نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد یازدهم، شماره ۴(۴۴)، زمستان ۱۳۹۶، صفحه ۸۸۸-۸۷۵

پاسخ خصوصیات زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به زمان، مقدار و روش مصرف نیتروژن

محمد میرزاخانی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۲۷ **تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۲/۲۶** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۳۰**

چکیده

جهت بررسی تأثیر واکنش خصوصیات زراعی گلرنگ پاییزه به زمان، مقدار و روش مصرف نیتروژن این آزمایش در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه آموزشی دانشگاه پیام نور استان مرکزی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار زمان مصرف کود اوره در سه سطح شامل (مصرف نصف کود در زمان کاشت + مصرف نصف کود در مرحله روزت)، (مصرف نصف کود در مرحله روزت + مصرف نصف کود در زمان ساقه دهی)، (مصرف نصف کود در زمان ساقه دهی + مصرف نصف کود در زمان غوزه‌دهی)، تیمار مقدار مصرف کود اوره در دو سطح شامل (مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تیمار روش مصرف کود اوره نیز در سه سطح (خاک مصرف، آب مصرف و روش محلول‌پاشی) بود. نتایج نشان داد که اثر تیمار زمان مصرف کود اوره بر صفات ارتفاع شاخه‌دهی، تعداد شاخه فرعی فرعی، تعداد دانه در متر مربع، تعداد دانه در گیاه، عملکرد بیولوژیکی غوزه، وزن دانه‌های غوزه و شاخص برداشت غوزه معنی‌دار بود. اثر تیمار مقدار مصرف نیتروژن نیز بر صفات ارتفاع شاخه‌دهی، تعداد شاخه فرعی فرعی، تعداد دانه در متر مربع، تعداد دانه در گیاه، عملکرد بیولوژیکی غوزه، شاخص برداشت غوزه و کارآیی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود. همچنین، تأثیر روش مصرف کود اوره بر صفات ارتفاع شاخه‌دهی، تعداد شاخه فرعی فرعی، تعداد دانه در متر مربع، تعداد دانه در گیاه، عملکرد بیولوژیکی غوزه، عملکرد دانه غوزه‌ها و کارآیی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود. تیمار محلول‌پاشی کود اوره با میانگین ۶۳/۲۷ کیلوگرم بر کیلوگرم و تیمار خاک مصرف کود اوره با میانگین ۶/۸۶ کیلوگرم بر کیلوگرم به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان کارآیی مصرف کود را داشتند. بنابراین، به نظر می‌رسد که کاربرد روش محلول‌پاشی کود اوره علاوه بر کاهش مصرف کود و کاهش آلودگی زیست محیطی، موجب افزایش کارایی مصرف کود اوره تا ۶۳/۲۷ کیلوگرم بر کیلوگرم می‌گردد.

واژگان کلیدی: روش مصرف، شاخص برداشت، کارایی مصرف نیتروژن، گلرنگ.

۱- استادیار گروه کشاورزی، واحد فراهان، دانشگاه آزاداسلامی، فراهان، ایران

* نگارنده‌ی مسئول hm_mirzakhani@yahoo.com

مقدمه

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی می‌باشد و نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد، به‌طوری‌که کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی به چشم می‌خورد و کمتر خاک زراعی می‌باشد که نیاز به مصرف کود نیتروژنه نداشته باشد (Chen *et al.*, 2004). استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین روش برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک لازم به نظر می‌رسد، ولی هزینه رو به افزایش کودهای شیمیایی، آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی و کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی باعث ایجاد مسایل بغرنج شده است (Alloway, 2008).

افزایش بی‌رویه مصرف کودهای شیمیایی منجر به افزایش هزینه و ورود مقدار زیادی نیتروژن به خاک، اتمسفر و آب‌ها می‌شود. در نتیجه سلامت انسان و ثبات بوم نظام‌ها را در معرض تهدید قرار می‌دهد (Kaiser, 2001; Nosengo, 2003; Erisman, 2004). همچنین، کشاورزان در تولید محصولات زراعی کود نیتروژن را بیش از مقدار توصیه شده به کار می‌برند (Zheng *et al*., 2007).

کود نیتروژن باعث کاهش پتانسیل اسمزی برگ می‌شود، به عبارت دیگر مقدار مصرف نیتروژن تا حد بهینه می‌تواند به افزایش محتوای رطوبت برگ منجر شود. همچنین، افزایش کود نیتروژن به افزایش پایداری غشای سیتوپلاسمی منجر می‌شود (Saneoka *et al*., 2004). میرزاخانی (Mirzakhani, 2012 b) اظهار داشت که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر با میانگین ۱۴۲۹ کیلوگرم در هکتار و تیمار عدم مصرف نیتروژن و فسفر با میانگین ۱۰۸۵ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند.

در بررسی اثر منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ گزارش شد که تیمار (مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره + هیومیکس + بیوسولفور + نیتروکسین) با میانگین ۸۱۰۹/۵۹ کیلوگرم در هکتار و تیمار عدم مصرف کود با میانگین ۵۴۵۲/۸۳ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی به خود اختصاص دادند (Mohsen-nia and Jalilian, 2012). در تأیید لزوم مصرف تقسیطی کود، نشان دادند که مصرف نیتروژن در مراحل طویل شدن ساقه و گلدهی با تولید ۳۱۷۷ کیلوگرم دانه در هکتار نسبت به عدم مصرف آن با ۱۹۹۸ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد شد (Burhan, *et al*., 2001). در بررسی سطوح مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه ارقام گلرنگ تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۳۰۶۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار عدم مصرف نیتروژن با میانگین ۲۶۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (Dordas and Sioulas, 2008). در گلرنگ با بررسی اثر کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و کودهای زیستی مشخص گردید که ترکیب کودی (تلقیح با فسفاته‌ی بارور به میزان ۵۰ گرم در هکتار + ازتوباکتر + کود مرغی به میزان ۱۰ تن در هکتار) بیشترین عملکرد بیولوژیکی معادل ۱۴۴۷۶/۳ کیلوگرم در هکتار و تیمار شاهد (عدم مصرف هر گونه کود شیمیایی میکروبی و آلی) با میانگین ۷۲۲۴/۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیکی را داشت (Ojaghloo *et al*., 2007).

نتایج بررسی تیمار سطوح مصرف نیتروژن و فسفر نشان داد که تیمار (مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم فسفر) با میانگین ۱۶/۹۰ کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین و تیمار عدم مصرف کود با میانگین صفر کیلوگرم بر کیلوگرم کمترین مقدار کارآیی مصرف نیتروژن را داشتند (Mirzakhani, 2009). هدف از انجام این آزمایش بررسی چگونگی پاسخ ویژگی‌های زراعی گلرنگ پاییزه به روش مصرف، زمان و مقدار مصرف کود اوره در شرایط آب و هوایی شهرستان اراک بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه آموزشی – تحقیقاتی دانشگاه پیام نور واقع در شهرستان اراک در ۳۴ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ اجرا گردید. بر مبنای تقسیم بندی کوپن این منطقه دارای اقلیم معتدل سرد می باشد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار زمان مصرف کود اوره در سه سطح شامل (نصف کود زمان کاشت + نصف کود در مرحله روزت گلرنگ، T_1)، (مصرف نصف کود در مرحله روزت گلرنگ + مصرف نصف کود در زمان ساقه‌دهی گلرنگ، T_2)، (مصرف نصف کود در زمان ساقه‌دهی گلرنگ + مصرف نصف کود در زمان تکمه‌دهی گلرنگ، T_3)، بر اساس نتایج جدول آزمایش خاک مزرعه (جدول ۱) تیمار مقدار مصرف کود اوره در دو سطح شامل (مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، R_1 و R_2) و تیمار روش مصرف کود اوره نیز در سه سطح (خاک مصرف M_1، آب مصرف M_2 و روش محلول‌پاشی روی برگ‌ها M_3) بود. در روش محلول‌پاشی کود اوره روی برگ‌ها به‌ترتیب مقدار ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره مورد استفاده قرار گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط کاشت به طول ۵ متر، فاصله بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها ۵ سانتی‌متر (تراکم بوته ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار)، تاریخ کاشت ۱۳۸۹/۷/۱۵ و گلرنگ مورد استفاده رقم پاییزه پدیده بود. عمق کاشت بذور ۳ تا ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مبارزه با علف‌های هرز به موقع و به روش دستی انجام شد. در زمان برداشت تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای به‌طور کاملاً تصادفی انتخاب شدند و صفاتی چون ارتفاع شاخه‌دهی، تعداد شاخه فرعی فرعی، تعداد دانه در متر مربع، تعداد دانه در گیاه، عملکرد بیولوژیکی غوزه‌ها (وزن خشک کل غوزه)، وزن دانه غوزه‌ها، شاخص برداشت غوزه (از تقسیم وزن دانه‌های غوزه بر وزن خشک کل غوزه) و کارآیی مصرف نیتروژن (از تقسیم عملکرد دانه هر کرت بر مقدار کود داده شده به همان کرت) اندازه‌گیری و ثبت شد. برای تعیین عملکرد دانه غوزه‌ها، در هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از دوخط میانی غوزه‌های ۱۰ بوته برداشت شد و پس از کوبیدن و توزین و با در نظر گرفتن رطوبت حدود ۱۴ درصد عملکرد دانه غوزه‌های هر کرت برحسب گرم در ۱۰ بوته محاسبه و ثبت شد.

پس از تجزیه داده‌ها، میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند و معنی‌دار بودن آنها به‌وسیله نرم افزار Mstatc تعیین گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع شاخه‌دهی از سطح زمین

این صفت از نظر برداشت مکانیزه در گلرنگ حایز اهمیت می‌باشد. در جدول تجزیه واریانس اثر

تیمارهای زمان، مقدار و روش مصرف نیتروژن بر صفت ارتفاع شاخه‌دهی از سطح زمین در سطح آماری یک درصد و همچنین اثر متقابل سه گانه آنها نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). با مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سه گانه مشخص شد که تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به روش خاک مصرف به‌صورت تقسیط مساوی در مراحل ساقه‌دهی و غوزه‌دهی با میانگین ۷۴/۹۰ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع شاخه‌دهی از سطح زمین را داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که تأخیر در مصرف کود اوره از طریق عدم دسترسی به‌موقع گیاه به نیتروژن، باعث به تعویق افتادن مراحل فنولوژیکی رشد گیاه می‌شود. با تأخیر در زمان شروع شاخه‌دهی تشکیل اولین شاخه فرعی در ارتفاع بالاتری از ساقه اتفاق می‌افتد. این در حالی است که با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، ارتفاع شاخه‌دهی نیز افزایشی در حدود ۱۹/۵۶ درصدی را نشان داد (جدول ۳).

نتایج یک بررسی نشان داد که به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع اولین شاخه فرعی با میانگین ۴۲/۲۶ و ۳۸/۰۵ سانتی‌متر مربوط به تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تیمار عدم مصرف آن (شاهد) بود (Forooghi and Ebadi, 2012). در بررسی سطوح مختلف مصرف کودهای نیتروژن و فسفر بر گلرنگ بهاره گزارش شد که تیمار (مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر) با میانگین ۵۰/۲ سانتی‌متر و تیمار (مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر) با میانگین ۴۸/۵ سانتی‌متر به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار ارتفاع شاخه‌دهی از سطح زمین را داشتند (Mirzakhani, 2012 a).

تعداد شاخه فرعی فرعی

صفت تعداد شاخه فرعی فرعی تحت تأثیر زمان، مقدار، روش مصرف نیتروژن و اثر متقابل سه گانه آنها قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). کمترین تعداد شاخه فرعی فرعی با میانگین ۲/۷۳ عدد متعلق به تیمار مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به روش محلول‌پاشی در مراحل روزت و ساقه‌دهی بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که تأخیر در زمان مصرف نیتروژن (مصرف کود در زمان غوزه‌دهی نسبت به مصرف کود در هنگام کاشت) باعث کاهش تعداد شاخه فرعی فرعی در گلرنگ شد. زیرا، در زمان توسعه و نمو، گیاه به مقدار کافی از نیتروژن دسترسی ندارد و باعث کاهش تعداد آغازنده‌های شاخه‌های فرعی خواهد شد.

گزارش شد که با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد شاخه در بوته گلرنگ نیز افزایش یافت. به طوری‌که تیمار مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۷/۳۳ عدد و تیمار عدم مصرف نیتروژن با میانگین ۲/۶۶ عدد به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته را داشتند (Siddiqui and Oad, 2006). نتایج بررسی تیمار سطوح مصرف نیتروژن و فسفر نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته با میانگین ۴/۷۵ عدد و ۳/۳۱ عدد به‌ترتیب مربوط به تیمار (مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم فسفر در هکتار) و تیمار (عدم مصرف کود نیتروژن و فسفر) بود (Mirzakhani, 2009). در بررسی مصرف سطوح کودهای مختلف شیمیایی گزارش شد که بیشترین تعداد شاخه فرعی با میانگین ۲۹ عدد با مصرف ۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین مقدار آن با میانگین

۲۱/۵ عـدد بـا مـصرف ۳۵ کیلـوگرم در هکتـار نیتروژن به‌دست آمد (Naik *et al.*, 2007).

تعداد دانه در بوته

در جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای زمان، مقدار، روش مصرف کود اوره و همچنین اثر متقابل سه آنها بر صفت تعداد دانه در گیاه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). به طوری‌که با مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سه گانه مشخص شد که تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به روش همراه با آبیاری در مراحل ساقه‌دهی و غوزه‌دهی با میانگین ۱۴۸/۳ عدد بیشترین تعداد دانه در بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۴). هرگاه مقادیر کافی از نیتروژن در اختیار گیاه قرار گیرد، گیاه می‌تواند مقدار قابل توجهی رشد رویشی نماید و با ذخیره مناسبی از کربوهیدرات وارد فاز زایشی گردد. به دنبال آن می‌تواند تعداد واحد زایشی بیشتری ایجاد کرده و در مرحله پرشدن دانه‌ها نیز موفق عمل نماید. در بررسی اثر مقدار و زمان مصرف نیتروژن گزارش شد که افزایش مصرف نیتروژن عملکرد دانه و تعداد غوزه در گلرنگ را افزایش، اما تعداد دانه در غوزه و وزن صد دانه را کاهش داده است (Shariatinia, 2008 ; Soleimani, 2008).

عملکرد بیولوژیکی غوزه

با بررسی جدول تجزیه واریانس مشخص شد که اثر هر سه تیمار زمان، مقدار و روش مصرف کود اوره و همچنین اثر متقابل آنها بر عملکرد بیولوژیکی غوزه‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین اثرات متقابل سه گانه تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به روش خاک مصرف در مـراحل سـاقه‌دهـی و غوزه‌دهی با میانگین ۲۲۳/۳ گرم در ۱۰ بوته، بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی غوزه‌ها را تولید نمود (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که مصرف مقدار کافی از کود اوره مقارن با حداکثر نیاز گیاه به عنصر نیتروژن در مراحل فنولوژیکی ساقه‌دهی و غوزه‌دهی مهم‌ترین دلیل برتری این تیمار نسبت به سایر تیمارها بوده است. در بین روش‌های مختلف مصرف کود اوره اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد بیولوژیکی غوزه وجود داشت. روش خاک مصرف نسبت به سایر روش‌ها از عملکرد بیولوژیکی غوزه بیشتری برخوردار بود. ممکن است آزاد شدن آهسته‌تر نیتروژن در خاک نسبت به روش‌های محلول‌پاشی و مصرف با آب آبیاری یکی از دلایل بیشتر شدن عملکرد بیولوژیکی غوزه در روش خاک مصرف باشد. مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نیز به دلیل رشد و توسعه بیشتر فاز رویشی و زایشی گیاه نسبت به مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره شده است. در بررسی اثر منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ گزارش شد که تیمار (مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره + هیومیکس + بیوسولفور + نیتروکسین) با میانگین ۸۱۰۹/۵۹ کیلوگرم در هکتار و تیمار عدم مصرف کود با میانگین ۵۴۵۲/۸۳ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی به خود اختصاص دادند (Mohsen-nia and Jalilian, 2012). محققان گزارش نمودند که بیشترین مقدار عملکرد زیستی گلرنگ با میانگین ۱۱۱/۸ گرم در بوته با مصرف ۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص تولید شد (Naik *et al.*, 2007).

وزن دانه‌های غوزه

وزن دانه‌های غوزه تحت تأثیر تیمارهای زمان، روش مصرف کود اوره و اثر متقابل سه گانه تیمارها قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با مقایسه اثرات متقابل

سه‌گانه مشخص گردید که بیشترین وزن دانه‌های غوزه با میانگین ۱۳۷/۳ گرم در ۱۰ بوته مربوط به تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به روش خاک مصرف با تقسیط برابر در مراحل کاشت و روزت گلرنگ بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که استفاده از روش صحیح مصرف کود اوره که حداقل آب‌شویی را به همراه داشته باشد و همچنین مصرف به موقع آن که موجب رشد و توسعه مناسب قسمت‌های مختلف گیاه در مراحل رشد رویشی و زایشی شود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود و به گیاه این اجازه را می‌دهد که بتواند بیشترین تعداد واحد زایشی را تشکیل داده، آنها را بارور نموده و در مرحله پر نمودن دانه‌ها نیز بتواند بیشترین مقدار کربوهیدرات‌های فتوسنتزی را به دانه‌ها منتقل نماید. نتایج یک بررسی نشان داد که با افزایش مقدار نیتروژن عملکرد دانه در گلرنگ نیز افزایش یافت.

به‌طوری‌که به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۳۸۰۴/۳ و ۱۵۸۰/۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تیمار عدم مصرف آن (شاهد) بود (Forooghi and Ebadi, 2012). در بررسی سطوح مختلف مصرف کودهای نیتروژن و فسفر بر گلرنگ بهاره گزارش شد که تیمار (مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر) با میانگین ۱۴۲۹ کیلوگرم در هکتار و تیمار عدم مصرف نیتروژن و فسفر با میانگین ۱۰۸۵ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (Mirzakhani, 2012 b). در بررسی سطوح مختلف مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه ارقام گلرنگ گزارش شد که تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۱۷/۶ گرم در هر بوته و تیمار عدم مصرف نیتروژن با میانگین ۹/۹ گرم در هر بوته به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه غوزه‌های هر بوته را به خود اختصاص دادند (Dordas and Sioulas, 2008). سایر محققان اظهار نمودند که مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با عملکرد ۲۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (نسبت به عملکرد ۱۴۱۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم مصرف نیتروژن) را به‌عنوان اقتصادی‌ترین مقدار مصرف نیتروژن پیشنهاد کردند (Beech and Norman, 2002). نتایج تحقیق بررسی تلقیح گلرنگ با میکوریزا و استفاده از کودهای شیمیایی N و P نشان داد که تیمار (مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر) با میانگین ۱۱۵۶ و تیمار شاهد با میانگین ۹۶۸ کیلوگرم در هکتار، بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (Diaz *et al*., 2006). در یک بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد روند تغییرات عملکرد دانه گلرنگ در سیستم‌های مختلف کودی و در ارتباط با کرت‌های دارای گیاه پوششی متفاوت بود. به‌طوری‌که، بیشترین عملکرد دانه ۳۴۳۱ کیلوگرم در هکتار در سطوح ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مصرفی و در کرت‌های فاقد علف‌هرز به‌دست آمد و با سیستم کودی ۶۷ و ۶۳ درصدی نیتروژن و فسفر مورد نیاز در یک سطح آماری قرار گرفت (Heydarzadeh and Jalilian, 2017).

شاخص برداشت غوزه

اثر تیمار زمان مصرف کود اوره در سطح احتمال پنج درصد و تیمار مقدار مصرف کود اوره و اثر متقابل مقدار و روش مصرف کود اوره در سطح یک درصد بر صفت شاخص برداشت غوزه معنی‌دار بودند (جدول ۲). با مقایسه اثرات متقابل

دوگانه مقدار و روش مصرف کود اوره، تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به روش مصرف با آب آبیاری با میانگین ۵۵/۷۴ درصد بیشترین شاخص برداشت غوزه را داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که استفاده از روشی که بتواند حداکثر جذب نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه را به همراه داشته باشد، موجب افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه و تولید مقدار بیشتری از اسیمیلات‌های فتوسنتزی خواهد شد که با انتقال مطلوب مواد فتوسنتزی به مخازن (دانه‌ها) افزایش شاخص برداشت غوزه‌ها را به همراه خواهد داشت. همچنین، در این آزمایش تأخیر در مصرف نیتروژن (مصرف نصف کود در مرحله ساقه‌دهی+ نصف کود در مرحله غوزه‌دهی) بیشترین تأثیر منفی را در کاهش شاخص برداشت غوزه‌ها داشت. به‌طوری‌که، با میانگین ۴۹/۷۸ درصد کمترین مقدار را به خود اختصاص داد.

نتایج یک بررسی نشان داد که با افزایش مقدار نیتروژن شاخص برداشت در گلرنگ نیز افزایش یافت. به‌طوری‌که به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت با میانگین ۳۰/۵۹ و ۱۹ درصد مربوط به تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تیمار عدم مصرف آن (شاهد) بود (Forooghi and Ebadi, 2012). در بررسی سطوح مختلف مصرف کودهای نیتروژن و فسفر بر گلرنگ بهاره گزارش شد که تیمار (مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر) با میانگین ۳۱/۱ درصد و تیمار (مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر) با میانگین ۳۰/۱ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت را داشتند (Mirzakhani, 2012 a). گزارش شد که با افزایش مصرف نیتروژن شاخص برداشت دانه گلرنگ نیز افزایش یافت. به‌طوری‌که، تیمار مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۳۸/۶۶ درصد و تیمار عدم مصرف نیتروژن با میانگین ۲۴ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت دانه را داشتند (Siddiqui and Oad, 2006).

کارآیی مصرف نیتروژن

در این آزمایش تیمار مقدار، روش مصرف کود اوره و اثر متقابل دوگانه مقدار و روش مصرف کود اوره بر کارآیی مصرف نیتروژن در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). در بین اثرات متقابل دوگانه مقدار و روش مصرف کود اوره، بیشترین مقدار کارآیی مصرف نیتروژن با میانگین ۷۸/۶۶ کیلوگرم بر کیلوگرم به تیمار مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره به روش محلول‌پاشی روی برگ‌های گلرنگ تعلق داشت (جدول ۳). معمولاً میزان کارآیی مصرف کود بیشترین ارتباط را با روش مصرف کود دارد و هر روشی که بتواند میزان جذب کود توسط گیاه را افزایش دهد، کارآیی مصرف آن را افزایش خواهد داد. در این آزمایش نیز با استفاده از روش محلول‌پاشی، ضمن کاهش مقدار کود مصرفی مقدار کارآیی مصرف نیتروژن نیز افزایش یافته است. از آن‌جایی که مقدار آب‌شویی کودهای نیتروژنی زیاد است و روش‌های خاک مصرف و مصرف همراه با آبیاری می‌توانند در افزایش مقدار آب‌شویی مؤثر باشند، بنابراین روش محلول‌پاشی روی برگ‌های گیاه می‌تواند افزایش کارآیی مصرف کود را به همراه داشته باشد. در بررسی سطوح مختلف مصرف نیتروژن بر تجمع ماده خشک ارقام گلرنگ گزارش شد که کارآیی انتقال نیتروژن از ۴۱/۸۶ درصد در تیمار عدم مصرف نیتروژن به ۴۲/۱ درصد در تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن

افزایش یافت (Dordas and Sioulas, 2009). نتایج بررسی تیمار سطوح مصرف نیتروژن و فسفر نشان داد که تیمار (مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم فسفر) با میانگین ۱۶/۹۰ کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین و تیمار عدم مصرف کود با میانگین صفر کیلوگرم بر کیلوگرم کمترین مقدار کارآیی مصرف نیتروژن را به خود اختصاص دادند (Mirzakhani, 2009). در بررسی سطوح مختلف مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه ارقام گلرنگ گزارش شد که تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۱۳/۷ گرم بر کیلوگرم و تیمار عدم مصرف نیتروژن با میانگین ۱۲/۸ گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن در بافت‌های گیاه را داشتند (Dordas and Sioulas, 2008).

نتیجه‌گیری کلی

به نظر می‌رسد که در بحث مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهان زراعی، علاوه بر نوع کود مصرفی، مقدار و روش مصرف آن نیز از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات زراعی، کاهش هزینه تولید و آلودگی‌های زیست محیطی می‌باشند. به‌طوری‌که، نتایج این تحقیق نیز نشان داد که در تولید گلرنگ استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره با استفاده از روش خاک مصرف و به‌صورت تقسیط دو مرحله‌ای (مصرف یک دوم کود در زمان کاشت + مصرف یک دوم مابقی کود در مرحله روزت) می‌تواند بهترین نتیجه را به همراه داشته باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Results of soil Analysis

عمق خاک Soil depth	اسیدیته اشباع pH	نیتروژن کل N (%)	فسفر قابل جذب P (ppm)	پتاسیم قابل جذب K (ppm)	شن Sand (%)	سیلت Silte (%)	رس Clay (%)	بافت Texture
0-30	7/5	0.04	10	235	36	39	25	Loam

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات زراعی گلرنگ

Table 2- Anova of safflower agronomic traits

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f.	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	شاخص برداشت غوزه Harvest index of boll	عملکرد دانه غوزه‌ها Grain yield of boll	عملکرد بیولوژیکی غوزه Biological yield of boll	تعداد دانه در گیاه Number of grain per plant	تعداد شاخه فرعی فرعی Number of sub-branches	ارتفاع شاخه دهی Height of branch
تکرار Replication	2	21.61 ns	45.32 ns	45.24ns	612.96 ns	414.71 ns	0.02 ns	64.35 ns
زمان مصرف کود اوره Time of urea consumption	2	21.72 ns	66.17 *	1054**	3874**	1903**	3.53 **	938.82**
مقدار مصرف کود اوره Rate of urea consumption	1	2199.9**	153.89**	1.50ns	467.13**	3683.6**	14.62**	1264.4**
زمان × مقدار مصرف اوره (T×R)	2	11.20 ns	59.62 *	301.3ns	1946.2**	654.43 *	5.00 **	131.30 *
روش مصرف کود اوره Method of urea consumption	2	19075**	33.91 ns	606**	412.96 **	867.38 **	18.60 **	988.70**
زمان × روش مصرف (T×M)	4	4.01 ns	102.94**	1646**	3689**	1525**	6.98 **	24.02 ns
مقدار × روش مصرف (R×M)	2	1095 **	63.23 **	147.7ns	3101**	414.71 ns	0.59 ns	98.14 *
زمان× مقدار× روش مصرف (T× R×M)	4	5.42 ns	16.93 ns	755**	622.68 **	358.02 *	22.08 **	76.26 *
خطاء Error	34	9.07	12.82	98.26	274.72	126.73	0.42	24.82
ضریب تغییرات (%) Cv		11.73	6.98	10.74	9.18	9.43	11.96	9.17

ns ,* , ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns * and **: non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels respectively

جدول ۳ - مقایسه میانگین‌های اثرات دوگانه خصوصیات زراعی گلرنگ

Table 3- Mean comparison of dual effects of safflower agronomic traits

تیمار Treatment		کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency (kg kg^{-1})	شاخص برداشت غوزه Harvest index of boll (%)
۱۵۰ کیلوگرم اوره 150 kg urea	خاک مصرف Mix by soil	8.55 c	54.02 ab
	آب مصرف By irrigation	8.98 c	55.74 a
	محلول‌پاشی Foliar	78.66 a	49.15 cd
۳۰۰ کیلوگرم اوره 300 kg urea	خاک مصرف Mix by soil	5.18 d	51.63 bc
	آب مصرف By irrigation	4.83 d	45.91 d
	محلول‌پاشی Foliar	47.89 b	51.25 bc

میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level using DMRT.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل خصوصیات زراعی گلرنگ

Table 4- Mean comparison of interaction effects of safflower agronomic traits

تیمار Treatment			عملکرد دانه غوزه‌ها Grain yield of boll (g 10 plant^{-1})	عملکرد بیولوژیکی غوزه Biological yield of boll (g 10 plant^{-1})	تعداد دانه در گیاه Number of grain per plant	تعداد دانه در متر مربع Number of grain per m^{-2}	تعداد شاخه فرعی فرعی Number of sub-branches	ارتفاع شاخه دهی Height of branch (cm)
مصرف در زمان کاشت+ مرحله روزت Sowing date + Rossete	۱۵۰ کیلوگرم اوره 150 kgurea	خاک مصرف Mix by soil	137.3 a	223.3 a	108.7 de	4360 d-f	7.60 ab	50.43 e-g
		آب مصرف By irrigation	71.67 i-k	120.0 hi	96.97 ef	3888 e-g	3.80 fg	31.13 h
		محلول پاشی Foliar	73.67 h-k	151.7 e-g	104.0 e	4161 ef	2.73 g	32.70 h
	۳۰۰ کیلوگرم اوره 300 kg urea	خاک مصرف Mix by soil	118.0 b	210.0 ab	132.7 a-c	5314 a-c	5.60 de	64.4 b-d
		آب مصرف By irrigation	102.0 b-e	220.0 a	109.7 de	4407 d-f	7.23 a-c	48.77 fg
		محلول پاشی Foliar	85.33 e-i	176.7 c-e	143.3 ab	5753 ab	8.06 a	48.77 fg
مصرف در مرحله روزت +مرحله ساقه‌دهی Rossete + Stem elongation	۱۵۰ کیلوگرم اوره 150 kgurea	خاک مصرف Mix by soil	56.00 k	110.0 i	82.70 f	3326 g	6.43 b-d	70.37 a-c
		آب مصرف By irrigation	116.7 b	206.7 a-c	127.7 a-d	5118 a-d	3.70 fg	50.87 e-g
		محلول پاشی Foliar	91.00 d-h	180.0 c-e	91.33 ef	3632 fg	4.03 f	45.83 g
	۳۰۰ کیلوگرم اوره 300 kg urea	خاک مصرف Mix by soil	95.67 c-g	190.0 b-d	128.3 a-d	5160 a-d	7.80 a	73.07 ab
		آب مصرف By irrigation	78.00 g-j	166.7 d-f	126.0 b-d	5059 b-d	5.16 e	57.00 d-f
		محلول پاشی Foliar	64.33 jk	135.0 g-i	111.7 c-e	4481 c-f	2.73 g	58.20 de
مصرف در مرحله ساقه‌دهی+ مرحله غوزه‌دهی Stem elongation + Bolling	۱۵۰ کیلوگرم اوره 150 kg urea	خاک مصرف Mix by soil	109.7 bc	221.7 a	138.0 ab	5548 ab	3.36 fg	65.43 b-d
		آب مصرف By irrigation	90.00 d-i	180.0 c-e	143.0 ab	5727 ab	7.33 ab	52.20 e-g
		محلول پاشی Foliar	83.33 e-i	171.7 d-f	107.7 de	4319 d-f	5.53 de	46.43 g
	۳۰۰ کیلوگرم اوره 300 kg urea	خاک مصرف Mix by soil	108.0 b-d	223.3 a	136.3 ab	5474 ab	7.83 a	74.90 a
		آب مصرف By irrigation	98.33 c-f	221.7 a	148.3 a	5955 a	6.10 c-e	45.13 g
		محلول پاشی Foliar	82.67 f-i	143.3 f-h	112.3 c-e	4524 c-e	3.36 fg	62.27 cd

میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level using DMRT

References منابع مورد استفاده

- Alloway, B.J. 2008. Zinc in soil and crop nutrition. Second edition, Published by International Zinc Assocation and International Fertilizer Industry Assocation, Brussels, Belgium and Paris, France. 136 pp.
- Beech, D.F., and M.J.T. Norman. 2002. The effect of wet-season land treatment and nitrogen fertilizer on safflower, linseed, and wheat in the Ord River Valley. *Australian Journal of Experiment Agricultural. Animal Husbandary*. 8: 72-80.
- Burhan, A., E. Esendal, and Z. Ekin. 2001. The effects of N application times on morphology, yield and quality characters of safflower. Proceedings of the 5th International Safflower Conference, North Dakota, USA. 341 pp.
- Chen, X., J. Zhou, X. Wang, A.M. Blackmer, and F. Zhang. 2004. Optimal rates of nitrogen fertilization for a winter wheat-corn cropping system in Northern China. *Communication of Soil Sciences and Plant Analysis*. 35: 583-597.
- Diaz, F.A., I. Garza, and A.S. Ortegon. 2006. Biofertilization of safflower (*Carthamus tinctorius* L) under limited humidity conditions. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 29 (2): 175-180.
- Dordas, C.A., and C. Sioulas. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*. 27: 75–85.
- Dordas, C.A., and C. Sioulas. 2009. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. *Field Crops Research.* 110: 35–43.
- Erisman, J.W. 2004. The Nanjing declaration on management of reactive nitrogen. *Bioscience.* 54: 4286–4287.
- Forooghi, L., and A. Ebadi. 2012. Effect of nitrogen and sulfur fertilizer application on yield, yield components, and some physiological traits of spring safflower. *Electronic Journal of Crop Production*. 5 (2): 37-56. (In Persian).
- Heydazadeh, S., and J. Jalilian. 2017. Assessment of Changes in Weed Dry Weight and some Characteristics of Safflower (Carthamus tinctorius) under Different Sources of Fertilizer and Intercropping. *Journal of Crop Ecophysiology.* 10(4): 791-808. (In Persian).
- Kaiser, J. 2001. The other global pollutant: nitrogen proves tough to curb. *Science*. 294: 1268–1269.
- Mirzakhani, M. 2009. Effects of co-inoculation of Azotobacter and Mycorrhiza under nitrogen and phosphorus levels on nutrients absorbtion efficiency in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Thesis of Ph.D in Agronomy. Islamic Azad University, Sciences and Research Branch-Khouzestan. 278 pp. (In Persian).
- Mirzakhani, M. 2012 a. Effects of integrated use of different combinations of fertilizers and biofertilizers on spring safflower. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Sciences.* 12 (8): 1035-1041.

- Mirzakhani, M. 2012 b. Reaction of safflower yield components to inoculation with mycorrhiza, azotobacter and chemical fertilizers. *Journal on Plant Science Researches.* 26 (2): 37- 51. (In Persian).
- Mohsen-nia, O., and J. Jalilian. 2012. Effect of drought stress and different sources of manure on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*. 4 (3): 235-245. (In Persian).
- Naik, R., A.S. Halepyati, and B.T. Pujari. 2007. Effect of organic manures and fertilizer levels on growth, yield components and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. 20(4): 835-836.
- Nosengo, N. 2003. Fertilized to death. *Nature*. 425: 894–895.
- Ojaghloo, F., F. Farahvash, A. Hassan-zadeh, and M. Pouryusef. 2007. Effect of inoculation with azotobacter and barvar phosphate biofertilizers on yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 1(3): 39-51. (In Persian).
- Saneoka, H., R.E.A. Moghaieb, G.S. Premachandra, and K. Fujita. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in Agrostis palustris Huds. *Environment Experiment Botany*. 52: 131-138.
- Shariatinia, F. 2008. Effects of nitrogen, boron and sulfur on yield and yield components, seed protein and oil content of safflower, Isfahan native cultivar. M.Sc Thesis. Faculty of Agriculture. Shahid Bahonar University of Kerman. (In Persian).
- Siddiqui, M.H., and F.C. Oad. 2006. Nitrogen requirement of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for growth and yield traits. *Asian Journal of Plant Sciences*. 5(3): 563-565.
- Soleimani, R. 2008. Effect of rate and time of nitrogen application on grain yield and its components in spring safflower (*Carthamus tinctorious* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences.* 10 (1): 47-59. (In Persian).
- Zheng, Y.M., Y.F. Ding, Q-S. Wang, G.H. Li, H. Wu, Q. Yuan, H.Z. Wang, and S.H. Wang. 2007. Effect of nitrogen applied before transplanting on NUE in rice. *Agricultural Sciences in China*. 6(7): 842-848.

Response of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Agronomic Characteristics to Time, Rate and Methods of Nitrogen Applications

Mohammad Mirzakhani[1]*

Received: November 2015 , Revised: 16 April 2016, Accepted: 19 February 2018

Abstract

To investigate the response of safflower agronomic characteristics to time, rate and method of nitrogen applications, an experiment was carried out at the research Field of Payaam Nour Arak University in Markazi province during 2011. A factorial arrangement of treatment in a randomized complete block design with three replications was used. Time of nitrogen treatment was with three levels (half in planting date + half in rosette stage), (half in rosette stage + half in stem elongation) and (half in stem elongation + half in boll forming stage), urea application was two levels (150 and 300 $kg.ha^{-1}$) and method of application was with three levels (mixed with soil, used in irrigation water and foliar application). Each plot consisted of 4 rows, 5 m long with 50 cm between rows and 5 cm between plants on the rows. Results indicated that the effect of application time on the characteristics like: height of branch, number of sub-branches, number of seeds per m^{-2}, number of seeds per plant, biological yield of bolls, seed yield of bolls, harvest index of bolls were significant. The effect of nitrogen treatment rates on branch height, number of sub-branches, number of seeds per m^{-2}, number of seeds per plant, biological yield of boll, harvest index of boll, and nitrogen use efficiency were also significant. Mean nitrogen use efficiencies for foliar application was 63.27% and for soil mixed application was 6.86%. Thus, it seems that foliar application of urea not only decreases environmental but also increases nitrogen use efficiency.

Key words: Harvest index, Method of consumption, Nitrogen use efficiency, Safflower.

1- Assistant Prof. Department of Agriculture, Farahan Branch, Islamic Azad University, Farahan, Iran
* *Corresponding Author: hm_mirzakhani@yahoo.com*