به زراعی کشاورزی
دوره ۲۲ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۹
صفحه‌های ۴۱۷-۴۰۷

تأثیر محلول‌پاشی برگی برخی تنظیم‌کننده‌های رشد و نیتروژن بر شاخص‌های رشدی، عملکرد و کیفیت روغن گلرنگ بهاره

سعید حضرتی[۱]، امیررضا صادقی بختوری[۱*]، داود کیانی[۲]
۱. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.
۲. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۲۷

چکیده
جهت ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی مواد تنظیم‌کننده رشد و نیتروژن بر شاخص‌های رشدی، تولید و کیفیت روغن دو رقم گلرنگ بهاره، آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی خسروشاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳ به‌اجرا در آمد. فاکتورهای موردمطالعه شامل تنظیم‌کننده رشد اکسین، سیتوکنین و ترکیب تیماری اکسین+ سیتوکنین هر کدام با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و عدم مصرف هورمون‌ها به‌عنوان تیمار شاهد، محلول‌پاشی نیتروژن دو سطح (سه و شش در هزار) و دو رقم گلرنگ بهاره (صفه و گلدشت) بودند. نتایج نشان داد که در رقم صفه شاخص‌های ارتفاع بوته (۳۷ درصد)، تعداد دانه در طبق (۳۹ درصد)، تعداد شاخه فرعی (۹ درصد) و تعداد طبق در بوته (۱۷ درصد) نسبت به رقم گلدشت افزایش نشان داد. درحالی‌که قطر طبق و وزن هزار دانه در رقم گلدشت به‌ترتیب ۱۵ و ۴۷ درصد بیش‌تر از رقم صفه بود. بیش‌ترین عملکرد دانه ۳۲۰۵ کیلوگرم در هکتار در ترکیب تیماری محلول‌پاشی اکسین و نیتروژن به‌صورت سه هزار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با عدم مصرف هورمون و محلول‌پاشی نیتروژن به‌صورت شش در هزار در رقم صفه نداشت. بیش‌ترین مقدار اسیدهای چرب اولئیک، پالمتیک و لینولنیک با کاربرد ترکیبی اکسین و سیتوکنین و محلول‌پاشی سه و شش در هزار نیتروژن مشاهده شد. کاربرد جداگانه اکسین و سیتوکنین میزان لینولئیک و استئاریک را در گلرنگ بهاره در مقایسه با عدم مصرف هورمون افزایش داد که این افزایش در رقم صفه در مقایسه با گلدشت بیش‌تر بود. براساس نتیجه‌گیری نهایی رقم صفه در مقایسه با رقم گلدشت از میزان رشد و عملکرد بیش‌تری برخوردار بود و هم‌چنین تأثیرپذیری مثبت رقم صفه در مقایسه با گلدشت در محلول‌پاشی هورمون‌ها و نیتروژن بیش‌تر بود.

کلیدواژه‌ها: اسیدهای چرب، اکسین، تولید، سیتوکینین، کیفیت روغن.

Effects of Foliar Application of Some Growth Regulators and Nitrogen on Growth, Yield and Oil Quality of Spring Safflower

Saeid Hazrati[1], Amir Reza Sadeghi-Bakhtvari[1*], Davood Kiani[2]
1. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.
2. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bushehr, Iran.
Received: August 15, 2019 Accepted: October 19, 2019

Abstract
The present study aims at evaluating the effects of leaf foliar of growth regulators and nitrogen on growth parameters and yield of spring safflower. To do so it has carried out a research at East Azerbaijan Agricultural Research Center as a factorial experiment based on RCBD (Randomized Complete Block Design) with three replications. The factors include growth regulators in four levels, namely auxin, cytokinin, auxin + cytokinin (wherein the treatment's concentration has been 1000 mg/L), and control (no use of growth regulator, whatsoever), foliar application of nitrogen (3 and 6 per thousand), and two spring cultivars (Soffe and Goldasht). Results show taller plants (17%) and greater number of heads per plant (39%), seeds per head (9%), and lateral stems (37%) for Soffeh cultivar, compared to Goldasht variety. On the other hand, Goldasht cultivar provides the maximum head diameter (15%) and 1000 seed weight (47%), in comparison to Soffeh cultivar. The maximum grain yield is observed for Soffeh cultivar with auxin growth regulator and a concentration of three per thousand foliar application of nitrogen (3205 kg ha $^{-1}$), displaying no significant difference from either the control or the application of three per thousand foliar of nitrogen (3120 kg ha^{-1}). The application of growth regulators has changed the fatty acid composition. The application of auxin + cytokinin as the growth regulator with a concentration of three and six per thousand foliar of nitrogen increase the oleic, palmitic, and linolenic acids. However, the use of auxin and cytokinin separately increase linoleic and stearic acids among the fatty acids, compared to the control, which is higher in Soffeh cultivar than Goldasht. In general, Soffeh cultivar shows higher growth and yield, compared to Goldasht cultivar, indicating the positive effect in foliar application of hormones and nitrogen for the latter.

Keywords: Auxin, cytokinin, fatty acid quality, nitrogen, production.

* نویسنده مسئول Email: sbakhtvari@azaruniv.ac.ir

۱. مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی در حفظ سلامت جامعه دارند (Omidi *et al*., 2010). با توجه به افزایش جمعیت و مصرف سرانه روغن، افزایش عملکرد و سطح زیر کشت دانه‌های روغنی یک امر ضروری است. گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) از دانه‌های روغنی چند منظوره و سازگار به شرایط اقلیمی ایران می‌باشد. میوه گلرنگ به‌صورت فندقه است و ذخیرهٔ روغن در لپه‌ها انجام می‌شود (Ahmadi, & Omidi, 2001). از جمله خصوصیات مطلوب و خاص این گیاه مصارف طبی، صنعتی و غذایی گلبرگ‌های آن، کیفیت بالای روغن دانه و وجود بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع به‌ویژه اسیدچرب لینولئیک و اولئیک، می‌باشد که گلرنگ را به‌عنوان یک گیاه روغنی با ارزش مطرح نموده است (Delshad *et al*., 2018). گلرنگ رتبه هشتم را در بین دانه‌های روغنی از لحاظ سطح زیر کشت دارا می‌باشد. در میان کشورهای تولیدکننده گلرنگ، قزاقستان با داشتن ۳٤/٤۳ درصد سطح زیر کشت جهانی بالاترین سطح زیر کشت را به‌خود اختصاص داده است (FAO, 2017).

سطح زیر کشت گلرنگ در ایران حدود ۱۵۰۳۸ هکتار با متوسط عملکرد ۱٤۸۲/۹ کیلوگرم در هکتار است (MAJ, 2017). از دلایل پایین‌بودن سطح زیر کشت گلرنگ، طولانی‌بودن دوره رشد و پایین‌بودن نسبی عملکرد آن است (Noormohammadi & Ehdai, 1984). تعیین مناسب‌ترین رقم و تغذیه بهینه گیاه در برنامه‌های به‌زراعی به‌منظور دستیابی عملکرد بالا بسیار مهم می‌باشد (Nejad-Shamlo, 1996). انتخاب ارقام مناسب که دارای ویژگی‌هایی همچون عملکرد مطلوب، تحمل شرایط نامساعد محیطی و کارایی بالا در پاسخ به تغذیه دارند، امکان استفاده بهتر از منابع را میسر نموده و موجب توسعه سطح زیر کشت گیاهان و افزایش بازده تولید می‌شود.

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی می‌باشد که به‌طور مستقیم و یا غیر مستقیم بیش‌ترین تأثیر را بر رشد، عملکرد و فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان دارد. با توجه به فصل رشد کوتاه‌تر گلرنگ بهاره و آبیاری با فواصل زمانی کم‌تر و هم‌چنین وجود بارندگی‌های بهاره، شست‌وشوی کودهای نیتروژن در ابتدای رشد گیاه زیاد بوده، بنابراین مصرف کود نیتروژن می‌تواند بر رشد، عملکرد و برخی از خصوصیات فیزیولوژیک و کیفیت روغن در گیاه گلرنگ تأثیر بگذارد (Bohra, 1995; Soleimani, 2008; Abbadi *et al*., 2008). با این وجود رفتارهای فیزیولوژیک گیاهان نسبت به منابع نیتروژن به‌طور کامل متفاوت بوده و به توانایی آن‌ها در جذب و تثبیت آن بستگی دارد (Botella *et al*., 1994). واکنش گلرنگ به نیتروژن در مقایسه با سایر عناصر غذایی بیش‌تر بوده و این ماده غذایی نه تنها بر عملکرد دانه بلکه بر ترکیب آن نیز تأثیرگذار است (Rastgo *et al*., 2014). در برخی مطالعات مشخص شده است که گلرنگ به مصرف نیتروژن با غلظت بالاتر از (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) واکنش مثبتی نشان نداده است (Abdel-Hafiz *et al*., 2019; Strašil and Vorlíček, 2011). در پژوهشی روی گلرنگ رقم زرقان ۲۷۹ مشاهده شد که نیتروژن روی تمامی صفت‌های فیزیولوژیک و شاخص برداشت اثر معنی‌داری داشته است. به‌طوری‌که افزایش مصرف نیتروژن، صفات عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته، شاخص برداشت، ارتفاع بوته و تعداد انشعاب فرعی را به‌میزان چشم‌گیری افزایش داد، ولی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه نداشت (Heidari & Asad, 1998). در پژوهش‌های دیگری نیز افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گلرنگ با مصرف نیتروژن مشاهد شده است (Soleimani, 2008; Gubbles & Dedio, 2004; Sharma & Verma 1975; Abdel-Hafiz *et al*.,

2019). در بررسی‌های Shariatinia (2008) و Soleimani (2008) افزایش مصرف نیتروژن تعداد طبق در گلرنگ را افزایش، ولی تعداد دانه در طبق و وزن صددانه را کاهش داد. در پژوهشی افزایش عملکرد روغن دانه گلرنگ با مصرف نیتروژن مشاهده گردیده است (Gubbles & Dedio, 2004). علاوه بر تغذیه گیاه، هورمون‌های گیاهی نیز از عوامل بسیار مهم برای رشد گیاهان می‌باشند. تمام فرایندهای درون‌سلولی گیاهان به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم تحت تأثیر هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرند (Zand *et al*., 2014; Mahrokh *et al*., 2015).

هورمون‌ها از مهم‌ترین عوامل داخلی تنظیم‌کننده رشد گیاهان زراعی در پاسخ به عوامل محیطی و ژنتیکی هستند. در میان تنظیم‌کننده‌های رشد، اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها نقش مهمی در فعالیت هورمونی در جهت گل‌انگیزی و کنترل رشد گیاه دارد و کاربرد خارجی‌آنها در طول دوره رشد گیاه می‌تواند گلدهی را افزایش داده بر کمیت و کیفیت محصول تولیدی تأثیر بگذارد (Keshavarzi *et al*., 2014). اکسین در برگ‌های جوان و مریستم ساقه تولید می‌شود که به‌روش قطبی به قسمت‌های پایین ساقه منتقل و باعث القای غالبیت انتهایی می‌گردد (Ljung *et al*., 2001). Baydar & Ulger (1998) بیش‌ترین میزان اکسین را در گیاه گلرنگ در طی مرحله آغاز غنچه‌دهی مشاهده کردند و بیان نمودند که اکسین نقش مؤثری در تشکیل غنچه در گیاه ایفا می‌کند. افزایش عملکرد گیاه کتان با کاربرد اکسین در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر مشاهد گردید (Rastogi *et al*., 2013). سیتوکینین‌ها گروه دیگری از تنظیم‌کننده‌های رشد هستند که به نوعی تقسیم سلولی را تحریک می‌کنند و بر خلاف اکسین موجب از بین رفتن غالبیت انتهایی و تحریک ساقه‌های جانبی می‌شوند. سیتوکینین در ریشه ساخته شده و به‌وسیله آوند چوبی به قسمت‌های هوایی منتقل می‌شود (Ahmadi *et al*., 2008). این هورمون سبب توسعه برگ‌ها و اندام‌های تولیدمثلی شده و پیری را به تأخیر می‌اندازد (Osugi & Sakakibara, 2015). براساس یک پژوهش Faizan & Bano (2011) گزارش کردند که سیتوکینین در گیاه گلرنگ به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در طبق، بوته و نیز وزن صددانه را افزایش داد. افزایش در عملکرد دانه و روغن با کاربرد سیتوکینین در کتان (Faizanullah *et al*., 2010)، سویا (Fatima & Bano, 1998) و گلرنگ (Mohammadi *et al*., 2014) نیز گزارش شده است. از این‌رو، هدف از پژوهش حاضر بررسی رشد، عملکرد و کیفیت روغن دو رقم گلرنگ بهاره (صفه و گلدشت) در اثر محلول‌پاشی مواد تنظیم‌کننده رشد و نیتروژن می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی خسروشاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی با مختصات جغرافیایی ٤٦ درجه و دو دقیقه شرقی و ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۳۸ متر از سطح دریا به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۳ در فصل بهار اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل مواد تنظیم‌کننده رشد (A) در چهار سطح شاهد (A1=0)، اکسین (A2=1000 میلی‌گرم در لیتر)، سیتوکینین (A3=1000 میلی‌گرم در لیتر) و اکسین+ سیتوکینین (A4=1000 + 1000 میلی‌گرم در لیتر) بودند. محلول‌پاشی نیتروژن (B) در دو سطح سه در هزار (B1) و شش در هزار (B2) صورت گرفت. ارقام مورد بررسی (C) نیز در رقم صفه (C1) و گلدشت (C2) بودند. ترکیب شیمیایی اکسین به‌کاررفته 8-Hydroxyquinoline و سیتوکینین N-Benzyladenine بودند. محلول‌پاشی هورمون و

نیتروژن به‌صورت همزمان و با شروع ساقه‌روی و در اواخر مرحله گلدهی (۸۰ درصد گلدهی) انجام گرفت. عملیات شخم، تسطیح و کرت‌بندی در اوایل اردیبهشت‌ماه صورت گرفت. طول و عرض کرت‌ها به‌ترتیب پنج و دو و نیم‌متر در نظر گرفته شد. در هر کرت پنج ردیف بذر با عمق سه سانتی‌متر کاشته شد. قبل از اجرای آزمایش، از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه-برداری به‌عمل آمد که برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن شامل بافت لوم سیلتی، pH برابر۷/۸ و هدایت الکتریکی ۲/۱۸ بود و مقدار نیتروژن ۰/۰۱ درصد بود.

۲. ۱. اندازه‌گیری صفات رشدی و عملکرد

بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و متغیرهایی چون ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، تعداد شاخه‌های فرعی، عملکرد دانه مورد ارزیابی واقع شدند. ابزارهای مورداستفاده خط‌کش (برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته)، کولیس (برای اندازه‌گیری قطر طبق) و ترازوی دیجیتال (برای وزن هزاردانه و عملکرد) بودند.

برای اندازه‌گیری درصد روغن نیز از دستگاه سوکسله با حلال آلی هگزان در آزمایشگاه استفاده شد (Horwitz & Latimer, 2005). برای تعیین عملکرد روغن، عملکرد دانه در درصد روغن ضرب گردید.

۲. ۲. آنالیز اسیدهای چرب با کروماتوگرافی گازی (GC)

به‌منظور آنالیز متیل‌استر اسیدهای چرب (لینولئیک، اولئیک، لینولنیک استئاریک و پالمتیک)، از دستگاه گاز کروماتوگرافی مجهز به ستون مویینی سیلیکایی BPX70 (USA, Austin, SGE) با طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۲ میلی‌متر با ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. دمای اولیه ۱۵۸ درجه سانتی‌گراد بود و با افزایش دو درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد رسید و در این دما ۲۰ دقیقه نگهداری شد. دمای دریچه تزریق ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد، دمای آشکارساز ۲٤۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت جریان گاز حامل (هلیم) ۱/۲ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. هم‌چنین روش تزریق به GC به‌صورت Split انجام شد (Azadmard-Damirchi & Dutta, 2008).

۲. ۳. آنالیز آماری

تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد توسط نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت. برای رسم نمودارهای مربوطه نیز از نرم‌افزار اکسل (Excel) استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی

براساس نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس (جدول ۱)، ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفتند. نتایج مقایسه نشان داد که ارتفاع گیاه رقم صفه نسبت به گلدشت، ۳۷ درصد بیش‌تر بود، هم‌چنین رقم صفه نسبت به رقم گلدشت تعداد شاخه فرعی بیش‌تری در بوته ایجاد کرد (جدول ۲). در مطالعه‌ای که بین ارقام مختلف گلرنگ بهاره انجام گرفت نشان داده شد که رقم صفه در مقایسه با گلدشت و سینا ارتفاع بیش‌تری داشت (Pasban Eslam, 2018). در برخی پژوهش‌ها وجود تنوع در صفت تعداد شاخه فرعی برای ارقام گلرنگ را بیان کرده‌اند، از این‌رو، تعداد شاخه فرعی از ویژگی‌های ژنتیکی هر ژنوتیپ می‌باشد (Ghorbanzadeh & Afzal, 2015). در مطالعه‌ای توسط Tahmasebizadeh *et al.* (2010) روی گیاه

گلرنگ ارتفاع بوته تحت تأثیر نیتروژن قرار گرفت، به‌طوری‌که تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۸۸/۹ سانتی‌متر بیش‌ترین ارتفاع بوته را به‌دست آورد. اگرچه در این پژوهش اهمیت اثر نیتروژن بر ارتفاع بوته گزارش گردیده است، اما در مطالعه حاضر اثر محلول‌پاشی نیتروژن بر این صفات معنی‌دار نشد و این رخداد می‌تواند به‌دلیل میزان و شیوه مصرف نیتروژن و مرحله نموی گیاه در زمان کاربرد نیتروژن باشد. به‌نظر می‌رسد ارقام بهاره گلرنگ با ارتفاع بوته بیش‌تر، از پتانسیل عملکرد بالاتری برخوردار باشند و هم‌چنین تغذیه گیاه با نیتروژن در دوره ساقه‌روی بتواند با افزایش ارتفاع بوته، به بهبود عملکرد دانه و روغن منجر شود.

۳. ۲. تعداد طبق، قطر طبق و تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد بین ارقام مورد مطالعه در صفات تعداد طبق، قطر طبق و تعداد دانه در طبق اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت. مقایسه میانگین اثر رقم بر تعداد طبق و تعداد دانه در طبق نشان داد که رقم صفه تعداد طبق و دانه در طبق بیش‌تری تولید کرد که نسبت به رقم گلدشت به‌ترتیب ۳۹ و ۱۷ درصد افزایش داشت (جدول ۲). پژوهشی توسط Ashri *et al.* (2014) روی ۹۳ لاین گلرنگ جمع‌آوری‌شده از نقاط مختلف جهان انجام شد، براساس نتایج این پژوهش متوسط تعداد طبق در این لاین‌های جمع‌آوری‌شده ۲۲/۷ عدد گزارش شد. هم‌چنین در مطالعه تعداد طبق بیش‌تر در رقم صفه در مقایسه با رقم گلدشت بیان شده است (Pasban Eslam, 2018). براساس نتایج مقایسه میانگین رقم گلدشت در مقایسه با رقم صفه قطر طبق (۱۵ درصد) بیش‌تری را در بررسی حاضر نشان داد (جدول ۲). در مطالعه‌ای توسط Pasban Eslam (2018) قطر طبق‌های بیش‌تر در رقم گلدشت در مقایسه با رقم صفه را آشکار شده است که این صفت از ویژگی‌های ریخت‌شناسی این رقم است.

۳. ۳. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد بین ارقام مورد مطالعه در وزن هزاردانه در طبق اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت. مقایسه مقایسه میانگین وزن هزاردانه نشان‌دهنده برتری رقم گلدشت با ٤٥/٤٥ گرم (٤٧ درصد) نسبت به رقم صفه با ۳۰/۷٤ گرم بود (جدول ۲). با توجه به این‌که اثر عامل رقم بر صفات رشدی گیاه گلرنگ در این مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان داد، می‌توان بیان کرد این ارقام انتخاب مناسبی از نظر تنوع صفات جهت مطالعه تأثیرگذاری محلول‌پاشی نیتروژن و تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد و ترکیبات اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده روغن بوده است.

۳. ٤. عملکرد دانه

براساس نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر متقابل سه‌جانبه تنظیم‌کننده‌های رشد در محلول‌پاشی نیتروژن در رقم بر صفت عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار نشان داد. محلول‌پاشی نیتروژن به میزان سه در هزار در شرایط محلول‌پاشی هورمون اکسین در رقم صفه بیش‌ترین میزان عملکرد (۳۲۰۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی نیتروژن به‌میزان شش در هزار (۳۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عدم مصرف هورمون (۳۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) نداشت و برای رقم گلدشت اختلافی بین ترکیب تیماری برای عملکرد را مشاهده نگردید (شکل ۱). نتایج نشان داد که در شرایط استفاده از محلول‌پاشی نیتروژن به‌صورت شش در هزار مصرف و یا عدم مصرف از تنظیم‌کننده‌های رشد (شاهد) عامل ایجادکننده اختلاف برای عملکرد دانه

نیست. نتایج بیانگر نقش مثبت محلول‌پاشی اکسین در افزایش عملکرد رقم صفه در حالت محلول‌پاشی نیتروژن به‌میزان سه در هزار بود. در شرایط استفاده ترکیبی هورمون اکسین و سیتوکینین اختلافی برای عملکرد دانه نسبت به شرایط شاهد مشاهد نشد (شکل ۱). با توجه به کم‌بازده‌بودن خاک محل آزمایش (۰/۰۱ درصد نیتروژن) کاربرد نیتروژن به میزان سه در هزار و هورمون اکسین به‌صورت محلول‌پاشی، ضمن تحریک تقسیم سلولی توسط هورمون، نیتروژن لازم نیز به‌طور مستقیم از طریق اندام هوایی در دسترس جوانه‌ها و گل‌آذین در حال رشد صفه قرار گرفت. نتایج نشان داد توان عملکرد دانه رقم صفه در مقایسه با رقم گلدشت در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن به میزان شش در هزار بالاتر است. با کاربرد محلول‌پاشی اکسین به‌همراه محلول‌پاشی نیتروژن به‌میزان سه در هزار در رقم صفه، عملکردی برابر با رقم صفه محلول‌پاشی اکسین و محلول‌پاشی شش در هزار نشان داد و هم‌چنین در شرایط کاربرد نیتروژن به‌میزان سه در هزار و مصرف هورمون اکسین در رقم صفه عملکردی بیش‌تری در مقایسه با عدم کاربرد هورمون و نیتروژن به‌میزان سه در هزار در رقم صفه (۱۵۱۰ کیلوگرم در هکتار) نشان داد که این رخداد نشان‌دهنده نقش مثبت هورمون اکسین در افزایش عملکرد دانه می‌باشد. با توجه به تفاوت فنولوژی دو رقم مورد مطالعه، کندتر و عقب‌تربودن مراحل رشد گلدشت نسبت به صفه (Ahmadi & Omidi, 2001)، اثرات تیمارهای موردمطالعه روی ارقام متفاوت بود. به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی توأم هورمون اکسین همراه با نیتروژن در مزارع کم‌بازده گلرنگ، بتواند در حصول عملکرد دانه قابل‌قبول، نقش مؤثری داشته باشد. در گزارشی توسط Beech & Norman (2002) مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را با عملکرد ۲۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (نسبت به عملکرد ۱۴۱۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم مصرف نیتروژن) به‌عنوان اقتصادی‌ترین مقدار پیشنهاد کردند.

جدول ۱. میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری‌شده روی گلرنگ بهاره

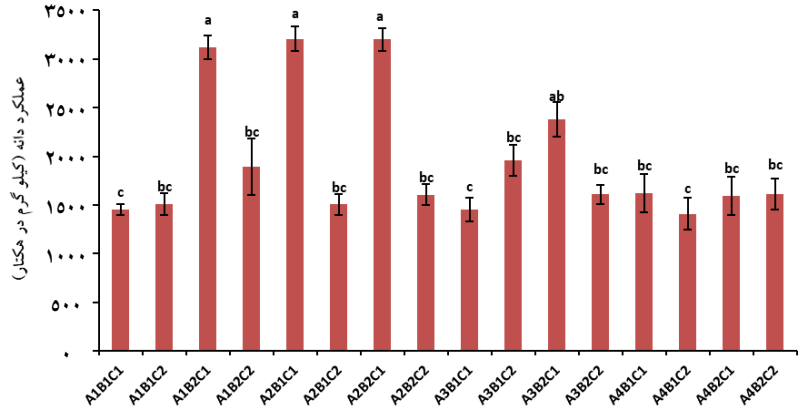
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته	تعداد طبق در بوته	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه	تعداد شاخه فرعی	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲۹۶/۶۶**	۳۱/۴۸**	ns۴/۶۰	۴۹۵/۳۲**	۳/۷۱ ns	۳/۸۹**	۲۵۰۸۱/۹۳ns
تنظیم‌کننده رشد	۳	۷۲/۹۶ns	۰/۶۵ ns	۰/۵۹ ns	۵/۸۱ ns	۲/۴۴ ns	۰/۵۳ns	۱۵۷۱۴۶۵/۴۶**
محلول‌پاشی نیتروژن	۱	۷۸/۸۹ ns	۱/۵۹ ns	۲/۳۴ ns	۰/۹۰ ns	۰/۲۳ns	۰/۱۱ ns	۲۱۷۸۹۹۰/۱۸**
رقم	۱	۴۱۷۱/۲۵*	۱۷۰/۰۶**	۲۱۸/۲۸**	۸۰۰/۳۳**	۲۵۹۸/۵۲**	۵/۴۰**	۴۶۷۳۱۳۶/۰۲**
تنظیم‌کننده رشد × محلول‌پاشی نیتروژن	۳	۲۶/۴۳ns	۹/۱۱ ns	۰/۱۸ns	۱۱۶/۳۰ ns	۳/۱۹ ns	۰/۴۰ ns	۴۸۵۷۸۷/۵۷*
تنظیم‌کننده رشد× رقم	۳	۶۰/۶۳ns	۰/۰۳ns	۳/۸۹ns	۸۵/۷۷ ns	۱/۲۹ ns	۰/۰۷ns	۱۴۵۴۸۰۸/۱۸**
محلول‌پاشی نیتروژن× رقم	۱	۰/۸۶ns	۲/۸۷ns	۰/۴۵ ns	۹/۱۸ns	۰/۱۷ns	۰/۰۳ns	۶۹۳۸۴۲/۵۲*
تنظیم‌کننده رشد × محلول‌پاشی نیتروژن × رقم	۳	۶۱/۵۸ns	۳/۷۵ ns	۴/۰۲ns	۲۳/ ۶۹ns	۰/۷۴ ns	۰/۰۸ns	۷۰۰۹۲۲/۹۱**
اشتباه آزمایش	۳۰	۳۱/۱۹	۴/۸۱	۲/۰۹	۶۶/۵۸	۲/۲۵	۰/۴۷	۱۳۱۷۹۴/۵۶
ضریب تغییرات (٪)		۱۸/۳۴	۹/۴۳	۳/۹۴	۱۴/۵۸	۵	۱۹/۰۹	۱۰/۵۰

*، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

جدول ۲. اثر رقم بر صفات موردمطالعه دو رقم گلرنگ بهاره

رقم	ارتفاع بوته (cm)	تعداد طبق در بوته	قطر طبق (mm)	تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه (gr)	تعداد شاخه فرعی
صفه	٦٨/٩٦ a	١٣/٣٧ a	٢٦/٧٩ b	٦٠/٨٨ a	٣٠/٧٤ b	٧/٦٧ a
گلدشت	٥٠/٣١ b	٩/٦٠ b	٣١/٠٥ a	٥١/٨٨ b	٤٥/٤٥ a	٧/٠٠ b

حروف مشابه در هر ستون نشان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنظیم‌کننده‌های رشد در محلول‌پاشی نیتروژن در رقم بر عملکرد دانه.

حروف مشابه نشان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

A: تنظیم‌کننده‌های رشد (A1: شاهد، A2: اکسین، A3: سیتوکینین، A4: سیتوکینین+ اکسین) B: محلول‌پاشی نیتروژن (B1: سه در هزار، B2: ٦ در هزار) C: رقم (C1: صفه، C2: گلدشت).

۳. ۵. میزان اسیدهای چرب روغن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل دو جانبه محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد در رقم و اثر محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد در نیتروژن و هم‌چنین اثر متقابل سه‌جانبه رقم در محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد و نیتروژن بر میزان ترکیبات اسیدهای چرب گلرنگ بهاره اختلاف معنی‌دار آماری نشان دادند (جدول۳). روغن گلرنگ شامل اسیدهای چرب غیراشباع (لینولئیک و اولئیک) و اشباع (استئاریک و پالمتیک) می‌باشد. مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده ترکیب اسیدهای چرب ژنوتیپ می‌باشد، اما فاکتورهای محیطی نیز در طول پرشدن دانه می‌تواند به‌طور وسیع درصد روغن و اسیدهای چرب روغن را تحت تأثیر قرار دهند (Camas & Esendal, 2006). نتایج نشان داد که محلول‌پاشی نیتروژن و تنظیم‌کنندهای رشد بر میزان لینولئیک اسید در هر دو رقم تأثیر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان این اسید چرب در رقم صفه مربوط به تیمار محلول‌پاشی نیتروژن شش در هزار با کاربرد سیتوکینین و اکسین بود، اما در رقم گلدشت با استفاده از محلول‌پاشی شش در هزار نیتروژن و اکسین حاصل شد. از طرف دیگر کاربرد همزمان سیتوکینین و اکسین میزان این اسید چرب را کاهش داد. بیش‌ترین میزان اولئیک اسید در رقم گلدشت و صفه با کاربرد ترکیبی سیتوکینین و اکسین در محلول‌پاشی نیتروژن سه در هزار حاصل شد و کم‌ترین میزان در رقم صفه و گلدشت با محلول‌پاشی اکسین حاصل شد (جدول٤).

جدول ۳. میانگین مربعات اجزای تشکیل‌دهنده روغن دو رقم گلرنگ بهاره

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد روغن	اسید لینولئیک	اسید استئاریک	اسید پالمتیک	اسید لینولنیک	اسید اولئیک
تکرار	۲	۵/۸۹ ns	۰/۹۴۵ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۱۴۲ ns	۰/۰۲۳ ns	۰/۰۵۴ ns
تنظیم‌کننده رشد	۳	۹/۸۵ ns	۴۱/۸۸**	۶/۴۷۶**	۱۶/۰۸ ns	۰/۹۰۵**	۵۱/۹۴**
محلول‌پاشی نیتروژن	۱	۴/۶۸ ns	۰/۰۳ ns	۱/۰۴۱**	۰/۱۵۵ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۳۳۱ ns
رقم	۱	۱۷/۵۲ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۴۷**	۰/۲۵۲**	۰/۱۰۷ ns
تنظیم‌کننده رشد× نیتروژن	۳	۵/۷۹ ns	۶/۵۶**	۱/۴۴۵**	۲/۱۲**	۰/۲۲۸**	۵/۵۴۶**
تنظیم‌کننده رشد× رقم	۳	۱۲/۹۶ ns	۳/۵۱۹**	۰/۷۷۵**	۲/۹۹**	۰/۱۳۱**	۵/۷۰۸**
نیتروژن× رقم	۱	۲۰/۰۲ ns	۰/۹۲۴**	۰/۰۳**	۱/۱۸**	۰/۰۵ ns	۱/۵۳**
تنظیم‌کننده رشد× نیتروژن× رقم	۳	۶/۲۴ ns	۱/۶۰۹**	۰/۳۶۴**	۱/۰۰۱**	۰/۱۸۶**	۲/۶۲**
اشتباه آزمایش	۳۰	۸/۲۳	۰/۱۰۴	۰/۰۲۵	۰/۰۸۴	۰/۰۲۸	۰/۱۰۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۷/۸	۰/۴۴	۳/۳۶	۳/۷۱	۱۹/۳۹	۲/۷۹

*، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل نیتروژن× تنظیم‌کننده رشد× رقم برای اجزای تشکیل‌دهنده روغن در دو رقم گلرنگ بهاره

رقم	محلول‌پاشی نیتروژن	تنظیم‌کننده رشد	اسید لینولئیک (٪)	اسید استئاریک (٪)	اسید پالمتیک (٪)	اسید لینولنیک (٪)	اسید اولئیک (٪)
صفه	۳ در هزار	شاهد	۷۰/۷۸ f	۴/۳۸ e	۸/۷۸ b	۱/۲۲ abc	۱۳/۶۰ c
	۶ در هزار	شاهد	۷۳/۰۶ d	۴/۳۷ e	۶/۹۹ de	۰/۴۸ ghi	۱۱/۴۰ f
	۳ در هزار	اکسین	۷۲/۹۷ d	۵/۲۰ cd	۷/۵۲ c	۰/۴۳ i	۱۰/۸۸ f
	۶ در هزار	اکسین	۷۴/۸۴ a	۵/۴۰ abc	۶/۷۵ de	۰/۸۳ def	۹/۱۲ h
	۳ در هزار	سیتوکینین	۷۳/۸۲ b	۵/۵۶ ab	۷/۵۶ c	۱/۰۴ bcd	۱۱/۰۵ f
	۶ در هزار	سیتوکینین	۷۴/۹۴ a	۵/۵۷ ab	۶/۶۰ e	۰/۷۳ efgh	۹/۸۷ g
	۳ در هزار	اکسین+ سایتوکینین	۶۹/۲۷ g	۳/۱۸ f	۹/۵۹ a	۱/۳۲ ab	۱۵/۴۴ a
	۶ در هزار	اکسین+ سایتوکینین	۷۱/۳۹ e	۴/۳۷ e	۸/۶۹ b	۱/۴۴ a	۱۳/۱۵ cd
گلدشت	۳ در هزار	شاهد	۷۳/۱۱ d	۴/۴۸ e	۶/۸۹ de	۰/۵۷ fghi	۱۰/۹۷ f
	۶ در هزار	شاهد	۷۳/۲۳ d	۵/۱۵ d	۶/۹۴ de	۰/۴۶ hi	۱۱/۲۱ ef
	۳ در هزار	اکسین	۷۴/۰۶ b	۵/۴۹ ab	۶/۵۶ e	۰/۸۲ def	۹/۲۵ h
	۶ در هزار	اکسین	۷۴/۷۱ a	۵/۶۳ a	۶/۷۴ de	۰/۷۵ efg	۹/۲۳ h
	۳ در هزار	سیتوکینین	۷۲/۶۸ d	۴/۳۳ e	۸/۷۵ b	۰/۸۱ def	۱۲/۷۰ d
	۶ در هزار	سیتوکینین	۷۳/۷۲ bc	۵/۴۹ ab	۷/۵۶ c	۰/۵۹ fghi	۱۱/۷۴ e
	۳ در هزار	اکسین + سایتوکینین	۶۹/۲۰ g	۳/۲۴ f	۹/۸۸ a	۱/۳۳ a	۱۵/۴۰ a
	۶ در هزار	اکسین + سایتوکینین	۷۰/۲۰ f	۴/۳۹ e	۹/۵۹ a	۰/۹۹ cde	۱۴/۵۲ b

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

این نتایج بیان‌کننده یک رابطه معکوس در استفاده از ترکیبات تنظیم‌کننده رشد اکسین و سیتوکنین به‌صورت همراه با هم در مقایسه با کاربرد جداگانه هر کدام از آنها در میزان اسید لینولئیک و اسید اولئیک در گیاه گلرنگ بود، به‌طوری‌که کاربرد جداگانه هورمون‌ها میزان اسید لینولئیک در رقم صفه را در مقایسه با شاهد (عدم مصرف هورمون) افزایش داد و کاربرد ترکیبی آن‌ها افزایش‌دهنده میزان اسید اولئیک بود. رابط معکوس بین میزان اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک در آفتابگردان (Flagella *et al*., 2002) و کلزا (Abdul & Fayyazul, 2006) گزارش شده است. استفاده از محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین به‌صورت جداگانه در ترکیب با محلول‌پاشی نیتروژن میزان استارئیک اسید را در هر دو رقم صفه و گلدشت افزایش داد، اما کاربرد همزمان این دو هورمون برای میزان اختلاف معنی‌داری را باعث نشد، به‌طوری‌که کم‌ترین میزان این اسید چرب با کاربرد همزمان سیتوکینین و اکسین و هم‌چنین محلول‌پاشی نیتروژن سه در هزار به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان پالمتیک اسید و لینولنیک با کاربرد همزمان سیتوکینین و اکسین و هم‌چنین محلول‌پاشی نیتروژن سه در هزار مشاهده گردید (جدول ٤). در یک مطالعه کاربرد اکسین روی جلبک کلرلا[1] باعث کاهش میزان اسید چرب اولئیک و لینولنیک شد اما میزان پالمیتک اسید و استئاریک افزایش پیدا نمود (Jusoh *et al*., 2015). مدیریت‌های زراعی مانند تغذیه، تاریخ کشت و آبیاری می‌توانند بر میزان اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک تأثیرگذار باشند (Flagella *et al*., 2002; Sharifi *et al*., 2017). پژوهش‌گران بیان کرده‌اند که مقدار اسیدهای چرب غیراشباع در گلرنگ به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیطی و تغذیه گیاه در دورهٔ تجمع روغن و نمو دانه قرار می‌گیرند (Hamrouni *et al*., 2001).

٤. نتیجه‌گیری

ارقام انتخابی در این آزمایش دارای تنوع صفات جهت مطالعه تأثیرگذاری محلول‌پاشی نیتروژن و تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد و ترکیبات اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده روغن بود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که رقم صفه بیش‌ترین ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و بیش‌ترین عملکرد دانه را اظهار کرد و رقم گلدشت قطر طبق و وزن هزاردانه بیش‌تری را نشان داد. کاربرد تنظیم‌کننده رشد اکسین در رقم صفه و محلول‌پاشی نیتروژن به میزان سه در هزار سبب افزایش عملکرد این رقم شد و با عملکرد رقم صفه در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن به میزان سه در هزار و بدون استفاده از تنظیم‌کننده رشد اختلاف معنی‌داری‌نشان داد، این رخداد بیانگر نقش محلول‌پاشی تنظیم‌کننده رشد اکسین در افزایش عملکرد ارقام گلرنگ بهاره بود. کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد و محلول‌پاشی نیتروژن ترکیب اسیدهای چرب گلرنگ بهاره را تغییر داد، به‌صورتی‌که کاربرد همزمان اکسین و سیتوکنین با محلول‌پاشی سه و شش در هزار نیتروژن میزان اسیدهای چرب اولئیک، پالمتیک و لینولنیک را افزایش داد و از طرف دیگر کاربرد جداگانه اکسین و سیتوکنین منجر به افزایش بیش‌تر میزان لینولئیک و استئاریک را در ارقام صفه و گلدشت از گلرنگ بهاره شد. این نتایج اظهارکننده تغییرات ترکیبات اسیدهای چرب روغن دانه با مدیریت‌های زراعی می‌باشد و می‌توان جهت رسیدن به کیفیت مدنظر از این ترکیبات تیماری بهره برد.

٥. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

1. *Chlorella vulgaris*

٦. منابع

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*(1-2), 167-180. doi: 10.1007/s11104-008-9569-5

Abdel-Hafiz, M., Abdel-Hafiz, E., & Hassan, A. (2019). Morph physiological traits of safflower as affected by plant densities and nitrogen fertilization. *Journal of Productivity and Development*, *24*(1), 1-14. doi:10.21608/jpd.2019.41319.

Abdul, M., & Fayyazul, H. (2006). Effects of sulphur on fatty acid accumulation in Brassica cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, *5*, 588-592. doi: 1560–8530/2006/08–5–588–592.

Ahmadi, A., Ehsanzadeh, P., & Jabbari, F. (2008). Introduction to plant physiology. Tehran University Press. Tehran, Iran, 498 pp.

Ahmadi, M., & Omidi, H. (2001). *Recognition of safflower and preliminary study of its structure in Iran*. Ministry of Agriculture. Tehran, Iran. 280pp.

Ashri, A., Zimmer, D. E., Urie, A. L., Cahaner, A., & Marni, A. (1974). Evaluate of the world collection of safflower IV. yield and yield components and their relationships. *Crop Science*, *14(6)*, 799-802. doi: 10.2135/cropsci1974.0011183x001400060006x.

Azadmard-Damirchi, S., & Dutta, P.C. (2008). Stability of minor lipid components with emphasis on phytosterols during chemical inter esterification of a blend of refined Olive oil and Palm Stearin. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *85*(1), 13-21. doi:10.1007/s11746-007-1170-1.

Baydar, H., & Ülger, S. (1998). Correlations between changes in the amount of endogenous phytohormones and flowering in the Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Biology*, *22*(4), 421-425.

Beech, D. F., & Norman. M. J. T. (2002). The effect of wet-season land treatment and nitrogen fertilizer on safflower, linseed, and wheat in the Ord River Valley. *Australian Journal of Experiment. Agriculture*, *8*(30), 72-80. http://dx.doi.org/10.1071/ea9680072.

Bohra, J.S. (1995). Effect of nitrogen, plating pattern and population on productivity of safflower+ Indiarape intercropping. *Agronomy*, *51*, 371-373.

Botella, M. A., Cerda, A., Martinez, V., & Lips, S. H. (1994). Nitrate and ammonium uptake by wheat seeding as affected by salinity and light. *Journal of Plant Nutrition*, *17*(5), 839-850. doi:10.1080/01904169409364770.

Camas, N., & Esendal, E. (2006) Estimation of broad-sense heritability for seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Hereditas*. *143*(2006), 55-57. doi:10.1111/j.2006.0018-0661.01914.

Delshad, E., Yousefi, M., Sasannezhad, P., Rakhshandeh, H., & Ayati, Z. (2018). Medical uses of *Carthamus tinctorius* L. (Safflower): a comprehensive review from traditional medicine to modern medicine. *Electronic physician*, *10*(4), 6672-6681. doi:10.19082/6672.

Faizan, U., & Bano, A. (2011). Effect of plant growth regulators on oil yield and biodiesel production of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Brazilian Journal of Plant Physiology*, *23*(1), 27-31. doi: 10.1590/s1677-04202011000100005.

Faizanullah, A., Bano, A., & Nosheen, A. (2010). Role of plant growth regulators on oil yield and biodiesel production of linseed (*linum usitatissimum* L.). *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, *32*(5), 568-671.

FAO. (2017). FAOSTAT. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, Italy.

Fatima, Z., & Bano, A. (1998). Effect of seed treatment with growth hormones and Rhizobium on the oil contents, nitrogen fixation and yield of soybean. *Pakistan Journal of Botany*, *30*(1), 83-86.

Flagella, Z., Rotunnon, T., Tarantino, E., Di Caterina, R., & Decaro, A. (2002). Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annus* L.) hybrids in relation to sowing date and water regime. *European Journal of Agronomy*, *17*(3), 221-230. doi:10.1016/s1161-0301(02)00012-6.

Ghorbanzadeh, M., & Afzal, R. (2015). Evaluation of genetic diversity of Iranian populations and foreign cultivars of safflower (*Carthamus tinctorios* L.) using morphological traits and RAPD molecular markers. *Journal of Molecular and Cellular Research. 28* (1), 94-106 (In Persian)

Gubbles, G. H., & Dedio, W. (2004). Effect of plant density and soil fertility and oil seed safflower genotypes. *Canadian Journal Plant Science*, *66*(3), 521-527. doi:10.4141/cjps86-071.

Hamrouni, I., Salah, H. B., & Marzouk, B. (2001). Effects of water-deficit on lipids of safflower aerial parts. *Phytochemistry*, *58*(2), 277-280. doi: 10.1016/s0031-9422(01)00210-2.

Heidari, S., & Asad, M. T. (1998). Effect of irrigation regimes, levels of nitrogen and plant density on yield of Zarghan 279 cultivar of Safflower in Arsanjan region. *Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding*. *Seed and Plant Improvement Institute of Karaj*, Iran, 485pp.

Horwitz, W., & Latimer, G.W. (2005) *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th Edition, Association of Official Analytical Chemistry International, Maryland, USA.

Jusoh, M., Loh, SH., Chuah, T.S., Aziz, A., & Cha, TS. (2015) Indole-3-acetic acid (IAA) induced changes in oil content, fatty acid profiles and expression of four fatty acid biosynthetic genes in *Chlorella vulgaris* at early stationary growth phase. *Phytochemistry*, *111* (1), 65-71. doi: 10.1016/j.phytochem.2014.12.022.

Keshavarzi, M., Jafari, B., & Bagheri, A. (2014). The evaluation of auxin and gibberellin hormone on quantitative and qualitative characteristicsof forage corn. *Journal of Plant Ecophysiology*, *5*(15), 26-35. (In Persian)

Ljung, K., Bhalerao, R. P., Sandberg, G. (2001). Sites and homeostatic control of auxin biosynthesis in Arabidopsis during vegetative growth. *Plant Journal*, *28*(4), 465-474. doi:10.1046/j.1365-313x.2001.01173. x.

Mahrokh, A., Nabi Pour, M., Roshanfekr Dezfuli, & H., Choukan., R. (2015). The effect of spraying auxine and cytokinine hormones on photosynthetic pigments and leaf proline amino acid in maize hybrid 704 under drought stress condition. *Journal of Plant Process and Function*. *5*(16), 165-179. (In Persian)

MAJ. (2017). *Ministry of Agriculture Jihad*, *Communications and information technology center*. Available at Web sitehttp://amar.maj.ir/ Portal/Home/Default.aspx?

Mohammadi, M., Tavakoli, A., & Saba, J. (2014). Effects of foliar application of 6-benzylaminopurine on yield and oil content in two spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Plant Growth Regulation*, *73*(3), 219-226. doi:10.1007/s10725-013-9882-8.

Nejad-Shamlo, R. A. (1996). *Survey of properties of morphological, physiological and performance of spring safflower at Isfahan*. M. Sc thesis. Islamic Azad University of Isfahan. 120 pp. (In Persian)

Noormohammadi, Gh., & Ehdai. B. (1984). Effects of sowing date on grain yield and other agronomic traits of safflower. *Journal of Agricultural University of Chamran*, 9, 28-42. (In Persian)

Omidi, H., Tahmasebi, Z., Naghdi H., Badi, A., Torabi, H., & Miransari. M. (2010). Fatty acid composition of canola (*Brassica napus* L.), as affected by agronomical, genotypic and environmental parameters. *Comptes Rendus Biologies*, *333*(3), 248-254. doi: 10.1016/j.crvi.2009.10.001.

Osugi, A., & Sakakibara, H. (2015). Q&A: How do plants respond to cytokinins and what is their importance? *BMC Biology*, *13*(1). doi:10.1186/s12915-015-0214-5.

Pasban Eslam, B. (2018). Effect of planting date on reducing growth period of spring Safflower cultivars in Tabriz cold and semi-arid climate. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *15*(4), 851-860. (In Persian)

Rastgo, B., Ebadie, A., & Parmoon, G. (2014). Investigation the effect of using nitrogen on yield and storage compositions of safflower grain (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Physiology Journal*, *6*(21), 102-85. (In Persian)

Rastogi, A., Siddiqui, A., Mishra, B., Srivastava, M., Pandey, R., Misra, P., Singh, M., & Shukla, S. (2013). Effect of auxin and gibberellic acid on growth and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, *13*(2), 136-143. doi:10.1590/s1984-70332013000200006.

Shariatinia, F. (2008). *Effects of nitrogen, boron and sulfur on yield and yield components, seed protein and oil content of safflower, Isfahan native cultivar*. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. 123 pp. (In Persian)

Sharifi, R. S., Namvar, A., & Sharifi, R. S. (2017). Grain filling and fatty acid composition of safflower fertilized with integrated nitrogen fertilizer and biofertilizers. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *52*(4), 236-243. doi:10.1590/s0100-204x2017000400003.

Sharma, K., & Verma, A. (1975). Effect of plant population and row spacing on sunflower agronomy. *Canadian Journal of Plant Science*, *75*, 491-499. doi:10.4141/cjps75-075.

Soleimani, R. (2008). Effects of the amount and timing of nitrogen application on yield and its components in spring safflower. *Iranian Journal of Crop Sciences*. *10*(1), 47-59. (In Persian)

Strašil, Z., & Vorlíček, Z. (2011). 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*, *48*(7), 307-311. doi:10.17221/4368-pse.

Tahmasebizadeh, H., Madani, H., & Naderi-Brojerdi, G. H. (2010). Effect of planting date, plant density and nitrogen levels on growth and essence amount of safflower. *New Findings in Agriculture*. *2*(4), 375-390. (In Persian)

Zand, B., Sorooshzadeh, A., Ghanati, F., & Moradi, F. (2014). Effect of zinc (Zn) and auxin (IBA) foliar application on phytohormonal variation and growth of corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Plant Biology*, *6* (22). (In Persian)