ارزیابی پاسخ رشد و عملکرد ارقام مختلف گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به میزان نیتروژن مصرفی

خدیجه نظری سندی[1]، سید علی محمد مدرس ثانوی[2*]، سید فرهاد صابرعلی[3] و علی مختصی بیدگلی[4]

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۴. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی پرعمکنش رقم و میزان کود نیتروژن مصرفی بر رشد و عملکرد گلرنگ بهاره، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال زراعی۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارها شامل دو رقم گلرنگ پرنیان و گلدشت و شش سطح نیتروژن خالص (۰، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵، ۱۸۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) بود. تاثیر رقم تنها بر شاخص سطح برگ و تعداد طبق در واحد سطح معنی دار بد، ولی اثر کود نیتروژن مصرفی بر همه صفات معنی‌دار بود. شاخص سطح برگ در رقم پرنیان حدود ۲۵ درصد بیشتر از رقم گلدشت بود. با این وجود ماده خشک تولیدی بین ارقام اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین شاخص سطح برگ و ماده خشک تولیدی در ارقام به‌ترتیب در شرایط مصرف ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. مصرف بیشتر نیتروژن افزایش معنی‌داری را باعث نشد. بیشترین تعداد طبق و تعداد دانه در طبق نیز به‌ترتیب با مصرف ۱۸۰ و ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد و مصرف نیتروژن بیشتر افزایش معنی‌داری را در این صفات باعث نشد. افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و روغن در گلرنگ شد. بیشترین عملکرد دانه و روغن معنی‌دار نیز مربوط به تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن مصرفی در هکتار بود. تعداد طبق و تعداد دانه در طبق همبستگی بالاتری با عملکرد دانه داشتند. باتوجه به نتایج این پژوهش، می‌توان افزایش عملکرد گلرنگ را با افزایش مصرف کود نیتروژنی تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار انتظار داشت.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن، کود اوره

مقدمه

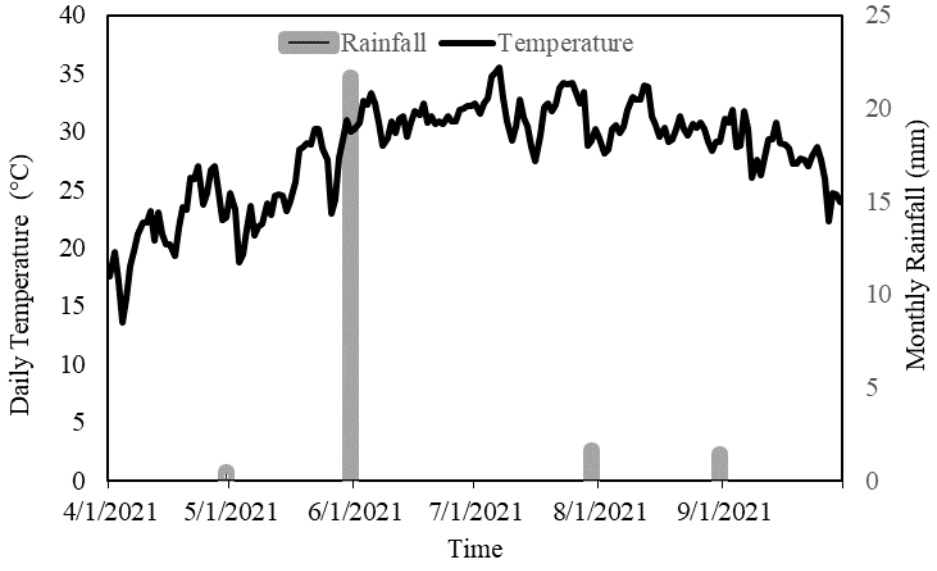
ارزش و اهمیت غذایی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) از نظر تامین کالری و انرژی مورد نیاز کشور از یک سو و سازگاری با شرایط آب و هوایی گرم و خشک حاکم بر اغلب مناطق ایران باعث شده که کشت این گیاه مورد توجه بیشتری قرار گیرد. باتوجه به امکان کشت گلرنگ در پاییز و قابلیت استفاده از بارندگی‌های فصول سرد سال این گیاه گزینه بسیار مناسبی برای کشت در مناطق کم باران ایران است. سطح زیرکشت این گیاه در کشور افزایش یافته و اکنون در حدود ۸ هزار هکتار است (Anonymous, 2023). در ارقام مختلف، عملکرد بالقوه دانه گلرنگ بین ۴–۵ تن دانه در هکتار گزارش شده است (Dadrasi *et al*., 2018). متوسط عملکرد این گیاه در سال زراعی ۱۴۰۱ –۱۴۰۰ در ایران در شرایط آبی و دیم به ترتیب در حدود ۲۲۰۰ و ۴۳۲ کیلوگرم در هکتار بود (Anonymous, 2023).

از جمله موانع رسیدن به عملکرد مناسب در واحد سطح، فقر عناصر غذایی خاک‌ها و مدیریت کودی ناکارآمد است. نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد و نمو گیاهان است و تولید عملکرد بالا در گلرنگ به فراهمی کافی نیتروژن وابسته است (Dordas & Sioulas, 2008). مصرف به اندازه نیتروژن سبب بهبود فعالیت آنزیم روبیسکو و همچنین افزایش شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و محتوای کلروفیل برگ شده و در نهایت می‌تواند میزان فتوسنتز، رشد و عملکرد دانه را بهبود دهد (Saberali *et al*., 2016; Sun *et al*., 2016). پیری زودرس و زرد شدن برگ، کاهش رشد و کوتاهی ارتفاع و کاهش تعداد گل و میوه در گیاه از جمله نشانه‌های کمبود نیتروژن در گیاه گلرنگ است (Kumar & Sharma, 2013; Janmohammadi *et al*., 2018).

مصرف کود نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش شاخص سطح برگ و کارایی مصرف نور در گلرنگ شد (Masomipour *et al*., 2016). میزان کلروفیل برگ، جذب کلسیم و پتاسیم، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه و عملکرد دانه گلرنگ در پاسخ به مصرف نیتروژن بهبود می‌یابد (Rastgo *et al*., 2014). افزایش عملکرد گلرنگ در پاسخ به مصرف کود نیتروژن حاصل افزایش تعداد طبق در بوته و وزن دانه در طبق گزارش شده است (Abbadi *et al*., 2008). مصرف کود نیتروژن در مزارع اغلب بدون در نظر گرفتن عوامل محدودکننده تقاضای گیاهان برای نیتروژن مانند رطوبت خاک، سطح حاصلخیزی خاک و پتانسیل عملکرد ارقام انجام می‌شود (Hasanuzzaman, 2019). واکنش ارقام مختلف گلرنگ به مقدار نیتروژن مصرفی متفاوت گزارش شده است و ارقام با پتانسیل تولید بیشتر نیاز نیتروژنی بیشتری نیز داشتند (Soleimanzade *et al*., 2013). مصرف بی‌رویه کود نیتروژن علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی، سلامت انسان و پایداری بوم نظام‌ها را در معرض تهدید قرارداده است. به‌دلیل افزایش کمتر عملکرد دانه نسبت به هر واحد افزایش مصرف نیتروژن، کاهش کارایی زراعی نیتروژن با افزایش مصرف آن گزارش شده است (Dordas & Sioulas, 2008). از طرفی باوجود بهبود نسبی رشد و عملکرد دانه با مصرف نیتروژن، پارامترهای کیفی تولید دانه از جمله عملکرد روغن با مصرف بیش از حد نیتروژن کاهش یافت (Ahmad *et al*., 2018). تامین مقدار مناسب و متعادل از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از جنبه‌های مهم مدیریت زراعی جهت دستیابی به حداکثر عملکرد، محصول با کیفیت مطلوب و همچنین به حداقل رساندن اثرات مضر مصرف کودها بر محیط زیست می‌باشد. مصرف بیش از حد نیتروژن به دلیل قابلیت تحرک بالای این عنصر باعث آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود و حتی با ورود به آب‌های زیرزمینی سلامت حیات وحش و انسان را به خطر می‌اندازد (Dordas & Sioulas, 2008). بنابراین، طراحی مدیریت کودی دقیق مبتنی به نیاز کودی گیاه می‌تواند علاوه بر افزایش توان تولید و کاهش هزینه‌های تولید، مانع از آلودگی محیط زیست و به خطر افتادن سلامت انسان شود. نبود دانش کافی در مورد نیاز کودی ارقام مختلف گلرنگ، مصرف بیش از حد نیتروژن باعث افزایش هزینه‌های تولید و کاهش درآمد اقتصادی کشاورزان را به دنبال دارد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی پاسخ رشد و عملکرد دانه ارقام مختلف گلرنگ به مصرف کود نیتروژن انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش یک آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، واقع در ۱۷ کیلومتری غرب تهران با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲۷۵ متر بالاتر از سطح دریا اجرا شد. بر اساس آمار هواشناسی دراز مدت، میانگین بارندگی سالانه ۲۴۰ میلی‌متر و میانگین سالانه دما ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در طول فصل رشد گلرنگ، میانگین دما ۲۸/۱۲ درجه سانتی گراد و میزان بارش ۲۵/۱۴ میلیمتر بود (شکل ۱).



شکل ۱. دما روزانه و بارش ماهانه در طول دوره رشد گلرنگ در سال ۱۴۰۰.

Figure 1. Daily temperature and monthly precipitation during the safflower growing period in 2021.

قبل از انجام آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاکِ محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (جدول ۱). بافت خاک لوم شنی بود (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتیمتری خاک.

Table 1- Physicochemical properties of soil in 0-30 cm.

Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Soil texture	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	CEC (me.100g)	N (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	OC (%)	BD ($g.cm^{-3}$)	lime (%)
12	13	75	sandy loam	8.8	0.47	12.4	0.051	9.95	192	0.33	1.43	11.4

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل دو رقم گلرنگ به نام‌های پرنیان و گلدشت و سطوح مختلف کود نیتروژن بود. بذور ارقام گلرنگ از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. سطوح کودی نیز شامل شش سطح نیتروژن خالص (۰، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵، ۱۸۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) بود. سطوح کود نیتروژن ۴۵، ۹۰، ۱۳۵، ۱۸۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز کودی گلرنگ را تامین می‌نمودند. نیاز کودی نیتروژنی گلرنگ نیز براساس پتانسیل عملکرد ۴ تن دانه در هکتار و نیاز ۴۵ کیلویی به نیتروژن برای تولید هر تن دانه تعیین شد (Malek and Ferri, 2014; Byberdi, & Nourgholipour, 2019). تیمار سرک نیتروژن از منبع کود اوره (N=٪۴۶) در سه زمان بعد از سبز شدن کامل محصول، در اواسط ساقه‌روی و اواخر طبق‌دهی به‌صورت تقسیط به میزان یک سوم از کل نیتروژن اعمال و بلافاصله به مدت هشت ساعت آبیاری نواری انجام شد.

آماده‌سازی بستر کاشت شامل شخم عمیق با گاوآهن برگرداندار در پاییز، دیسک برای خرد کردن کلوخه‌ها و در نهایت اضافه و مخلوط کردن کودهای فسفر (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) و پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم) پیش از کاشت به صورت پایه برمبنای آزمون خاک بود. درنهایت تسطیح انجام شد. بذرهای گلرنگ در تاریخ ۱۵ فروردین ۱۴۰۰ به‌صورت خشکه‌کاری کشت شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط کشت و به طول ۵ متر بود. فاصله بین خطوط و روی خطوط کشت به ترتیب ۴۰ و ۵ سانتی‌متر و تراکم کشت ۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (Jabbari *et al*., 2020). فاصله بین تکرارها ۱ متر و فاصله بین کرت‌ها از یکدیگر نیز نیم متر در نظر گرفته شد. بعد از کشت نیز به‌منظور سبز شدن یکنواخت مزرعه ۸ ساعت از طریق آبیاری نواری (تیپ) آبیاری شد. در ادامه فصل رشد نیز آبیاری براساس عملیات رایج در منطقه و شرایط مزرعه انجام شد. در طول دوره آزمایش نیز با آفات (مگس گلرنگ در مرحله طبق‌دهی در دو نوبت با فاصله ۱۴ روزه) و بیماری ها (سفیدک پودری) و علف‌های هرز (چند نوبت وجین دستی) مبارزه شد. به منظور اندازه‌گیری سطح برگ، بوته‌های قرار گرفته در ۲۰ سانتی‌متر طولی از یک ردیف کشت در مرحله ابتدای پر شدن دانه‌ها برداشت شده و نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و سپس برگ‌ها از ساقه جدا شده و سطح آنها توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل DELTA- T DEVICES ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین عملکرد دانه و اجزای عملکرد در انتهای فصل رشد، بوته‌های گلرنگ در تاریخ ۳۰ تیرماه برداشت شد. برداشت محصول از یک مترمربع ۲ خط میانی هر کرت و پس از رهاسازی نیم متر ابتدا و انتهای خطوط کشت به‌صورت کف‌بر انجام شد. از بین بوته‌های برداشت شده در هر کرت، تعداد چهار بوته به صورت تصادفی انتخاب و ویژگی‌های تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه نیز پس از کوبیدن و جدا کردن کاه از دانه و توزین دانه‌ها تعیین گردید. استخراج روغن روی دو گرم بذر آسیاب‌شده گلرنگ با استفاده از حلال اِن‌هگزان توسط دستگاه سوکسله انجام پذیرفت که با استفاده از داده حاصل از آن، عملکرد روغن محاسبه شد. پیش از توزین دانه و کاه و کلش، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. مجموع وزن دانه و کاه و کلش در برداشت نهایی به عنوان ماده خشک کل (عملکرد بیولوژیک) در نظر گرفته شد. محاسبه شاخص برداشت با استفاده از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک صورت پذیرفت. به‌منظور تجزیه آماری، پس از آزمون نرمال بودن خطای آزمایشی داده‌ها، تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد. میانگین داده‌ها با آزمون LSD و در سطح ۵٪ مقایسه شدند. نمودارها نیز به وسیله نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۱۳) رسم شدند.

نتایج و بحث

۱. شاخص سطح برگ و ماده خشک

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تاثیر رقم و میزان مصرف نیتروژن تاثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ گلرنگ داشتند. در حالی‌که ماده خشک تولیدی گلرنگ تنها تحت تاثیر میزان کود نیتروژن مصرفی قرار داشت (جدول ۲). اثر متقابل رقم در نیتروژن نیز در هیچیک از صفات ذکر شده معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که شاخص سطح برگ در بین ارقام تا مرحله زایشی اختلاف معنی داری نداشت، ولی بعد از این مرحله و در زمان پر شدن دانه میزان شاخص سطح برگ در رقم گلدشت به‌طور متوسط حدود ۲۵ درصد بیشتر از رقم گلدشت بود (شکل ۲). اگرچه ماده خشک کل تولیدی بین ارقام معنی دار نبود (شکل ۳). شاخص سطح برگ بجز در ۳۷ روز پس از کاشت، در سایر مراحل رشدی در شرایط مصرف کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار بدون کود بیشتر بود (شکل ۴). در بیشتر طول دوره رشد، مصرف کود نیتروژن در سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز کودی گلرنگ نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن به ترتیب به‌طور متوسط افزایش ۲۱، ۳۳، ۷۵، ۹۵ و ۱۰۳ درصدی شاخص سطح برگ را در دو رقم مورد مطالعه باعث شد. بااین‌حال شاخص سطح برگ در هر دو رقم گلرنگ با مصرف بیش از ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار (۷۵ درصد نیاز کودی) افزایش معنی‌داری نداشت (شکل ۴). میزان ماده خشک تولیدی کل نیز با مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۵). متوسط میزان ماده خشک تولیدی دو رقم گلرنگ نیز در شرایط مصرف ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز کودی نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن به ترتیب به‌طور متوسط افزایش ۲۵، ۳۲، ۹۷، ۱۴۶ و ۱۶۰ درصدی را باعث شد. بیشترین ماده خشک تولیدی در هر دو رقم گلرنگ در شرایط مصرف ۱۰۰ درصد نیاز کودی (۱۸۵ کیلوگرم در هکتار) تولید شد، و مصرف بیشتر کود نیتروژنی افزایش معنی‌داری را باعث نشد. تجزیه همبستگی نیز نشان داد که ماده خشک تولیدی همبستگی بالا و معنی داری با صفات، عملکرد دانه (۰/۹۸) و شاخص سطح برگ (۰/۹۶) گلرنگ داشت (جدول ۳). میزان سطح برگ از ویژگی‌های مهم در جوامع گیاهی است که نشان‌دهنده سطح دریافت نور و سطح فتوسنتز در گیاهان می‌باشد. افزایش ۱۳ و ۳۳ درصدی در شاخص سطح برگ گلرنگ به‌ترتیب با مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به عدم مصرف آن گزارش شده است (Maghami *et al*., 2014). بهبود سرعت توسعه سطح برگ، کاهش سرعت پیری برگ و نهایتا افزایش مدت زمان دوام سطح برگ از جمله اثرات مثبت مصرف کودهای نیتروژنی هستند که می‌تواند بر عملکرد دانه تولیدی نیز موثر باشد (Qadeer *et al*., 2019). در تحقیقی در یاسوج نیز گزارش شد که بیشترین میزان ماده خشک تولیدی گلرنگ با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و با ۳ بار تقسیط کود در مراحل قبل کاشت، مرحله ساقه‌دهی و گل‌دهی حاصل شد (Fuladvand *et al*., 2014). افزایش سطح برگ و بهبود غلظت کلروفیل برگ در پاسخ به مصرف کود نیتروژن از جمله عوامل موثر بر افزایش سطح جذب نور دریافتی و بهبود راندمان فتوسنتزی برگ گیاهان است (Jafarikouhini *et al*., 2020). با توجه به نقش ساختمانی نیتروژن در ساخت اسیدهای آمینه، آنزیم‌های دخیل در فرآیندهای بیوشیمیایی فتوسنتز به‌ویژه آنزیم رابیسکو نیز تحت تأثیر مصرف نیتروژن هستند (Makino *et al*., 1997). بنابراین، تولید بیشتر ماده خشک گلرنگ، در پاسخ به مصرف کود نیتروژن را می‌توان به افزایش میزان جذب نور و بهبود راندمان فتوسنتزی در شرایط کوددهی نسبت داد.

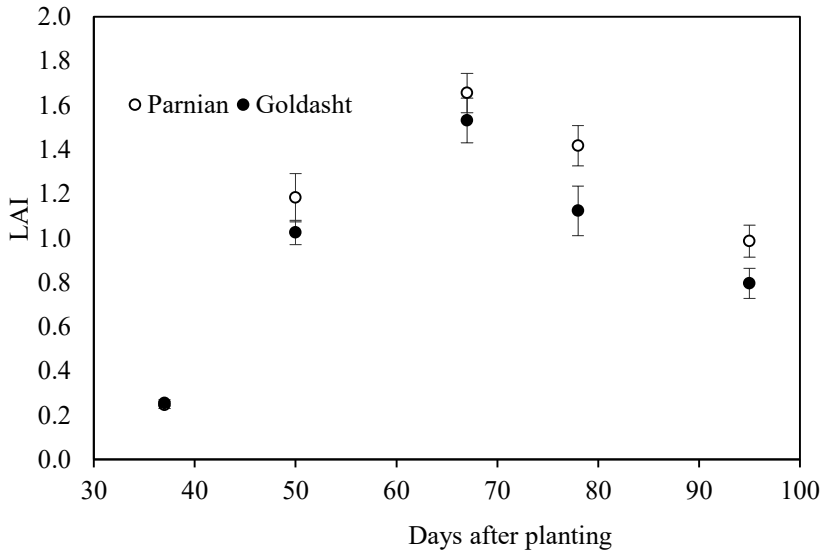
جدول ۲- آنالیز واریانس شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، تعداد طبق در واحد سطح، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه دو رقم گلرنگ تحت اثر کود نیتروژن.

Table 2- Analysis of variance for leaf area index, biological yield, number of capitula per area, number of seeds per capitula and 1000-seed weight in two safflower cultivars under the effect of nitrogen fertilizer.

S.O.V.	df	Mean of squares				
		LAI	Biological yield	Number of capitula per area	Number of seeds per capitula	1000-seed weight
Replication	2	0.106454	1535315.8	583.98	0.5851714	2.26980142
Nitrogen rate (N)	5	2.785595**	36826284.6**	68927.68**	70.1843334**	8.59074257

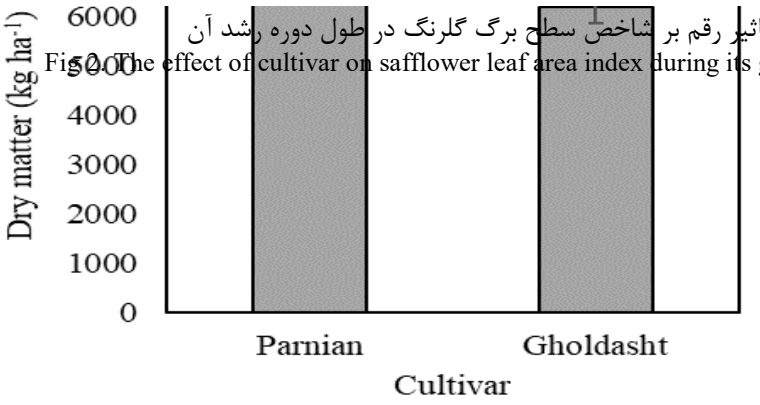
Variety (V)	1	0.291811*	3605779.0	7993.85010*	1.9271313	5.49558918
N*V	5	0.045012	1009679.0	684.6759	1.5823781	4.38533954
Error						.1074616
C.V. (%)						7.04

بدون علامت



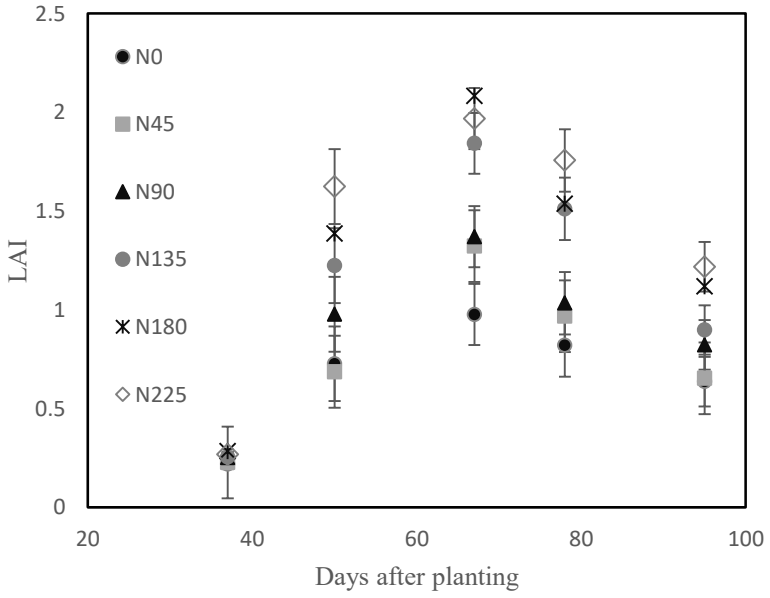
شکل ۲. تاثیر رقم بر شاخص سطح برگ گلرنگ در طول دوره رشد آن

Fig 2. The effect of cultivar on safflower leaf area index during its growth period.



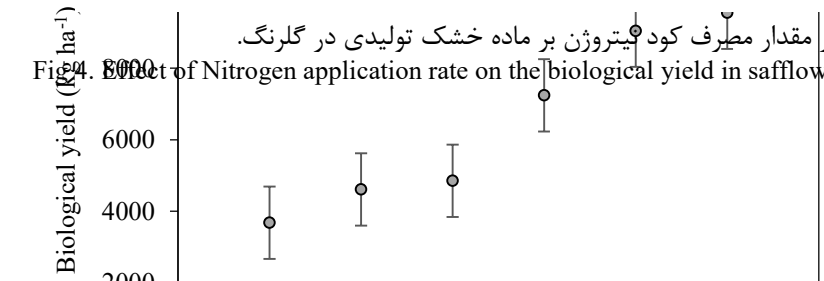
شکل ۳. تاثیر رقم بر ماده خشک تولیدی در گلرنگ.

Fig 3. Effect of cultivar on the biological yield in safflower



شکل ۴. تاثیر مقدار مصرف کود نیتروژن بر ماده خشک تولیدی در گلرنگ.

Fig 4. Effect of Nitrogen application rate on the biological yield in safflower.



جدول ۳- ضریب همبستگی و معنی‌داری آن برای صفات مختلف اندازه‌گیری شده در دو رقم گلرنگ تحت اثر کود نیتروژن

Table 3- Correlation coefficient and its significance for different traits measured in two safflower cultivars under the effect of nitrogen fertilizer

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8
LAI (1)	1							
Number of capitula per area (2)	0.85**	1						
Number of seeds per capitula (3)	0.80**	0.71**	1					
1000-seed weight (4)	0.076	-0.13	-0.07	1				
Grain yield (5)	0.88**	0.89**	0.82**	-0.16	1			
Oil yield (6)	0.86**	0.87**	0.81**	-0.17	0.99**	1		
Biological Yield (7)	0.86**	0.87**	0.80**	-0.19	0.98**	0.96**	1	
Harvest Index (8)	0.45**	0.51**	0.54**	0.14	0.56**	0.57**	0.39*	1

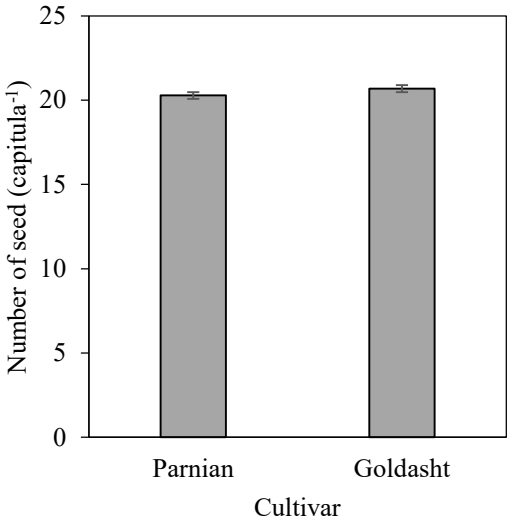
بدون علامت،*،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

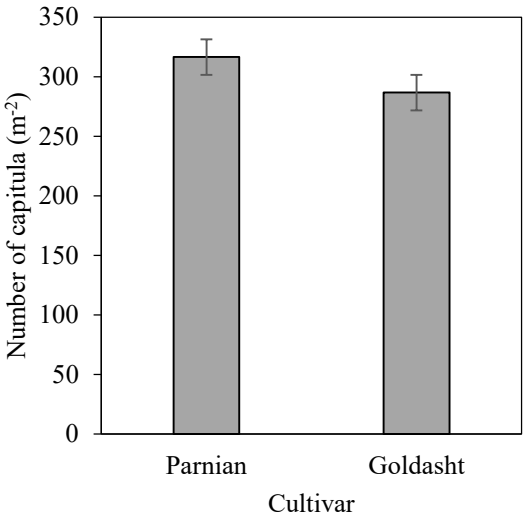
۲. اجزای عملکرد

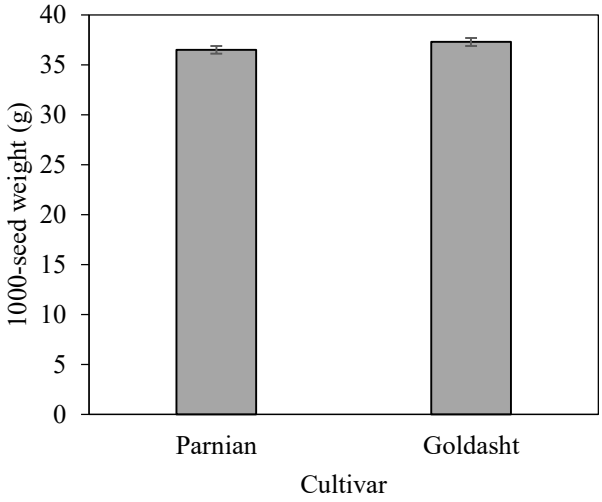
نتایج آنالیز واریانس نشان داد که میزان نیتروژن مصرفی تاثیر معنی‌داری بر تعداد طبق در واحد سطح و تعداد دانه در طبق گلرنگ داشت، در حالیکه وزن هزار دانه تحت تاثیر میزان کود نیتروژن مصرفی قرار نداشت (جدول ۲). تاثیر رقم گلرنگ نیز فقط بر تعداد طبق تشکیل شده در واحد سطح تاثیر معنی‌داری داشت، و تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه تحت تاثیر رقم قرار نداشتند (جدول ۲). اثر متقابل رقم در نیتروژن نیز در هیچیک از صفات ذکر شده معنی‌دار نبود. رقم پرنیان به‌طور متوسط ۱۰ درصد تعداد طبق بیشتری در واحد سطح نسبت به رقم گلدشت تولید کرد (شکل ۶). رقم گلدشت تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه آن حدود ۲ درصد از رقم پرنیان بیشتر بود، بااین‌حال این اختلافات معنی‌دار نبود (شکل ۶). تعداد طبق تولیدی در واحد سطح در شرایط مصرف کود نیتروژن در مقایسه با تیمار بدون کود به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. به‌طور متوسط در دو رقم مورد مطالعه، مصرف کود نیتروژن در سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز کودی گلرنگ نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن به‌طور متوسط افزایش ۶، ۲۴، ۶۸، ۱۱۶ و ۱۲۷ درصدی تعداد طبق در واحد سطح را باعث شد. بااین‌حال تعداد طبق تولیدی در واحد سطح با مصرف بیش از ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار (۱۰۰ درصد نیاز کودی) افزایش معنی‌داری نشان نداد (شکل ۷). در دو رقم گلرنگ، متوسط تعداد دانه تولیدی در هر طبق در شرایط مصرف ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز کودی نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن به‌طور متوسط حدود ۳۶، ۴۱، ۵۵، ۶۰ و ۶۵ درصد افزایش نشان داد (شکل ۷). به‌طور متوسط در هر دو رقم، بیشترین تعداد دانه تولیدی در هر طبق در شرایط مصرف ۷۵ درصد نیاز کودی (۱۳۵ کیلوگرم در هکتار) تولید شد، و مصرف بیشتر کود نیتروژنی افزایش معنی‌داری در این صفت را باعث نشد. نتایج همچنین نشان داد که تغییرات وزن هزار دانه گلرنگ در پاسخ به سطوح مختلف مصرف نیتروژن معنی‌دار نبود (شکل ۷). افزایش ۵۲ درصدی تعداد طبق در واحد سطح در پاسخ به مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با عدم مصرف کود نیتروژن نیز پیش‌تر گزارش شده است (Fuladvand *et al*., 2014). این

محققان همچنین گزارش کردند افزایش تعداد مرحله تقسیط نیتروژن به ۳ مرحله (قبل از کاشت، ساقه‌کشی و گل‌دهی) نسبت به ۲ مرحله تقسیط (قبل کاشت و مرحله ساقه‌دهی) باعث افزایش تعداد طبق در واحد سطح شد. در یک مطالعه در ترکیه نیز افزایش تعداد طبق تولیدی در بوته در پاسخ به مصرف نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد، بااین‌حال تعداد طبق تولیدی اختلاف معنی‌داری با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت (Eryigit *et al*., 2015). در مطالعه‌ای در مغان نشان داده شد که تاثیر کود نیتروژنی بر تعداد دانه در طبق تحت تاثیر نوع واریته قرار داشت (Soleimanzade *et al*., 2013). به‌طوری که با افزایش میزان مصرف کود نیتروزنی تا ۱۵۰ کیلوگرم در رقم اراک و تا ۱۰۰ کیلوگرم در ارقام زرقان و ورامین افزایش معنی‌دار تعداد دانه در طبق مشاهده گردید. در مطالعه‌ای در کرج نیز افزایش معنی‌دار تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در پاسخ به مصرف نیتروژن در سطح ۱۰۰ درصد نیاز کودی نسبت به ۵۰ درصد نیاز کودی گزارش شد (Ghobadi *et al*., 2022). وزن هزار دانه گلرنگ در سطح مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن از وزن هزار دانه در سطوح مصرف ۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرمی نیتروژن بیشتر بود (Soleimanzade *et al*., 2013). وزن دانه تحت تاثیر تعداد دانه تشکیل شده در واحد سطح قرار می‌گیرد، معمولا با کاهش تعداد دانه تولیدی در واحد سطح میزان ماده خشک اختصاص یافته به هر دانه می‌تواند افزایش یابد. بنابراین روند کاهش غیرمعنی‌دار مشاهده شده در این مطالعه در پاسخ به مصرف کود نیتروژن می‌تواند به دلیل افزایش تعداد دانه تشکیل شده و کاهش سهم هر دانه از کل ماده خشک تخصیص یافته به بخش تولید عملکرد باشد. تولید بیشتر طبق در واحد سطح و دانه در طبق در پاسخ به مصرف کود نیتروژن را می‌توان به افزایش میزان شاخص سطح برگ، جذب نور بیشتر و بهبود توان تولید ماده خشک برای حمایت از اجزای عملکرد نسبت داد. نیتروژن با ایفای نقش ساختاری به‌ویژه در تشکیل رنگیزه‌های فتوسنتزی همچون کلروفیل، بهبود شاخص سطح برگ و کاهش پیری، همچنین نقش کارکردی در فعالیت آنزیم‌های فتو سنتزی بر همه جنبه‌های زندگی گیاهی، از جمله فراهمی مواد فتو سنتزی برای تشکیل و توسعه اجزای عملکرد موثر است (Sun *et al*., 2016; Makino *et al*., 1997).

غیرقابل استناد

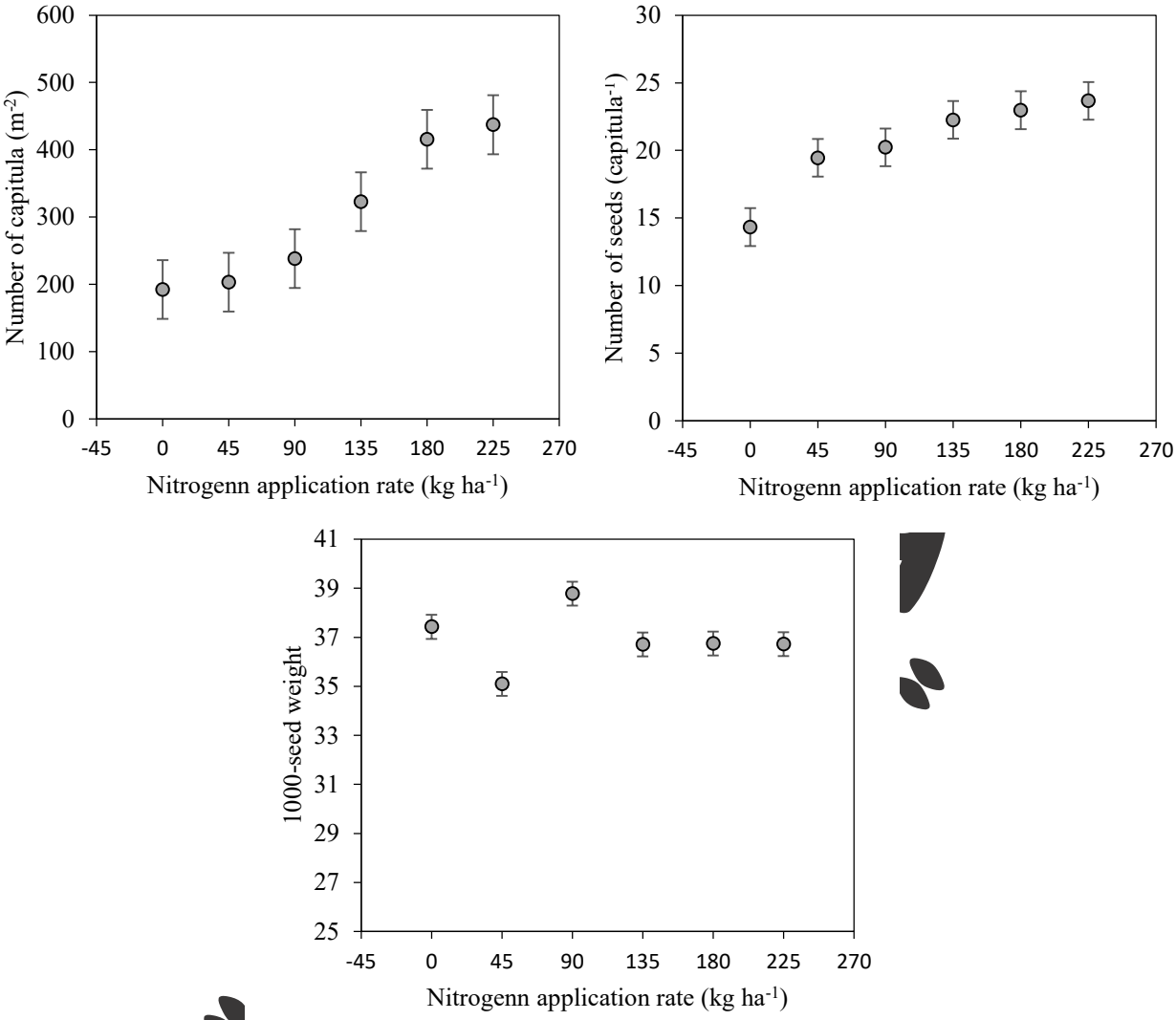






شکل ۶. تاثیر رقم بر تعداد طبق در واحد سطح، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در گلرنگ.

Fig 6. The effect of variety on the number of capitula per unit area, the number of seeds per capitula and 1000-seed weight in safflower.



شکل ۷. تاثیر مقدار مصرف کود نیتروژن بر تعداد طبق در واحد سطح، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در گلرنگ.

Fig 7. The Effect of nitrogen application rate on the number of capitula per unit area, the number of seeds per capitula and 1000-seed weight in safflower.

۳. عملکرد دانه و شاخص برداشت

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که میزان نیتروژن مصرفی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و شاخص برداشت گلرنگ داشت، در حالیکه این دو صفت تحت تاثیر رقم و اثر متقابل نیتروژن در رقم قرار نداشتند (جدول ۴). مقایسه عملکرد دانه و شاخص برداشت بین دو رقم نیز نشان داد که اختلاف ۹ درصدی عملکرد دانه و ۲ درصدی شاخص برداشت آنها معنی‌دار نبود (شکل ۸).

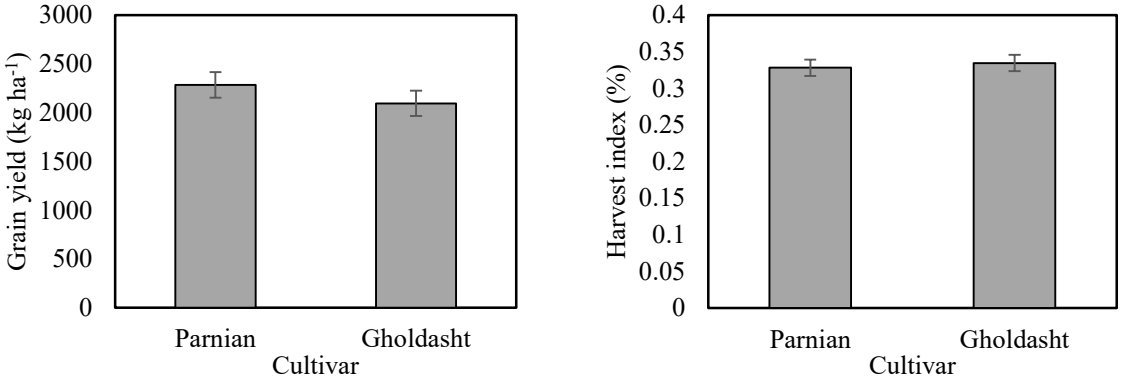
جدول ۴- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص برداشت دو رقم گلرنگ تحت اثر کود نیتروژن.

Table 4- Analysis of variance for grain yield, oil yield and harvest index in two safflower cultivars under the effect of nitrogen fertilizer.

S.O.V.	df	Mean of squares		
		Grain yield	Oil yield	Harvest index
Replication	2	96080.38	66242530	0.00025799
Nitrogen rate (N)	5	5347948.72**	2663168329**	0.00582304**
Variety (V)	1	323950.69	162999028	0.00036855

N*V	5	83344.97	60646299	0.00031286
Error	22	141349.61	96991409	0.00104652
C.V. (%)		17.16	18.78	9.76

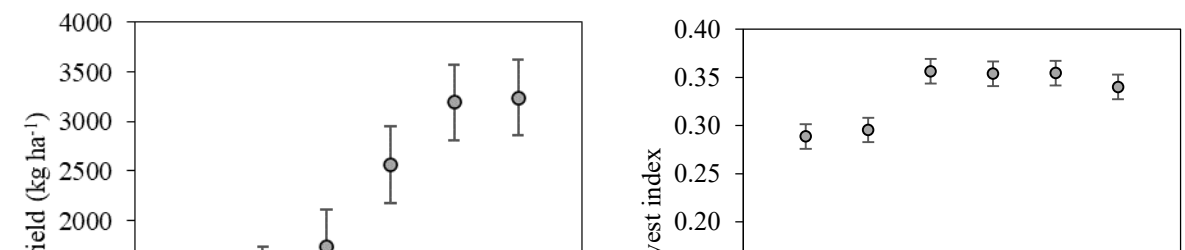
بدون علامت،*،** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد



شکل ۸. تاثیر رقم بر عملکرد دانه و شاخص برداشت در گلرنگ.

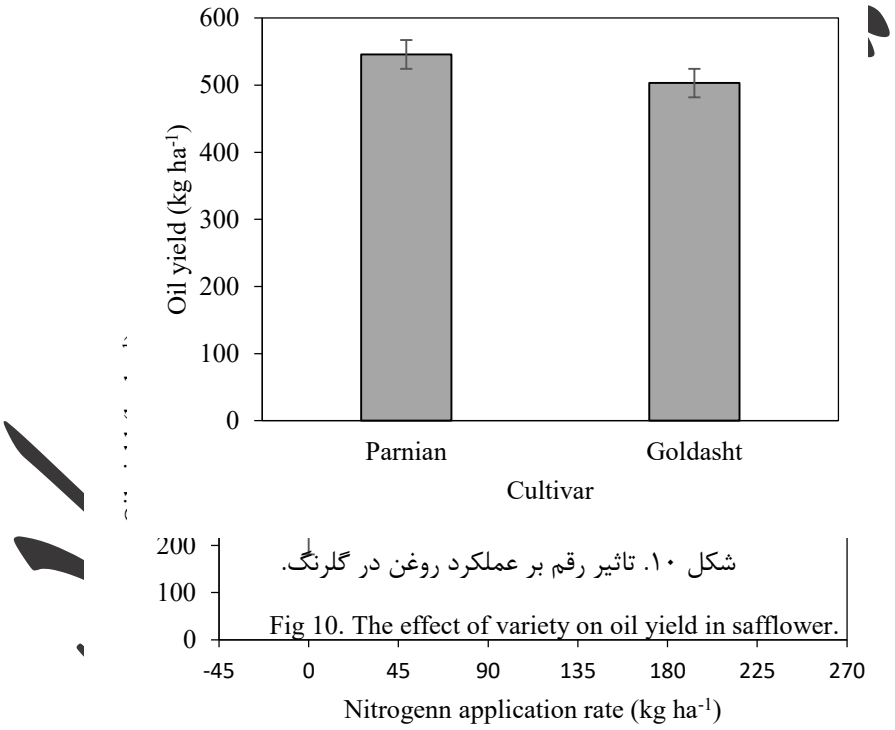
Fig 8. The effect of variety on grain yield and harvest index in safflower

عملکرد دانه تولیدی در شرایط مصرف کود نیتروژن در مقایسه با تیمار بدون کود به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (شکل ۹). به‌طور متوسط در دو رقم مورد مطالعه، افزایش ۲۹، ۶۵، ۱۴۴، ۲۰۴ و ۲۰۹ درصدی عملکرد دانه به ترتیب در شرایط مصرف ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز کودی نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن مشاهده گردید، با این‌حال، عملکرد دانه با مصرف بیش از ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۰۰ درصد نیاز کودی) افزایش معنی‌داری نشان نداد (شکل ۹). شاخص برداشت گلرنگ نیز در شرایط مصرف کود نیتروژن افزایش معنی‌داری نسبت به عدم مصرف نیتروژن داشت. با افزایش مصرف نیتروژن تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار شاخص برداشت افزایش معنی‌داری نشان داد، و مصرف بیشتر کود نیتروژنی تغییر معنی‌داری بر این صفت نداشت (شکل ۹). نتایج تجزیه همبستگی نیز نشان داد که عملکرد دانه به ترتیب همبستگی بالا و معنی‌داری با صفت تعداد طبق در واحد سطح (۰/۸۹) و تعداد دانه در طبق (۰/۸۲) داشت (جدول ۳). افزایش عملکرد ارقام مختلف گلرنگ در مناطق مختلف کشت و در پاسخ به مصرف ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Fuladvand *et al*., 2014; Soleimanzade *et al*., 2013; Eryiğit *et al*., 2015). افزایش شاخص سطح برگ، بهبود فعالیت آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز و کاهش سرعت پیری در پاسخ به مصرف کود نیتروژن می‌تواند از طریق بهبود جذب نور و راندمان مصرف نور موجب افزایش عملکرد دانه شوند (Qadeer *et al*., 2019; Saberali *et al*., 2016). بهبود فتوسنتز، رشد و تولید ماده خشک بیشتر می‌تواند از طریق بهبود حمایت از تشکیل اجزای عملکرد، باعث افزایش عملکرد دانه تولیدی در گیاهان شود (Qadeer *et al*., 2019; Zhang *et al*., 2020). در مطالعات مختلف نیز، همبستگی بالا (بیشتر از ۰/۷) و معنی‌داری بین تعداد طبق و تعداد دانه تشکیل شده در بوته و یا در واحد سطح با عملکرد دانه مشاهده شد، در حالی‌که میزان همبستگی عملکرد دانه با وزن هزار دانه نسبت به همبستگی آن با تعداد طبق و یا دانه بسیار کمتر بود (Eryiğit *et al*., 2015; Soleimanzade *et al*., 2013). شاخص برداشت گلرنگ با افزایش مصرف نیتروژن از ۵۰ کیلوگرم به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، و مصرف کود نیتروژنی بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم کاهش شاخص برداشت را در پی داشت (Soleimanzade *et al*., 2013). کاهش میزان شاخص برداشت گلرنگ با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن از ۷۵ کیلوگرم به ۱۵۰ کیلوگرم نیز گزارش شده است (Fuladvand *et al*., 2014). این درحالی است که افزایش تعداد دفعات تقسیط کود نیتروژن از ۲ مرتبه به ۳ مرتبه باعث افزایش شاخص برداشت گردید.



۴. عملکرد روغن

میزان نیتروژن مصرفی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد روغن گلرنگ داشت، در حالی‌که این صفت تحت تاثیر رقم و اثر متقابل نیتروژن در رقم قرار نگرفت (جدول ۴). عملکرد روغن در رقم پرنیان نسبت به گلدشت حدود ۸/۵ درصد بیشتر بود، بااین‌حال این اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۱۰). در دو رقم مورد مطالعه، به‌طور متوسط افزایش ۲۵، ۵۸، ۱۳۷، ۱۷۹ و ۱۷۹ درصدی عملکرد روغن به ترتیب در شرایط مصرف ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز کودی نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن مشاهده گردید. درحالیکه عملکرد روغن با مصرف بیش از ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۷۵ درصد نیاز کودی) افزایش معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱۱). عملکرد روغن به ترتیب همبستگی بالا و معنی‌داری با صفات عملکرد دانه (۰/۹۹)، تعداد طبق در واحد سطح (۰/۸۷) و تعداد دانه در طبق (۰/۸۱) داشت (جدول ۳). در یک مطالعه در ترکیه، افزایش معنی‌دار عملکرد روغن تا سطح مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش شده است (Eryiğit *et al*., 2015). اختلاف معنی‌داری در عملکرد روغن بین ارقام مختلف گلرنگ مشاهده نشد (Elfadl *et al*., 2009)، بااین‌حال افزایش مصرف کود نیتروژنی باعث افزایش عملکرد روغن گردید.



شکل ۱۰. تاثیر رقم بر عملکرد روغن در گلرنگ.

Fig 10. The effect of variety on oil yield in safflower.

شکل ۱۱. تاثیر مقدار مصرف کود نیتروژن بر عملکرد روغن در گلرنگ.

Fig 11. The Effect of nitrogen application rate on the oil yield in safflower.

نتیجه‌گیری کلی

تعیین نیاز کودی ارقام مختلف گلرنگ در هر منطقه علاوه بر افزایش میزان تولید دانه و روغن، باعث اصلاح الگوی مصرف کود و کاهش پتانسیل خسارات زیست محیطی ناشی از مصرف کود بی‌رویه خواهد شد. نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام پرنیان و گلدشت واکنش عملکردی یکسانی به میزان نیتروژن مصرفی داشته و نیاز کودی مشابهی دارند. بیشینه عملکرد دانه و روغن در

این ارقام نیز با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار حاصل شد و افزایش مصرف کود بیشتر افزایش معنی‌داری در پی نداشت. نتایج آنالیز همبستگی نیز نشان داد که از بین اجزای عملکرد، تعداد طبق در واحد سطح و تعداد دانه در طبق همبستگی بسیار بالاتری با عملکرد دانه داشتند.

References

Abbadi, J., Gerendás, J., & Sattelmacher, B. (2008) Effects of nitrogen supply on growth, yield and yield components of safflower and sunflower. *Plant and Soil*, 306, 167-180.

Ahmad, M.I., Ali, A., He, L., Latif, A., Abbas, A., Ahmad, J., Ahmad, M.Z., Asghar, W. Bilal, M., Mahmood, M.T. (2018). Nitrogen effects on sunflower growth: A review. *International Journal of Biosciences*, 12, 91–101.

Anonymous. (2023). Agricultural statistics, first volume: Crops. Information and Communication Technology Center of the Ministry of Agricultural Jihad, Tehran. (In Farsi)

Bybordi, A. & Nourgholipour, F. (2019). *Guidelines for integrated soil fertility and plant nutrition management of safflower (Carthamus tinctorius L.)*. Soil and Water Research Institute. (In Farsi)

Dadrasi, v., Torabi, B., & Ghasemi Maham, S. (2018). Modeling growth and yield of safflower in Isfahan. *Journal of Plant ecophysiology*, 10(32), 161-176. (In Farsi)

Dordas, C. A., & C. Sioulas (2008), Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial crops and products*, 27(1), 75-85.

Elfadl, E., Reinbrecht, C., Frick, C., & Claupein, W. (2009). Optimization of nitrogen rate and seed density for safflower (Carthamus tinctorius L.) production under low-input farming conditions in temperate climate. Field Crops Research, 114(1), 2–13. https://doi.org/10.1016/J.FCR.2009.06.012

Eryiğit, T., Akiş, R., & Kaya, A. R. (2015). Screening of different nitrogen rates and intra-row spacing effects on yield and yield components of safflower (Carthamus tinctorius L.) under microclimate conditions, Igˇdır Plain, Turkey. Canadian Journal of Plant Science, 95(1), 141–147. https://doi.org/10.4141/CJPS-2014-188

Fuladvand, M., Yadavi, A.R., & Movahedi Dehnavi M., (2014). Effect of plant density and nitrogen fertilizer management on agronomical characteristics of safflower under weed competition. *Electronic Journal of Crop Production*., 7 (3), 163-181. (In Farsi)

Ghobadi, F., Majnoon Hosseini, N., Owaissi M., Akbari, G.A. (2022). Effect of Different Levels of Irrigation and Nitrogen Fertilizer on Yield and Yield Components of Some Safflower Cultivars in Alborz Province. Journal of Crop Improvement, 24(3), 761-775.

Hasanuzzaman, M. (2019). Agronomic crops. Volume 2: Management practices, Springer Nature.

Jabbari, H., Omidi, A.H., Nazari, M.R., Sadeghi Garmaroudi, H., and Sharif Nasab, H. (2020). Technical and practical guidelines for safflower production in different climates of the country. Ministry of Jihad Agriculture: Organization of Agricultural Research, Education and Promotion. (In Farsi)

Jafarikouhini, N., Kazemeini, S. A., & Sinclair, T. R. (2020). Sweet corn nitrogen accumulation, leaf photosynthesis rate, and radiation use efficiency under variable nitrogen fertility and irrigation. Field Crops Research, 257(10), 107913. https://doi.org/10.1016/J.FCR.2020.107913

Janmohammadi, M., M. Fattahi, N. Sabaghnia, & M. Nouraein (2018). Effects of metal oxides and urea fertilizer on agronomic traits of safflower, Scientia Agriculturae Bohemica, 49(3), 153-163.

Kumar, P., & M. K. Sharma (2013). Nutrient deficiencies of field crops: guide to diagnosis and management, Cabi.

Maghami, R., Zahedi, M., & Gheysari M. (2014). Effects of nitrogen application and irrigation water on grain yield and water use efficiency of safflower in Isfahan. *Isfahan University of Technology- Journal of Crop Production and Processing*, 4 (11), :1-13. (In Farsi)

Makino, A., Shimada, T., Takumi, S., Kaneko, K., Matsuoka, M., Shimamoto, K., Nakano, H., Miyao-Tokutomi, M., Mae, T., & Yamamoto, N. (1997). Does decrease in ribulose-1, 5 bisphosphate carboxylase by antisense RbcS lead to a higher N-use efficiency of photosynthesis under conditions of saturating CO_2 and light in rice plants? *Plant Physiology*, 114(2), 483-491. https://doi.org/10.1104/pp.114.2.483

Malek, H. A., & Ferri, F. (2014). Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on safflower yield in dry land conditions. *International Journal of Research in Agricultural Sciences*, 1(1), 28-33.

Masomipour, A., Torabi, B., & Rahimi A., (2016). Studing extinction coefficient and radiation use efficiency in different cultivars of Safflower under different levels of Nitrogen (N) fertilizer. *Journal of Crop production*, 9(3), 67-86. (In Farsi)

Qadeer, U., Ahmed, M., Fayyaz-ul-Hassan, & Akmal, M. (2019). Impact of nitrogen addition on physiological, crop total nitrogen, efficiencies and agronomic traits of the wheat crop under rainfed conditions. Sustainability, 11(22), 1-21. https://doi.org/10.3390/su11226486

Rastgo, B., Ebadie, A., Parmoon G. H. (2014). Investigation the effect of using nitrogen on yield and storage compositions of Safflower grain (Carthamus tinctorius L.). Crop Physiology Journal, 21(6), 85-102. (In Farsi)
Saberali, S.F., Modarres-Sanavy, S.A.M., Bannayan, M., Aghaalikhani, M., Haghayegh, G., & Hoogenboom, G. (2016). Common bean canopy characteristics and N assimilation as affected by weed pressure and nitrogen rate. *Journal of Agricultural Science*, 154(4), 598–611. https://doi.org/10.1017/S0021859615000477
Soleimanzade, H., Khaliliaqdam, N., & Mir Mahmudi, T. (2013). Effects of nitrogen fertilizer on yield and agronomical traits of safflower varieties in Moghan region. *Journal of Research in Crop Sciences*, 5(19), 29-40. (In Farsi)
Sun, J., Ye, M., Peng, S., & Li, Y. (2016). Nitrogen can improve the rapid response of photosynthesis to changing irradiance in rice (Oryza sativa L.) plants. *Scientific Reports*, 6(9), 1-10. https://doi.org/10.1038/srep31305
Zhang, L., He, X., Liang, Z., Zhang, W., Zou, C., & Chen, X. (2020). Tiller development affected by nitrogen fertilization in a high-yielding wheat production system. *Crop Science*, 60(2), 1034–1047. https://doi.org/10.1002/csc2.20140

Evaluation of the growth and yield response of two spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars to the amount of nitrogen

Abstract
This study was conducted to examine the interaction between cultivars and the nitrogen fertilizer applied to spring safflower growth and yield. It was performed as a factorial experiment within a randomized complete block design with three repetitions at the experimental field of the Faculty of Agriculture at Tarbiat Modares University during the 2021 crop season. The treatments included two safflower cultivars, Parnian and Goldasht, and six levels of pure nitrogen (0, 45, 90, 135, 180, and 225 kg/ha). The cultivar influenced the leaf area index and the number of capitula per unit area, while nitrogen fertilizer affected all traits significantly. The leaf area index was approximately 25% higher in the Parnian than the Goldasht cultivar. However, there was no significant difference in dry matter production between the cultivars. The highest leaf area index and dry matter were observed under 135 and 180 kilograms of nitrogen per hectare, respectively, and higher nitrogen did not result in significant increases. The highest number of capitula and seeds per capitula were obtained with 180 and 135 kg/ha, respectively, and further nitrogen did not significantly increase these traits. The increasing nitrogen enhanced seed and oil yield in safflower, with the highest significant yields obtained at the 180 kilograms per hectare of nitrogen. The number of capitula and seeds per capitula had a higher correlation with seed yield. Based on the results of this study, an increase in safflower yield can be expected with an increase in nitrogen fertilizer up to 180 kilograms per hectare.
Keywords: Biological yield, Leaf area index, Oil yield, Urea fertilizer, Yield components.