/۰۶۹۷(۰/۰۰۸۰)	شاهد
۰/۰۰۱۸	۰/۶۷	۰/۰۰۵۷	۰/۰۸۵۹(۰/۰۱۳۴)	<i>Rhizophagus intraradices</i>
۰/۰۰۵۶	۰/۹۸	۰/۰۱۳۲	۰/۰۷۰۸(۰/۰۰۶۹)	<i>Funneliformis mossea</i>
۰/۰۰۱۰	۰/۹۹	۰/۰۱۲۴	۰/۰۷۷۳(۰/۰۰۳۵)	<i>Rhizophagus intraradices</i> + <i>Funneliformis mossea</i>

a حداکثر مقدار سرعت رشد نسبی گیاه، b ضریب ثابت معادله (بیانگر نرخ کاهش سرعت رشد نسبی)، se

خطای استاندارد، P مقدار احتمال، R² ضریب تبیین

کاشت، مقدار آن به صفر میل کرد. (شکل ۸). بیشترین سرعت جذب خالص مربوط به تیمار *Rhizophagus intraradices* و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود.

سرعت جذب خالص در سطوح مختلف قارچ میکوریزا بررسی روند تغییرات سرعت جذب خالص حاکی از آن بود که این شاخص در اوایل فصل رشد در بالاترین مقدار خود بود و ۴۰ روز پس از کاشت روند نزولی آن به سرعت شروع و در بازه زمانی ۶۰ تا ۷۰ روز پس از



شکل ۷- روند تغییرات سرعت جذب خالص ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت
● ۶ تیر ماه، ○ ۱۶ تیر ماه، ▼ ۲۶ تیر ماه

جدول ۷- ضرایب معادله زوال نمایی $f = a \cdot \exp(-b \cdot x)$ برازش داده شده به سرعت جذب خالص ذرت تحت تأثیر تاریخ کشت‌های مختلف

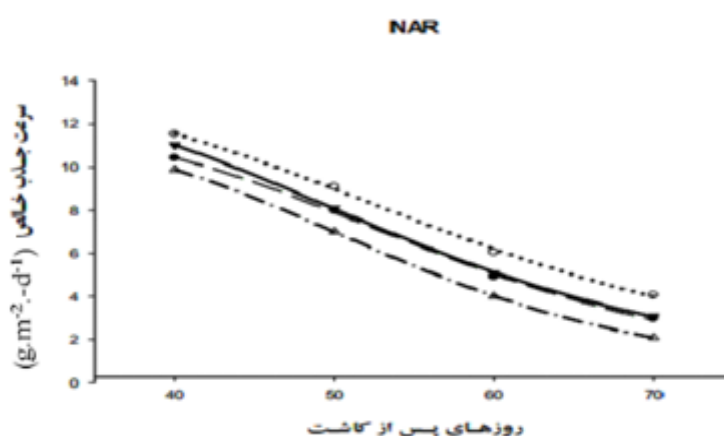
ضرایب معادله سرعت جذب خالص ذرت				تاریخ کشت
P	R ²	B	a(se)	
۰/۰۳۰	۰/۹۹	۱۸/۸۴	۱۱/۲۱(۰/۸۸)	۶ تیر ماه
۰/۰۱۷	۰/۹۸	۲۲/۳۰	۱۱/۶۱(۰/۵۹)	۱۶ تیر ماه
۰/۰۴۷	۰/۹۹	۱۸/۶۱	۸/۴۵(۰/۴۱)	۲۶ تیر ماه

a حداکثر جذب خالص، b سرعت افزایش جذب خالص، se خطای استاندارد، P مقدار احتمال، R² ضریب تبیین

جدول ۸- ضرایب معادله زوال نمایی ۲ پارامتره $f = a \cdot \exp(-b \cdot x)$ برازش داده شده به سرعت جذب خالص ذرت تحت تأثیر تاریخ کشت‌های مختلف

ضرایب معادله سرعت رشد نسبی ذرت				
P	R ²	B	a(se)	تیمارهای کودی
۰/۰۱۵	۰/۹۸	۱۸/۲۵	۹/۹۰(۰/۴۶)	شاهد
۰/۰۲۱	۰/۹۹	۲۰/۱۳	۱۲/۴۳(۰/۵۹)	<i>Rhizophagus intraradices</i>
۰/۰۴۸	۰/۹۹	۲۰/۵۹	۱۰/۰۹(۰/۲۷)	<i>Funneliformis mosseae</i>
۰/۰۲۱	۰/۹۷	۲۴/۴۷	۱۱/۷۶(۰/۵۵)	<i>Rhizophagus intraradices</i> + <i>Funneliformis mosseae</i>

A حداکثر جذب خالص، b سرعت افزایش جذب خالص، se خطای استاندارد، P مقدار احتمال، R² ضریب تبیین



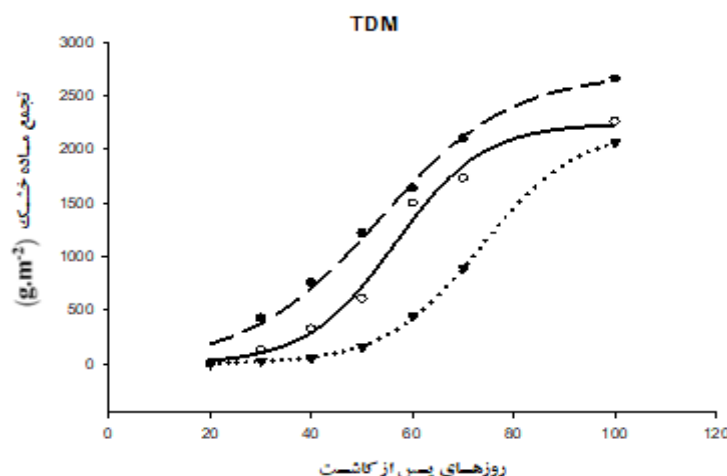
شکل ۸- سرعت جذب خالص ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف قارچ میکوریزا

● *Rhizophagus intraradices* ○ *Funneliformis mosseae* ▼ *Rhizophagus intraradices* + *Funneliformis mosseae* Δ شاهد

(۲۷۱۰/۳۶) گرم بر متر مربع، که در ۵۳/۵۱ روز رشد به حداکثر خود رسیده است. در رده‌های بعدی به ترتیب تاریخ ۱۶ تیرماه و ۲۶ تیرماه به میزان (۲۲۴۱/۷۱) و (۲۱۸۴/۱۵) گرم بر متر مربع بود که این مقدار در ۵۶/۴۹ و ۷۳/۴۴ روز به بیشترین میزان تجمع ماده خشک خود دست یافتند. کمترین تجمع ماده خشک در ذرت مربوط به تاریخ ۲۶ تیرماه (۲۱۸۴/۱۵) که در ۷۳/۴۴ روز به حداکثر میزان تجمع ماده خشک رسید.

براساس جدول ضرایب معادله (۸) بیشترین سرعت جذب خالص مربوط به کاربرد گونه *Rhizophagus intraradices* با مقدار (۱۲/۴۳) که در (۴۰/۶۵) روز رشد به حداکثر خود رسید. کمترین سرعت جذب خالص مربوط به تیمار شاهد با مقدار (۹/۹۰) که در (۳۹/۴۷) روز رشد به بیشترین مقدار را نشان داد.

تجمع ماده خشک تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت براساس جدول ضرایب معادله جدول (۹) بیشترین تجمع ماده خشک محصول در تاریخ ۶ تیر به میزان



شکل ۹- تجمع ماده خشک ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت
● ۶ تیر، ○ ۱۶ تیر، ▼ ۲۶ تیر شاهد

جدول ۹- ضرایب معادله سیگموئیدی ۳ پارامتره $Y = a/(1 + \exp(-(x-x_0)/b))$ برازش داده شده به روند تغییرات تجمع ماده خشک ذرت در تاریخ‌های مختلف

تاریخ کشت	ضرایب معادله تجمع ماده خشک			
	a(se)	B	X0(se)	R ²
۶ تیر	۲۷۱۰/۳۶(۱۲۸/۹۹)	۱۲/۹۰	۵۳/۵۱(۱/۹۵)	۰/۹۹
۱۶ تیر	۲۲۴۱/۷۱(۱۲۰/۴۸)	۸/۷۱	۵۶/۴۹(۱/۷۳)	۰/۹۸
۲۶ تیر	۲۱۸۴/۱۵(۲۴/۰۹)	۹/۴۳	۷۳/۴۴(۰/۴۴)	۰/۹۹

a حداکثر وزن خشک کل، se خطای استاندارد، b شیب منحنی در جایی که انحنای منحنی تغییر می‌یابد، R ضریب تبیین، X0 روز پس از کاشت در زمان تغییر برای به حداکثر رسیدن ماده خشک جمعی، P مقدار احتمال

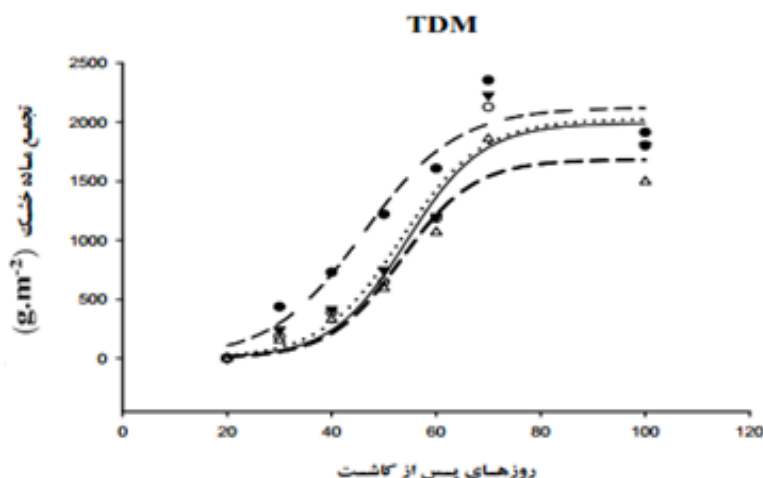
تجمع ماده خشک تحت تأثیر سطوح مختلف میکوریزا

براساس جدول (۱۰) بیشترین تجمع ماده خشک محصول در تیمار *Rhizophagus intraradices* به میزان (۲۱۲۴/۰۲) گرم بر متر مربع بوده که این میزان در (۴۶/۱۲) روز رشد به حداکثر خود رسیده است. در رده‌های بعدی به ترتیب تیمار ترکیبی (*Rhizophagus intraradices* + *Funneliformis mosseae*) و *Funneliformis mosseae* به میزان (۲۰۲۶/۲۷) و (۱۹۹۲/۰۱) گرم بر متر مربع قرار داشتند که این مقدار در (۵۳/۳۵) و (۵۴/۳۸) روز به بیشترین میزان ماده خشک جمعی خود دست یافتند. کمترین ماده خشک در ذرت مربوط به شاهد با مقدار (۱۶۸۳/۵۶) بود و این میزان در روز (۵۳/۴۰) به حداکثر میزان ماده خشک جمعی رسید.

صفات مربوط به عملکرد

وزن خشک بلال

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر سطوح مختلف قارچ میکوریزا، تاریخ کاشت و اثر متقابل قارچ میکوریزا و تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک بلال معنی‌دار بود (جدول ۱۱). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین وزن خشک بلال به میزان ۲/۴۹۳ کیلوگرم در مترمربع به تیمار ترکیبی قارچ *Rhizophagus intraradices* و تاریخ کاشت ۶ تیرماه و کمترین وزن خشک بلال به میزان ۰/۴۲۲ کیلوگرم در متر مربع به تیمار شاهد بدون قارچ میکوریزا و تاریخ کاشت ۲۶ تیرماه مربوط بود (جدول ۱۱). قارچ‌های میکوریزا با افزایش جذب مواد



شکل ۱۰- تجمع ماده خشک ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف قارچ میکوریزا

• *Rhizophagus intraradices* ○ • *Funneliformis mosseae* ▼ • *Funneliformis mosseae* + *Rhizophagus intraradices* Δ شاهد

جدول ۱۰- ضرایب معادله سیگموئیدی ۳ پارامتره $Y = a/(1 + \exp(-(x-x_0)/b))$ برازش داده شده به روند تغییرات تجمع ماده خشک ذرت در تیمارهای کودی

P	R ²	ضرایب معادله تجمع ماده خشک			سطوح میکوریزا
		X0(se)	B	a(se)	
۰/۰۰۳۶	۰/۹۳	۵۳/۴۰(۳/۴۳)	۶/۹۶	۱۶۸۳/۵۶(۱۹۳/۹۰)	شاهد
۰/۰۰۳۰	۰/۹۴	۴۶/۱۲(۳/۶۶)	۸/۹۴	۲۱۲۴/۰۲(۱۳۵/۴۳)	<i>Rhizophagus intraradices</i>
۰/۰۰۳۰	۰/۹۴	۵۴/۳۸(۳/۳۷)	۷/۲۳	۱۹۹۲/۰۱(۲۲۱/۸۹)	<i>Funneliformis mosseae</i>
۰/۰۰۵۳	۰/۹۲	۵۳/۳۵(۳/۹۹)	۷/۶۸	۲۰۲۶/۲۷(۲۵۹/۱۸)	<i>Rhizophagus intraradices</i> + <i>Funneliformis mosseae</i>

a حداکثر وزن خشک کل، se خطای استاندارد، b شیب منحنی در جایی که انحنای منحنی تغییر می یابد، R ضریب تبیین، X₀ روزهای پس از کاشت در زمان تغییر برای به حداکثر رسیدن ماده خشک تجمعی، P مقدار احتمال

خشک تولیدی ذرت معنی دار بود. کوتاماسی و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که همزیستی میکوریزایی یک استراتژی برتر رقابتی برای گیاهان میزبان فراهم می آورد. با وجود این، در برخی موارد میکوریزا باعث افزایش عملکرد گیاه میزبان نیز شده است. آزکن و همکاران (۲۰۱۲) طی مطالعه ای گزارش کردند که تلقیح گیاهچه های کاهو با میکوریزا باعث افزایش عملکرد می شود. همزیستی میکوریزی همچنین تأثیر معنی داری بر اجزاء عملکرد ذرت علوفه ای یعنی شاخص های ردیف دانه در بلال، دانه در ردیف بلال، وزن بلال و عملکرد ماه خشک دارد (امیرآبادی و همکاران، ۲۰۰۹). زمان کاشت به علت تغییر طول روز، دما و رطوبت نسبی، تأثیر

مغذی (از جمله فسفر، نیتروژن و بعضی مواد ریزمغذی)، افزایش جذب آب، افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش های زنده (عوامل بیماریزا) و غیر زنده (خشکی و شوری) موجب افزایش رشد، نمو و عملکرد گیاهان میزبان میکوریزا می شوند (کاردوسو و کوپپر، ۲۰۰۶). در گیاه ذرت تلقیح این گیاه زراعی با قارچ میکوریزا به طور معنی داری وزن خشک بلال را افزایش می دهد (ثمربخش و همکاران، ۲۰۰۹). گزارش شده است که کلونیزاسیون میکوریزایی به طور معنی داری وزن خشک بلال را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی افزایش داد (سید، ۲۰۱۰). در پژوهش کوچکی و همکاران (۲۰۰۸)، اثر تلقیح با انواع میکروارگانیسم ها بر ماده

بسنایی در رشد، نمو و تولید گیاه طی فصل رشد داشته و یکی از مهم‌ترین عوامل مدیریتی مؤثر در راستای کاهش آثار منفی تنش‌های محیطی بر گیاهان زراعی است است (خچار و نیواس ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد تاریخ کاشت ۱۶ تیرماه با استفاده بهتر از پتانسیل ریزجاندانان مفید خاکزی و برقراری روابط همزیستی، افزایش وزن خشک محصول مؤثر بوده است.

تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک گیاه دارد به طوری که با تأخیر در تاریخ کاشت در تیمار شاهد میزان وزن خشک نیز کاهش می‌یابد و علت احتمالی این کاهش، جوان و آبدار بودن بافت‌های گیاهی در تاریخ کشت سوم باشد که همین امر باعث می‌شود در زمان خشک شدن گیاه قسمت عمده بافت‌ها که دارای آب بوده از دسترس خارج و نهایتاً وزن خشک کمتری را در مقایسه با تاریخ کشت اول و دوم به خود اختصاص دهد (اوکتم و کاسکن ۲۰۰۴).

وزن خشک بوته

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر سطوح مختلف قارچ میکوریزا و تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک بوته معنی‌دار بود (جدول ۱۱). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که

بیشترین وزن خشک بوته به میزان ۲/۵۶۶۷ کیلوگرم در مترمربع به تیمار با قارچ *Rhizophagus intraradices* و کمترین وزن خشک بوته مربوط به تیمار شاهد (بدون قارچ) به میزان ۱/۷۸۲۲ بود (شکل ۱۱). در تیمارهای مربوط به تاریخ کاشت بیشترین وزن خشک بوته به میزان ۲/۷۳۵۰ در تاریخ کاشت ۶ تیرماه و کمترین وزن خشک بوته به میزان ۱/۸۸۷۵ کیلوگرم در متر مربع به تاریخ کشت ۲۶ تیرماه مربوط بود (شکل ۱۱). قارچ‌های میکوریزی به عنوان جزء اصلی در بیشتر اکوسیستم‌ها، اثرات مثبتی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان همزیست دارند (لی و ژیوی ۲۰۱۵). افزایش فتوسنتز گیاه توسط قارچ‌های میکوریز توسط (کوپر و بهاتناگار ۲۰۰۷) به اثبات رسیده است. شواهد بسیار زیادی وجود دارد که گیاهان می‌توانند سرعت فتوسنتز خود را افزایش دهند تا نیازهای همزیست خود را تامین نمایند. این عمل از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت CO₂ به ازای واحد وزن برگ انجام می‌گیرد (آزکان-آگیلار و بارئا ۲۰۱۲). از آنجایی که قارچ‌های میکوریزی موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب عناصر معدنی از خاک و به خصوص از منابع غیر قابل دسترس آن‌ها می‌شوند، لذا باعث افزایش رشد و در نهایت وزن خشک گیاه می‌شوند (موکرجی و چامولا ۲۰۱۰).

جدول ۱۱- تجزیه واریانس اثر قارچ و تاریخ کاشت بر برخی صفات مورفولوژیک ذرت

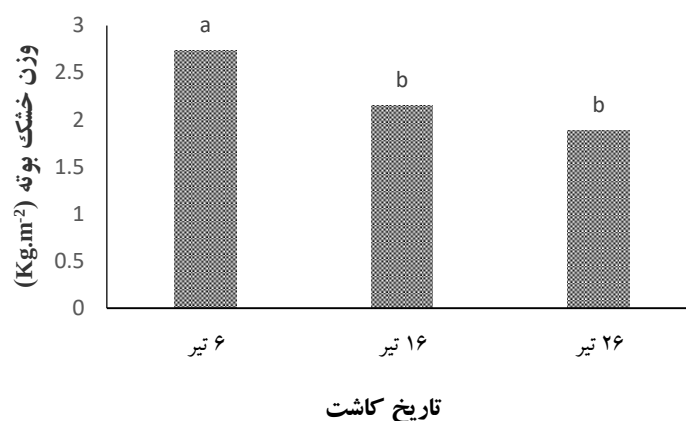
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد بلال	میانگین مربعات			
			وزن تر بوته	وزن خشک بلال	وزن خشک بوته	وزن بلال و بوته
بلوک	۲	۲۷/۴۴ ^{ns}	۱/۰۵۰ ^{ns}	۲/۱۰ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}
تاریخ کاشت	۲	۵/۷۷ ^{ns}	۴/۷۸ ^{**}	۱۰/۶۲ ^{**}	۲/۹۲ ^{**}	۲/۳۶ ^{**}
قارچ	۳	۸/۹۶ ^{ns}	۱/۷۹ ^{ns}	۳/۸۱ ^{ns}	۰/۳۴ ^{**}	۲/۰۶ ^{**}
قارچ×تاریخ کاشت	۶	۶/۵۱ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۰/۳۲ ^{**}	۱/۲۷ [*]
خطا	۲۲	۱۴/۲۶	۰/۶۳	۱/۸۷	۰/۰۶	۰/۴۱
ضریب تغییرات (%)	–	۲۳/۲۸	۲۷/۳۵	۱۵/۳۷	۱۰/۸۳	۱۷/۹۴

ns، * و ** به ترتیب: بدون اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۱۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری قارچ میکوریزا و تاریخ کاشت برای وزن خشک بلال

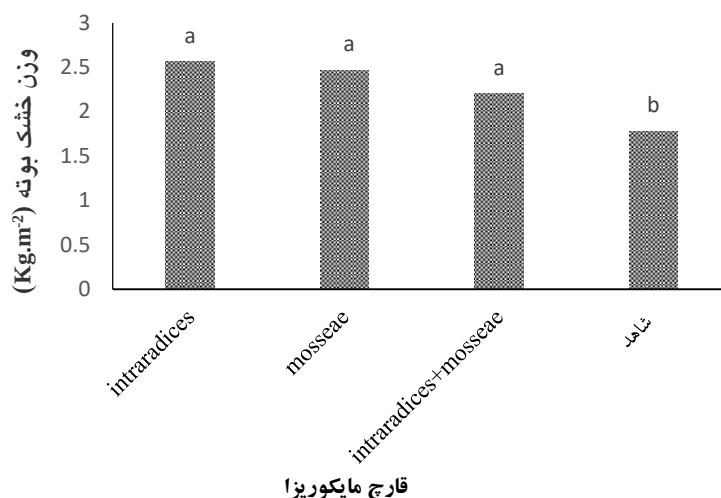
وزن خشک بلال (kg.m^{-2})	تاریخ کاشت	قارچ میکوریزا
۲/۴۹۳ ^a	۶ تیرماه	<i>Rhizophagus intraradices</i>
۱/۷۱۸ ^b	۱۶ تیرماه	
۱/۶۸۲ ^b	۲۶ تیرماه	
۱/۵۱۸ ^{bc}	۶ تیرماه	<i>Funneliformis mossea</i>
۱/۳۳۷ ^{cd}	۱۶ تیرماه	
۱/۲۳ ^d	۲۶ تیرماه	
۲/۴۸ ^a	۶ تیرماه	<i>Rhizophagus intraradices</i> + <i>Funneliformis mossea</i>
۰/۹۰۶۷ ^{de}	۱۶ تیرماه	
۱/۴۵۷ ^{bcd}	۲۶ تیرماه	
۰/۸۶۲۳ ^e	۶ تیرماه	شاهد
۰/۶۴۱۷ ^{ef}	۱۶ تیرماه	
۰/۴۲۲۰ ^f	۲۶ تیرماه	

میانگین‌ها با آزمون LSD و در سطح احتمال ۵٪ آزمون شده اند. حروف مشابه نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر وزن خشک بوته

حروف مشابه نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر وزن خشک بوته

حروف مشابه نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است

عملکرد بیولوژیک

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات تاریخ کاشت و سطوح مختلف قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل تاریخ کاشت و قارچ نیز بر روی این صفت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۱). استفاده از میکوریزا به دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و تولید برگ بیشتر، سبب افزایش ماده خشک گیاه می‌شود. نتیجه همزیستی میکوریزا، افزایش فتوسنتز و تثبیت دی اکسید کربن و افزایش زیست توده اندام هوایی است (اوژ ۲۰۰۱). انتخاب یک تاریخ کاشت مناسب نیز می‌تواند از طریق کاهش یا تخفیف آثار منفی تغییر اقلیم بر عملکرد گیاهان زراعی حائز اهمیت باشد (بلوچی و باقری ۲۰۱۳). در پژوهشی که توسط اداوی و باغبانی (۲۰۲۰) بر روی سیب‌زمینی انجام گرفت، مشاهده شد

تلقیح غده‌ها با قارچ میکوریزا ضمن توسعه‌ی سطح ریشه‌ی گیاه سبب افزایش جذب عناصر غذایی و آب می‌شود که به تبع آن میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در تاریخ‌های کاشت افزایش یافته و این امر به کاهش آثار منفی تنش‌های محیطی، افزایش فتوسنتز منجر و با تولید فراورده‌ی بیشتر موجب بهبود رشد ریشه، برگ، اندام هوایی و تعداد غده و در نهایت عملکرد بیولوژیک می‌شود. اثرات مثبت قارچ‌های میکوریزا در افزایش ماده خشک گیاه به ویژه در شرایط کم آبیاری و در نواحی خشک توسط ناهر و همکاران (۲۰۲۰) به اثبات رسیده است. هارو و همکاران (۲۰۲۰) طی آزمایشی بر روی لوبیا چشم بلبلی مشاهده کردند که کاربرد میکوریزا سبب افزایش ۳۹۶ درصدی زیتوده اندام‌های هوایی و ۳۲۵ درصدی زیتوده کل گردید.

جدول ۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ میکوریزا و تاریخ کاشت بر وزن بلال و بوته

وزن بلال و بوته (kg.m^{-2})	تاریخ کاشت	قارچ میکوریزا
۵/۰۲۳ ^a	۶ تیرماه	<i>Rhizophagus intraradices</i>
۴/۰۴۲ ^{aba}	۱۶ تیرماه	
۴/۰۶۲ ^{ab}	۲۶ تیرماه	
۳/۷۰۸ ^{bcd}	۶ تیرماه	<i>Funneliformis mossea</i>
۳/۳۳۷ ^{cde}	۱۶ تیرماه	
۳/۳۶۳ ^{cde}	۲۶ تیرماه	
۳/۳۴۳ ^{cde}	۶ تیرماه	<i>Rhizophagus intraradices</i> + <i>Funneliformis mossea</i>
۲/۷۷ ^{de}	۱۶ تیرماه	
۳/۹۰۲ ^{abcd}	۲۶ تیرماه	
۳/۴۲۲ ^{bcde}	۶ تیرماه	شاهد
۳/۰۷۵ ^{cde}	۱۶ تیرماه	
۲/۳۱۵ ^e	۲۶ تیرماه	

میانگین‌ها با آزمون LSD و در سطح احتمال ۵٪ آزمون شده اند. حروف مشابه نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد که در تاریخ کاشت ۶ تیرماه بیشترین شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک حاصل شد و تاریخ کاشت ۲۶ تیر کمترین مقدار این شاخص‌ها را داشت. بیشترین مقادیر شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول به تیمار *Rhizophagus intraradices* مربوط بود. برهمکنش قارچ میکوریزا و تاریخ کاشت سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک بلال، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در بلال گردید. اثرات قارچ میکوریزا و تاریخ کاشت بر وزن خشک بلال، وزن خشک بوته و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. تاریخ کاشت ۶

تیرماه منجر به افزایش وزن خشک بلال و وزن خشک بوته شد. در کل نتایج نشان داد که تاریخ کاشت ششم تیرماه و قارچ *Rhizophagus intraradices* از لحاظ شاخص‌های رشد و عملکرد بیولوژیک ذرت از برتری برخوردار بود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه کردستان و مدیریت محترم مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان جهت همکاری در بخش‌های مختلف انجام پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Anonymous 2021. Iran's Agricultural Ministry. Annual statistics of agricultural production. available at: www.maj.ir
- Adavi Z and Baghbani-Arani A. 2020. Effect of planting date, cultivar and mycorrhizal fungus on growth traits and activity of anti-oxidant enzymes in potato. *Plant Production Technology*, 12(1): 177-192. (In Persian).
- Adediran JA, Taiwo LB, Akande MO, Sobulo RA and Idowu OJ. 2009. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 1163- 1181.

- Amirabadi M, Rajali F, Ardakani MR and Borji M. 2009. The effect of inoculation of azotobacter and mycorrhizal fungus on the intake of some mineral ingredients by forage corn (single crosser model 704) at different levels of phosphorus. *Soil Research (Water and Soil Science)*, 23: 107-115. (In Persian).
- Augé, R.M. (2001) Water Relations, Drought and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Mycorrhiza*, 11: 3-42.
- Azcon R and Atrach EF. 2012. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N₂ fixation in *Medicago sativa* at four salinity levels. *Biology and Fertility of Soils*, 24: 81-86.
- Azcon-Aguilar J and Barea M. 2012. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae*, 68 (1-4): 1-24.
- Bagheri F and Balouchi HR. 2013. The effect of planting date on some quantitative and qualitative traits of nine grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars in Yasouj region. *Journal of Crop Production and Processing*, 3 (9): 29-43
- Cardoso M and Kuyper TW. 2006. Mycorrhizal and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 116: 72-84.
- Chokan R. 2011. An evaluation of heat unit requirement in maize hybrids with different maturity groups in temperate region of Fars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13(2): 253-268. (In Farsi).
- Daughtry CST, Gallo KP and Bauer ME. 1983. Spectral estimates of solar radiation intercepted by corn canopies. *Agronomy Journal*, 75:527-531.
- Davidson HR and Campbell CA. 1984. Growth rates, harvest index and moisture use of manitu spring wheats influenced by nitrogen temperature and moisture. *Canadian Journal Plant Sciences*, 64:825-839.
- Frey T, Coors J, Shaver R, Lauer J, Eilert D and Flannery P. 2004 Selection for silage quality in the Wisconsin quality synthetic and related maize populations. *Crop Science*, 44: 1200-1208.
- Handter RB 1980. Increased leaf area (source) and yield of maize in short season areas. *Crop Science*, 20:571-574.
- Haro H, Semdé K, Bahadio K and Ganaba S. 2020. Mycorrhizal Inoculation Effect on the Forage Cowpea Biomass Production in Burkina Faso. *American Journal of Plant Sciences*, 11: 1714-1722.
- Hashemi-Dezfouli A and Herbert S. 1992. Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agronomy Journal*, 84: 547-551.
- Javadi H, Rashed Mohasel MH, Zamani GR, Azari Nasr Abadi E and Musavi GR. 2010. Effect of plant density on growth indices in four grain sorghum cultivars. *Iranian Journal Field Crops Research*, 4: 265-253. (In Persian).
- Kapoor R, Chaudhary V and Bhatnagar AK. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycorrhiza*, 17:581-587.
- Karimi MM and Siddique HM. 1991. Crop growth and relative growth rates of old modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42: 783-788.
- Kochaki A, Jahan M and Nassiri Mahallti M. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizafungi and free-living nitrogen-fixing bacteria on growth characteristic of corn (*Zea mays* L.) under organic and conventional cropping systems. 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR), June, Modona, Italia.
- Laegreid M, Bockman OC and Kaarstad EO. 1999. *Agriculture, Fertilizer and, Environment*. CABI publishing, Porsgrunn, Norway, 294 pp.
- Li T and Zhiwei Z. 2015. Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. *Applied Soil Ecology*, 29: 135-141.

- Lowry CJ and Smith RG. 2018. Weed control through crop plant manipulations. In: Non-Chemical Weed Control. Jabran K and Chauhan BS, Eds. Elsevier Science, Amsterdam, the Netherlands, pp: 73–96.
- Maniei A. 1991. Investigation of the effect of planting date on growth and yield characteristics of six grain maize cultivars. Master Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Mukerji KG and Chamola BP. 2010. Compendium of mycorrhizal research. A. P. H. Publisher. New Delhi. , p. 310.
- Nahher UA, Othman R and Panhwar QA. 2013. Beneficial of mycorrhzal association for crop production in the tropics (a reviw). International Journal of Agriculture and Biology, 15(5): 1021-1028.
- Oktem AA, Oktem E and Coskun K. 2004. Determination of sowing dates of sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata* sturt.) under saline condition. Turkish Journal of Agriculture, 28: 83-91.
- OuzuniDouji AA, Esfahani M, Samizadeh Lahiji HA and Rabiei M. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation useefficiency of apetalous flowers and petalled flowers rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Science, 9: 400–328.
- Rouf ST, Prasad K, Kumar P. Maize-A. 2016. Potential source of human nutrition and health: a review. Cogent Food and Agriculture, 2:1166995.
- Rashid M, Khalil S, Ayub N, Alam S and Latif F. 2004 Organic acids production and phosphate solubilizing by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under invitro conditions. rhizosphere from *Zygophyllum atriplicoides*, *Haloxylon ammodendron*, *Ephedra gerardiana* in Semnan Province, Iran, M.Sc. Thesis of Plant Pathology, Azad University Branch of Damghan, p 148. (In Persian).
- Sarmadnia GH and Kouchaki AR. 1989. Crop Physiology. University Jihad Publications of Ferdowsi University of Mashhad, page 250.
- Sharma AK. 2002. A Handbook of Organic Farming. Oscar Publications, Delhi, India.
- Sharma AK. 2015. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India, 407 pages.
- Shenoy VV and Kalagudi GM. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. Biotechnology Advances, 23: 501-513.
- Shoa Hosseini M, Golbashy M, Farsi M, Khavari Khorasani S and Ashofte Beiragi M. 2010. Evaluation of correlation between yield and its dependent trait in single cross corn hybrids under drought stress. Abstract Book of 1st Regional Conference on Tropical Crops.
- Siadat SA and Shayegan A. 2014. Investigation of grain yield and some agronomic traits of summer corn cultivars at different planting date in Khuzestan. Iranian Journal of Agricultural Science, 17: 75-91. (In Persian).