مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۲، شماره ۱، ۱۳۹۰ (۱۴۱-۱۳۳)

بررسی آثار تغذیه‌ای عناصر نیتروژن، بور و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی دانه گلرنگ

مهری صفاری[۱]، محمد مددی‌زاده[۲]* و فاطمه شریعتی‌نیا[۳]
۱، ۲، ۳، استادیار و دانشجویان کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان
(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۰ - تاریخ تصویب: ۸۹/۱۰/۱)

چکیده

به منظور مطالعه اثرات سه عنصر نیتروژن، بور و گوگرد بر عملکرد، اجزای عملکرد، میزان روغن و پروتئین دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) رقم محلی اصفهان، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل نیتروژن در سه سطح (۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از منبع اوره، بور در دوسطح (۰ و ۰/۷ کیلوگرم بور خالص در هکتار) از منبع اسید بوریک و گوگرد در سه سطح (۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار) از منبع گوگرد پودری بودند. نتایج حاصل نشان داد که با افزایش میزان نیتروژن، عملکرد دانه، تعداد غوزه و درصد پروتئین به طور بسیار معنی‌داری افزایش یافت (P< ۰/۰۱). اما تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه و درصد روغن به طور بسیار معنی‌داری کاهش یافت (P< ۰/۰۱). با افزایش میزان گوگرد، عملکرد دانه، تعداد غوزه، تعداد دانه در غوزه و درصد روغن و پروتئین نیز به طور بسیار معنی‌داری افزایش یافت (P< ۰/۰۱). همچنین بور به طور بسیار معنی‌داری سبب افزایش درصد روغن و پروتئین دانه گردید. در مجموع بالاترین میزان عملکرد دانه (۲۶۴/۱۷۷ گرم در مترمربع) از تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به دست آمد. بهترین درصد روغن مربوط به اثر متقابل سه گانه نیتروژن ۴۶، گوگرد ۱۵۰ و بور ۰/۷ کیلوگرم در هکتار به میزان ۴۲/۱ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار نیتروژن ۱۳۸، گوگرد و بور صفر کیلوگرم در هکتار به میزان ۱۵ درصد بود. بهترین درصد پروتئین از تیمار نیتروژن ۹۲، گوگرد ۱۵۰ و بور ۰/۷ کیلوگرم در هکتار به میزان ۲۱/۱۷ درصد و کمترین آن از تیمار نیتروژن ۴۶، گوگرد و بور صفر کیلوگرم در هکتار به میزان ۱۰/۱ درصد حاصل شد. انجام تحقیقات بیشتر در مورد سایر عناصر غذایی و ارقام مختلف گلرنگ پیشنهاد می‌گردد.

واژه های کلیدی: **گلرنگ، عملکرد، کیفیت، نیتروژن، گوگرد، بور.**

مقدمه

ارزش و اهمیت دانه‌های روغنی از نظر تأمین کالری و انرژی مورد نیاز انسان و دام در بین محصولات زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است به طوری که امروزه دانه‌های روغنی پس از غلات به عنوان دومین منبع مهم تأمین انرژی مورد نیاز در تغذیه به‌شمار می‌روند (Delka et al., 2005; Sedaghati, 2003; Khalili, 2005). گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* و نام

* نویسنده مسئول: محمد مددی زاده تلفن: ۰۹۱۷-۳۶۷۶۰۵۹ E-mail: madadi31@gmail.com

عمومی Safflower از خانواده کاسنی (Compositae) یکی از با ارزش‌ترین گیاهان روغنی سازگار با شرایط اقلیمی اکثر نقاط ایران می‌باشد. گلرنگ در شرایط تنش‌های خشکی و شوری رایج در ایران نسبتاً مقاوم می‌باشد (Francois et al., 1964; Naseri, 1991). یکی از مهمترین اقدامات مؤثر در راستای افزایش تولیدات کشاورزی، تعیین میزان مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه جهت حصول حداکثر عملکرد اقتصادی آن در واحد سطح در شرایط مختلف خاکی و اقلیمی می‌باشد. نیتروژن عمدتاً اولین عنصر غذایی است که در مناطق خشک و نیمه خشک کمبود آن مطرح می‌شود زیرا مقدار مواد آلی که عمده ترین منبع ذخیره نیتروژن محسوب می‌شوند در این مناطق ناچیز است (Malakoti, 1996; Kafi & Lahoti, 2002). اصلی‌ترین ذخیره نیتروژن در گیاهان، پروتئین‌ها هستند. همچنین جزء ساختمانی لازم در ترکیب مواد ژنتیکی، هورمون‌ها و کلروفیل می‌باشد (Kafi & Lahoti, 2002). گوگرد نقش مهمی در ترکیب شیمیایی دانه، سنتز روغن و پروتئین دارد (Chaudhary et al., 1992).

بور جزء عناصر کم مصرف می‌باشد که با تأثیر بر انتقال قند، سنتز پروتئین، تنظیم هورمون‌های گیاهی و فرایند گلدهی و میوه‌دهی برای رشد طبیعی گیاه ضروری بوده و کمبود آن سبب توقف رشد و کاهش عملکرد می‌گردد (Fatemi Naghdeh & Soroosh Zadeh, 2002; Moteshare Zadeh & Malakoti, 1999). طی آزمایشی توسط Ahmed et al. (1985) مشخص گردید که مقادیر متفاوت نیتروژن اثرات مثبت معنی‌داری روی ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های گیاه، درصد گلدهی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و محتوی پروتئین دانه گلرنگ داشته است. Cab (1990) با مطالعه منبع نیتروژن و سطوح مختلف آن بر روی گلرنگ در ترکیه دریافت که تیمارها تأثیر معنی‌داری در تعداد غوزه، تعداد شاخه و محتوی پروتئین دانه دو رقم بذر گلرنگ داشتند. این محقق پیشنهاد کرد که کودهای نیترات آمونیوم و نیترات کلسیم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار برای رسیدن به عملکرد بهینه در این منطقه مناسب است. Das & Ghosh (1993) با بررسی اثرات چهار میزان مختلف نیتروژن بر روی گلرنگ در هند دریافتند که مقادیر متفاوت کود حاوی نیتروژن به طور معنی‌داری عملکرد و اجزای عملکرد را تحت تأثیر قرار داد آنها در نهایت میزان ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار را به عنوان میزان مناسب پیشنهاد کردند. Chaubey et al. (2000) نیز گزارش کردند که تعداد شاخه‌های اولیه، تعداد غلاف در گیاه، ارتفاع گیاه و وزن صد دانه در گیاه بادام‌زمینی به طور معنی‌داری با افزایش گوگرد افزایش یافت. Bowyzys & Krauz (2000) بیان کردند محلول‌پاشی بور در زمان رشد و نمو فعال گیاه کلزا در خاک‌هایی که کمبود این عنصر وجود داشت سبب افزایش عملکرد دانه گردید.

در ایران طی سال‌های اخیر کشت و پرورش گیاه روغنی گلرنگ مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به ضرورت توصیه غذایی مورد نیاز گیاهان در اکثر خاک‌های کشور و نیاز کودی متفاوت گیاهان مختلف جهت حصول میزان بهینه عملکرد، این آزمایش در شرایط مزرعه‌ای با هدف بررسی اثرات نیتروژن، بور و گوگرد بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و پروتئین دانه گلرنگ (رقم محلی اصفهان) و در نهایت معرفی تیمار کودی مناسب در کرمان به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه تأثیر عناصر نیتروژن، بور و گوگرد بر صفات کمی و کیفی گلرنگ رقم محلی اصفهان، آزمایشی در دانشگاه شهید باهنر کرمان به صورت فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. طبق نتایج آزمون خاک، بافت خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری لومی شنی بوده و هیچ گونه مشکل شوری یا قلیایی بودن نداشته است. جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را نشان می‌دهد. تیمارهای آزمایشی براساس عرف رایج در کرمان شامل نیتروژن در سه سطح (۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، بور در دوسطح (۰ و ۰/۷ کیلوگرم بور خالص در هکتار) و گوگرد در سه سطح (۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد پودری در هکتار) بودند. عناصر نیتروژن، بور و گوگرد به ترتیب از طریق کودهای اوره، اسید بوریک و گوگرد پودری تأمین شدند. محل مورد نظر جهت انجام آزمایش در سال زراعی قبل

به صورت آیش بوده است. عملیات تهیه زمین شامل دیسک، تسطیح زمین و توزیع ۱۲۰ کیلوگرم کود فسفره (سوپرفسفات ساده) در هکتار بود. همچنین یک سوم کود نیتروژنه به عنوان یکی از تیمارهای آزمایش در زمان کاشت و مابقی در زمان رشد رویشی و در نهایت قبل از گرده افشانی مصرف شد. جهت ایجاد جوی و پشته مناسب از دستگاه فارور با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر استفاده شد. کرت‌هایی با طول شش و عرض دو متر در نظر گرفته شد و درون هر کرت چهار ردیف کاشت ایجاد شد. کاشت به صورت خشکه‌کاری و در تاریخ پنج اردیبهشت ماه ۱۳۸۶ انجام گرفت. بذرها در عمق پنج سانتی‌متری و با فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف کشت شدند. کاشت بذور بصورت کپه ای و در هر کپه سه تا چهار عدد بذر ریخته شد که بعداً عملیات تنک کردن در مرحله چهار برگی صورت گرفت. پس از کاشت بلافاصله آبیاری صورت گرفت. کمتر از یک هفته پس از کاشت، جوانه‌زنی گیاه شروع شد. تیمار کود بور به صورت محلول‌پاشی و در دو مرحله انجام شد. اولین بار پس از کامل شدن شاخص سطح برگ به طوری که گیاه بتواند حداکثر استفاده را از محلول مورد استفاده داشته باشد و هدر رفتن آن بر روی سطح خاک به حداقل برسد. دومین محلول‌پاشی قبل از گرده افشانی صورت گرفت. گوگرد به صورت پودر همزمان با آماده‌سازی زمین جهت کاشت به خاک اضافه شد. آبیاری مزرعه طبق عرف محل هر هفت روز یک بار انجام شد که نتایج تجزیه شیمیایی آب در جدول ۲ آورده شده است و در پایان، ده روز قبل از برداشت آبیاری قطع گردید. در نیمه آخر شهریورماه همزمان با زرد شدن شاخ و برگ‌ها و رسیدن دانه‌ها به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت شروع شد. جهت برداشت پس از حذف حاشیه، یک مترمربع در نظر گرفته شد. پس از برداشت، بوته‌های مربوط به هر کرت جداگانه به آزمایشگاه منتقل شده و در آون الکتریکی در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. پس از شمارش تعداد غوزه‌ها و تعداد دانه در غوزه، غوزه‌ها کوبیده شده و بذرها جدا شدند. پس از توزین دانه‌های حاصل از هر کرت، عملکرد دانه در هر مترمربع به دست آمد. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه‌ها، از دستگاه آنالیز بذر و میزان روغن دانه از دستگاه سوکسله استفاده گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

خصوصیت	مقدار
شن (درصد)	۷۵/۰۰
سیلت (درصد)	۱۴/۰۰
رس (درصد)	۱۱/۰۰
کربن آلی (درصد)	۰/۴۹
مواد خنثی شونده (درصد)	۱۵/۹۰
ازت کل (درصد)	۹/۵۰
فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۱۲/۸۶
پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۲۳۵/۰۰
گوگرد قابل جذب (درصد)	۱/۰۰
بور ($mg\ kg^{-1}$)	۲۰/۷۰
روی ($mg\ kg^{-1}$)	۱۹/۳۴
منگنز ($mg\ kg^{-1}$)	۴۴/۸۸
آهن ($mg\ kg^{-1}$)	۸۴/۴۸
مس ($mg\ kg^{-1}$)	۳/۰۱
pH	۷/۷۰
EC(dS/m)	۳/۶۶

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نیتروژن و گوگرد به طور معنی‌داری ($P<0/05$) عملکرد و اجزای آن را تحت تأثیر قرار دادند (جدول۳). به طوری که با افزایش مقادیر نیتروژن و گوگرد، مقادیر این صفات افزایش یافت (جدول۴). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری

EC (dSm^{-1})	pH	CO_3^{-2}	HCO_3^{-1} (mel^{-1})	B (boron) (mgl^{-1})	Ca^{+2} (mel^{-1})	Mg^{+2} (mel^{-1})	Mn (mgl^{-1})
۱/۷	۷	۰	۳/۵	۰/۵	۳/۵	۱/۴	۱/۱

۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (با میانگین ۲۶۴/۱۷۷ گرم دانه در مترمربع) و کمترین آن متعلق به تیمار ۴۶ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (با میانگین ۲۲۳/۱۱۱ گرم دانه در هکتار) می‌باشد (جدول۴). گوگرد تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد نشان داد به طوری که در مقایسه تیمار شاهد (صفر کیلوگرم گوگرد در هکتار) با تیمار ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد پودری در هکتار، عملکرد دانه به میزان ۴/۱۷ درصد افزایش یافت (جدول۵). اثر متقابل بور و نیتروژن بر عملکرد دانه، معنی‌دار (P<۰/۰۵) شد (جدول۳). در مورد اثر متقابل بور و نیتروژن، بیشترین میزان عملکرد دانه متعلق به تیمار ۰/۷ کیلوگرم بور خالص و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با میانگین ۲۵۴/۰۲۲ گرم دانه در مترمربع و کمترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد (۰ کیلوگرم بور و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن) با میانگین ۱۹۳/۲۸۸ گرم دانه در مترمربع می‌باشد (جدول۶). در مجموع از میان تمامی اثرات اصلی و متقابل، بالاترین میزان عملکرد دانه از تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (با میانگین ۲۶۴/۱۷۷ گرم دانه در مترمربع) به دست آمد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که درصد روغن به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) تحت تأثیر تمامی اثرات اصلی، اثرات متقابل دوگانه و اثرات متقابل سه‌گانه بور، نیتروژن و گوگرد قرار گرفت (جدول۳). در مورد اثر متقابل نیتروژن با گوگرد، بیشترین درصد روغن با میانگین ۳۴/۲۴ درصد متعلق به تیمار نیتروژن خالص ۴۶ کیلوگرم و گوگرد پودری ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده و کمترین میزان آن با میانگین ۲۳/۰۷۸ درصد متعلق به تیمار نیتروژن خالص ۱۳۸ کیلوگرم و گوگرد صفر کیلوگرم در هکتار بود (جدول۷). اثر متقابل بور و گوگرد، درصد روغن دانه را به طور معنی‌داری (P<۰/۰۱) تحت تأثیر قرار داد (جدول۳). در مورد اثر متقابل بور و گوگرد، بیشترین درصد روغن با میانگین ۳۴/۵۶ درصد از تیمار بور خالص ۰/۷ کیلوگرم در هکتار و گوگرد پودری ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن با میانگین ۲۲/۴۲ درصد از تیمار گوگرد و بور صفر کیلوگرم (شاهد) در هکتار به دست آمد (جدول۸). اثر متقابل این دو عنصر توانسته است نسبت به اثرات اصلی هر کدام از این عناصر (جدول‌های ۴ و ۵) بین ۶-۵ درصد محتوای روغن دانه را بهبود ببخشد. تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از تأثیر معنی‌دار (P<۰/۰۱) اثرات متقابل سه گانه بور، نیتروژن و گوگرد بر درصد روغن بذر می‌باشد (جدول۳). در مجموع بالاترین درصد روغن با میانگین ۴۲ درصد از تیمار بور خالص ۰/۷ کیلوگرم در هکتار، نیتروژن خالص ۴۶ کیلوگرم در هکتار و گوگرد پودری ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و کمترین میزان آن با میانگین ۱۵ درصد از تیمار نیتروژن خالص ۱۳۸ کیلوگرم، بور و گوگرد صفر کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول۱۰). براساس نتایج حاصل، اثر متقابل سه گانه عناصر مذکور نسبت به اثرات متقابل دوگانه آنها حدود ۸ درصد و

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد دانه (گرم در مترمربع)، وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)، تعداد غوزه، تعداد دانه در غوزه، درصد روغن و درصد پروتئین گلرنگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد دانه	وزن ۱۰۰۰ دانه	تعداد غوزه‌ها	تعداد دانه در غوزه	درصد روغن	درصد پروتئین
تکرار	۲	۹۴۲/۲۵^{ns}	۰/۰۵۸^{ns}	۱۲۸۱/۵^{ns}	۵^{ns}	۰/۱۸۱^{ns}	۰/۱۸^{ns}
بور	۱	۱۵۰/۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۵۱۸۲/۲^{ns}	۲۸/۱^{ns}	۱۴۸/۷***	۰/۲۲***
گوگرد	۲	۸۷۸۵/۶*	۰/۰۶۵^{ns}	۱۴۷۳۲/۲**	۱۷۴/۱**	۲۵/۴***	۴۵/۱***
نیتروژن	۲	۱۰۸۵/۳*	۰/۱۶۸***	۹۴۰۱/۲**	۲۰۳/۷**	۹۱/۰***	۱۴/۷***
بور × گوگرد	۲	۶۶۸۰/۹*	۰/۰۱۶^{ns}	۷۴۵۷/۳**	۱۰/۶^{ns}	۲۶۳/۲***	۹/۳***
بور × نیتروژن	۲	۱۳۳۹۱/۷**	۰/۱۵۳***	۱۰۴۴۱/۵**	۱۰۳/۶^{ns}	۷۲/۱***	۴/۱***
گوگرد × نیتروژن	۴	۲۵۴۸/۸^{ns}	۰/۰۴۷^{ns}	۸۶۲۴/۷**	۲۵/۱^{ns}	۴۴/۸***	۵۰***
بور × گوگرد × نیتروژن	۴	۶۷۵/۶^{ns}	۰/۰۴۴^{ns}	۷۵۱۱/۲**	۶۳/۵^{ns}	۱۸/۶***	۸/۴***
خطا	۳۴	۳۴۳۴/۹	۰/۰۳۳	۱۵۶۳/۸	۴۳/۵	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۴

*، **، *** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه (گرم در مترمربع)، وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)، تعداد غوزه، تعداد دانه در غوزه، درصد روغن و درصد گلرنگ پروتئین در سطوح مختلف نیتروژن

نیتروژن خالص	عملکرد دانه	وزن ۱۰۰۰ دانه	تعداد غوزه‌ها	تعداد دانه در غوزه	درصد روغن	درصد پروتئین
۴۶kg	۲۲۳/۱۱b	۳۰/۴۴a	۲۶۶/۲۲b	۲۷/۱۳a	۳۰/۱۷a	۱۵/۵۴c
۹۲kg	۲۵۶/۸۴ab	۳۰/۳۴ab	۲۶۶/۳۹b	۲۷/۸۹a	۲۶/۸۸b	۱۶/۹۷b
۱۳۸kg	۲۶۴/۱۷a	۳۰/۲۴b	۳۰۵/۸۹a	۲۱/۷۲b	۲۵/۸۶c	۱۷/۲۱a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن در سطح ۵٪).

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه (گرم در مترمربع)، تعداد غوزه، تعداد دانه در غوزه، درصد روغن و درصد پروتئین گلرنگ در سطوح مختلف گوگرد

گوگرد	عملکرد دانه	تعداد غوزه‌ها	تعداد دانه در غوزه	درصد روغن	درصد پروتئین
شاهد ۰	۲۰۹/۴۲b	۲۷۸/۱ab	۲۲/۲۹b	۲۶/۲۸c	۱۵/۲۹c
۱۵۰kg	۲۳۳/۱۴ab	۳۰۸/۸a	۲۸/۴۸ a	۲۸/۱۴b	۱۶/۰۹b
۳۰۰kg	۲۵۳/۵۷a	۲۵۱/۶b	۲۵/۹۶ab	۲۸/۴۹a	۱۸/۳۴a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن در سطح ۵٪).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل بور و نیتروژن روی عملکرد دانه (گرم در مترمربع)، وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)، تعداد غوزه، درصد روغن و درصد پروتئین گلرنگ

سطوح بور	سطوح نیتروژن	عملکرد دانه	وزن ۱۰۰۰ دانه	تعداد غوزه	درصد روغن	درصد پروتئین
B_0	N_0	۱۹۳/۲۸b	۳۰/۳۳bc	۲۳۲/۶d	۲۷/۱۶d	۱۹/۲f
B_0	N_1	۲۱۷/۸۶ab	۳۰/۲۸bc	۲۵۶/۱cd	۲۷/۵۲c	۱۶/۳۸d
B_0	N_2	۲۲۰/۳۳ab	۳۰/۲۰c	۲۹۱/۴ abc	۲۳/۲۵f	۱۷/۲۷b
B_1	N_0	۲۵۲/۹۳a	۳۰/۵۵a	۲۷۶/۳۳bc	۳۳/۱۷a	۱۵/۸۸e
B1	N_1	۲۵۳/۸۲a	۳۰/۴ ab	۳۰۰/۱ab	۲۸/۴۹d	۱۷/۱۵c
B_1	N_2	۲۵۴/۰۲a	۳۰/۲۸bc	۳۲۰/۳ a	۲۹/۱۷e	۱۷/۵۶a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن در سطح ۵٪).

B_0: تیمار شاهد بور، B_1: بور خالص ۰/۷ کیلوگرم در هکتار، N_0: ازت خالص ۴۶ کیلوگرم در هکتار، N_1: ازت خالص ۹۲ کیلوگرم در هکتار و N_2: نیتروژن خالص ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل ازت و گوگرد روی تعداد غوزه، درصد روغن و درصد پروتئین گلرنگ

سطوح نیتروژن	سطوح گوگرد	تعداد غوزه	درصد پروتئین	درصد روغن
N_0	S_0	۲۱۱/۸e	۱۱/۰۳g	۲۵/۲۴g
N_0	S_1	۲۷۳/۳bcd	۱۷/۶۳c	۲۵/۷۵f
N_0	S_2	۲۵۸/۱cde	۱۷/۳۵b	۳۴/۲۵a
N_1	S_0	۲۲۶de	۱۴/۲۵f	۲۵/۴۵g
N_1	S_1	۳۱۴ab	۱۷/۴۷cd	۲۷/۴۶e
N_1	S_2	۳۱۴/۵ab	۱۷/۴۹cd	۲۷/۸۳d
N_2	S_0	۲۸۴/۸abc	۱۵/۱۴e	۲۳/۰۷h
N_2	S_1	۲۹۷/۸abc	۱۸/۲b	۲۸/۲۵c
N_2	S_2	۳۳۵a	۱۹/۹۰a	۲۸/۴۳b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن در سطح ۵٪).

N_0: ازت خالص۴۶ کیلوگرم در هکتار، N_1: ازت خالص ۹۲ کیلوگرم در هکتار و N_2: نیتروژن خالص ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار ، S_0: تیمار شاهد گوگرد، S_1: گوگرد پودری ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و S_2: گوگرد پودری ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل بور و گوگرد روی تعداد غوزه، درصد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین گلرنگ (گرم در مترمربع)

سطوح گوگرد	سطوح بور	تعداد غوزه	درصد پروتئین	درصد روغن
S_0	B_0	۲۳۲/۴c	۱۴/۴۴e	۲۲/۴۲f
S_1	B_0	۲۵۴/۳bc	۱۶/۱۶c	۲۵/۶۲e
S_2	B_0	۲۷۰/۷b	۱۷/۷۶b	۲۷/۷۰c
S_0	B_1	۲۹۵/۷ab	۱۶/۰۲d	۲۶/۹۴d
S_1	B_1	۲۹۵/۲ab	۱۶/۱۲cd	۲۸/۵۸b
S_2	B_1	۳۲۲/۳a	۱۸/۹۱a	۳۴/۵۶a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن در سطح ۵٪).

S_0: تیمار شاهد گوگرد، S_1: گوگرد پودری ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و S_2: گوگرد پودری ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، B_0: تیمار شاهد بور، B_1: بور خالص ۰/۷ کیلوگرم در هکتار.

نسبت به اثرات اصلی آنها حدود ۱۳ درصد افزایش درصد روغن بذر نشان داده است. اثرات متقابل عناصر بور، گوگرد و نیتروژن بر درصد پروتئین بذر تأثیر معنی‌داری (P<۰/۰۱) داشت (جدول۳). از میان اثرات متقابل، بالاترین درصد پروتئین مربوط به اثر متقابل سه گانه نیتروژن، بور و گوگرد می‌باشد. بالاترین درصد پروتئین با میانگین ۲۱/۱۷ درصد متعلق به تیمار بور خالص ۰/۷ کیلوگرم، نیتروژن خالص ۹۲ کیلوگرم و گوگرد پودری ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن با میانگین ۱۰/۱ درصد مربوط به تیمار بور و گوگرد صفر کیلوگرم و نیتروژن خالص ۴۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول۱۰).

جدول ۹- مقایسه میانگین درصد پروتئین و درصد روغن در سطوح مختلف بور در دانه گلرنگ

سطوح بور	درصد پروتئین	درصد روغن
B_0	۱۶/۵۱b	۲۵/۹۸b
B_1	۱۶/۶۳a	۲۹/۲۹a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن در سطح ۵٪).

B_0: تیمار شاهد بور، B_1: بور خالص ۰/۷ کیلوگرم در هکتار.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل بور، ازت و گوگرد روی تعداد غوزه، درصد روغن و درصد پروتئین دانه گلرنگ

سطوح بور	سطوح نیتروژن	سطوح گوگرد	تعداد غوزه	درصد روغن	درصد پروتئین
B_0	N_0	S_0	۱۸۰e	۱۶/۳۹i	۱۰/۱i
B_0	N_0	S_1	۳۰۸abc	۲۶/۲۳ n	۱۶/۶de
B_0	N_0	S_2	۲۱۰de	۲۸/۶۲f	۱۶/۲e
B_0	N_1	S_0	۲۱۱de	۲۵/۸۷ n	۱۳/۵g
B_0	N_1	S_1	۳۰۹abc	۲۷/۰۳ k	۱۶/۶de
B_0	N_1	S_2	۲۴۸cde	۲۹/۶۸c	۱۶/۲e
B_0	N_2	S_0	۳۰۶abc	۱۵r	۱۱/۹h
B_0	N_2	S_1	۳۵۰a	۲۷/۴۴j	۱۸/۷b
B_0	N_2	S_2	۳۰۵cde	۲۷/۶۶i	۱۸/۷b
B_1	N_0	S_0	۲۴۳cde	۲۷/۸۸h	۱۵f
B_1	N_0	S_1	۳۲۰abc	۴۲/۱a	۱۸/۱bc
B۱	N_0	S_2	۳۳۶ab	۳۲/۵۶b	۱۸/۴bc
B_1	N_1	S_0	۳۰۵cde	۲۵p	۱۵/۶ef
B_1	N۱	S_1	۳۲۰abc	۲۹/۰۴e	۲۱/۱۷a
B_1	N_1	S_2	۲۰۴de	۲۹/۴۱d	۱۹b
B_1	N_2	S_0	۲۶۳bcd	۲۳/۸۷q	۱۷/۴cd
B_1	N_2	S_1	۲۴۵cde	۲۵/۸۲o	۱۸/۱bc
B_1	N_2	S_2	۳۶۵a	۲۸/۰۰g	۱۶/۲e

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن در سطح ۵٪).

B_0: تیمار شاهد بور، B_1: بور خالص ۰/۷ کیلوگرم در هکتار، S_0: تیمار شاهد گوگرد، S_1: گوگرد پودری ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و S_2: گوگرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، N_0: ازت خالص۴۶ کیلوگرم در هکتار، N_1: ازت خالص ۹۲ کیلوگرم در هکتار و N_2: نیتروژن خالص ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار.

بحث

در آزمایش حاضر از رقم محلی اصفهان استفاده شد که وزن هزار دانه آن ۳۶-۳۴ گرم می‌باشد. این رقم مقاومت نسبتاً خوبی به بوته‌میری نشان داده است و نسبتاً پرمحصول و کم خار است که با حدود ۱۳۵ روز دوره رویش، نسبتاً دیررس است (Zeinali, 1999; Yazdi samadi & Abde mishani, 1991).

کاربرد نیتروژن از طریق افزایش شاخص سطح برگ، میزان رشد محصول و افزایش وزن کل ماده خشک گیاه موجب افزایش عملکرد می‌شود (Hocking & Demarco, 1999; Ayoub et al., 1994; Arsalan et al., 1997; Ahmed et al., 1985). با توجه به تأثیر بسیار معنی‌دار گوگرد بر افزایش تعداد غوزه‌ها و تعداد دانه در غوزه (جدول۳)، تأمین گوگرد مورد نیاز گیاه منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. اثرات مثبت گوگرد بر متابولیسم گیاه و همچنین تقویت گیاه در مرحله زایشی موجب افزایش عملکرد گیاهان می‌گردد. نتایج مشابهی در مورد گیاه کتان و نخود گاوی گزارش گردیده است (Chawdhury et al., 2000). در صورت استفاده مخلوط کودهای اوره واسید بوریک با یکدیگر، از طرفی کود نیتروژنه با تأثیر بر میزان سیتوکینین شیره خام آوندهای چوبی و افزایش تعداد شاخه‌های فرعی، منجر به افزایش تعداد غوزه گردیده (Arsalan et al., 1997) و از طرف دیگر بور از طریق نگهداری غلاف‌ها و انتقال قند به دانه‌های در حال رشد می‌تواند کاربرد نیتروژن را برای پر کردن دانه افزایش دهد که در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Fatemi Naghdeh & Soroosh Zadeh, 2002). اهمیت بور در مرحله زایشی گیاه نسبت به مرحله رویشی بیشتر است. این یافته‌ها با نتایج Ozgul (2004) در انجام آزمایش بر روی گیاه پنبه مطابقت داشت. این نتایج نشان داد که اثر نیتروژن و گوگرد بر درصد روغن عکس یکدیگر است یعنی با افزایش میزان نیتروژن، درصد روغن بذر کاهش یافته در حالی که با افزایش گوگرد درصد روغن نیز افزایش می‌یابد. وجود مقادیر بالای نیتروژن باعث می‌شود مواد غذایی جذب شده توسط گیاه به جای مصرف در ذخیره‌سازی و تقویت دانه‌ها به مصرف نقاط رویشی دارای قدرت جذب بالای مواد غذایی برسند (Sugimoto et al., 1998).

کاهش وزن صد دانه و تعداد دانه در آزمایش موجود نیز خود این مطلب را تأیید می‌کند (جدول۴). Brennan et al. (2000) نتایج مشابهی روی گیاه کلزا به دست آوردند. افزایش درصد روغن از طریق افزایش مقادیر گوگرد طی تحقیقات متعددی توسط محققین گزارش گردیده است (Grant et al., 2003; Altaf et al., 2000). کمبود گوگرد می‌تواند باعث کاهش کربوکسیلاز استیل کوآنزیم A و در نتیجه منجر به کاهش بیوسنتز روغن گردد (Altaf et al., 2000). گوگرد از مهمترین عوامل مؤثر بر رشد، عملکرد و کیفیت محصول در دانه‌های روغنی محسوب می‌شود از این رو محققان کشاورزی توصیه می‌کنند که برای گیاهان روغنی گوگرد را نیز به NPK اضافه کنند (Altaf et al., 2000). بور در ساخت پروتئین و تولید روغن نقش دارد (Moteshare Zadeh & Malakoti, 1999; Malewar et al., 2001). اثر متقابل سه عنصر بور، گوگرد و نیتروژن نقش بسیار مؤثری در افزایش درصد روغن بذر داشته است که با توجه به نقش گوگرد در بیوسنتز روغن (Grant et al., 2003)، نقش بور در ساخت روغن (Malewar et al., 2001) و نقش افزایش نیتروژن در کاهش روغن (Brennan et al., 2000)، چنین نتیجه‌ای قابل قبول است. از آنجایی که ازت جزء اصلی پروتئین‌ها بوده و در واقع اصلی‌ترین ذخیره ازت در گیاهان، پروتئین‌ها هستند و همچنین به خاطر اهمیت گوگرد در ساخت اسیدهای آمینه به خصوص سیستئین و متیونین و در نتیجه نقش بور در ساخت پروتئین‌ها این موضوع قابل توجیه است (Fatemi Naghdeh & Soroosh Zadeh, 2002; Kochaki & Sarmad Niya, 1998; Kholdebarin & Eslam Zadeh, 2001; Tsai et al., 1992).

از آنجایی که در این آزمایش، در رابطه با هر صفت تیمارهای خاصی بهترین پاسخ گیاهی را داشته‌اند بنابراین باید مناسب‌ترین تیمار کودی بر مبنای نتایج تجزیه خاک و پاسخ گیاهی، صرفه اقتصادی مطلوب و حداقل آلودگی‌های زیست محیطی از جمله آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی انتخاب گردد. در این آزمایش جهت تولید حداکثر میزان عملکرد دانه و محتوای قابل قبول روغن و پروتئین آن، مناسب‌ترین مقادیر

پیشنهادی برای سه عنصر تغذیه‌ای مهم گلرنگ در منطقه برای رقم مورد بررسی به شرح زیر می‌باشد:

- نیتروژن خالص ۱۱۵-۹۲ کیلوگرم در هکتار (مصرف خاکی در سه تقسیط)
- گوگرد پودری ۲۰۰-۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (مصرف خاکی)
- بور خالص ۰/۷ کیلوگرم در هکتار (به صورت محلول‌پاشی).

REFERENCES

1. Ahmed, Z., Meddekkar, S. & Mohammad, S. (1985). Response of safflower to nitrogen and phosphorus. *Indian Agronomy*, 30, 128-130.
2. Altaf, A., Khan, V. & Abdin, M. Z. (2000). Effect of sulfur fertilization on oil accumulation, acetyl-CoA concentration, and acetyl-CoA carboxylase activity in the developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.) *Australian Journal Agriculture*, 51, 1023-1029.
3. Arslan, B., Ilbas, A. I. & Ded, O. (1997). A study on the determination of optimum, natural and economical form and level of nitrogen in safflower. In: Proceedings of *the 2nd Crop Science Congress of Turkey*, 22-25 September. (In Turkish) Samsun, PP: 246-250.
4. Ayoub, M., Guertin, S, Lussier, V. & Smith, D. L. (1994). Timing and level of nitrogen fertility effects on spring wheat yield in Eastern Canada. *Crop Science*, 34, 748-756.
5. Bowyzys, T. & Krauz, A. (2000). Effect of boron fertilizers yield content and uptake of boron by spring oilseed rap variety star. *Rosliny Olest*, 21(3), 813-817.
6. Brennan, R. F., Mason, M. G. & Walton, G. H. (2000). Effect of nitrogen fertilizer on the concentrations of oil and protein in canola (*Brassica napus*) seed. *Journal of Plant Nutrition*, 23(3), 339-348.
7. Cab, R. (1990). *Effects of form and levels of nitrogenous fertilizer on the safflower yield and other important traits*. Ondokuz Myse University Agriculture Faculty, Samsun.
8. Chaubey, A. K., Sing, S. B. & kaushik, M. K. (2000). Response of groundnut (*Arachis hypogaea*) to source and level of sulfur fertilizer in Mid Western Plains of Uttar Pradesh. *Indian Journal Agronomy*, 45, 166-169.
9. Chaudhary, S. K., Gogulwar, N. M. & Singh, A. K. (1992). Effect of sulphure and nitrogen on seed yield and oil content of mustard (*Brassica juncea*). *Indian Journal Agronomy*, 37, 839-40.
10. Chawdhury, M. A. H., Ullah, M. H., Rahman, M. A. & Islam, M. S. (2000). Effect of boron and nitrogen fertilization on cowpea growth, noduloation and grain yield in Rangamati, Bangladesh. *Legume Research*, 23, 9-14.
11. Das, N. R. and Ghosh, N. (1993). Effect of number of tillage and N-levels on yield of Rain fed safflower after transplanted Wet Rice. In: Proceedings of *3rd International safflower Conference*. 14-18 June. Beijin, China. pp: 403-409.
12. Delke, E., Oplinger, S., Eynor, T. M. T., Utnam, D. H. P., Oll, J. D. D., Kling, K. A., Durgan, B. R. & Notzel, D. M. (2005). *Safflower*. University of Wisconsin-Extension Pub. Cooperative Plant and Animal Products and the Minnessota Extension Service. 300pp.
13. Fatemi Naghdeh, H. & Soroosh Zadeh, A. (2002). Effects of planting date and Sprayed nitrogen and boron Reproductive stage on soybean yield and yield components. In: Proceedings of *the seventh set of Crop Science Congress of Iran*. Karaj, 233. (In Farsi).
14. Francois, L. E. & Bernstein, L. (1964). Salt tolerance of safflower. *Agronomy Journal*, 56, 38-40.
15. Grant, C. A., Johnston, A. M. & Clayton, G. W. (2003). Sulphur fertilizer and tillage effects on canola seed quality in the black soil zone of Western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 21, 745-755.
16. Grant, C. A., Johnston, A. M. & Clayton. G. W. (2003). Sulphur fertilizer and tillage effects on early seas on sulphur avaiiability and N: S ratio in canola in Western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, Vol, 451-461.
17. Kafi, M. & Lahoti, M. (2002). *Plant Physiology*. Jahad University of Mashhad Press. 456 P. (In Farsi).
18. Khalili, A. (2005). Position of oilseeds in the national economy. *Vegetable Oil Industry Magazine*, 30-31, 28-30 pages. (In Farsi).
19. Kholdebarin, B. & Eslam Zadeh, T. (2001). *Mineral nutrition of higher plants*. Shiraz University publication. First edition. Volume 1. 495 pages. (In Farsi).
20. Kochaki, A. & Sarmad Niya, Gh. (1998). *Crop physiology*. Jahad University of Mashhad Press, Seventh edition. P. 356. (In Farsi).
21. Hocking, P. J. & Demarco, D. (1999). The response of dry land canola to nitrogen fertilizer: Partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield. *Plant Science*, PP:1122-1132.
22. Malakoti, M. J. (1996). *Sustainable agriculture and optimizing performance increase in fertilizer*. Agricultural Publishing Education, Printing Karaj. P. 279. (In Farsi).

23. Malewar, G. V., Kate, S. D., Waiker S. L. & Ismail, S. (2001). Interaction effect of zinc and boron on yield, nutrient uptake and quality of mustard (*Brassica juncea* L.) on a typic Haplustert. J. *Indian Journal Soil Science*, 49, 763-765.
24. Moteshare Zadeh, B. & Malakoti, M. J. (1999). *Boron role of quantitative and qualitative increase agricultural production*. Agricultural Publishing Education. (In Farsi).
25. Naseri, F. (1991). *Oilseeds*. Astan Quds Razavi publications. (1st ed.). Mashhad. Page 680. (In Farsi).
26. Ozgol, G. (2004). *Interactive effect of nitrogen and boron on cotton yield and fiber quality*. Faculty of Agriculture. Department of Field crops.
27. Sedaghati, H. (2003). Development of oilseeds cultivation. *Vegetable Oil Industry Magazine*, 8, 6-7. (In Farsi).
28. Sugimoto, T., Nomura, K., Masud, R., Suueyoshi, K. & Oji, Y. (1998). Effect of nitrogen application at the flowering stage on the quality of soybean seed. *Journal of Plant Nutrition*, 21(10), 2065-6075.
29. Tsai, C., Weikat, Y., Huber, D. M. & Warren, H. L. (1992). Interrelationship of nitrogen nutrition with maize (*Zea mays* L.) yield nitrogen use efficiency and grain quality. *Journal of Science Food. Agriculture*, 58, 1-8.
30. Yazdi samadi, B. & Abde mishani, S. (1991). *Crop Breeding*. (1st ed.), Publishing Center of Tehran University. Page 310. (In Farsi).
31. Zeinali, A. (1999). *Safflower (recognition, production, consumption).* University press of Agricultural Sciences and Natural Resources Gorgan. First edition, 144 pages. (In Farsi).