

## اثر میکوریز آربوسکولار و برادی رازوبیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تنش کم آبی

محمدعلی ابوطالبیان<sup>۱\*</sup> و محبوبه خلیلی<sup>۲</sup>

۱. استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان، ایران.

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه بوعلی سینا همدان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۲۱ - تاریخ تصویب: ۹۲/۱۲/۲۰)

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر دو نوع زیستی بر رقم M9 سویا تحت تنش کم آبی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشگاه بوعلی سینا در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. در کرت اصلی سه سطح آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر A و در کرت فرعی کود زیستی در چهار سطح (برادی رازوبیوم، میکوریز، هر دو کود زیستی و عدم تلقیح) بودند. نتایج نشان داد تنش کم آبی اثر معناداری بر تعداد غلاف در متر مربع، دانه در غلاف، ارتفاع بوته، عملکرد زیستی، دانه و روغن داشت، اما بر وزن صد دانه، شاخص برداشت و درصد روغن اثر معناداری نداشت. در وضعیت عدم تنش کم آبی، کودهای زیستی بر بیشتر صفات اندازه‌گیری اثری نداشتند و حتی میکوریز سبب کاهش ارتفاع بوته‌ها شد. اما کاربرد کود زیستی به ویژه کاربرد همزمان آنها سبب تقلیل اثر منفی تنش کم آبی شد، به طوری که در تنش شدید کم آبی کاربرد همزمان، تعداد غلاف در متر مربع، وزن صد دانه، ارتفاع بوته و عملکردهای زیستی، دانه و روغن را به ترتیب ۳۳، ۹/۶، ۱۵/۴، ۹۰، ۹۳ و ۱۷۰ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف کودهای زیستی افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: روغن، قارچ، کم آبی، کود زیستی.

### مقدمه

محدودیت‌های تولید گیاهان زراعی از جمله سویا در ایران خشکی و کمبود رطوبت است. (Shahmoradi et al., 2009; Ober et al., 2003; Emam, 2008). بنابراین دستیابی به راهبردهایی برای کاهش اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس، مایه‌زنی بذور گیاهان با میکروارگانیسم‌های همزیست با آنها همچون قارچ میکوریزا، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های آزادزی که سبب تحریک رشد گیاه می‌شوند، می‌تواند سودمند باشد (Khan, 2002). برادی رازوبیوم باکتری همزیست تخصصی با گیاه سویا است که از راه تثبیت نیتروژن، رشد گیاه را بهبود می‌بخشد. همچنین گزارش شده است که تلقیح سویا با قارچ میکوریزی آربوسکولار موجب افزایش طول ریشه و

سویا (*Glycine max* L.) از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در جهان و ایران است. دانه خشک سویا به‌طور معمول دارای ۱۸ تا ۲۵ درصد روغن و ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین است (Khaje-Pour, 2006) و اهمیت ویژه‌ای در تغذیه انسان، دام و طیور دارد؛ به طوری که از نظر تولید روغن خوراکی در جهان دارای رتبه اول است (FAS, 2005)<sup>۱</sup>. براساس اطلاعات سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)<sup>۲</sup>، سطح زیر کشت سویا در جهان طی سال ۲۰۱۲ حدود ۱۰۴/۹ میلیون هکتار با تولید حدود ۲۴۱/۸ میلیون تن بوده است و بنابر همین گزارش سطح زیر کشت سویا در ایران ۸۰ هزار هکتار با تولید ۲۰۰ هزار تن است. به عبارت دیگر سهم ایران از تولید سویا در دنیا تنها حدود ۰/۰۸ درصد است. از مهم‌ترین

منطقه تحقیق از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه خشک و سرد، با میانگین بارندگی سالانه ۳۳۳ میلی لیتر و متوسط دمای ۲۴ درجه سانتی گراد در گرم ترین ماه سال براساس آمار هواشناسی ۵۵ ساله است. در این مطالعه از رقم M9 سویا که رشد محدودی داشته و در گروه رسیدگی زودرس با دوره رشدی ۱۱۰-۱۰۰ روز قرار دارد استفاده شد.

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. عامل تنش (شامل سه سطح آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی-متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A که به ترتیب به عنوان آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید خشکی در نظر گرفته شد) در کرت اصلی و عامل کود زیستی (شامل بدون تلقیح یا شاهد کودی، ترکیب با میکوریز، تلقیح با برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم و ترکیب و تلقیح همزمان با هر دو نوع کود زیستی) در کرت فرعی قرار گرفت. پیش از کاشت براساس آزمون خاک ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه از منبع اوره به کار برده شد. در جدول ۱ مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی ذکر شده است. بذر و کود برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم از مرکز تحقیقات دانه های روغنی همدان با نام تجاری بیوسوی و کود زیستی میکورایز آربوسکولار گونه گلموس موسه<sup>۱</sup> با ۱۵۰ اسپور قارچ در هر گرم، از شرکت زیست فناوری توران شاهرود با نام تجاری مایکوپرسیکا تهیه شد که بنابر توصیه شرکت سازنده به مقدار ۲۰ گرم در هر متر مربع زمین به صورت نواری در کنار بذر هنگام کاشت استفاده شد. در ضمن مایه تلقیح برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم به شکل مایع بود که در هر میلی لیتر آن  $10^{11} \times 8/5$  سلول زنده و فعال باکتری وجود داشت. عملیات کاشت در ۱۵ خرداد انجام گرفت. هر کرت فرعی با شش خط کاشت به طول ۵ متر با فواصل ردیف ۵۰ سانتی متر و فاصله بوته ها روی ردیف ۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. آبیاری به صورت جوی و پشته انجام گرفت و فاصله بین کرت ها حدود ۲ متر تنظیم شد.

ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه، قطر ساقه و وزن هزاردانه می شود (Ilbas & Sahin, 2005). Dileep *et al.* (2010) Kumar نیز نشان دادند که تلقیح توأم بذور نخود با سودوموناس فلورسنس و ریزوبیوم به افزایش ارتفاع ساقه، طول ریشه و وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد منجر شد. در آزمایشی بر روی سویا، کاربرد همزمان برادی ریزوبیوم و میکوریزا سبب افزایش وزن خشک برگ در وضعیت تنش رطوبتی شد (Tajik-khave *et al.*, 2011). در تحقیقات مشابه، دلیل آن را تولید هورمون های محرک رشد (Allen, 2003) و افزایش فتوسنتز گیاهان میکوریزایی در مقایسه با انواع غیر میکوریزایی ذکر کرده اند (Ntunes, 2004). همچنین گزارش شده که ریزوبیوم ها با القای تولید ترکیبات مختلفی مانند اکسین ها، سیتوکنین ها، ریبوفلاوین ها و ویتامین ها، رشد لگوم ها را افزایش می دهند (Dakora, 2003). Mirza Khani *et al.* (2008) نیز نشان دادند تلقیح گلرنگ بهاره با کود زیستی میکوریزا و باکتری ازتوباکتر سبب افزایش ۹/۲۰ درصدی عملکرد روغن شده است. Mekki & Ahmed (2005) نیز افزایش روغن، پروتئین و فسفر دانه را در تلقیح بذر سویا با باکتری های برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم و سودوموناس سرانیا اعلام کردند.

در همین راستا Sharma & Namdeo (1999) افزایش درصد روغن دانه سویا را بر اثر افزودن کود زیستی به تنهایی گزارش کردند و نیز نشان دادند کود زیستی و آلی با تأمین عناصر غذایی لازم برای تشکیل پروتئین و روغن، سبب بهبود کیفیت گیاه می شوند که با نتایج تحقیق El-Kholy & Gomaa (2000) مطابقت داشت. هدف از این آزمایش، بررسی تأثیر کودهای زیستی برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم و قارچ میکوریزا آربوسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سویا در وضعیت تنش کم آبی بوده است.

### مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی همدان با ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا و مختصات عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی اجرا شد.

1. Glomus mosseae

محاسبه شد. درصد روغن نیز با دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شد و عملکرد روغن هم از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به دست آمد. همه محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها، مطابق طرح آماری، به کمک آزمون حداقل اختلاف معنادار (LSD) در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SAS ورژن ۸ صورت گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

واحدهای آزمایشی تا مرحله شش‌برگی به طور کامل آبیاری شدند و بعد از این مرحله، اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی آغاز شد. به منظور اندازه‌گیری صفاتی نظیر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صدانه و ارتفاع گیاه از متوسط اعداد به دست آمده از ده بوته از هر کرت استفاده شد و برای اندازه‌گیری عملکرد زیستی و دانه نیز دو متر مربع از هر کرت برداشت شد. همچنین شاخص برداشت با استفاده از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیستی (Ntanos & Koutroubas, 2002)

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل (ppm)	نیترژن کل (درصد)	pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (درصد)
۳۵	۴۵	۲۰	لومی‌رسی	۸/۲	۲۲۰	۰/۱	۷/۸	۰/۴۰۹	۰/۷۲

## نتایج و بحث

### غلاف در متر مربع

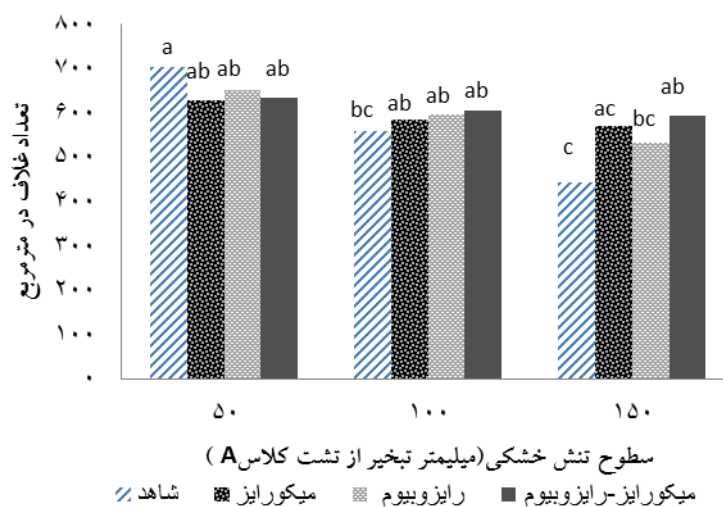
یابند و به این ترتیب از حجم بیشتری از خاک استفاده کنند (Bowen, 1973; Reid & Bowen, 1979). همچنین این میکروارگانیسم‌ها با فراهم کردن سطح اضافی برای جذب، سبب افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر (Zaghloul et al., 1996; Mikhaeel et al., 1994; Tarafdar & Marschner, 1994; Tarafdar & Marschner, 1996; Zaghloul et al., 1996; Tarafdar & Marschner, 1994) و نیترژن (Mikhaeel et al., 1994; Elgala et al., 1995) می‌شوند و به این ترتیب تولید آسیمیلات گیاه را افزایش می‌دهند. نیترژن با شرکت در ترکیبات پروتئینی و آمینی (مانند ا و ۳-دی آمین پروپان) علاوه بر اهمیت حفاظتی برای آنزیم‌ها و پایداری pH سلول، در جابه‌جایی عناصر دیگر از راه آوند چوبی تأثیر دارد (Marschner, 1995) که این واکنش‌ها به افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن صدانه منجر شد (Ahmad, 1995).

با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که اثر تنش و برهمکنش تنش و کود زیستی در سطح ۱ درصد بر این صفت معنادار شده است. افزایش شدت تنش سبب کاهش چشمگیر این صفت شد، اما کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه در تلفیق با یکدیگر سبب تخفیف معنادار اثر تنش کم‌آبی بر تعداد غلاف در واحد سطح شد (شکل ۱). به نظر می‌رسد علت کاهش تعداد غلاف در گیاه، افزایش شدت تنش ناشی از ریزش گل و غلاف باشد. در گیاه سویا گزارش شده است که تنش کم‌آبی در طی گلدهی و آغاز تشکیل غلاف، تعداد غلاف را به مقدار زیادی کاهش داد (Ramseur et al., 1984). انشعابات میسیلیومی قارچ‌ها قادرند به درون خاک و منافذی که برای ریشه و تارهای کشنده گیاه در دسترس نیستند راه

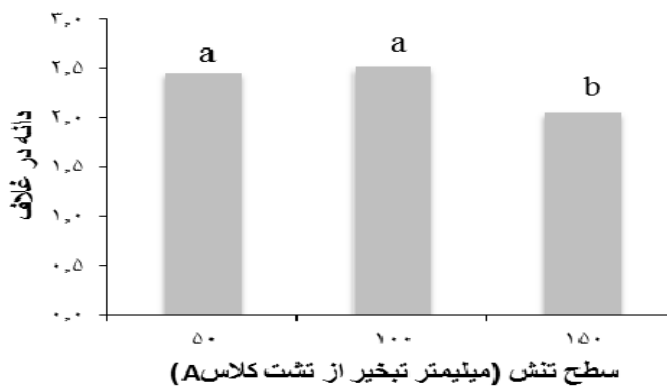
جدول ۲. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تیمارهای تنش کم‌آبی و کود زیستی

منابع تغییرات	درجه آزادی	غلاف در متر مربع	دانه در غلاف	وزن صدانه	ارتفاع بوته	عملکرد زیستی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
تکرار	۲	۱۶۳۰/۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۰۲۰۱۹۴۴ <sup>ns</sup>	۱/۰۳ <sup>ns</sup>	۱۱/۷۴ <sup>ns</sup>	۸۲۷۷/۹۵ <sup>ns</sup>	۲۹۸۱/۵۰ <sup>ns</sup>	۵۴/۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۱۰۳/۰۳ <sup>ns</sup>
تنش	۲	۴۲۹۳۸/۱۹*	۰/۷۵۲۶۷۷۸**	۲/۵۹ <sup>ns</sup>	۸۵۹/۳۹**	۱۲۸۵۸۲۶/۹۹**	۲۶۹۴۲۶/۴۶**	۱/۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۴۵ <sup>ns</sup>	۹۱۳۰/۲۷**
خطای الف	۴	۳۱۱۶/۸۲	۰/۱۳۹۴۹۰۲۸	۱/۰۶	۳/۴۹	۴۲۹۳/۵۲	۲۱۷۷/۹۶	۵۲/۴۴	۰/۵۰	۱۰۵/۴۱
کود زیستی	۳	۲۶۸۹/۸۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۱۵۲۱۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۷۸ <sup>ns</sup>	۱۴/۲۸*	۳۱۳۷۵/۰۱**	۷۷۲۹/۴۹**	۱۷/۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۱۷۳/۳۰ <sup>ns</sup>
تنش*کود زیستی	۶	۷۴۰۵/۱۶*	۰/۰۳۸۴۷۴۰۷ <sup>ns</sup>	۲/۳۹**	۳۶/۳۸**	۳۲۷۶۸/۴۱**	۱۲۰۲۷/۸۸**	۵/۲۱**	۰/۱۰۵ <sup>ns</sup>	۵۳۶/۵۲**
خطای ب	۱۸	۲۰۱۷/۰۶	۰/۰۳۹۳۳۷۰۴	۰/۵۰	۳/۳۲	۳۶۷۶/۰۶	۱۰۳۱/۲۰	۱۰/۸۷	۰/۱۵	۶۵/۹۴
ضریب تغییرات (/)		۷/۵۸	۸/۴۷	۴/۹۰	۳/۲۸	۶/۸۸	۷/۹۶	۷/۲۲	۴/۷۹	۱۱/۰۵

ns, ns, ns, ns و ns به ترتیب بدون معنای و معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.



شکل ۱. اثر تنش رطوبت و کود زیستی بر تعداد غلاف در متر مربع ( $LSD_{0.05} = 133/4$ )



شکل ۲. اثر تنش رطوبتی بر تعداد غلاف ( $LSD_{0.05} = 0/17$ )

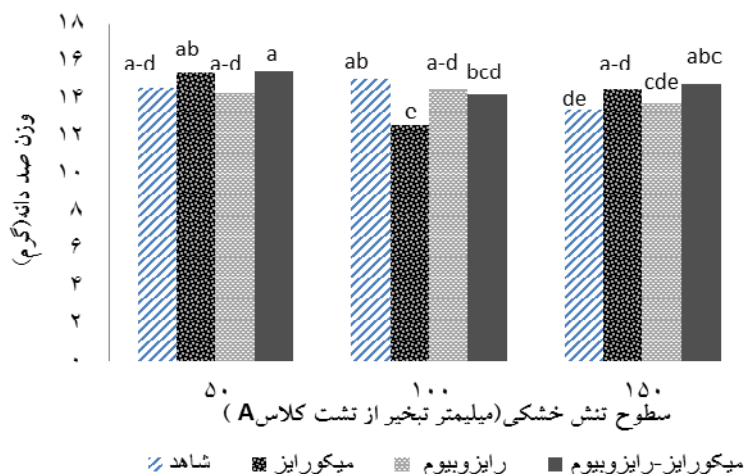
#### دانه در غلاف

تعداد دانه در گیاه سویا مهم‌ترین جزء عملکرد محسوب می‌شود و تحت تأثیر تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه در غلاف است. جدول تجزیه واریانس سطوح تنش و کاربرد کود زیستی نشان داد که تنش کم‌آبی اثر بسیار معناداری بر این صفت داشت، درحالی‌که کود زیستی و اثر متقابل آن اثر معناداری بر آن نداشت (جدول ۲). بیشترین میانگین تعداد دانه در غلاف در سطح تنش ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر با ۲/۵۱ مشاهده شد. این مقدار در آبیاری مطلوب ۲/۴۶ بود که تفاوت معناداری در سطوح تنش ملایم و آبیاری مطلوب مشاهده نشد، اما با افزایش شدت تنش در آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر، کاهش معنادار تعداد دانه در غلاف مشاهده شد و مقدار آن را به ۲/۰۵ رساند (شکل ۲). کاهش تعداد دانه در غلاف در این تیمار را می‌توان

به دلیل افزایش پوکی دانه بر اثر کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی (De Souza et al., 1997) دانست. فتوسنتز کانوپی در طول دوره گلدهی و تشکیل غلاف در سویا از مهم‌ترین عامل‌های تعیین‌کننده مقدار عملکرد است. گزارش شده است به دلیل رقابت اندام‌های رویشی با زایشی در مرحله نمو زایشی گیاه، کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی در این دوره، سبب کاهش تعداد غلاف یا دانه در واحد سطح شد (Egli, 1999). در شرایط تنش، مواد فتوسنتزی کمتری در گیاهان تولید می‌شود و از رشد رویشی گیاهان کاسته می‌شود. کاهش پتانسیل آب خاک، قبل یا پس از آغار گلدهی سبب کاهش معنادار پتانسیل آب در اندام‌های زایشی می‌شود که ممکن است فعالیت تخمدان را مختل کند و در نتیجه مانع نمو آن شود (Kokubun et al., 2001). نتایج این آزمایش با نتایج گزارش‌شده برخی محققان

قرار گرفت، به طوری که کمترین تعداد دانه در غلاف در تیمار بدون آبیاری به دست آمد و آبیاری سبب افزایش آن شد (Ruhul Amin *et al.*, 2009). تنش در مرحله شروع تشکیل غلاف سبب افزایش ریزش گل و غلاف می شود و به کاهش دانه در گیاه می انجامد (Daneshian *et al.*, 2001).

(Pandy *et al.*, 1984) مطابقت داشت. آنها گزارش کردند که گیاهان سویای تحت تنش خشکی، غلاف های کمتری تولید کردند، دانه های کمتری در هر غلاف داشتند و اندازه دانه ها کوچک تر از گیاهان رشد یافته در وضعیت آبیاری مطلوب بود. همچنین گزارش شده که تعداد دانه در غلاف به طور معناداری تحت تأثیر آبیاری



شکل ۳. اثر تنش رطوبتی و کود زیستی بر وزن صد دانه (LSD<sub>0.05</sub>=۱/۲۳)

جمله اینکه تلقیح سویا با قارچ میکوریزا آربوسکولار موجب افزایش طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه، قطر ساقه و وزن هزاردانه شد (Ilbas & Sahin, 2005). همچنین تلقیح بذر با برادی ریزوبیوم عملکرد و اجزای عملکرد سویا را افزایش داد (Rajput *et al.*, 2002; Oad *et al.*, 2001) و از آنجا که همبستگی مثبتی بین عملکرد و وزن صد دانه وجود دارد (جدول ۳)، می توان انتظار داشت که کاربرد این میکروارگانیسم های مفید در وضعیت کمبود شدید رطوبت، به عملکرد بیشتر منجر شود. در منطقه کاردو برزیل نیز تلقیح بذر سویا با برادی ریزوبیوم سبب افزایش ۷۵۰ کیلوگرمی عملکرد دانه در هکتار شد که محققان علت را افزایش چشمگیر وزن دانه ها معرفی کرده اند (Coutinho *et al.*, 1999).

#### ارتفاع بوته

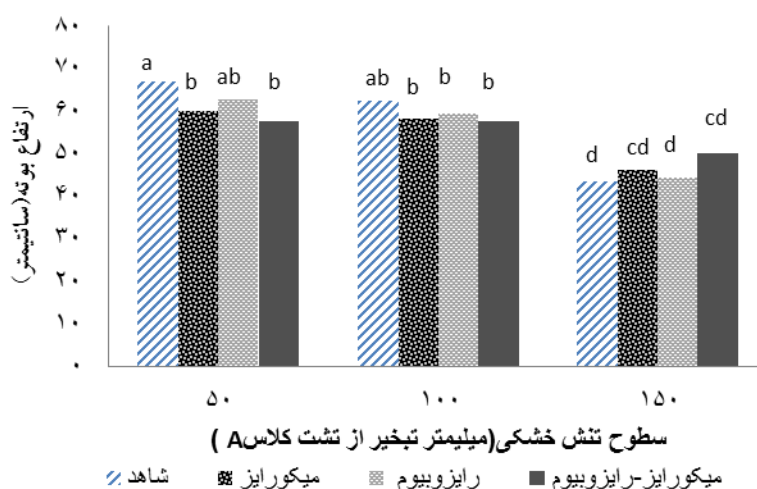
تنش کم آبی، کود زیستی و اثر متقابل آنها بر ارتفاع بوته دارای اثر معنادار بود (جدول ۲). همان گونه که انتظار می رفت، در وضعیت آبیاری مطلوب، گیاهان از رشد

#### وزن صد دانه

تنش کم آبی و کود زیستی اثر معناداری بر وزن صد دانه نداشتند، اما برهم کنش آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر آن تأثیرگذار بود (جدول ۲). با توجه به شکل ۳ ملاحظه می شود که در سطح عدم تنش کم آبی، تفاوت معناداری بین کودهای زیستی وجود نداشت، اما در تنش متوسط، کاربرد میکوریز سبب کاهش ۱۶ درصدی وزن دانه ها شد که علت آن ممکن است رقابت بین قارچ های همزیست و دانه های در حال پر شدن تحت وضعیت کمبود رطوبت باشد، به طوری که شدت رقابت بیش از سودمندی این همزیستی بوده است (Hart & Reader, 2002). اما در تنش شدید کاربرد هر دو کود زیستی برادی ریزوبیوم و میکوریزا سبب افزایش معنادار ۹/۶ درصدی این صفت مهم نسبت به تیمار عدم مصرف کودهای زیستی شد (شکل ۳). تأثیرات تشدیدکنندگی تلقیح توأم قارچ های میکوریزی و زیکولار آربوسکولار و ریزوبیوم ها برای محصولات مختلف گزارش شده است (Sharma & Johari, 2002). تحقیقات دیگری در خصوص سودمندی کاربرد میکروارگانیسم های مفید در سویا وجود دارد، از

فتوسنتزی باشد (Hart & Reader, 2002)، اما برعکس در تنش شدید کم‌آبی، کاربرد همزمان هر دو کود زیستی سبب افزایش چشمگیر ارتفاع بوته در حدود ۱۵/۴ درصد شد و چون ارتفاع با عملکردهای دانه، زیستی و روغن همبستگی زیادی دارد (جدول ۳) می‌توان گفت کاربرد هر دو کود زیستی می‌تواند بر تولید محصول در وضعیت کمبود شدید رطوبت مؤثر باشد.

بیشتری برخوردار بودند و بیشترین ارتفاع را داشتند، ولی با افزایش شدت تنش به دلیل اینکه مواد فتوسنتزی کمتری در گیاهان تولید می‌شود، رشد و ارتفاع گیاهان کاهش می‌یابد. در وضعیت عدم تنش کم‌آبی، کاربرد میکوریز و کاربرد همزمان هر دو کود زیستی سبب کاهش معنادار ارتفاع گیاه شد (شکل ۴) که شاید اثر رقابت به‌ویژه میکوریز با گیاه بر سر دریافت مواد



شکل ۴. اثر تنش رطوبت و کود زیستی بر ارتفاع بوته (سانتیمتر) ( $LSD_{0.05}=5/41$ )

(جدول ۲)، به طوری که مقایسه میانگین تیمارها نشان داد کاربرد همزمان کودهای زیستی به‌ویژه در تنش شدید سبب کاهش تأثیر سوء تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه شد (شکل ۵). در وضعیت آبیاری مطلوب گیاهان از بیشترین ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن دانه برخوردار بودند، بنابراین عملکرد بیشتری را نیز تولید کردند. مقایسه میانگین عملکرد در تیمارهای بررسی شده نشان داد بیشترین میانگین عملکرد دانه در آبیاری مطلوب در تیمار شاهد با ۶۰۰ گرم در متر مربع مشاهده شد. این مقدار در تیمار تنش ملایم ۳۸۵ گرم در متر مربع و در تنش شدید ۱۴۰/۵ گرم در متر مربع بود که تفاوت معناداری با تیمار شاهد آبیاری مطلوب داشت. در آبیاری مطلوب مشاهده شد کود زیستی میکوریزا سبب کاهش ۱۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. بنابر گزارش‌ها، در برخی موارد، همزیستی میکوریزایی علاوه بر اینکه به بهبود رشد گیاه نمی‌انجامد، بلکه سبب ممانعت یا کاهش رشد نیز می‌شود که علت آن رقابت بین گیاه و قارچ بر سر مواد آلی

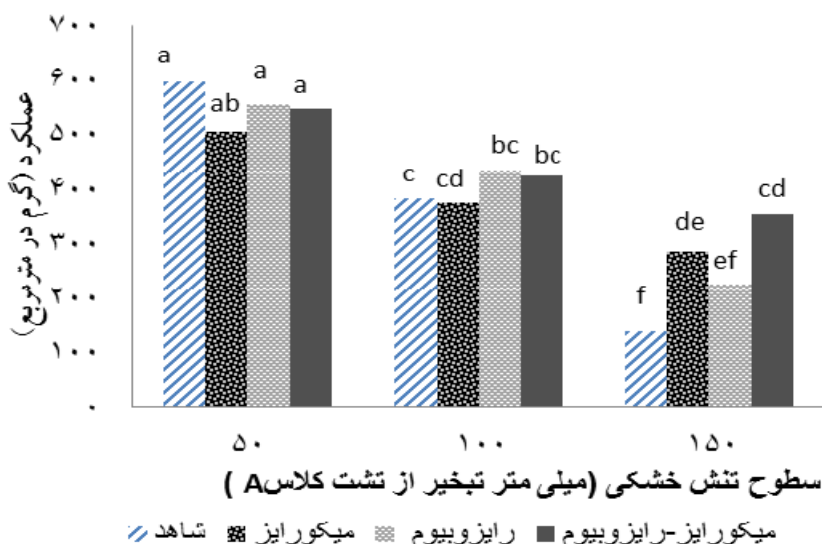
در تحقیقی عنوان شده است که تنش کم‌آبی در مراحل رویشی و زایشی اثر چشمگیری بر ارتفاع سویا داشته است (Desclaux & Roumet, 1996). همزیستی با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار سبب افزایش ارتفاع ساقه شد که از این نظر، نتایج به‌دست‌آمده با پژوهش‌های برخی محققان (Rapparini, AL-Karaki et al., 2004) به ترتیب در (Subramanian et al., 2006; et al., 2008) و گونه فرنگی مطابقت دارد. *Artemisia annua* به‌نظر می‌رسد کاربرد همزمان هر دو کود زیستی در وضعیت کمبود شدید رطوبت از طریق بهبود تعادل آب در بافت‌های گیاه و احتمالاً القای ساخت برخی هورمون‌ها به‌ویژه اکسین (Dakora, 2003) و جذب بهتر عناصر غذایی (Egala et al., 1995) عامل افزایش ارتفاع سویا بوده باشد.

#### عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبی، کود زیستی و برهمکنش تنش کم‌آبی و کود زیستی قرار گرفت

نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود زیستی در وضعیت تنش شدید) به طور معناداری افزایش داد (شکل ۵). عملکرد با همه صفات اندازه گیری شده همبستگی معناداری نشان داد (جدول ۳).

است (Smith & Read 1997; Hart & Reader 2002). کاربرد کود زیستی میکوریزا و کاربرد توأم آن با برادی ریزوبیوم در تنش شدید به ترتیب میانگین عملکرد را ۲۵۵ و ۳۳۷ گرم در متر مربع معادل ۷۰ و ۹۳ درصد



شکل ۵. اثر تنش رطوبت و کود زیستی بر عملکرد دانه (LSD<sub>0.05</sub>=۹۵/۴۱)

، Cu، P و Fe نیز کمک کنند (Al-Karaki, 2000). در هماهنگی با نتایج تحقیق حاضر، در گزارش‌های محققان دیگر نیز به تأثیرات تشدیدکنندگی تلقیح توأم قارچ‌های میکوریزی و زیکولار آربوسکولار و ریزوبیوم‌ها بر محصولات مختلف اشاره شده که تأثیر آنها در خاک‌هایی که با کمبود نیتروژن و فسفر روبه‌رو هستند اعلام شده است (Sharma & Johri, 2002).

#### عملکرد زیستی

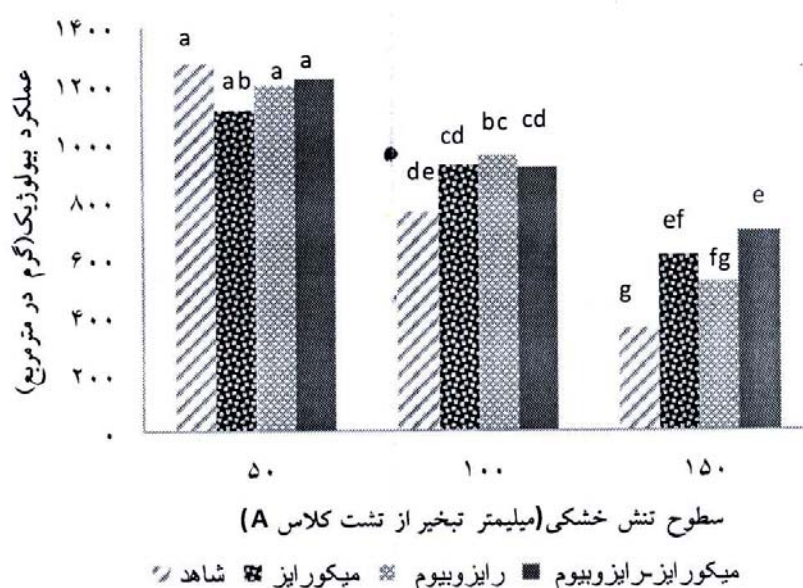
نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین سطوح آبیاری، کود زیستی و برهمکنش آبیاری و کود زیستی از نظر عملکرد زیستی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معناداری وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش تنش و کود زیستی نشان داد که تیمار شاهد کودی در آبیاری مطلوب با متوسط ۱۲۷۵/۵ گرم در متر مربع بیشترین، و تیمار شاهد کودی در تنش شدید با متوسط ۳۶۰/۵ گرم در متر مربع کمترین عملکرد زیستی را به خود اختصاص دادند. متوسط عملکرد زیستی در تیمار تنش ملایم نیز در میانه قرار گرفت و عملکرد زیستی آن

با اینکه اثر ریزوبیوم در کاهش شدت کمبود رطوبت شناخته شده و این موضوع در گزارش Mainji *et al.* (2001) درباره لوبیا نیز ذکر شده است به نظر می‌رسد در وضعیت کمبود شدید رطوبت تأثیر میکوریزا در تعدیل کمبود آب بیشتر از تأثیر برادی ریزوبیوم بوده است، زیرا میکوریزا با افزایش سطح تماس ریشه با خاک می‌تواند در جذب رطوبت، به طور مؤثرتری به گیاه کمک کند، به طوری که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا تعادل آبی خوبی در وضعیت تنش کم‌آبی دارند (Atayese, 2007). در آزمایشی در ماش گزارش شده تلقیح قارچ میکوریزا با ریشه گیاه توانست اثر سوء تنش کم‌آبی بر عملکرد را تقلیل دهد و سبب افزایش معنادار عملکرد آن شود (Habibzade *et al.*, 2010). قارچ‌های میکوریزا همچنین می‌توانند سبب تحریک ساخت مواد تنظیم‌کننده رشد، افزایش فتوسنتز، بهبود تنظیم فشار اسمزی در وضعیت خشکی و افزایش مقاومت به دیگر تنش‌های محیطی شوند (Khavazi *et al.*, 2005). این قارچ‌ها می‌توانند به گیاه در جذب عناصری نظیر Zn، N



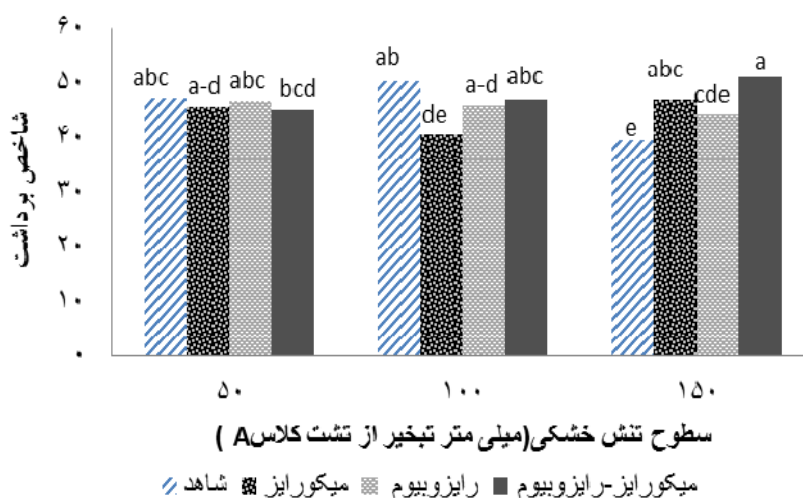
عملکرد دانه نیز مشاهده شد (شکل ۵). عملکرد زیستی با عملکردهای دانه و روغن همبستگی بسیار زیادی نشان داد که در تحقیق Bokaie *et al.* (2008) هم ذکر شده است. Hadi *et al.* (2009) نیز گزارش کردند که در سطوح مختلف آبیاری در بذره‌های حاصل از تنش سویا، تیمارهای تلقیح با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، ارتفاع، وزن خشک برگ، ساقه، گیاهچه و بنیه بیشتری نسبت به تیمار عدم تلقیح داشتند. بنابر گزارشی تلقیح گیاه نعناع با قارچ میکوریزا به‌طور چشمگیری ارتفاع بوته و عملکرد زیستی را افزایش داد (Gupta *et al.*, 2002). در آزمایشی اثر باکتری برادی ریزوبیوم و قارچ میکوریزا آربوسکولار بر سویا بررسی شد و مشخص شد که قارچ میکوریزا به‌طور بسیار معناداری موجب افزایش وزن خشک ساقه شد (Aliasgharzad *et al.*, 2006). بی‌گمان کاربرد این گونه میکروارگانیسم‌ها به‌ویژه در وضعیت کمبود رطوبت می‌تواند برای رشد گیاه سودمند باشد و در این میان استفاده از میکوریز تأثیر بیشتری نشان می‌دهد، زیرا در وضعیت کمبود رطوبت، افزایش سطح تماس ریشه گیاه با خاک برای جذب بیشتر رطوبت بیش از هر چیزی اهمیت دارد که همزیستی با میکوریز این ویژگی را به گیاه می‌دهد (AL-Karaki *et al.*, 2004).

۷۶۷ گرم در متر مربع بود (شکل ۶). با کاهش پتانسیل آب در خاک مقدار تعرق گیاه کم می‌شود و به محدودیت رشد می‌انجامد (Mullet & Whitsitt, 1996) و در نتیجه عملکرد زیستی در گیاهان تحت وضعیت تنش کمبود آب، کاهش می‌یابد (Farooq *et al.*, 2009). نتایج پژوهش‌های مختلف بیانگر کاهش عملکرد زیستی سویا در وضعیت تنش کمبود آب است (Dogan *et al.*, 2007; Karam *et al.*, 2005). نتایج پژوهش‌های سایر محققان نیز نشان داده است که تنش کم‌آبی سبب کاهش وزن خشک، سطح برگ، طول عمر برگ، عملکرد اقتصادی و عملکرد زیستی می‌شود (Rudy *et al.*, 2003; Cox & Julliof, 1986). کاربرد کود زیستی در تیمار آبیاری مطلوب تأثیر چندانی بر بهبود عملکرد زیستی نداشت، اما با افزایش شدت تنش به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A توانست اثر زیادی بر مقدار عملکرد زیستی داشته باشد. در تنش متوسط، کاربرد کود زیستی برادی ریزوبیوم ۲۴/۶ درصد ماده خشک تولیدی را نسبت به عدم کاربرد کود به‌طور معناداری افزایش داد و در تنش شدید، کاربرد میکوریز و کاربرد همزمان دو نوع کود به ترتیب ماده خشک تولیدی را ۶۷/۶ و ۸۹/۲ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد کود زیستی در همان سطح تنش افزایش داد؛ روندی که در



شکل ۶. اثر کود زیستی و تنش رطوبتی بر عملکرد بیولوژیک (LSD<sub>0.05</sub>=۱۶۴/۸)





شکل ۷. اثر کود کود زیستی و تنش رطوبتی بر شاخص برداشت ( $LSD_{0.05}=5/82$ )

تیمارهای تحت مطالعه با نتایج دیگر پژوهشگران مشابه است ( Papary & Bahrani, 2004; Babai & Bahrani, 2012; Shakeri *et al.*, 2008). به هر حال از نظر عددی، بیشترین متوسط درصد روغن از تیمار عدم کاربرد کود زیستی در آبیاری مطلوب به مقدار ۱۸/۹۱ درصد و کمترین آن در تیمار عدم کاربرد کود زیستی و تنش شدید به مقدار ۱۶/۹۱ درصد به دست آمد. به نظر می‌رسد درصد روغن صفتی است که اغلب تحت کنترل ژنتیکی است و عوامل محیطی اثر چندانی بر آن ندارند. Akbari *et al.* (2001) گزارش کردند ارقام سویا و سویه باکتری استفاده شده در تلقیح بر درصد روغن اثر معنا-داری نداشت که با نتایج Yadegari (2002) و Daneshian (2001) مطابقت داشت. همچنین Shakeri *et al.* (2012) عدم تأثیر معنادار کاربرد کود شیمیایی و کود زیستی نیتروکسین را بر درصد روغن دانه کنجد گزارش کردند. براساس گزارش Kumar *et al.* (2009) کاربرد کودهای زیستی به همراه درصد کمی از کودهای شیمیایی در گیاه کنجد، به طور معناداری ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه و عملکرد روغن را افزایش داد و همچنین توانست درصد روغن و وزن هزاردانه را افزایش دهد که البته این افزایش غیرمعنادار بود.

#### عملکرد روغن

عملکرد روغن از حاصل ضرب دو صفت عملکرد دانه و درصد روغن به دست می‌آید. این صفت تحت تأثیر تنش

#### شاخص برداشت

شاخص برداشت تنها تحت تأثیر برهمکنش تنش کم آبی و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). در آبیاری مطلوب و آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر بین سطوح کودهای زیستی تفاوتی معنادار مشاهده نمی‌شود، اما در تنش شدید کاربرد میکوریز و کاربرد همزمان هر دو کود زیستی سبب افزایش چشمگیر این شاخص نسبت به عدم مصرف کود زیستی (شاهد) شده است (شکل ۷).

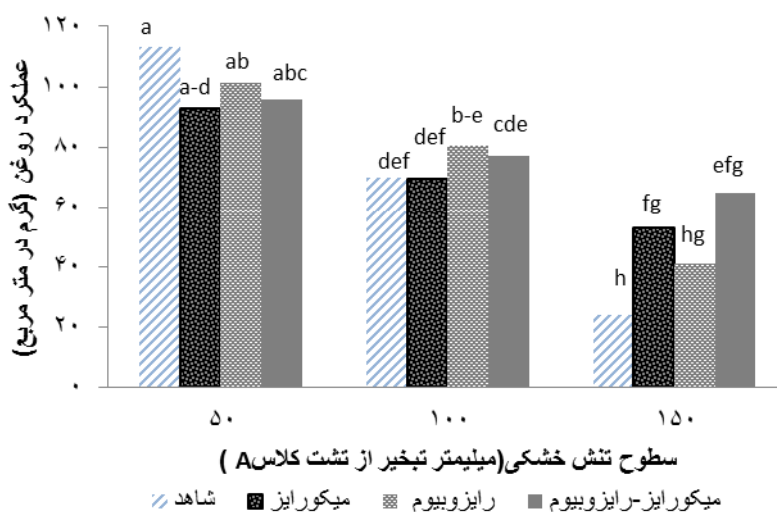
مشخص است که در تنش شدید، شاخص برداشت حدود ۱۶ درصد نسبت به حالت آبیاری مطلوب کاهش یافته است، یعنی با افزایش شدت تنش کارایی توزیع مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی در گیاه کم می‌شود (Shahmoradi, 2003)، اما همزیستی با میکوریز یا کاربرد تلفیقی دو کود زیستی توانست کارایی توزیع مواد فتوسنتزی گیاه را افزایش دهد و به حد حالت عدم تنش کم آبی برساند. علت احتمالی این مسئله، تأثیرات هورمونی مستقیم یا غیرمستقیم این میکروارگانیسم‌ها بر گیاه است (Dakora, 2003). شاخص برداشت با وزن صدانه و عملکردهای دانه و روغن همبستگی نشان داد (جدول ۳).

#### درصد روغن

جدول تجزیه واریانس، عدم تأثیر معنادار تنش کم آبی، کود زیستی و اثر متقابل آنها بر درصد روغن را نشان می‌دهد (جدول ۲). عدم تأثیرپذیری روغن دانه از

دو کود زیستی میکوریز و برادی ریزوبیوم به ترتیب سبب افزایش ۱۲۰ و ۱۷۰ درصدی عملکرد روغن نسبت به عدم کاربرد این کودهای زیستی شده‌اند. افزایش معنادار عملکرد روغن بر اثر استفاده از کودهای زیستی با نتایج Akbari *et al* (2010) و Yadegari (2002) همخوانی دارد. عملکرد روغن با همه صفات بررسی شده به خصوص عملکرد دانه و عملکرد زیستی همبستگی مثبت و معنادار نشان داد (جدول ۳).

کم‌آبی و اثر متقابل تنش کم‌آبی و کاربرد کود زیستی در سطح ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش‌ها (شکل ۸) نشان داد اعمال تنش سبب کاهش شدید در عملکرد روغن دانه شد که به‌طور طبیعی کاهش عملکرد روغن به کاهش عملکرد دانه (شکل ۵) مربوط می‌شود نه درصد روغن. اما وجود کودهای زیستی تنها در تنش شدید کم‌آبی مؤثر واقع شده‌اند، به‌طوری‌که کاربرد میکوریز و کاربرد همزمان هر



شکل ۸. روند تغییرات درصد روغن سطوح تنش خشکی (LSD<sub>0.05</sub>=۲۴/۱)

جدول ۳. همبستگی بین صفات

تعداد غلاف	دانه در غلاف	وزن صدانه	ارتفاع بوته	وزن خشک	عملکرد	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۸۴ <sup>**</sup>	۰/۹۶ <sup>**</sup>	۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>	۰/۳۲ <sup>ns</sup>
۰/۶۷ <sup>**</sup>	۰/۶۵ <sup>**</sup>	۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۴۱ <sup>*</sup>	۰/۸۶ <sup>**</sup>	۰/۹۶ <sup>**</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>
۰/۸۰ <sup>**</sup>	۰/۸۴ <sup>**</sup>	۰/۵۷ <sup>**</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۹۶ <sup>**</sup>	۰/۹۶ <sup>**</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>
۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۴ <sup>*</sup>	۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۵۲ <sup>**</sup>	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>
۰/۸۴ <sup>**</sup>	۰/۸۴ <sup>**</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>	۰/۳۳ <sup>*</sup>
۰/۸۴ <sup>**</sup>	۰/۸۴ <sup>**</sup>	۰/۵۶ <sup>**</sup>	۰/۳۸ <sup>*</sup>	۰/۳۸ <sup>*</sup>	۰/۳۸ <sup>*</sup>	۰/۳۶ <sup>*</sup>	۰/۴۵ <sup>**</sup>	۰/۴۵ <sup>**</sup>

ns، \* و \*\* به ترتیب بدون معنا، و معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

### نتیجه‌گیری کلی

صدانه و شاخص برداشت اتفاق می‌افتد و در این میان نقش قارچ میکوریز بیش از برادی ریزوبیوم است. البته در وضعیت عدم تنش کم‌آبی، مصرف این کودهای زیستی به‌ویژه میکوریز تأثیری ندارد و حتی ممکن است در صفاتی مانند ارتفاع بوته اثر منفی بگذارد.

طبق نتایج به‌دست‌آمده، در صورت کمبود رطوبت، کاربرد همزمان کودهای زیستی برادی ریزوبیوم و قارچ میکوریز می‌تواند خسارت ناشی از تنش کم‌آبی را تا حد زیادی کاهش دهد که این رخداد از طریق افزایش عملکرد زیستی، تعداد غلاف در واحد سطح، وزن

### REFERENCES

- Ahmad, M. H. (1995). Compatibility and Co-selection of VAM fungi and rhizobia for tropical legumes. *Critical Reviews in Biotechnology*, 115, 229-239

2. Akbari, P., Ghalavand, A. & Moddares-Sanavi, E. M. (2009) . Effect of different feeding systems ( organic , chemical and integrated ) and bio-fertilizer for grain yield and other agronomic traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) dry grain yield and other agronomic traits in sunflower. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 19, 83-93.(In Farsi)
3. Aliasghar zad, N., Neyshabouri, M. R. & Salimi G. (2006). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium Japonicum* on drought stress of soybean. *Biologia Bratislava*, 19, 324-328.
4. AL-Karaki, G., McMichael, B. & Zak, J. (2004). Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza*, 14, 263-269.
5. Allen, M. F. (2003). The Ecology of Mycorrhizae. *Cambridge University Press*. New York 534 pp.
6. Atayese, M. O. (2007). Field response of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars to mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilizer in Abekuta, South West Nigeria. *American- Eurasian Journal of Agricultural Environmental Science*, 2, 16-23.
7. Babai, Gh. H. & Bahrani, M. J. (2007). Effect of plant density and nitrogen levels of grain yield components and some quality traits in two sesame cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 9, 129-135.(In Persian)
8. Bokaei, A. S., Babaee, H. R., Habibi, D., Javidfar, F. & Mohammadi. A. (2008). Path analysis for rain yield in soybean under different irrigation conditions. Proceeding of the *10th Iranian Congress of Crop Science*, 18-20 Aug. 2008. Karaj. Iran (In Persian).
9. Bowen, G. D. (1973). Mineral nutrition of ectomycorrhizae. pp 77-86. In: Marks, G. C., and Kozlowski, T. T. (Eds.) *Ecotomycorrhiza*. Academic Press, London New York.
10. Coutinho, H. L. C., Kay, H. E., Manfi G. P., Naves, M. C. P., Ribeiro, J. R. A., Rumjanek N. G. & Beringer, J. E. (1999). Molecular evidence for shifts in polysaccharide composition associated with adaptation of soybean *Bradyrhizobium* strains to the Brazilian Cerrado soils. *Environmental Microbiology*, 1, 401-408.
11. Cox, W. J. & Julliof, G. D. (1986). Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. *Agronomy Journal*, 78, 226-230.
12. Dakora. F. D. (2003). Defining new roles for plant and rhizobial molecules in sole and mixed plant cultures involving symbiotic legumes. *New Phytology Trust*, 157, 39-49.
13. Daneshian, J., Nourmohammadi Gh. & Jonoubi, P. (2001). The pattern of variation in soybean yield and yield components under drought stress. *Abstracts the 7th Iranian Congress of Crop Science*, 4-7 Sep. 2001. Karaj. Iran (In Persian).
14. Dileep Kumar, S. B., Berggren, I. & Martensson, A. M. (2001). Potential for improving pea production by co-inoculation with *Fluorescent pseudomonas* and *Rhizobium*. *Plant and Soil*, 229, 25-34.
15. De Souza, D. I., Egli, D. B. & Braeming, W. P. (1997). Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. *Agronomy Journal*, 89, 807-812.
16. Desclaux, D. & Roumet, P. (1996). Impact of drought stress on the phenology of two soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Field Crops Research*, 46, 61-70
17. Dogan, E., Kirnak, H. & Copur, O. (2007). Deficit irrigation during soybean reproductive stages and CROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions. *Field Crops Research*, 103, 154-159.
18. Egli, D. B. (1999). Variation in leaf starch and sink limitation during seed filling in soybean. *Crop Science*, 39, 1361-1368.
19. El-Kholy, M. A. & Gomaa, A. M. (2000). Biofertilizers and their impact on forage yield and N-content of millet under low level of mineral fertilizers. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor, Egypt*, 38, 813-822.
20. Elgala, A. M., Ishac, Y. Z., Adbel Monem, M., El-Ghandour, A. A. I., Huang, P. M., Berthelin, J., Bollag, J. M., Megill, W. B. & Page, A. L. (1995). Effect of single and combined inoculation white *Azotobacter* and VA Mycorrhiza fungi on growth and mineral nutrient contents of maize and wheat plants. *Environmental Impact of Soil Component Interaction*, 2, 109-116.
21. Emam, Y. (2008). *Agricultural crops*. Shiraz University Press. Third edition. 190 pages. (In Persian).
22. FAS (Foreign Agriculture Service). (2005). *Oilseeds: world market and trades*. Current World Production, Market and trade reports. <http://www.fas.usda.gov>.
23. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy Sustainable Development*, 29, 185-212.
24. Gupta, M. L., Prasad, A., 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*) under field conditions. *Bioresource*

- Technology*, 81, 77-79.
25. Habibzade Y., Zardashti, M. R., Pirzad, A. R. & Jalilian, J. (2010). Effect of arbuscular fungi on root growth and grain yield (*Vigna radiata* L.) under water stress. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences*, 60, 57-67. (In Persian).
  26. Hadi, H., Daneshian, J., Asgharzadeh, A., Hamidi, A., Jonoubi, P., Ghooshchi, F., & Nasri, M. (2009). Effect of free and symbiotic nitrogen fixing bacterial co-inoculation on seed and seedling of soybean seeds produced under deficit water condition. *Agroecology*, 1, 53-64. (In Persian).
  27. Hart M. M. & Reader R. J. (2002). Host plant benefit from association with arbuscular mycorrhizal fungi: variation due to differences in size of mycelium. *Biology and Fertility of Soils*, 36, 357-366.
  28. Ilbas, A. I. & Sahin, S. (2005). *Glomus fasciculatum* inoculation improves soybean production. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 55, 4, 287-292.
  29. Karam, F., Masaad, R., Sfeir, T., Mounzer, O. & Roupheal, Y. (2005). Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management*, 75, 3, 226-244.
  30. Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H. & Tas, I. (2003). Mycorrhizal colonization improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) grown under well-watered and water-stressed conditions. *Plant and Soil*, 253, 287-292.
  31. Khaje-Pour, M. R. (2006). *Industrial Crops*. Jahad Academic Publications, Esfahan Industrial Unit. Pages 92-125.
  32. Khan, A. G. (2002). The Significance of Microbes. In: Wong, M.H., Bradshaw, A.D. (Eds.), *The Restoration and Management of Derelict Land: Modern Approaches*. *World Scientific Publishing, Singapore*, pp.80-92.
  33. Khavazi, K., Asadi-Rahmani, H. & Malakoti, M. J. (2005). Necessary for industrial production of biological fertilizers. *Sana Publications*. 274-279. (In Persian)
  34. Kokubun, M., Shimada, S. & Takahashi, M. (2001). Flower abortion caused by pre anthesis water deficit is not attributed to impairment of pollen in soybean. *Crop Science*, 41, 1517-1521.
  35. Kumar, B., Pandey, P. & Maheshwari D. K. (2009). Reduction in dose of chemical fertilizers and growth enhancement of sesame (*Sesamum indicum* L.) with application of rhizospheric competent *Pseudomonas aeruginosa* LES4. *European Journal of Soil Biology*, 45, 334-340.
  36. Mainji, J. M., Shisanya, C. A. & Gitonga, N. M. (2001). Nitrogen fixation by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in pure and mixed stands in semiarid south-east Kenya. *European Journal of Agronomy*, 14, 1-12.
  37. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. San Diego, CA. USA.
  38. Mekki, B. B. & Ahmed. A. G. (2005). Growth, yield and seed quality of soybean (*Glycine max* L.) as affected by organic biofertilizer and yeast application. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1, 320-324.
  39. Mikhaeel, F. T., Estefanous, A. N. & Antoun, G. G. (1997). Response of mycorrhizal inoculation and organic fertilization. *Bulletin of Faculty Agriculture-University of Cairo*, 48, 175-186.
  40. Mirza Khani, M., Ardakani, M. R., Rejali, F., Shirani\_Rad, A. H. & Ayene-Band, A. (2008). Dual inoculation of azotobacter and mycorrhiza with nitrogen and phosphorus levels on oil yield of safflower. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Crop Science Congress of Iran*, 18-20 August, 2008, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. (In Farsi).
  41. Mullet, J. E. & Whitsitt, M. S. (1996). Plant cellular responses. *Plant Growth Regulation*, 20, 119-124.
  42. Ntanos, D. A. & Koutroubas, S. D. (2002). Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 74, 93-101.
  43. Ntunes, P. M. (2004). *Determination of nutritional and signaling factors involved in the tripartite symbiosis formed by arbuscular mycorrhizal fungi, bradyrhizobium and soybean*. PhD Thesis. The University of Guelph.
  44. Oad, F. C., Kumar L. & Biswas, J. K. (2002). Effect of *Rhizobium japonicum* inoculums doses (liquid culture) on the growth and seed yield of soybean crop. *Asian Journal of Plant Science*, 1, 340-342.
  45. Ober, E. S. & Sharp, R. E. (2003). Electrophysiological responses of maize roots to low water potentials: relationship to growth and ABA accumulation. *Journal of Experimental Botany*, 54, 813-824.
  46. Pandey, R. K.L., Henera W. A. T & Pendleton, J. W. (1984). Drought response of grain legumes under irrigation gradient. I. yield and yield components. *Agronomy Journal*, 76, 549-553.
  47. Papary Moghadam Fard, A. & Bahrani, M. J. (2004). Effect of nitrogen and plant density on some agronomic characteristics of sesame. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 36, 129-135. (In Persian).

48. Rajput, L. S., Ansari, A. H., Usmani-Khail, M. U., Oad, F. C. & Oad, N. L. (2001). Vegetative growth, yield components and seed yield response of inoculated and un-inoculated soybean regard to fertility regimes. *Journal of Applied Science*, 1, 379-382.
49. Ramseur, E. L., Quinsenberry, V. L., Wallace, S. V. & Palmer, J. H. (1984). Yield and yield components of Braxton soybeans as influenced by irrigation and intra row spacing. *Agronomy Journal*, 76, 442-446.
50. Rapparini, F., Liusia, J. & Penuelas, J. (2008). Effect of arbuscular mycorrhiza colonization on terpen emission and content of *Artemisia annua* L. *Plant Biology*, 10, 108-122.
51. Reid, C. P. P. & Bowen, G. D. (1979). Effect of water stress on phosphorus uptake by Mycorrhiza of *Pinus radiata*. *New Phytologist*, 83, 103-108.
52. Rudy I. R., Tarumingkeng, C. & Zahir Coto, I. R. (2003). Effects of drought stress on growth and yield soybean. *Science Philosophy*. Pp 702.
53. Ruhul Amin, A. K. M., Jahan, S. R. A., & Hasanuzzaman, M. (2009). Yield components and yield of three soybean varieties under different irrigation management. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 4, 1. 40-46.
54. Shahmoradi, S. (2003). *Effect of drought stress on quantitative and qualitative characteristics of soybean cultivars and advanced lines*. MSc thesis, Faculty of Agriculture, Tehran University. (In Persian).
55. Shahmoradi, S., Zynali, H., Daneshian, J., Khoda Bande, N. & Ahmadi, A. (2009). Effects of drought stress on advanced soybean cultivars emphasizing tolerance indicators. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 4, 9-22. (In Persian).
56. Shakeri, E., Amini-Dehghi, M., Tabatabai, A. & Moddares-Sanavi, A. M. (2012). Effect of biological and chemical fertilizers on yield, yield components, oil and protein of sesame cultivars. *Agricultural Science and Sustainable Production*, (22):1, 71-85. (In persian).
57. Sharma, A. K. & Johri, B. N. (2002). *Arbuscular Mycorrhizae: Interactions in Plants, Rhizosphere and soils*. Science Publishers, 311p.
58. Sharma, K. N. & Namdeo. (1999). Effect of biofertilizers and phosphorus on NPK contents, uptake and grain quality of soybean (*Glycin max*(L.)Merril) and nutrient status of soil. *Crop Research Hisar* , 17, 164-169.
59. Smith, S. E., & Read, D. J. (1997). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London.
60. Subramanian, K. S., Santhanakrishnan, P. & Balasubramanian, P. (2006). Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Scientia Horticulturae*, 107, 245- 253.
61. Tajik-khave, M., Allahdadi, I., Daneshian, J. & Armandpishe, O. (2011). Effect of biological fertilizers on soybean growth (*Glycine max* L.) seeds under water stress conditions. *Journal of Agroecology*, 3, 337-346. (In Persian).
62. Tarafdar, J. C. & Marschner, H. (1994). Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic phosphorus by wheat plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 40, 593-600.
63. Yadegari, M. (2002). *Effect of soybean seeds inoculated with different rhizobial strains on yield and its components in order to select the best combination*. MSc thesis, Abureyhan Higher Education Complex, Tehran University. (In Persian).
64. Zaghoul, R. A., Mostafa, M. H. & Amer, A. A. (1996). Influence of wheat inoculation with mycorrhizal fungi, phosphorus solubilizing bacteria and azospirillum on its growth and soil fertility. *Annals of Agriculture Science Moshtohor*, 34, 611-626.