نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۳۶۸-۳۵۸

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 2, Summer. 2015, p. 358-368

اثر تراکم کاشت، مقدار و تقسیط کود نیتروژن برخصوصیات کیفی و کارایی استفاده از نیتروژن گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در رقابت با علف‌های‌هرز

موسی فولادوند[۱]- علیرضا یدوی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۳۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تراکم کاشت، مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن بر خصوصیات کیفی و کارایی مصرف نیتروژن گلرنگ (رقم صفه) در رقابت با علف‌های هرز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. فاکتور اول شامل تراکم کاشت در ۲ سطح (۲۰ و ۴۰ بوته در متر مربع) بود. فاکتور دوم نیز شامل کاربرد کود نیتروژن در ۹ سطح بدون کود (شاهد) و مقدار ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن مصرفی در هکتار، هرکدام به‌صورت ۴ سطح تقسیط کود شامل؛ (S1) ۵۰ درصد مصرف کود نیتروژن قبل از کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ساقه رفتن گلرنگ، (S2) ۲۵ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت و ۷۵ درصد در مرحله ساقه رفتن گلرنگ، (S3) ۲۵ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت، ۵۰ درصد در مرحله ساقه رفتن و ۲۵ درصد در مرحله گلدهی گلرنگ و (S4) ۲۵ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت، ۲۵ درصد در مرحله ساقه رفتن و ۵۰ درصد در مرحله گلدهی گلرنگ بود. نتایج نشان داد که افزایش تراکم گلرنگ باعث افزایش ۲۰ درصدی عملکرد روغن و پروتئین دانه و افزایش ۱۰ درصدی کارایی مصرف نیتروژن شد. بیشترین عملکرد روغن (۵۰/۲۵ گرم در مترمربع) از کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با تقسیط سه مرحله‌ای (S4) به‌دست آمد. در نهایت نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژن، کارایی استفاده از نیتروژن کاهش می‌یابد. ولی کاربرد نیتروژن به‌صورت تقسیط سه مرحله‌ای افزایش کارایی مصرف نیتروژن را به‌همراه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، تقسیط نیتروژن، روغن، عملکرد، گلرنگ، نیتروژن

مقدمه

یکی از مهمترین روش‌های افزایش تولیدات کشاورزی در برنامه‌های مدیریت گیاه زراعی، افزایش کارایی مصرف کود است. برای رسیدن به این عقیده باید مقادیر مطلوب کاربرد کود، محتوای کود، نیازهای غذایی گیاه در طی فصل رشد و مقدار مواد غذایی موجود در خاک معین شود. در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نیز مانند سایر گیاهان زراعی، نیتروژن یکی از عوامل عمده محدودکننده تولید و عملکرد محصول می‌باشد. این عنصر نقش زیادی برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه و بهبود کیفیت محصول گلرنگ دارد (۲۴). در گیاه گلرنگ استفاده از کودهای نیتروژن‌دار می‌تواند ازطریق تأثیر بر تعداد انشعابات و در نتیجه تعداد طبق در بوته موجب افزایش عملکرد دانه شود (۱۳). جسگل (۱۴) در یک آزمایش مزرعه‌ای با سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۳۰، ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) دریافت که کاربرد سطوح مختلف نیتروژن سبب افزایش عملکرد دانه گلرنگ شده است و بیشترین عملکرد دانه را میزان ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار ایجاد کرده است. قاسمی و همکاران (۱۵) گزارش کردند که مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای عملکرد مطلوب دانه و روغن گلرنگ مناسب بود. استراسیل و ورلیسک (۲۵) گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه از کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در گلرنگ پاییزه به‌دست آمد و با افزایش نیتروژن به بیش از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، رشد اندام‌های رویشی افزایش یافته و تعداد طبق در بوته کاهش یافت.

نیتروژن از مهمترین عناصر ضروری برای رشد گیاهان بوده که به مقدار زیاد مورد نیاز می‌باشد، چرا که اساس تشکیل پروتئین و اسید نوکلئیک است (۱۱). این عنصر در اکثر فرآیندهای گیاهی و در حدود ۹۰ درصد حالات به شکل پروتئین وجود دارد. کودهای نیتروژنه احتمالاً مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
(*- نویسنده مسئول: Email: Yadavi@yu.ac.ir)

نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌گردند (۲۷). گزارشات متعدد حاکی از آن است که مصرف نیتروژن موجب افزایش درصد پروتئین دانه و کاهش درصد روغن دانه می‌شود. وجود رابطه منفی بین محتوای روغن و پروتئین دانه به‌خوبی شناخته شده‌است. مصرف زیاد نیتروژن مقدار روغن دانه سویا (*Glycine max* L.) را کاهش داده و بر مقدار پروتئین آن می‌افزاید (۱۹). البته گوبلز وددیو (۱۷) بیان کردند که با مصرف نیتروژن، مقدار روغن دانه گلرنگ و رشد گیاهی افزایش یافت. شارما (۲۴) گزارش کرد که مصرف نیتروژن تأثیر منفی و معنی‌داری بر درصد روغن کنجد (*Sesamum indicum* L.) داشت. اما از طریق افزایش عملکرد دانه، بر عملکرد روغن تأثیر مثبت گذاشت. کارایی مصرف نیتروژن به‌صورت نسبت عملکرد دانه به مقدار نیتروژن مصرفی بیان شده و عامل بسیار مهمی در مدیریت مصرف نیتروژن برای تولید گیاهان زراعی محسوب می‌گردد. این کارایی نشان‌دهنده راندمان مصرف این عنصر و تأثیر آن در افزایش ماده خشک گیاهی است. جیانگ و هول (۲۰) بر کاهش کارایی مصرف نیتروژن با افزایش کاربرد کود نیتروژن اشاره کرده و خاطر نشان کردند که کاربرد زیاد کود نیتروژن از طریق افزایش جذب نیترات و اشباع فرآیندهای متابولیسم نیتروژن، که منجر به کاهش نسبت کربن به نیتروژن (C/N) می‌شود، روی کارایی مصرف نیتروژن اثر منفی می‌گذارد. در رابطه با زمان تقسیط کود نیز زمنچیک و آلبرچت (۲۸) بر افزایش کارایی مصرف نیتروژن در هنگام تقسیط کود اشاره کرده و تأکید کردند عواملی که موجب تسهیل در جذب نیتروژن شود کارایی مصرف آن را نیز افزایش می‌دهد.

از دیگر عوامل رشدی که عملکرد محصول گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد تراکم بوته در مزرعه می‌باشد. تراکم مطلوب برای حصول حداکثر عملکرد اقتصادی بسته به نوع گیاه زراعی، رقم و شرایط تولید تفاوت دارد. همچنین فشار تداخل علف‌های هرز بسته به تراکم و توان رقابتی گونه علف‌هرز و در مراحل مختلف نمو گیاه زراعی متفاوت است. افزایش بیش از حد تراکم بوته، رقابت برای جذب مواد غذایی، ازجمله نیتروژن را افزایش می‌دهد. این افزایش رقابت، منجر به کاهش نیتروژن موجود در زیست‌توده می‌شود و به دنبال آن میزان نیتروژن دانه و درصد پروتئین دانه نیز کاهش می‌یابد. گری‌بیل و همکاران (۱۶) دلایل کاهش میزان پروتئین دانه در اثر بالا رفتن تراکم را افزایش سایه‌اندازی بوته‌های مجاور و در نتیجه کاهش میزان نور نفوذ یافته به درون سایه‌انداز و اختلال در احیای نیتروژن و چرخه اسیدهای آمینه به علت کاهش در میزان آنزیم نیترات ردوکتاز ذکر نموده‌اند. ناصری و همکاران (۸) در آزمایشی روی گلرنگ نشان دادند که میزان تغییرات روغن تحت تأثیر تراکم کاشت معنی‌دار نبود. احدی و همکاران (۹) گزارش کردند که افزایش تراکم کاشت باعث کاهش محتوای روغن دانه گلرنگ گردید. آنان دلیل این امر را به وجود رابطه عکس بین درصد پروتئین و درصد روغن دانه در تراکم‌های بالا نسبت دادند. همچنین افزایش تراکم گیاهی می‌تواند یک روش مؤثر برای افزایش سهم گیاه زراعی از کل موجودی منابع حیاتی باشد و لذا تغییر تراکم گیاه زراعی ازجمله عواملی است که نقش مهمی در کنترل علف‌های هرز دارد.

علف‌های هرز از دیرباز به‌عنوان رقیب اصلی گیاهان زراعی مطرح بوده‌اند. این گیاهان علاوه بر رقابت برای آب، نور و مواد غذایی، به‌وسیله‌ی خصوصیت آللوپاتیک سبب کاهش عملکرد محصول زراعی می‌شوند. مدیریت کود عملیاتی است که به‌طور برجسته در تداخل علف‌های هرز با گیاه زراعی اثر دارد (۱۲). مقدار نیتروژن خاک می‌تواند بر رقابت گیاه زراعی– علف‌هرز تأثیر داشته باشد. بسیاری از مطالعات نشان داده است که علف‌های هرز نسبت به محصول ممکن است بیشتر از کود، سود ببرند و این شاید به علت افزایش توانایی علف‌های هرز در جذب این عناصر باشد. علف‌های هرز نه‌تنها مقدار نیتروژن قابل دسترس در محصول را کاهش می‌دهند، بلکه رشد بسیاری از گونه‌های علف‌های هرز با سطح بالاتر نیتروژن افزایش می‌یابد (۱۰).

لذا به‌علت یکسان نبودن سرعت رشد در مراحل مختلف رویش، نیاز غذایی گلرنگ در مراحل مختلف رشد یکسان نمی‌باشد، بنابراین علاوه بر مقدار، تعیین بهترین زمان‌های مصرف نیتروژن برای این گیاه ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به افزایش روز افزون مصرف روغن‌های گیاهی و گسترش روز افزون زراعت گلرنگ، تعیین خصوصیات کیفی در پاسخ به افزایش تراکم کاشت و مدیریت کودی همراه با بررسی اثرات رقابتی علف‌های هرز بر این اجزاء، مقایسه آن‌ها با همدیگر در جهت شناسایی محدودیت‌ها و مزیت‌ها و مصرف بهینه کود نیتروژن لزوم اجرای این طرح را ضروری می‌سازد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقات کشاورزی دانشگاه یاسوج واقع در ۴ کیلومتری شهرستان یاسوج مرکز بخش بویراحمد از استان کهگیلویه و بویراحمد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. از نظر آب و هوایی این منطقه جزو مناطق معتدل سرد می‌باشد و میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت در طی فصل آزمایش به‌ترتیب ۸ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. بافت خاک محل آزمایش، سیلت رسی و میانگین اسیدیته آن ۷/۳ بود. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل تراکم کاشت گلرنگ در دو سطح (۲۰ و ۴۰ بوته در متر مربع) بود. فاکتور دوم نیز شامل تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن) در نه سطح بدون کود (N0)، مقدار نیتروژن مصرفی در دو سطح ۷۵ (N1) و ۱۵۰ (N2) کیلوگرم در هکتار، که هرکدام از سطوح N1 و

N2 به چهار سطح تقسیط شامل؛ تقسیط اول به‌صورت ۵۰ درصد مصرف کود نیتروژن قبل از کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ساقه رفتن گلرنگ (S1)، تقسیط دوم به‌صورت ۲۵ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت و ۷۵ درصد در مرحله ساقه رفتن گلرنگ (S2)، تقسیط سوم به‌صورت ۲۵ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت، ۵۰ درصد در مرحله ساقه رفتن و ۲۵ درصد در مرحله گلدهی گلرنگ (S3) و تقسیط چهارم به‌صورت ۲۵ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت، ۲۵ درصد در مرحله ساقه رفتن و ۵۰ درصد در مرحله گلدهی گلرنگ (S4) بود.

پس از شخم و تهیه مقدماتی زمین، براساس آزمون خاک کودهای سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور یکنواخت در زمین پخش شد. پس از آن، مبادرت به اجرای نقشه آزمایش گردید. ابعاد کرت‌های آزمایش ۳ × ۶ مترمربع، فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌ها، دو متر لحاظ گردید. کاشت بذر رقم صفه با دست و به‌صورت ردیفی با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌های ۵ و ۱۰ سانتی‌متر (به ترتیب برای تراکم‌های ۴۰ و ۲۰ بوته در متر مربع) و عمق ۴-۳ سانتی‌متر و به روش خشکه‌کاری صورت پذیرفت. در هر کپه سه عدد بذر روی ردیف قرار گرفت که بعد از سبز شدن از طریق تنک کردن در هر کپه یک بوته حفظ شد. پس از کاشت، اولین آبیاری در تاریخ ۱۵ خرداد ماه انجام شد. آبیاری‌های بعدی و سایر عملیات داشت، مطابق روش‌های مرسوم منطقه انجام گرفت. لازم به یادآوری می‌باشد که هیچگونه عملیات کنترل علف‌های هرز انجام نشد و در تمامی کرت‌های آزمایش اجازه حضور علف‌های هرز تا پایان فصل رشد داده شد. عمده علف‌های هرز که بیشترین تراکم و بیومس را به‌خود اختصاص داده بودند در جدول ۱ ارائه گردیده است. نمونه‌گیری از علف‌های هرز در مرحله رسیدگی گلرنگ به‌صورت تصادفی با کوادرات ۰/۲۵ متر مربعی انجام شد و پس از خشک و آسیاب کردن اندام هوایی، نیتروژن آنها به‌وسیله دستگاه کجلدال تعیین گردید. عملیات برداشت نهایی زمانی صورت گرفت که کلیه برگ‌ها و طبق‌های روی ساقه خشک و قهوه‌ای و دانه‌های وسط طبق نیز خشک و سخت شده بودند. جهت تعیین عملکرد دانه پس از حذف اثرات حاشیه هر کرت، سطحی معادل سه متر مربع برداشت گردید. اندازه‌گیری روغن دانه گلرنگ با دستگاه سوکسله و اندازه‌گیری پروتئین دانه از طریق اندازه‌گیری درصد نیتروژن دانه با دستگاه کجلدال و ضرب کردن آن در ضریب ۶/۲۵ انجام شد. برای اندازه‌گیری شاخص کارایی مصرف نیتروژن از شاخص استفاده از نیتروژن (NUE_t)[1] استفاده شد که از رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$NUEt = \frac{Wg}{Np} \quad (۱)$$

NUEt= کارایی استفاده از نیتروژن (گرم دانه بر گرم نیتروژن جذب شده در گیاه)

Wg= وزن دانه بر حسب گرم در متر مربع

Np = نیتروژن جذب شده گیاه بر حسب گرم در متر مربع

در این معادله میزان نیتروژن جذب شده گیاه از مجموع نیتروژن دانه (درصد نیتروژن دانه × عملکرد دانه) و نیتروژن کاه و کلش (درصد نیتروژن کاه و کلش × وزن کاه و کلش) به‌دست آمد.

وزن کاه و کلش از تفاوت عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه محاسبه شد. درصد نیتروژن کاه و کلش نیز با دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد.

همچنین شاخص برداشت نیتروژن (NHI)[2] نیز با استفاده از رابطه (۲) به‌دست آمد.

$$NHI = \left(\frac{Ng}{Np}\right) \times 100 \quad (۲)$$

Ng= مجموع نیتروژن دانه بر حسب گرم در متر مربع

آنالیز داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD و در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل تیمارها به روش آزمون Lsmeans در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- اسامی فارسی و نام علمی علف‌های هرز غالب در کرت‌های گلرنگ

نام فارسی	نام علمی
تاج خروس ریشه قرمز	*Amaranthus retroflexus*
سلمه تره	*Chenopodium album*
سوروف	*Echinochloa crus-galli*
قیاق	*Sorghum halepnse*
پیچک صحرایی	*Convolvulus arvensis*

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار تراکم و تیمار کودی در سطح احتمال یک درصد و عدم تأثیر معنی‌دار برهمکنش تراکم و تیمار کودی بر عملکرد دانه بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تراکم کاشت بر عملکرد دانه (جدول ۵) نشان داد که افزایش تراکم کاشت از ۲۰ به ۴۰ بوته در متر مربع، عملکرد دانه گلرنگ را ۲۲ درصد افزایش داد. علت این امر را می‌توان به افزایش تعداد بوته در واحد سطح و درنتیجه تعداد طبق بارور بیشتر مرتبط دانست. افزایش تراکم تا حدی که رقابت بین بوته‌ای ایجاد نکند، با افزایش عملکرد دانه همراه خواهد بود. این افزایش عملکرد در اثر افزایش تراکم بوته، به ازدیاد

1- Nitrogen Utilization Efficiency

2- Nitrogen Harvest Index

جذب تابش خورشیدی توسط جامعه گیاهی نسبت داده شده است (۱۸). نتایج تحقیقات احدی و همکاران (۹) نشان داد که با افزایش تراکم بوته گلرنگ از ۲۰ به ۴۰ بوته در متر مربع، عملکرد دانه به میزان ۳۰ درصد افزایش یافت. آنان علت این افزایش عملکرد را به افزایش تعداد بوته و تعداد طبق در واحد سطح نسبت دادند. همچنین، مقایسه میانگین اثر تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط نیتروژن) بر عملکرد دانه (جدول ۵) نشان داد که کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد (بدون مصرف کود) بود و با افزایش مقدار مصرف نیتروژن عملکرد دانه گلرنگ افزایش یافت. در بین تیمارهای کاربرد کود نیتروژن، در سطح مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه، به‌ترتیب از تیمارهای کودی N1S4 و N1S1 (به‌ترتیب، به‌صورت تقسیط ۵۰–۲۵–۲۵ و ۵۰–۵۰) به‌دست آمد. البته در این سطح از نیتروژن مصرفی بین سطوح تقسیط سوم و چهارم از لحاظ میزان عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش دو برابری در مقدار مصرف نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه افزایش یافت و بیشترین و کمترین عملکرد دانه در این سطح از نیتروژن مصرفی نیز به‌ترتیب مربوط به سطوح کودی N2S4 و N2S1 (به‌ترتیب، به‌صورت تقسیط ۵۰–۲۵–۲۵ و ۵۰–۵۰) بود. در گیاه گلرنگ استفاده از کودهای نیتروژن‌دار می‌تواند از طریق تأثیر بر تعداد انشعابات و در نتیجه تعداد طبق در بوته افزایش عملکرد دانه را در پی داشته باشد (۲۶). درداس و سیولاس (۱۳) گزارش کردند که کاربرد نیتروژن در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) باعث افزایش عملکرد دانه گلرنگ گردید و این افزایش عملکرد را به علت اثر نیتروژن بر فتوسنتز، مقدار فتوآسمیلات‌هایی که به‌وسیله گیاه تولید می‌شود، تسهیم ماده خشک و رشد و نمو اندام‌ها دانستند. در این ارتباط استراسیل و ورلیکک (۲۵) گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه گلرنگ از کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد و با افزایش مصرف نیتروژن به بیش از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، رشد اندام‌های رویشی افزایش یافته و تعداد طبق در بوته و عملکرد دانه کاهش یافت. طبق گزارش قاسمی و همکاران (۱۵) با افزایش کاربرد نیتروژن، عملکرد دانه گلرنگ نیز افزایش یافت و حداکثر عملکرد دانه از کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. نتایج تحقیقات نسیم و همکاران (۲۲) نشان داد که عملکرد دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) نسبت به مقادیر مختلف کاربرد کود نیتروژن متفاوت بود. آنان بیان کردند که حداکثر عملکرد دانه (۳/۰۸ تن در هکتار) از کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد و افزایش بیش از حد مصرف نیتروژن باعث افت عملکرد دانه گردید. آنان علت این افزایش عملکرد را به بالا بردن کارایی مصرف نیتروژن، جلوگیری از آبشویی نیتروژن از طریق تقسیط کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد نسبت دادند.

جدول۲- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گلرنگ و علف‌های‌هرز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		عملکرد دانه	درصد روغن دانه	عملکرد روغن دانه	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین	کل جذب نیتروژن گلرنگ	کارایی استفاده از نیتروژن	شاخص برداشت نیتروژن	کل جذب نیتروژن علف‌های‌هرز
تکرار	۲	۱۷۸/۵۳ ns	۰/۰۰۱۳ ns	۶/۷۶ ns	۰/۰۸ ns	۵/۲۷ ns	۰/۲۱ ns	۱/۲۵ ns	۷/۱۳ ns	۲/۷۰ ns
تراکم	۱	۲۲۲۴۰/۶۸ **	۷/۶۸ **	۷۱۰/۶۰ **	۱/۶۳ **	۲۶۰/۴۳ **	۲۸/۵۳ **	۴۴/۰۵ *	۹۳/۱۴ *	۱۴/۱۴ **
تیمار کودی	۸	۱۶۶۷/۳۴ **	۴۲/۰۲ **	۱۲۲/۰۱ **	۵/۴۲ **	۷۴/۲۲ **	۷۵/۵۱ **	۱۹۱/۲۶ **	۴۶۵/۲۷ **	۸۴/۸۵ **
تراکم × تیمار کودی	۸	۲۳۳/۵۰ ns	۲/۴۴ **	۲۰/۷۵ ns	۰/۱۳ ns	۵/۵۵ ns	۲/۲۱ ns	۴/۵۷ ns	۲۰/۳۰ ns	۶/۹۸ **
خطا	۳۴	۱۷۵/۹۴	۰/۴۹۱	۱۰/۲۵	۰/۱۱	۳/۵۹	۱/۱۱	۳/۲۵	۱۲/۶۱	۱/۸۳
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۷۱	۳/۱۹	۶/۷	۲/۷۲	۷/۷۵	۹/۲۸	۹/۵۱	۹/۶۳	۱۵/۰۶

*، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار است.

تیمار کودی N2S4 به‌دلیل سطح تقسیط مطلوب کود نیتروژن و بهبود دسترسی گلرنگ به عنصر نیتروژن در مراحل حساس رشدی باعث افزایش رشد و سایه‌انداز این گیاه بر علف‌های‌هرز گردید و برتری رقابتی نسبت به علف‌های‌هرز را نشان داد، به‌طوری‌که این سطح از تیمار کودی کمترین وزن خشک کل علف‌های‌هرز را داشت (نتایج نشان داده نشده است). مجموعه این عوامل باعث گردید که این سطح از تیمار کودی نسبت به سایر سطوح اعمالی، در بین اجزای عملکرد دانه گلرنگ بیشترین تعداد طبق بارور را داشته و از تعداد دانه و وزن هزار دانه مطلوبی برخوردار گردد (نتایج نشان داده نشده است) و در نهایت بیشترین میزان عملکرد دانه را به همراه داشته باشد. توالی نمو اجزای عملکرد و زمان‌بندی آن‌ها در ارتباط با عوامل درونی گیاه و اثر متقابل آن‌ها با محیط، در درک چگونگی تغییر عملکرد گیاه عنصری کلیدی به شمار می‌آید. در رابطه با میزان و زمان تقسیط کود نیتروژن، نتایج تحقیقات صداقت و همکاران (۵) بر روی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه (۳۰۸۹ کیلوگرم در هکتار) از بیشترین مقدار کاربرد نیتروژن (مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت تقسیط سه مرحله‌ای (یک‌سوم کود پیش از کاشت، یک‌سوم در مرحله چهار برگی و یک‌سوم در مرحله رویت طبق) به‌دست آمد. آن‌ها بیان کردند که سطح تقسیط مناسب و مطلوب در زمان تقاضای گیاه می‌تواند با تأثیرگذاری بر اجزای عملکرد آفتابگردان از قبیل تعداد دانه، وزن هزار دانه و قطر طبق، افزایش عملکرد دانه را به همراه داشته باشد.

درصد روغن دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر تراکم بوته، تیمار کودی و برهمکنش آنها در سطح احتمال یک درصد، بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج حاصل از برش‌دهی اثر تیمارهای کودی در هر سطح از تراکم گلرنگ (جدول ۳) نشان داد که اثر سطوح مختلف تیمار کودی در هر دو سطح از تراکم ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین برهمکنش تراکم و تیمار کودی بر درصد روغن دانه (جدول ۴) نشان داد که با دو برابر شدن تراکم (از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع) درصد روغن دانه کاهش یافت که با تحقیقات زینالی و همکاران (۴) مطابقت دارد در این رابطه احدی و همکاران (۹) نیز گزارش کردند که افزایش تراکم کاشت باعث کاهش محتوای روغن دانه گلرنگ گردید. با توجه به اینکه به هر حال پیش ماده لازم جهت تولید روغن از ترکیبات حاصل از فتوسنتز گیاه می‌باشد می‌توان اظهار داشت، هر عاملی که میزان فتوسنتز گیاه را کاهش دهد بر محتوای روغن تولیدی گیاه نیز اثر کاهنده دارد. لذا با افزایش تراکم کاشت و وجود سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر و کاهش فتوسنتز گیاهان، کاهش محتوای روغن نیز نمی‌تواند دور از انتظار باشد. بیشترین میزان درصد روغن دانه در هر دو سطح از تراکم (۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع) مربوط به تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) بود. با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی در هر دو سطح از تراکم ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع، درصد روغن دانه کاهش یافت. بدین صورت که در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع، بین تیمارهای تقسیط نیتروژن در سطح N1 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با افزایش مقدار مصرف نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در همین سطح از تراکم، بیشترین درصد روغن دانه (۲۰/۷۴ درصد) از تیمار کودی N2S1 (به‌صورت تقسیط ۵۰–۵۰) حاصل گردید که این سطح از تیمار کودی نیز از لحاظ بیشترین میزان درصد روغن دانه با تیمارهای کودی N2S3 و N2S4 که به‌ترتیب دارای سطوح تقسیط سوم (۲۵–۵۰–۲۵) و چهارم (۵۰–۲۵–۲۵) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان درصد روغن دانه (۱۹/۴۰ درصد) نیز مربوط به تیمار کودی N2S2 (به‌صورت تقسیط ۷۵–۲۵) به‌دست آمد. در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع نیز در تیمار N1 بیشترین میزان درصد روغن دانه (۲۴/۵۳ درصد) مربوط به سطح اول از تقسیط نیتروژن (۵۰–۵۰) بود که اختلاف معنی‌داری با سطوح تقسیط دوم (۷۵–۲۵) و چهارم (۵۰–۲۵–۲۵) نداشت. کمترین میزان درصد روغن (۲۳/۴۵ درصد) نیز مربوط به سطح تقسیط سوم (۲۵–۵۰–۲۵) از تیمار کودی N1S3 بود. با افزایش مقدار مصرف نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در همین سطح از تراکم (۴۰ بوته در مترمربع) درصد روغن کاهش یافت. ولی تفاوت معنی‌داری بین سطوح تقسیط کود مشاهده نشد. بنابراین با افزایش تراکم کاشت و مصرف نیتروژن، درصد روغن دانه کاهش یافت و اولین و سومین سطح تقسیط کود نیتروژن به‌ترتیب در تراکم‌های ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع، بیشترین درصد روغن دانه را در سطح مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ایجاد کردند. دانش‌شهرکی و همکاران (۲) گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن، به‌دلیل افزایش پیش‌زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار، سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی جهت تشکیل ترکیبات پروتئینی صرف شده و بنابراین مواد در دسترس برای سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابد، که در نتیجه کاهش درصد روغن دانه کلزا (*Brassica napus* L.) را به همراه دارد. نتایج تحقیقات جیمز (۱۹) بر روی سویا (*Glycine max* L.) نیز نشان داد که مصرف زیاد نیتروژن باعث کاهش درصد روغن دانه سویا گردید.

عملکرد روغن دانه

اثر تراکم و تیمار کودی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد روغن دانه معنی‌دار گردید. ولی اثر برهمکنش آنها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۳- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر سطوح مختلف تیمارهای کودی در دو سطح از تراکم گلرنگ برای درصد روغن دانه و کل جذب نیتروژن علف‌های‌هرز

سطوح تراکم ($Plant\ m^{-2}$)	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		درصد روغن دانه	کل جذب نیتروژن علف‌های هرز
۲۰	۸	۱۴/۸۲ **	۰/۷۷ **
۴۰	۸	۲۹/۶۳ **	۱/۱۳ **

**: معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهند.

مقایسه میانگین اثر تراکم کاشت بر صفت عملکرد روغن دانه (جدول ۵) نشان داد که با افزایش تراکم کاشت از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع عملکرد روغن دانه به میزان ۱۸ درصد افزایش یافت. صفت عملکرد روغن حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن است. بنابراین بالا بودن عملکرد دانه در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع نسبت به تراکم ۲۰ بوته در مترمربع منجر به افزایش عملکرد روغن با افزایش تراکم کاشت گردیده است. اوزل و همکاران (۲۳) نیز در کلزا گزارش کردند که با افزایش تراکم کاشت، عملکرد روغن افزایش معنی‌داری نشان داد. علاوه بر این قلندری و همکاران (۶) دریافتند که با افزایش تراکم گیاهی در آفتابگردان عملکرد روغن افزایش یافت. ایشان علت افزایش عملکرد روغن در تراکم‌های بالاتر گیاهی را بالا بودن درصد روغن و همچنین عملکرد دانه عنوان کردند.

همچنین مقایسه میانگین اثر تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن) بر صفت عملکرد روغن (جدول ۵) نشان داد که با کاربرد نیتروژن تا سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد روغن نسبت به تیمار شاهد (بدون کود) افزایش یافت. اما با دو برابر کردن سطح نیتروژن مصرفی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد روغن کاهش نشان داد. در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین (۵۰/۲۵ گرم در متر مربع) و کمترین (۴۵/۲۹ گرم در متر مربع) میزان عملکرد روغن به‌ترتیب در تیمارهای کودی N1S4 و N1S2 (به‌ترتیب، به‌صورت تقسیط ۵۰-۲۵-۲۵ و ۵۰-۵۰) به‌دست آمد. البته در این سطح از نیتروژن مصرفی بین سطوح تقسیط اول، دوم و سوم از لحاظ عملکرد روغن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش دو برابری در مقدار مصرف نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد روغن کاهش یافت و بیشترین و کمترین عملکرد روغن در این سطح از نیتروژن مصرفی نیز به‌ترتیب، مربوط به تیمارهای کودی N2S4 (۴۴/۲۶ گرم در متر مربع) (به‌صورت تقسیط ۵۰-۲۵-۲۵) و N2S1 (۳۶ گرم در متر مربع) (به‌صورت تقسیط ۲۵-۵۰-۲۵) بود.

به‌طور کلی، می‌توان اینگونه عنوان کرد که تیمار تقسیط چهارم (۵۰-۲۵-۲۵) در هر دو سطح کاربرد کود (۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، بیشترین مقدار عملکرد روغن دانه گلرنگ را به همراه داشت. بالا بودن عملکرد روغن در سطح چهارم از تقسیط نیتروژن، ناشی از افزایش درصد روغن و عملکرد دانه می‌باشد. شارما (۲۴) گزارش کرد که مصرف نیتروژن تأثیر منفی و معنی‌داری بر عملکرد روغن کنجد (*Sesamum indicum* L.) داشت. که از طریق تأثیر بر روی عملکرد دانه بود. همچنین نتایج آزمایشات مونیر و همکاران (۲۱) روی آفتابگردان، کاهش درصد روغن دانه به همراه افزایش عملکرد روغن را در اثر کاربرد نیتروژن نشان داد. ربیعی و همکاران (۳) نیز در ارتباط با اثر مقدار و زمان تقسیط نیتروژن بر صفات کیفی کلزا گزارش کردند که افزایش مقدار مصرف نیتروژن از ۶۰ به ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار منجر به کاهش درصد روغن، افزایش میزان پروتئین و عملکرد روغن دانه گردید، همچنین مصرف کود به‌صورت تقسیط سه مرحله‌ای (یک‌سوم زمان کاشت، یک‌سوم زمان ساقه‌رفتن، یک‌سوم قبل از گلدهی) بیشترین عملکرد روغن کلزا را به همراه داشت.

درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثرات تراکم کاشت و تیمار کودی در سطح احتمال یک درصد بر صفت درصد پروتئین دانه بود. در حالی‌که برهمکنش اثرات فوق بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تراکم بر درصد پروتئین دانه (جدول ۵) نشان داد که با افزایش تراکم کاشت از ۲۰ به ۴۰ بوته در متر مربع درصد پروتئین دانه کاهش یافت. گری‌بیل و همکاران (۱۶) دلایل کاهش میزان پروتئین دانه در اثر بالا رفتن تراکم را افزایش سایه‌اندازی بوته‌های مجاور و در نتیجه کاهش میزان نور نفوذ یافته به درون سایه‌انداز و اختلال در احیای نیتروژن و چرخه اسیدهای آمینه به علت کاهش در میزان آنزیم نیترات ردوکتاز ذکر نموده‌اند. در این رابطه ناصری و همکاران (۸) نیز گزارش کردند که با افزایش تراکم میزان پروتئین گلرنگ کاهش یافت.

مقایسه میانگین اثر تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن) بر درصد پروتئین دانه گلرنگ (جدول ۵) نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، درصد پروتئین دانه نیز افزایش یافت. به‌طوری‌که در تیمارهای مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن درصد پروتئین دانه بیشتر شد. همچنین مشاهده گردید که در سطح

مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار، بیشترین (۱۱/۷۹ درصد) و کمترین (۱۱/۳۵ درصد) درصد پروتئین دانه به‌ترتیب از اعمال تیمارهای کودی با سطوح تقسیط سوم (۲۵–۵۰–۲۵) و دوم (۷۵–۲۵) به‌دست آمد. در سطح کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز بیشترین (۱۳/۶۰ درصد) و کمترین (۱۳/۱۹ درصد) درصد پروتئین دانه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای کودی با سطوح تقسیط چهارم (۵۰–۲۵–۲۵) و سوم (۲۵–۵۰–۲۵) بود. البته در این سطح از نیتروژن مصرفی تفاوت معنی‌داری بین سطوح تقسیط دو مرحله‌ای اول (۵۰–۵۰) و دوم (۷۵–۲۵) مشاهده نشد. افزایش درصد پروتئین دانه با فراهمی میزان بیشتر نیتروژن (در طول دوره پرشدن دانه) مرتبط است (۳). کود نیتروژن احتمالاً مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌گردد (۲۷). دانش‌شهرکی و همکاران (۲) گزارش کردند که افزایش مصرف نیتروژن درصد پروتئین دانه کلزا را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، از آنجا که نیتروژن یکی از اجزای اصلی اسیدهای آمینه محسوب می‌شود، افزایش مصرف و جذب آن منجر به افزایش سنتز پروتئین‌ها خواهد شد.

عملکرد پروتئین دانه

نتایج این بررسی نشان داد که اثر تراکم و تیمار کودی در سطح احتمال یک درصد بر صفت عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار گردید. ولی برهمکنش اثرات فوق بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تراکم کاشت بر صفت عملکرد پروتئین دانه (جدول ۵) نشان داد که با افزایش تراکم کاشت از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع عملکرد پروتئین دانه حدود ۱۹ درصد افزایش یافت. عملکرد پروتئین دانه از حاصلضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه به‌دست می‌آید. در رابطه با درصد پروتئین دانه گفته شد که با افزایش تراکم کاشت درصد پروتئین دانه کاهش یافت. ولی در رابطه با عملکرد پروتئین دانه، با افزایش تراکم کاشت عملکرد پروتئین دانه افزایش یافت که علت این افزایش مربوط به عملکرد بیشتر دانه در تراکم بالاتر است. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن) بر عملکرد پروتئین دانه (جدول ۵) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن عملکرد پروتئین افزایش یافت. بدین‌صورت که کمترین میزان عملکرد پروتئین (۱۹/۸۰ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) بود.

جدول ٤- مقایسه میانگین برهمکنش تراکم و تیمار کودی برای صفات درصد روغن دانه گلرنگ و کل جذب نیتروژن علف‌های هرز

عامل‌های آزمایش				
تراکم	تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن)	روغن دانه (٪)	کل جذب نیتروژن علف‌های‌هرز ($g\ m^{-2}$)
۲۰	N0	۲۵/۷۸ a	۲/۹۲ e
	N1S1	۲۳/۵۰ b	۱۰/۴۶ c
	N1S2	۲۳/۸۵ b	۱۰/۰۲ c
	N1S3	۲۳/۲۹ b	۵/۶۵ d
	N1S4	۲۴/۰۶ b	۷/۲۹ d
	N2S1	۲۰/۷۴ c	۱۳/۲۶ ab
	N2S2	۱۹/۴۰ d	۱۳/۷۳ a
	N2S3	۱۹/۹۷ cd	۱۰/۷۴ c
	N2S4	۲۰/۵۱ cd	۱۱/۴۷ bc
۴۰	N0	۲۴/۸۳ a	۲/۶۴ e
	N1S1	۲۴/۵۳ ab	۷/۷۸ c
	N1S2	۲۴/۰۴ ab	۸/۲۲ c
	N1S3	۲۳/۴۵ b	۵/۴۲ d
	N1S4	۲۴/۱۹ ab	۴/۶۲ de
	N2S1	۱۷/۹۲ c	۱۶/۳۶ a
	N2S2	۱۸/۲۶ c	۱۱/۷۰ b
	N2S3	۱۹/۰۰ c	۱۱/۸۶ b
	N2S4	۱۸/۰۷ c	۷/۷۵ c

در هر ستون برای هر تراکم اعداد با حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون به روش Lsmeans ندارند.

بیشترین عملکرد پروتئین دانه (۳۱/۴۰ گرم در متر مربع) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با تقسیط ۵۰-۲۵-۲۵ درصد، به‌دست آمد. که نسبت به کمترین میزان عملکرد پروتئین دانه (تیمار کودی شاهد) حدود ۵۸ درصد افزایش داشت. به‌نظر می‌رسد که علت این افزایش عملکرد پروتئین با افزایش مصرف نیتروژن به‌دلیل عملکرد دانه بیشتر در این سطح از تیمار کودی باشد.

کل جذب نیتروژن گلرنگ

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر تراکم کاشت و تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن) بر صفت کل جذب نیتروژن گلرنگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید، ولی برهمکنش اثرات فوق بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تراکم کاشت گلرنگ بر صفت کل جذب نیتروژن نشان داد که افزایش تراکم کاشت از ۲۰ به ۴۰ بوته در مربع منجر به افزایش ۱۳ درصدی در کل جذب نیتروژن گلرنگ گردید (جدول ۵). با توجه به اینکه با افزایش تراکم گلرنگ تعداد بوته‌های گلرنگ در واحد سطح بیشتر می‌گردد، لذا میزان تسخیر منابع توسط آن نیز افزایش یافته و حجم بیشتری از نیتروژن خاک توسط گلرنگ جذب خواهد شد.

همچنین مقایسه میانگین اثر تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن) بر این صفت (جدول ۵) مورد ارزیابی، نشان داد که با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، کل جذب نیتروژن گلرنگ افزایش یافت. کمترین میزان کل جذب نیتروژن (۶/۳۸ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار شاهد (بدون مصرف کود) بود. در بین تیمارهای کاربرد نیتروژن نیز، در سطح مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین میزان کل جذب نیتروژن (۹/۹۱ و ۱۰/۳۰ گرم در متر مربع) از تیمارهای کودی N1S1 و N1S2 به ترتیب با سطوح تقسیط اول (۵۰-۵۰) و دوم (۷۵-۲۵) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. کمترین میزان کل جذب نیتروژن در این سطح از کاربرد نیتروژن نیز مربوط به سطوح تقسیط سه مرحله‌ای سوم (۲۵-۵۰-۲۵) و چهارم (۵۰-۲۵-۲۵) بود که تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. با دو برابر شدن در مقدار نیتروژن مصرفی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) کل جذب نیتروژن گلرنگ افزایش یافت و تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف تقسیط کودی در این سطح از نیتروژن کاربردی مشاهده نگردید. به‌طور کلی، اینگونه می‌توان بیان کرد که بیشترین میزان کل جذب نیتروژن گلرنگ از کاربرد بالاترین مقدار نیتروژن مصرفی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین میزان تراکم کاشت (۴۰ بوته در متر مربع) به‌دست آمد. با توجه به اینکه میزان جذب نیتروژن گلرنگ از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن گلرنگ و ماده خشک تولیدی آن در واحد سطح به‌دست می‌آید، این نتیجه افزایش نیتروژن جذب شده گلرنگ در اثر افزایش تراکم و کود مصرفی نیز دور از انتظار نمی‌باشد چرا که افزایش کود نیتروژن باعث افزایش درصد نیتروژن گلرنگ و افزایش تراکم نیز باعث افزایش ماده خشک تولیدی گلرنگ در واحد سطح می‌شود. در همین راستا اصغری چمنی و همکاران (۱) نیز با بررسی مقادیر مختلف کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن گندم (*Triticum aestivum* L.) در رقابت با علف هرز یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) گزارش کردند که با افزایش میزان کود نیتروژن محتوای نیتروژن اندام هوایی گندم و یولاف به‌صورت نمایی افزایش یافت و همچنین با افزایش تراکم یولاف مجموع نیتروژن جذب شده در این گیاه بر اساس واحد سطح افزایش یافت.

کارایی استفاده از نیتروژن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تراکم کاشت و تیمار کودی بر کارایی استفاده از نیتروژن به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار گردید. برهمکنش تراکم و تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود) بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تراکم بوته بر کارایی استفاده از نیتروژن (جدول ۵) نشان داد که افزایش تراکم کاشت از ۲۰ به ۴۰ بوته در متر مربع، منجر به افزایش ۱۰ درصدی در کارایی استفاده از نیتروژن گردید. چنین استنباط می‌شود که با افزایش تراکم کاشت به‌دلیل پوشش بهتر مزرعه، افزایش جذب نیتروژن از خاک، افزایش رشد و عملکرد دانه بیشتر و کاهش دسترسی علف‌های هرز، کارایی استفاده از نیتروژن افزایش می‌یابد. همچنین طبق جدول مقایسه میانگین اثر تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن) بر کارایی استفاده از نیتروژن گلرنگ (جدول ۵)، با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، کارایی استفاده از نیتروژن کاهش یافت. به‌طوری‌که بیشترین کارایی (۲۷/۱۹ گرم دانه بر گرم نیتروژن جذب شده) مربوط به تیمار کودی شاهد (بدون کود) بود و در هر دو سطح کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، سطح تقسیط چهارم (۵۰-۲۵-۲۵) بالاترین میزان کارایی استفاده از نیتروژن را باعث شد. بین سطوح تقسیط کودی اول (۵۰-۵۰) و دوم (۷۵-۲۵) از لحاظ میزان کارایی مصرف نیتروژن در هر دو سطح کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. بالاتر بودن کارایی استفاده از نیتروژن در سطوح تقسیط چهارم حاکی از استفاده بهتر گلرنگ از نیتروژن در راستای افزایش عملکرد بیشتر و کاهش توان جذب نیتروژن علف‌های هرز در این سطح تقسیط می‌باشد. نتایج تحقیقات معراجی‌پور (۷) بر روی گیاه زراعی گلرنگ نشان داد که در کمترین تراکم بوته و بالاترین سطح از مصرف کود نیتروژن، کمترین کارایی استفاده از نیتروژن به‌دست آمد.

جدول ۵- مقایسه میانگین تراکم کاشت و تیمار کودی برای صفات مورد ارزیابی گلرنگ

عامل‌های آزمایش		عملکرد دانه ($g\ m^{-2}$)	عملکرد روغن دانه ($g\ m^{-2}$)	پروتئین دانه (٪)	عملکرد پروتئین ($g\ m^{-2}$)	کل جذب نیتروژن گلرنگ ($g\ m^{-2}$)	کارایی استفاده از نیتروژن ($g\ g^{-1}$)	شاخص برداشت نیتروژن (٪)
تراکم	۲۰	۱۷۷/۲۷ ^{b}	۳۹/۴۹ ^{b}	۱۲/۵۲ ^{a}	۲۲/۲۶ ^{b}	۱۰/۶۲ ^{b}	۱۸/۰۶ ^{b}	۳۵/۵۵ ^{b}
	۴۰	۲۱۷/۸۶ ^{a}	۴۶/۷۵ ^{a}	۱۲/۱۷ ^{b}	۲۶/۶۵ ^{a}	۱۲/۰۷ ^{a}	۱۹/۸۷ ^{a}	۳۸/۱۷ ^{a}
تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن)	N0	۱۷۳/۵۸ ^{d}	۴۳/۸۸ ^{bc}	۱۱/۴۳ ^{cd}	۱۹/۸۰ ^{f}	۶/۳۸ ^{d}	۲۷/۱۹ ^{a}	۴۹/۶۴ ^{a}
	N1S1	۱۸۸/۷۰ ^{cd}	۴۵/۴۲ ^{b}	۱۱/۷۲ ^{cd}	۲۲/۰۷ ^{e}	۹/۹۱ ^{b}	۱۹/۱۲ ^{c}	۳۵/۸۰ ^{b}
	N1S2	۱۸۹/۶۷ ^{c}	۴۵/۳۹ ^{b}	۱۱/۳۵ ^{d}	۲۱/۵۵ ^{ef}	۱۰/۳۰ ^{b}	۱۸/۴۰ ^{c}	۳۳/۵۰ ^{b}
	N1S3	۱۹۳/۷۷ ^{bc}	۴۵/۳۹ ^{b}	۱۱/۷۹ ^{c}	۲۲/۸۸ ^{e}	۸/۰۱ ^{c}	۲۴/۲۲ ^{b}	۴۵/۷۳ ^{a}
	N1S4	۲۰۸/۱۲ ^{b}	۵۰/۲۵ ^{a}	۱۱/۵۲ ^{cd}	۲۳/۹۴ ^{de}	۷/۹۹ ^{c}	۲۶/۱۶ ^{ab}	۴۸/۲۴ ^{a}
	N2S1	۱۸۷/۳۳ ^{cd}	۳۶/۰۰ ^{e}	۱۳/۳۱ ^{ab}	۲۴/۸۸ ^{cd}	۱۴/۴۶ ^{a}	۱۲/۹۶ ^{e}	۲۷/۶۳ ^{c}
	N2S2	۱۹۶/۶۲ ^{bc}	۴۶/۹۷ ^{de}	۱۳/۳۴ ^{ab}	۲۶/۰۰ ^{bc}	۱۵/۲۴ ^{a}	۱۳/۰۴ ^{e}	۲۷/۶۶ ^{c}
	N2S3	۲۰۸/۹۵ ^{b}	۴۰/۶۴ ^{cd}	۱۳/۱۹ ^{b}	۲۳/۵۵ ^{b}	۱۵/۲۸ ^{a}	۱۳/۷۵ ^{e}	۲۹/۵۸ ^{c}
	N2S4	۲۳۱/۴۲ ^{a}	۴۴/۲۶ ^{bc}	۱۳/۶۰ ^{a}	۳۱/۴۰ ^{a}	۱۴/۵۴ ^{a}	۱۵/۹۲ ^{d}	۳۴/۸۷ ^{b}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

زمنچیک و آلبرچت (۲۸) نیز کاهش ۷۶ درصدی کارایی استفاده از نیتروژن ذرت (*Zea mays* L.) را در هنگام افزایش سطح کود نیتروژن گزارش کردند. این محققین بر افزایش کارایی استفاده از نیتروژن در هنگام تقسیط کود اشاره و تأکید کردند عواملی که موجب تسهیل در جذب نیتروژن شود، کارایی استفاده از آن را نیز افزایش می‌دهد.

شاخص برداشت نیتروژن

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر تراکم کاشت و تیمار کودی در سطح احتمال یک درصد بر صفت شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار گردید. برهمکنش بین دو تیمار تراکم و تیمار کودی بر این صفت مورد ارزیابی معنی‌دار نشد (جدول ۲). طبق جدول مقایسه میانگین اثر تراکم بر صفت شاخص برداشت نیتروژن (جدول ۵)، با افزایش تراکم کاشت از ۲۰ به ۴۰ بوته در متر مربع شاخص برداشت نیتروژن نیز افزایش معنی‌دار ۷ درصدی یافت. دلیل این نتیجه را می‌توان این چنین بیان نمود که با افزایش تراکم هرچند میزان جذب نیتروژن افزایش می‌یابد، اما شدت افزایش عملکرد دانه بسیار بیشتر از افزایش نیتروژن جذبی می‌باشد و با توجه به اینکه شاخص برداشت نیتروژن حاصل از تقسیم نیتروژن دانه به نیتروژن کل بوده و عملکرد دانه در سهم نیتروژن دانه نقش به‌سزایی دارد، این نتیجه دور از انتظار نمی‌تواند باشد.

همچنین طبق جدول مقایسه میانگین اثر تیمار کودی بر شاخص برداشت نیتروژن (جدول ۵) بالاترین میزان شاخص برداشت نیتروژن (۴۹/۶۴ درصد) مربوط به تیمار شاهد (بدون کود) بود و با افزایش در مقدار نیتروژن مصرفی، شاخص برداشت نیتروژن کاهش یافت. بیشترین میزان شاخص برداشت نیتروژن در سطح کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (۴۸/۲۴ و ۳۴/۸۷ درصد)، مربوط به سطح چهارم از نحوه تقسیط نیتروژن (۵۰-۲۵-۲۵) به‌دست آمد. بالا بودن این مقدار از شاخص برداشت نیتروژن در این سطح از تقسیط کودی، مربوط به عملکرد دانه بیشتر گلرنگ در این سطح کاربرد کود بود. کمترین میزان شاخص برداشت نیتروژن در سطوح تقسیط اول، دوم و سوم در سطح کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. با توجه به اینکه شاخص برداشت نیتروژن از نسبت نیتروژن دانه به کل جذب نیتروژن گیاه (نیتروژن دانه و کاه) برآورد می‌شود لذا با افزایش در مقدار نیتروژن مصرفی، صفت کل جذب نیتروژن گلرنگ (نیتروژن دانه و کاه) نسبت به نیتروژن دانه افزایش بیشتری یافته و منجر به کاهش شاخص برداشت نیتروژن می‌گردد.

کل جذب نیتروژن علف‌های‌هرز

نتایج این بررسی نشان داد که اثر تراکم و تیمار کودی و همچنین

برهمکنش اثرات فوق بر صفت کل جذب نیتروژن علف‌های‌هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). برش‌دهی اثر تیمارهای کودی در هر سطح از تراکم گلرنگ (جدول ۳) نشان داد که اثر سطوح مختلف تیمار کودی در هر دو سطح از تراکم ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع بر کل جذب نیتروژن علف‌های هرز معنی‌دار بود. با توجه به جدول مقایسه میانگین برهمکنش تراکم کاشت و تیمار کودی (مقدار و نحوه تقسیط کود نیتروژن) (جدول ۴)، با افزایش تراکم کاشت، کل جذب نیتروژن علف‌های هرز کاهش یافت. کمترین میزان کل جذب نیتروژن علف‌های هرز در هر دو سطح از تراکم کاشت ۲۰ و ۴۰ بوته در متر مربع (۲/۹۲ و ۲/۶۴ گرم در متر مربع)، مربوط به تیمار کودی شاهد بود. با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، کل جذب نیتروژن علف‌های هرز نیز افزایش یافت. بدین صورت که در تراکم ۲۰ بوته در متر مربع بیشترین (۱۳/۷۳ گرم در متر مربع) و کمترین (۵/۶۵ گرم در متر مربع) میزان کل جذب نیتروژن علف‌های‌هرز به‌ترتیب مربوط به تیمارهای کودی N2S2 (مقدار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن مصرفی به‌صورت تقسیط ۷۵–۲۵) و N1S3 (مقدار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن مصرفی به‌صورت تقسیط ۲۵–۵۰–۲۵) بود.

در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع نیز بیشترین (۱۶/۳۶ گرم در متر مربع) و کمترین (۴/۶۲ گرم در متر مربع) میزان کل جذب نیتروژن علف‌های هرز به‌ترتیب مربوط به سطوح تیمار کودی N2S1 (تقسیط ۵۰–۵۰) و N1S4 (تقسیط ۵۰–۲۵–۲۵) بود. به‌عبارتی دیگر با افزایش مصرف کود نیتروژن در هر دو سطح از تراکم کاشت، میزان کل جذب نیتروژن علف‌های هرز افزایش یافت و کمترین میزان کل جذب نیتروژن علف‌های هرز در تیمار۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مربوط به سطح سوم (۲۵–۵۰–۲۵) و چهارم (۵۰–۲۵–۲۵) از تقسیط کود در دو تراکم ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع بود. یعنی سطوح تقسیط کودی سوم و چهارم در تراکم‌های ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع کمترین میزان جذب نیتروژن را عاید علف‌های‌هرز کرده و نقش کنترلی در زیست‌توده علف‌های هرز داشته است. به‌طوری‌که این سطوح از تقسیط کود نیتروژن از کمترین میزان وزن خشک کل علف‌های هرز برخوردار بودند (نتایج نشان داده نشده است).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله از این تحقیق مشاهده شد که با افزایش تراکم گلرنگ از ۲۰ به ۴۰ بوته در متر مربع از طریق افزایش سهم گلرنگ از منابع رشدی می‌توان سهم دریافتی علف‌های هرز را کاهش داده و کارایی مصرف منابعی نظیر نیتروژن را افزایش داد. همچنین با مدیریت کود نیتروژن از طریق اعمال تقسیط سه مرتبه‌ای به گونه‌ای که فراهمی نیتروژن خاک انطباق بیشتری با زمان‌های نیاز گلرنگ باشد می‌توان از نیتروژن در راستای رشد و عملکرد بیشتر گیاه گلرنگ بهره برد و دسترسی علف‌های هرز را به نیتروژن کم کرد. به‌طوری‌که در صورت کاربرد ۲۵٪ کود نیتروژن در پیش از کاشت، ۲۵٪ در مرحله طویل شدن ساقه و ۵۰٪ در زمان گلدهی می‌توان عملکرد دانه و عملکرد روغن بیشتری به‌دست آورد.

منابع

۱- چمنی اصغری، ت.، س. محمودی، م. ح. راشد محصل و غ. ر. زمانی. ۱۳۸۹. بررسی اثر رقابت بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن در مرحله رشد رویشی گندم (*Triticum aestivum* L.) و یولاف وحشی (*Avena fatua* L.). مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۳(۲): ۹۶–۸۱.

۲- دانش‌شهرکی ع. ر.، ع. کاشانی، م. مسگرباشی، م. نبوی و م. کوهی دهکردی. ۱۳۸۸. اثر تراکم و زمان مصرف نیتروژن بر برخی خصوصیات زراعی کلزا. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ۷۹: ۱۷–۱۰.

۳- ربیعی م.، م. کاوسی و پ. طوسی. ۱۳۹۰. بررسی اثر سطوح کود نیتروژن و زمان تقسیط آن بر صفات کمی و کیفی کلزا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (۵۸): ۲۱۲–۱۹۹.

۴- زینالی ح.، ا. هزار جریبی و م. ر. احمدی. ۱۳۸۱. بررسی همبستگی ژنتیکی درصد روغن دانه با برخی از صفات مهم زراعی در سویا از طریق تجزیه علیت. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۳ (۴): ۷۰۵–۶۹۹.

۵- صداقت م.، خ. رزمجو و ی. امام. ۱۳۹۳. اثر میزان و زمان تقسیط کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزاء عملکرد در آفتابگردان. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۶: ۳۰–۲۱.

۶- قلندری ر.، ف. رحیم‌زاده، م. خویی تورچی و ب. بهتری. ۱۳۸۸. تأثیر تراکم بوته بر روند رشد و عملکرد سه هیبرید آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در کشت دوم. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۰(۳): ۴۰–۲۷.

۷- معراجی‌پور م. ۱۳۹۰. واکنش گلرنگ بهاره به نیتروژن و سایکوسل در تراکم‌های مختلف بوته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه یاسوج. ۱۰۳ صفحه.

۸- ناصری ر.، خ. فصیحی، ع. حاتمی و م. م. پورسیاه‌بیدی. ۱۳۸۹. اثر آرایش کاشت بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، میزان روغن و پروتئین

گلرنگ پاییزه رقم سینا در شرایط دیم. مجله علوم زراعی ایران ۱۲(۳): ۲۳۸-۲۲۷.

9- Ahadi, K., M. Jafarzadeh, and A. Rokhzadi. 2011. Effects of sowing date and planting density on growth and yield of safflower cultivars as second crop. Advances in Environmental Biology 5 (9): 2756-2760.
10- Blackshaw, R. E., R. N. Brandt, H. H. Janzen, T. Entz, C. A. Grant, and D. A. Derksen. 2008. Differential response of weed specie to added nitrogen. Weed Science 51: 532-539.
11- Chandrasekar, B. R., G. Ambrose, and N. Jayabalan. 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa frumentacea* (Roxb) Link. Journal of Agricultural Technology 1 (2): 223-234.
12- Ditomaso, J. M. 1995. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. Weed Science 43: 491-497.
13- Dordas, C. A., and C. Sioulas. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rain conditions. Field Crop Research 27 (1): 75-85.
14- Gecgel, U., M. Demirci, E. Esended, and M. Tasan. 2007. Fatty acid composition of the oil from developing seeds of different varieties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of the American Oil Chemist Society 48 (1): 47-54.
15- Ghasemi, M., M. S. Moghaddasi, and A. H. Omidi. 2012. The effects of biological and chemical nitrogen fertilizers on agronomical traits of winter safflower cultivars in Saveh region of Iran. Annals of Biological Research 3 (11): 5141-5144.
16- Graybill, J. S., W. J. Cox, and D. J. Otis. 1999. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date and plant density. Agronomy Journal 83: 559-564.
17- Gubbles, G. H., and W. Dedio. 2004. Effect of plant density on soil fertility and oil seed safflower genotypes. Canadian Journal of Plant Science 66: 521-527.
18- Hayat, F., M. Arif, and K. M. Kakar. 2003. Effects of seed rates on mung bean varieties under dry land conditions. International Journal of Agriculture and Biology 5 (1): 160-161.
19- James, E. R. 2004. Effect of plant density and nitrogen fertilizer on yield components and seed quality of oilseed rape and soybean. Agronomy Journal 96: 305-310.
20- Jiang, Z., and R. J. Hull. 2000. Interrelationship of nitrate uptake, nitrate reductase, and nitrogen use efficiency in selected Kentucky bluegrass cultivars. Crop Science 38: 1623-1632.
21- Munir, M. A., M. A. Malik, and M. Yaseen. 2007. Performance of sunflower in response to nitrogen management at different stages. Pakistan Journal 44 (1): 123-129.
22- Nasim, W., A. Ahmad, H. M. Hammad, and M. F. H. Munis. 2012. Effect of nitrogen on growth and yield of sunflower under semi-arid conditions of Pakistan. Pakistan Journal of Agricultural Science 44 (2): 639-648.
23- Ozel, H. 2003. Plant density and nitrogen rate effect on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. European Journal of Agronomy 19 (3): 453-463.
24- Sharma, P. B. 2005. Fertilizer management in sesame (*Sesamum indicum* L.) based intercropping system in Tawa command area. Journal of Oilseeds Crop Research 22: 63-65.
25- Strasil, Z., and Z. Vorlicek. 2002. The effect of nitrogen fertilization, sowing rates and site on yields and yield components of selected varieties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Plant, Soil and Environment (Rostlinná výroba) 48 (7): 307-311.
26- Weiss, E. A. 2000. Oilseed Crops. Blackwell Sci Ltd, 364 pp.
27- Yasari, E., and A.Patwardhan. 2007. Effects of azotobacter and azosprillium inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Science 6 (1): 77-82.
28- Zemenchik, R. A., and K. A. Albrecht. 2002. Nitrogen use efficiency and apparent nitrogen recovery of Kentucky bluegrass, smooth bromegrass, and orchardgrass. Agronomy Journal 94: 421-428.