



تأثیر تنش کم آبی و مصرف کود بیولوژیک حل کننده فسفات بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

سید میثم نصیری^۱، آرش روزبهانی^۲، مهدی ضیایی نسب^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۱۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش کم آبی و کود بیولوژیک حل کننده فسفات بر عملکرد گلرنگ رقم پدیده، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در منطقه ماهدشت استان البرز انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش فاکتور تنش کم آبی در چهار سطح شامل شاهد (آبیاری مطلوب)، تنش در مرحله گلدهی، تنش در مرحله خورجین دهی و تنش در هر دو مرحله گلدهی و خورجین دهی و فاکتور کود بیولوژیک حل کننده فسفات (کود بیولوژیک بیوسوپر فسفات)، در چهار سطح شامل شاهد (عدم مصرف)، بذرمال، همراه آبیاری و کاربرد توأم کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد تنش کم آبی و کود بیولوژیک، روی همه صفات مورد مطالعه به استثنای شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد اثر معنی دار داشتند. در صورتی که برهم‌کنش تنش کم آبی در کاربرد کود بیولوژیک فقط در مورد صفات تعداد طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد روغن و عملکرد روغن معنی دار بود. در مورد صفات قطر طبق و وزن هزار دانه، بیشترین میزان صفات فوق در بین سطوح تنش کم آبی، مربوط به تیمار شاهد و در بین تیمارهای مختلف کود بیولوژیک، مربوط به تیمار کاربرد توأم به صورت بذرمال و همراه آبیاری بود؛ اما در مورد صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد و عملکرد روغن بیشترین مقادیر صفات مذکور در تیمار بدون تنش و کاربرد هم‌زمان کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری حاصل شد. بیشترین درصد پروتئین در بین سطوح تنش کم آبی، در تیمار تنش در هر دو مرحله گلدهی و خورجین دهی به دست آمد. در مورد صفات قطر طبق و وزن هزار دانه به عنوان صفات مؤثر بر عملکرد، اثر تنش در مرحله خورجین دهی به مراتب بیشتر از مرحله گلدهی بود و مصرف توأم کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری بسیار مفیدتر از مصرف هر کدام از آن‌ها به تنهایی بود. درصد پروتئین در مقایسه با صفات فوق واکنش متفاوتی را نسبت به تنش خشکی نشان داد. به طوری که افزایش دفعات تنش منجر به افزایش این صفت گردید. در مورد صفات تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، کاربرد کود بیولوژیک به صورت بذرمال می‌تواند مؤثرتر از مصرف آن همراه آبیاری آن باشد در صورتی که در مورد صفات درصد و عملکرد روغن، کاربرد توأم این کود به صورت بذرمال و همراه آبیاری به همراه عدم تنش کم آبی می‌تواند مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، کود زیستی، عملکرد دانه، درصد پروتئین، گیاه روغنی.

نصیری، م.، الف. روزبهانی و م. ضیایی نسب. ۱۳۹۵. تأثیر تنش کم آبی و مصرف کود بیولوژیک حل کننده فسفات بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). مجله اکوفیز بولوزی گیاهی. ۲۷: ۴۳-۳۲.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران. نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: aroozbahani@gmail.com

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.

مقدمه

در جهان کمبود آب تهدید جدی برای تولید مواد غذایی است. اکثر محصولات کشاورزی برای آبیاری، وابسته به آب باران هستند و کاهش بارندگی، کاهش محصول را به دنبال دارد. ایران نیز با متوسط بارندگی حدود ۲۴۰ میلی‌متر، در زمره مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌گردد. وقوع خشک‌سالی‌های مداوم زنگ خطر مکرری را برای تولیدات کشاورزی و ثبات تولید به صدا درآورده است. بنابراین لازم است بیش‌ازپیش به راهکارهای پایدار در تمام زمینه‌های تحقیقاتی و عملیاتی برای کاهش اثرات این عوامل طبیعی توجه شود. تنش که نتیجه روند غیرعادی فرآیندهای فیزیولوژیکی است، از تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود و دارای توان آسیب‌رسانی زیادی بوده و ممکن است به‌صورت افت رشد، مرگ گیاه یا مرگ بخشی از گیاه بروز کند (صدیقی، ۱۳۸۶). تنش خشکی زمانی در گیاه حادث می‌شود که میزان آب دریافتی گیاه کمتر از تلفات آن باشد. این امر ممکن است به علت اتلاف بیش‌ازحد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (کوچکی و علیزاده، ۱۳۷۴). از سوی دیگر استفاده از کودهای شیمیایی به‌منظور افزایش محصولات کشاورزی، منجر به اثرات زیان‌بار زیست‌محیطی، ازجمله تخریب و تغییر کیفیت خاک‌ها، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، کاهش تنوع زیستی و جلوگیری از عملکرد طبیعی اکوسیستم‌ها شده است که درنهایت این آلودگی‌ها توسط چرخه‌های طبیعی به خاک زراعی و نیز غذای انسان منتقل شده‌اند (ماهیندرا و کاندرامانی، ۱۹۹۸). از آنجاکه مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی یکی از عوامل مؤثر بر کاهش کمیت و کیفیت دانه‌های روغنی است، لذا مصرف بهینه کود، بسیار ضروری هست (چاکر الحسینی، ۲۰۰۶). بدین لحاظ، در سال‌های اخیر مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهان مطرح شده است که در آن بر نگهداری و افزایش باروری خاک با مصرف بهینه کودهای شیمیایی، آلی و زیستی در تناسب باهم تأکید شده است. در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی خاک برخوردار است (شارما، ۲۰۰۳). کودهای بیولوژیک یا میکروبی که حاوی یک یا چندگونه میکروارگانیسم خاص هستند، از طریق تأمین بخشی از عناصر موردنیاز گیاه و یا تولید مواد محرک رشد، به رشد بهتر گیاه کمک می‌کنند. میکروارگانیسم‌های مورداستفاده برای تهیه کودهای بیولوژیک از خاک منشاء

می‌گیرند و در اغلب خاک‌ها حضور فعالی دارند. باین‌حال در بسیاری از موارد کمیت و کیفیت آن‌ها در حد مطلوب نیست و به همین دلیل استفاده از مایه تلقیح آن‌ها ضرورت پیدا می‌کند (آستارایی و کوچکی، ۱۳۷۵).

دانه‌های روغنی از نظر تأمین کالری و انرژی موردنیاز انسان و دام، در بین محصولات زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. در این میان گلرنگ که گیاهی یک‌ساله با نام علمی *Carthamus tinctorius* L (Asteraceae) است به‌عنوان یک گیاه روغنی مقاوم به خشکی، برای توسعه در کشور مناسب است. این گیاه که بومی بخش‌هایی از آسیا، خاورمیانه و آفریقا است میزان سطح زیر کشت آن در دنیا در سال ۲۰۱۳ برابر با ۷۷۸۳۵۴ هکتار بوده است (بی‌نام، ۲۰۱۴). گلرنگ به دلیل ویژگی‌های مطلوبی نظیر استفاده‌های دارویی و غذایی، تولید روغن گیاهی و کنجاله و همچنین مقاومت زیاد آن به تنش‌های محیطی، از اهمیت خاصی برخوردار است (اشکانی، ۱۳۸۱). درگذشته گلرنگ به‌منظور تهیه رنگ برای مواد غذایی و البسه، کشت می‌شد اما امروزه این گیاه بیشتر برای استخراج روغن از دانه آن کشت می‌شود. دانه گلرنگ دارای ۲۵ الی ۴۵ درصد روغن و ۱۲ تا ۲۴ درصد پروتئین است (خواجه پور، ۱۳۷۷).

در مورد اثرات تنش خشکی بر روی ویژگی‌های گیاه گلرنگ تحقیقاتی انجام شده است به‌عنوان مثال، تحقیقات اسندل و همکاران (۲۰۰۸) در مورد اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه در مناطق مختلف، نشان می‌دهد که عملکرد دانه گلرنگ از ۱ تا ۳/۳ تن در هکتار متغیر است. در تحقیق لاولی و همکاران (۲۰۰۷) تغییر معنی‌داری در شاخص برداشت گلرنگ در شرایط پنج رژیم آبیاری متفاوت مشاهده نشد، اما عملکرد دانه در تنش شدید، کاهش زیادی نشان داد. ریچاردز و همکاران (۲۰۰۲) معتقدند شاخص برداشت در شرایط خشکی تابع مقدار آب استفاده‌شده پس از گرده‌افشانی بوده که هرچه بیشتر باشد شاخص برداشت نیز بیشتر خواهد بود. در بررسی‌های اوجاقلو (۲۰۰۷) بیشترین تعداد غوزه در بوته در گیاه گلرنگ مربوط به تیمار تلقیح با ازتوباکتر همراه با فسفات بارور ۲ و کود مرغی بود. هدف از این تحقیق بررسی اثرات تنش کم‌آبی و مصرف کود بیولوژیک حل‌کننده فسفات و اثر متقابل دو فاکتور بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تنش کم آبی و مصرف کود بیولوژیک حل کننده فسفات، بر عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) رقم پدیده، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در منطقه ماهدشت استان البرز با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۳ دقیقه غربی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۲۹۴ متر از سطح دریا، انجام گرفت. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۱۶۸/۱ میلی متر و متوسط دمای سالانه آن ۱۴/۹ درجه سانتی گراد بود. آمار هواشناسی از مرکز هواشناسی کرج گرفته شد. آزمایش مذکور به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این تحقیق فاکتور تنش کم آبی شامل چهار سطح: شاهد (آبیاری مطلوب به هنگام ۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A)، تنش در مرحله گلدهی (آبیاری به هنگام ۱۱۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A)، تنش

در مرحله خورجین دهی (آبیاری به هنگام ۱۱۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A) و تنش در هر دو مرحله گلدهی و خورجین دهی (آبیاری به هنگام ۱۱۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A) و فاکتور کود بیولوژیک حل کننده فسفات (کود بیولوژیک بیوسوپر فسفات (مابع) شرکت فناوری زیستی مهر آسیا) در چهار سطح: شاهد (عدم مصرف)، بذرمال (یک لیتر برای ۳۰ کیلوگرم بذر)، محلول همراه آب آبیاری (سه لیتر در هکتار در سه مرحله آبیاری اول) و کاربرد توأم بذرمال و محلول همراه آب آبیاری در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که تیمار تنش کم آبی در مراحل مذکور به صورت قطع آبیاری در این مراحل اعمال شد. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۶۰ سانتیمتری مزرعه تهیه و در نهایت نمونه‌ها با هم مخلوط و یک نمونه مرکب تهیه شد و مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

K (ppm)	P (ppm)	N (%)	کربن آلی (%)	EC (ds.m ⁻¹)	اسیدیته	بافت خاک
۳۴۰	۱۷/۵	۰/۱۲۰	۱/۳۴	۲/۸۸	۸/۲۶	لومی شن

حاشیه‌ای حذف و نمونه برداری به صورت تصادفی از ردیف‌های وسطی هر کرت انجام شد. برای این منظور یک مترمربع از هر کرت آزمایشی انتخاب و صفاتی نظیر تعداد طبق، قطر طبق (با استفاده از متر از پهن ترین قسمت طبق، قطر طبق برحسب سانتیمتر اندازه گیری شد)، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت اندازه گیری شد. به منظور اندازه گیری روغن بذر گلرنگ از دستگاه سوکسله استفاده گردید و برای تعیین درصد پروتئین دانه، ابتدا نیتروژن کل با استفاده از روش میکروکجندال مشخص و سپس در ضریب ۶/۲۵ ضرب و درصد پروتئین دانه محاسبه گردید (وست و همکاران، ۱۹۹۱). داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

در این پژوهش اندازه هر کرت ۲/۵ در ۵ متر، فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتیمتر و فواصل بین بوته‌ها در روی ردیف، ۱۵ سانتیمتر و بین کرت‌ها نیز دو ردیف به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. کشت در پاییز به صورت خشکه کاری، در عمق ۵ سانتیمتری و با تراکم بالا انجام گرفت و در مرحله چهارتا شش برگی با انجام تنک به تراکم مورد نظر رسید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذور صورت گرفت و طی دوره رشد، آبیاری به صورت نشتی و بر اساس تیمارهای آبیاری مطلوب (آبیاری مطلوب به هنگام ۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A) و تنش خشکی (آبیاری مطلوب به هنگام ۱۱۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A) انجام شد. وجین علف‌های هرز به روش دستی انجام گرفت. در طول دوره آزمایش، آفت مهمی مشاهده نشد.

برای نمونه برداری در هر کرت آزمایشی ابتدا دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان اثرات

نتایج و بحث

داشتند. در صورتی که اثر متقابل تنش خشکی در کاربرد کود بیولوژیک فقط در مورد صفات تعداد طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد روغن و عملکرد روغن معنی دار شد (جدول ۲).

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تنش خشکی و کود بیولوژیک، روی همه صفات مورد مطالعه به استثناء صفت شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد اثر معنی دار

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات بررسی شده در گلرنگ.

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد طبق در بوته	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱/۷۶**	۳/۳۹۵*	۳/۵۸**	۲/۹۳ ^{NS}	۳۷۲۹۶**
تنش کم آبی (A)	۳	۳/۴۷**	۲۹/۷۴**	۳/۷۷**	۲۷/۵۳**	۳۹۲۸۴**
کود بیولوژیک (B)	۳	۶/۲۹**	۲۳/۱۸**	۴/۰۸**	۲۸/۰۲**	۴۲۴۶۵**
اثر متقابل A*B	۹	۰/۷۲**	۲/۰۰۲ ^{NS}	۰/۱۲**	۲/۲۶ ^{NS}	۱۳۵۱**
اشتباه	۳۰	۰/۰۹۹	۰/۹۲۹	۰/۰۰۷	۱/۰۹	۷۵/۷۷
ضریب تغییرات (CV%)		۱۲/۲	۹/۵۱	۶/۳۴	۸/۱۳	۹/۱۱

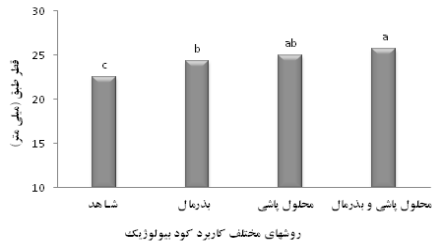
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن	درصد پروتئین
تکرار	۲	۷۵۳۶۶۵**	۰/۰۰۲۵ ^{NS}	۰/۰۶۲۵ ^{NS}	۲۹۵۸ ^{NS}	۷۹/۶۵*
تنش کم آبی (A)	۳	۸۳۸۱۶۲**	۰/۰۰۱۱ ^{NS}	۰/۰۰۱۱ ^{NS}	۳۸۴۰۳**	۱۱۱/۲**
کود بیولوژیک (B)	۳	۸۲۸۰۵۷**	۰/۰۱۰۱ ^{NS}	۰/۰۲۴**	۵۹۴۱۶**	۲۱/۹۹**
اثر متقابل A*B	۹	۲۸۷۳۸**	۰/۰۰۲۶ ^{NS}	۰/۳۵۴**	۱۳۷۶*	۴/۲۱۹ ^{NS}
اشتباه	۳۰	۳۱۰۰	۰/۰۰۶۱	۱/۶۱۸	۲۴/۱۲	۱۰۴۲
ضریب تغییرات (CV%)		۸/۴۷	۸/۳۵	۱۴/۳۲	۱۲/۹۹	۷/۷۱

S.N. غیر معنی دار، * و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

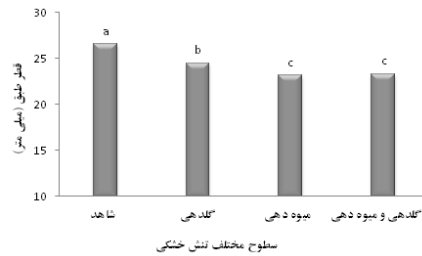
قطر طبق

ویژه‌ای در افزایش قطر طبق و تولید عملکرد نهایی گیاه، دارد بنابراین بروز تنش خشکی در این مرحله و یا قبل از آن (گل‌دهی) می‌تواند در کاهش اندازه طبق‌ها و تولید دانه مؤثر باشد. نتایج نشان داد که در شرایط عدم کاربرد کود بیولوژیک (شاهد) قطر طبق به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در بین تیمارهای مختلف کود بیولوژیک، کاربرد توأم بذرمال و همراه آبیاری، موجب افزایش ۱۴ درصدی این صفت نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود بیولوژیک) گردید. لازم به ذکر است که تیمار کاربرد توأم کود بیولوژیک به‌صورت بذرمال و همراه آبیاری اختلاف معنی‌داری با تیمار استفاده همراه آبیاری نشان نداد (شکل ۲).

مقایسه میانگین‌های اثرات ساده، بین تیمارهای تنش کم آبی نشان داد که تنش در مرحله گلدهی و خورجین دهی باعث کاهش ۱۲ درصدی قطر طبق نسبت به شاهد (آبیاری مطلوب) شد. البته تیمار تنش کم آبی توأم در مرحله گلدهی و خورجین دهی و تیمار تنش در مرحله خورجین دهی اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. به‌طور کلی تنش کم آبی در مرحله خورجین دهی تأثیر بیشتری از تنش در مرحله گلدهی بر قطر طبق داشته است (شکل ۱). تنش آبی باعث کاهش تولید و ارسال مواد فتوسنتزی در مرحله ظهور و پر شدن طبق شده و موجب کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود، در نتیجه قطر طبق کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد تأمین آب کافی برای گلرنگ در مرحله پر شدن دانه، اهمیت



شکل ۲- اثر روش‌های کاربرد کود بیولوژیک بر قطر طبق گلرنگ رقم پدیده



شکل ۱- اثر سطوح مختلف تنش کم آبی بر قطر طبق گلرنگ رقم پدیده

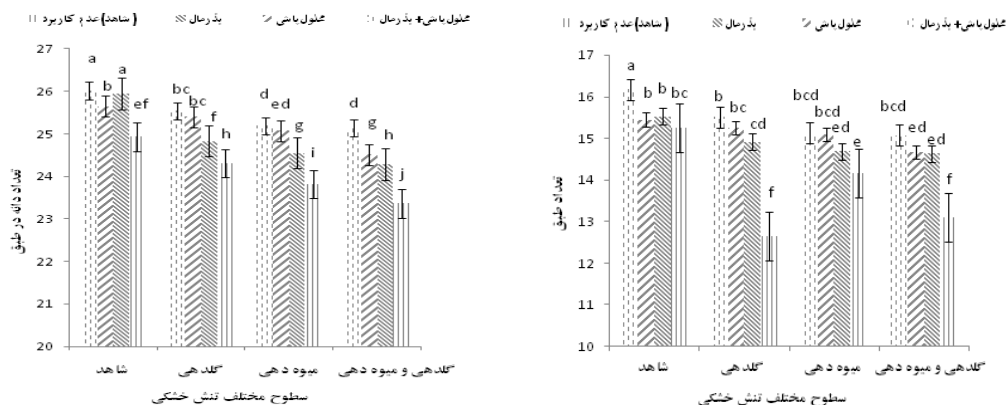
تعداد طبق در بوته

صفت تعداد طبق، از این نظر که بر عملکرد دانه مؤثر است، دارای اهمیت می‌باشد. مقایسه میانگین‌های تعداد طبق نشان داد که اثر متقابل تنش کم آبی و سطوح کود بیولوژیک، معنی‌دار بود و بیشترین تعداد طبق در تیمار آبیاری مطلوب (شاهد) و کاربرد توأم کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری حاصل شد. به طوری که تیمار تنش در مرحله گلدهی و عدم کاربرد کود بیولوژیک نسبت به تیمار فوق، باعث کاهش ۲۲ درصدی تعداد طبق در بوته گردید. بر اساس نتایج به دست آمده در تیمار عدم تنش کم آبی (شاهد) بین کاربرد کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری از لحاظ تأثیر بر تعداد طبق در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما کاربرد توأم آن‌ها می‌تواند نتیجه بهتری را به دنبال داشته باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر سطح تنش کم آبی، بین سطوح مختلف کود بیولوژیک (کاربرد به صورت بذرمال، همراه آبیاری و کاربرد توأم آن‌ها) از لحاظ تأثیر بر تعداد طبق در بوته اختلاف زیادی مشاهده نمی‌شود (شکل ۳). کافی و رستمی (۱۳۸۶) در مطالعه اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور اظهار داشتند که اثر تیمار تنش آبی بر تعداد طبق در بوته معنی‌دار بود. به طوری که بیشترین تعداد طبق مربوط به تیمار آبیاری کامل (شاهد) و کمترین آن مربوط به تیمار تنش خشکی شدید بود. توحیدی مقدم و همکاران (۱۳۸۶)، بیشترین تعداد غلاف در گیاه سویا را بر اثر تلقیح بذر، با کودهای بیولوژیک به دست آوردند.

تعداد دانه در طبق

یکی از صفات مهم در شکل‌گیری عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق است، با افزایش تعداد دانه در طبق، تعداد دانه در تک بوته و در نهایت عملکرد دانه افزایش می‌یابد. اثر متقابل تنش

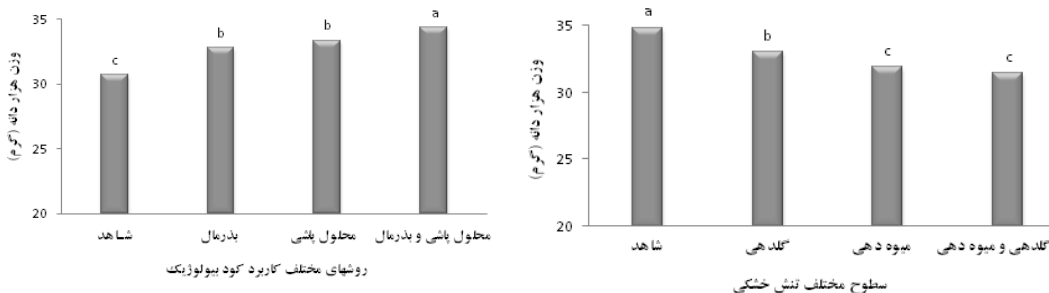
کم آبی و کود بیولوژیک بر صفت تعداد دانه در طبق معنی‌دار بود و بیشترین تعداد دانه در طبق در تیمار بدون تنش کم آبی و کاربرد هم‌زمان کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری حاصل شد. به طوری که این تیمار باعث افزایش ۱۱ درصدی تعداد دانه در طبق، نسبت به تیمار تنش کم آبی توأم در مرحله گلدهی و خورجین دهی و عدم کاربرد کود بیولوژیک گردید (شکل ۴). به نظر می‌رسد که تنش کم آبی در مرحله گلدهی باعث اختلال در تلقیح و کاهش گلچه‌ها و در نتیجه کاهش تعداد دانه در طبق می‌گردد و هرچه زمان تنش به مرحله گلدهی نزدیک‌تر باشد، کاهش تعداد دانه در طبق بیشتر است. نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که اثر سوء تنش کم آبی بر تعداد دانه در طبق، در مرحله خورجین دهی به مراتب بیشتر از مرحله گلدهی است. لازم به ذکر است که بین تیمار عدم تنش (شاهد) و کاربرد توأم کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری و تیمار عدم تنش (شاهد) و کاربرد کود بیولوژیک به صورت بذرمال اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که این بیانگر این است که در اینجا کاربرد کود بیولوژیک فقط به صورت بذرمال می‌تواند کفایت نماید (شکل ۴). امید و همکاران (۱۳۸۶) طی بررسی اثر تنش آبی بر ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره در کرج اظهار داشتند که در بین سطوح مختلف تنش آبی، بیشترین و کمترین تعداد دانه در طبق به ترتیب با میانگین ۳۶/۵۵ و ۲۶/۷۵ عدد مربوط به تیمار شاهد و تیمار قطع آبیاری در دو مرحله خورجین دهی و گل‌دهی بود. عفت دوست و رشیدی (۱۳۸۸) در ارزیابی اثر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های گلرنگ اظهار داشتند، کمبود آب در مرحله گلدهی و پر شدن دانه‌ها در گلرنگ، باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در طبق گردید. در آزمایشی در گیاه سویا، استفاده از کودهای بیولوژیک، سبب افزایش تعداد دانه در نیام گردید (امیدی و همکاران، ۱۳۸۶).



شکل ۳- اثرات متقابل بین کود بیولوژیک و سطوح مختلف تنش کم آبی بر تعداد طبق در بوته
 شکل ۴- اثرات متقابل بین کود بیولوژیک و سطوح مختلف تنش کم آبی بر تعداد دانه در طبق

وزن هزار دانه

در بین سطوح تنش کم آبی، اعمال تنش توأم در مرحله گلدهی و خورجین دهی باعث کاهش ۱۰ درصدی وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد شد. بین تیمار تنش کم آبی توأم در مرحله خورجین دهی و گلدهی و تیمار تنش کم آبی در مرحله خورجین دهی اختلاف معنی داری مشاهده نگردید اما می توان گفت که تأثیر تنش بر وزن هزار دانه، در مرحله خورجین دهی به مراتب بیشتر از مرحله گلدهی است (شکل ۵). به نظر می رسد کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش کم آبی به علت کوتاه شدن دوره پرشدن دانه و پیری زودرس باشد. نادری دریاغشاهی و همکاران (۱۳۸۶) طی تحقیقی، اظهار داشتند که اثر تیمار مقادیر آبیاری بر وزن هزار دانه، غیر معنی دار ولی اثر تیمار قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گلرنگ بر وزن هزار دانه، در سطح یک درصد معنی دار شد به طوری که بیشترین وزن هزار دانه با میانگین گرم ۳۴/۷۶ مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی دانه ها و کمترین وزن هزار دانه با میانگین ۳۲/۱۱



شکل ۵- اثر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن هزار دانه گلرنگ رقم پدیده
 شکل ۶- اثر روش های کاربرد کود بیولوژیک بر وزن هزار دانه گلرنگ رقم پدیده

گرم مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی گلرنگ بود. در بررسی اثر تنش خشکی روی ژنوتیپ های مختلف گلرنگ مشخص شد که کمبود آب در مرحله گلدهی و پر شدن دانه ها باعث کاهش معنی دار وزن هزار دانه شد (عفت دوست و رشیدی، ۱۳۸۸). در بین تیمارهای کود بیولوژیک نیز، تیمار کاربرد توأم کود بیولوژیک به صورت بذر مال و همراه آبیاری موجب افزایش ۱۲ درصدی وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد گردید. لازم به ذکر است که بین هر یک از تیمارهای مصرف کود بیولوژیک به صورت بذر مال و همراه آبیاری اختلاف معنی داری مشاهده نشد هر چند که هر کدام از آنها نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود بیولوژیک) از لحاظ تأثیر بر وزن هزار دانه اثر معنی داری را نشان دادند (شکل ۶). در این مورد رشدی و همکاران (۱۳۸۸) نیز افزایش وزن هزار دانه گیاه آفتابگردان را تحت تأثیر کودهای بیولوژیک گزارش نمودند. در مورد این صفت اثر متقابل تنش خشکی و کود بیولوژیک معنی دار نشد.

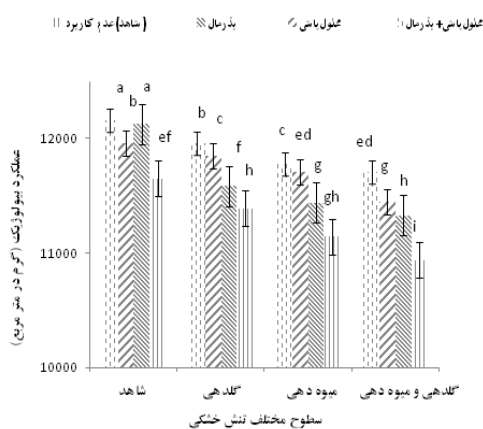
عملکرد دانه

اثر متقابل تنش کم آبی و کود بیولوژیک روی صفت عملکرد دانه معنی دار بود به طوری که بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری مطلوب به همراه کاربرد توأم کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری شد لازم به ذکر است که تیمار تنش کم آبی توأم در مرحله گلدهی و خورجین دهی و عدم کاربرد کود بیولوژیک نسبت به تیمار فوق موجب کاهش ۱۰ درصدی عملکرد دانه گردید. لازم به ذکر است که در تیمار عدم تنش (شاهد) بین کاربرد توأم کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری و تیمار کاربرد کود بیولوژیک به صورت بذرمال، اختلاف معنی داری مشاهده نشد که این بیانگر این است که در اینجا کاربرد کود بیولوژیک فقط به صورت بذرمال می تواند کفایت نماید. همان طور که مشاهده می شود در هر سطح تنش کم آبی در اکثر موارد کاربرد کود بیولوژیک همراه آبیاری مؤثرتر از کاربرد آن به صورت بذرمال است (شکل ۷). کاهش عملکرد و اجزای آن در تیمار تنش کم آبی را می توان به علت کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه دانست. بیشترین اثر تنش رطوبتی روی وزن دانه در مدت پرشدن دانه می باشد. تنش رطوبتی با تأثیر بر طول دوره رشد گیاه و همچنین کاهش طول دوره پر شدن دانه، کاهش تعداد طبق در بوته، کاهش تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه شده است. کودهای بیولوژیکی، علاوه بر افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم، کنترل عوامل بیماری زا و تولید انواع هورمون های تنظیم کننده و محرک رشد گیاه، عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می دهند (استورز و کریستی، ۲۰۰۳). در مطالعه ای که طی دو سال بر روی ارقام گلرنگ انجام شد، در هر دو سال، اثر تیمار تنش کم آبی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد، به طوری که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری کامل (شاهد) و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تنش خشکی شدید بود (کافی و رستمی، ۱۳۸۶). تحقیقات اسنادال و همکاران (۲۰۰۸) در مورد اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه گلرنگ نشان می دهد که عملکرد دانه از ۱ تا ۳/۳ تن در هکتار متغیر است. رشدی و همکاران (۱۳۸۸) اظهار داشتند که عملکرد آفتابگردان تحت تأثیر کودهای بیولوژیکی، به دلیل فراهمی عناصر غذایی ماکرو و پرمصرف در اختیار گیاه، افزایش می یابد. محسن نیا و جلیلیان (۱۳۹۱) نیز اظهار داشتند که بالا بودن عملکرد دانه در هر طبق به این دلیل است که تیمار کودهای بیولوژیک توانسته

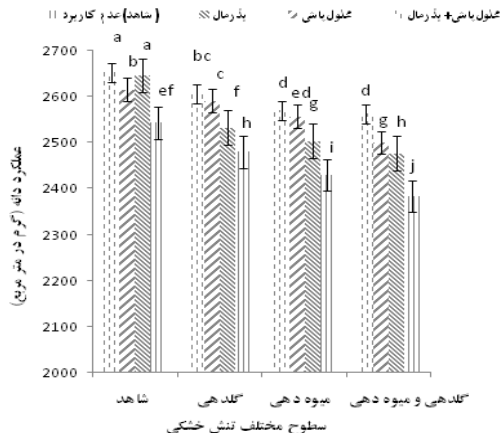
مواد غذایی کافی در اختیار گیاهان تحت این تیمار قرار دهد و بدیهی است زمانی که عناصر غذایی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار می گیرد، به دنبال آن فتوسنتز به خوبی انجام شده و تجمع مواد پرورده به میزان کافی صورت می گیرد.

عملکرد بیولوژیک

طبق نتایج به دست آمده، اثر متقابل تنش کم آبی و کود بیولوژیک، از نظر آماری روی صفت عملکرد بیولوژیک معنی دار بود (جدول ۲) به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری مطلوب به همراه کاربرد توأم کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری به دست آمد. لازم به ذکر است که این تیمار باعث افزایش ۱۱ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار تنش کم آبی توأم در مرحله گلدهی و خورجین دهی و عدم کاربرد کود بیولوژیک گردید. لازم به ذکر است در مورد صفت عملکرد بیولوژیک همانند صفت عملکرد دانه، در تیمار عدم تنش (شاهد) بین کاربرد توأم کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری و تیمار کاربرد کود بیولوژیک به صورت بذرمال، اختلاف معنی دار دیده نشد. همان طور که مشاهده می شود در شرایط عدم تنش، کاربرد کود بیولوژیک به صورت بذرمال به مراتب مؤثرتر از کاربرد آن همراه آبیاری است (شکل ۸). تنش خشکی به دلیل کاهش آماس سلولی سبب کاهش فواصل میانگره، ارتفاع، وزن تر و وزن خشک و در نهایت کاهش عملکرد بیولوژیک می شود. مظفری و همکاران (۱۹۹۶) تنش رطوبتی در گلرنگ را سبب کاهش تجمع ماده خشک و در نتیجه کاهش عملکرد بیولوژیک دانستند. باکتری های موجود در کودهای بیولوژیک نیز با تولید ترکیبات تنظیم کننده رشد گیاه و افزایش فراهمی عناصر برای گیاه، باعث افزایش فتوسنتز و میزان تولید ماده خشک در گیاه می شوند. امید (۱۳۸۸) طی بررسی اثر تنش آبی بر ویژگی های زراعی و فیزیولوژیک سه رقم گلرنگ بهاره اظهار داشت که در بین سطوح مختلف تنش کم آبی، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار قطع آبیاری در دو مرحله خورجین دهی و گلدهی بود. در بررسی اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ، بیشترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۱۲۰۹ کیلوگرم در هکتار، مربوط به تیمار آبیاری کامل (شاهد) و کمترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۹۴۰ کیلوگرم در هکتار، مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی گزارش شده است (نبی پور و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۸- اثرات متقابل بین کود بیولوژیک و سطوح مختلف تنش کم آبی بر عملکرد بیولوژیک



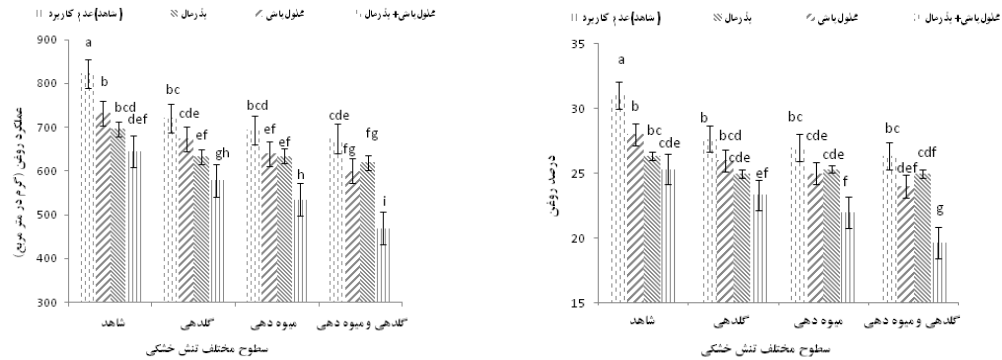
شکل ۷- اثرات متقابل بین کود بیولوژیک و سطوح مختلف تنش کم آبی بر عملکرد دانه

عدم کاربرد کود بیولوژیک، باعث افزایش ۵۷ درصدی، درصد روغن و افزایش ۷۵ درصدی، عملکرد روغن شد (شکل ۹ و ۱۰). کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیکی بذر و آسیب به انتقال آسمیلات ها به دانه باشد (بوچروا و همکاران، ۱۹۹۶). در آزمایشی نادری در باغشاهی و همکاران (۱۳۸۶) اظهار داشتند با اعمال تنش خشکی در گلرنگ عملکرد روغن به شدت کاهش می‌یابد ولی از طرفی با افزایش شدت تنش در سطوح بعدی افت عملکرد با شدت کمتری انجام می‌گیرد. پاتل و پاتل (۱۹۹۶) در آزمایشی که انجام دادند نتیجه گرفتند که درصد روغن تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری قرار می‌گیرد و با افزایش مقدار آبیاری درصد روغن نیز افزایش می‌یابد. سنگ و همکاران (۱۹۹۰) اثر رژیم‌های متفاوت آبیاری بر عملکرد و روغن گلرنگ را بررسی و گزارش دادند که با آبیاری در مراحل ساقه دهی و تشکیل دانه بیشترین درصد روغن به دست می‌آید. میرزا خانی و همکاران (۲۰۰۹) افزایش میزان روغن را در اثر کاربرد کودهای بیولوژیک تأیید نمودند.

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس هیچ‌یک از تیمارهای اعمال شده، تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشتند (جدول ۲). در این رابطه لاولی و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند که در شرایط پنج رژیم آبیاری متفاوت، تغییر معنی‌داری در شاخص برداشت مشاهده نشد، اما عملکرد دانه در تنش خشکی شدید کاهش زیادی نشان داد. نتایج به دست آمده را سیبی و همکاران (۱۳۹۰) تأیید کرده‌اند.

درصد و عملکرد روغن

همان‌طور که می‌دانیم عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن است. اثر متقابل تنش کم آبی و کود بیولوژیک بر دو صفت درصد و عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول ۲) و بیشترین درصد و عملکرد روغن زمانی حاصل شد که آبیاری مطلوب (بدون تنش کم آبی) به همراه کاربرد کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری بکار برده شد. این تیمار نسبت به تیمار تنش کم آبی توأم در مرحله گلدهی و خورجین دهی و

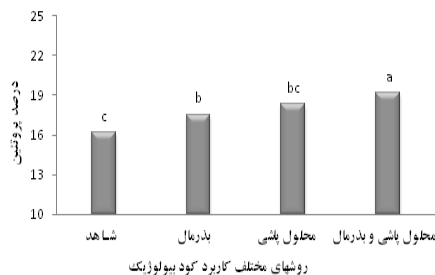


شکل ۹- اثرات متقابل بین کود بیولوژیک و سطوح مختلف تنش کم آبی بر درصد روغن

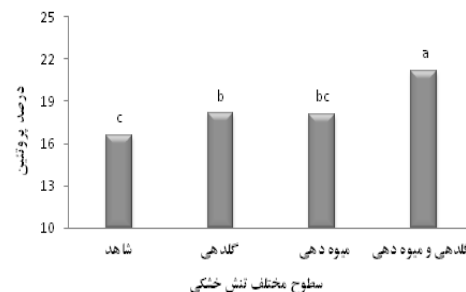
شکل ۱۰- اثرات متقابل بین کود بیولوژیک و سطوح مختلف تنش کم آبی بر عملکرد روغن

درصد پروتئین (۲۰۰۸) که بر روی خصوصیات کیفی دانه آفتابگردان تحت شرایط تنش، مطالعاتی را انجام داده بودند، مطابقت دارد. همچنین بیشترین درصد پروتئین در میان تیمارهای کود بیولوژیک در تیمار کاربرد توأم کود بیولوژیک به صورت بذرمال و همراه آبیاری به دست آمد به طوری که این تیمار موجب افزایش ۱۴ درصدی، درصد پروتئین نسبت به تیمار شاهد عدم کاربرد کود بیولوژیک گردید. از لحاظ درصد پروتئین بین دو تیمار کاربرد کود بیولوژیک، به صورت بذرمال و همراه آبیاری اختلاف معنی داری مشاهده نشد اما این دو تیمار نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود بیولوژیک) تأثیر معنی داری را نشان دادند (شکل ۱۲). یکی از وظایف مهم نیتروژن در گیاهان، مشارکت در تولید پروتئینها است. احتمال می رود تیمار کود بیولوژیک توانسته شرایط مناسبی را برای جذب نیتروژن از خاک و افزایش میزان ذخیره نیتروژن دانه در مرحله رشد زایشی، فراهم کند و سبب افزایش میزان پروتئین شود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای اعمال شده تأثیر معنی داری بر درصد پروتئین گلرنگ داشتند اما اثر متقابل تنش کم آبی و کود بیولوژیک بر این صفت معنی دار نبود (جدول ۲). در بین سطوح تنش کم آبی، تنش توأم در هر دو مرحله گلدهی و خورجین دهی باعث افزایش ۲۸ درصدی، درصد پروتئین نسبت به شاهد (آبیاری مطلوب) شد. از لحاظ درصد پروتئین بین دو تیمار تنش در مرحله خورجین دهی و گلدهی اختلاف معنی داری مشاهده نشد اما این دو تیمار نسبت به تیمار شاهد (عدم تنش) تأثیر معنی داری را نشان دادند (شکل ۱۱). بیشتر بودن درصد پروتئین در شرایط تنش رطوبتی می تواند با کاهش طول دوره رشد و نمو مرتبط باشد که سبب کاهش نسبت روغن به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین می شود (آیاری و شکاری، ۱۳۷۹). افزایش درصد پروتئین در شرایط تنش خشکی با نتایج برخی از پژوهشگران از جمله جلیلیان و همکاران



شکل ۱۲- اثر روش های کاربرد کود بیولوژیک بر درصد پروتئین گلرنگ رقم پدیده



شکل ۱۱- اثر سطوح مختلف تنش کم آبی بر درصد پروتئین گلرنگ رقم پدیده

نتیجه‌گیری

از کاهش طول دوره رشد و نمو باشد که سبب کاهش نسبت روغن به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین می‌شود (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹)؛ اما در مورد صفات تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، مقادیر بالای صفات مذکور در تیمار بدون تنش و کاربرد هم‌زمان کود بیولوژیک به‌صورت بذرمال و همراه آبیاری و همچنین تیمار بدون تنش و کاربرد کود بیولوژیک به‌صورت بذرمال، حاکی از اهمیت مصرف کود بیولوژیک به‌صورت بذرمال است؛ به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت در مورد صفات مذکور کاربرد کود بیولوژیک به‌صورت بذرمال می‌تواند مؤثرتر از کاربرد آن همراه آبیاری باشد در صورتی‌که در مورد صفات درصد روغن و عملکرد روغن کاربرد توأم این کود به‌صورت بذرمال و همراه آبیاری به همراه عدم تنش کم‌آبی می‌تواند مفید باشد و کاربرد این کود به‌صورت یکی از دو شکل بذرمال و همراه آبیاری، تحت این شرایط می‌تواند به‌شدت منجر به کاهش صفات مذکور گردد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، در مورد صفات قطر طبق و وزن هزار دانه به‌عنوان صفات مؤثر بر عملکرد، در بین سطوح تنش کم‌آبی، اثر تنش در مرحله خورجین دهی به‌مراتب بیشتر از مرحله گلدهی است به‌عبارت‌دیگر در مورد این صفات اثرات سوء ناشی از تنش کم‌آبی در مرحله خورجین دهی بیشتر از مرحله گلدهی است. همچنین در مورد این صفات مصرف توأم کود بیولوژیک به‌صورت بذرمال و همراه آبیاری بسیار مفیدتر از مصرف هرکدام از آن‌ها به‌تنهایی است. با این توضیح که مصرف کود بیولوژیک به‌تنهایی، در مرحله گلدهی و خورجین دهی تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. درصد پروتئین در مقایسه با صفات فوق واکنش کاملاً متفاوتی را نسبت به تنش کم‌آبی نشان داد. بدین معنی که افزایش دفعات تنش کم‌آبی (در مرحله گلدهی و خورجین دهی) منجر به افزایش این صفت گردید که افزایش درصد پروتئین تحت شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند ناشی

منابع

- آستارایی، ع. ر. و ع. کوچکی. ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیک در کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۸ صفحه.
- آلیاری، ه. و ف. شکاری. ۱۳۷۹. دانه‌های روغنی زراعت و فیزیولوژی. انتشارات امید تبریز. ۱۸۲ صفحه.
- اشکانی، ج. ۱۳۸۱. تعیین مقاومت به خشکی ارقام گلرنگ پاییزه و ارزیابی برخی شاخص‌های مقاومت به خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. شیراز.
- امیدی، ح. ع. عصار، ح. ترابی و ع. سروش زاده. ۱۳۸۶. چالش‌های فرآوری صنعت و تجارت گیاهان دارویی. سومین همایش گیاهان دارویی. دانشگاه شاهد. تهران. ۱۶۴ صفحه.
- توحیدی مقدم، ح. ر. ف. قوشچی، ا. حمیدی و پ. کسرابی. ۱۳۸۶. تأثیر کاربرد کودهای بیولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی سویای رقم ویلامز. فصلنامه دانش کشاورزی ایران. جلد ۴، شماره ۲: ۲۱۶-۲۰۵.
- خواججه پور، م. ر. ۱۳۷۷. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۵۰ صفحه.
- رشدی، م. س. رضا دوست، ج. خلیلی محله و ن. حاجی‌حسینی اصل. ۱۳۸۸. تأثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم آفتابگردان روغنی. مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، سال سوم، شماره ۱۰. صفحات: ۲۴-۱۱.
- سیبی، م. م. میرزا خانی و م. گماریان. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره. یافته‌های نوین کشاورزی. سال پنجم، شماره ۳: ۲۹۰-۲۷۵.
- صدیقی، ف. ۱۳۸۶. اثرات سایکوسل و زمان محلول‌پاشی آن در تراکم بالای بوته، بر صفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک ذرت ۷۰۴ تحت شرایط خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۱۴۰ صفحه.
- کافی، م. و م. رستمی. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۵، شماره ۱: ۱۳۱-۱۲۱.
- محسن‌نیا، ا. و ج. جلیلیان. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. جلد ۴، شماره ۳: ۲۴۵-۲۳۵.
- نادری درباغشاهی، م. ر. ع. ر. بنی طباء، م. ر. شهنساری و ح. ر. جوانمرد. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر تنش خشکی بر زودرسی گلرنگ پاییزه در منطقه اصفهان. مجله پژوهش در علوم کشاورزی، سال سوم، شماره ۲: ۱۵۰-۱۳۸.
- Abel, G. 1976. Effect of irrigation regimes, planting date, nitrogen levels and row spacing on safflower cultivars. *Agron. J.* 68: 448-451.

- Anonymous. 2014. <http://www.fao.org/corp/fortal/statistics/en/> (visited 10 March 2013).
- Bouchereau, A., B.N. Clossais, A. Bensaoud, L. Beport and M. Renard. 1996. Water stress effects on rapeseed quality. *Eur. J. Agron.* 5: 19-30.
- Chakeralhosseini, M.R. 2006. Nitrogen and phosphorus effects on quantitative and qualitative yield of safflower in dry land conditions of semi-arid regions. *Iranian J. Soil Water.* 20(1): 17-25.
- Efatdoost, N. 2003. Evaluation of drought stress effect on safflower genotypes. M. Sc. Thesis. Ardebil. Azad University.
- Esendal, E., A. Istanbuluoglu, B. Arslana and C. Paşaa. 2008. Effect of water stress on growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.). 7th International safflower conference. Australia. 3- 6 November 2008.
- Hayashi, H and K. Hanada. 1985. Effects of soil water deficit on seed yield and yield components of safflower. *Japan. J. Crop Sci.* 54 (4): 346-352.
- Jalilian, J., S.A.M. Modarres Sanavy, A. Asgharzadeh and M. Farshadfar. 2008. Response of sunflower seed quality characteristics to plant growth promoting rhizobacteria under water stress. *Agric. Res.* 7:185-196.
- Lovellh, S., M. Perniola, A. Ferrara and D. T. Tommaso. 2007. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agric. Water Manage.* 92:37-80.
- Mahindra, P.P. and P. Chandramani. 1998. NPK uptake, yield and starch content of potato cv. Kufri Jyoti as influenced by certain bio fertilizers. *J. Ind. Potato Assoc.* 25:50-52.
- Mirzakhani, M., M.R. Ardakani, A. Aeene band, A. H. Shirani rad and F. Rejali. 2009. Dual inoculation of Azotobacter and Mycorrhiza with nitrogen and phosphorus fertilizer rates on grain yield and some of characteristics of spring safflower. *Proceeding of international conference on energy and environment.* March 19-21, 2009. pp.: 729-733.
- Mozafari, K., Y. Arshi and H. Zainali. 1996. Evaluation of drought stress on some morpho- physiologic and yield component of sunflower. *Seed Plant.* 12(3): 24-33.
- Nabipour, M., M. Meskarbashee and H. Yousefpour. 2007. The effect of water deficit on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Pakistan J. Biol. Sci.* 10(3):421-426.
- Ojaglu, F. 2007. The effect of bio-fertilizer inoculation on grain yield and its components of safflower. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University of Tabriz. 89 pp.
- Patel, P. and Z. G. Patel. 1996. Effect of irrigation on growth, yield and water use efficiency of safflower. *Field Crop Abs.* 50(3): 272-282.
- Richards, R. A., G. J. Rebetzke, A. G. Condon and A. F. Van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield. I. temperate cereals. *Crop Sci.*, 42:111-121.
- Sharma, A.K. 2003. Bio fertilizers for sustainable agriculture. *Agrobios, India.* P: 231-239.
- Singh. V. D., S. K. Verma and B. L. Singh. 1990. Effect of irrigation and phosphorus on safflower (*Carthamus tinctorious*) yield in Rajasthan. *Indian J. Agric. Sci.* 40: 644-647.
- Sturz A.V. and B.R. Christie. 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil Till. Res.* 72:107-123.
- West, C.P., D.W. Walker, R.K. Bacon, D.E. Longer, and K.E. Turner. 1991. Phonological analysis of forage yield and quality in winter wheat. *Agron. J.* 83: 217-224.

Effect of low irrigation and use of phosphate solubilizing bio-fertilizer on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

M. Nasiri¹, A. Roozbahani², M. Ziaei nasab³

Received: 2015-04-25 Accepted: 2015-07-05

Abstract

To investigate the effects of low irrigation and use of phosphate solubilizing bio-fertilizer on yield and yield components of safflower, an experiment was conducted as a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications in 2012 in Alborz province (Mahdasht city). Low irrigation factor at four levels: control (optimum irrigation), low irrigation at flowering, low irrigation at fruiting and low irrigation during both stages and the other factor was phosphate solubilizing bio-fertilizer at four levels: control (no application), seed coated, foliar spray and combined application (seed coated and foliar spray). Based on the results of the analysis, each of low irrigation and bio-fertilizer treatments, except harvest index, had significant effect on all traits at 1% probability level. The lowest traits amounts was observed in drought stress at flowering and fruiting and the highest traits amounts was obtained in no drought stress condition. Bio-fertilizer caused to increase of yield and yield components of safflower when applied both foliar application and seed coated. According to interaction effects, application of bio fertilizer cause to increase yield and yield components and also improved more traits under drought conditions.

Key words: Biological fertilizer, drought stress, grain yield, oil seed plant, protein percentage

1- Graduate Student, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran

2- Assistance Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran.

3- Assistance Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran.