Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 50, No 1, Spring 2018 (85-96)
DOI: 10.22059/ijfcs.2018.239089.654362

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸ (ص.۹۶-۸۵)

تاثیر سامانه های خاک‌ورزی، اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و برخی ویژگی-های ذرت

عفیفه نیسی[۱]، مهدیه پارسائیان[۲*]، احمد غلامی[۳]، مهدی برادران فیروزآبادی[۴]، حمید عباسدخت[۵]

۱و۲، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

۳، ۴ و ۵. دانشیاران، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵//۲۲ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۲۹)

چکیده

استفاده از روش‌های گوناگون جهت افزایش بنیه بذر و استقرار گیاهچه در گیاهان زراعی راهکار مناسبی برای افزایش کمی و کیفی محصول می-باشد. به‌منظور بررسی تاثیر سامانه‌های گوناگون عملیات خاک‌ورزی، پیش‌تیمار بذر و قارچ میکوریزا بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی ذرت (*Zea mays* L.)، آزمایشی به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا گردید. تیمارها شامل ۳ سامانه خاک‌ورزی (رایج، کاهش‌یافته و حداقل) به‌عنوان عامل اصلی، پیش‌تیمار بذرها (پیش‌تیمار و عدم پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار) و تلقیح بذرها باقارچ میکوریزا (تلقیح و عدم تلقیح) به-عنوان عوامل فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بیانگر تاثیر معنی‌دار برهمکنش سه‌گانه خاک‌ورزی، پیش‌تیمار بذرها و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفت‌ها، مانند شاخص سطح برگ، میزان کاروتنوئید و عملکرد دانه بود. برهمکنش دو عامل خاک‌ورزی و پیش‌تیمار بذرها بر صفت‌های پروتئین دانه، محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل a وb معنی‌دار بود. ترکیب تیماری خاکورزی رایج و پیش‌تیمار بذرها و کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار صفات شاخص سطح برگ و عملکرد دانه ذرت گردید. استفاده از اسید سالیسیلیک همراه با کاربرد قارچ میکوریزا صفات مورد ارزیابی از جمله محتوای پروتئین دانه، کلروفیل a و b را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: پیش‌تیمار بذر، شاخص سطح برگ، کلروفیل، کلونیزاسیون و همزیستی.

Effects of tillage systems, salicylic acid and mycorrhizal fungi on photosynthetic pigments and some traits of maize

Afife Neisi[1], Mahdieh Parsaeian[2]*, Ahmad Gholami[3], Mehdi Baradaran Firouzabadi[4] , Hamid Abbasdokht[5]

1and 2. Former M.Sc Studdent, Assistant professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture shahrood university of Technology

Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture shahrood university of Technology

3, 4 and 5. Associate professors, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture shahrood university of Technology

(Received: August 13, 2017 – Accepted May 19, 2018)

ABSTRACT

Appling different methods to increase seed vigor and seedling establishment of crops are a suitable approach for quantitative and qualitative increasing of crop yield. In order to evaluate the effects of various tillage systems, seed per-treatment and mycorrhizal fungi on some agronomical and physiological traits of maize (*Zea mays* L), a split plot factorial experiment based on randomized complete block design was conducted with three replications in 2014 at Experimental Farm of Shahrood University of Technology. In this experiment, three systems of tillage (conventional, reduced and minimum) were considered as main plots. Seed pre-treatment levels (pretreatment with salicylic acid in 0.5 milimolar concentration and non-treated) and seed inoculation with mycorrhiza (inoculated and non-inoculated) were considered as a subplot factors. The results indicated that there were significant effects of the triple interaction of tillage systems× seed pre-treatment × mycorrhizal fungi on LAI, carotenoid content and grain yield. The interactions of tillage systems × seed pre-treatment were significant on seed protein, leaf relative water and chlorophyll a and b contents. The treatment combinations of conventional tillage×seed pre-treatment × mycorrhizal inoculation significantly increased the LAI and maize grain yield. Application of salicylic acid along with mycorrhizal fungi improved the traits, including the protein and chlorophyll a and b contents.

Key words: Chlorophyll, Colonization, Leaf area index, Seed priming, Symbiosis

* Corresponding author E-mail: mahparsa_cb@yahoo.com

مقدمه

ذرت، گیاهی چهار کربنه با دوره‌ی رویشی کوتاه است و پس از گندم (*Triticum aestivum* L.) و برنج (*Oryza Sativa* L.) مهم‌ترین منبع تامین غذا برای جمعیت در حال افزایش جهان می‌باشد. این گیاه به‌دلیل قابلیت‌هایی نظیر قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، مقاومت نسبی به خشکی و عملکرد زیاد، در بسیاری از کشورها به‌صورت گسترده کشت می‌شود(Emam, 2007). در ایران نیز در سال ۱۳۸۹ بر طبق گزارش فائو، سطح زیر کشت آن وسیع و معادل۲۴۰ هزار هکتار است که از آن بیش از ۱/۷ میلیون تن ذرت دانه‌ای برداشت می‌گردد (FAO, 2010).

همزیستی قارچ میکوریزا در ذرت می‌تواند وابستگی تولید را به نهاده‌های شیمیایی کاهش داده و موجب دستیابی به کشاورزی پایدار گردد. این قارچ‌ها با بسیاری از گیاهان زراعی و باغی ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند (Adsemoye & Kloeppe, 2009). از آثار مهم آن‌ها، افزایش عملکرد درگیاه میزبان است (Mukerji & Chamola, 2003). قارچ‌های میکوریزا در جذب عناصر غذایی، به‌ویژه کم‌تحرک‌ها در خاک موثر بوده و می‌توانند سبب تولید مواد تنظیم‌کننده‌ی رشد، افزایش رشد و فتوسنتز، بهبود تنظیم فشار اسمزی در شرایط خشکی و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی شوند (Khavazi *et al.*, 2005). گیاهان میکوریزایی از طریق شبکه‌ی گسترده‌ی ریسه‌ها (هایفا) به حجم بیشتری از خاک دسترسی داشته و از این جهت به گیاه میزبان کمک می‌کنند. این قارچ‌ها با ترشح پروتئینی بنام گلومالین، سبب چسبیدن ذرات خاک به‌هم شده و خاکدانه‌ها را ایجاد می‌کنند. ریسه‌ها با در برگرفتن خاکدانه‌های ریز آنها را به خاکدانه‌های درشت‌تر تبدیل کرده و باعث ثبات بیشتر خاک می‌شوند (Khold e Barin, B. & Eslamzadeh, 2001).

خاک به‌عنوان بستر مناسب کشت و تامین‌کننده‌ی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه همواره مهم‌ترین منبع در کشاورزی محسوب می‌شود؛ بنابراین مدیریت درست در بهره‌وری و حفظ پایداری آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از اجرای عملیات خاک‌ورزی بهبود جوانه‌زنی، توسعه‌ی سامانه ریشه‌ایی، افزایش عملکرد و حذف علف‌های هرز می‌باشد. اجرای خاک‌ورزی در بلند مدت، فشردگی و ایجاد لایه سخت در اعماق خاک را به دنبال دارد (El Titi, 2010). عملیات خاک‌ورزی، بر تخلخل و چگالی ظاهری خاک تاثیر گذاشته و به‌دنبال آن، نفوذ، نگهداری و حرکت آب در خاک را متاثر می‌سازد، بنابراین عملیات خاک‌ورزی باید به گونه‌ای طراحی شود که موجب کاهش چگالی ظاهری خاک شده و تخلخل موثر در نگهداری آب را فراهم کرده و قابلیت خاک را در حفظ ریزش‌های آسمانی افزایش دهد (Rashidi & Keshavarzpour, 2007). هر چه شدت انرژی وارد شده به خاک از طریق خاک‌ورزی بیشتر باشد، سرعت تجزیه‌ی ماده‌ی آلی و بقایای گیاهی نیز بیشتر خواهد بود (Watts *et al.*, 2000). در نتیجه، نوع خاک‌ورزی قادر است ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت تاثیر قرار دهد (Lithourgidis *et al.*, 2006). از انواع سامانه‌های خاک‌ورزی می‌توان به‌خاک-ورزی رایج، حفاظتی و حداقل اشاره داشت (El titi, 2010).

پیش‌تیمار بذر نیز از جمله مهم‌ترین راهکارهای افزایش‌دهنده‌ی قدرت و سرعت جوانه‌زنی بذر است که می‌تواند به افزایش توان رقابت گیاه زراعی با علف‌های هرز منجر شود (Abbasdokht & Edalatpisheh, 2012). گزارش‌های گوناگونی حاکی از آن است که پیش‌تیمار بذر باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن بذر می‌شود (Ashraf & Rauf, 2001; Murungu *et al.* 2004) پیش‌تیمار شامل مجموعه‌ای از روش‌های گوناگون بهبود دهنده‌ی بذرها است که در تمامی آنها آبدهی کنترل‌شده بذر اعمال می شود (Duman, 2006).

اسید سالیسیلیک ترکیبی فنلی است که به‌وسیله‌ی سلول‌های ریشه‌ی گیاهان در مقادیر کم (میلی‌گرم بر گرم، وزن تر) تولید می‌شود (Raskin, 1992) و متناسب با گونه-ی گیاه، غلظت بکاررفته، دوره‌ی رشدی و شرایط محیطی، بر فرآیندهای گوناگون فیزیولوژیک نظیر شروع برخی فرآیندها و ممانعت برخی دیگر تأثیرات متفاوتی می‌گذارد (Iqbal *et al.* 2006). اسید سالیسیلیک نقش کلیدی در رشد و تولید گیاهان ایفا می‌کند (Hayet *et al.* 2005). Harris, (2005) گزارش کرد که گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک در طی زمان کوتاهتری، سامانه ریشه‌ایی خود را گسترش داده و با جذب مطلوب‌تری آب و عناصر غذایی و افزایش سطوح سبز فتوسنتز کننده، رشد و نمو بهتر و افزایش عملکرد بیشتری را نشان دادند. در ذرت کاربرد اسید سالیسیلیک به‌عنوان تنظیم‌کننده درونی سبب شد تا

سطح برگ و تولید ماده خشک افزایش یابد (Khan *et al*, 2003). کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت معنی‌داری وزن هزار دانه گندم را در مقایسه با شاهد افزایش داد (Hayet *et al.* 2005). Eraslan *et al*., 2007 دریافتند که کاربرد برونی اسید سالیسیلیک سبب افزایش فعالیت آنتی-اکسیدانی و در نتیجه افزایش رشد هویج (*Dacus carota* L.) در شرایط شوری شده است. با توجه به موارد ذکر شده، پژوهش حاضر با هدف بررسی جنبه‌های گوناگون تاثیر سه عامل خاک‌ورزی، همزیستی قارچ میکوریزا و همچنین پیش‌تیمار بذرها با اسید سالیسیلیک بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، ویژگی‌های کیفی و عملکرد دانه‌ی ذرت انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در بسطام (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 دارای اقلیمی سرد و خشک و بارندگی سالانه بین ۱۵۰ الی ۱۶۰ میلی‌متر می-باشد. میانگین سالانه‌ی دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد. پیش از انجام عملیات آماده‌سازی و اجرای نقشه‌ی آزمایش، به‌منظور تعیین بافت خاک و عناصر غذایی موجود در آن از ۱۰ نقطه از خاک مزرعه (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) نمونه‌برداری به‌روش مشبک صورت گرفت. سپس نمونه‌ها جمع‌آوری شده و مخلوط گردیدند. در نهایت نمونه‌ی یک کیلوگرمی از خاک که در برگیرنده‌ی کل نمونه‌ها بود، جهت سنجش ویژگی‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شدند. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول۱- نتایج تجزیه فیزیکو شیمیایی خاک.

Table1- Physico-chemical properties of soil.

Soil texture	Sand	Silt	Clay	Total N	Organic C	K available (ppm)	P available (ppm)	EC (dS/m^{-1})	pH
	%								
Clay-loam	20.1	49.2	30.7	0.105	0.59	181.4	14.4	1.34	7.79

این پژوهش به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده فاکتوریل و در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورها شامل سطوح خاک‌ورزی (رایج، کاهش‌یافته و حداقل) به‌عنوان عامل اصلی و پیش-تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و عدم پیش‌تیمار بذر، تلقیح و عدم تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *Glomus mosseae* به-عنوان عوامل فرعی بودند. هر کرت اصلی شامل ۴ کرت فرعی با مساحت ۷۲ مترمربع بود. هر تکرار از ۱۲ کرت (۴٫۵ × ۴ متر) ۱۸ متر مربعی و هر کرت از ۵ ردیف کشت به‌فاصله‌ی ۶۵ سانتی‌متر از یکدیگر و طول ۴ متر تشکیل شد. مزرعه آزمایشی در دو سال قبل از اجرای آزمایش در شرایط آیش قرار داشت. بذرهای ذرت سینگل‌کراس ۷۰۴ تهیه شده از سازمان تحقیقات کشاورزی شاهرود با توجه به اقلیم منطقه در تاریخ ۱۳ خردادماه کشت گردیدند. فاصله-ی دو بوته روی خطوط کشت، ۲۰ سانتی‌متر و عمق کشت بذرها ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مرز بین هر کرت با یک پشته‌ی نکاشت یک متری مشخص شد. عملیات تهیه بستر بذر با توجه به نقشه کشت اجرا شد. برای خاک‌ورزی رایج، ابتدا از گاوآهن برگردان‌دار و بعد از آن از دیسک، برای خاک‌ورزی متوسط (کاهش یافته) از یک بار دیسک و برای خاک‌ورزی حداقل از گاوآهن قلمی استفاده شد. پس از اعمال تیمارهای فوق با استفاده از شیار زن، کل سطح مزرعه به‌صورت جوی و پشته در آمد. در این آزمایش بذرهای ذرت به‌مدت سه ساعت در محلول نیم میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و در دمای اتاق غوطه‌ور شدند، به‌صورتی که سطح آب ۲ سانتی‌متر بالای بذرها بود. بعد از خارج-کردن بذرها از محلول اسید سالیسیلیک برای اینکه به-میزان رطوبت ابتدایی برسند به‌مدت ۲۴ ساعت در سایه قرار داده شدند (Abbasdolht & Edalatpishe, 2012). مایه تلقیح قارچ از شرکت زیست‌فناور توران در شاهرود

تهیه شد. پیش از کشت حدود ۱۰ گرم قارچ در حفره‌ی کشت بذرها در عمق ۵ سانتی‌متری قرار داده شد. هر گرم از مایه تلقیح قارچ شامل حدود ۱۵ هاگ (اسپور) بود. سپس روی آن مقداری خاک ریخته شد و در عمق ۲ سانتی‌متری، در هر نقطه ۳ بذر کشت شد و پس از آن بلافاصله آبیاری سنگینی به‌صورت نشتی انجام گرفت. آبیاری‌های بعدی در طول فصل رشد به‌صورت منظم هر ۸ روز یکبار انجام شد. کود نیتروژن در مرحله ۸-۶ برگی به‌صورت سرک و به‌میزان ۱۵ کیلوگرم به زمین اضافه شد. مهار علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت. پس از حذف اثر حاشیه‌ای، عملکرد بوته‌های ردیف‌های میانی در انتهای دوره رشد و زمان برداشت اندازه‌گیری شد. تعیین سطح برگ بلافاصله پس از برداشت در آزمایشگاه با استفاده از بوته‌های گزینش‌شده و قطع‌شده از ناحیه‌ی طوقه‌ی گیاه، با جداسازی برگ‌ها از ساقه و سنجش توسط دستگاه سطح برگ سنج شرکت دلتا (Delta T Devices) انگلستان انجام شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از روش Ritchie & Nguyen, (1990) استفاده شد. رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنوئید به‌روش Arnon, (1967)، فسفر دانه به‌روش Emami (1996) و سنجش پروتئین دانه به‌روش Ceirwyn (1994) اندازه‌گیری شد. میزان قند محلول برگ توسط روش Davidson & Chevalier (1992) اندازه‌گیری گردید. در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار M STAT-C و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD انجام شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

کلروفیل a و b

کلروفیل‌ها مهم‌ترین رنگدانه‌های جاذب نور در غشاهای تیلاکوئیدی کلروپلاست می‌باشند و سنتز انها یکی از فرآیندهای کاملا حساس گیاه به‌شمار می‌آید. در بین عوامل اصلی، دو عامل پیش‌تیمار و همزیستی قارچ و نیز برهمکنش این دو عامل به‌صورت معنی‌داری، بر تغییرات این صفت ها در ذرت تاثیرگذار بودند (جدول ۲). بیشترین مقدار کلروفیل a (۱/۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با اعمال پیش‌تیمار بذر به‌همراه کاربرد قارچ میکوریزا حاصل گردید که ۶۴/۴۸ درصد نسبت به کمترین مقدار این صفت تحت شرایط عدم پیش‌تیمار و بدون کاربرد قارچ میکوریزا افزایش داشت (جدول۳). ترکیب تیماری پیش‌تیمار بذر همراه با کاربرد قارچ میکوریزا بیشترین مقدار (۱/۰۳۳ میلی‌گرم بر گرم) کلروفیلb را موجب شد، در حالی‌که کمترین میزان این صفت (۰/۲۹۷ میلی‌گرم بر گرم) درگیاهانی که بذرهای آن ها با اسید سالیسیلیک پیش‌تیمار نشده و نیز از همزیستی قارچ میکوریزا برخوردار نبودند، ملاحظه گردید (جدول۳). به‌طور کلی هر چه شرایط تغذیه‌ای و محیطی، از جمله عناصر غذایی، نور، رطوبت، آفات و بیماری‌ها برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ‌ها و تولید انرژی بیشتر می‌شود؛ از این رو عواملی که سبب بهبود این شرایط می‌شوند، احتمالا بر میزان تولید کلروفیل نیز اثر دارند. شایان ذکر است که میزان کلروفیل برگ گیاهان، به ویژگی‌های ژنتیکی هر گیاه یا رقم، غلظت کلروفیل در برگ‌ها تغییر می‌کند (Demir, 2004).

(Tasang & Maum, 1999) گزارش کردند که گیاهان *strophostyles helvala* تلقیح‌شده با گونه‌ی *G.mosseae* به‌صورت معنی‌داری از وزن خشک اندام هوایی، ریشه و کلروفیل بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح‌نشده برخوردار بودند. از آنجا که قارچ‌های میکوریزا به جذب منیزیم در گیاه کمک می‌کنند، می‌توانند سنتز کلروفیل را افزایش دهند (Giri *et al.*, 2002). همزیستی میکوریزایی در لوبیاچیتی (*Phasaeolus vulgaris* L.) نیز موجب افزایش غلظت کلروفیل برگ‌ها شد، به‌نحوی که گیاهان لوبیای تلقیح‌شده با این قارچ که توسط آب شور دریا آبیاری شده بودند، غلظت کلروفیل بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح-نشده داشتند (Raiesi & Ghollarata, 2006).

به‌نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک نیز با افزایش میزان کلروفیل در برگ‌هایی که در آغاز فرآیند پیری هستند، بتواند سبب دوام فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد شود. پیش‌تر، تاثیر مثبت کاربرد اسید سالیسیلیک در افزایش میزان کلروفیل برگ‌های عدسک آبی (*Spirodela Polyrhiza*) گزارش شده بود (Popova *et al.*,1997). تاثیر مثبت این ماده به نوع گیاه، زمان اعمال و غلظت بکار رفته بستگی دارد و در غلظت‌های مناسب با کاهش تخریب رنگیزه‌ی کلروفیل، از دستگاه فتوسنتزی حمایت می‌کند (Belkhadi *et al.*, 2003).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تاثیر روش‌های خاکورزی، پیش‌تیمار و قارچ برای صفات عملکرد دانه، کلروفیل a و b، کاروتنوئید، شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، پروتئین دانه، فسفر دانه و قند محلول برگ.

Table 2- Analysis of variance (mean squares) of soil tillage, priming and fungi effects on seed yield, chlorophyll a & b, carotenoid, leaf area index, relative water content, seed protein, seed phosphorus and leaf soluble sugar contents..

S.O.V	df	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Carotenoid	Leaf area index	Relative water content	Seed protein	Seed phosphorus	Leaf soluble sugar	Seed yield
Block (R)	2	0.001 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.033 **	4.018 ^{ns}	0.001 ^{ns}	1.007 ^{ns}	0.027 ^{ns}	1311.592 *	21.14 ^{ns}
Tillage methods (A)	2	0.000 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.235 **	11.676 *	0.001 ^{ns}	1.392 ^{ns}	11.281 **	451.546 ^{ns}	1.041 ^{ns}
First Error(E)	4	0.001	0.002	0.002	0.975	0.001	1.663	0.019	167.928	4.346
Seed T. (B)	1	2.336 **	2.078 **	0.877 **	29.994 **	0.108 ^{ns}	385.282 **	0.090 ^{ns}	12749.04 **	113.77 **
A*B	2	0.001 ^{ns}	0.002 **	0.074 **	3.396 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.646 ^{ns}	0.006 ^{ns}	83.165 ^{ns}	8.524 **
Fungi (c)	1	0.286 **	0.585 **	0.305 **	59.952 **	0.465 **	126.600 **	62.064 **	20.205 ^{ns}	48.814 **
A*C	2	0.001 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.033 ^{ns}	4.335 *	0.002 ^{ns}	1.064 ^{ns}	2.181 **	9.002 ^{ns}	6.581 *
B*C	1	0.011 **	0.097 ^{ns}	0.022 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.015 **	10.465 **	0.022 ^{ns}	22.896 ^{ns}	0.260 ^{ns}
A*B*C	2	0.000 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.045 *	8.189 **	0.001 ^{ns}	0.361 ^{ns}	0.020 ^{ns}	11.233 ^{ns}	4.6 ^{ns}
Second E. (E)	18	0.001	0.002	1.652	0.989	0.001	1.152	0.037	64.640	1.202
C.V. (%)		4.41	6.13	15.51	16.57	4.34	15.94	4.93	8.16	15.76

*، ** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و معنی‌دار نمی‌باشند

*، ** and ^{ns} significant at 5%, 1% , and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه برهمکنش پیش‌تیمار بذرها با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر میانگین صفت‌های محتوای کلروفیل های a و b، پروتئین دانه و محتوای نسبی آب برگ.

Table 3- Interaction between seed priming with salicylic acid and mycorrhizal fungi on mean of chlorophyll a & b, seed protein and relative water content.

Seed treatment	Mycorrhizal fungi	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Seed protein (%)	Leaf relative water content (%)
		($mg.g^{-1}$)			
Nonpriming	No-myco.	0.38 ^{d}	0.29 ^{d}	2.24 ^{d}	58.21 ^{d}
	Myco.	0.58 ^{c}	0.65 ^{c}	4.91 ^{c}	85.09 ^{b}
Priming	No-myco.	0.92 ^{b}	0.88 ^{b}	7.47 ^{b}	73.28 ^{c}
	Myco.	1.07 ^{a}	1.03 ^{a}	12.30 ^{a}	91.84 ^{a}

ستون‌هایی که دارای حروف مشترکی نیستند اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵%) ( ).

Columns with similar letters have no significant difference (LSD 5%).

Tang *et al.*(2009)، مایه‌زنی ذرت با *G. mosseae* را عامل سنتز بیشتر کلروفیل برگ‌ها و افزایش میزان فتوسنتز آن دانستند و اظهار داشتند که این امر به افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان تلقیح‌شده با میکوریزا مرتبط است. Kapoor *et al.* (2004) و Demir (2004) نیز در پژوهش‌های جداگانه روی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و فلفل (*Capsicum annuum* L. cv Centine)، نقش موثر قارچ میکوریزا را در افزایش میزان کلروفیل‌های a و b برگ‌ها مورد تاکید قرار دادند.

میزان کاروتنوئید

کاروتنوئیدها، رنگدانه‌های جذب نور ثانویه‌ای هستند که علاوه بر کلروفیل‌ها، در غشاءهای تیلاکوئیدی وجود دارند. نتایج نشان داد که سطوح هر یک از سه عامل اصلی و نیز برهمکنش دو عامل خاک‌ورزی و پیش‌تیمار بذر تاثیر معنی‌داری بر محتوای کاروتنوئید برگ داشتند (جدول ۲). میزان این صفت، همچنین به‌صورت معنی‌داری تحت تاثیر

برهمکنش سه عامل خاک‌ورزی، همزیستی قارچ میکوریزا و پیش‌تیمار بذر قرار گرفت. بیشترین میزان کاروتنوئید برگ در ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج در شرایط استفاده از پیش‌تیمار بذرها با اسید سالیسیلیک و کاربرد قارچ میکوریزا (۱/۹۷۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) وجود داشت و کمترین میزان این صفت (۱/۰۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به ترکیب تیماری خاک‌ورزی حداقل در حالت عدم استفاده از پیش‌تیمار و عدم مصرف قارچ تعلق داشت (جدول ۴).

یافته‌های El-Tayeb (2005)حاکی از افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیلی و کاروتنوئیدی به‌دلیل افزایش سرعت فتوسنتزی در شرایط محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در جو (*Horedeum vugare* L.) بود. Kapoor *et al* (2004). نیز گزارش کردند که کاربرد قارچ میکوریزا تاثیر معنی‌داری بر میزان کاروتنوئید رازیانه داشت. پژوهشگران دیگری نیز گزارش کردند که اسید سالیسیلیک موجب فعال‌شدن تولید ترکیبات کاروتنوئیدی و زانتوفیل در گیاهچه‌های گندم می‌شود (Moharekar *et al.*, 2003). بنابراین با توجه به پژوهش‌های گذشته و نتایج حاضر می‌توان چنین استنباط کرد که وجود شرایط مناسب بستر کشت در خاک‌ورزی رایج و استقرار سریع گیاه جهت بهره‌برداری از فصل رشد در شرایطی که بذرها با اسیدسالیسیلیک پیش‌تیمار شده‌اند و نیز همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه فراهم است، به تقویت رشد و افزایش سطح جذب گیاه منجر می‌شود. این عوامل در نهایت می‌تواند سبب افزایش تراکم رنگدانه‌ها (از جمله کاروتنوئیدها) در واحد سطح برگ می‌گردد.

جدول ۴- تاثیر سامانه‌های خاک‌ورزی، پیش‌تیمار بذرها و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفت‌های میزان کاروتنوئید، شاخص سطح برگ و عملکرد دانه ذرت.

Table 4. Effect of tillage systems, seed pre-treatment and mycorrhizal fungi on maize carotenoid content, leaf area index and seed yield.

Tillage system	Seed treat.	Mycorrhizal treatment	Carotenoid Content ($mg.g^{-1}$)	Leaf area Index	Seed yield ha^{-1}) (t
Conventional	Nonpriming	No-myco.	1.189^{de}	1.617^{ef}	4.86^{ef}
		Myco.	1.297^{cd}	3.157^{b}	5.70^{def}
	Priming	No-myco.	1.497^{b}	2.680^{b}	6.83^{bcd}
		Myco.	1.974^{a}	5.040^{a}	10.83^{a}
Reduced	Nonpriming	No-myco.	1.121^{de}	2.827^{b}	6.01^{cde}
		Myco.	1.257^{cd}	3.163^{b}	5.80^{cdef}
	Priming	No-myco.	1.416^{bc}	3.120^{b}	6.93^{bcd}
		Myco.	1.445^{bc}	4.580^{a}	8.10^{b}
Minimum	Nonpriming	No-myco.	1.028^{e}	1.320^{c}	4.41^{f}
		Myco.	1.191^{de}	3.180^{b}	7.26^{bc}
	Priming	No-myco.	1.219^{d}	2.677^{b}	8.01^{b}
		Myco.	$1.414^{b}c$	2.657^{b}	6.78^{bcd}

ستون‌هایی که دارای حروف مشترکی نیستند اختلاف معنی‌داری ندارند دانکن ۵%)).

Columns with similar letters have no significant difference (LSD 5%).

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ از هر دو عامل اصلی پیش‌تیمار و همزیستی قارچ میکوریزا و تاثیر سامانه‌های گوناگون خاک‌ورزی × پیش‌تیمار بذر × همزیستی قارچ میکوریزا (با معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد) و اثر عامل اصلی خاک‌ورزی، و نیز برهمکنش دوعامل خاک‌ورزی × همزیستی قارچ میکوریزا (با معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد) تاثیر پذیرفت (جدول۲). تاثیر سطوح گوناگون خاک‌ورزی × همزیستی قارچ میکوریزا به‌گونه‌ای بود که بیشترین میزان شاخص سطح برگ در شرایط خاک‌ورزی رایج به‌همراه مصرف قارچ میکوریزا حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با ترکیب تیماری خاک‌ورزی کاهش یافته به‌همراه قارچ نداشت و کمترین میزان این صفت در شرایط خاک‌ورزی حداقل و عدم کاربرد قارچ میکوریزا وجود داشت (جدول۵). تاثیر سامانه‌های خاک‌ورزی × پیش تیمار × همزیستی قارچ میکوریزا (جدول۴) مبین حصول بیشترین

شاخص سطح برگ (۵/۰۴) در ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج به‌همراه پیش‌تیمار و کاربرد قارچ میکوریزا بود که توانست این صفت را به‌میزان ۷۳/۸ درصد نسبت به شرایط خاک‌ورزی حداقل بدون اعمال پیش‌تیمار و مصرف قارچ میکوریزا افزایش دهد

جدول ۵- تاثیر سامانه‌های خاک‌ورزی و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفت‌های تنفس خاک، کلونیزاسیون، عملکرد دانه و وزن صد دانه ذرت.

Table 5- Effect of tillage systems and mycorrhizal fungi on maize leaf area index, seed phosphorus and seed yield.

Tillage system	Mycorrhizal treatment	Leaf area index	Seed phosphorus content (ppm)	Seed yield (t ha^{-1})
Conventional	No-myco.	2.14^{c}	3.165^{d}	5.85^{c}
	Myco.	4.09^{a}	6.530^{a}	8.26^{a}
Reduced	No-myco.	2.97^{b}	2.473^{e}	6.47^{bc}
	Myco.	3.87^{a}	5.295^{b}	6.95^{b}
Minimum	No-myco.	1.99^{c}	2.062^{f}	7.21^{bc}
	Myco.	2.91^{b}	3.755^{c}	7.02^{b}

ستون‌هایی که دارای حروف مشترکی نیستند تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن ۵%) ( ).

Columns with similar letters have no significant difference (LSD 5%).

به‌نظر می‌رسد که بذر گیاهانی که با اسید سالیسیلیک پیش‌تیمار شوند، به‌دلیل بهبود و افزایش سرعت سبزشدن و در نهایت گسترش سریع سطح برگی، بتوانند به‌صورت بهینه‌تری از تابش خورشیدی بهره گیرند. همچنین، اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه بهبود فتوسنتز سبب افزایش سطح برگ می‌شود و چنین تاثیری توسط Fariduddin *et al* (2003) در خردل (*Brassica juncea* Czern & Coss cv. Varuna) گزارش شده است. با ارزیابی تاثیر اسید سالیسیلیک بر گیاهچه‌های ذرت، بر نقش این ماده در افزایش سطح برگ گیاهچه‌های در معرض تنش تاکید کردند. از سوی دیگر می‌توان استنباط کرد که افزایش شاخص سطح برگ در شرایط خاک‌ورزی رایج در حضور قارچ، نتیجه‌ی شرایط بهینه‌ی بستر بذر و دریافت عناصر غذایی جهت تکمیل پوشش گیاهی با سرعت بیشتر و در زمان کمتر باشد.

محتوای نسبی آب برگ

پیش‌تیمار بذر و همزیستی قارچ میکوریزا و برهمکنش پیش تیمار × همزیستی قارچ بر محتوای نسبی آب برگ تأثیر معنی‌داری داشت (جدول۲). پیش‌تیمار بذرها با اسید سالیسیلیک همراه با کاربرد قارچ میکوریزا با تولید بیشترین میزان آب در برگ (۹۱/۸۴ درصد) سبب افزایش ۳۳/۶۳درصدی این صفت در شرایط عدم کاربرد این دو عامل گردید (جدول۳).

به‌نظر می‌رسد که تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا به‌دلیل بهبود و افزایش سامانه ریشه‌ای گیاه توانسته است به جذب بهتر آب توسط گیاه و درنتیجه، افزایش محتوای نسبی آب برگ کمک کند. از طرفی گیاهان پیش‌تیمار شده با اسید سالیسیلیک به‌دلیل استقرار بهتر و سریع‌تر نسبت به گیاهان تیمار نشده، قوی‌تر بوده و توانایی بیشتری در جذب آب داشته‌اند. میزان رطوبت گیاه به‌میزان دسترسی آن به آب و توانایی آن گیاه در تنظیم حرکات روزنه‌ای و نیز تنظیم اسمزی بستگی دارد. ریسه‌های میکوریزا می‌توانند با نفوذ در منافذ بسیار ریزی که حتی تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نبوده، باعث افزایش میزان جذب آب شوند Singh & Usha (2003) گزارش کردند که گیاهچه‌های گندمی که بذرهای آنهابا ۳-۱ میلی‌مول اسید سالیسیلیک تیمار شده بودند از محتوای رطوبتی بالاتری نسبت به گیاهچه‌های تیمار نشده برخوردار بودند. علاوه بر پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک، قارچ‌های میکوریزایی نیز می‌توانند به‌صورت مستقیم سبب بهبود تغذیه گیاهان از طریق جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش جذب آب توسط گیاه گردند (Feng *et al.*, 2002).

پروتئین دانه

در پژوهش حاضر علاوه بر عوامل اصلی پیش‌تیمار بذر و

همزیستی قارچ، برهمکنش پیش‌تیمار بذر× همزیستی قارچ میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر صفت پروتئین دانه‌ی ذرت در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول۲). مقایسه‌ی میانگین برهمکنش این دو عامل، بیانگر حصول بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۲/۳۰ درصد) تحت تاثیر کاربرد توام پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و قارچ میکوریزا بود. کمترین میزان پروتئین دانه (۲/۲۴ درصد) در شرایط عدم کاربرد این دو عامل به‌دست آمد. کاربرد توام پیش‌تیمار بذر و قارچ میکوریزا پروتئین دانه را به‌میزان ۱۰/۰۶درصد نسبت به عدم کاربرد این دو عامل، افزایش داد. (جدول۳)، Kapoor *et al.* (2004) گزارش کردند که کاربرد قارچ میکوریزا تاثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین دانه‌ی رازیانه دارد. Kumar *et al.* (1999) نیز افزایش مقدار پروتئین دانه‌ی سویا (*Glycine max* L) را تحت تیمار اسید سالیسیلیک گزارش کردند.

فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول۲) میزان فسفر دانه حاکی از معنی‌دار بودن برهمکنش خاک‌ورزی × قارچ میکوریزا، علاوه بر معنی‌داری هر دو عامل اصلی خاک‌ورزی و قارچ میکوریزا بود. بیشترین میزان فسفر دانه (۶/۵۳۰ پی پی ام) به ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج به‌همراه مصرف قارچ میکوریزا تعلق داشت، به نحوی که این ترکیب تیماری توانست ۵۱/۵۳ درصد فسفر دانه را نسبت به شرایط خاک‌ورزی رایج و عدم کاربرد قارچ میکوریزا افزایش داد. همچنین، کمترین میزان این صفت (۲/۰۶۵ پی‌پی‌ام) در ترکیب تیماری خاک‌ورزی حداقل و عدم مصرف قارچ میکوریزا به‌دست آمد (جدول۵). همزیستی قارچ میکوریزای آرباسکولار و ریشه‌ی گیاه میزبان، رشد و جذب عناصر غذایی گیاه را به‌میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد (Auge, 2001). پژوهشگران دیگر نیز افزایش جذب و انتقال یون‌های کم‌تحرک خاک از قبیل فسفر، پتاسیم و دیگر عناصر به گیاه میزبان را از دیگر پیامدهای مثبت این رابطه‌ی همزیستی می‌دانند Liu *et al.* (2000). Kapoor *et al.* (2004) نیز میانگین غلظت فسفر در دانه‌ی رازیانه را در شرایط تلقیح، به‌صورت معنی‌داری بیشتر از شرایط عدم تلقیح گزارش کردند و اظهار داشتند که همزیستی میکوریزا از طریق بهبود گسترش ریسه‌های قارچ در منافذ خاک، به‌صورت فیزیکی موجب افزایش جذب فسفر در پیکره‌ی رویشی رازیانه شده و متعاقب آن با افزایش وزن خشک گیاه، سبب بهبود غلظت فسفر در دانه‌ی این گیاه خواهد شد. یافته‌های Iibas & Sahin, (2009); Toussaint *et al.*, (2007); Raiesi & Ghollarata, (2006)، به‌ترتیب در گیاهان، شبدر برسیم (*TrifoIium aIexandrinum*)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و سویا در مورد افزایش غلظت فسفر در گیاهان یاد شده در شرایط تلقیح با قارچ میکوریزا با نتیجه‌ی پژوهش حاضر و نتایج مطالعه‌های ذکر شده، مطابقت داشت.

قند محلول

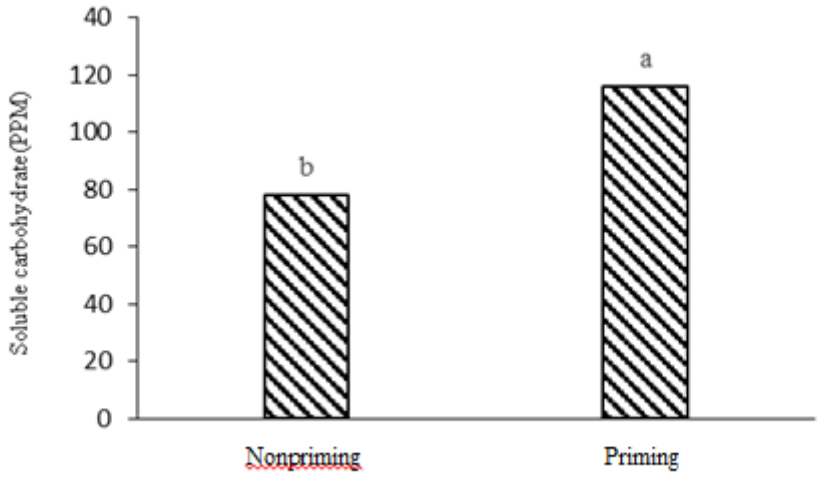
در بین تیمارها، میزان قند محلول برگ تنها از عامل اصلی پیش‌تیمار بذرها با اسید سالیسیلیک تاثیر معنی‌دار داشت (جدول۲). گیاهانی که بذرهایشان با اسید سالیسیلیک پیش‌تیمار شده بودند، از بیشترین میزان قند محلول (۱۱۵/۵۸۱ پی‌پی‌ام) نسبت به گیاهان تیمار نشده (۷۸/۲۱۴ پی‌پی‌ام) برخوردار بودند (شکل ۱). اسید سالیسیلیک تقریبا بر اکثر واکنش‌های متابولیسمی گیاه تاثیرگذار است. این تغییرات اغلب به‌صورت سازش‌هایی است که میزان تحمل و سازگاری گیاهان را در برابر عوامل محیطی افزایش می‌دهد (Metwally *et al.*, 2003).

Popova *et al.*, (1997) تاکید کردند که اسید سالیسیلیک سبب تاخیر در کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش آبی شده و به‌علت همین تعدیل در کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و احتمالا با حفظ ساختار و فعالیت آنزیم روبیسکو، باعث افزایش قندها می‌گردد. نتایج Anandhi & Ramanujam, (1997) مبنی بر تاثیر اسیدسالیسیلیک در افزایش میزان قند محلول، نشاسته و فنول ماش (*Vigna radiate* L.)، نیز یافته‌های به‌دست آمده در زمینه‌ی قند محلول پژوهش حاضر را تائید کرد.

عملکرد دانه ذرت

نتایج تجزیه واریانس بیانگر معنی‌دار برهمکنش سه‌گانه‌ی سطوح خاک‌ورزی × پیش تیمار بذر × همزیستی قارچ میکوریزا در سطح احتمال یک درصد ($p \leq ۰/۰۱$) و کاربرد توام سطوح خاک‌ورزی × همزیستی قارچ میکوریزا همچنین

برهمکنش سطوح خاک‌ورزی × پیش‌تیمار بذر در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq ۰/۰۵$) بر عملکرد دانه بود (جدول ۲). در بررسی میانگین عملکرد دانه‌ی حاصل از کاربرد توام سطوح خاک‌ورزی و پیش‌تیمار بذر، مشخص گردید که بالاترین عملکرد دانه (۸/۸۳ تن در هکتار) به ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج و پیش‌تیمار بذر تعلق داشت و کمترین آن (۵/۲۸ تن در هکتار) تحت ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج و عدم پیش‌تیمار حاصل گردید که با عدم پیش‌تیمار در هر دو شرایط خاک‌ورزی متوسط و حداقل نیز تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲).



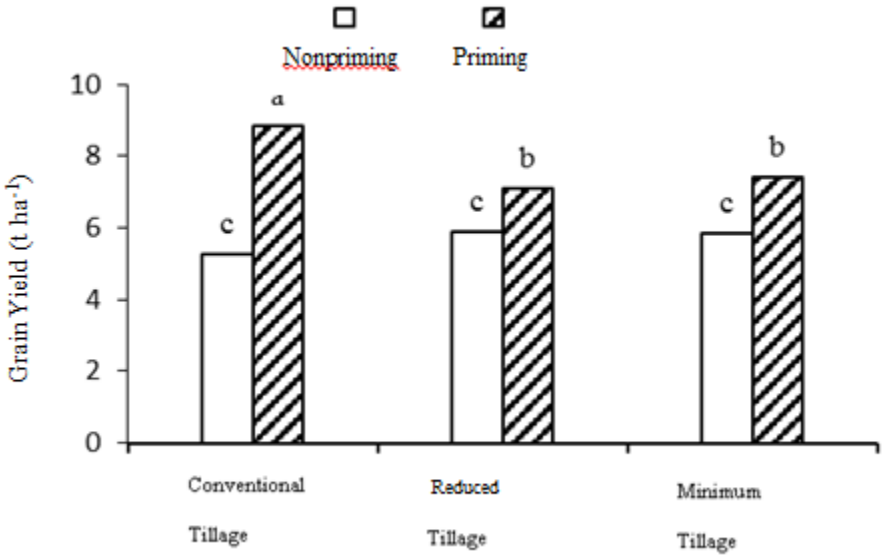
شکل ۱- تاثیر پیش‌تیمار بذرها با اسید سالیسیلیک بر میزان قند محلول برگ.
ستون های با حروف مشابه تفاوت معنی داری با هم ندارند (دانکن٪ ۵).
.Fig. 1- Effect of seed pre-treatment with salicylic acid on leaf soluble sugar content.
Columns with similar letters are not significantly different (Duncan 5%)..
Non priming

عملکرد دانه در تیمار خاک‌ورزی رایج در صورت کاربرد پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک به‌میزان ۴۰/۲۰ درصد نسبت به عدم پیش‌تیمار افزایش داشت. Shekari *et al.*, (2010) اظهار داشتند که پیش‌تیمار بذرها به استقرار سریع و مطلوب گیاه و استفاده‌ی بیشتر آنها از عناصر غذایی، رطوبت خاک و تابش خورشیدی کمک خواهد کرد. در بررسی برهمکنش سطوح خاک‌ورزی و همزیستی قارچ میکوریزا، بالاترین عملکرد دانه تحت تاثیر خاک‌ورزی رایج و مصرف قارچ به‌میزان ۸/۲۶ تن در هکتار حاصل شد، در حالی‌که کلیه‌ی سطوح خاک‌ورزی در شرایط عدم تلقیح قارچ، کمترین مقادیر عملکرد دانه را تولید کردند (جدول۵). در همین راستا، مقایسه‌ی برهمکنش سه جانبه-ی سطوح خاک‌ورزی، پیش‌تیمار بذرها و همزیستی قارچ میکوریزا نشان داد که بیشترین (۱۰/۸۳ تن در هکتار) عملکرد دانه‌ی حاصل از اعمال سه تیمار مذکور، به‌ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج، پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک و مصرف قارچ میکوریزا تعلق داشت که افزایش ۵۹ درصدی را در عملکرد دانه نسبت به کمترین میزان این صفت (۴/۴۱ تن در هکتار) در نتیجه‌ی کاربرد خاک‌ورزی حداقل و عدم اعمال دو تیمار مصرف قارچ و پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک نشان داد (جدول۴).

Hussain *et al.*, (1999) با بررسی تاثیر سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بر عملکرد گندم اظهار کردند که در سال نخست عملکرد بیشتر دانه در خاک‌ورزی مرسوم، به‌دلیل تماس بهتر بذر با خاک و جوانه‌زنی بهتر انها بوده است. اما در سال‌های بعد بهبود عملکرد دانه در روش خاک‌ورزی حفاظتی دیده شد که دلیل آن فشردگی و تراکم کمتر خاک و تاثیر آن بر جوانه‌زنی مطلوب بذرها بیان گردید. اگر چه طی بررسی دیگری، عملکرد گیاهان جو و یولاف به‌دست آمده در روش مرسوم بیشتر از روش حفاظتی بود، اما میانگین کاهش عملکرد در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی اندک بود که از نظر اقتصادی قابل-

قبول می‌باشد (Riley *et al.*, 2005). Marwat *et al.*, (2006) نیز، افزایش معنی‌دار و قابل‌توجه عملکرد دانه را در خاک‌ورزی مرسوم نسبت به سامانه بدون خاکورزی گزارش کردند. در پژوهشی ۴ ساله که توسط Halvorson *et al.* (2006) انجام شد، نشان داده شد که در روش‌های گوناگون خاکورزی با کاربرد نیتروژن، عملکرد دانه‌ی ذرت به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت، به‌نحوی که عملکرد دانه‌ی ذرت در خاکورزی متداول، بیشتر از تیمار بدون خاکورزی بود.

شرایط مناسب بستر کشت در خاکورزی رایج، استقرار یافتن سریع گیاه با اعمال پیش‌تیمار اسیدسالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا که باعث تقویت رشد، افزایش سطح جذب گیاه از جمله جذب عناصر غذایی و یون‌های مورد نیاز، حفظ منابع فتوسنتز کننده در طول دوره رشد، دریافت انرژی تابشی و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه می‌شود، در مجموع به افزایش عملکرد دانه در گیاه منجر خواهد شد.



شکل ۲- تاثیر سامانه‌های خاکورزی و پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه ذرت.
ستون‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند (دانکن ٪۵).

Fig. 2-Effect of tillage systems and seed pre-treatment with salicylic acid on maize seed yield.
Columns with similar letters are not significantly different.(Duncan 5%).
Non priming

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این بررسی نشان داد که استفاده از روش‌های خاکورزی رایج، تلقیح بذر توسط قارچ میکوریزا و نیز پیش-تیمار بذر با اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ و در نتیجه عملکرد دانه شد. استفاده از قارچ‌های میکوریزا در سامانه‌های خاک‌ورزی رایج سبب افزایش شاخص سطح برگ، فسفر بذر و عملکرد دانه شد. قارچ‌های میکوریزا از طریق گسترش ریسه‌ها در درون خاک به حجم بالاتری از خاک و در نتیجه عناصر غذایی بیشتر دسترسی پیدا می‌کنند؛ ضمن اینکه قادرند با ترشح آنزیمی، مانند فسفاتاز اشکال غیر قابل‌حل فسفر را به‌صورت قابل‌دسترس برای گیاه میزبان درآورند. پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک باعث افزایش بنیه بذر و گیاهچه شده و به این جهت عملکرد دانه را افزایش داد. کاربرد توام قارچ میکوریزا و اسید سالیسیلیک از طریق افزایش توانایی گیاه برای جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش معنی‌دار پروتئین دانه کلروفیل برگ و محتوای نسبی آب برگ شد.

REFERENCES

1. Abbasdokht, H. & Edalatpisheh, M. R. (2012). 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)

2. Abbasdokht, H., Makarian, H., Ahmadi Sharaf , H., Gholami, A. & Rahimi, M. (2012). The study of integrated weed management (IWM), emphasizing the effect of seed priming on yield and yield components of maize (*Zea mayz* L.). Iranian *Weed Research Journal*, 63-76. (In Farsi).
3. Adsemoye, A. O. & Kloeppe, J. W. (2009). Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85 (1), 1-12.
4. Anandhi, S. & Ramanujam. M. P. (1997). Effect of salicylic acid on black gram (*Vigna mungo*) cultivars. *Indian Journal of Plant Physiology*, 2, 138-141.
5. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
6. Ashraf, M. & Rauf, H. (2001). Inducing salt tolerance in maize through seed priming with chloride salts: growth and ion transport at early growth stage. *Acta Physiological Plantarum.* 23, 407-414.
7. Auge´ R. M. (2001).Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhizae*, 11, 34-42.
8. Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. & Cocks, J. W. (2003). Plant density effects on tropical corn forage masses, morphology and nutritive value. *Agronomy Journal*, 90, 93-96.
9. Ceirwyn S. J. (1994). Analytical Chemistry Of Foods. Springer US. PP.314.
10. Davidson, D. J & Chevalier, P. M. (1992). Storage and remobilization of water souluble carbohydrates in stems of spring wheat. *Crop Science*. 32: 186-190.
11. Demir, S. (2004). Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology*, 28, 85-90.
12. Duman, I. (2006). Effect of seed priming with PEG and K3PO4 on germination and seedling growth in Lettuce. *Pakistan Journal of Biological Science*, 9 (5), 923-928.
13. El-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulator*, 45, 215-225.
14. El Titi, A. (2010). *Soil Tillage in Agroecosystems.* Taylor and Francis, Nature. pp. 384.
15. Emam, Y.(2007). *Cereals production.* 3rd edition. Shiraz University Press. pp.190. (In Farsi).
16. Emami, A. (1996). *Methods of Plant Analysis* (Vol. I). Publication No. 982, Soil and Water Research Institute. Agricultural Research and Education Organization. Ministry of Agriculture. Tehran. Iran. pp.130. (In Farsi)
17. Eraslan, F., Inal, A., Gunus, A. & Alpaslan, M. (2007). Impact of exogenous salicylic on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulture*, 113, 120-128.
18. FAO. (2010). *Food and Agriculture Organization of the United Nations Quarterly Bulletin of Statistics.* Rome, Italy.
19. Fariduddin, Q., Hayat, S. & Ahmad, A. (2003). Salicylic acid influences net photosyntheticrate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*, 41, 281-284.
20. Feng, G., Zhang, F. S., Li, X. L., Tian, C. Y., & Tang, C. (2002). Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza*, 12, 185–190.
21. Giri, B., Kapoor, R., & Mukerji, K. G. (2002). VA mycorrhizal techniques/VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. In: Mukerji, K.G., Manoracheir, C., & Singh, J. (eds) Techniques in mycorrhizal stueies Kluwer, Dordrecht. pp. 313-327.
22. 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, 63–71.
23. Harris, D. (2005). *Priming seeds.* DFID Plant Sciences Research program, Center for Arid Zone Studies. University of Banglor Technology. 35, 253-262.
24. Hayet, S., Fariduddin, Q., Ali, B. & Ahmad, A. (2005). Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agronomica Hungarica*, 53, 433-437.
25. Hussain, I., Olson, K. & Ebelhar. S. (1999). Impact of tillage and no-till on production of maize and soybean on an eroded Illinois silt loam soil. *Soil and Tillage Research*, 52, 37-49.
26. Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil A. & Shafiq, U. R. M. (2006). Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plant under salt stress? *Journal of Integrative Plant Biology*, 48 (2), 181-189.
27. Iibas A. I. & Sahin S. (2009). *Glomus fasiculatum* inoculation improves soybean production. *Acta Agriculture Scand B-S P*. 55, 284-287.
28. Kapoor, R., Giri, B. & Mukerji, K. G., (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertilizer. *Biology resource Technology*, 93, 307-311.
29. Khan, W., Printhviraj, B. & Smith, D. I. (2003). Photosyntethic responses of corn and soybean to foliar application of salisylates. *Journal of Plant Physiol*, 160, 485-492.

30. Khavazi, K. Asadi rahmani, H. & Malakooti, M. G. (2005). *The necessity of industrial production of bio-fertilizers in the country*. Sana Publishing. pp. 279.
31. Kumar, P., Dube, S. D. & Chauhan, V. S.(1999). Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). Indian *Journal of Plant Physiol*ogy. 4, 327-330.
32. Khold e Barin, B. & Eslamzadeh, T. (2001). Mineral nutrition of higher plants (2th ed.). Shiraz University Press. pp. 902 (In Farsi).
33. 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.
34. Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R. I., Ma, B. L. & Smith, D. L. (2000). Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. *Mycorrhizae*, 9, 331-336.
35. Marwat, K. H. 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.
36. Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. & Dietz, K. J. (2003). Salicylic acid alleviated the cadmium toxicity in barley seedling. *Physiology and Biochemistry of Plant*, 132, 272-281.
37. Moharekar, S. T., Lokhande, S. D., Hara, T., Tanaka, R., Tanaka, A. & Chavan, P. D. (2003). Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and mung seedlings. *Photosynthetica*, 41, 315-317.
38. Mukerji, K. G. & Chamola, B. P. (2003). *Compendium of Mycorrhiza Research*. A. P. H. Publisher. *New Delhi*. pp. 310.
39. Murungu, F. S., Chiduza, C., Nyamugafata, P., Clark, L. J., Whalley, W. R. & Finch, S. E.(2004). Effect of on farm seed priming on consecutive daily sowing occasions on the emergence and growth of Maize in semiarid Zimbawe. *Field Crops Research*, 89 (1), 49-57.
40. Popova, L., Pancheva, T. & Uzunova, A. (1997). Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiology role. *Plant Physiology*, 23, 85-93.
41. Raiesi, F. & Ghollarata, M. (2006). Interactions between phosphorus availability and an AM fungus (*Glomus intraraadices*) and their effects on soil microbial respiration, biomass and enzyme activities in a calcareous soil. *Pedobiologia*, 50, pp. 413.
42. Rashidi, M. & Keshavarzpour, F. (2007). Effect of different tillage methods on soil physicals properties and crop yield of watermelon (*Citrullus vulgaris*). *ARPN Journal of Agriculture and Biological Science*, 2(6), 1-6.
43. Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, 43, 463-439.
44. Riley, H., Bleken, M., Abrahamsen, A., Bergjord, A. & Bakken, A. (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 Tillge Research*, 80, 79-93.
45. Ritchie, S. W., & Nguyen, H. T. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30: 105-111.
46. Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K. & Shekari, F. (2010). Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage (*Borago officinalis*) plants seedlings. *Journal of New Agricultural Science*, 6, 47-53. (In Farsi with English abstract)
47. Singh, B., & Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulator*, 39, 137-141.
48. Tang, M., Chen, H., Huang, J. C. & Tian, Z. Q. (2009). Arbuscular mycorrhiza fungi effects on the growth and physiology of *Zea mays* L. seedlings under diesel stress. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 936–940.
49. Tasang, A. & Maum, M. A. (1999). Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of Strophostyles helvola in coastalforedunes. University of Weterloo, Canada. *Plant Ecology*, 144, 159–166.
50. Toussaint, J. P., Smith, F. A. & Smith, S. E. (2007). Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. *Mycorrhiza*, 17, 291-297.
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.