

## بررسی برهمکنش مدیریت خاک وورزی، اسید سالیسیلیک و قارچ‌ریشه بر تنفس خاک و برخی ویژگی‌های رشدی ذرت

عفیفه نیسی<sup>۱</sup>، مهدیه پارسائیان<sup>۲\*</sup>، احمد غلامی<sup>۳</sup>، مهدی برادران فیروزآبادی<sup>۳</sup> و حمید عباسدخت<sup>۳</sup>  
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۱)

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف عملیات خاک‌ورزی، پیش‌تیمار (پرایمینگ) بذر و قارچ قارچ‌ریشه (میکوریزا) بر میزان عملکرد، اجزای عملکرد و برخی از صفات رشدی گیاه ذرت، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. عامل‌های مورد بررسی در این آزمایش شامل سه سطح خاک‌ورزی به صورت، ۱) خاک‌ورزی رایج (گاواهن برگردان دار، دیسک و فاروئر)، ۲) کاهش یافته (دیسک و فاروئر)، ۳) حداقل (فاروئر)، به عنوان عامل اصلی و ترکیب سطوح پیش‌تیمار بذر (با و بدون پیش‌تیمار بذر) با اسید سالیسیلیک ۰/۱ (نرمال) و سطوح قارچ‌ریشه (تلقیح و نبود تلقیح) به عنوان عامل فرعی بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر متقابل سه‌گانه خاک‌ورزی، پیش‌تیمار بذر و همزیستی قارچ بر صفات عملکرد زیست‌توده (بیوماس) و عملکرد دانه بود. وزن ظاهری خاک در سطوح مختلف خاک‌ورزی معنی‌دار شد. اثر متقابل خاک‌ورزی و همزیستی قارچ نیز بر صفات تنفس خاک، درصد پرگنه‌زایی (کلونیزاسیون) و وزن صدداانه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج × پیش‌تیمار بذر × همزیستی قارچ به افزایش معنی‌دار صفات عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه منجر شد. ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج × همزیستی قارچ نیز سبب افزایش معنی‌دار تنفس خاک و وزن صدداانه شد. همچنین تیمار خاک‌ورزی رایج باعث افزایش معنی‌دار وزن ظاهری خاک شد.

واژه‌های کلیدی: تنفس زیست‌توده، ذرت، فسفر خاک، قارچ‌ریشه آرباسکولار.

## The effect of tillage management, salicylic acid and mycorrhizal fungi on soil respiration, and some growth characteristics of maize

Afifeh Nisi<sup>1</sup>, Mahdieh Parsaeian<sup>2\*</sup>, Ahmad Gholami<sup>3</sup>, Mehdi Baradaran Firooz-Abadi<sup>3</sup> and Hamid Abbasdokht<sup>3</sup>  
1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Shahrood, Iran  
(Received: Feb. 20, 2017 - Accepted: Jun. 11, 2017)

### ABSTRACT

The experiment was conducted to study the effect of different tillage operations, seed priming and application of mycorrhizal fungi on yield, yield components and some growth characters of corn. For this purpose, a split plot factorial in a randomized complete block design was used with three replications in research farm of Shahrood University of Technology, in 2014. Three levels of tillage, conventional tillage (moldboard, disk and furrower), reduce tillage (disc and furrower) minimum tillage (furrower) as a considered main factor. The combination of pretreatment levels (salicylic acid spraying in 0.1 normal concentration and non-spraying) and levels of mycorrhiza (inoculated and non-inoculated) were treated as subplot factors. Analysis of variance showed a significant triple interaction effect of whole treatments on biological and seed yield. Soil bulk density was significantly affected by different levels of tillage. The interaction effects of tillage and fungal symbiosis was significant for soil respiration, the percentage of colonization and 100 seed weight. The results of mean comparison showed that both biological and seed yield was significantly increased in treatment combining of conventional tillage, seed pretreatment and fungal symbiosis. Moreover, the interaction of conventional tillage and fungal symbiosis caused a significant increase in soil respiration and seed weight. Soil bulk density was also significantly increased by conventional tillage.

**Keywords:** Arbuscular mycorrhiza, biological respiration, maize, soil phosphorus.

\* Corresponding author E-mail: mahparsa\_cb@yahoo.com

### مقدمه

امروزه انسان با دخالت‌های غیرممتعارف خود مانند کاربرد بی‌رویه سموم و کودهای شیمیایی و یا استفاده بیش‌ازحد از ادوات کشاورزی آسیب‌های شدیدی را به نظام‌های زراعی تحمیل کرده است. به‌طوری‌که موجب تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش حاصل‌خیزی خاک‌ها شده است (Sharma, 2002).

کشاورزی پایدار بر پایه حذف یا کاهش کاربرد نهاده‌های شیمیایی و به‌جای آن کاربرد کودهای زیستی استوار است. از جمله کودهای زیستی قارچ‌های قارچ‌ریشه‌ای (میکوریزا) هستند. رابطه همزیستی بین قارچ قارچ‌ریشه آرباسکولار و ریشه گیاه میزبان به میزان قابل توجهی رشد و جذب مواد غذایی گیاه را افزایش می‌دهد. این قارچ‌ها از راه‌های مختلف بر بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی محصولات زراعی مؤثرند. قارچ‌های قارچ‌ریشه با داشتن شبکه گسترده ریشه (هیف) باعث افزایش سرعت جذب آب و عنصرهای غذایی به‌ویژه فسفر، روی، مس و نیتروژن (Clark & Zeto, 2000) و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده (Buscot, 2005; Smith & Read, 2008) می‌شوند. ریشه‌های قارچ می‌توانند تا فاصله چند سانتی‌متری از سطح ریشه گسترش‌یافته و به‌این‌ترتیب جذب عنصرهای غذایی را تا منطقه بیرونی ریشه امکان‌پذیر می‌کنند (Khold e Barin & Eslamzadeh, 2001). در هنگام توسعه قارچ‌ها، یک شبکه منشعب‌شده از ریشه‌های قارچی درون خاک و فراریشه گیاه تشکیل می‌شود (Cavagnaro et al., 2009; Wilson et al., 2006) شبکه گسترده ریشه‌ها و ترشح گلومالین در کمک به پایداری خاکدانه نقش مهمی دارند (Caravaca et al., 2006; Bedini et al., 2009).

مدیریت درست در بهره‌وری و حفظ پایداری خاک اهمیت ویژه‌ای دارد. امروزه روش‌های خاک‌ورزی به سمت کاهش چشمگیر در عمق شخم و شمار عملیات جهت‌گیری کرده است. هدف از اجرای خاک‌ورزی بهبود جوانه‌زنی، توسعه شبکه ریشه‌ای، افزایش

عملکرد و حذف علف‌های هرز است. متأسفانه خاک‌ورزی در درازمدت، اغلب سبب فشردگی و ایجاد لایه سخت در اعماق خاک می‌شود (El Titi, 2010). از مهم‌ترین سامانه‌های خاک‌ورزی می‌توان به خاک‌ورزی رایج، حفاظتی و کمینه اشاره کرد (El Titi, 2010). کاربرد این نظام‌ها تأثیر مثبت و منفی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی داشته است. Hussain et al., (1999) با بررسی تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بر عملکرد گندم اظهار کردند، عملکرد بیشتر دانه در سال اول در خاک‌ورزی مرسوم به دلیل تماس بهتر بذر با خاک و جوانه‌زنی بهتر آن‌ها بوده است. اما در سال‌های بعد بهبود عملکرد دانه در روش خاک‌ورزی حفاظتی دیده شد که دلیل آن فشردگی و تراکم کمتر خاک و تأثیر آن بر جوانه‌زنی مطلوب بذرها بیان شد. در بررسی ۴ ساله که توسط Halvorson et al. (2006) انجام شد، نشان داده شد، عملکرد دانه ذرت در خاک‌ورزی متداول، شامل گاوآهن برگردان دار، بیشتر از تیمار بدون خاک‌ورزی بود. می‌توان این‌گونه بیان داشت که شرایط مزرعه مانند میزان ماده آلی موجود در خاک در بروز واکنش‌های متفاوت به روش‌های خاک‌ورزی مؤثر بوده است.

پیش‌تیمار بذر از جمله مهم‌ترین روش‌های افزایش‌دهنده توان و سرعت جوانه‌زنی بذر است که می‌تواند به افزایش قابلیت رقابت گیاه زراعی با علف‌های هرز منجر شود (Abbasdokht et al., 2012a). پیش‌تیمار به روش‌های مختلف بهبوددهنده بذرها اطلاق می‌شود که در همه آن‌ها آبدهی کنترل‌شده بذر اعمال می‌شود (Duman, 2006). خیس کردن بذر در آب، محلول نمک غیرآلی، محلول‌های آلی مختلف اسمزی، تیمار بذرها در دماهای بالا و پایین، مرطوب کردن با استفاده از ترکیبات زیستی (بیولوژیک) و تیمار با ماده جامد نم‌گیر (ماتریکی) به‌عنوان روش‌های مهم پیش‌تیمار بذر شناخته شده‌اند. هدف کلی پیش‌تیمار بذر، آبنوشی جزئی بذر است به‌طوری‌که بذرها مرحله اول (جذب فیزیکی آب) و دوم (آغاز فرآیندهای بیوشیمیایی و آبکافت یا هیدرولیز قندها) جوانه‌زنی را

در بهار و پاییز رخ می‌دهد. بر پایه داده‌های ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود، میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سلسیوس گزارش شده است. پیش از انجام عملیات آماده‌سازی و اجرای نقشه آزمایش به‌منظور تعیین بافت خاک و عنصرهای غذایی موجود در آن از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک در ده نقطه از خاک محل آزمایش نمونه‌برداری به روش مشبک صورت گرفت. پس از آن نمونه‌ها گردآوری و مخلوط شدند. درنهایت یک نمونه ۱ کیلوگرمی از خاک که در برگیرنده کل نمونه‌ها بود برای ارزیابی ویژگی‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

این بررسی به‌صورت آزمایش کرت‌های خردشده (اسپلیت‌پلات) فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل‌های مورد بررسی شامل سه سطح خاک‌ورزی به‌صورت خاک‌ورزی رایج (گاواهن برگردان دار، دیسک و فارو)، خاک‌ورزی کاهش‌یافته (دیسک و فارو) و خاک‌ورزی حداقل (چیزل و فارو) به‌عنوان عامل اصلی و پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و بدون پیش‌تیمار بذر، تلقیح و بدون تلقیح با قارچ قارچ‌ریشه گونه *Glomus mosseae* به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند هر کرت اصلی از چهار کرت فرعی با مساحت ۷۲ مترمربع بود و مساحت کلی هر تکرار برابر با ۲۵۰ مترمربع بود و هر تکرار از دوازده کرت (۴×۴/۵ متر) ۱۸ مترمربعی و هر کرت از پنج ردیف کاشت به فاصله ۶۵ سانتی‌متر از یکدیگر و طول ۴ متر تشکیل شد. فاصله دو بوته روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر و عمق کاشت بذرها ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مرز بین هر کرت با یک پشته نکاشت مشخص شد. محل آزمایش در دو سال پیش از کشت آیش بوده و پیش از کشت در نیمه اول اسفندماه آبیاری صورت گرفت. عملیات تهیه بستر بذر با توجه به نقشه کاشت اجرا شد که در آن برای اعمال تیمارهای خاک‌ورزی در آغاز کرت‌های خاک‌ورزی در هر تکرار با گچ مشخص شدند. برای خاک‌ورزی رایج در آغاز از گاواهن برگردان دار و پس‌از آن از دیسک، برای خاک‌ورزی

پشت سر گذاشته ولی از ورود به مرحله سوم جوانه‌زنی (مصرف قند توسط جنین و رشد ریشه) باز می‌ماند. سالیسیلیک اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید ترکیبی از گروه مواد فنلی است. این ترکیب در بیشتر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی درون گیاه دخالت دارد و به‌عنوان تنظیم‌کننده گیاهی از آن نام برده می‌شود. تیمار با اسید سالیسیلیک سامانه حفاظتی پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) گیاه را افزایش داده و به‌این ترتیب باعث القاء تحمل به تنش می‌شود. اسید سالیسیلیک با تأثیر بر هورمون آبسزیک اسید و اتیلن بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاه را تنظیم می‌کند (Senaranta et al., 2002). از جمله با تأثیر روی آبسزیک اسید و تجمع این هورمون در گیاه باعث سازگاری نسبت به تنش‌های محیطی می‌شود (Hayat et al., 2010). اسید سالیسیلیک گسترش، تقسیم و مرگ یاخته‌ای را تنظیم کرده و در واقع بین رشد و پیری تعادل ایجاد می‌کند (Popova et al., 2009). Hayat et al. (2005) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، میزان رنگیزه و سبزینه (کلروفیل) در گیاهچه‌های گندم حاصل از بذرهای تیمار شده با غلظت‌های پایین اسید سالیسیلیک افزایش یافت. Fariduddin et al. (2003) نیز در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، در کلزا با محلول‌پاشی غلظت‌های پایین‌تر اسید سالیسیلیک، به‌طور قابل توجهی تجمع ماده خشک افزایش یافت. این پژوهش با هدف بررسی جنبه‌های مختلف تأثیر سه عامل سطوح مختلف خاک‌ورزی، همزیستی قارچ قارچ‌ریشه و پیش‌تیمار بذرها با اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های رشدی گیاه ذرت صورت گرفت.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در بسطام با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه و ارتفاع ۱۳۴۹ متر از سطح دریا به اجرا در آمد. بسطام اقلیم سرد و خشک و میزان بارندگی سالانه بین ۱۵۰ الی ۱۶۰ میلی‌متر دارد که این بارندگی‌ها به‌طور عمده

با تقسیم جرم خاک خشک روی حجم کل خاک صورت پذیرفت. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم افزار LSD و MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون انجام شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### عملکرد زیست توده

بنابر نتایج تجزیه واریانس، عملکرد زیست توده (بیوماس) تحت تأثیر برهمکنش سطوح مختلف خاک‌ورزی × همزیستی قارچ قارچ‌ریشه قرار نگرفت (جدول ۲). تیمار خاک‌ورزی رایج در هر دو شرایط پیش تیمار و بدون پیش تیمار با اسید سالیسیلیک با عملکرد زیست توده ۲۵/۴۲ و ۲۳/۳۸ تن در هکتار بیشترین میزان عملکرد زیست توده را تولید کرد (جدول ۳). در بررسی سطوح مختلف اثر متقابل پیش تیمار بذر × همزیستی قارچ قارچ‌ریشه مشخص شد که ترکیب تیماری پیش تیمار بذر × تلقیح قارچ قارچ‌ریشه با ۲۳/۱۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد زیست توده را در پی داشت در حالی که پیش تیمار و عدم پیش تیمار بذر هر دو در شرایط بدون کاربرد قارچ قارچ‌ریشه کمترین میزان عملکرد زیست توده را نشان دادند (شکل ۱). با عنایت به معنی دار شدن اثر متقابل سطوح مختلف خاک‌ورزی × پیش تیمار بذر × همزیستی قارچ قارچ‌ریشه، بیشترین مقادیر عملکرد زیست توده ذرت در تیمار خاک‌ورزی رایج و کاربرد قارچ قارچ‌ریشه در شرایط پیش تیمار با اسید سالیسیلیک با وزن ۲۸/۷۲ تن در هکتار به دست آمد. در حالی که کمترین میزان این صفت در شرایط خاک‌ورزی کمینه و بدون کاربرد قارچ در حالت پیش تیمار و بدون پیش تیمار با اسید سالیسیلیک با میانگین ۹/۹۵ تن در هکتار به دست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که همزیستی قارچ‌ریشه در افزایش سطح جذب ریشه‌ها از راه نفوذ میسیلیوم قارچ در خاک و در نتیجه دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک و انتقال آب و مواد غذایی به اندام‌های هوایی و بهبود رشد و نمو گیاه مؤثر است.

متوسط از یک بار دیسک و برای خاک‌ورزی کمینه از گاوآهن قلمی استفاده شد. پس از اعمال تیمارهای بالا با استفاده از فاروئر کل سطح محل آزمایش به صورت جوی و پشته در آمد تا آماده عملیات کاشت شود. در نهایت توسط نهرکن، جوی آبیاری و زهکشی ایجاد شد. در این آزمایش بذرهای ذرت به مدت سه ساعت در محلول ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و در دمای اتاق غوطه‌ور شدند، به صورتی که سطح آب ۲ سانتی متر بالای بذرها بود. پس از خارج کردن بذرها از محلول اسید سالیسیلیک برای اینکه بذرها به میزان رطوبت اولیه برسند به مدت ۲۴ ساعت در سایه قرار داده شدند (Abbasdolht *et al.*, 2012b). گونه قارچ قارچ‌ریشه مورد استفاده در این تحقیق *Glomus mosseae* بود. پیش از کاشت حدود ۱۰ گرم قارچ در حفره کاشت بذرها در عمق ۵ سانتی متری قرار داده شد. هر گرم از مایه تلقیح قارچ شامل حدود ۱۵ اسپور بود. که روی آن میزانی خاک ریخته شد و در عمق ۲ سانتی متری بذرها گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ با فاصله ۲۰ سانتی متری از هم و در هر نقطه سه بذر کاشته شد. کود نیتروژن در مرحله ۸-۶ برگی به صورت سرک و به میزان ۱۵ کیلوگرم به زمین اضافه شد. کاشت در تاریخ ۱۳ خردادماه انجام شد و پس از آن بی درنگ آبیاری سنگینی به صورت نشتی انجام گرفت. آبیاری‌های بعدی در طول فصل رشد به طور منظم هر هشت روز یکبار انجام شد. محاسبه عملکرد و اجزای عملکرد روی بوته‌های گزینش شده و قطع شده از ناحیه طوقه گیاه انجام پذیرفت. اندازه گیری میزان درصد پرگنه‌زایی (کلونیزاسیون) با روش اسلاید انجام شد. برای تعیین میزان پرگنه‌زایی، ریشه‌های نمونه برداری شده با آب به طور کامل شسته شد. به منظور رنگ بری، ریشه‌ها در محلول ۱۰ درصد KOH به مدت ۲۴ ساعت و در دمای محیط آزمایشگاه قرار داده شدند. ریشه‌ها به مدت چهار دقیقه در محلول اسید کلریدریک (HCl) ۰/۱ مولار قرار داده شدند. برای رنگ آمیزی ریشه‌ها از محلول تریپان بلو در دمای آزمایشگاه استفاده شد (Philips & Hayman, 1970). تنفس خاک به روش عیارسنجی (تیتراسیون) و در نهایت وزن ظاهری خاک

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Physico-chemical properties of soil

| Soil texture | Sand | Silt (%) | Clay | Total N | Organic C | K available (ppm) | P available | EC (ds.m <sup>-1</sup> ) | pH   |
|--------------|------|----------|------|---------|-----------|-------------------|-------------|--------------------------|------|
| Clay-loam    | 20.1 | 49.2     | 30.7 | 0.105   | 0.59      | 181.4             | 14.4        | 1.34                     | 7.79 |

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر خاک‌ورزی، پیش تیمار (پرایمینگ) و قارچ برای صفات عملکرد زیست‌توده،

عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تنفس خاک، درصد پرگنه‌زایی، وزن صددانه و وزن ظاهری خاک

Table 2. Analysis of variance (Mean Squares) of soil tillage, priming and fungi effects on biological and seed yield, plant height, soil respiration, colonization, hundred seed weight and soil bulk density

| S.O.V           | df | Biological yield     | Seed yield           | Plant height          | Respiration         | Colonization          | 100 seed weight      | Soil bulk density   |
|-----------------|----|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| Block (R)       | 2  | 28.496 <sup>ns</sup> | 21.14 <sup>ns</sup>  | 81.028 <sup>ns</sup>  | 0.001 <sup>ns</sup> | 210.028 <sup>*</sup>  | 1.409 <sup>ns</sup>  | 0.106 <sup>ns</sup> |
| Tillage (A)     | 2  | 432.44 <sup>**</sup> | 1.041 <sup>ns</sup>  | 5022.86 <sup>**</sup> | 0.393 <sup>**</sup> | 600.861 <sup>**</sup> | 308.77 <sup>**</sup> | 5.067 <sup>**</sup> |
| First Error (E) | 4  | 5.854                | 4.346                | 58.153                | 0.006               | 14.528                | 6.285                | 0.086               |
| Seed T. (B)     | 1  | 45.675 <sup>**</sup> | 113.77 <sup>**</sup> | 5801.3 <sup>**</sup>  | 0.004 <sup>ns</sup> | 3344.69 <sup>**</sup> | 2.219 <sup>ns</sup>  | 0.012 <sup>ns</sup> |
| A*B             | 2  | 22.605 <sup>**</sup> | 8.524 <sup>**</sup>  | 1346.6 <sup>**</sup>  | 0.009 <sup>ns</sup> | 1.694 <sup>ns</sup>   | 1.73 <sup>ns</sup>   | 0.06 <sup>ns</sup>  |
| Fungi (c)       | 1  | 333.85 <sup>**</sup> | 48.814 <sup>**</sup> | 110.25 <sup>ns</sup>  | 0.481 <sup>**</sup> | 1100.02 <sup>**</sup> | 209.52 <sup>**</sup> | 0.014 <sup>ns</sup> |
| A*C             | 2  | 0.110 <sup>ns</sup>  | 6.581 <sup>*</sup>   | 105.25 <sup>ns</sup>  | 0.08 <sup>**</sup>  | 143.361 <sup>*</sup>  | 8.772 <sup>*</sup>   | 0.120 <sup>ns</sup> |
| B*C             | 1  | 39.795 <sup>**</sup> | 0.260 <sup>ns</sup>  | 1.361 <sup>ns</sup>   | 0.00 <sup>ns</sup>  | 90.250 <sup>ns</sup>  | 2.941 <sup>ns</sup>  | 0.011 <sup>ns</sup> |
| A*B*C           | 2  | 26.763 <sup>**</sup> | 4.6 <sup>ns</sup>    | 238.19 <sup>ns</sup>  | 0.04 <sup>ns</sup>  | 61.75 <sup>ns</sup>   | 0.602 <sup>ns</sup>  | 0.037 <sup>ns</sup> |
| Second E. (E)   | 18 | 3.091                | 1.202                | 119.44                | 1.652               | 35.065                | 1.665                | 0.044               |
| c.v. (%)        |    | 9.79                 | 15.76                | 6.01                  | 15.76               | 9.45                  | 4.92                 | 9.87                |

ns و \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و نبود معنی‌داری هستند

\*, \*\*, ns: Significantly different at 5 and 1% at probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۳. مقایسه اثر متقابل خاک‌ورزی و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر میانگین عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه و

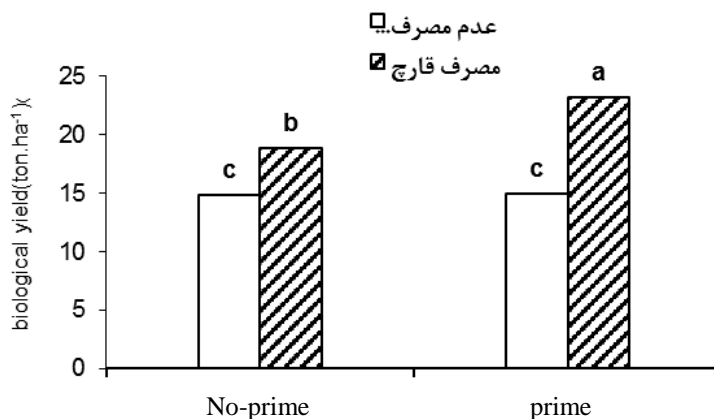
ارتفاع بوته در ذرت

Table 3. Comparisons of tillage and seed priming with salicylic acid interaction on biological yield, seed yield and plant height of maize

| Tillage      | Seed treatment | Biological yield (ton.ha <sup>-1</sup> ) | Seed yield (ton.ha <sup>-1</sup> ) | Plant height (cm)  |
|--------------|----------------|--|------------------------------------|--------------------|
| Conventional | -traet.        | 24.38 <sup>a</sup>                       | 5.28 <sup>c</sup>                  | 184 <sup>b</sup>   |
|              | +traet.        | 25.42 <sup>a</sup>                       | 8.83 <sup>a</sup>                  | 214.3 <sup>a</sup> |
| Reduce       | -traet.        | 14.44 <sup>c</sup>                       | 5.9 <sup>c</sup>                   | 165.2 <sup>c</sup> |
|              | +traet.        | 19.53 <sup>b</sup>                       | 7.51 <sup>b</sup>                  | 208.8 <sup>a</sup> |
| Minimum      | -traet.        | 12.7 <sup>c</sup>                        | 5.84 <sup>c</sup>                  | 158.2 <sup>c</sup> |
|              | +traet.        | 12.32 <sup>c</sup>                       | 7.4 <sup>b</sup>                   | 160.3 <sup>c</sup> |

حرف‌های مشترک در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بر پایه آزمون LSD است.

The same letter at each column show that there was no significant difference based on LSD test.



شکل ۱. مقایسه برهمکنش پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ قارچ‌ریشه برای میانگین عملکرد زیست‌توده

Figure 1. Comparison of the interactions of seed pre-treatment with salicylic acid and mycorrhizal fungi for biomass yield

میزان ۴۰/۲۰ درصد نسبت به بدون پیش‌تیمار افزایش داشت. Shekari *et al.* (2010) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند، پیش‌تیمار بذرها به استقرار سریع و مطلوب گیاه و استفاده بیشتر آن‌ها از عنصرهای غذایی، رطوبت خاک و تشعشع خورشیدی کمک خواهد کرد. در بررسی برهمکنش سطوح مختلف خاک‌ورزی و همزیستی قارچ قارچ‌ریشه، بالاترین میزان عملکرد دانه تحت تأثیر خاک‌ورزی رایج و مصرف قارچ به میزان ۸/۲۶ تن در هکتار به دست آمد درحالی‌که همه سطوح خاک‌ورزی در شرایط نبود تلقیح قارچ کمترین مقادیر عملکرد دانه را تولید کردند (جدول ۴). در همین زمینه، مقایسه برهمکنش سه‌جانبه سطوح مختلف خاک‌ورزی، پیش‌تیمار بذرها و همزیستی قارچ قارچ‌ریشه نشان داد، بیشترین میزان میانگین عملکرد دانه به‌دست‌آمده از اعمال سه تیمار یادشده با میزان ۱۰/۸۳ تن در هکتار، به ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج، پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک و کاربرد قارچ قارچ‌ریشه تعلق داشت که افزایش ۵۹ درصدی را در عملکرد دانه نسبت به کمترین میزان این صفت (۴/۴۱ تن در هکتار) در نتیجه کاربرد خاک‌ورزی کمینه و اعمال نکردن دو تیمار کاربرد قارچ و پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک نشان داد (جدول ۵).

Hussain *et al.* (1999) با بررسی تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بر عملکرد گندم اظهار کردند که در سال اول عملکرد بیشتر دانه در خاک‌ورزی مرسوم به دلیل تماس بهتر بذر با خاک و جوانه‌زنی بهتر آن‌ها بوده است. اما در سال‌های بعد بهبود عملکرد دانه در روش خاک‌ورزی حفاظتی دیده شد که دلیل آن فشردگی و تراکم کمتر خاک و تأثیر آن بر جوانه‌زنی مطلوب بذرها بیان شد. اگرچه طی بررسی دیگری، عملکرد گیاهان جو و یولاف به‌دست‌آمده در روش مرسوم بیشتر از روش حفاظتی بود، اما میانگین کاهش عملکرد در نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی اندک بود که از نظر اقتصادی قابل پذیرش است (Riley *et al.*, 2005). Marwat *et al.* (2006) نیز در نتایج بررسی‌های خود افزایش معنی‌دار و قابل توجه عملکرد دانه را در شخم رایج نسبت به نظام بدون خاک‌ورزی گزارش کردند و اظهار داشتند،

در بررسی که روی گیاه نعنا (*Menthe piperita*) انجام گرفت، مشخص شد که تلقیح این گیاه با قارچ قارچ‌ریشه، عملکرد زیست‌توده و درصد همزیستی ریشه را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. Gupta *et al.* (2002) و Barbosa *et al.* (1986) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، خاک‌ورزی عمیق به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد گیاه سویا می‌شود. آنان افزایش ۲۰-۲۴ درصدی در عملکرد سویا با خاک‌ورزی عمیق را به دلیل نفوذ عمیق‌تر ریشه برای دستیابی بیشتر رطوبت و مواد غذایی خاک به‌ویژه در دوره خشک شانزده روز پس از جوانه‌زنی دانستند. نتایج یک تحقیق پنج‌ساله در منطقه گچساران که روی گیاه گندم انجام گرفت مشخص کرد، استفاده از تیمار شخم رایج (گاواهن برگردان دار) بیشترین تأثیر روی عملکرد زیست‌توده این گیاه را داشت (Rahimzadeh, 2004).

#### عملکرد دانه

عملکرد دانه از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی در گیاهان دانه‌ای به شمار می‌آید. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) بیانگر معنی‌داری اثر متقابل سه‌گانه سطوح مختلف خاک‌ورزی × پیش‌تیمار بذر × همزیستی قارچ قارچ‌ریشه در سطح احتمال ۱ درصد ( $p \leq 0.01$ ) و کاربرد همزمان سطوح مختلف خاک‌ورزی × همزیستی قارچ قارچ‌ریشه همچنین اثر متقابل سطوح مختلف خاک‌ورزی × پیش‌تیمار بذر در سطح احتمال ۵ درصد ( $p \leq 0.05$ ) بر عملکرد دانه بود. در بررسی میانگین عملکرد دانه ناشی از کاربرد همزمان سطوح مختلف خاک‌ورزی و پیش‌تیمار بذر، مشخص شد که بالاترین میزان این صفت مربوط به ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج و پیش‌تیمار بذر به میزان ۸/۸۳ تن در هکتار و کمترین آن تحت ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج و بدون پیش‌تیمار به میزان ۵/۲۸ تن در هکتار بود که با بدون پیش‌تیمار در هر دو شرایط خاک‌ورزی متوسط و کمینه نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). عملکرد دانه در تیمار خاک‌ورزی رایج در صورت کاربرد پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک به

بدون پیش تیمار بذر اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۳).

به نظر می‌رسد، پیش تیمار بذر ذرت به دلیل استقرار بهتر و سریع تر گیاهچه باعث رشد مناسب گیاه و در نتیجه افزایش ارتفاع بوته می‌شود. نتایج تحقیقات Ojha *et al.* (2008) مشخص کرد که قارچ‌های قارچ‌ریشه آرباسکولار سبب افزایش ارتفاع بوته گندم می‌شوند. همچنین این قارچ‌ها از راه جذب آب و عنصرهای غذایی سبب افزایش نورساخت شده و این امر موجب تولید آسمیلات بیشتر و بهبود رشد گیاه شده و در نتیجه ارتفاع بوته در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده افزایش می‌یابد. بنابر اظهار Shakirova *et al.* (2003) در بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر ارتفاع بوته گندم در شرایط گلخانه و صحرا، بیشترین ارتفاع بوته در شرایط پیش تیمار بذرها با آب و نیز پیش تیمار بذرها با آب به همراه محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مرحله گرده افشانی به دست آمد.

#### تنفس خاک

بنابر نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۲)، برهمکنش سطوح مختلف خاک‌ورزی × قارچ قارچ‌ریشه تأثیر معنی داری ( $p \leq 0.01$ ) بر میزان تنفس خاک داشت. بیشترین میزان تنفس خاک در ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج و کاربرد قارچ به میزان  $0.79 \text{ mg CO}_2/\text{g.dm.24}^{-1}$  و کمترین میزان تنفس خاک  $0.183 \text{ mg CO}_2/\text{g.dm.24}^{-1}$  در ترکیب تیماری خاک‌ورزی حداقل و نبود کاربرد قارچ‌ریشه مشاهده شد (جدول ۴).

عملیات رایج شخم باعث کاهش معنی دار آسیب علف‌های هرز می‌شود. در پژوهشی ۴ ساله که توسط Halvorson *et al.* (2006) انجام شد، نشان داده شد، در روش‌های مختلف خاک‌ورزی با کاربرد کود نیتروژن، عملکرد دانه ذرت به طور معنی داری افزایش یافت، به طوری که عملکرد دانه ذرت در خاک‌ورزی رایج، شامل گاواهن برگردان دار، بیشتر از تیمار بدون خاک‌ورزی بود. شرایط مناسب بستر کشت در خاک‌ورزی رایج، استقرار یافتن سریع گیاه با اعمال پیش تیمار اسیدسالیسیلیک و همزیستی قارچ قارچ‌ریشه که باعث تقویت رشد، افزایش سطح جذب گیاه از جمله جذب عنصرهای غذایی و یون‌های مورد نیاز، حفظ منابع نورساخت (فتوسنتز) در طول دوره رشد، دریافت انرژی تابشی و انتقال مواد نورساختی به سمت دانه می‌شود، در مجموع به افزایش عملکرد دانه در گیاه منجر خواهد شد.

#### ارتفاع بوته

در بین تیمارهای مورد بررسی، عامل‌های خاک‌ورزی، پیش تیمار بذر و اثر متقابل این دو عامل تأثیر معنی داری بر ارتفاع بوته نشان دادند (جدول ۲). ارتفاع بوته در شرایط خاک‌ورزی رایج در حالت پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک به میزان  $214/3$  سانتی متر بود که نسبت به همین شرایط در حالت بدون پیش تیمار بذر، به میزان ۱۴ درصد افزایش نشان داد. کمترین مقادیر ارتفاع بوته در شرایط خاک‌ورزی حداقل به همراه کاربرد و به ویژه بدون اسید سالیسیلیک به عنوان پیش تیمار به دست آمد که با کاهش ارتفاع به دست آمده در خاک‌ورزی متوسط و

جدول ۴. مقایسه اثر متقابل خاک‌ورزی و همزیستی قارچ قارچ‌ریشه بر میانگین صفات تنفس خاک، پرگنه‌زایی، عملکرد دانه و

وزن صدانه

Table 4. Comparison of tillage and mycorrhizal fungi interaction on mean of soil respiration, colonization, seed yield and 100 seed weight

| Tillage      | Mycorrhizal fungi | Seed yield (t.ha <sup>-1</sup> ) | Soil respiration (mgCO <sub>2</sub> /gdm.24 <sup>-1</sup> ) | Colonization (%)     | 100 seed weight (g) |
|--------------|-------------------|----------------------------------|---|----------------------|---------------------|
| Conventional | No-myco.          | 5.85 <sup>c</sup>                | 0.38 <sup>c</sup>   | 62.5 <sup>bc</sup>   | 22.27 <sup>c</sup>  |
|              | Myco.             | 8.26 <sup>a</sup>                | 0.79 <sup>a</sup>   | 70.17 <sup>a</sup>   | 32.65 <sup>a</sup>  |
| Reduce       | No-myco.          | 6.47 <sup>bc</sup>               | 0.35 <sup>cd</sup>  | 52.67 <sup>d</sup>   | 24.23 <sup>d</sup>  |
|              | Myco.             | 6.95 <sup>b</sup>                | 0.53 <sup>b</sup>   | 65.83 <sup>b</sup>   | 30.95 <sup>b</sup>  |
| Minimum      | No-myco.          | 7.21 <sup>bc</sup>               | 0.18 <sup>c</sup>   | 56.33 <sup>cd</sup>  | 18.91 <sup>f</sup>  |
|              | Myco.             | 7.02 <sup>b</sup>                | 0.27 <sup>d</sup>   | 59.67 <sup>bcd</sup> | 22.29 <sup>c</sup>  |

حرف‌های مشترک در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی دار بر پایه آزمون LSD است.

The same letter at each column show that there was no significant difference based on LSD test.

حالت همزیستی قارچ قارچ‌ریشه با میزان ۳۲/۶۵ گرم و ترکیب تیماری خاک‌ورزی حداقل در شرایط بدون همزیستی قارچ قارچ‌ریشه با میزان ۱۸/۹۱ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان وزن صدانه را نشان دادند. نظر به اینکه بنا بر اعلام Osonubi (1994)، افزایش عملکرد اندام‌های هوایی با افزایش شاخ و برگ و افزایش عملکرد اندام‌های زمینی با افزایش جذب مواد همراه است، بنابراین تولید مواد نورساختی افزایش یافته و افزایش انتقال این مواد به سمت مخازن (بذرها) موجب افزایش وزن هزارانه در شرایط کاربرد قارچ قارچ‌ریشه می‌شود.

#### وزن مخصوص ظاهری خاک

در بین تیمارهای مورد بررسی تنها سطوح مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) بر وزن مخصوص ظاهری خاک داشتند (جدول ۲). بیشترین میزان وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمار خاک‌ورزی حداقل به میزان ۲/۷۰۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب و کمترین میزان این صفت در تیمار شخم رایج به میزان ۱/۴۲۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب مشاهده شد (شکل ۴). از آنجاکه رابطه وزن مخصوص ظاهری با خلل و فرج خاک، معکوس است، اجرای خاک‌ورزی فشرده با برهم زدن خاک موجب ایجاد تخلل و کاهش وزن ظاهری خاک در مقایسه با خاک‌ورزی‌های متوسط و حداقل شده است. یافته‌های Vyn & Raimbault (2003) نیز مؤید این مطلب بود که اعمال خاک‌ورزی رایج، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک را در مقایسه با نظام بدون خاک‌ورزی به دنبال داشت. اگرچه به‌کارگیری نظام‌های خاک‌ورزی حداقل در بوم نظام‌های زراعی سودمندی‌هایی را برای ویژگی‌های خاک و رشد و عملکرد گیاهان به همراه دارد، با این حال، نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد، اعمال خاک‌ورزی حداقل می‌تواند به علت افزایش وزن مخصوص ظاهری و کاهش محتوای اکسیژن خاک و اختلال در تنفس ریشه‌ها کاهش نسبی عملکرد را به دنبال داشته باشد (Sharralt, 1996). Ellis et al. (1997) نیز در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، وزن مخصوص ظاهری خاک در نظام‌های خاک‌ورزی

به نظر می‌رسد که کاربرد شخم رایج به دلیل بهبود تهویه و تخلخل خاک و کاربرد کودهای زیست‌توده مانند قارچ‌های قارچ‌ریشه با افزایش قابلیت دسترسی عنصرهای غذایی از راه افزایش فعالیت ریزجانداران (میکروارگانسیم‌ها) می‌تواند تنفس خاک را افزایش دهد. Pitorowska et al. (2012) نیز در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، کاربرد کودهای زیست‌توده موجب افزایش تجمع دی‌اکسید کربن در خاک در مقایسه با بدون کاربرد این کودها شد. همچنین تأثیر مثبت استفاده از کودهای زیست‌توده بر بهبود تنفس خاک توسط Dinesh et al. (2010) نیز تأیید شد.

#### درصد پرگنه‌زایی

برهمکنش سطوح مختلف خاک‌ورزی  $\times$  قارچ قارچ‌ریشه درصد پرگنه‌زایی را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). بیشترین میزان درصد پرگنه‌زایی در تیمار خاک‌ورزی رایج همراه با کاربرد قارچ قارچ‌ریشه با ۳۳ درصد افزایش نسبت به کمترین میزان این صفت در شرایط خاک‌ورزی متوسط و بدون کاربرد قارچ به دست آمد. تیمارهای خاک‌ورزی متوسط در حالت بدون کاربرد قارچ قارچ‌ریشه و خاک‌ورزی حداقل در هر دو شرایط کاربرد و بدون کاربرد قارچ قارچ‌ریشه در مجموع کمترین مقادیر درصد پرگنه‌زایی را نشان دادند (جدول ۴). Sasanelli et al. (2009) ۵/۹۴ درصد پرگنه شدن را در ریشه گیاه آویشن باغی تلقیح‌شده با قارچ قارچ‌ریشه *G. mosseae* گزارش کردند. در پژوهشی دیگر روی گیاهان دارویی شوید و زیره، ملاحظه شد که کاربرد دو گونه قارچ قارچ‌ریشه به‌طور قابل توجهی درصد پرگنه‌زایی ریشه و بیوماس گیاهان یادشده را بهبود بخشید (Kapoor et al., 2002).

#### وزن صدانه

وزن صدانه به‌طور معنی‌داری ( $P \leq 0.05$ ) از اثر متقابل سطوح مختلف خاک‌ورزی به همراه همزیستی قارچ قارچ‌ریشه تأثیر پذیرفت (جدول ۲). بنا بر نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج در



دار گزارش شده است. همچنین در پژوهش Barbosa *et al.* (1986) هم مشخص شد که خاک‌ورزی عمیق به‌طور معنی‌داری به کاهش مقاومت خاک و جرم مخصوص ظاهری خاک می‌انجامد.

در مقایسه با شرایط بدون خاک‌ورزی کمتر بوده و بین سطوح مختلف خاک‌ورزی نیز متفاوت است. به‌طوری‌که با کاربرد گاوآهن قلمی، وزن مخصوص ظاهری بیشتری نسبت به استفاده از گاوآهن برگردان

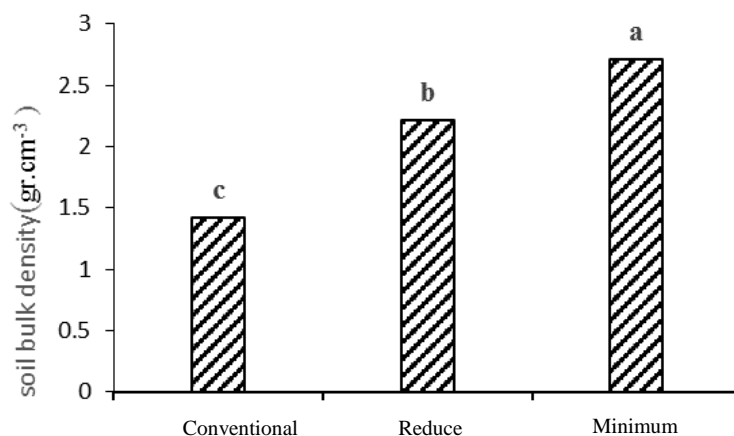
جدول ۵. مقایسه اثر متقابل سه‌جانبه خاک‌ورزی، پیش‌تیمار بذرها و همزیستی قارچ قارچ‌ریشه بر میانگین‌های عملکرد دانه

Table 5. Interaction comparison of tillage, seed pre-treatment and mycorrhizal fungi on seed yield and biomass

| Tillage      | Seed treat. | Mycorrhizal fungi | Seed yield (t.ha <sup>-1</sup> ) | Biological yield (t.ha <sup>-1</sup> ) |
|--------------|-------------|-------------------|----------------------------------|--|
| Conventional | No-prime    | No-myc.           | 4.86 <sup>cf</sup>               | 20.46 <sup>c</sup>                     |
|              |             | Myco.             | 5.7 <sup>def</sup>               | 26.29 <sup>ab</sup>                    |
|              | prime       | No-myc.           | 6.83 <sup>bcd</sup>              | 22.12 <sup>c</sup>                     |
|              |             | Myco.             | 10.83 <sup>a</sup>               | 28.72 <sup>a</sup>                     |
| Reduce       | No-prime    | No-myc.           | 6.01 <sup>cde</sup>              | 14.12 <sup>d</sup>                     |
|              |             | Myco.             | 5.8 <sup>cdef</sup>              | 14.75 <sup>d</sup>                     |
|              | prime       | No-myc.           | 6.93 <sup>bcd</sup>              | 13.66 <sup>d</sup>                     |
|              |             | Myco.             | 8.1b                             | 25.4 <sup>b</sup>                      |
| Minimum      | No-prime    | No-myc.           | 4.41 <sup>f</sup>                | 9.95 <sup>c</sup>                      |
|              |             | Myco.             | 7.36 <sup>bc</sup>               | 15.45 <sup>d</sup>                     |
|              | prime 2     | No-myc.           | 8.01 <sup>b</sup>                | 9.2 <sup>c</sup>                       |
|              |             | Myco.             | 6.78 <sup>bcd</sup>              | 15.44 <sup>d</sup>                     |

حرف‌های مشترک در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بر پایه آزمون LSD است.

The same letter at each column show that there was no significant difference based on LSD test.



شکل ۲. مقایسه سطوح مختلف خاک‌ورزی برای میانگین صفت وزن مخصوص ظاهری خاک

Figure 2. Means comparison of soil bulk density as affected by tillage levels

قارچ قارچ‌ریشه با جذب بیشتر و بهتر فسفر باعث افزایش صفات مورد بررسی شده است. با توجه به نتایج بالا استفاده از خاک‌ورزی رایج، همزیستی قارچ قارچ‌ریشه، همچنین پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک برای افزایش عملکرد و اجزای عملکرد و دیگر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در ذرت توصیه می‌شود.

### نتیجه‌گیری

به‌طورکلی در این پژوهش، استفاده از خاک‌ورزی رایج، همزیستی قارچ قارچ‌ریشه، همچنین پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک باعث افزایش صفاتی مانند عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، ارتفاع بوته، فسفر قابل جذب خاک، درصد پرگنه‌زایی در گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ شد. این‌گونه به نظر می‌رسد که

## REFERENCES

1. Abbasdokht, H., Makarian, H., Ahmadi Sharaf, H., Gholami, A. & Rahimi, M. (2012a). The study of integrated weed management (IWM), emphasizing the effect of seed priming on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). *Weed Research Journal*, 4, 63-76. (in Farsi)
2. Abbasdokht, H. & Edalatpisheh, M. R. (2012b). Effect of seed priming and different levels of urea on yield and yield component of two corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Iranian Journal of Crop Science*, 3, 381-389. (in Farsi)
3. Barbosa, L. R., Diaz, O. & Barber, R. G. (1986). Effects of deep tillage on soil properties, drowth and yield of soya in a compacted Ustochrept in Santa Cruze, Bolivia. *Soil and Tillage Research*, 15(1-2), 51-63.
4. Bedini, S., Pellegrion E., Avio, L., Pellegrini, S., Bazzoffi, P., Argese, E. & Giovannetti, M. (2009). Changes in soil aggregation and glomalinalated soil protein content as affected by the arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. *Soil Biol. Biochem.* 41:1491-1496.
5. Buscot, F. (2005). What are soils?. In: Microorganisms in soils: Roles in genesis and functions. *Soil Biology*. (pp 3-17). Springer-Verlag, Heidelberg.
6. Caravaca, F., Alguacil M. M., Azcon, R. & Rolda, A. (2006). Formation of stable aggregates in rhizosphere soil of *Juniperus oxycedrus*: effect of AM fungi and organic amendments. *Applied Soil Ecology*, 33, 30-38.
7. Cavagnaro, T. R., Jackson, L. E., Six, J., Ferris, H., Goyal, S., Asami, D. & Scow, K. M. (2006). Arbuscular mycorrhizas, microbial communities, nutrient availability and soil aggregates in organic tomato production. *Plant Soil*, 282, 209-225.
8. Clark, R. B. & Zeto, S. K. (2000). Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 867-902.
9. Duman, I. (2006). Effect of seed priming with PE Gand K3PO4 on germination and seedling growth in Lettuce. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 9(5), 923-928.
10. El Titi, A. (2010). Soil Tillage in Agroecosystems. Taylor and Francis, Nature. pp. 384.
11. Fariduddin, Q., Hayat, S. & Ahmad, A. (2003). Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynth*, 41, 281-284.
12. Dinesh, R., Srinivasan, V., Hamza, S. & Manjusha, A. (2010). Short-term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop [Turmeric (*Curcuma longa* L.)]. *Bioresource technology*, 101(12), 4697-4702.
13. El Titi, A. (2010). Soil Tillage in Agroecosystems. Taylor and Francis, Nature 384 pp.
14. Ellis, F. B., Elliot, J. G. E., Barnes, B. T. & Howse, K. R. (1997). Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. *Journal of Agricultural Science*, 89(03), 631-643
15. Gupta, M. L., A. Prasad, Ram, M. & 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* L.) under field conditions. *Bioresource Technol*, 81, 77-79.
16. Gutierrez-Coronado, M. A., Trejo-Lopez, C. & Larque-Saavedra, A. (1998). Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 36(8), 563-565.
17. Halvorson, A. D., Mosier, A. R., Reule, C. A. & Bausch, W. C. (2006). Nitrogen and tillage effects on irrigated continuous corn yields. *Agronomy Journal*, 98(1), 63-71.
18. Hayat, S., Faridudin, Q., Ali, B. & Ahmad, A. (2005). Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agronomica Hungarica*, 58, 433-437.
19. Hayat, Q., Hayat, SH., Irfan, M. & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental. Botany*, 68, 14-25.
20. Hussain, I., Olson, K. R. & Ebelhar, S. A. (1999). Impacts of tillage and no-till on production of maize and soybean on an eroded Illinois silt loam soil. *Soil and Tillage Research*, 52(1), 37-49.
21. Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil, A. & Ur-Rehman, S. (2006). Dose seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plants under salt

- stress? *Journal of integrative plant Biology*, 48(2), 181-189.
22. Ishizuka, J. (1992). Trends in biological nitrogen fixation research and application. *Plant and Soil*, 141(1), 197-209.
  23. Kapoor, R., Giri, B. & Mukerji, K. G. (2002). *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and Carum (*Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprague). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18(5), 459-463.
  24. Khavazi, K., Asadi-Rahmani, H. & Malakouti, M. J. (2005). *Necessity for the production of biofertilizers in Iran*. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Agricultural Research and Education Organization (AREO) and Soil and Water Research Institute (SWRI), Tehran, Iran, 419.
  25. Khold-e Barin, B. & Eslamzadeh, T. (2001). Mineral nutrition of higher plants. (2<sup>nd</sup> ed.). Shiraz University Press. pp. 902.
  26. Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. & Popova, L. (2008). Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, 165(9), 920-931.
  27. Lithourgidis, A. S., Dhima, K. V., Damalas, C. A., Vasilakoglou, I. B. & Eleftherohorinos, I. G. (2006). Tillage effects on wheat emergence and yield at varying seeding rates and on labor and fuel consumption. *Crop Science*, 46, 1187-1192.
  28. Marwat, KH. B., Arif, M. & Khan, M. A. (2006). Effect of tillage and zinc application methods on weed and yield of maize. *Pakistan Journal of Botany*, 39(5), 1583-1591.
  29. Mirhadi, M. J. (2001). *Corn*. The organization of Research, Education and Agriculture Extension Publication. 214 Pp. (in Farsi)
  30. Majnoon hosseini, N. (2006). *Cereals crop Agronomy (wheat, barley, rice and corn)*. Tehran Nagshe Publications. 113 Pp. (in Farsi)
  31. Mukerji, K. G. & Chamola, B. P. (2003). *Compendium of Mycorrhiza Research*. A. P. H. Publisher. New Delhi. P. 310.
  32. Nadian, H., Smith, S. E., Alston, A. M. & Murray, R. S. (1996). Effects of soil compaction on plant growth, phosphorus uptake and morphological characteristics of vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of *Trifolium subterraneum*. *New Phytologist*, 133, 303-311.
  33. Ojha, S., Chakraborty, M. R., Dutta, S. & Chatterjee, N. C. (2008). Influence of VAM on nutrient uptake and growth of wheat. *Asian Journal of Experimental Sciences*, 22, 221-224.
  34. Osonubi, O. (1994). Cooperative effects of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilization on growth and phosphorus uptake of maize and sorghum plant under drought stressed conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 14, 159-165.
  35. Pettipas, F. C. (2004). *Soil and plant nutrient relationships in processing carrots*. M.Sc. Thesis, Nova Scotia Agricultural College, Truro.
  36. 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.
  37. Piotrowska, A., Dlugosz, J., Zamorski, R. & Bogdanowicz, P. (2012). Changes in Soil and Biological Chemical Properties of an Arable Soil Treated with the Microbial Biofertilizer. *Journal of Environmental Studies*, 21(2), 455-463.
  38. Popova, L. P., Maslenkova, L. T. Yordanova, R. Y., Ivanova, A. P., Krantev, A. P., Szalai, G. & Janda, T. (2009). Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiol Biochem*, 47, 224-231.
  39. Rahimzadeh, R. (2004). Study on the effects of different tillage methods on physical properties of soil and wheat yield in rapeseed-wheat rotation in warm dry land area. *Dry land Agricultural Research Institute*, 126. (in Farsi)
  40. Riley, H. C. F., Bleken, M. A., Abrahamsen, S., Bergjord, A. K. & Bakken, A. K. (2005). Effects of alternative tillage systems on soil quality and yield of spring cereals on silty clay loam and sandy loam soils in the cool, wet climate of central Norway. *Soil and Tillage Research*, 80(1), 79-93.
  41. Sasanelli, N., Anton, A., Takacs, T., D'Addabbo, T., Biro, I. & Malov, X. (2009). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the nematicidal properties of leaf extracts of *Thymus vulgaris* L. *Helminthologia*, 46(4), 230.

42. Senaranta, T., Touchell, D., Bunn, E., & Dixon, K. (2002). Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30, 157-161.
43. Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. & Fatkhutdinova, D. R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant science*, 164(3), 317-322.
44. Sharma, A. K. (2002), Biofertilizers for sustainable agriculture. *Agrobios*. (pp.407). India.
45. Sharralt, B.S. (1996). Tillage and straw management for modifying physical properties of a sub arctic. *Soil and Tillage Research*, 38,239-250.
46. Shekari, F. A. R. I. D., Baljani, R., Saba, J. & Afsahi, K. (2010). Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage plants (*Borago officinalis* L.) seedlings. *Journal of New Agricultural Science*, 6(18).
47. Skudra, I. & Skudra, A. (2004). Phosphorus concentration in soil and in winter wheat plants. In: Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.
48. Smith, S. E. & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. (3<sup>rd</sup> Ed.). Academic Press, Elsevier, Amsterdam.
49. Sylvia, D. M., Hammond, L. C., J. Bennett, M., Haas, J. H. & Linda, S. B. (1993). Field response of maize to a VAM fungus and water management. *Agronomy Journal*, 85,193-198.
50. Vyn, T. J. & Raimbault, A. (2003). Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. *Agronomy Journal*, 85, 1074-1079.
51. Watts, C. W., Eich, S. & Dexter, A. R. (2000). Effects of mechanical energy inputs on soil respiration at the aggregates and field scales. *Soil and Tillage Research*, 53, 231-243.
52. Wilson, G. W. T., Rice, C. W., Rillig, M. C., Springer, A. & Hartnett, D. C. (2009). Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from long-term field experiments. *Ecology Letter*, 12, 452-461.