



به زراعی کشاورزی

دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹

صفحه‌های ۲۵۷-۳۱۸

واکنش عملکرد کمی و کیفی و ترکیب اسیدهای چرب سه رقم آفتابگردان به مقادیر مختلف کود

نیترोजن

حسن نوریانی*

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۰۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۲۹

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود نیترोजن بر برخی اسیدهای چرب و عملکرد کمی و کیفی سه رقم آفتابگردان، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در منطقه دزفول اجرا گردید. در این تحقیق چهار سطح کود نیترोजن (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیترोजن خالص در هکتار) به عنوان فاکتور اصلی و سه رقم آفتابگردان (قاسم، رکورد و پروگرس) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که افزایش مصرف نیترोजن باعث کاهش صفات درصد روغن، درصد اسید استئاریک و درصد اسید لینولئیک گردید، اما درصد پروتئین، درصد اسید اولئیک و درصد اسید پالمیتیک به صورت معنی‌داری افزایش یافت. بین ارقام مختلف نیز از لحاظ عملکرد دانه و میزان روغن اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، به طوری که رقم قاسم با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیترोजن در هکتار بیشترین عملکرد دانه (۳۹۲۰ کیلوگرم در هکتار) و روغن (۱۸۶۰ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. همچنین نتایج مشخص نمود که بالاترین همبستگی عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی به عملکرد روغن ($r=0.97^{**}$) و سپس به محتوای پروتئین ($r=0.85^{**}$) و پایین‌ترین آن‌ها به میزان اسید لینولئیک ($r=-0.58^*$) تعلق داشت. به طور کلی می‌توان اظهار نمود که مصرف بیش‌تر نیترोजن در افزایش عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان تأثیرگذار بوده و رقم قاسم از قابلیت بالاتری در جذب عنصر نیترोजن در راستای افزایش عملکرد در واحد سطح برخوردار بود.

کلیدواژه‌ها: اسید چرب، آفتابگردان، درصد پروتئین، درصد روغن، عملکرد.

The Reaction of Quantitative and Qualitative Yield and Fatty Acids Composition of Three Sunflower Cultivars to Different Nitrogen Fertilizer Levels

Hassan Nouriyani*

Assistant Professor Department of Agronomy and Plant Breeding, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Received: July 20, 2019

Accepted: September 23, 2019

Abstract

In order to investigate the effect of different levels of nitrogen fertilizer on some fatty acids composition and quantitative and qualitative yield of three sunflower cultivars, an experiment has been carried out as split plots based on randomized complete block design with four replications in Dezful region during 2017-2018. It considers four levels of nitrogen fertilizer (0, 60, 120, and 180 kg ha⁻¹ N) as the main factor and three sunflower cultivars (Ghasem, Record, and Progress) as the sub factor. Results show that increasing nitrogen consumption reduces the percentage of oil, stearic acid, and linoleic acid percentage, whereas protein percentage, oleic acid, and palmitic acid percentage have increased significantly. There are significant differences between different cultivars in grain yield and oil content, where Ghasem cultivar has the highest grain yield (3920 kg ha⁻¹) and oil (1860 kg ha⁻¹) with the consumption of 180 kg ha⁻¹ N. Also, the results indicate that the highest correlation of grain yield with the studied traits belong to oil yield ($r=0.97^{**}$), followed by protein content ($r=0.85^{**}$), with the lowest one, belonging to linoleic acid ($r=-0.58^*$). In general, it can be stated that higher nitrogen consumption has been effective in increasing the quality and quantity of sunflower and Ghasem cultivar has a higher ability to absorb nitrogen in order to increase yield per unit area.

Keywords: Fatty acid, oil percentage, protein percentage, sunflower, yield.

۱. مقدمه

عناصر، منجر به کاهش عملکرد کمی و کیفی این گیاه شود، مصرف بیش از اندازه کودهای نیتروژنی در زراعت آفتابگردان نه تنها آسیب‌های وارده به محیط زیست را افزایش می‌دهد بلکه بر کیفیت دانه‌ها تأثیر نامطلوبی داشته و سبب کاهش میزان روغن آن می‌شود (Jami et al., 2017). میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب از مهم‌ترین عوامل در ارزیابی و توصیف دانه‌های روغنی هستند، به طوری که روغن‌های گیاهی با درصد بالای اسیدهای چرب غیراشباع حساسیت بیشتری به اکسیدشدن دارند (Rezvani Moghaddam & Seyyedi, 2017). مهم‌ترین اسیدهای چرب که تقریباً ۹۰ درصد محتوای روغن را تشکیل می‌دهند، شامل اسیدهای اولئیک و لینولئیک است و ۱۰ درصد باقی‌مانده مربوط به اسیدهای چرب اشباع پالمیتیک و استئاریک است. فاکتورهایی مثل نوع واریته، خاک، شرایط آب‌وهوایی و فاکتورهای گیاهی ترکیب اسیدهای چرب را در روغن‌های گیاهی تحت تأثیر قرار می‌دهند (Moradi Telavat & Siadat, 2012). تغذیه گیاهان و ارقام آن‌ها از عواملی هستند که تعادل بین محیط و خصوصیات ژنتیکی گیاه را تنظیم می‌کنند. مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده اسیدهای چرب ژنوتیپ می‌باشد اما فاکتورهای محیطی نیز در طول پرشدن دانه می‌تواند درصد روغن و اسیدهای چرب را تحت تأثیر قرار دهند (Tohidi Moghadam et al., 2011).

در آزمایشی بر روی آفتابگردان گزارش گردید کاربرد کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر روی محتوای پروتئین و اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و پالمیتیک داشت و باعث افزایش مقادیر آن‌ها گردید (Li et al., 2017). Khodaei Joghani et al. (2017) با بررسی تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های کیفی آفتابگردان بیان داشتند همبستگی منفی و معنی‌داری بین درصد پروتئین و درصد روغن دانه گیاه به دست آمد. نتایج آزمایش Alili &

آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) می‌تواند به عنوان یک گیاه زراعی مطمئن در دامنه وسیعی از شرایط محیطی، عملکرد قابل توجهی داشته باشد (Lopez-Valdez et al., 2011). روغن آفتابگردان به دلیل داشتن مقادیر فراوانی از اسیدهای چرب اشباع نشده نظیر اسید لینولئیک و اسید اولئیک دارای اهمیت زیادی است (El-Gizawy, 2009). یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به منظور حصول عملکرد بالا و با کیفیت مطلوب، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است که با تأثیرگذاری بر طول دوره رویشی و زایشی رشد گیاه و توازن بین آن‌ها، بر کیفیت محصول نیز مؤثر خواهد بود. توقع این گیاه برای عناصر خاک بالا بوده، به طوری که وجود تعادل عناصر غذایی برای به حداکثر رسیدن عملکرد دانه آن بسیار ضروری است (Khodaei Joghani, et al., 2017).

از منظر مدیریت حاصلخیزی خاک، نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی و عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات زراعی است. گستره نیتروژن جذب شده توسط گیاهان بستگی به رقم، اقلیم، تراکم گیاه، سطوح کود و عملکرد دارد. نیتروژن علاوه بر آن که به صورت پروتئین در گیاه وجود دارد، عنصر اصلی تشکیل‌دهنده کلروفیل در گیاه است و عامل اصلی در کربن‌گیری محسوب می‌شود. ماده خشک گیاهی تقریباً دارای دو تا چهار درصد نیتروژن است. نیتروژن جزء اولیه تشکیل‌دهنده ترکیبات آلی همانند اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به شمار می‌رود (Wu & Ma, 2015). آفتابگردان پرنیاز و کودپذیر بوده و در طول دوره رشدی خود مقادیر قابل توجهی عناصر غذایی از خاک برداشت می‌کند، به طوری که کشت آن در خاک‌های فقیر و عدم مصرف متعادل عناصری مانند نیتروژن می‌تواند با تحت تأثیر قراردادن سودمندی کاربرد سایر

بر این اساس و با توجه به نقش مهم نیتروژن در عملکرد و بهبود فرایندهای حیاتی و کمبود آن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، این تحقیق با هدف بررسی اثر نیتروژن روی برخی از اسیدهای چرب دانه و عملکرد کمی و کیفی سه رقم آفتابگردان در منطقه دزفول طراحی گردید.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در منطقه دزفول (با مختصات طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۴۳ متر از سطح دریا) اجرا گردید. در این تحقیق چهار سطح نیتروژن (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به‌عنوان فاکتور اصلی و سه رقم آفتابگردان (قاسم، پروگرس و رکورد) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. هر کرت شامل شش خط کشت به طول هشت متر، بافاصله خطوط ۶۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. قبل از کاشت براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، کودهای فسفر و پتاس از دو منبع فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به‌صورت پایه و تیمارهای کود نیتروژن طی دو مرحله (پایه و مرحله ۱۰-۸ برگ) از منبع کود اوره (محتوی ۴۶ درصد نیتروژن) اعمال گردید.

کاشت در هفته اول اسفندماه ۹۶ به‌صورت جوی و پشته با دست صورت گرفت. آبیاری اول بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی پس از سبز شدن و براساس نیاز گیاه انجام گرفت (جمعاً ۱۴ مرتبه آبیاری صورت گرفت). کنترل علف‌های هرز در صورت نیاز به‌صورت دستی انجام شد.

Ullah (2012) نشان داد که با افزایش سطح نیتروژن در آفتابگردان عملکرد دانه، محتوای پروتئین و درصد اسید لینولئیک افزایش داشت، درحالی‌که محتوای روغن و درصد اسید اولئیک کاهش یافت. Abd EL-Satar *et al.* (2017) نیز با بررسی روی ارقام آفتابگردان دریافتند که مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی در آن‌ها گردید. هم‌چنین آن‌ها ابراز نمودند که اسیدهای چرب لینولئیک و اولئیک بیش‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد کیفی ارقام مورد مطالعه داشتند. Shakeri *et al.* (2013) بیان داشتند که افزایش کود شیمیایی نیتروژن اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد روغن، درصد اسید اولئیک، اسید لینولئیک و آراشیدیک کنجد دارد. هم‌چنین در این آزمایش درصد اسید اولئیک با اسید لینولئیک و اسید استئاریک همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. Rastgo *et al.* (2014) گزارش کردند با افزایش مصرف کود نیتروژن درصد روغن کاهش اما عملکرد روغن و درصد پروتئین دانه گلرنگ افزایش یافت. Mojaddam (2017) نیز با بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه آفتابگردان در سطوح مختلف نیتروژن گزارش نمود که با افزایش کاربرد نیتروژن عملکرد دانه، درصد پروتئین و میزان کلروفیل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. Hamzei *et al.* (2017) هم در آزمایشی بیش‌ترین عملکرد دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن آفتابگردان را با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آوردند.

اگرچه هیبریدهای آفتابگردان دارای عملکرد دانه و اجزای عملکرد مشخصی هستند ولی گیاه زمانی توان تولیدی خود را آشکار می‌سازد که بتواند استفاده مؤثری از متغیرهای محیطی نماید؛ بنابراین در بسیاری از موارد پتانسیل ژنتیک هیبریدهای آفتابگردان تحت تأثیر فاکتورهای مختلف مؤثر بر رشد و عوامل محیطی رارگرفته و کاهش می‌یابد (Gonzales *et al.*, 2013). لذا

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	عمق خاک (cm)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	نیتروژن (%)	مواد آلی (%)	اسیدیته خاک (pH)	هدایت الکتریکی (ds/m)
سیلتی لوم	۰-۳۰	۱۸۸	۱۰/۱	۰/۰۵۹	۰/۹۰	۷/۵	۱/۸
سیلتی لوم	۳۰-۶۰	۱۳۰	۸/۳	۰/۰۲۶	۰/۸۱	۷/۲	۱/۵

در نهایت کلیه محاسبات آماری مربوط به تجزیه واریانس بر روی صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTAT-C (نسخه 2.10) و SAS (نسخه 9.3)، مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح احتمال ۵ درصد) و رسم نمودارها توسط برنامه Excel انجام گردید. در ضمن برای صفاتی که برهم‌کنش تیمارها در آن‌ها معنی‌دار گردید برش‌دهی اثر متقابل نسبت به کرت اصلی انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. اسیدهای چرب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود نیتروژن بر درصد اسید اولئیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که با مصرف کود نیتروژن درصد اسید اولئیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به طوری که بیش‌ترین درصد آن (۳۱/۰۴ درصد) مربوط به سطح کود ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کم‌ترین آن (۲۶/۰۱ درصد) به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن) تعلق داشت (جدول ۳). وجود بیش‌تر مقادیر نیتروژن و ایجاد بستر مناسب جهت رشد و فتوسنتز، باعث تداوم رشد گیاه گشته و افزایش درصد اسید اولئیک را در پی دارد (Zheljaskov et al., 2011). اثر رقم بر درصد اسید اولئیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین درصد اسید اولئیک (۲۹/۳۱ درصد) به رقم رکورد و کم‌ترین درصد

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (زردشدن طبق‌ها و قهوه‌ای شدن براکنه‌ها؛ کد ۸۷ مقیاس BBCH) هشت بوته متوالی پس از حذف نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای ردیف‌های سوم و چهارم هر کرت انتخاب و عملکرد و اجزای عملکرد دانه محاسبه شد. عملکرد دانه براساس رطوبت ۱۰ درصدی دانه محاسبه گردید. درصد روغن و پروتئین دانه، پس از خشک کردن دانه‌ها به ترتیب با روش سوکسله و کج‌لدال تعیین گردید (Nasari et al., 2012). عملکرد روغن در واحد سطح از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن به دست آمد. تعیین اسیدهای چرب نمونه‌ها به روش Metcalf et al. (1966) و استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف UNICAM (مدل 4600 کشور آمریکا) توسط شرکت سبزاژمون دزفول صورت گرفت. دستگاه مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای و ستون کاپیلاری BPX به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر بود. از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل استفاده شد. برنامه دمایی دستگاه در ابتدا ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه و سپس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹ دقیقه بود و در نهایت از ۱۸۰ به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و تا پایان کار در این دما باقی ماند. دمای آشکارساز و دمای محل تزریق به ترتیب ۳۰۰ و ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. پس از تزریق هر نمونه به دستگاه، منحنی رسم شده و زمان بازداری مربوط به هر اسید چرب با منحنی مربوط به اسید چرب استاندارد، مقایسه و نوع و میزان اسیدهای چرب موجود در هر نمونه مورد آزمایش مشخص گردید.

واکنش عملکرد کمی و کیفی و ترکیب اسیدهای چرب سه رقم آفتابگردان به مقادیر مختلف کود نیتروژن

تشکیل شده و یا آنزیم‌های مربوطه باشد که با نتایج Li et al. (2017) همخوانی دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که تیمار رقم نیز اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر درصد اسید لینولئیک داشت (جدول ۲)، به طوری که رقم پروگرس با ۶۲/۱۴ درصد نسبت به دو رقم دیگر برتری داشت (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فقط اثر رقم بر درصد اسید استئاریک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود اما اثر نیتروژن و برهم‌کنش نیتروژن و رقم بر روی آن معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود که بیش‌ترین درصد اسید استئاریک (۴/۲۸ درصد) مربوط به رقم پروگرس و کم‌ترین درصد آن (۳/۲۶ درصد) مربوط به رقم قاسم بود (جدول ۳). در مورد وجود اختلاف بین میزان اسیدهای چرب ارقام مختلف آفتابگردان گزارش‌های متعددی وجود دارد (Shakeri et al., 2013; Tohidi Moghadam et al., 2011).

آن به رقم پروگرس (۲۸/۰۳ درصد) مربوط بود جدول (۳). بنابراین می‌توان اظهار داشت از نکات مهم دیگری که می‌تواند بر روابط میان اسیدهای چرب موجود در گیاه اثرگذار باشد نوع رقم و رفتار ژنتیکی آن‌ها است. این نتایج با گزارش‌های Abd EL-Satar et al. (2017) مطابقت دارد.

اثر کود نیتروژن بر درصد اسید لینولئیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که افزایش مصرف کود نیتروژن موجب کاهش معنی‌دار درصد اسید لینولئیک گردید، به طوری که بیش‌ترین میزان آن (۶۳/۸۷ درصد) به تیمار مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کم‌ترین آن (۵۶/۱۲ درصد) به تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعلق داشت جدول (۳). به نظر می‌رسد که این تفاوت‌ها عمدتاً به دلیل اثر نیتروژن بر افزایش طول دوره رشد به خصوص طول دوره بعد از گل‌دهی و پرشدن دانه‌ها و تأثیر دمای هوای محیط روی باندهای شیمیایی روغن‌های

جدول ۲. خلاصه نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات محتوای برخی از اسیدهای چرب و دیگر خصوصیات کمی و کیفی سه

رقم آفتابگردان تحت سطوح مختلف کود نیتروژن

میانگین مربعات (MS)								درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد دانه	عملکرد روغن	محتوای پروتئین	محتوای روغن	اسید پالمیتیک	اسید استئاریک	اسید لینولئیک	اسید اولئیک		
۱۳۰۹/۰۳۷	۷۲۴۸/۰۸۳	۱۲/۰۰۳	۱۴/۰۰۱	۱۱/۰۵۷	۰/۰۱۵	۱۱/۸۷۱	۱۱/۹۹۰	۳	تکرار
۲۲۹۱۳۱/۲۵۹**	۵۸۳۲۴۰/۲۱۱**	۴۲/۳۳۴**	۴۳/۵۳۸*	۱۵/۰۳۹*	۶/۷۰۶ n.s	۲۶/۴۸۳*	۶/۵۶۲**	۳	نیتروژن
۴۶۴/۵۹۳	۰/۱۵۷	۰/۰۱۸	۰/۰۰۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۱	۰/۰۲۲	۰/۰۲۷	۹	خطای (a)
۱۲۷۷۷۱۵/۷۰۴**	۳۰۶۲۸۳/۷۵۰**	۱۵/۷۹۱*	۶/۶۸۷*	۸/۵۳۸**	۱/۷۶۷*	۴۴/۳۹۸**	۵/۵۳۹*	۲	رقم
۹۶۴۰/۳۵۹*	۱۵۲۵۰/۴۶*	۳/۰۱۶ n.s	۱/۰۰۸ n.s	۰/۰۱۱ n.s	۰/۰۱۷ n.s	۰/۰۳۱ n.s	۰/۰۲۵ n.s	۶	رقم × نیتروژن
۲۹۷/۰۷۲	۰/۱۳۹	۰/۰۱۴	۰/۰۰۶	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷	۰/۰۲۳	۲۴	خطای (b)
۱۵/۲۱	۱۲/۰۷	۸/۱۱	۶/۴۹	۴/۱۵	۲/۹۸	۳/۴۱	۴/۵۷		ضریب تغییرات (درصد)

ns, * و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات ساده محتوای برخی از اسیدهای چرب، روغن و پروتئین سه رقم آفتابگردان تحت سطوح مختلف

کود نیتروژن

شرح تیمار	اسید اولئیک (%)	اسید لینولئیک (%)	اسید استناریک (%)	اسید پالمیتیک (%)	محتوای روغن (%)	محتوای پروتئین (%)
نیتروژن (Kg.ha ⁻¹)						
N ₀ = ۰	۲۶/۰۱ d	۶۲/۰۳ b	۳/۸۲ a	۶/۲۵ d	۴۲/۱۰ c	۱۷/۴۹ d
N ₁ = ۶۰	۲۸/۳۸ c	۶۳/۸۷ a	۳/۷۸ a	۶/۶۴ c	۴۵/۳۸ a	۱۹/۸۰ c
N ₂ = ۱۲۰	۲۹/۷۲ b	۵۹/۰۱ c	۳/۷۱ a	۷/۰۲ b	۴۳/۸۰ b	۲۲/۴۰ b
N ₃ = ۱۸۰	۳۱/۰۴ a	۵۶/۱۲ d	۳/۶۲ ab	۸/۱۷ a	۴۱/۴۲ d	۲۴/۲۱ a
ارقام						
قاسم	۲۹/۰۲ b	۶۰/۴۲ b	۳/۲۶ c	۶/۰۲ c	۴۳/۳۲ b	۲۰/۶۰ b
پروگرس	۲۸/۰۳ c	۶۲/۱۴ a	۴/۲۸ a	۸/۰۱ a	۴۲/۲۸ c	۲۲/۳۰ a
رکورد	۲۹/۳۱ a	۵۸/۲۲ c	۳/۶۷ b	۷/۰۳ b	۴۳/۹۰ a	۲۰/۱۰ c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن (سطح احتمال ۵ درصد) اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن به‌دست‌آمده و از خصوصیات مهم در ارزیابی مدیریت‌های مختلف زراعی در مقایسه ارقام است (Hamzei et al., 2017). نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد که اثرات اصلی کود نیتروژن و رقم بر درصد روغن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود اما برهم‌کنش آن‌ها بر صفت مذکور معنی‌دار نگردید (جدول ۲). همان‌گونه که در جدول مقایسه میانگین‌ها مشاهده می‌شود با افزایش کاربرد سطح کود نیتروژن درصد روغن به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین درصد آن (به‌ترتیب ۴۵/۴۰ و ۴۱/۴۰ درصد) به سطح کود ۶۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد از آنجایی‌که محتوای کربوهیدراتی ترکیبات پروتئینی از ترکیب‌های روغنی کم‌تر است، بنابراین افزایش فراهمی کود نیتروژن سنتز مواد پروتئینی را در مقایسه با سنتز اسیدهای چرب تحریک کرده و در نتیجه درصد روغن دانه‌ها کاهش یافته است. برخی از پژوهش‌گران دلیل کاهش میزان روغن در

نتایج بیانگر آن است که کاربرد نیتروژن بر درصد اسید پالمیتیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همان‌گونه که در جدول مقایسه میانگین‌ها ملاحظه می‌گردد با افزایش مقدار کود نیتروژن به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار میزان اسید پالمیتیک (۸/۱۷ درصد) نسبت به تیمار شاهد (۶/۲۵ درصد) افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). از آنجایی‌که نوع و مقدار اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده روغن آفتابگردان تابع زمان و شرایط آب‌وهوایی به‌ویژه دمای محیط است (Zheljazkov et al., 2011) به‌نظر می‌رسد کاربرد بیش‌تر کود نیتروژن و افزایش طول دوره رشد گیاه و رسیدن دانه‌ها در دماهای بالا، باعث افزایش درصد اسید چرب پالمیتیک شده است.

۲.۳. محتوای روغن

محتوای روغن دانه آفتابگردان که به‌عنوان یک صفت پیچیده به‌وسیله رقم و شرایط محیطی تعیین می‌شود جزئی از عملکرد روغن محسوب می‌گردد، چراکه

کاهش می‌یابد، در نتیجه مواد فتوسنتزی بیش‌تری به تشکیل پروتئین اختصاص یافته است (Nouriyani, 2015). هم‌چنین Jami *et al.* (2017) گزارش کردند که مصرف کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش میزان پروتئین گردید. اثر رقم بر درصد پروتئین در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که رقم پروگرس بیش‌ترین درصد پروتئین (۲۲/۳۰ درصد) و رقم رکورد دارای کم‌ترین درصد پروتئین (۲۰/۱۰ درصد) بود (جدول ۳). اثر برهم‌کنش تیمار کود نیتروژن و رقم بر صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۲).

۳.۴. عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود نیتروژن و رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر صفت مذکور در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج برش‌دهی اثرات متقابل تیمار رقم در هر سطح کود نیتروژن مشخص نمود که در تمامی سطوح کود بین ترکیبات تیماری رقم اختلاف معنی‌داری از نظر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین ارقام در هر سطح کود نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه و کم‌ترین آن به ترتیب در رقم قاسم با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به‌میزان ۳۹۲۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم پروگرس در تیمار بدون مصرف کود نیتروژن (به‌میزان ۲۲۰۴ کیلوگرم در هکتار) حاصل گردید (شکل ۱). با توجه به این‌که فرآیند جذب، انتقال و تجمع نیتروژن در اندام‌های رویشی و زایشی عوامل مهمی در تعیین عملکرد دانه می‌باشند، به‌نظر می‌رسد که در این شرایط رقم قاسم نسبت به دو رقم دیگر (پروگرس و رکورد) توانایی جذب و انتقال نیتروژن بهتری داشته و به نحو مطلوب و کارآمدتری از میزان نیتروژن جذب‌شده، استفاده نموده و عملکرد کمی و کیفی دانه خود را افزایش داده است.

تیمارهای سطوح بالای کود نیتروژن را ناشی از وجود بیش‌تر نیتروژن قابل‌دسترس در خاک می‌دانند و یک رابطه منفی بین افزایش نیتروژن و میزان روغن گزارش کرده‌اند (Andrianasolo *et al.*, 2016). هم‌چنین Allaf & Shokoohfar (2016) بیان کردند درصد روغن با افزایش مصرف نیتروژن رابطه عکس دارد و مصرف بیش از حد نیتروژن سبب افزایش نسبت پوسته به مغز شده که در نهایت سبب کاهش درصد روغن می‌گردد.

نتایج مقایسه میانگین درصد روغن ارقام نشان داد که رقم رکورد با ۴۳/۹۰ درصد و رقم پروگرس با ۴۲/۲۸ درصد به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان روغن را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳). در این رابطه Zheljzkov *et al.* (2011) و Gonzales *et al.* (2013) نیز در بررسی‌های انجام‌شده تفاوت درصد روغن ارقام مختلف آفتابگردان را ناشی از اختلافات ژنتیکی گزارش کرده‌اند.

۳.۳. محتوای پروتئین

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر میزان پروتئین دانه بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح کود نیتروژن درصد پروتئین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد پروتئین (۲۴/۲۰ درصد) و کم‌ترین درصد آن (۱۷/۵۰ درصد) به ترتیب به کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار شاهد (سطح صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار) تعلق داشت (جدول ۳). از آنجایی‌که افزایش میزان پروتئین دانه رابطه مستقیمی با افزایش مصرف نیتروژن دارد، به‌نظر می‌رسد که با افزایش مقدار نیتروژن، تشکیل پیش‌زمینه‌های پروتئینی نیتروژن دار، بیش‌تر شده و بنابراین تشکیل پروتئین در تهیه مواد فتوسنتزی بیش‌تر شده و مواد در دسترس برای سنتز برخی از اسیدهای چرب

مختلف کود نیتروژن و رقم بر عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد و اثر برهم‌کنش کود نیتروژن و رقم بر صفت مذکور در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به این‌که تغییرات عملکرد روغن ارقام مورد مطالعه تابعی از عملکرد دانه در آن‌ها است، بنابراین وجود اثر متقابل بین کود نیتروژن و رقم ناشی از تفاوت عملکرد دانه در این مطالعه است.

برخی از پژوهش‌گران نیز دریافتند که مصرف بیش‌تر کود نیتروژن باعث کاهش درصد روغن و افزایش عملکرد روغن گردیده است (Alili & Ullah, 2012; Heidari & Bagheri, 2016).

برخی از پژوهش‌گران بیان کردند افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش مصرف نیتروژن، به دلیل بهبود پوشش سبز گیاهی جهت دریافت نور، شادابی برگ‌ها برای انجام فتوسنتز، افزایش ارتفاع مطلوب گیاهی و رشد فعال برگ‌ها در این‌گونه آزمایش‌ها است (Day & Kolsarici, 2016; Hamzei et al., 2017). وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین ارقام مختلف از لحاظ میزان عملکرد دانه توسط Gonzales et al. (2013) نیز گزارش شده است.

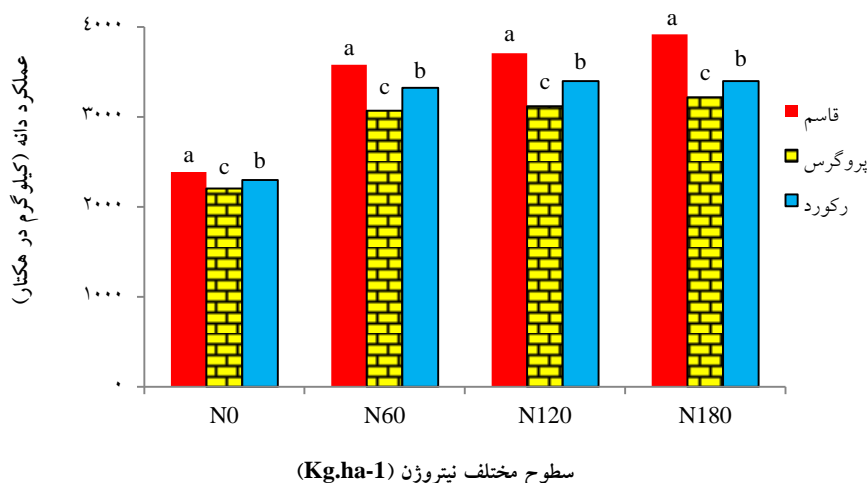
۳.۵. عملکرد روغن

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح

جدول ۴. برش‌دهی اثر متقابل رقم در هر سطح کود نیتروژن بر عملکرد دانه و عملکرد روغن

میانگین مربعات (MS)		درجه آزادی	سطح کود نیتروژن
عملکرد روغن	عملکرد دانه	(df)	
۸۴۵۶۶/۰۲۲**	۱۸۳۷۶۵/۰۱۵**	۲	۰
۷۸۸۰۸/۴۳۰**	۳۳۴۳۴۹/۴۷۰**	۲	۶۰
۷۱۵۶۰/۰۱۴**	۳۹۶۲۷۳/۱۰۶**	۲	۱۲۰
۷۵۹۲۵/۲۱۰**	۳۹۲۲۵۰/۵۲۰**	۲	۱۸۰

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



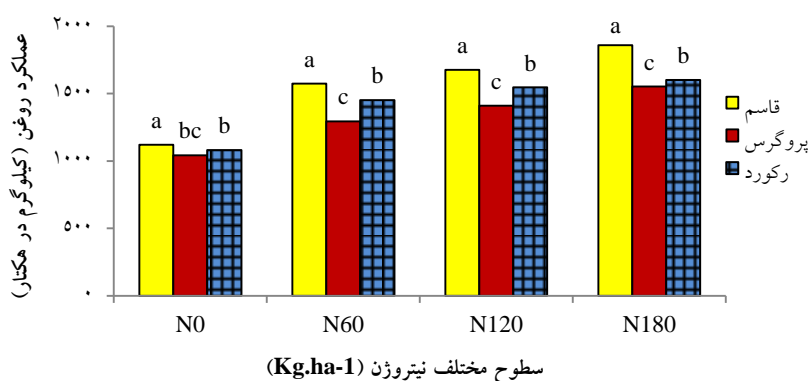
شکل ۱. مقایسه میانگین ارقام آفتابگردان در هر سطح کود نیتروژن بر عملکرد دانه

۶.۳. همبستگی عملکرد دانه و دیگر صفات گیاهی مورد

مطالعه

اسیدهای چرب و دیگر خصوصیات کیفی آزمایش همبستگی مختلفی با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۶). همان‌طور که مشاهده می‌گردد بالاترین همبستگی با عملکرد مذکور به عملکرد روغن ($r=0/97^{**}$) و سپس به محتوای پروتئین ($r=0/85^{**}$) و پایین‌ترین آن‌ها به میزان اسید لینولئیک ($r=-0/58^*$) تعلق داشت. از آنجایی که عملکرد روغن در واحد سطح از حاصل ضرب دو عامل عملکرد دانه و درصد روغن ناشی می‌شود، اگرچه با افزایش نیتروژن درصد روغن کاهش یافت ولی افزایش عملکرد روغن در این حالت نشان‌دهنده آن است که افزایش عملکرد دانه به‌ازای هر واحد کود در محدوده میزان مناسب، بسیار بالاتر از کاهش میزان روغن در همان محدوده بوده است. بنابراین با توجه به همبستگی مستقیم، بالا و معنی‌دار بین عملکرد روغن و عملکرد دانه ($r=0/97^{**}$) می‌توان اظهار نمود که لازمه تولید عملکرد روغن مطلوب، عملکرد دانه مطلوب است. در این راستا نتایج مشابهی توسط *Schultz et al.* (2018) نیز گزارش شده است. هم‌چنین رابطه معکوسی بین درصد اسید اولئیک و اسید لینولئیک ($r=-0/77^{**}$) وجود داشت (جدول ۶).

نتایج برش‌دهی اثرات متقابل تیمار رقم در هر سطح کود نیتروژن مشخص نمود که در تمامی سطوح کود بین ترکیبات تیماری رقم اختلاف معنی‌داری از نظر صفت عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۴). به این ترتیب به‌نظر می‌رسد عمده تفاوت بین ارقام در واکنش به مقدار نیتروژن اعمال‌شده، احتمالاً به عوامل ژنتیکی و توانایی آن‌ها در استفاده از شرایط تغذیه‌ای برمی‌گردد. مقایسه میانگین ارقام در هر سطح کود نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین عملکرد روغن به میزان ۱۸۶۰ کیلوگرم در هکتار متعلق به رقم قاسم با کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. از سوی دیگر کم‌ترین عملکرد روغن مربوط به رقم پروگرس به میزان ۱۰۴۲ کیلوگرم در هکتار بدون کاربرد کود نیتروژن (تیمار شاهد) به‌دست آمد (شکل ۲). براساس نتایج این تحقیق اگرچه مصرف زیاد نیتروژن درصد روغن دانه را در هر سه رقم مورد مطالعه کاهش داد، لیکن به‌نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه این ارقام که احتمالاً از طریق افزایش اجزای عملکرد در آن‌ها بوده است، موجب افزایش میزان روغن در واحد سطح و عملکرد روغن گردید. در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن اختلاف معنی‌داری بین دو رقم پروگرس و رکورد مشاهده نشد (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین ارقام آفتابگردان در هر سطح کود نیتروژن بر عملکرد روغن

جدول ۶. ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد دانه و دیگر صفات مورد مطالعه

صفات	عملکرد دانه	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید استئاریک	اسید پالمیتیک	محتوای روغن	محتوای پروتئین
اسید اولئیک	۰/۶۱*						
اسید لینولئیک	-۰/۵۸*	-۰/۷۷**					
اسید استئاریک	-۰/۲۵	-۰/۱۹	۰/۷۳**				
اسید پالمیتیک	۰/۳۴	۰/۷۲**	-۰/۶۷*	-۰/۷۱**			
محتوای روغن	-۰/۱۶	-۰/۱۱	۰/۶۹*	۰/۳۲	-۰/۴۶*		
محتوای پروتئین	۰/۸۵**	۰/۵۷*	-۰/۶۵*	-۰/۰۹	۰/۵۱*	-۰/۳۸	
عملکرد روغن	۰/۹۷**	۰/۶۵*	-۰/۴۵*	-۰/۷۶**	۰/۶۳*	-۰/۲۳	۰/۸۷**

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

درصد اسید اولئیک و درصد اسید پالمیتیک به صورت معنی‌داری افزایش یافت. بین ارقام مختلف نیز از لحاظ عملکرد دانه و میزان روغن اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، که به نظر می‌رسد این اختلاف مربوط به ریخته ارثی و توانایی آن‌ها در استفاده از شرایط محیطی و تغذیه‌ای بوده است، چنان‌که رقم قاسم با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با عملکرد ۳۹۲۰ کیلوگرم در هکتار ضمن آن‌که بیش‌ترین عملکرد دانه در واحد سطح را به خود اختصاص داد به دنبال آن بالاترین عملکرد روغن (به میزان ۱۸۶۰ کیلوگرم در هکتار) را نیز نسبت به دو رقم پروگرس و رکورد کسب نمود. با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار بین عملکرد روغن و عملکرد دانه ($r = 0.97^{**}$) احتمالاً استفاده نکردن بهینه از پتانسیل مطلوب محیطی، سبب کم‌تر شدن عملکرد دانه و متعاقب آن کم‌تر شدن عملکرد روغن ارقام پروگرس و رکورد شده است، درحالی‌که رقم قاسم با استفاده بهینه از پتانسیل محیطی، بالاترین عملکرد دانه و عملکرد روغن را کسب نمود.

۵. سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است که با همکاری و

وجود همبستگی قوی بین درصد اسید اولئیک و اسید لینولئیک پیش از این نیز توسط (Shakeri et al., 2013) گزارش شده است. همان‌طور که در جدول (۶) ملاحظه می‌گردد همبستگی منفی بین محتوای روغن و محتوای پروتئین وجود دارد ($r = -0.38$). دلیل فیزیولوژیکی همبستگی منفی بین سنتز روغن و پروتئین به رقابت برای کربن در طی متابولیسم کربوهیدرات‌ها مربوط می‌شود، زیرا میزان کربوهیدرات موردنیاز جهت سنتز پروتئین کم‌تر از سنتز روغن است، بنابراین مصرف کود نیتروژنی، سنتز پروتئین را نسبت به سنتز اسیدهای چرب افزایش می‌دهد (Mohammadi et al., 2013). نتایج این پژوهش با گزارش (Khodaei Joghhan et al., 2017) نیز مطابقت دارد.

۴. نتیجه گیری

به‌طور کلی نتایج این بررسی نشان داد که تمامی صفات مورد ارزیابی به میزان زیادی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی یعنی مقادیر مختلف نیتروژن و رقم قرار گرفته است، به‌طوری‌که در ارقام مختلف افزایش مصرف کود نیتروژن باعث کاهش درصد روغن، درصد اسید استئاریک و درصد اسید لینولئیک گردید، اما مقادیر درصد پروتئین،

- Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(4), 686-698. (in Persian)
- Heidari, M. & Bagheri, A. (2016). Effect of different levels of nitrogen and zinc fertilizers on qualitative and quantitative characteristics of sunflower seeds. *Journal of Crop Production and Processing*, 5(18), 29-277. (in Persian)
- Jami, M. Gh., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, S. M. A. & Mokhtassi-Bidgoli., A. (2017). Evaluation of agronomic characteristics and seed quality of sunflower in response to different regimes of nitrogen, irrigation and zeolite. *Journal of Crops Improvement*, 9(4), 1011-1031. (in Persian)
- Khodaei Joghani, A., Aghaalikhani, M., Gholamhoseini, M., Ataei, R., Sorooshzadeh, A. & Ghalavand, A. (2017). Effect of fertilizer treatments and irrigation regimes on seed yield and seed quality characteristics of sunflower. *Crops Improvement*, 20(1), 219-233. (in Persian)
- Li, W. P., Shi, H. B., Zhu, K., Zheng, Q. & Xu, Z. (2017). The quality of sunflower seed oil changes in response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*, 109(6), 2499-2507. doi:10.2134/agronj2017.01.0046
- López-Valdez, F., Fernández-Luqueño, F., Luna-Suárez, S. & Dendooven, L. (2011). Greenhouse gas emissions and plant characteristics from soil cultivated with sunflower (*Helianthus annuus* L.) and amended with organic or inorganic fertilizers. *Science of the Total Environment*, 412, 257-264.
- Metcalf, L. C., Shmitz, A. A. & Pelka, J. R. (1966). Rapid preparation of methyl esters from lipid for gas chromatography analysis. *Analytical Chemistry*, 38, 514-515. <https://doi.org/10.1021/ac60235a044>
- Mohammadi, K., Heidari, G., Javaheri, M., Rokhzadi, A., Karimi Nezhad, M. T., Sohrabi, Y. & Talebi, R. (2013). Fertilization affects the agronomic traits of high oleic sunflower hybrid in different tillage systems. *Industrial Crops and Products*, 44, 446-451. (in Persian)
- Mojaddam, M. (2017). Effect of drought stress on physiological characteristics and seed yield of sunflower at different levels of nitrogen. *Journal of Crop Production*, 9(4), 121-136. (in Persian)
- Moradi Telavat, M. R. & Siadat, S. A. (2012). *Introduction and production of oilseed crops*. Tehran, Iran: Education and Promotion of Agriculture Press. (in Persian)
- Naseri, R., Kazemi, E., Mahmoodian, L., Mirzaei, A. & Soleymanifad, A. (2012). Study on effects of different plant density on seed yield, oil and protein content of four canola cultivars in western Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(2), 70-78.
- حمایت‌های مالی معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه پیام نور استان خوزستان انجام گردیده که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۶. منابع

- Abd EL-Satar, M. A., Abd-EL-Halime, A. A. & Tamer, H. A. H. (2017). Response of seed yield and fatty acid compositions for some sunflower genotypes to plant spacing and nitrogen fertilization. *Information Processing in Agriculture*, 4, 241-252. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.05.003>
- Ali, A. & Ullah, S. (2012). Effect of nitrogen on achene protein, oil, fatty acid profile, and yield of sunflower hybrids. *Chilean Journal Agricultural Research*, 72(4), 564-567.
- Allaf, M. & Shokoohfar, A. (2016). Interaction deficit irrigation operations and nitrogen rates on the quantitative yield and oil percentage of sunflower Sanbura cultivar (*Helianthus Annuus* L.). *Crop Physiology Journal*, 7(28), 61-72. (in Persian)
- Andrianasolo, F. A., Champolivier, L., Debaeke, P. & Maury, P. (2016). Source and sink indicators for determining nitrogen, plant density and genotype effects on oil and protein contents in sunflower achene. *Field Crops Research*, 192, 33-41. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.04.010
- Day, S. & Kolsarici, O. (2016). Interactive effects of different intra-row spacing and nitrogen levels on yield and yield components of confectionery sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotype (Alaca) under Ankara conditions. *International Journal of Development Research*, 6(11): 10285-10290.
- El-Gizawy, N. K. B. (2009). Effects of nitrogen rate and plant density on agronomic nitrogen efficiency and maize yield following wheat and fababean. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 5(3), 378-386.
- Gonzales, J., Mancuso, N. & Luduena, P. (2013). Sunflower yield and climatic variables. *Helia*, 36(58), 69-76. DOI: 10.2298/HEL1358069G
- Hamzei, J., Nejafi, H. & Babaei, M. (2017). Effect of irrigation and nitrogen on agronomic parameters, yield, grain quality and agronomic nitrogen use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.).

- Nouriyani, H. (2015). Effect of different nitrogen levels on yield, yield components and some quality characteristics of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, 5(16), 233-241. (in Persian)
- Rastgo, B., Ebadie, A. & Parmoon, Gh. (2014). Investigation the effect of using nitrogen on yield and storage compositions of Safflower grain (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Physiology Journal*, 6(21), 85-102. (in Persian)
- Rezvani Moghaddam, P. & Seyyedi, S. M. (2017). Evaluation of germination characteristics of sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.) seeds as related to fatty acids composition. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 5(2), 119-131. (in Persian)
- Schultz, E., DeSutter, T., Sharma, L., Endres, G., Ashley, R., Honggang, Bu, Markell, S., Kraklau, A. & Franzen, D. (2018). Response of sunflower to nitrogen and phosphorus in North Dakota. *Agronomy Journal*, 110(2), 1-11. DOI: 10.2134/agronj2017.04.0222
- Shakeri, E., Amini Dehaghi, M., Tabatabaei, S. A. & Modares Sanavi, S. M. A. (2013). Effect of nitrogen and biological fertilizers on seed yield and fatty acid composition of sesame cultivars under Yazd conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(4), 742-750. (in Persian)
- Tohidi Moghadam, H., Zahedi, H. & Ghoshchi, F. (2011). Oil quality of canola cultivars in response to water stress and super absorbent polymer application. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(4), 579-586. DOI: 10.5216/pat.v41i4.13366
- Wu, W. & Ma, B. (2015). Integrated nutrient management (INM) for sustaining crop productivity and reducing environmental impact: A review. *Science of the Total Environment*, 512, 415-427. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.12.101
- Zheljaskov, V. D., Vick, B. A., Baldwin, B. S., Buehring, N., Coker, C., Astatkie, T. & Johnson, B. (2011). Oil productivity and composition of sunflower as a function of hybrid and planting date. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 537-543. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.11.004>