نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 582-567

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 567-582

اثر دو گونه قارچ میکوریزا و سطوح مختلف اسیدهیومیک و کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان(*Helianthus annuus* L.)

حمیده ویسی[1]، غلامرضا حیدری[2]* و یوسف سهرابی[3]

تاریخ دریافت: 1394/03/24
تاریخ پذیرش: 1394/08/19

ویسی، ح.، حیدری، غ.ر.، و سهرابی، ی. 1395. اثر دو گونه قارچ میکوریزا و سطوح مختلف اسیدهیومیک و کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 582-567.

چکیده

کاربرد نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی ممکن است از طریق اثرات منفی بر میکروارگانیسم‌های خاک، به کاهش حاصلخیزی آن منجر شود. در این رابطه تلاش‌های زیادی برای یافتن راه‌های مناسب به منظور ارتقاء کیفیت خاک و محصولات کشاورزی انجام شده است. یکی از این راهکارها به کار بردن کودهای آلی و کودهای زیستی می‌باشد. لذا به منظور بررسی اثرات قارچ میکوریزا در سطوح مختلف اسیدهیومیک و کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) (اوروفلور) این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان در سال زراعی 91-1390 اجرا گردید. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول کود شیمیایی شامل نیتروژن و فسفر در سه سطح صفر، 50 و 100 درصد (صفر درصد معادل عدم کاربرد کود، 50 درصد معادل 37/5 کیلوگرم اوره و 25 کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل و 100 درصد معادل 75 کیلوگرم در هکتار کود اوره و 50 کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل) که در کرت‌های اصلی جای گرفت و فاکتور دوم قارچ میکوریزا در دو سطح (*G. intraradices* و *G. mosseae*) و فاکتور سوم اسیدهیومیک در سه سطح صفر، هشت و 16 کیلوگرم در هکتار که در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. صفاتی که در این آزمایش اندازه‌گیری شدند شامل عملکرد دانه، ارتفاع ساقه، قطر طبق و تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل کود شیمیایی و میکوریزا بر درصد روغن، وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق معنی‌دار بودند. بیشترین درصد روغن دانه با کاربرد قارچ *G. mosseae* در سطح مصرف 100 درصد کود شیمیایی و کمترین درصد آن با کاربرد قارچ *G. intraradices* و بدون مصرف کود شیمیایی به دست آمد. اثر متقابل کود شیمیایی و اسیدهیومیک نیز بر صفات درصد روغن، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه معنی‌دار بودند. اثر متقابل میکوریزا و اسیدهیومیک نیز بر وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه معنی‌دار بود. سطح دوم اسیدهیومیک و قارچ *G. intraradices*، به طور معنی‌داری از بیشترین میزان عملکرد دانه برخوردار بود. اثر متقابل سه گانه کود شیمیایی، اسیدهیومیک و میکوریزا نیز بر درصد روغن، عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که قارچ‌های مایکوریزا و سطوح مختلف اسیدهیومیک موجب افزایش درصد روغن، عملکرد و اجزای عملکرد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، فسفر، کودهای شیمیایی و درصد روغن

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهت تولید روغن خوراکی در جهان است که در سطح وسیعی کشت می‌گردد. حدود هشت درصد از کل تولید روغن جهان به آفتابگردان اختصاص دارد (FAO, 2014). روغن آفتابگردان یک روغن خوراکی با کیفیتی عالی است و امکان مصرف آن در تمام فرآورده‌های خوراکی یعنی طباخی، روغن سالاد، مارگارین و روغن-های ترد کننده وجود دارد (Arshi, 1994). آفتابگردان به واسطه برخورداری از درصد بالای اسید چرب اولئیک (34 درصد) یک روغن طباخی برتر محسوب می‌شود. صنایع مارگارین سازی و روغن سالاد

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، استادیار و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان
(*- نویسنده مسئول: (Email: g.heidari@uok.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v8i4.47563

از روغن‌های غیر اشباع که دارای اسید چرب لینولئیک بالا هستند، استفاده می‌کنند و روغن آفتابگردان با درصد بالای اسید چرب لینولئیک (56 درصد) از این نظر اولویت دارد (Arshi, 1994). نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی در دستیابی به عملکرد و کیفیت مطلوب در گیاهان زراعی است و در تشکیل پروتئین و نوکلئیک اسید بسیار مؤثر است. کمبود نیتروژن نسبت به سایر عناصر غذایی گیاه را با لطمه بیشتری مواجه می‌سازد و حال این‌که اکثر خاک‌های زراعی ایران به کمبود نیتروژن دچار هستند (Chen et al., 2003). فسفر بعد از نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز برای تولید گیاهان زراعی است. ویژگی‌هایی از قبیل pH، مقدار ماده آلی خاک و نوع گیاه تعیین‌کننده شکل‌های مختلف فسفر در خاک است. فسفر نقش مهمی در متابولیسم پایه کربوهیدرات و سیستم انتقال انرژی ایفا می‌کند. از آن‌جایی که فسفر بخشی از ساختمان DNA، RNA، ATP و فسفو لیپیدهای غشایی را تشکیل می‌دهد، کمبود آن باعث کاهش قابل توجهی در فرآیندهای متابولیکی مرتبط با تقسیم سلولی، توسعه و گسترش سلول و تنفس و فتوسنتز می‌شود (Reddy et al., 2003). مطالعات یوهارت و آندرایدUhart &) Andraide, 1995) نیز نشان داد که سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و دوام آن تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن قرار می‌گیرند به نحوی‌که در اثر افزایش نیتروژن خاک، سطح برگ افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه آن کارآیی مصرف نور افزایش می‌یابد که این عوامل به افزایش سرعت رشد محصول و عملکرد دانه منجر می‌شود. در یک بررسی دیگر افزودن مقادیر کود اوره افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه را در یولاف (*Avena sativa* L.) و ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) سبب گردید (Lebaschi et al., 2000). ریشه گیاه و ریزوسفر، زیستگاه مناسبی را برای فعالیت بسیاری از میکروارگانیسم‌های مفید خاک فراهم می‌نمایند. همزیستی میکوریزایی از رایج‌ترین روابط همزیستی در گیاهان است و یکی از مهم‌ترین انواع میکوریزاها، میکوریزای آرباسکولار (AM)[1] می‌باشد که به عنوان یک نوع کود زیستی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی از اهمیت زیادی برخوردار است (Sharma & Johri, 2002; Nourbakhash & Hajabbasi, 1998). قارچ‌های میکوریزا از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های موجود در بیشتر خاک‌های تخریب نشده می باشند، به طوری‌که حدود 70 درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاک‌ها را میسیلیوم این قارچ‌ها تشکیل می‌دهد (Chamola & Mukergi, 2003). در یک بررسی، تأثیر میکوریزا بر جذب نیتروژن و فسفر در گیاه ذرت (*Zea mays* L. ssp. mays) حتی در شرایط تنش رطوبتی مثبت بود و جذب این عناصر را در گیاه افزایش داد ولی بر جذب پتاسیم تأثیری نداشت (Alizadeh & Alizadeh, 2011). آرینس و همکاران (Arienes et al., 1999) در یک مطالعه نشان دادند که میزان پروتئین در گیاهان شبدر میکوریزی افزایش می‌یابد. در این مطالعه گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا، از محتوای پرولین کمتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی برخوردار بودند.

اسیدهیومیک یکی از اجزاء اصلی مواد هیومیک است که به رنگ قهوه‌ای تیره می‌باشد. اسیدهیومیک مخلوط متراکم و کمپلکس اسیدهای آلی آروماتیک است. این ترکیب دارای گوگرد، منیزیم، نیتروژن و فسفر با درصدهای متفاوت و برخی از فلزات مانند کلسیم، منیزیم، مس، روی، و غیره می‌باشد (Nasotimiandoab et al., 2011). اسیدهیومیک میزان جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی دانه را افزایش می‌دهد (Vaughan & Malcom, 1985). اسیدهیومیک رشد ریشه گیاه را افزایش می‌دهد. اثر آن در رشد و نمو ریشه از طریق افزایش انشعابات ریشه است که باعث جذب بیشتر آب و عناصر غذایی و افزایش نفوذپذیری در ریشه می‌شود (Adani et al., 1998). نتایج آزمایشی روی ذرت نشان داد که کاربرد اسید هیومیک به میزان 4500 گرم در هکتار از طریق افزایش سطح برگ و دوام آن به افزایش عملکرد منجر می‌شود (Ghorbani et al., 2010). در چاودار (*Secale cereale* L.) نیز مصرف اسید هیومیک، وزن تر و خشک ریشه را افزایش داد (Atieh et al., 2002; Sharif et al., 2002). در آزمایشی دیگر، کاربرد اسیدهیومیک وزن خشک گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) و خیار (*Cucumis sativus* L.) را افزایش داد (Kolsarici, 2005). با توجه به مطالب فوق‌الذکر و به منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا و اسیدهیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه کردستان (عرض جغرافیایی 47/18 درجه شرقی و 35/18 درجه شمالی با ارتفاع 1866 متری از سطح دریا) طی سال زراعی 91-

1 - Arbascular Mycorrhizal

1390 اجرا گردید. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در زمینی به مساحت حدود 1600 مترمربع با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول کود شیمیایی شامل نیتروژن و فسفر در سه سطح صفر، 50 و 100 درصد (صفر درصد معادل عدم کاربرد کود، 50 درصد معادل 37/5 کیلوگرم در هکتار اوره و 25 کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و 100 درصد معادل 75 کیلوگرم در هکتار کود اوره و 50 کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل) که در کرت‌های اصلی قرار گرفت. فاکتور دوم قارچ میکوریزا در دو سطح (*G. intraradices* و *G. mosseae*) و فاکتور سوم اسیدهیومیک در سه سطح صفر، هشت و 16 کیلوگرم در هکتار که در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. جهت اعمال تیمار گونه‌های میکوریزا از کود میکوریزایی با تراکم اسپور 120 عدد در هر گرم ماده حامل (کود دامی کاملاً پوسیده) به میزان هشت و 16 کیلوگرم در هکتار (بر اساس سطوح فاکتور سوم) استفاده شد. روش کاشت به صورت جوی و پشته‌ای و هر کرت مشتمل بر سه ردیف کاشت به فواصل 60 سانتی‌متر و طول شش متر بود. کاشت به روش هیرم‌کاری در اردیبهشت ماه و با دست صورت گرفت. در هر کپه سه بذر کاشته شد، سپس در مرحله چهار برگی به یک بوته تنک گردید. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی و طی سه مرحله انجام گرفت.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil

رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	میزان اشباع (درصد) Saturation level (%)	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر) Electrical conductivity ($mMos.cm^{-1}$)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Total N ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available K ($mg.kg^{-1}$)
34.4	34	31.6	41.1	0.37	0.8	0.08	9.8	380

برای محاسبه صفات مورفولوژیک و اجزاء عملکرد آفتابگردان از جمله ارتفاع ساقه، قطر ساقه، قطر طبق وتعداد دانه در طبق تعداد 25 بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب گردید و میانگین آن‌ها برای هر صفت ثبت گردید. تعداد بوته‌های معادل چهار مترمربع بدون در نظر گرفتن حاشیه نیز برای تعیین عملکرد دانه در هنگام رسیدگی کامل طبق‌ها در نظر گرفته شدند. درصد روغن دانه به روش سوکسله اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری (9.3) Mstat-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر اصلی گونه‌های قارچ میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود به طوری‌که کاربرد قارچ *G. intraradices* باعث افزایش ارتفاع ساقه نسبت به قارچ *G. mosseae* گردید (شکل 1). در یک بررسی ارتفاع ساقه تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن و قارچ میکوریزا نسبت به تیمار شاهد افزایش پیدا کرد (Rajabzadeh Motlagh et al., 2012).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که از لحاظ تعداد دانه در طبق اثر کود میکوریزا و اثر اسیدهیومیک و اثر متقابل کود شیمیایی در میکوریزا، کود شیمیایی در اسیدهیومیک و میکوریزا در اسیدهیومیک و اثر متقابل سه فاکتور کود شیمیایی، میکوریزا و اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین حاصل از اثرات متقابل سطوح کودهای شیمیایی و گونه‌های قارچ میکوریزا نشان داد که گیاهان تحت تیمار عدم مصرف کود شیمیایی و کاربرد قارچ *G. mosseae* بیشترین تعداد دانه در طبق را دارا بودند. سطوح بالاتر کود شیمیایی اثر این قارچ را در افزایش تعداد دانه در طبق کاهش داد. کمترین تعداد دانه در طبق به تیمار سطح صفر درصد کود شیمیایی و سویه قارچ *G. intraradices* تعلق داشت (شکل 2)، که البته به طور کلی تیمارهای سطوح کود شیمیایی و قارچ *G. intraradices* اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند.

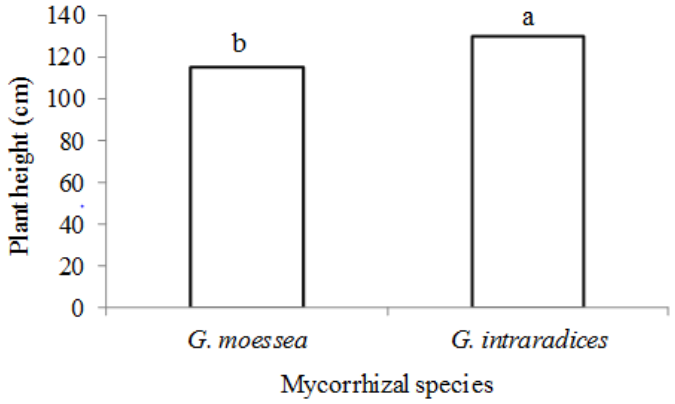
جدول2- میانگین مربعات برخی صفات کمی و کیفی آفتابگردان تحت تأثیر کاربرد سیستم‌های مختلف حاصلخیزی خاک

Table 2- Mean of squares for some quantitative and qualitative triats of sunflower as affected by different soil fertility systems

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	قطر طبق Head diameter	تعداد دانه در طبق Seed number per head	وزن هزار دانه 1000-Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	روغن دانه Seed oil
تکرار Replication	2	1737.26^{ns}	9.04^{ns}	80.15^{ns}	3.87^{ns}	451.756^{ns}	12.757^{ns}
کود شیمیایی (C) Chemical fertilizer	2	488.41^{ns}	8.30^{ns}	223.56^{ns}	10.85^{ns}	1914.78^{**}	39.225^{ns}
خطای a Error a	4	647.01	22.39	104.81	5.93	73.36	6.741
میکوریزا (M) Mycorrhiza	1	1392.37^{*}	27.14^{ns}	1856.18^{*}	183.34^{**}	4970.88^{**}	69.057^{ns}
میکوریزا x کود شیمیایی M×C	2	705.36^{ns}	7.35^{ns}	776.1^{**}	51.58^{**}	631.68^{ns}	82.942^{**}
اسید هیومیک (H) Humic acid	2	359.33^{ns}	24.98^{ns}	379.71^{**}	34.88^{**}	7324.01^{**}	15.53^{*}
کود شیمیایی x اسیدهیومیک C×H	4	191.21^{ns}	10.57^{ns}	1157.83^{*}	91.15^{*}	1010.77^{**}	46.435^{**}
میکوریزا x اسیدهیومیک H×M	2	48.65^{ns}	3.75^{ns}	973.37^{**}	101.7^{**}	857.95^{*}	3.027^{ns}
کودشیمیایی x میکوریزا x اسیدهیومیک H×M×C	4	314.41^{ns}	16.42^{ns}	2181.7^{**}	223.26^{**}	1540.87^{**}	61.138^{**}
خطای b b Error	30	279.54	16.73	68.28	4.1	232.56	3.805
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		14.02	18.15	5.01	3.31	8.90	4.43

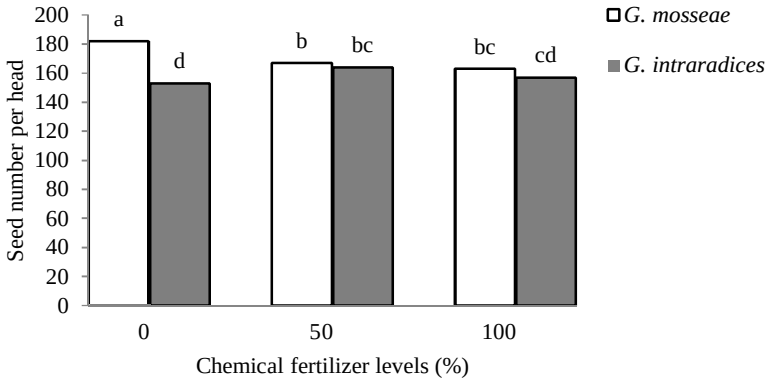
*، **و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: Indicate significance at the 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.



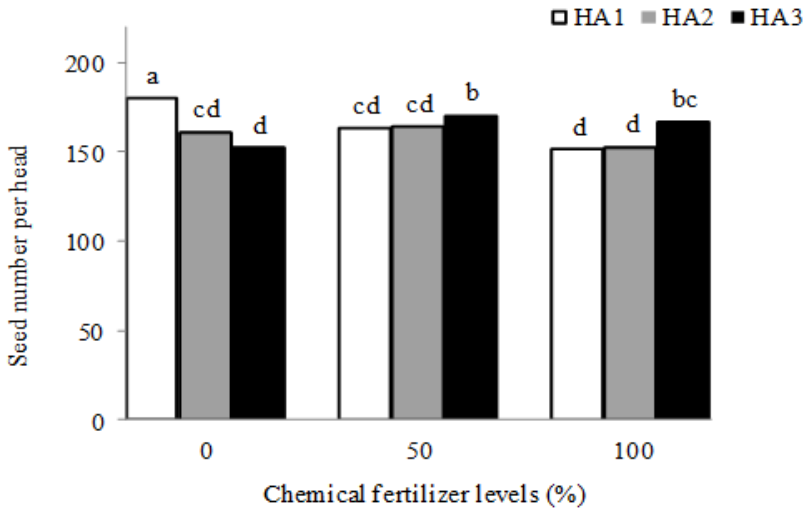
شکل 1- مقایسه میانگین تأثیر گونه‌های قارچ میکوریزا بر ارتفاع بوته آفتابگردان

Fig. 1- Mean comparison for the effect of mycorrhizal fangi species on sunflower height



شکل 2- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و گونه‌های قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان
Fig. 2- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (nitrogen and phosphorous) and mycorrhiza species on seed number per head of sunflower

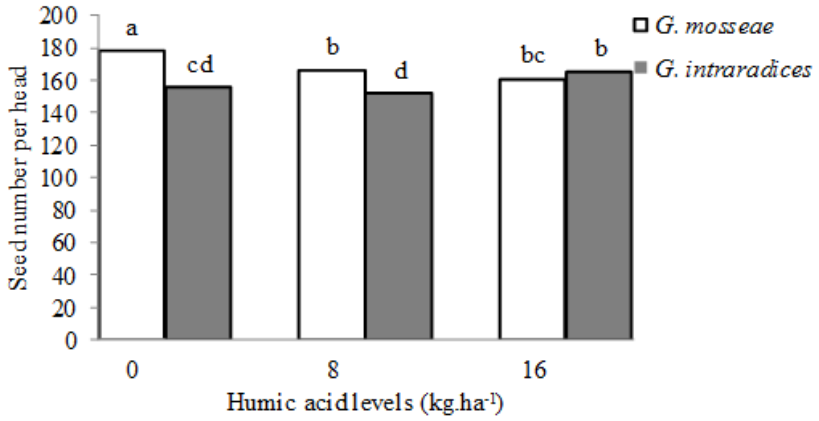
نتایج اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی و سطوح اسیدهیومیک گویای آن بود که بیشترین تعداد دانه در طبق در تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی و عدم مصرف اسیدهیومیک به دست آمد. در شرایط مصرف 50 و 100 درصد کودهای شیمیایی، سطح سوم اسیدهیومیک از تعداد دانه در طبق بیشتری نسبت به سایر سطوح اسیدهیومیک برخوردار بود (شکل 3).



شکل 3- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و سطوح اسیدهیومیک بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان
Fig. 3- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous) and humic acid levels on seed number per head of sunflower
(HA_1= عدم مصرف اسیدهیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)
(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 kg.ha^{-1} and HA_3= adding 16 kg.ha^{-1})

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اسیدهیومیک و گونه‌های قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در طبق نشان داد که کاربرد قارچ *G. mosseae* و عدم مصرف اسیدهیومیک به بیشترین تعداد دانه در طبق منجر گردید و با افزایش سطوح اسیدهیومیک از میزان

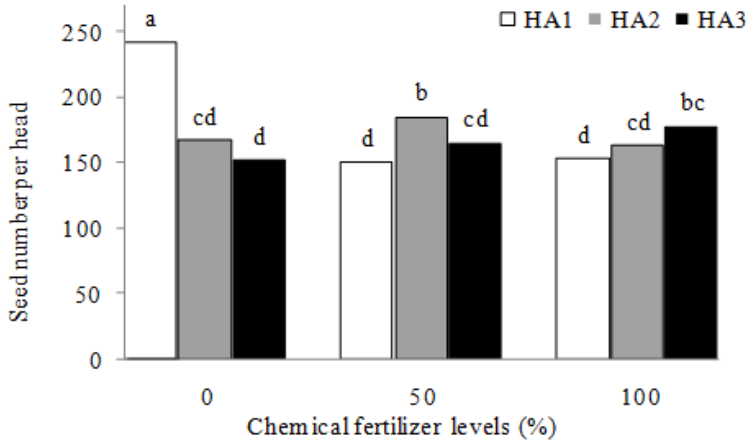
آن کاسته شد و کمترین تعداد دانه در طبق هم مربوط به سطح دوم اسیدهیومیک و قارچ *G. interaradices* بود که با سطح اول، اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل 4).



شکل 4- مقایسه میانگین اثر متقابل گونه‌های قارچ میکوریزا و سطوح اسیدهیومیک بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

Fig. 4- Mean comparison for interaction effect of mycorrhiza species and humic acid levels on seed number per head of sunflower

مقایسه میانگین داده‌های حاصل از اثرات متقابل سه گانه تیمارهای مورد آزمایش نشان داد گیاهان تحت تیمار کاربرد گونه *G. mosseae*، عدم کاربرد کود شیمیایی و عدم مصرف اسیدهیومیک به طور معنی‌داری بیشترین تعداد دانه در طبق را دارا بودند (شکل 5). کاربرد سطح دوم کود شیمیایی و سطح سوم اسیدهیومیک توأم با تلقیح گیاه توسط *G. intraradices* موجب افزایش معنی‌داری در تعداد دانه در طبق گردید اما در سطوح پائین‌تر و بالاتر اسیدهیومیک و کودهای شیمیایی اثر معنی‌داری مشاهده نشد (شکل 6). کاربرد گونه قارچ *G. mosseae* بهتر از سویه دیگر بود زیرا این قارچ در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی عملکرد بیشتری داشت.

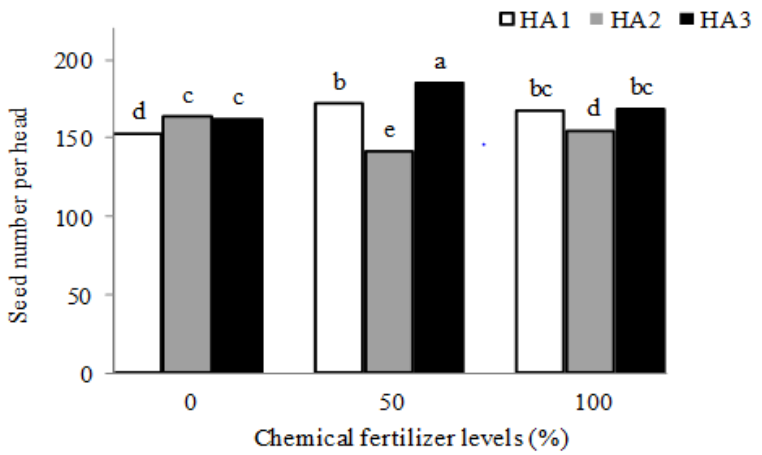


شکل 5- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر)، گونه قارچ *G. mosseae* و سطوح اسیدهیومیک بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

Fig. 5- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous), *G. mosseae* fungus and humic acid levels on seed number per head of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسیدهیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)



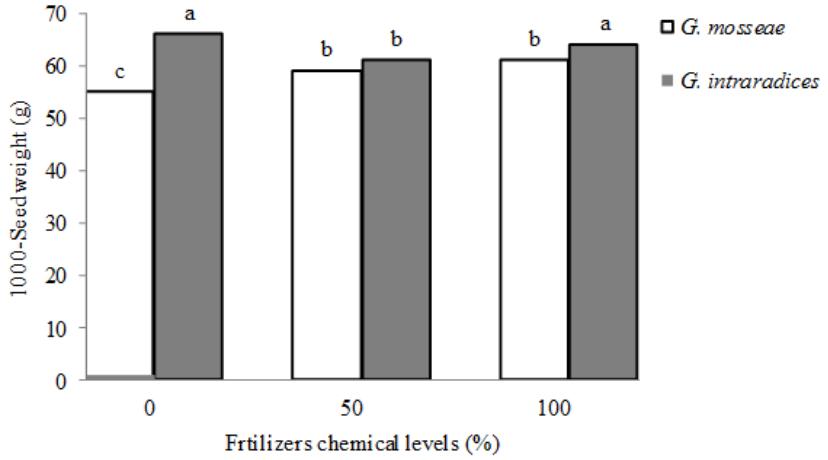
شکل 6- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر)، گونه قارچ *G. intraradices* و سطوح اسیدهیومیک بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

Fig. 6- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous), *G. intraradices* fungus and humic acid levels on seed number per head of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسید هیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)

مهرورز و چایچی (Mehrvarz & Chaichi, 2008) نشان دادند که افزایش جذب فسفر و انتقال آن به سلول‌های گیاه ذرت، سبب بهبود رشد، افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌شود و در نتیجه در مرحله پر شدن دانه، شیره پرورده کافی به بلال انتقال پیدا می‌کند و باعث کاهش میزان پوکی دانه و افزایش تعداد دانه در بلال می‌شود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای شیمیایی و قارچ میکوریزا نشان داد که تلقیح آفتابگردان با قارچ *G. intraradices* در شرایط عدم کاربرد و مصرف 100 درصد کودهای شیمیایی به طور معنی‌داری وزن هزار دانه را نسبت به دیگر تیمارها افزایش داد.

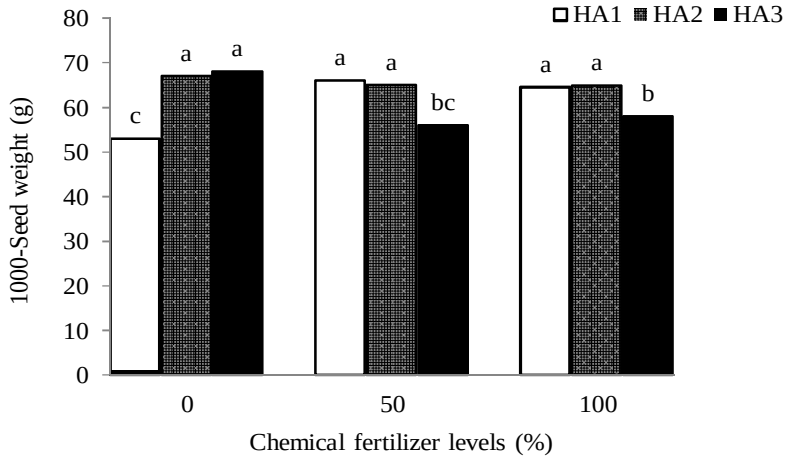


شکل 7- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای شیمیایی و گونه‌های قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه آفتابگردان

Fig. 7- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers and mycorrhiza species on 1000- seed weight of sunflower

به نظر می‌رسد کودهای شیمیایی روی کارآیی این قارچ اثری نداشتند به دلیل این‌که در هر دو سطح کودی، وزن هزار دانه به یک میزان افزایش یافت، در صورتی‌که مصرف 50 و 100 درصد کودهای شیمیایی اثرات مثبت *G. mosseae* را بر وزن هزار دانه تشدید کردند (شکل 7).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی و سطوح اسیدهیومیک گویای آن بود که در شرایط عدم‌کاربرد کود شیمیایی با افزایش مقادیر مصرفی اسیدهیومیک از صفر به هشت و 16 کیلوگرم در هکتار وزن هزار دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت. سطوح دوم و سوم کودهای شیمیایی و سطوح اول و دوم اسیدهیومیک نیز افزایش معنی‌داری در وزن هزار دانه سبب شدند، ولی سطح سوم اسیدهیومیک باعث کاهش این صفت شد. به نظر می‌رسد اسیدهیومیک در سطوح بالاتر همراه با کود شیمیایی اثر آنتاگونیستی بر وزن هزار دانه دارد و کاربرد آن بدون کود شیمیایی مناسب‌تر است (شکل 8).



شکل 8- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی (ازت و فسفر) و اسیدهیومیک بر وزن هزار دانه آفتابگردان

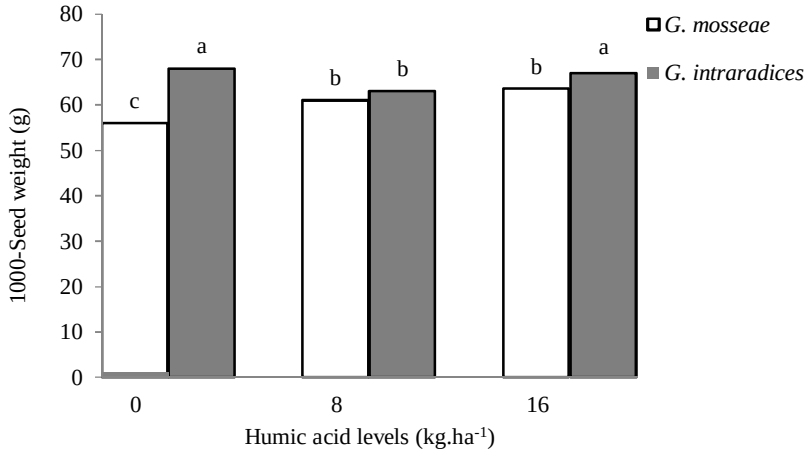
Fig. 8- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous) and humic acid levels on 1000- seed weight of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسید هیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)

مقایسه میانگین اثر متقابل اسیدهیومیک و قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه نشان داد که در تیمار سطح دوم اسیدهیومیک و قارچ *G. intraradices*، بیشترین وزن هزار دانه به دست آمد، ولی افزایش بیشتر اسیدهیومیک مصرفی منجر به کاهش اثرات مثبت *G. intraradices* بر وزن هزار دانه شد (شکل 9). سطح سوم اسیدهیومیک و *G. mosseae* باعث افزایش وزن هزار دانه شد. کمترین وزن هزار دانه با کاربرد *G. mosseae* و در سطح اول و دوم اسیدهیومیک به دست آمد که با گیاهان تلقح شده توسط *G. intraradices* تحت شرایط مصرف 16 کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به لحاظ این صفت اختلاف معنی‌داری نداشتند.

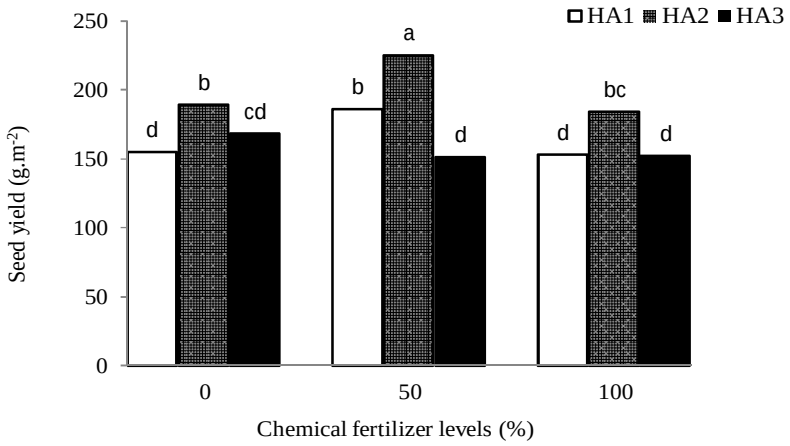
نتایج پژوهشی روی ذرت نشان داد که تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا *G. mosseae* موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد (Samarbakhsh et al., 2009). افزایش وزن هزار دانه نشان دهنده تأمین مواد فتوسنتزی مورد تقاضای دانه‌ها می‌باشد. اسیدهیومیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (Delfine et al., 2005).



شکل 9- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اسیدهیومیک و گونه‌های قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه آفتابگردان

Fig. 9- Mean comparison for interaction effect of mycorrhiza species and humic acid levels on thousand seed weight of sunflower

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی و سطوح اسیدهیومیک بر عملکرد دانه گویای آن بود که تیمار سطح دوم کود شیمیایی و سطح دوم اسیدهیومیک از بیشترین عملکرد دانه نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود و تیمارهای سطوح اول و سوم کود شیمیایی در سطح دوم اسیدهیومیک و نیز تیمار سطح دوم کود شیمیایی و سطح اول اسیدهیومیک افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه به وجود آوردند (شکل 10).



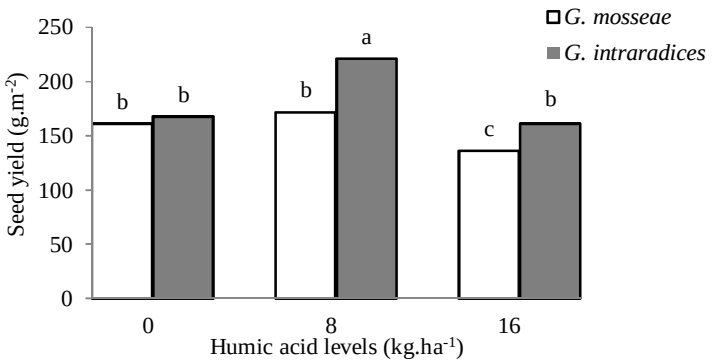
شکل 10- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی (ازت و فسفر) و اسیدهیومیک بر عملکرد دانه آفتابگردان

Fig. 10- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous) and humic acid levels on seed yield of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسید هیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 kg.ha^{-1} and HA_3= adding 16 kg.ha^{-1})

مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اسیدهیومیک و گونه‌های قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه نشان داد که تیمار سطح دوم اسیدهیومیک و قارچ *G. intraradices*، به طور معنی‌داری از بیشترین میزان عملکرد دانه برخوردار بود. تیمار سطح سوم اسیدهیومیک و سویه قارچ *G. mosseae* نیز باعث کاهش عملکرد دانه شد که بیانگر اثر منفی سطوح بالای اسیدهیومیک بر کارآیی گونه‌های قارچ میکوریزا بود (شکل 11).

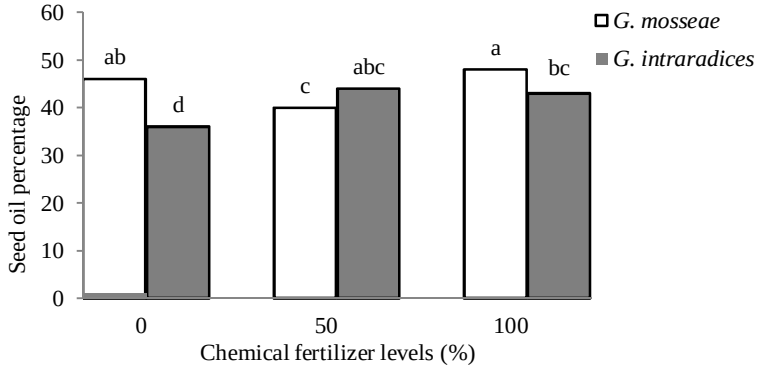


شکل 11- مقایسه میانگین اثر متقابل گونه‌های قارچ میکوریزا و سطوح اسیدهیومیک بر عملکرد دانه آفتابگردان
Fig. 11- Mean comparison for interaction effect of mycorrhiza species and humic acid levels on seed yield of sunflower

عملکرد دانه به عنوان تابعی از اجزاء عملکرد، از افزایش تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و قطر طبق ناشی می‌شود. گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزایی می‌باشند، به دلیل این‌که عناصر غذایی و آب بیشتری از خاک جذب می‌نمایند از رشد بهتری برخوردار خواهند بود و عملکرد بهتری خواهند داشت (Subramanian et al., 1995).

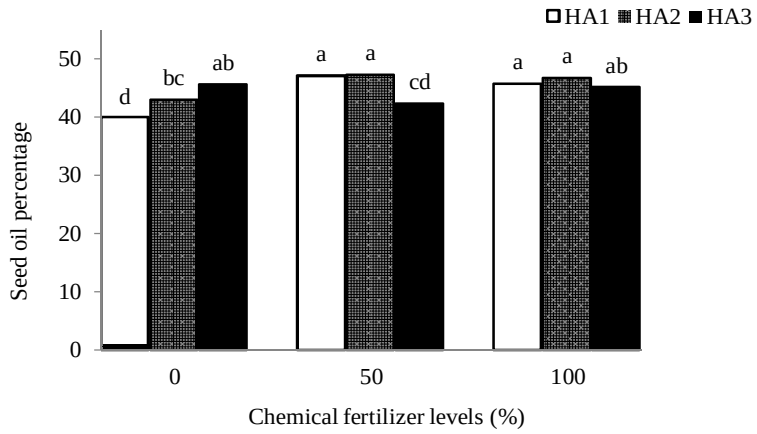
نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که از لحاظ درصد روغن دانه، اثر اصلی میکوریزا و همچنین اسیدهیومیک در سطح احتمال پنج درصد، اثر متقابل کود شیمیایی در میکوریزا و کود شیمیایی در اسیدهیومیک و اثر متقابل سه فاکتور کود شیمیایی در میکوریزا در اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی و گونه‌های قارچ میکوریزا گویای آن بود که سطوح کود شیمیایی تأثیر مثبت قابل ملاحظه‌ای روی کارآیی قارچ *G. mosseae* در میزان روغن دانه نداشت، ولی کاربرد سطوح 50 و 100 درصد کودهای شیمیایی و قارچ *G. intraradices* نسبت به عدم کاربرد کود شیمیایی و این قارچ به افزایش معنی‌دار درصد روغن منجر شد (شکل 12). با کاربرد قارچ *G. mosseae*، بیشترین درصد روغن دانه در سطح مصرف 100 درصد کود شیمیایی و کمترین درصد آن با کاربرد قارچ *G. intraradices* و بدون مصرف کود شیمیایی به دست آمد. کارآیی *G. mosseae* در شرایط عدم مصرف کود اختلاف چندانی با تیمار مصرف 100 درصد کود شیمیایی نداشت.

نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل کود شیمیایی و سطوح اسیدهیومیک روی درصد روغن دانه نشان داد که در تیمارهای مربوط به عدم کاربرد کودهای شیمیایی کاربرد کود آلی اسیدهیومیک روی روغن دانه اثرگذار بوده و همراه با افزایش سطوح اسیدهیومیک درصد روغن به طور معنی‌داری افزایش یافت، اما در ترکیب‌های تیماری مربوط به سطوح دوم و سوم کودهای شیمیایی و کاربرد اسیدهیومیک افزایش معنی‌داری در درصد روغن دانه مشاهده نشد (شکل 15). البته کاربرد این تیمارها نسبت به عدم کاربرد کود شیمیایی و اسیدهیومیک موجب افزایش معنی‌دار درصد روغن دانه گردید (به جز تیمار سطح دوم کود شیمیایی و سطح سوم اسیدهیومیک که اختلافی با این تیمار نداشت) (شکل 13).



شکل 12- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و گونه‌های قارچ میکوریزا بر درصد روغن دانه آفتابگردان

Fig. 12- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous) and mycorrhiza species on seed oil percentage of sunflower



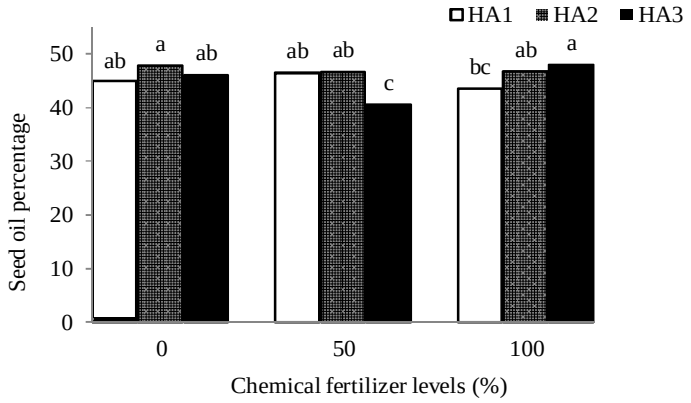
شکل 13- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و سطوح اسیدهیومیک بر درصد روغن دانه آفتابگردان

Fig. 13- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous) and humic acid levels on seed oil percentage of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسیدهیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل گونه‌های قارچ میکوریزا، سطوح کود شیمیایی و اسیدهیومیک نشان داد که با کاربرد *G. mosseae* در سطوح مختلف اسیدهیومیک و کود شیمیایی، درصد روغن دانه افزایش معنی‌داری نداشت (شکل 14). در شرایط استفاده از *G. intraradices* بدون کاربرد کود شیمیایی و در سطح سوم اسید هیومیک، درصد روغن دانه به طور معنی‌داری افزایش داشت، اما سطح سوم کود شیمیایی و عدم مصرف اسیدهیومیک نسبت به سطوح دیگر آن به افزایش بیشتر درصد روغن دانه منجر شد (شکل 15). به نظر می‌رسد که تلقیح با قارچ *G. intraradices* بدون مصرف اسیدهیومیک و در سطح سوم کود شیمیایی از کارآیی بهتری نسبت به گونه دیگر برخوردار است و سطوح کود شیمیایی و اسیدهیومیک در این تیمار بر هم اثر آنتاگونیستی دارند و کارآیی قارچ میکوریزا را کاهش می‌دهند.

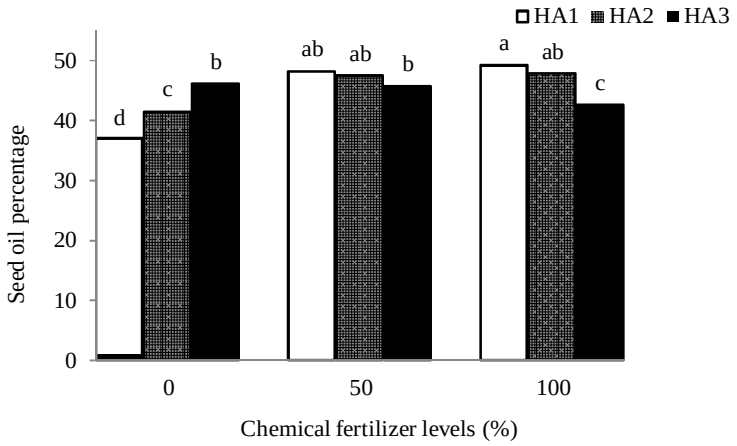


شکل 14- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کود شیمیایی، قارچ میکوریزا سویه *G. mosseae* و سطوح اسیدهیومیک بر درصد روغن دانه آفتابگردان

Fig. 14- Mean comparison for interaction of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorus), *G. mosseae* fungus and humic acid levels on seed oil percentage of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسیدهیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)



شکل 15- مقایسه میانگین اثر متقابل کود شیمیایی، قارچ میکوریزا سویه *G. intraradices* و اسیدهیومیک بر درصد روغن دانه آفتابگردان

Fig. 15- Mean comparison for interaction of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorus), *G. intraradices* fungus and humic acid levels on seed oil percentage of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسیدهیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kgha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kgha^{-1}$)

در تحقیق میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008) مشخص شد که تلقیح بذر گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) با باکتری آزادزی *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزا باعث افزایش میـزان روغن دانه شد. با توجه به این‌که میزان روغن دانه با طولانی‌تر شدن فصل رشد و خنک شدن دمای هوا طی مرحله پر شدن دانه افـزایش می‌یابد، تأمین کامل عناصر مورد نیاز از طریق کودهای شیمیایی بـا بهبود عملکرد دانه تأثیر مستقیمی بر افزایش روغن آفتـابگردان دارد. بروندت و کیندریس (Brundett & Kendric, 1988) گزارش کردند

که عوامل متعددی بر شدت وابستگی میکوریزایی گیاه مؤثر می‌باشند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به نوع گیاه میزبان، گونه قارچ میکوریزا و شرایط خاک اشاره نمود. میکوریزا افزایش جذب عناصر غذایی را به واسطه افزایش انشعابات ریشه گیاه و ریسه قارچ در یک محدوده معین از خاک ممکن می‌سازد.

نتیجه‌گیری

استفاده توأم کودهای شیمیایی و گونه‌های قارچ مایکوریزا بر درصد روغن، وزن هزار دانه دارای تأثیر معنی‌داری بود و باعث افزایش این صفات گردید. به طور کلی، کاربرد کودهای شیمیایی و اسیدهیومیک در سطوح مختلف نشان‌دهنده اثر منفی آن‌ها در سطوح بالای کودهای مصرفی بود به گونه‌ای که سطح سوم این کودها به کاهش درصد روغن دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق منجر گردید در حالی‌که سطح دوم کود شیمیایی و اسیدهیومیک سطح بهینه مصرف بود و افزایش در بیشتر صفات در این سطح برای هر دو کود به دست آمد. کاربرد توأم سطوح اسیدهیومیک و گونه‌های قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه اثرگذار بود به طوری‌که قارچ *G.interaradices* در سطوح مختلف اسیدهیومیک باعث افزایش در میزان صفات فوق الذکر شد و این افزایش در سطح دوم اسیدهیومیک بارزتر بود. در بین غلظت‌های اسیدهیومیک مورد مطالعه، غلظت متوسط (هشت کیلوگرم در هکتار) اثر بهتری را بر فاکتورهای مورد بررسی داشت در حالی‌که در غلظت‌های زیادتر این مواد، مضر یا بی-تأثیر بود. تأثیر کودهای شیمیایی بر بیشتر صفات مورد مطالعه در غلظت‌های پایین‌تر مناسب بود و مصرف زیاد آن‌ها باعث کاهش کارآیی قارچ‌های میکوریزا و اسیدهیومیک گردید. بنابراین، استفاده از ترکیب کودهای بیولوژیک، آلی و شیمیایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است، با توجه به اهمیت استفاده از قارچ‌های مایکوریزا در مبحث باروری خاک و کاهش نیاز به کودهای شیمیایی و اهمیت مواد هیومیکی، یکی از راهبردهای دسترسی به اهداف کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم است.

منابع

Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P., and Zocchi, G. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutition. Journal of Plant Nutrition 21(3): 561-575.

Alizadeh, O., and Alizadeh, A. 2011. Consideration Use of mycorrhiza and vermicompost to optimizing of chemical fertilizer application in corn cultivation. Advances in Environmental Biology 5(6): 1279-1284.

Arienes, J., Palma, J.M., and Varion, A. 1993. Comparison protein pattern in nonmycorrhizal and VA mycorrhizal roots of red clover. New Phytologist 123: 763-768.

Arshi, Y. 1994. Science and Technology of Sunflower. General Office of Cotton and Oilseeds Publication. Ministry of Agriculture Publication, Tehran, Iran, 719 pp. (In Persian)

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84(1):7-14.

Brundett, M.C., and Kendric, W.B. 1988. The mycorrhiza status, root anatomy, phenology of plant in a sugarmaple forest. Canadian Journal of Botany 66: 1153-1173.

Chamola, B.P., and Mukergi, K.G. 2003. Compenndium of Mycorrhizal Research. A.P.H. Publisher. New Delhi p. 310.

Chen, B.D., Li, X.L., Tao, H.Q., Christie, P., and Wong, M.H. 2003. The role of arbuscular mycorrhiza in zinc uptake by red clover growing in calcareous soil spiked with variousquantities of zinc. Chemosphere 50: 839-846.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25(2): 183-191.

FAO. 2014. Oil Crops. Food Outlook. Trade and Markets Division p. 17.

Ghorbani, S., Khazaeei, H.R., Kafi, M., and Banayan Aval, M. 2010. Effects of humic acid on yield and yield components of maize. Journal of Agroecology 2(1): 111-118. (In Persian with English Summary)

Mehraban, A., Noormohammady, G., Vazan, Ardakani, M.R., and Heydary Sharifabad, H. 2012. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi on some characteristics of sorghum cultivars. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(2): 1-9. (In Persian with English Summary)

Mehrvarz, S., and Chaichi, M.R. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms andphosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L.). American-Eurasian Journal of Agriculture and

Environmental Sciences 3(6): 855-860.

Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Ayneband, A., Shiranirad, H., and Rejali, F. 2008. Effects of inoculation with Azotobacterand mycorrhiza and different levels of nitrogen and phosphorous on grain yield and its components inspring safflower. The 10th Iranian Crop Production and Breeding Congress. Karaj, Iran. 18-20 p. 413. (In Persian)

Nasotimiandoab, R., Samavat, S., and Tehrani, M.M. 2011. Effects of liquid humus manure on iron concentration in green beans shoots. Regional Conference on Knowledge Management in Sustainable Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Iran 49: 111-119. (In Persian with English Summary)

Nourbakhash, F., and Hajabbasi, M.A. 1998. Soil Biology. Ghazal Publication, Isfahan, Iran p. 198. (In Persian)

Rajabzadeh Motlagh, F., Mohammadi, E., and Asghari, H.R. 2012. Evaluation of dual inoculation of mycorrhiza and Sinorhizobium and nitrogen fertilizer application on annual medic (*Medicago scutellata*) growth. Journal of Rangeland 6(3): 216-227. (In Persian with English Summary)

Kolsarici, O., Kaya, M.D., Day, S., Ipek, A., and Uranbey, S. 2005. Effects of humic acid dosesonemergence and seeding growth of sunflower (*Helianthus annus* L.). Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture 18(2): 151-155. (In Turkish with English Summary)

Lebaschi, M., Rezai, A., and Mazaheri, D. 2000. The quantitative aspects of dual use of oats and barley. Journal of Research and Manufacturers 21: 15-19. (In Persian)

Reddy, P.S., Rao, S.S., Venkataramana, P., and Suryanarayana, N. 2003. Response of mulberry varieties to VAM and Azotobacter biofertilizers inoculation. Indian Journal of Plant Physiology 8(2): 171-174.

Samarbakhsh, S., Rejali, F., Ardakani, M.R., Pak Nejad, M., and Miransari, M. 2009. The combined effects of fungicides and Arbuscular Mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) growth and yield under field conditions. Journal of Biological Sciences 9: 372-376.

Sharif, M., Khattak, R.A., and Sarir, M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis 33: 19-20.

Sharma, A.K., and Johri, B.N. 2002. Arbuscular mycorrhizae, interaction in plants, rhizosphere and soils. Science Publisher. INC, ENFILD, NH, USA. p. 110-112.

Subramanian, K.S., Charest, C., Dwyer, L.M., and Hamilton, R.I. 1995. Arbuscular mycorrhiza and water relations in maize under drought stress at tasselling. New Phytologist 129: 643-650.

Uhart, S.A., and Andraide, F.H. 1995. Nitrogen deficience in maize. Crop Science 35: 1376-1389.

Vaughan, D., and Malcom, R.E. 1985. Influnce of Humic substance on growth and physiological processes. In: Vaughan D, Malcom, R.E. (Eds), soil organic matter and biological activity martinus. Nijhoff/ Drwjung publication Dodrecht p. 37-75.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 567-582

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 582-567

The Effect of Mycorrhizal Fungi and Humic Acid on Yield and Yield Components of Sunflower

H. Veysi[1], G.R. Heidari[2*] and Y. Sohrabi[3]
Submitted: 14-06-2015
Accepted: 10-11-2015

Veysi, H., Heidari, G.R., and Sohrabi, Y. 2017. The effect of mycorrhizal fungi and humic acid on yield and yield components of sunflower. Journal of Agroecology 8(4): 567-582.

Introduction

Cultivated sunflower is one of the largest oilseed crops in the world. Sunflower seed is the third largest source of vegetable oil worldwide, following soybean and canola. Nitrogen is one of the most important elements for crops to achieve optimum yields and quality. Phosphorus (P), next to nitrogen, is often the most limiting nutrient for crop and forage production. Phosphorus availability is controlled by three primary factors: soil pH, amount of organic matter and plant species (Reddy et al., 2003). Arbuscular mycorrhizal fungi are one of the most important microorganisms in majority of the undamaged soils so that about 70% of the soil microbial biomass is formed by the mycelium of these fungi. Mycorrhizal association promotes plant absorption of scarce or immobile minerals, especially phosphorus, resulting in enhanced plant growth. Humic acids are dark brown to black, and are soluble in waterunder neutral and alkaline conditions. They are complex aromatic macromolecules with amino acid, amino sugar, peptide and aliphatic compounds linked to the aromatic groups. Humic acid contains nitrogen, phosphorous, calcium, magnesium, sulphur, copper and zinc (Subramanian et al., 2009).

Materials and methods

Experiment was conducted as split plot factorial based on randomized block design with three replications in 2011-2012. The main plots consisted of nitrogen and phosphorus application levels (zero percent or no chemical fertilizer application, 50% equivalent to 37.5 $kg.ha^{-1}$ urea + 25 $kg.ha^{-1}$ super phosphate triple and 100% equivalent to 75 $kg.ha^{-1}$ urea + 25 $kg.ha^{-1}$ super phosphate triple). Two species of mycorrhizal include (*G. mosseae*) and (*G. interaradices*) with three levels of humic acid (0, 8 and 16 $kg.ha^{-1}$) were placed in subplots. The measured traits were: plant height, seed number per head, head diameter, seed oil content, thousand seed weight and seed yield. The data were analyzed using the Mstat-C statistical software. Mean comparison was performed using LSD method (at 5% level). The figures were prepared by Microsoft Excel.

Results and discussion

Mean comparisons showed that highest seed number per head belonged to plants under *G. mosseae*, without chemical fertilizer applying and without the use of humic acid (Fig. 5). The highest thousand seed weight obtained from using 8 and 16 $kg.ha^{-1}$ humic acid without chemical fertilizer and applying 0 and 8 $kg.ha^{-1}$ humic acid and using 50 and 100% chemical fertilizer. It seems that humic acid has antagonistic effects with chemical fertilizer in high levels. Interaction of humic acid and mycorrhiza species also showed that the highest thousand seed weight belonged to 8 $kg.ha^{-1}$ humic acid and *G. intraradices*. Samarbakhash et al. (2009) in maize showed that Inoculation with mycorrhizal fungi significantly increased the average seed weight. The highest seed yield obtained from applying 50% chemical fertilizer and 8 $kg.ha^{-1}$ humic acid. Mean comparison of interaction effect of humic acid levels and mycorrhiza strains also showed that the highest seed yield belonged to 8 $kg.ha^{-1}$ humic acid and *G. intraradices*. This increase may be attributed to the extensive root development and hyphae that reduce the distance fordiffusion of essential elements thus enhancing the nutrient absorption. Mean comparison of interaction effect of chemical fertilizer levels and mycorrhiza strains indicated that chemical fertilizer levels had no considerable effect on *G. mosseae* efficiency from viewpoint of seed oil content but applying 50 and 100% chemical fertilizer along with using *G. intraradices* significantly increased seed oil content. Mirzakhani et al. (2008) in sprig safflower showed that mycorrhiza can solubilize phosphorus in soil and enhance absorb

1, 2 and 3- Former MSc Student of Agronomy, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Kurdistan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: g.heidari@uok.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.47563

elements by plant.

Conclusion

In general, among applied humic acid levels, using 8 $kg.ha^{-1}$ had positive effects on the studied traits of sunflower than its other levels. Furthermore, inoculation of seeds with mycorrhiza and using proportionate chemical fertilizers can cause increased grain yield and seed oil content.

Keywords: Chemical fertilizer, Oil percentage, Phosphorus, Seed number per head, Seed yield

References

Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Ayneband, A., Shiranirad, H., and Rejali, F. 2008. Effects of inoculation with *Azotobacter* and mycorrhiza and different levels of nitrogen and phosphorous on grain yield and its components inspring safflower.The 10th Iranian Crop Production and Breeding Congress. Karaj, Iran. 18-20, 413 pp. (In Persian)

Reddy, P.S., Rao, S.S., Venkataramana, P., and Suryanarayana, N. 2003. Response of mulberry varieties to VAM and Azotobacterbiofertilizers inoculation. Indian Journal of Plant Physiology 8(2): 171-174.

Samarbakhsh, S., Rejali, F., Ardakani, M.R., Pak Nejad and Miransari, M. 2009. The combined effects of fungicides and Arbuscular Mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) growth and yield under field conditions. Journal of Biological Sciences 9: 372-376.