

## ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی زوفا تحت تأثیر کود نیتروژن و تنش گرما (مطالعه موردی: شرایط اقلیمی نیمه گرمسیری جیرفت)

نازیلا ابوسعیدی<sup>۱</sup>، مهرانگیز جوکار<sup>۲</sup>، احمد آیین<sup>۳</sup>، جواد طایبی سمیرمی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۹/۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۹/۸

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشگاه جیرفت

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

۳- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

۴- گروه مهندسی تولیدات گیاهی، دانشکده مهندسی کشاورزی و دامپزشکی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

\*مسئول مکاتبه: Email: m.jokar@ujiroft.ac.ir

### چکیده

اهداف: این پژوهش به منظور بررسی برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی زوفا تحت تأثیر کود نیتروژن و تنش گرما انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. فاکتور اصلی سطوح مختلف کود نیتروژن، صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و فاکتور فرعی شش تاریخ کاشت مختلف به فاصله ۳۰ روز از ۲۵ مهرماه تا ۲۵ اسفندماه در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: افزایش کود نیتروژن در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش طول سرشاخه گلدار (۱۸/۱ درصد)، وزن سرشاخه گلدار (۳۹/۵ درصد)، ارتفاع بوته (۲۰/۱ درصد)، عملکرد زیست‌توده (۴۳/۳ درصد) و عملکرد اسانس کل (۴۷/۲ درصد) در مقایسه با عدم مصرف آن شد. بیشترین عملکرد اسانس کل (۳۶۰۵۱ گرم در هکتار) در تیمار  $T_1N_3$  به دست آمد که ۸۹/۷ درصد نسبت به تیمار  $T_4N_1$  افزایش داشت. افزایش دمای محیط در بازه ۲۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد طول سرشاخه، وزن سرشاخه و زیست‌توده را بصورت خطی کاهش داد، اما کاهش عملکرد اسانس در بازه دمایی فوق به صورت یک تابع کوادراتیک ( $R_2=0.86$ ) برازش داده شد. تنش گرما در تاریخ‌های کشت تأخیری  $T_3$ ،  $T_4$ ،  $T_5$  و  $T_6$  میزان عملکرد اسانس را نسبت به تاریخ کشت  $T_1$  به ترتیب به میزان ۳۰/۵، ۷۰/۳، ۶۶/۴ و ۳۹/۳ درصد کاهش داد.

نتیجه‌گیری: استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش کلیه صفات گردید. برای کاهش تأثیر تنش گرما و حصول عملکرد بهینه در منطقه نیمه گرمسیری جیرفت کاشت گیاه زوفا در دامنه ۲۵ مهرماه تا ۲۵ آبان‌ماه و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تنش گرما، روز فیزیولوژیک، زیست توده زوفا، عملکرد اسانس، کود نیتروژن

## Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of Hyssop (*Hyssopus officinalis*) under Heat Stress and Nitrogen Fertilizer (Case study: Sub Tropical Climatic Condition of Jiroft)

Nazila Abousaeidi<sup>1</sup>, Mehrangiz Jowkar<sup>2\*</sup>, Ahmad Aien<sup>3</sup>, Javad Taei-Semiromi<sup>2,4</sup>

Received: August 3, 2020 Accepted: November 28, 2020

1-MSc of Agroecology, University of Jiroft, Iran.

2- Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Iran.

3-Dept. of Crop and Horticultural Science Research, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran.

4- Department of Plant Production Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Veterinary, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

\*Corresponding Author Email: m.jokar@ujiroft.ac.ir

### Abstract

**Background and Objective:** This study was performed to investigate some quantitative characteristics and quality of hyssop under heat stress and nitrogen fertilizer.

**Materials and Methods:** The experiment was conducted as a split-plot in a completely randomized block design with six planting dates and three replications in 2017-2018. The main factor was different levels of nitrogen fertilizer: 0, 50, 100 and 150 kg.ha<sup>-1</sup> and sub-factor was planting dates between 30-day periods from October 17 to March 25.

**Results:** Increasing nitrogen fertilizer at the level of 150 kg/ha resulted in the increase of 18.1%, 39.5%, 20.1%, 43.3% and 47.2% in flowering top-branch length, flowering top-branch weight, plant height, biomass yield and total essential oil yield, respectively, compared to not consumption. The highest yield of total essential oil (36051 g.ha<sup>-1</sup>) was obtained in T1N4, which was 89.7% higher than T4N1. Increasing ambient temperature in the range of 25–40 °C linearly led to decline of top-branch length, top-branch weight and biomass decreased but decreased essential oil yield in the above temperature range was fitted as a quadratic function (R<sup>2</sup> = 0.86). Heat stress on delayed sowing dates T3, T4, T5 and T6 reduced the essential oil yield compared to the sowing date T1 by 30.5%, 70.3%, 66.4% and 39.3%, respectively.

**Conclusion:** The application of nitrogen fertilizer increased the studied traits. To reduce the effect of heat stress and achieve optimal yield, are recommended the hyssop planted from 25 October to 25 November and are used 150 kg.ha<sup>-1</sup> of nitrogen fertilizer in the subtropical region of Jiroft.

**Keywords:** Essential Oil Yield, Heat Stress, Hyssop Biomass, Nitrogen Fertilizer, Physiological Days

شناخت علمی، کشت، توسعه و بهره‌برداری صحیح می‌توانند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات غیرنفتی داشته باشند (کشفی بناب، ۲۰۰۹).

مقدمه

گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند که در صورت

طول دوره و میزان افزایش دما می‌باشد. وسعت وقوع این تنش در نواحی آب و هوایی مختلف بستگی به احتمال و دوره وقوع افزایش دمای شبانه یا روزانه دارد (وحید و همکاران ۲۰۰۷). بررسی تأثیر تنش‌های محیطی غیرزنده از جمله گرما به عنوان یکی از فاکتورهای مهم زیستی در کاهش کمیت و کیفیت تولید گیاهان دارویی و نقش هورمون‌های تعدیل کننده آثار منفی این گونه تنش‌ها و بهبود کمیت و کیفیت محصول تولیدی می‌تواند گام موثری در جهت بهبود و توسعه گیاهان دارویی محسوب شود (مدرسی و همکاران ۲۰۱۰). در شرایط تنش، یکی از عوامل مهم در برنامه‌ریزی زراعی به منظور حصول عملکرد بالا و با کیفیت مطلوب توجه به تغذیه گیاه است. با اعمال روش صحیح در تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، افزایش کیفیت آب، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی، کارآیی نهاده‌ها را افزایش و تا حدودی اثر منفی تنش را کاهش داد. همچنین با اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه مصرف عناصر غذایی می‌توان هزینه‌های تولید را به حداقل کاهش داد که این امر می‌تواند راهی به سوی کشاورزی اقتصادی و پایدار باشد (قاطع و همکاران ۲۰۱۵). تاریخ کاشت با تأثیر بر رشد، فعالیت‌های متابولیکی، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک گیاهان دارویی تأثیر به‌سزایی بر عملکرد و ترکیبات دارویی دارد. بررسی نیازهای تغذیه‌ای گیاهان دارویی در رسیدن به عملکرد مناسب و اقتصادی این گیاهان نقش به‌سزایی دارد. از جمله این عناصر غذایی مورد نیاز این گیاهان می‌توان به نیتروژن اشاره نمود. نیتروژن، کلیدی‌ترین عنصری است که باعث باروری خاک و تولید محصولات کشاورزی می‌شود و نسبت به سایر عناصر ضروری مقدار بیشتری از آن مورد نیاز است (برنگور و همکاران ۲۰۰۹). تأخیر در تاریخ کاشت مناسب از طریق تغییر در تلاقی مراحل مختلف فنولوژیکی با شرایط متفاوت محیطی، نظیر برخورد با

گیاهان دارویی با توجه به محدودیت منابع آب، خاک و هزینه‌های تولید، تنها با بهینه کردن شرایط آگرواکولوژیک مانند تاریخ کشت و کود نیتروژن می‌توان به عملکرد اقتصادی بهینه دست‌یافت، به عبارت دیگر میزان تولید ماده خشک و اسانس گیاهان دارویی وابسته به مدیریت عوامل محیطی، شرایط کاشت، تاریخ کاشت، کوددهی و زمان برداشت می‌باشد (احمدی و میرزا ۲۰۰۹).

زوفا با نام علمی (*Hyssopus officinalis* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی بومی ایران است. زوفا گیاهی خشبی، چندساله، متعلق به تیره‌ی نعناعیان است (خلیلی و همکاران ۲۰۱۲)، منشاء این گیاه آسیای صغیر گزارش شده (نادری و مدنی ۲۰۱۴)، بخش‌های قابل استفاده‌ی زوفا سرشاخه‌های گلدار، برگ‌ها و بذرها می‌باشند (خلیلی و همکاران ۲۰۱۲). از دم‌کرده پیکره رویشی این گیاه به عنوان یک داروی شفابخش برای درمان بیماری‌های دستگاه تنفس فوقانی مانند سرفه، سیاه سرفه، برونشیت و آسم استفاده قرار می‌شود. اسانس زوفا خاصیت ضدباکتریایی و ضدقارچی داشته و در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی کاربرد فراوان دارد (خلیلی و همکاران ۲۰۱۲؛ قاسمی و همکاران ۲۰۱۳).

تنش‌های محیطی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و نمو و تولید بهینه گیاه در نقاط مختلف جهان می‌باشد. در میان عامل‌های مختلف محیطی، دمای بالا یکی از جدی‌ترین تنش‌ها گزارش شده است. محققان پیش‌بینی می‌کنند که تا آخر قرن حاضر دمای جهانی زمین ۱/۸-۵/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. در اقلیم آینده زمین تغییرات دمایی زیاد بوده و تعداد روزهای گرم افزایش خواهد یافت. بنابراین شدت و مدت و دفعات وقوع تنش گرمایی بیشتر شده و رشد و تولید را بیش از پیش محدود خواهد کرد (فاروق و همکاران ۲۰۱۱). تنش گرما یکی از انواع تنش‌های غیرزنده است که در واقع یک تابع پیچیده‌ای از شدت (درجه حرارت)،

و کاهش غلظت اسانس را در شرایط تنش گرما گزارش کردند. این محققین در پژوهشی دیگر تغییرات اجزای تشکیل دهنده اسانس دو گونه گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* و *Mentha arvensis*) را نیز در شرایط تنش گرما مشخص نمودند (حیدری و همکاران ۲۰۱۹). با این حال مطالعات بسیار اندکی در این زمینه روی گیاهان دارویی در شرایط مزرعه صورت گرفته است لذا به منظور بررسی بیشتر اثر تنش گرما در شرایط مزرعه به برخی تحقیقات گیاهان زراعی نیز اشاره می-شود.

در تحقیقی که روی ارقام گندم در شرایط تنش گرمای آخر فصل اهواز انجام گرفت نتایج نشان داد که، تأخیر در کاشت، افزایش میانگین دمای طول دوره رشد، مواجهه شدن مراحل رشد و نمو با تنش گرمای آخر فصل، باعث کاهش صفات تعداد روز از کاشت تا گردهافشانی، تعداد روز از گردهافشانی تا رسیدگی و کل دوره رشد و نمو گندم شد. کاهش طول دوره‌های فوق موجب کاهش تعداد دانه و وزن هزاردانه گردید که این دو سبب کاهش عملکرد دانه گندم شدند (مشکاتاتی و همکاران ۲۰۱۸). مدحج و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که عملکرد دانه گندم در شرایط تنش گرمای پایان فصل تحت تأثیر میزان نیتروژن مصرفی قرار دارد، به طوری که کاهش میزان نیتروژن باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گندم می‌شود و این صفت در تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به ترتیب ۱۷ و ۳۰ درصد نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کاهش عملکرد دانه داشت. گروهی از پژوهشگران اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد گل گاوزبان در منطقه اهواز را بررسی و بیان کردند که با توجه به تاریخ‌های کشت مورد مطالعه در این بررسی، تاریخ کاشت ۵ آبان‌ماه به دلیل انطباق با شرایط آب و هوایی منطقه اجرای آزمایش و بهره‌برداری بهینه از نهاده‌های تولید، از عملکرد نسبتاً بالاتری برخوردار بود. همزمان با تأخیر در کاشت صفات ارتفاع بوته،

خشکی یا گرمای انتهای فصل و یا در برخی موارد عدم استفاده از بارندگی‌های ابتدای فصل و رطوبت ذخیره شده در خاک موجب کاهش عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن می‌شود (تیمسینا و همکاران ۲۰۰۱). خلیلی و همکاران (۲۰۱۲)، با بررسی سطوح کود نیتروژن (۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و تراکم کاشت (۶، ۸ و ۱۰ بوته در مترمربع) بر رشد و عملکرد اسانس گیاه زوفا گزارش کردند که مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۱۵۴ گرم در مترمربع بیشترین عملکرد اندام دارویی زوفا را تولید نمود. همچنین نتایج بیانگر آن است که تراکم ۱۰ بوته در مترمربع با میانگین ۱۶۵ گرم در مترمربع در گروه نخست و تراکم ۶ بوته در مترمربع با میانگین ۱۰۴ گرم در مترمربع عملکرد اندام دارویی زوفا در گروه آخر جای گرفت.

تنش گرما تأثیرات قابل توجهی بر عملکرد زیست توده و تولید متابولیت‌های ثانویه، تغییر غلظت ترکیبات فنولیک و آنتی اکسیدانت‌ها در گیاهان دارویی دارد (ایسا ۲۰۱۹). تنش گرما تولید گونه‌های مختلف اکسیژن آزاد ( $\text{OH}$ ,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) را در گیاهان تشدید نموده و گیاه را در معرض تنش اکسیداتیو قرار می‌دهد (حیدری و همکاران ۲۰۱۸) در این شرایط گیاه برای اجتناب از تنش اکسیداتیو سطح برخی ترکیبات خاص موثر در مقاومت به تنش مانند متابولیت‌های ثانویه، ترکیبات فنولیک و آنتی اکسیدانت‌ها را افزایش می‌دهد (میتلر ۲۰۰۲). تغییر غلظت میزان اسانس و متابولیت‌های ثانویه در برخی گیاهان دارویی تحت تنش گرما بررسی شده است، فلنچر و همکاران (۲۰۰۵) اثر تنش گرما را بر یکی از گونه‌های نعناع (*Mentha spicata*) بررسی کرده و گزارش نمودند رزمارینیک اسید تحت تأثیر تنش کاهش یافته است. قاسمی و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات اسانس گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) را تحت تنش گرما و تیمار با سالیسیلیک اسید بررسی نمودند حیدری و همکاران (۲۰۱۸) تغییرات نسبت مونوترپن‌ها

خشک<sup>۱</sup> با تابستان‌های بسیار گرم<sup>۲</sup> و زمستان‌های ملایم<sup>۳</sup> است (طایی و همکاران ۲۰۱۵). خصوصیات خاک مزرعه آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر در جدول ۱ آورده شده است.

این تحقیق به صورت اسپیلت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در کرت‌های اصلی مقادیر کود نیتروژن (۰ (N<sub>1</sub>), ۵۰ (N<sub>2</sub>), ۱۰۰ (N<sub>3</sub>) و ۱۵۰ (N<sub>4</sub>) کیلوگرم در هکتار) با منبع کود اوره و در کرت‌های فرعی تاریخ‌های مختلف کاشت (۲۵ مهرماه (T<sub>1</sub>), ۲۵ آبان‌ماه (T<sub>2</sub>), ۲۵ آذرماه (T<sub>3</sub>), ۲۵ دی‌ماه (T<sub>4</sub>), ۲۵ بهمن‌ماه (T<sub>5</sub>) و ۲۵ اسفندماه (T<sub>6</sub>)) قرار داشتند. به منظور بررسی واکنش فنولوژیک گیاه به تغییرات دمایی و طول روز، طیف تاریخ کاشت در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌های فرعی از یکدیگر یک متر و فاصله تکرارها از یکدیگر دو متر بود. پس از انجام عملیات شخم، دیسک و تسطیح، کرت‌بندی انجام گرفت و بذور زوفا در تاریخ کاشت‌های مختلف در ردیف‌هایی به فاصله ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۵ سانتی‌متر روی ردیف کشت شدند. آبیاری مزرعه با توجه به نیاز آبی گیاه و به صورت قطره‌ای انجام شد. صفات مورد بررسی در این آزمایش عبارتند از: طول سرشاخه گلدار (طول سرشاخه از محل انشعاب از شاخه اصلی)، وزن سرشاخه‌های گلدار، ارتفاع بوته زوفا، عملکرد زیست‌توده، درصد اسانس سرشاخه، درصد اسانس برگ و عملکرد اسانس کل بود. برای به دست آوردن ارتفاع بوته، طول سرشاخه گلدار و عملکرد زیست توده کل زوفا، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی و با حذف اثر حاشیه از دو ردیف وسط هر کرت انتخاب و اندازه‌گیری انجام گرفت. جهت محاسبه وزن سرشاخه گلدار پس از جداسازی اجزاء هر بوته، این اجزاء به تفکیک درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شده و به مدت ۴۸ ساعت در

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی کاهش یافتند (حسنوند و همکاران ۲۰۱۸). ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد گل گاوزبان اروپایی گزارش کردند که با تأخیر در تاریخ کاشت عملکرد دانه از ۵۰۵ به ۴۳۰ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش فرهودی و خدارحم‌پور (۲۰۱۷) در بررسی اثر تاریخ کاشت و مصرف کود نیتروژن بر رشد، عملکرد و ترکیبات تشکیل دهنده اسانس رازیانه در شرایط شوشتر نشان داد، که بهترین تیمار جهت افزایش عملکرد و کیفیت اسانس بذر و اندام هوایی گیاه رازیانه در شمال خوزستان تاریخ کاشت ۱۵ آبان و مصرف ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن می‌باشد. کود نیتروژن سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی (۴۴۲ گرم در متر مربع)، درصد اسانس اندام هوایی (۳/۱۴ درصد) و عملکرد اسانس اندام هوایی (۱۳/۹ گرم در متر مربع) گردید. با توجه به اهمیت گیاه دارویی زوفا و مصرف گسترده آن در صنایع مختلف، بررسی نیازهای اکولوژیک آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این تحقیق با هدف بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و تاریخ‌های کاشت مختلف و تعیین تاریخ کاشت مطلوب جهت دستیابی به برخی صفات کمی و کیفی زوفا در شرایط اقلیمی نیمه‌گرمسیری جیرفت اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در درمزرعه‌ی پژوهشی مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی، ۴۷ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۶۲۵/۶ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. اقلیم منطقه بر اساس روش دپائو و همکاران (دی پاوو و همکاران ۲۰۰۸) دارای رژیم رطوبتی

<sup>1</sup> Aridity index <0.2

<sup>2</sup> Very warm summer, T<sub>mean</sub> >30 °C

<sup>3</sup> Cool winter, T<sub>mean</sub> >0 °C

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

نام شاخص	ماده آلی خاک (%)	pH	EC (dS.m <sup>-1</sup> )	پتاسیم (mg.kg <sup>-1</sup> )	نیتروژن (%)	فسفر قابل جذب (mg.kg <sup>-1</sup> )	بافت خاک
مقدار شاخص	۰/۴۹	۶/۹	۱/۸۵	۱۸۰	۰/۰۲	۴۵/۸	Sandy Loam

روز بلند) ضریب حساسیت برای سرعت رشد و نمو کاهش می‌یابد. PP: فتوپریود (محاسبه شده) و PS: پارامتر شاخص فتوپریود می‌باشند. محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار 9.4 SAS انجام شد و برای مقایسه میانگین از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج نشان داد (جدول ۲) اثر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر طول سرشاخه گلدار، وزن سرشاخه گلدار، ارتفاع بوته، عملکرد زیست‌توده، درصد و عملکرد اسانس در سطح احتمال آماری ۱٪ معنی‌داری است. اثر متقابل کود نیتروژن و تاریخ کاشت بر وزن سرشاخه گلدار، عملکرد زیست‌توده و عملکرد اسانس در سطح احتمال آماری ۱٪ ( $p \leq 0.01$ ) و بر صفات طول سرشاخه گلدار و ارتفاع بوته در سطح احتمال آماری ۵٪ ( $p \leq 0.05$ ) دارای اختلاف معنی‌دار بود.

### طول سرشاخه گلدار

بررسی اثر متقابل کود نیتروژن و تاریخ کاشت بر طول سرشاخه گلدار نشان داد (جدول ۳)، بیشترین طول سرشاخه گلدار زوفا در تاریخ کاشت اول با کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن ( $T_1N_4$  و  $T_1N_3$ ) حاصل شده است (۲۹/۲ سانتی‌متر) و در تاریخ کاشت چهارم و عدم مصرف کود نیتروژن ( $T_4N_1$ ) کمترین طول سرشاخه گلدار مشاهده شد (۱۶/۲ سانتی‌متر).

دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شدند و سپس با ترازوی دیجیتالی (مدل AND FX 300 I) با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید. جهت اندازه‌گیری اسانس، گیاهان برداشت شده از یک مترمربع محاسبه شد. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت چهار ساعت و در شرایط کاملاً یکسان انجام شد (آدامس و گرافیس ۲۰۰۱). در این تحقیق شاخص P-Days، که شاخص واحد حرارتی برای مراحل مختلف نموی گیاه می‌باشد (بیشنوی و همکاران ۲۰۱۰) نیز محاسبه گردید این شاخص از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌گردد (سلطانی و همکاران ۲۰۰۶).

(رابطه ۱)

$$PDt = f(T) \cdot f(PP)$$

$f(T)$  عملکرد دمایی و  $f(PP)$  عملکرد فتوپریودی هستند.

$f(T)$  از روابط (۲) بدست می‌آید:

(رابطه ۲)

$$f(T) = (T - T_b) / (T_{o1} - T_b) \text{ if } T_b < T < T_{o1}$$

$$f(T) = (T_c - T) / (T_c - T_{o2}) \text{ if } T_{o2} < T < T_c$$

$$f(T) = 1 \text{ if } T_{o1} < T < T_{o2}$$

$$f(T) = 0 \text{ if } T < T_b \text{ or } T > T_c$$

$T_b$ : دمای پایه،  $T_o$ : دمای بهینه،  $T_{o1}$ : دماهای

کمتر از دمای بهینه،  $T_{o2}$ : دماهای بالاتر از دمای بهینه،

$T_c$ : دمای حداکثر هستند.

$f(PP)$  از روابط (۳) محاسبه می‌شود:

(رابطه ۳)

$$f(PP) = 1 \text{ if } PP > P_c$$

$$f(PP) = 1 - PS \times (P_c - PP)^2 \text{ if } PP < P_c$$

$P_c$  فتوپریود بحرانی که در مقادیر کمتر از آن (در

گیاهان روز کوتاه) و در مقادیر بیشتر از آن (در گیاهان

جدول ۲- میانگین مربعات اثر تاریخ کشت و کود نیتروژن بر برخی صفات کمی و کیفی زوفا

منابع تغییر	درجه آزادی	طول سرشاخه گلدار	وزن سرشاخه گلدار	ارتفاع بوته	عملکرد زیست توده کل	درصد اسانس سر شاخه	درصد اسانس برگ	عملکرد اسانس کل
تکرار	۲	۰/۲۰۴۳ <sup>ns</sup>	۶۶/۰۸ <sup>ns</sup>	۲۳/۴۴ <sup>ns</sup>	۲۴۳۵/۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸۸ <sup>ns</sup>	۸/۵۳ <sup>ns</sup>
نیتروژن	۳	۸۸/۳۳ <sup>**</sup>	۳۵۰۸۰/۷۳ <sup>**</sup>	۴۷۰/۶ <sup>**</sup>	۸۳۱۴۵۶/۹ <sup>**</sup>	۰/۰۳۲ <sup>*</sup>	۰/۰۷۰۴ <sup>**</sup>	۱۵۰۳/۲ <sup>**</sup>
خطای پلات اصلی	۶	۱/۱۸	۴۴۹/۷۹	۱۳/۷	۱۶۸۳۴/۱	۰/۰۱	۰/۰۰۷۷	۲۴/۵۹
تاریخ کاشت	۵	۱۲۱/۵۳ <sup>**</sup>	۴۹۷۱۱/۳۷ <sup>**</sup>	۲۰۶/۸ <sup>**</sup>	۹۰۷۸۵۵/۸ <sup>**</sup>	۰/۱۰۷ <sup>**</sup>	۰/۱۱۳۳ <sup>**</sup>	۲۳۶۲/۸ <sup>**</sup>
نیتروژن × تاریخ کاشت	۱۵	۳/۷۸ <sup>**</sup>	۱۷۳۷/۲ <sup>**</sup>	۴۱/۵ <sup>*</sup>	۳۴۲۱۹/۶ <sup>**</sup>	۰/۰۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴۸ <sup>**</sup>	۶۳/۹۴ <sup>**</sup>
خطا	۴۰	۰/۷۹۷	۳۰۲/۸	۱۸/۶	۵۱۹۰/۳	۰/۰۰۹۳	۰/۰۰۷۷	۱۶/۰۱
ضریب تغییرات (%)	-	۳/۹	۹/۸	۷/۳	۸/۶	۱۰/۵	۱۵/۲	۱۲/۷

<sup>\*\*</sup>، <sup>\*</sup> و <sup>ns</sup> به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی دار می باشد.

### وزن سرشاخه گلدار

با توجه به جدول ۳ بیشترین وزن سرشاخه گلدار زوفا در تاریخ های کاشت ۲۵ مهرماه و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده شد (۳۱۰ گرم در مترمربع) البته اختلاف این تیمار با سطح نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در همین تاریخ کاشت (۳۰۸ گرم در مترمربع) و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در تاریخ کاشت ۲۵ آبان ماه (۲۹۷ گرم در مترمربع) معنی دار نبود. کمترین وزن خشک سرشاخه گلدار در تاریخ کاشت چهارم و سطوح عدم مصرف کود نیتروژن مشاهده شد که کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در این تاریخ کاشت (T<sub>4</sub>N<sub>1</sub> و T<sub>4</sub>N<sub>2</sub>) اختلاف معنی داری نداشت (۵۲/۳ گرم در مترمربع) (جدول ۳).

### ارتفاع بوته زوفا

بررسی اثرات متقابل کود نیتروژن و تاریخ کاشت نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته زوفا در تاریخ کاشت اول و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (T<sub>1</sub>N<sub>4</sub>) اتفاق افتاده است (۷۴/۱ سانتی متر) البته اختلاف آن با تاریخ کاشت اول و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود

نیتروژن (T<sub>1</sub>N<sub>3</sub>) معنی داری نبود (۶۸/۲ سانتی متر) و کمترین آن مربوط به تاریخ کاشت چهارم و عدم مصرف کود نیتروژن (T<sub>4</sub>N<sub>1</sub>) بود (۴۵/۹ سانتی متر) (جدول ۳).

### عملکرد زیست توده کل

اثرات متقابل کود نیتروژن و تاریخ کاشت نشان داد بیشترین مقدار عملکرد زیست توده کل زوفا (۱۴۳۷ گرم در مترمربع) در تاریخ کاشت ۲۵ مهرماه با ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (T<sub>1</sub>N<sub>4</sub>) حاصل شد که با تاریخ کاشت های ۲۵ آبان ماه و ۲۵ آذرماه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (T<sub>3</sub>N<sub>4</sub> و T<sub>2</sub>N<sub>4</sub>) و تاریخ کاشت ۲۵ آبان ماه با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (T<sub>2</sub>N<sub>3</sub>) اختلاف معنی داری نداشت، در تاریخ کاشت ۲۵ دی ماه بدون کاربرد کود نیتروژن (T<sub>4</sub>N<sub>1</sub>) کمترین مقدار این صفت (۲۴۲ گرم در مترمربع) حاصل شد. با تأخیر در کاشت میزان عملکرد زیست توده کل زوفا کاهش قابل ملاحظه ای داشت، به طوری که تأخیر در کاشت از تاریخ کاشت سوم به بعد در تمامی سطوح کود نیتروژن باعث ایجاد کاهش معنی دار در زیست توده شده است. به طوری که در تاریخ کاشت ۲۵ آبان ماه با ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (T<sub>2</sub>N<sub>4</sub>) نسبت به



تاریخ کاشت ۲۵ مهرماه با ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (T<sub>1</sub>N<sub>4</sub>) ۹/۹ درصد کاهش در عملکرد زیست‌توده کل زوفا داشت، این کاهش عملکرد در تاریخ‌های ۲۵ آذرماه، ۲۵ دی‌ماه، ۲۵ بهمن‌ماه و ۲۵ اسفندماه در همین سطح کود نیتروژن به‌ترتیب معادل ۹/۹، ۴۹/۲، ۶۴/۹ و ۱۸/۵ درصد بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری متقابل کود نیتروژن و تاریخ‌های مختلف کاشت بر صفات مورد بررسی گیاه زوفا

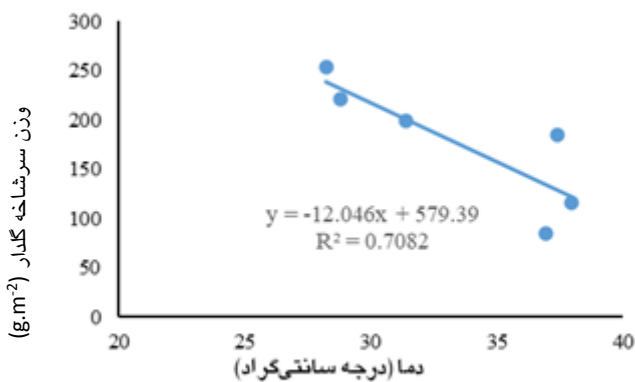
نیتروژن	تاریخ کاشت	طول سرشاخه گلدار زوفا (cm)	وزن سرشاخه گلدار (g.m <sup>-2</sup> )	ارتفاع بوته (cm)	زیست‌توده (g.m <sup>-2</sup> )	درصد اسانس برگ (%)	عملکرد اسانس کل (g.ha <sup>-1</sup> )
N <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	۲۳/۵ <sup>ef</sup>	۱۹۵/۶ <sup>d-f</sup>	۵۳/۴ <sup>g-j</sup>	۹۱۳ <sup>c-e</sup>	۰/۷۲ <sup>b-f</sup>	۱۸۴۰۵ <sup>ef</sup>
	T <sub>2</sub>	۲۲/۱ <sup>fg</sup>	۱۴۷/۱ <sup>gh</sup>	۵۲/۴ <sup>h-k</sup>	۷۸۴ <sup>ef</sup>	۰/۷ <sup>b-f</sup>	۱۴۲۵۴ <sup>f-h</sup>
	T <sub>3</sub>	۲۲/۲ <sup>g</sup>	۱۶۸ <sup>fg</sup>	۵۲/۳ <sup>h-k</sup>	۷۶۲ <sup>fg</sup>	۰/۵۴ <sup>e-h</sup>	۱۵۵۱۶ <sup>fg</sup>
	T <sub>4</sub>	۱۶/۳ <sup>l</sup>	۵۲/۳ <sup>m</sup>	۴۵/۹ <sup>k</sup>	۷۲۴ <sup>l</sup>	۰/۳۸ <sup>hi</sup>	۳۶۸۳ <sup>l</sup>
	T <sub>5</sub>	۱۷/۸ <sup>jk</sup>	۸۳/۴ <sup>jk</sup>	۵۲ <sup>h-k</sup>	۳۸۹ <sup>jk</sup>	۰/۳۵ <sup>i</sup>	۶۳۶۳ <sup>l</sup>
	T <sub>6</sub>	۲۰ <sup>h</sup>	۱۶۹/۴ <sup>fg</sup>	۵۰/۳ <sup>i-k</sup>	۵۵۴ <sup>i</sup>	۰/۴۱ <sup>g-i</sup>	۱۵۶۶۰ <sup>fg</sup>
N <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	۲۳/۸ <sup>e</sup>	۲۰۲/۱ <sup>de</sup>	۶۴/۹ <sup>b-d</sup>	۹۴۳ <sup>cd</sup>	۰/۷۴ <sup>ab</sup>	۲۰۰۲۴ <sup>de</sup>
	T <sub>2</sub>	۲۲/۱ <sup>fg</sup>	۱۸۳/۳ <sup>ef</sup>	۶۲/۵ <sup>b-f</sup>	۷۸۰ <sup>ef</sup>	۰/۸ <sup>a</sup>	۱۷۴۱۸ <sup>e-g</sup>
	T <sub>3</sub>	۱۹/۶ <sup>hi</sup>	۱۶۷/۱ <sup>fg</sup>	۵۴ <sup>g-j</sup>	۸۲۱ <sup>d-f</sup>	۰/۵۹ <sup>b-f</sup>	۱۳۵۵۸ <sup>gh</sup>
	T <sub>4</sub>	۱۷/۱ <sup>kl</sup>	۵۲/۳ <sup>m</sup>	۴۹/۷ <sup>ik</sup>	۳۲۸ <sup>kl</sup>	۰/۵۱ <sup>f-h</sup>	۵۷۹۷ <sup>kl</sup>
	T <sub>5</sub>	۱۹/۲ <sup>h-j</sup>	۱۱۰/۸ <sup>i-k</sup>	۵۹/۷ <sup>d-g</sup>	۵۱۷ <sup>ij</sup>	۰/۵۲ <sup>f-h</sup>	۱۰۲۸۹ <sup>h-j</sup>
	T <sub>6</sub>	۲۱/۹ <sup>fg</sup>	۱۱۸/۷ <sup>h-j</sup>	۵۹/۱ <sup>d-h</sup>	۷۹۰ <sup>ef</sup>	۰/۵۷ <sup>c-g</sup>	۱۰۲۶۸ <sup>h-j</sup>
N <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	۲۹/۳ <sup>a</sup>	۳۰۸/۵ <sup>a</sup>	۶۸/۳ <sup>ab</sup>	۱۲۰۲ <sup>b</sup>	۰/۷۳ <sup>a-c</sup>	۳۶۰۵۱ <sup>a</sup>
	T <sub>2</sub>	۲۵/۶ <sup>cd</sup>	۲۵۷/۵ <sup>b</sup>	۶۴/۵ <sup>b-d</sup>	۱۲۹۳ <sup>ab</sup>	۰/۷۱ <sup>a-e</sup>	۲۷۲۹۹ <sup>c</sup>
	T <sub>3</sub>	۲۴/۶ <sup>de</sup>	۲۱۶/۳ <sup>cd</sup>	۶۳/۴ <sup>b-f</sup>	۱۰۰۰ <sup>c</sup>	۰/۷ <sup>b-f</sup>	۲۰۴۷۹ <sup>de</sup>
	T <sub>4</sub>	۱۸/۳ <sup>i-k</sup>	۹۴/۳ <sup>j-l</sup>	۴۹/۸ <sup>ij</sup>	۶۳۴ <sup>g-i</sup>	۰/۵۴ <sup>e-h</sup>	۸۰۶۷ <sup>i-k</sup>
	T <sub>5</sub>	۲۰/۶ <sup>gh</sup>	۱۳۷/۸ <sup>g-i</sup>	۵۷/۳ <sup>e-i</sup>	۵۹۴ <sup>hi</sup>	۰/۵۶ <sup>d-g</sup>	۱۰۸۶۰ <sup>hi</sup>
	T <sub>6</sub>	۲۳/۸ <sup>e</sup>	۲۰۱/۱ <sup>de</sup>	۶۰/۵ <sup>b-g</sup>	۹۳۶ <sup>cd</sup>	۰/۵۴ <sup>e-h</sup>	۱۸۲۸۸ <sup>ef</sup>
N <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	۲۹/۳ <sup>a</sup>	۳۱۰ <sup>a</sup>	۷۴/۱ <sup>a</sup>	۱۴۳۷ <sup>a</sup>	۰/۷۳ <sup>a-d</sup>	۳۲۳۲۴ <sup>ab</sup>
	T <sub>2</sub>	۲۷/۷ <sup>b</sup>	۲۹۷/۲ <sup>a</sup>	۶۷/۵ <sup>bc</sup>	۱۲۹۴ <sup>ab</sup>	۰/۷۵ <sup>a-f</sup>	۳۱۵۷۳ <sup>b</sup>
	T <sub>3</sub>	۲۶/۳ <sup>bc</sup>	۲۴۳/۳ <sup>bc</sup>	۶۵/۳ <sup>b-d</sup>	۱۲۹۴ <sup>ab</sup>	۰/۵۲ <sup>f-h</sup>	۲۴۰۱۷ <sup>cd</sup>
	T <sub>4</sub>	۱۹/۷ <sup>hi</sup>	۱۲۰/۲ <sup>h-j</sup>	۵۶/۵ <sup>f-j</sup>	۷۳۰ <sup>f-h</sup>	۰/۵۳ <sup>f-h</sup>	۱۰۶۴۴ <sup>hi</sup>
	T <sub>5</sub>	۲۰/۳ <sup>h</sup>	۱۳۰ <sup>hi</sup>	۵۶/۳ <sup>f-j</sup>	۵۰۴ <sup>ij</sup>	۰/۵۴ <sup>e-h</sup>	۱۰۱۳۳ <sup>h-j</sup>
	T <sub>6</sub>	۲۵/۶ <sup>cd</sup>	۲۵۰/۹ <sup>b</sup>	۶۳/۸ <sup>b-e</sup>	۱۱۷۰ <sup>b</sup>	۰/۵۵ <sup>d-h</sup>	۲۳۰۷۵ <sup>d</sup>

N<sub>1</sub>: عدم کاربرد کود نیتروژن، N<sub>2</sub>: ۵۰ کود نیتروژن، N<sub>3</sub>: ۱۰۰ کود نیتروژن، N<sub>4</sub>: ۱۵۰ کود نیتروژن، T<sub>1</sub>: ۲۵ مهرماه، T<sub>2</sub>: ۲۵ آبان‌ماه، T<sub>3</sub>: ۲۵ آذرماه، T<sub>4</sub>: ۲۵ دی‌ماه، T<sub>5</sub>: ۲۵ بهمن‌ماه، T<sub>6</sub>: ۲۵ اسفندماه (حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌داری هستند)

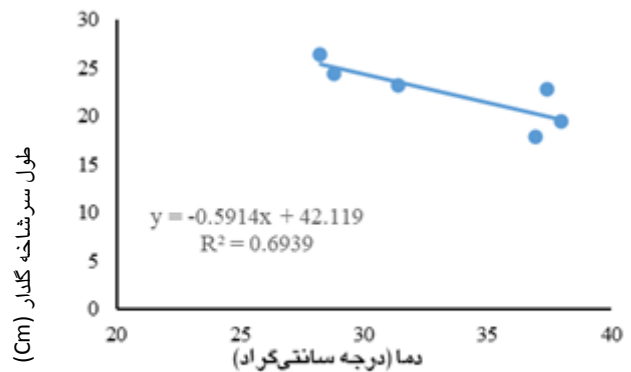


طول سرشاخه گلدار، وزن سرشاخه گلدار و عملکرد زیست توده زوفا مشخص شد. نتایج ارائه شده نشان داد (شکل ۱) رابطه بین طول سرشاخه گلدار با افزایش درجه حرارت محیط (در بازه ۲۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد) به صورت خطی با شیب منفی است ( $R^2=0.69\%$ )، بررسی رابطه افزایش دما (در بازه ۲۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد) در مورد وزن سرشاخه گلدار (شکل ۲) ( $R^2=70\%$ ) نیز حاکی از شیب منفی این شاخص تحت تأثیر دما بود. بر اساس نتایج ارائه شده (شکل ۳) عملکرد زیست توده گیاه تحت تأثیر افزایش دمای محیط (در بازه ۲۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد) به صورت خطی کاهش یافته است ( $R^2=74\%$ ).

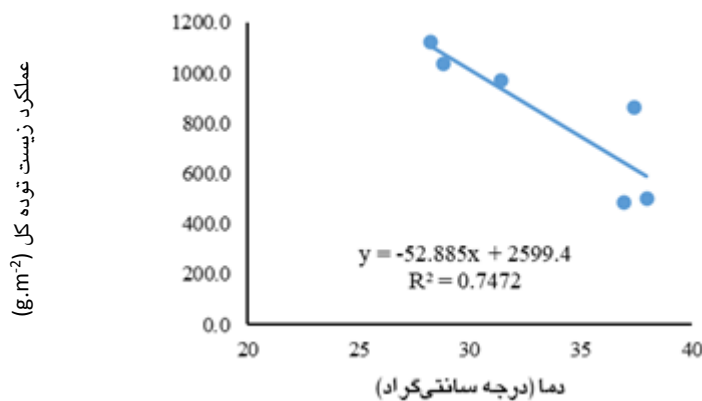
به نظر می رسد کشت مناسب و به موقع زوفا (۲۵ مهرماه تا ۲۵ آبان ماه) سبب همزمانی مراحل رشد رویشی و گلدهی با دمای مناسب گردیده است و در نتیجه باعث افزایش طول و وزن سرشاخه گلدار، ارتفاع بوته و عملکرد زیست توده کل زوفا شده است، به طوری که به تأخیر افتادن تاریخ کاشت (از ۲۵ آبان ماه تا ۲۵ اسفند) باعث مواجه شدن گیاه با درجه حرارت های بالاتر از بهینه قابل تحمل برای این گیاه شد (۳۰ درجه سانتیگراد) و در نتیجه صفاتی مانند ارتفاع بوته، وزن و طول سرشاخه گلدار و مقدار زیست توده مورد بررسی کاهش معنی داری پیدا کردند. میزان تأثیر دما و تنش گرما از طریق بررسی رابطه رگرسیونی بین میانگین دمای محیط در دوره رشد گیاه با صفات



شکل ۲- واکنش وزن خشک سرشاخه گلدار به دمای محیط



شکل ۱- واکنش طول سرشاخه گلدار زوفا به دمای محیط



شکل ۳- واکنش عملکرد زیست توده کل زوفا به دمای محیط

کشت در گیاه دارویی رازیانه (فرهودی و خدارحم‌پور ۲۰۱۷)، بابونه (فرهودی و همکاران ۲۰۱۵) و گلرنگ (طهماسبی‌زاده و همکاران ۲۰۱۰) نیز گزارش شده است. محققین گزارش نمودند که تأخیر در کاشت بابونه سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته و تعداد ساقه جانبی شد، در حالی که مصرف ۱۵ و ۲۰ گرم کود اوره در مترمربع باعث بهبود برخی صفات فیزیولوژیک گردید (فرهودی و همکاران ۲۰۱۵). بررسی تأثیر تنش گرما بر عملکرد و اجزای عملکرد جو در شرایط اهواز که تأخیر در کاشت و به دنبال آن کاهش در طول مراحل نمو فنولوژیک ژنوتیپ‌ها، از یک سو باعث کاهش رشد اندام‌های رویشی و از سوی دیگر باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. همچنین تأخیر در کاشت به‌طور معنی‌داری شمار سنبلچه در سنبله (۳۱ درصد)، شمار دانه در سنبله (۳۶ درصد)، وزن هزاردانه (۷ درصد)، شاخص برداشت (۷ درصد) و عملکرد دانه (۴۲ درصد) را کاهش داد (اورکی و همکاران ۲۰۱۶).

بر اساس نتایج این آزمایش، مصرف سطوح بالاتر کود نیتروژن باعث بهبود برخی صفات کمی گیاه زوفا مانند طول سرشاخه گلدار، وزن سرشاخه گلدار، ارتفاع بوته و عملکرد زیست‌توده به ویژه در تاریخ‌های کشت اول و دوم شده است. افزایش میانگین صفات کمی در این شرایط به دلیل تداخل تأثیر تنش گرما و تغییرات فنولوژیک طول دوره‌ی رویشی و زایشی گیاه در تاریخ‌های مختلف کشت باشد. به‌طوری‌که میانگین صفات ذکر شده در تاریخ‌های کشت اول و دوم که مرحله گلدهی گیاه با شرایط حرارتی مطلوب‌تری مواجه شده، به‌طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ‌های کشت بعدی بود. و از طرف دیگر به نظر می‌رسد افزایش سطح نیتروژن مقاومت به تنش گرما را تا حد قابل توجهی در تاریخ‌های مختلف کاشت بهبود داده است.

به نظر می‌رسد با توجه به حساسیت نسبی گیاه زوفا به طول روز (گلدهی در طول روز بیشتر از ۱۲/۱۵ ساعت) و دمای محیط، کاشت دیر هنگام سبب کاهش دوره رشد رویشی شده، و گیاه زودتر از زمان معمول وارد دوره زایشی می‌گردد. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد شاخص روزهای فیزیولوژیک (تلفیق نیاز فتوپریودی با نیاز حرارتی گیاه) در تاریخ‌های کشت ۲۵ مهرماه و ۲۵ آبان‌ماه تقریباً در یک زمان تأمین شده به‌طوری‌که فاصله زمان گلدهی در دو تاریخ کاشت مذکور کمتر از یک هفته بود (جدول ۴)، همچنین در تاریخ‌های کاشت بعدی نیز تعداد روزهای مورد نیاز برای ورود به فاز گلدهی کاهش یافت به این ترتیب گیاه فرصت کافی برای تولید زیست بیشتر و تولید اندام‌های هوایی بزرگتر نداشته است در نتیجه کاهش معنی‌دار صفاتی مانند ارتفاع و زیست‌توده مشاهده شد، از طرف دیگر مواجه شدن دوره گلدهی با دمای بالا و تنش گرما در تاریخ‌های کشت دیر هنگام (آذرماه و دی‌ماه) باعث کاهش معنی‌دار طول و وزن سرشاخه گلدار شده است. در مورد تاریخ‌های کاشت بسیار دیر هنگام مانند تاریخ‌های کشت بهمن‌ماه و اسفندماه شرایط متفاوت بود، در این شرایط به دلیل این‌که زمان تأمین نیاز روزهای فیزیولوژیک گیاه (تلفیق نیاز فتوپریودی با نیاز حرارتی گیاه) با دمای محیط بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد (شکل ۳) مواجه شده، ورود به فاز زایشی تا زمانی که دمای محیط مجدداً تعدیل شده و روند کاهشی یافته است (شهریور ماه) به تأخیر افتاده است (جدول ۴) در این مدت رشد رویشی نیز افزایش قابل توجهی نداشته بلکه گیاه سعی کرده فقط زیست توده موجود خود را حفظ نماید.

اثر تنش گرمای ناشی از تأخیر در تاریخ کاشت در برخی گیاهان دیگر نیز گزارش شده است: کاهش ارتفاع بوته تحت تأثیر تنش گرمای ناشی از تأخیر در تاریخ

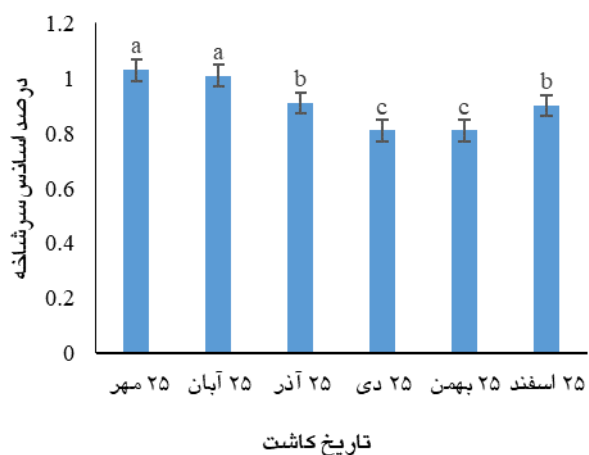
جدول ۴- مراحل فنولوژیک بر اساس مشاهدات آزمایش مزرعه برای روش P-Days در منطقه جیرفت

مرحله فنولوژیک	تاریخ کاشت	زمان شروع تا پایان	دوره رشد (روز بعد از کاشت)	درجه روز رشد روش P-Days
کاشت تا سبز شدن	۱۳۹۶/۰۷/۲۵	۹۶/۰۸/۰۷-۹۶/۰۷/۲۵	۱۲	۰/۷۵
	۱۳۹۶/۰۸/۲۵	۹۶/۰۹/۰۹-۹۶/۰۸/۲۵	۱۴	۳/۴۱
	۱۳۹۶/۰۹/۲۵	۹۶/۱۰/۱۰-۹۶/۰۹/۲۵	۱۵	۴/۶۹
	۱۳۹۶/۱۰/۲۵	۹۶/۱۱/۱۰-۹۶/۱۰/۲۵	۱۵	۰/۱۸
	۱۳۹۶/۱۱/۲۵	۹۶/۱۲/۰۶-۹۶/۱۱/۲۵	۱۱	۰/۸
	۱۳۹۶/۱۲/۲۵	۹۷/۰۱/۰۳-۹۶/۱۲/۲۵	۸	۲
گلدهی	۱۳۹۶/۰۷/۲۵	۹۷/۰۱/۱۶-۹۶/۰۸/۰۷	۱۵۸	۳۵/۰۷
	۱۳۹۶/۰۸/۲۵	۹۷/۰۱/۱۷-۹۶/۰۹/۰۹	۱۲۷	۳۲/۴
	۱۳۹۶/۰۹/۲۵	۹۷/۰۱/۳۰-۹۶/۱۰/۱۰	۱۰۹	۳۶/۴
	۱۳۹۶/۱۰/۲۵	۹۷/۰۲/۰۸-۹۶/۱۱/۱۰	۱۱۹	۲۶/۳
	۱۳۹۶/۱۱/۲۵	۹۷/۰۴/۱۳-۹۶/۱۲/۰۶	۱۲۹	۲۱/۹
	۱۳۹۶/۱۲/۲۵	۹۷/۰۴/۳۰-۹۷/۰۱/۰۳	۱۲۰	۳۹/۱
برداشت	۱۳۹۶/۰۷/۲۵	۹۷/۰۲/۱۵-۹۷/۰۱/۱۶	۳۰	۵۴/۳۸
	۱۳۹۶/۰۸/۲۵	۹۷/۰۲/۲۲-۹۷/۰۱/۱۷	۳۶	۵۳/۳۹
	۱۳۹۶/۰۹/۲۵	۹۷/۰۳/۲۱-۹۷/۰۱/۳۰	۵۳	۵۲/۸۸
	۱۳۹۶/۱۰/۲۵	۹۷/۰۵/۰۷-۹۷/۰۳/۰۸	۶۱	۲۶/۳۸
	۱۳۹۶/۱۱/۲۵	۹۷/۰۵/۲۷-۹۷/۰۴/۱۳	۴۵	۲۱/۹۹
	۱۳۹۶/۱۲/۲۵	۹۷/۰۶/۱۲-۹۷/۰۴/۳۰	۴۴	۳۹/۲۹

مهمی در محافظت از فتوسیسستم II (Photosystem II) داشته‌اند. در پژوهش‌های دیگر تعدیل اثرات مخرب تنش گرما تحت تأثیر مصرف کود نیتروژن را به تولید بیشتر آنتی اکسیدانت‌ها و بهبود مکانیسم‌های کنترل اکسیژن-های آزاد و در نتیجه اجتناب از تنش اکسیداتیو ایجاد شده در اثر تنش گرما نسبت داده‌اند (مدیسی و همکاران ۲۰۰۴؛ وانگ و همکاران ۲۰۱۲). گزارش توافیک و همکاران (۱۹۹۶) حاکی از افزایش معنی‌دار صفات وزن‌تر، وزن خشک و پایداری غشا در گیاهانی بود که در طول دوره تنش گرما تحت تیمار مصرف کود نیتروژن بودند، در این گیاهان نیتروژن در طول دوره تنش گرما به اندازه کافی در منطقه ریزوسفر موجود

وانگ و همکاران (۲۰۱۴) اثر سطوح مختلف کود نیتروژن را بر گیاه بنت گراس (*Agrostis matsumurae*) ارزیابی نمودند و گزارش کردند مصرف ۷/۵ کیلوگرم در هکتار در مدت زمان ۱۴ روز باعث افزایش بقای بیشتر این گیاه در شرایط تنش گرما شد، این محققین مکانیسم افزایش مقاومت به گرما را تولید بیشتر پروتئین‌های شوک حرارتی تحت تأثیر مصرف سطوح بالاتر نیتروژن گزارش کردند. بر اساس نتایج آزمایش وانگ و همکاران (۲۰۰۸)، گیاهانی که تحت تأثیر مقدار بیشتری نیتروژن قابل جذب بودند سطح فعالیت پروتئین‌های شوک حرارتی در کلروپلاست و میتوکندری بیشتر بود، به طوری که این پروتئین‌ها نقش

اسانس سرشاخه زوفا مربوط به تاریخ‌های کاشت اول و دوم (۱/۰۳ و ۱/۰۱ درصد) بود و کمترین میزان درصد اسانس سرشاخه در تاریخ‌های کاشت ۲۵ دی‌ماه و ۲۵ بهمن‌ماه (۰/۸۱ درصد) حاصل شد. تاریخ کاشت ۲۵ دی‌ماه نسبت به تاریخ کاشت ۲۵ مهرماه ۲۱/۳ درصد کاهش در میزان درصد اسانس سرشاخه داشت، این کاهش میزان درصد اسانس سرشاخه در تاریخ‌های ۲۵ آذرماه، ۲۵ بهمن‌ماه و ۲۵ اسفندماه به ترتیب معادل ۱۱/۶، ۲۱/۳ و ۱۲/۶ درصد بود (شکل ۴). نتایج حاصل از اثر کود نیتروژن بر درصد اسانس زوفا (شکل ۴) نشان داد کاربرد کود نیتروژن در تمامی سطوح نسبت به عدم کاربرد کود (شاهد) اختلاف معنی‌داری دارند. به طوری که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن نسبت به عدم کاربرد کود باعث افزایش ۸ درصدی در شاخص درصد اسانس سرشاخه زوفا شد (شکل ۵).



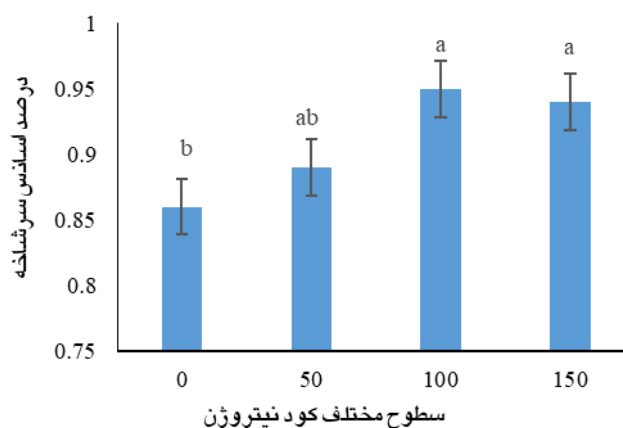
شکل ۵- تأثیر تاریخ کاشت‌های مختلف بر روند تغییرات درصد اسانس سرشاخه

اسانس برگ در تاریخ کاشت پنجم و عدم مصرف کود نیتروژن ( $T_5N_1$ ) به دست آمد (۰/۳۵ درصد). با توجه به نتایج جدول ۳، تاریخ کاشت اول و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن ( $T_1N_3$ ) بیشترین عملکرد اسانس کل زوفا را دارا بود (۳۶۰۵۱ گرم در هکتار) که با تاریخ

بود. مصرف کود نیتروژن باعث بهبود فعالیت سیستم‌های فتوسنتزی در گیاه ذرت تحت تنش گرما شد (لیو و همکاران ۲۰۰۷). مصرف برگی کود نیتروژن در برخی گیاهان خانواده چمنی در شرایط تنش گرما باعث بهبود رشد و نمو گیاه و افزایش فعالیت آنتی-اکسیدان‌ها در این گیاهان شد (فو و هوانگ ۲۰۰۳؛ ژاو و همکاران ۲۰۰۸). بنابراین اثر کود نیتروژن بر بهبود صفات کمی گیاه در شرایط تنش گرما می‌تواند ناشی از برخی مکانیسم‌های بیوشیمیایی مانند تولید بیشتر پروتئین‌های شوک حرارتی، بازسازی سریع‌تر و محافظت بیشتر سیستم‌های فتوسنتزی، اجتناب از تنش اکسیداتیو و بهبود پایداری غشاهای سلولی در این شرایط باشد.

#### تغییرات درصد و عملکرد اسانس

نتایج حاصل از اثر تاریخ کشت بر شاخص درصد اسانس زوفا (شکل ۴) نشان داد بیشترین درصد



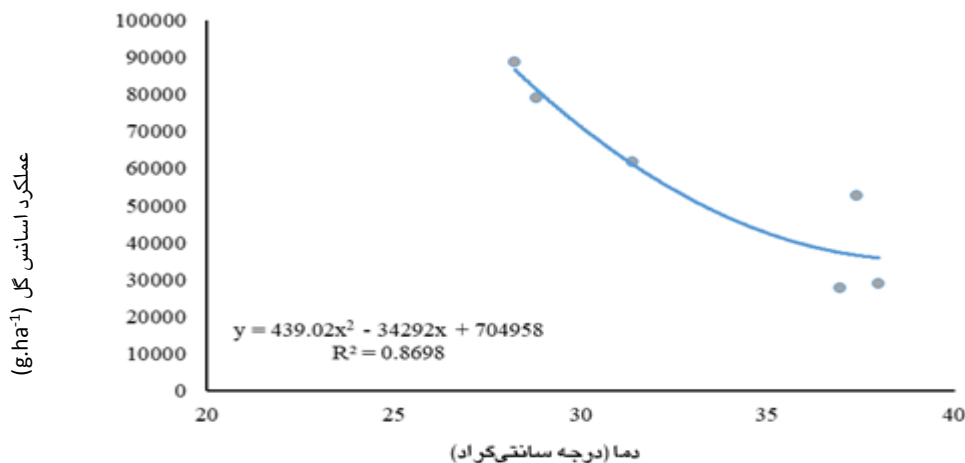
شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر روند تغییرات درصد اسانس سرشاخه

بررسی اثرات متقابل سطوح کود نیتروژن و تاریخ کاشت بر تغییرات درصد اسانس برگ زوفا (جدول ۳) نشان داد که بیشترین درصد اسانس برگ زوفا در تاریخ کاشت دوم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن ( $T_2N_2$ ) مشاهده شد (۰/۸ درصد) و کمترین درصد

گردیده و در نتیجه باعث کاهش معنی‌داری عملکرد زیست توده شده بنابراین میزان اسانس کل کاهش یافته است. به منظور بررسی میزان اثر افزایش دمای محیط تحت تاثیر تاریخ های کاشت بر عملکرد اسانس زوفا رابطه‌ی رگرسیونی بین میانگین دمای محیط در دوره آزمایش و عملکرد اسانس کل بررسی شد (شکل ۶)، نتایج نشان داد اثر تغییرات افزایش دمای محیط (در بازه ۲۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد) بر عملکرد اسانس کل زوفا با یک تابع غیر خطی پلی نومیال درجه دوم (تابع کوادراتیک) برازش داده شده است ( $R^2=86\%$ ).

کاشت‌های اول و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن ( $T_1N_4$ ) اختلاف معنی‌داری نداشت (۳۲۳۲۴ گرم در هکتار) و مقدار عملکرد اسانس کل در تاریخ کاشت چهارم و عدم مصرف کود نیتروژن ( $T_4N_1$ ) نسبت به سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری کمتر بود (۳۶۸۳ گرم در هکتار) (جدول ۳).

با توجه به اینکه عملکرد اسانس تابع دو عامل عملکرد زیست توده و درصد اسانس است به تأخیر افتادن تاریخ کاشت باعث مواجه شدن گیاه با درجه حرارت‌های بالاتر از حد بهینه قابل تحمل برای این گیاه



شکل ۶-واکنش عملکرد اسانس کل زوفا به دمای محیط

شکل ۶-واکنش عملکرد اسانس کل زوفا به دمای محیط

هوایی شمال خوزستان منجر به کاهش رشد و عملکرد اسانس این گیاه دارویی شده است. بهترین تیمار جهت افزایش عملکرد و کیفیت اسانس بذر و اندام هوایی گیاه رازیانه در شمال خوزستان تاریخ کاشت ۱۵ آبان و مصرف ۱۲۵ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن بود. سایر محققین نیز تأثیر تأخیر در تاریخ کشت و تنش گرما بر کاهش میزان اسانس در مورد گیاهان بابونه (فرهودی و همکاران ۲۰۱۵)، زوفا (نادری‌بروجردی و مدنی

بر اساس این نتایج بیشترین عملکرد اسانس در محدوده ۲۵-۲۸ درجه و کمترین آن در دامنه ۴۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. همچنین شیب خط مماس بر منحنی نیز با افزایش درجه حرارت محیط روند کاهشی دارد. به‌طور کلی افزایش دمای محیط، عملکرد اسانس را به صورت نمایی کاهش داده است.

فرهودی و خدارحم‌پور (۲۰۱۷) در بررسی تاریخ کاشت و مصرف کود نیتروژن بر گیاه رازیانه گزارش کردند که تأخیر در کشت گیاه رازیانه در شرایط آب و

مشاهده شده می‌تواند به عنوان یک مکانیسم بقاء در نظر گرفته شود، به طوری که در این شرایط گیاه مسیر سنتز برخی اسانس‌ها و یا متابولیت‌های خود را به سوی سنتز ترکیبات حفاظتی در برابر تنش گرما تغییر می‌دهد (عیسی و همکاران ۲۰۱۹)، اغلب گیاهان سنتز انواع پروتئین‌های شوک حرارتی را افزایش می‌دهند و از آن‌ها برای حمایت از فتوسنتزها و اندامک‌های فتوسنتزی استفاده می‌کنند (ادروا و همکاران ۱۹۹۸؛ وانگ و همکاران ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴) یا این‌که تولید انواع آنتی‌اکسیدانت‌ها را برای اجتناب از تنش اکسیداتیو افزایش می‌دهند (ادروا و همکاران ۱۹۹۸؛ میتلر ۲۰۰۲؛ هی و همکاران ۲۰۰۵؛ حیدری و همکاران ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹) در برخی موارد با افزایش اسمولایت‌ها در سلول‌های برگ از اتلاف آب برگ در اثر افزایش تعرق ناشی از گرما ممانعت کرده و از میزان آب نسبی برگ و تورژسانس طبیعی سلول‌ها محافظت می‌نمایند (لاتفا ۱۹۹۵؛ صلاح و تاردیو ۱۹۹۶؛ حیدری و همکاران ۲۰۱۹).

### نتیجه‌گیری

تأخیر در تاریخ کاشت گیاه زوفا از ۲۵ آبان ماه به بعد به دلیل کاهش طول دوره رویشی، مواجه شدن دوره زایشی با تنش گرما و کاهش تولید و تجمع اسانس تحت تأثیر تنش گرما (در بازه ۲۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد) باعث کاهش صفات طول سرشاخه گلدار، وزن سرشاخه گلدار، ارتفاع بوته، عملکرد زیست‌توده زوفا و عملکرد اسانس کل گیاه شد. استفاده از کود نیتروژن بر تمام صفات اندازه‌گیری شده در تاریخ‌های کاشت مختلف اثر مطلوبی نشان داد. بنابراین با توجه به یافته‌های این مطالعه می‌توان پیشنهاد نمود کاشت گیاه زوفا در مناطق با اقلیم نیمه گرمسیری (اقلیم نیمه خشک، با زمستان خنک و تابستان بسیار گرم) مانند جیرفت در دامنه ۲۵ مهرماه تا ۲۵ آبان ماه سبب هم‌زمانی مراحل رشد رویشی و گلدهی با دمای مناسب

(۲۰۱۴) و زنیان (طباطبایی و شاکری ۲۰۱۷) را تأیید نموده‌اند.

پژوهش‌های انجام شده روی درصد اسانس و عملکرد اسانس در گیاه نعنای فلفلی نشان داد تنش گرما باعث کاهش معنی‌دار عملکرد منتول و منتون گردیده است (حیدری و همکاران ۲۰۱۸)، در پژوهشی دیگر که این محققین (حیدری و همکاران ۲۰۱۹)، روی دو گونه (*Mentha piperita* و *Mentha arvensis*) نعنای در شرایط تنش گرما انجام دادند تأثیر منفی تنش گرما بر مقدار تولید اسانس در این گیاهان را تأیید نمود، این محققین اجزای اسانس و مسیر سنتز یا تولید اسانس را در شرایط تنش گرما بررسی نمودند و گزارش کردند تنش گرما از طریق کاهش فعالیت آنزیم pulegone reductase که مسئول تبدیل pulegone به منتون است باعث کاهش تولید منتون و منتون می‌گردد.

در آزمایشی دیگر که قاسمی و همکاران (۲۰۱۶ a) با استفاده از تاریخ‌های کشت تاخیری در منطقه برازجان بوشهر، اثر تنش گرما را بر تغییرات اسانس گیاه دارویی بابونه بررسی نمودند و گزارش کردند تنش گرما غلظت کلروفیل را کاهش داده اما بر غلظت اسانس تأثیر معنی‌داری نداشته است. این محققین برای بررسی دقیق‌تر تأثیر تنش گرما در پژوهشی دیگر (قاسمی و همکاران ۲۰۱۶ b) اجزای اسانس را با استفاده از تکنیک GC-MS تفکیک نمودند، نتایج نشان داد تنش گرما اجزای تشکیل دهنده اسانس مانند آلفابیسابولول را کاهش و برخی اجزا مانند گامازولین را افزایش داده است، در برخی اجزای تفکیک شده اسانس، تأثیر تنش بیشتر مشهود بود و در برخی ترکیبات تغییرات معنی‌دار نبود. بنابراین به نظر می‌رسد کاهش غلظت اسانس و عملکرد آن که در بسیاری از گیاهان مانند زوفا (نادری‌بروجردی و مدنی ۲۰۱۴)، نعنای فلفلی (حیدری و همکاران ۲۰۱۸)، رازیانه (فرهودی و خدارحم‌پور ۲۰۱۷)، بابونه (قاسمی و همکاران ۲۰۱۶) و زنیان (طباطبایی و شاکری ۲۰۱۷) که در شرایط تنش گرما

اسانس سرشاخه، درصد اسانس برگ و عملکرد اسانس کل گردید.

#### سپاسگزاری

بدین وسیله از تمامی مساعدتهای مرکز تحقیقات کشاورزی و آموزش و منابع طبیعی جنوب استان کرمان جهت فراهم نمودن امکانات مورد نیاز برای اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می گردد.

شده که در نتیجه آن بیشترین عملکرد زیست توده و همچنین بیشترین مقدار عملکرد سرشاخه گلدار و در نهایت بیشترین عملکرد اسانس حاصل گردید. شاخص عملکرد اسانس در اثر افزایش دما در بازه ۲۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد (در تاریخهای کشت تأخیری) به صورت نمایی کاهش یافت. همچنین، در بین سطوح مختلف کود نیتروژن کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در دامنه تاریخهای بهینه کاشت باعث افزایش معنی دار صفات طول سرشاخه گلدار، وزن سرشاخه گلدار، ارتفاع بوته زوفا، عملکرد زیست توده، درصد

#### منابع مورد استفاده

- Adams MW and Grafius JE. 2001. Yield compensation alternative interperation. Crops Sciences, 11: 33-35.
- Ahmadi L and Mirza M. 2009. The effect of the different stages of growth and harvest time on the chemical composition of essential oil of *Salvia nemorosa* L. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 3(2): 93-99.
- Berenguer P, Santiveri F, Boixadera J and Lloveras J. 2009. Nitrogen fertilization of irrigated maize under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy, 30: 163-171.
- Bishnoi OP. 2010. Applied agroclimatology. Oxford book company. Jaipur, India. pp540.
- De Pauw E, Mirghasemi A, Ghaffari and Nseir B. 2008. Agro ecological zones of Karkheh River Basin: A reconnaissance assessment of climatic and edaphic patterns and their similarity to areas inside and outside the basin. Technical Report, ICARDA, 96pp.
- Ebrahimi A, Moaveni P and Aliabadi Farahani H. 2010. Effects of planting dates and compost on mucilage variations in borage (*Borago officinalis* L.) under different chemical fertilization systems. International Journal Biotechnology Molecular Biology Research, 1(5): 58-61.
- Edreva A, Yordanov I, Kardjjeva R and Gesheva E. 1998. Heat shock responses of bean plants: involvement of free radicals, antioxidants and free radical/ active oxygen scavenging systems. Biologia Plantarum, 41:185-191.
- Farhoudi R and Khodarahmpour Z. 2017. The Effect of Sowing Date and Nitrogen fertilizer on Growth, Essential Oil and Essential Oil Compounds of Fennel (*Foeniculum vulgare*) under Shoushtar Condition. Iranian Journal of Field Crops Research, 15 (4): 811-822. (In Persian).
- Farhoudi R, Fateh E and Rahnama-Ghahfarokhi A. 2015. The Effect of Sowing Date and Different Urea Fertilizer Levels on Quality and Quantity of Chamomile (*Matricaria recutita*, Perso genotype) in Shoushtar Climate Condition. Iranian Journal of Field Crops Research, 13(2): 248-255. (In Persian).
- Farroq M, Bramley H, Palta JA and Siddique KHM. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain filling phases. Critical Reviews in Plant Sciences, 30:1-17.
- Fletcher RS, Slimmon T, McAuley CY and Kott LS. 2005. Heat stress reduces the accumulation of rosmarinic acid and the total antioxidant capacity in spearmint (*Mentha spicata* L). Journal of Science of Food and Agriculture, 85: 2429-2436.



- Fu JM and Huang BR. 2003. Effects of foliar application of nutrients on heat tolerance of creeping bentgrass. *Journal of Plant Nutrition*, 26: 81–96.
- Ghasemi AA, Hamidi H, Arves J and Masomi A. 2013. Effects of salinity and temperature on germination of Hyssop. *Journal of Crops Improvement*, 15(3): 155-169. (In Persian).
- Ghasemi M, Babaeian Jelodar N, Modarresi M, Bagheri N and Jamali A. 2016a. Increase of Chamazulene and  $\alpha$ -Bisabolol Contents of the Essential Oil of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) Using Salicylic Acid Treatments under Normal and Heat Stress Conditions. *Foods*, 2016, 5, 56.
- Ghasemi M, Modarresi M, Babaeian Jelodar N, Bagheri N and Jamali A. 2016b. The Evaluation of Exogenous Application of Salicylic Acid on Physiological Characteristics, Proline and Essential Oil Content of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under Normal and Heat Stress Conditions. *Agriculture*, 2016, 6, 31.
- Ghatei A, Bakhshandeh A, Abdali Mashhadi A, Siadat SA, Alami Saeid Kh, Gharineh M. 2015. Effect of Different Nitrogen Levels and Cytokinin Foliar Application on Yield and Yield Components of Wheat at Terminal Heat Stress Conditions in Ahwaz. *Journal of Crop Production and Processing*, 5 (16): 97 – 107. (In Persian).
- Hasanvand H, Siaadat SA, Bakhshandeh AM, Moradi Telavat MR and Poshdar A. 2018. Evaluation of yield and some physiological characteristics of borage (*Borago officinalis* L.) under plant density and sowing dates in Ahwaz region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 34(1): 1-16. (In Persian).
- Heydari M, Maresca V, Rigano D, Taleei A, Shahnejat-Bushehri AA, Hadian J, Sorbo S, Guida M, Manna C, Piscopo M, Notariale R, De Ruberto F, Fusaro L and Basile A. 2019. Salicylic Acid and Melatonin Alleviate the Effects of Heat Stress on Essential Oil Composition and Antioxidant Enzyme Activity in *Mentha piperita* and *Mentha arvensis* L. *Antioxidants*, 2019, 8, 547.
- He Y, Liu Y, Cao W, Huai M, Xu B and Huang B. 2005. Effects of Salicylic Acid on Heat Tolerance Associated with Antioxidant Metabolism in Kentucky Bluegrass. *Crop Science*, 45: 988–995.
- Heydari M, Zanfardino A, Taleei A, Bushehri AAS, Hadian J, Maresca V, Sorbo S, Napoli MD, Varcamonti M and Basile A. 2018. Effect of Heat Stress on Yield, Monoterpene Content and Antibacterial Activity of Essential Oils of *Mentha x piperita* var. Mitcham and *Mentha arvensis* var. piperascens. *Molecules*, 2018, 23, 1903.
- Isah T. 2019. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biological Research*. 29;52(1):39. doi: 10.1186/s40659-019-0246-3. PMID: 31358053; PMCID: PMC6661828.
- Kashfi Bonab, A.R., 2009. The relative economic advantage of cultivating and trading medicinal plants in Iran and its value in global markets. *Green Life Journal*, 2(6-5): 48-36.
- Khalili H, Daneshian J, Madani H, Naderi Broujerdi Gh and Chegini M. 2012. The effect of nitrogen fertilizer and plant density on growth and yield of hyssop (*Hyssopus officinalis*) essential oils. *Science Research Quarterly Journal*, 6(4): 221-229. (In Persian).
- Lafta MA and Lorenzen JH. 1995. Effect of high temperature on plant growth and carbohydrate metabolism in potato. *Plant Physiology*, 109: 637-643.
- Liu H, Baldwin CM, Luo H and Pessaraki M. 2007. Enhancing Turfgrass Nitrogen Use under Stresses. In: Pessaraki M, *Handbook of Turfgrass Management and Physiology*. New York: Taylor and Francis. pp. 555–599.
- Medici LO, Azevedo RA, Smith RJ and Lea PJ. 2004. The influence of nitrogen supply on antioxidant enzymes in plant roots. *Functional Plant Biology*, 31: 1–9.
- Mittler R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Science*, 7:405–410.
- Modarresi M, Mohammadi V, Zali A and Mardi M. 2010. Response of wheat yield and yield related traits to high temperature. *Cereal Research Communications*, 38: 23-31. (In Persian).

- Modhej A, Emam Y and Ayeneband A. 2012. Effect of Nitrogen Levels on Source Restriction and the Pattern of Assimilate Redistribution to Grains in Wheat Genotypes under Post-Anthesis Heat Stress Conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(3): 474-485. (In Persian).
- Moshatai A, Ataollah Siadat S, Bakhshandeh A and Jalal-Kamali MR. 2018. The effect of growth and development periods on grain yield of spring bread wheat under terminal heat stress in Ahwaz. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(1): 197-209. (In Persian).
- Naderi Gh and Madani H. 2014. The assessment effects of NPK fertilizer on vegetative growth and essential oil of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Science Research Quarterly Journal*, 8(4): 356-361. (In Persian).
- Oraki A, Siahpoosh MR, Rahnama A and Lakzadeh I. 2016. The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) in Ahvaz weather conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 47(1): 29-40. (In Persian).
- Salah HBH and Tardieu F. 1996. Quantitative analysis of the combined effects of temperature, evaporative demand and light on leaf leaf elongation rate in well watered field and laboratory grown maize plants. *Journal of Experimental Botany*, 47: 1689-1608.
- Soltani A, Hammer GL, Torabi B, Robertson MJ and Zeinali E. 2006. Modeling chickpea growth and development: phenological development. *Field Crops Research*, 99: 1-13.
- Tabatabaei SA and Shakeri E. 2017. Effect of Plant Density and Nitrogen Fertilizer on Morphological Traits, Seed and Essential Oil Yield and Essential Oil Content of Ajowan (*Carum copticum* L.). *Journal of Horticulture Sciences*, 30(4): 651-660. (In Persian).
- Taei-Semiromi, J., Mirbagheri. V and Amiri, A. 2015. Agroclimatic zoning of Kerman province for production potato. *Research report*, 120 Pp. (In Persian).
- Tahmasbizadeh H, Madani H and Naderi Broujerdi GH. 2010. The effect of sowing date, plant density and different levels of nitrogen on the growth traits and rate of essence in medicine safflower. *Science Research Quarterly Journal*, 4(4): 370-386. (In Persian).
- Tawfik AA, Kleinhenz MD and Palta JP. 1996. Application of calcium and nitrogen for mitigating heat stress effects on potatoes. *Americam Potato Journal*, 73: 261-273.
- Timsina T, Singh U, Badaruddin M, Meisner C and Amin MR. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. *Field Crops Research*, 72: 143- 161.
- Wahid A, Gelani S, Ashraf M and Foolad MR. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61:199-223.
- Wang K, Zhang X and Ervin E. 2012. Antioxidative responses in roots and shoots of creeping bentgrass under high temperature: Effects of nitrogen and cytokinin. *Journal of Plant Physiology*, 169: 492-500.
- Wang K, Zhang X, Goatley M and Ervin E. 2014. Heat Shock Proteins in Relation to Heat Stress Tolerance of Creeping Bentgrass at Different N Levels. *PLOS ONE*, 9(7): e102914. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102914>.
- Zhao W, Xu S, Li J, Cui L and Chen Y. 2008. Effects of foliar application of nitrogen on the photosynthetic performance and growth of two fescue cultivars under heat stress. *Biologia Plantarum*, 52: 113-116.