

Effect of Foliar Nutrition of Zinc and Urea on Vegetative Traits, Seed Yield, Essential Oil Percentage and Yield of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) in Autumn and Spring Planting Seasons

Robab Esmaeli¹, Jalil Shafagh-Kolvanagh^{*2}, Safar Nasrollahzade², Hasan Monirifar³, Mina Amani⁴

Received: November 29, 2023

Accepted: October 10, 2024

- 1- MSc of Crop Ecology, Det. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
2- Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Crop Ecology Dept., Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3- Assoc., Horticulture and Crops Research Dept., East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.
4- Ph.D. student in the Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
Corresponding Author: E-mail: shafagh.jalil@gmail.com

Abstract

Background & Objective: The response of plants to urea and zinc foliar spraying has been widely studied, but similar research on medicinal and aromatic plants is limited. Due to the fact that the changes of black cumin essential oil in response to the application of urea and zinc in different planting dates have not been evaluated, in this research it is tried to determine the effect of foliar application of zinc and urea chemical fertilizers in the two seasons of autumn planting and Spring is on vegetative traits, chlorophyll, percentage and yield of black cumin essential oil (*Nigella sativa* L.).

Materials & Methods: The experiment was performed as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications. In this experiment, planting season as the main factor (autumn planting in early November and spring planting in early May) and foliar treatment were placed in sub-plots.

Results: The results showed that the highest plant height was related to autumn planting with an average of 36.8 cm. The simple effect of combined foliar spraying of zinc (3 kg/ha) and urea (50 kg/ha) and separate foliar spraying of urea in the amount of 50 kg/ha, carotenoid content, leaf chlorophylls a and b and essential oil yield as increased significantly. The highest yield of seed essential oil (6.68 kg/ha) belonged to the combined spraying of zinc and urea, which increased by 32.5%. The highest seed yield and biological yield were obtained in autumn planting. Foliar spraying with zinc and urea in the amount of 3 and 50 kg/ha, respectively, as well as foliar spraying with urea in the amount of 50 kg/ha, significantly increased the seed yield and biological yield compared to the control. The mutual effect of planting season and foliar application showed that foliar application with 3 kg of zinc and 50 kg/ha in autumn planting had the highest seed yield (603.5 kg/ha).

Conclusion: The application of urea chemical fertilizer at the rate of 50 kg/ha was the main factor in increasing the average of the studied traits among the nutritional treatments. In general, in conditions similar to this experiment, it is recommended to use urea fertilizer and autumn planting to obtain the desired essential oil yield in black cumin.

Keywords: Carotenoid, Lake Urmia Area, Morphological Traits, Spraying, Zinc Sulfate

تأثیر تغذیه بر گی روی و اوره بر صفات رویشی، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در دو فصل کاشت پاییزه و بهاره

رباب اسمعیلی^۱، جلیل شفق کلوانق^{۲*}، صفر نصرالله زاده^۲، حسن منیری فر^۳، مینا امانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۸	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۹
--------------------------	-------------------------

- ۱- کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
- ۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، گرایش اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
- ۳- دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.
- ۴- دانشجوی دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان باغبانی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

چکیده

مقدمه و اهداف: واکنش گیاهان به محلول پاشی اوره و روی به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است، اما تحقیقات مشابه روی گیاهان دارویی و معطر محدود است. با توجه به این که تغییرات اسانس سیاهدانه در پاسخ به کاربرد اوره و روی در تاریخ های مختلف کاشت مورد ارزیابی قرار نگرفته است، در این تحقیق سعی بر آن است تا اثر محلول پاشی کودهای شیمیایی روی و اوره در دو فصل کاشت پاییزه و بهاره بر صفات رویشی، کلروفیل، درصد و عملکرد اسانس سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) می باشد.

مواد و روش ها: آزمایش در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی شهرستان شبستر به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش فصل کاشت به عنوان عامل اصلی (کاشت پاییزه در اوایل آبان ماه و در کاشت بهاره در اوایل اردیبهشت) و تیمار محلول پاشی در کرت های فرعی قرار گرفتند. تیمار محلول پاشی که قبل از گلدهی انجام پذیرفت، شامل F1: شاهد (آب پاشی)، F2: محلول پاشی روی به مقدار ۳ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار از منبع سولفات روی، F3: محلول پاشی اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار، F4: محلول پاشی اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار، F5: محلول پاشی توأم روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار، F6: محلول پاشی توأم روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار بود.

یافته ها: نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته مربوط به کاشت پاییزه با میانگین ۳۶/۸ سانتی متر بود. اثر ساده محلول پاشی توأم روی (سه کیلوگرم در هکتار) و اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و محلول پاشی جداگانه اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار، محتوای کاروتنوئید، کلروفیل های a و b برگ و عملکرد اسانس به طور معنی داری افزایش دادند. بیشترین عملکرد اسانس دانه (۶/۶۸ کیلوگرم در هکتار) متعلق به محلول پاشی ترکیبی از روی و اوره بود که ۳۲/۵ درصد افزایش داشت. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در کاشت پاییزه حاصل شد. محلول پاشی توأم روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار و نیز محلول پاشی اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی را

درمقایسه با شاهد به طور معنی داری افزایش دادند. اثر متقابل فصل کاشت و محلول پاشی نشان داد که محلول پاشی توأم ۳ کیلوگرم روی و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در کاشت پاییزه بیشترین (۶۰۳/۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند.

نتیجه گیری: محلول پاشی کود شیمیایی اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار عامل اصلی افزایش میانگین صفات مورد بررسی در بین تیمارهای تغذیه ای بود. در مجموع، در شرایط همسان با این آزمایش، استفاده از کود اوره و کاشت پاییزه جهت حصول عملکرد اسانس مطلوب در سیاهدانه قابل توصیه می باشد.

واژه های کلیدی: سولفات روی، صفات مورفولوژیکی، کاروتنوئید، محلول پاشی.

مقدمه

پروتئین و وزن دانه می شود و با افزایش غلظت این عنصر در برگ، سرعت فتوسنتز افزایش می یابد (حسین و همکاران ۲۰۱۸). کودهای نیتروژنی به سه گروه آمونیاکی، نیتراتی و کند جذب تقسیم می شوند که از مهم ترین آن ها برای خاک های مناطق خشک و نیمه خشک می توان به اوره، سولفات آمونیوم، نترات پتاسیم و کودهای دیگر مثل دی و مونو آمونیوم فسفات و غیره اشاره کرد (کریمی و همکاران ۲۰۲۱).

روی یک عنصر ضروری برای رشد گیاهان است و مصرف ثابت و پیوسته آن برای رشد مطلوب گیاه لازم است. این عنصر یا به عنوان بخشی از ساختمان آنزیم ها (کربونیک انهدران، الکل دهیدروژناز، گلوتامیک دهیدروژناز، پروتئیناز، پپتیداز و مالیک دهیدروژناز) به کار می رود، یا به صورت کوفاکتورهای تنظیم کننده در تعداد زیادی از آنزیم ها عمل می کند (فنگ و همکاران ۲۰۰۸). روی در فتوسنتز، تقسیم سلولی و طول شدن سلول، حفظ ساختمان و عملکرد غشای سلولی و ساخت تریپتوفان به عنوان پیش ماده تولید اکسین نیز شرکت دارد. کمبود این عنصر اثر منفی بر ساختمان و عملکرد غشای سلولی دارد. روی هم در تکامل ساختار غشاء و هم در حفاظت و پایداری آن در برابر صدمات مختلف نقش ایفا می کند (مای و همکاران ۲۰۱۱). مشهورترین پرمصرف ترین منبع این عنصر، سولفات روی است. استفاده از سولفات روی به دلیل حل پذیری در آب، سهولت مصرف و تولید انبوه در داخل کشور رایج تر است. در خاک های با کمبود روی، ۱۰ تا ۲۵ کیلوگرم سولفات روی بسته به نوع بافت خاک مصرف می شود. در گیاهانی که نشانه های کمبود روی مشاهده می شود، تغذیه برگی هم

سیاهدانه با نام علمی (*Nigella sativa* L.) متعلق به تیره گیاهی Ranunculaceae علفی، یک ساله و دولپه می باشد، این گیاه بومی غرب آسیا بوده که منشأ آن را خاورمیانه و شبه قاره هند گزارش کرده اند. این گیاه به صورت زراعی در هند، مصر و خاورمیانه کشت می گردد. سیاهدانه در اکثر نقاط ایران از جمله در اراک، اصفهان، کرمانشاه و در مناطقی از خراسان به طور خودرو می روید و در نواحی مختلفی از ایران از جمله خراسان نیز کشت می گردد (قربان زاده نقاب و زارع مهرجردی ۲۰۱۸).

عوامل محیطی (دما، رطوبت و نور)، خاکی (ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و موجودات زنده خاک)، آفات و بیماری ها از جمله عوامل محدود کننده تولید گیاهان هستند. بعضی از این عوامل مانند آب، عناصر غذایی، آفات و بیماری ها تا اندازه ای قابل کنترل توسط انسان می باشند. اغلب شیوه های مدیریت زراعی در جهت متعادل سازی این کنترل برای دستیابی به بیشترین بهره اقتصادی طراحی شده اند (پیکی و همکاران ۲۰۱۵). از بین این عوامل، عناصر غذایی نقش بسیار مهمی در تغذیه و افزایش عملکرد گیاهان ایفا می کنند. کمبود عناصر غذایی موجب محدود شدن رشد گیاه شده و در نهایت عملکرد گیاه را کاهش خواهد داد.

نیتروژن یکی از مهم ترین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان زراعی است. نیتروژن نقش اساسی در باروری گیاهان ایفا می کند، زیرا ترکیب اصلی در سنتز کلروفیل، اسیدهای آمینه، پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک می باشد. جذب کافی نیتروژن به وسیله گیاه موجب افزایش محتوای

پیشنهاد می‌شود (صادق‌زاده ۲۰۱۳).

تغذیه متعادل و مناسب گیاهان با عناصر غذایی پر- مصرف و کم مصرف برای دستیابی به عملکرد مناسب و کیفیت مطلوب ضروری است. عناصر غذایی موجود در کودها به روش‌های مختلف مانند پخش سطحی، روش نواری یا خطی، تغذیه برگ (محلول پاشی) و کودآبیاری در اختیار گیاهان قرار می‌گیرند (سینگ و همکاران ۲۰۱۷). پس از این که عناصر غذایی پرمصرف و یا کم- مصرف به خاک اضافه می‌شوند، دسترسی به آن‌ها برای گیاه توسط عوامل محیطی، خاکی و یا گیاهی تحت تأثیر قرار گرفته و جذب مواد غذایی محدود می‌گردد. محلول- پاشی به عنوان یک روش ویژه برای مصرف عناصر غذایی می‌تواند این مشکل را رفع کند و در نتیجه عناصر به سرعت جذب گیاه شوند. محلول پاشی می‌تواند تغییراتی را در توزیع و پخش سایر عناصر غذایی ایجاد نماید، بنابراین لازم است که محلول پاشی با غلظت مناسب انجام پذیرد (هایتوا ۲۰۱۳). توللی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که محلول پاشی اوره به میزان ۰/۲ درصد علاوه بر افزایش زیست توده گیاه، درصد و عملکرد اسانس ریحان (*Ocimum basilicum*) را نیز افزایش داده است. حاج سید هادی و رضایی قلعه (۲۰۱۶) نیز عنوان کردند که محلول پاشی اوره اثر معنی داری بر عملکرد گل خشک و نیز درصد و عملکرد اسانس و کامازولن بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) داشته است. زهتاب- سلماسی و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که محلول پاشی با عناصر کم مصرف (آهن، روی و بور) سبب افزایش معنی دار عملکرد تر و خشک گیاه دارویی نعنای فلفلی (*Mentha piperita*) نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول- پاشی) می‌شود. محلول پاشی گشنیز (*Coriandrum sativum*) با روی و آهن در مراحل رشد رویشی و گلدهی سبب افزایش معنی دار وزن تر و خشک ساقه شد که کاربرد توأم آهن و روی نقش بیشتری در این افزایش داشت (سعید الاهل و عمر ۲۰۰۹). گزارش شده است که محلول پاشی مریم گلی (*Salvia officinalis*) با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر روی اثر معنی داری بر رشد گیاه، صفات مربوط به گلدهی (طول پدانکل، طول گل آذین اصلی، تعداد گل، گلچه‌ها و وزن تازه و خشک گل)، ارتفاع بوته، تعداد

برگ‌ها و وزن تر و خشک بوته داشته است (ناهید و بالبا ۲۰۰۷).

کاشت گیاهان در زمان مناسب، نقش مهمی در افزایش عملکرد و استفاده بهینه از منابع مختلف دارد. در کاشت پاییزه علاوه بر آن که طول دوره رشدی گیاه افزایش می‌یابد، گیاه دارای اندام رویشی و زایشی بزرگتری بوده و در نتیجه می‌تواند محصول بیشتری تولید کند (خالد و همکاران ۲۰۲۰). از طرفی بارندگی‌های اواخر زمستان و بهار در بیشتر مناطق کشور، احتمال به تأخیر افتادن عملیات آماده سازی زمین و کاشت در اوایل بهار را افزایش می‌دهند، به همین منظور برای برخی از گیاهان در صورت مهیا بودن شرایط محیطی و امکانات لازم، از کشت پاییزی استفاده می‌شود (مرادی و پورقاسمیان ۲۰۲۰). بنابراین، امکان سنجی و مقایسه کاشت پاییزه با بهاره نیازمند انجام تحقیقات مجزا برای هر گیاه و نیز برای مناطق گوناگون با شرایط آب و هوایی متفاوت است (ملکی فراهانی و همکاران ۲۰۱۹). در انتخاب تاریخ کاشت، بایستی به تغییرات دما و احتمال وقوع سرماهای خسارت زای نیز توجه نمود. چنانچه احتمال وقوع سرمای خسارت زای پس از تاریخ کاشت انتخابی زیاد است، می- بایستی از کاشت محصول خودداری کرد؛ بنابراین از عوامل مهم تعیین کننده تاریخ کاشت مطلوب در هر منطقه می‌توان به درجه حرارت مناسب هوا جهت جوانه زنی، میزان رشد رویشی کافی قبل از گلدهی، عدم برخورد زمان گلدهی با دمای بالا و سرمای آخر فصل اشاره کرد (خالد و همکاران ۲۰۲۰). اثر تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد ریشه *Withania somnifera* نشان داد که تاریخ کاشت به طور معنی داری بر تمام صفات رشدی مؤثر بوده است، به طوری که تاریخ کاشت اول (۲۵ اوت) بهترین تاریخ جهت کاشت این گیاه بود و با تأخیر در کاشت در تمامی صفات کاهش معنی داری مشاهده شد (رام و همکاران ۲۰۱۰). در تحقیقی که بر روی اثر تاریخ کاشت روی صفات عملکرد و اجزای عملکرد دانه سیاهدانه انجام گرفت، مشخص شد که تاریخ کاشت بر کلیه صفات تأثیر معنی داری می‌گذارد که بیانگر اهمیت فاکتور تاریخ کاشت می‌باشد (وائقی و همکاران ۲۰۱۴). بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی اثر محلول پاشی کودهای شیمیایی روی اوره و دو فصل کاشت پاییزه و بهاره بر صفات

رویشی، عملکرد، کلروفیل، درصد و عملکرد اسانس سیاهدانه در حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی و ترویجی جهاد کشاورزی شهرستان شبستر به اجرا درآمد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۴۳۵ متر بوده و در ۴۵ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. بر اساس آمار

هواشناسی، این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم با میانگین بارندگی سالیانه ۲۶۱/۱۳ میلی‌متر است. جدول ۱ میانگین دما و بارندگی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ را در اراضی محل اجرای آزمایش نشان می‌دهد.

به‌منظور بررسی وضعیت خاک قطعه زمین موردنظر در مزرعه، نمونه خاک براساس روش‌های استاندارد نمونه‌برداری، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۲ درج شده است.

جدول ۱- میانگین بارندگی و دما طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰
(اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی، ۱۴۰۰)

ماه	متوسط بارندگی (mm)	متوسط دما (°C)
مهر	۳۴/۶	۱۷/۸
آبان	۳۶	۱۲/۴
آذر	۱۹	۳/۴
دی	۶/۴	۰/۵
بهمن	۳۳/۶	۳/۶
اسفند	۳۱/۸	۴/۹
فروردین	۳۱/۶	۱۲/۲
اردیبهشت	۴۳/۵	۱۹/۳
خرداد	۴/۴	۲۵/۱
تیر	۵/۶	۲۹
مرداد	۷/۲	۲۸/۳
شهریور	۰	۲۵/۸

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک

عمق خاک (cm)	pH گل اشباع	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (%)	کربن کلسیم (%)	نیترژن کل (%)	عناصر قابل جذب (mg/kg)	اجزای معدنی خاک (%)	بافت خاک
						P K Zn Mn	رس سیلت شن	
۰-۳۰	۷/۴۱	۳/۵۹	۰/۴	۸/۰۸	۰/۰۴	۳ ۳۰۸ ۰/۵۸ ۴/۶	۲۲ ۵۰ ۲۸	لوم سیلتی

در مهرماه سال ۱۳۹۹ با مساعد شدن شرایط اقلیمی، آماده‌سازی زمین با انجام یک شخم و دیسک‌زنی به-منظور خردکردن کلوخ‌ها صورت گرفت. در مرحله بعد، پس از مسطح کردن زمین زراعی، نسبت به کرت‌بندی آن اقدام شد. هر بلوک شامل ۱۲ کرت (واحد آزمایشی)، هر کدام شامل ۲۰ خط کاشت سه متری بود. فاصله بین خطوط کاشت ۱۰ سانتی‌متر و فاصله بین بذرهای روی

خطوط ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شده و در هر نقطه دو بذر قرار داده شد. برای اجرای این تحقیق، بذرهای سیاهدانه رقم بوکان (این سیاهدانه در مناطق سردسیر و کوهستانی کشت می‌شود و به خاطر داشتن آب و هوای مناسب از نظر مواد مؤثره در سطح بالا و از نظر روغن-دهی بسیار مقرون به صرفه است) از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه تهیه

گردید. متناسب با شرایط آب‌وهوایی، بذرها در کاشت پاییزه در اوایل آبان ماه و در کاشت بهاره در اوایل اردیبهشت‌ماه پس از ضدعفونی با بنومیل به نسبت دو در هزار، در شیارهایی به عمق ۱/۵-۱ سانتی‌متر قرار گرفتند و برای خروج هرچه بهتر گیاهچه‌ها، روی بذرها کشت شده ماسه بادی ریخته شد. بعد از کاشت، همه واحدهای آزمایشی آبیاری گردیدند. در کشت پاییزه پس از ۴۰ روز از زمان کشت ۵۰ درصد بذرها جوانه زده و در کشت بهاره پس از ۲۵ روز از زمان کشت، ۵۰ درصد بذرها جوانه زده بودند. کود شیمیایی فسفات آمونیوم به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار (بامشاد و همکاران ۲۰۱۸) و کود دامی گاوی به مقدار ۵ تن در هکتار (قانع‌پسند و حاج سید هادی ۲۰۱۶) با خاک مزرعه، قبل از کاشت به صورت یکنواخت ۹ خلوط شد. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها، بوته‌ها تنک گردیده و تراکم کاشت به ۲۰۰ بوته در

مترمربع رسانده شد. پس از آن، به دلیل امکان‌سنجی کاشت سیاهدانه در حوضه دریاچه ارومیه و وجود محدودیت برای آبیاری، فقط دو آبیاری در دوره رشد گیاهان انجام گرفت. در کاشت بهاره، به ترتیب در تاریخ-های سی‌ام اردیبهشت ماه و بیستم خرداد ماه و در کاشت پاییزه، مجدداً به ترتیب در همان تاریخ‌های سی‌ام اردیبهشت ماه و بیستم خرداد ماه آبیاری انجام گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی و در سه مرحله انجام شد و سم‌پاشی صورت نگرفت. زمان برداشت بوته‌ها در کاشت پاییزه ۳۱ خردادماه و در کاشت بهاره ۷ شهریورماه بود. در خصوص رسیدگی کامل دانه تفاوتی در تیمارهای مختلف وجود نداشت. در جدول ۳ مراحل فنولوژیکی سیاهدانه در کاشت پاییزه و بهاره درج شده است:

جدول ۳- مراحل فنولوژیکی کاشت پاییزه و بهاره

تیمار	روز تا شروع گلدهی	روز تا پایان گلدهی	روز تا رسیدگی
پاییزه	۲۰۶	۲۳۱	۲۷۳
بهاره	۴۷	۶۸	۹۹

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. در این آزمایش فصل کاشت به عنوان عامل اصلی (فصل کاشت پاییزه و بهاره) و تیمار محلول‌پاشی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تیمار محلول‌پاشی که قبل از گلدهی انجام پذیرفت، شامل F1: شاهد (آب‌پاشی)، F2: محلول‌پاشی روی به مقدار ۳ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار از منبع سولفات روی، F3: محلول‌پاشی اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار، F4: محلول‌پاشی اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار، F5: محلول‌پاشی توأم روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار، F6: محلول‌پاشی توأم روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار بود.

در زمان رسیدگی دانه‌ها، ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی برداشت گردید. نمونه‌برداری به گونه‌ای صورت گرفت که نمونه‌ها نماینده‌ای از هر واحد آزمایشی

باشند. پس از اندازه‌گیری ارتفاع بوته (توسط خط‌کش) و قطر ساقه (توسط کولیس)، شمارش تعداد برگ‌ها انجام شد.

برای تعیین محتوای کلروفیل برگ به روش شیمیایی، مقدار ۰/۲۵ گرم از برگ تر گیاه که در مرحله ۵۰ درصد گلدهی نمونه‌برداری شده بود، در هاون چینی ریخته شد و با استفاده از نیتروژن مایع خرد شد و با چهار میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به خوبی له گردید. سپس ۶ میلی‌لیتر دیگر (در مجموع ۱۰ میلی‌لیتر) استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه شد و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت. عصاره فوقانی حاصل از سانتریفیوژ در داخل استوانه مدرج ریخته شده و حجم محلول به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. مقداری از محلول هر نمونه در کیوت اسپکتروفتومتر ریخته شد و مقدار جذب در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر (A) توسط اسپکتروفتومتر (مدل SPEKOL 1500) قرائت گردید.

حدود ۲/۵ تا ۳ ساعت اسانس‌گیری انجام شد و پس از توزین اسانس استخراج شده، درصد وزنی اسانس دانه (رابطه ۵) محاسبه گردید (رضایی و جیمند ۲۰۰۱). عملکرد اسانس نیز از حاصل ضرب درصد اسانس و عملکرد دانه در واحد سطح به دست آمد.

$$[\text{رابطه ۵}] \quad 100 \times \frac{\text{وزن اسانس (گرم)}}{\text{وزن خشک ماده اولیه (گرم)}} = \text{درصد اسانس}$$

پیش از تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن و یکنواختی واریانس خطای داده‌ها انجام گردید تا در صورت نیاز، تبدیل مناسب صورت گیرد. تجزیه واریانس داده‌ها به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. از نرم‌افزارهای MSTAT-C و SPSS Ver. 21 (برحسب نیاز) برای انجام تجزیه‌های آماری استفاده شد. میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید. برای رسم شکل-ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، ارتفاع بوته سیاهدانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر فصل کاشت قرار گرفت. تیمارهای محلول‌پاشی از این نظر اختلاف معنی‌داری نداشتند. کاشت پاییزه (۱ آبان‌ماه) با میانگین ۳۶/۸ سانتی‌متر نسبت به کاشت بهاره (۱ اردیبهشت‌ماه) با میانگین ۲۹/۷ سانتی‌متر، برتری معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته سیاهدانه داشت (شکل ۱). دوره رشد طولانی‌تر در کشت پاییزه فرصت کافی را برای بهره‌برداری از شرایط رشد از جمله نور، دما و رطوبت فراهم نموده و سبب افزایش ساخت مواد فتوسنتزی و در نهایت افزایش رشد رویشی و افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد، درحالی‌که در کشت بهاره به علت مصادف شدن مراحل اولیه رشد با روند صعودی و افزایش درجه حرارت فرصت کافی برای بهره‌برداری از شرایط رشد در اختیار گیاه قرار نگرفته است و لذا ارتفاع گیاه کاهش پیدا می‌کند (بگنا و انجیدی ۲۰۱۶).

در نهایت کلروفیل‌های a (رابطه ۱) و b (رابطه ۲) و کاروتنوئیدها (رابطه ۳) (مجموع گزانتوفیل و کاروتن‌ها) بر حسب میکروگرم در میلی‌لیتر محاسبه گردید (لیچتنتالر و بوشمن ۲۰۰۱).

$$[\text{رابطه ۱}] \quad Ch_a = 12.21 (A_{663}) - 2.81 (A_{646})$$

$$[\text{رابطه ۲}] \quad Ch_b = 20.13 (A_{646}) - 5.03 (A_{663})$$

$$[\text{رابطه ۳}]$$

$$Car_{(x+c)} = [1000 (A_{470}) - 3.27 (Ch_a) - 104 (Ch_b)] / 229$$

در معادله‌های مزبور، برای تبدیل میکروگرم در میلی‌لیتر به میلی‌گرم بر گرم نمونه تر از رابطه ۴ استفاده گردید:

$$[\text{رابطه ۴}] \quad FW (mg/g) = (\mu g/ml) \times V / 1000 W$$

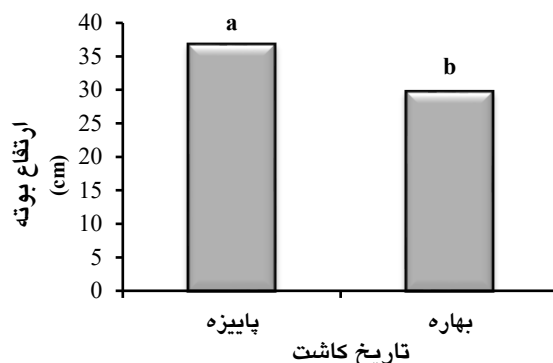
که در آن V حجم نمونه برحسب میلی‌لیتر و W وزن تر نمونه برحسب گرم می‌باشد.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی

از هر واحد آزمایشی یک مترمربع (با حذف حاشیه‌ها) علامت‌گذاری شد و بوته‌های آن کف‌بر شده و دانه‌ها از کپسول‌ها جدا گردیدند. در نهایت دانه‌های هر تیمار در هر تکرار به طور جداگانه با استفاده از ترازویی بادقت اندازه‌گیری ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند و عملکرد دانه در واحد سطح تعیین گردید. تمام بوته‌های کف‌بر شده به مدت ۷۲ ساعت در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن خشک نمونه‌ها با ترازویی بادقت ۰/۰۱ گرم تعیین گردید. در نهایت با اضافه نمودن عملکرد دانه‌ها، عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح برای هر تیمار در هر تکرار ثبت شد.

درصد و عملکرد اسانس

برای اندازه‌گیری اسانس، بذر سیاهدانه به مدت هفت روز در سایه خشک گردید. در این تحقیق برای استخراج اسانس ۳۰ گرم از دانه آسیاب شد و اسانس‌گیری به روش تقطیر با بخار آب به وسیله هیتر و به وسیله دستگاه کلونجر صورت گرفت. این دستگاه شیشه‌ای کوچک، از یک بالن، سردکننده یا مبرد و یک لوله مدرج تشکیل شده است. روش اسانس‌گیری بدین صورت بود که نمونه‌ها



شکل ۱- تغییرات ارتفاع بوته تحت تاریخ‌های کاشت مختلف

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۴- تجزیه واریانس برخی صفات سیاهدانه تحت تاریخ‌های مختلف کاشت و محلول‌پاشی

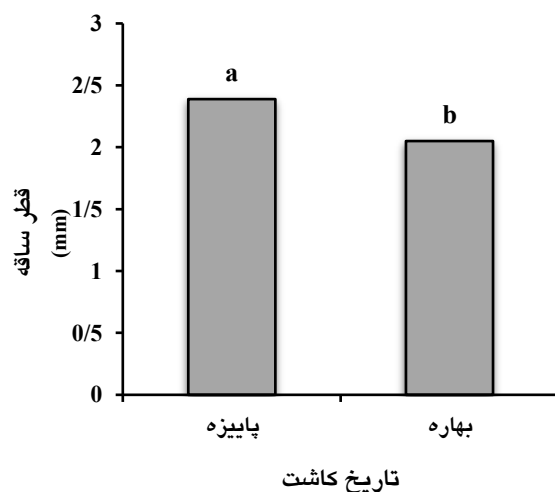
میانگین مربعات											
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد برگ در بوته	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	عملکرد دانه در واحد سطح	عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۲۶۷/۹*	۰/۶۲۱*	۶۷/۶۸**	۰/۰۶۵*	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۷۹۲۰/۷*	۵۸۳۴۸۷/۷**	۰/۰۶۸*	۵/۴۲۹
تاریخ کاشت	۱	۴۴۵/۲*	۱/۰۳*	۹۴/۰۹**	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۵۵۵۳۲۳/۱**	۷۲۱۰۲۰۹/۷**	۰/۰۴۶	۱۲۵/۲**
خطای اصلی	۲	۸/۸۴۱	۰/۰۳۱	۰/۳۶۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۲۳۳/۲	۵۴۶۱/۳	۰/۰۰۳	۰/۵۷۴
محلول پاشی	۵	۰/۸۱۲	۰/۰۱۴	۱/۱۰۸	۰/۰۰۷*	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۳*	۴۰۴۹/۱**	۷۳۸۳۶/۹**	۰/۰۲۵*	۱/۸۷۳**
تاریخ کاشت * محلول پاشی	۵	۰/۰۲۸	۰/۰۰۰۸	۰/۰۴۶	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۶	۹۳۲/۶*	۱۱۸۹۶/۵*	۰/۰۰۰۲	۰/۳۵۷
خطای فرعی	۲۰	۱۳/۷۵	۰/۳۲۱	۳/۰۷۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۳۴۳/۸	۴۳۴۹/۹	۰/۰۰۹	۰/۴۲۱
ضریب تغییرات (%)	-	۱۱/۱۴	۲۵/۴۴	۱۳/۷۷	۵/۸۵	۷/۴۷	۱۲/۱۶	۴/۳۵	۴/۱۲	۷/۰۲	۱۰/۹۹

ns, ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد است.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به قطر ساقه نشان داد که اختلاف بین تاریخ‌های کاشت از نظر قطر ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۴). اثر تیمار محلول‌پاشی و نیز اثر متقابل عوامل موردبررسی بر این صفت معنی‌دار نبود. بیشترین (۲/۳۹ میلی‌متر) قطر ساقه متعلق به فصل کاشت پاییزه و کمترین (۲/۰۵ میلی‌متر) متعلق به فصل کاشت بهاره بود (شکل ۲). واثقی و همکاران (۲۰۱۴) افت میانگین صفات رشدی سیاهدانه در کاشت بهاره در مقایسه با کاشت پاییزه را به نبود زمان کافی برای رشد و برخورد زود هنگام با شرایط آب و هوایی گرم اواخر بهار، برای کاشت بهاره نسبت دادند.

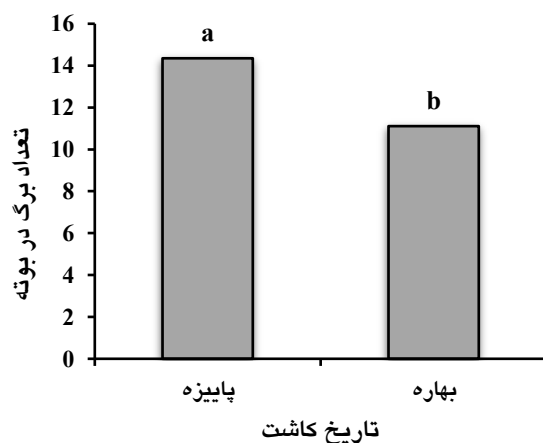
تعداد برگ در بوته سیاهدانه در سطح احتمال یک

درصد تحت تأثیر فصل کاشت قرار گرفت. اثر تیمار محلول‌پاشی و نیز اثر متقابل فصل کاشت × محلول‌پاشی برای این مورد معنی‌دار نگردید (جدول ۴). کاشت پاییزه سبب افزایش ۲۹/۱ درصدی ۲ تعداد برگ در بوته سیاهدانه نسبت به کاشت بهاره شد (شکل ۳). کاشت گیاهان در زمان مناسب، نقش مهمی در افزایش عملکرد و استفاده بهینه از منابع مختلف دارد. در کاشت پاییزه علاوه بر آن‌که طول دوره رشدی گیاه افزایش می‌یابد، گیاه دارای اندام رویشی و زایشی بزرگ‌تری بوده و در نتیجه می‌تواند محصول بیشتری تولید کند (خالید و همکاران ۲۰۲۰).



شکل ۲- تغییرات قطر ساقه تحت تاریخ‌های کاشت مختلف

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

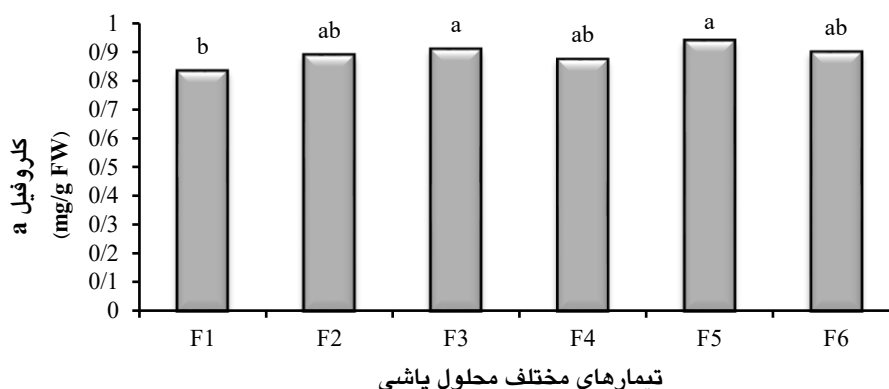


شکل ۳- تغییرات تعداد برگ در بوته تحت تاریخ‌های کاشت مختلف

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

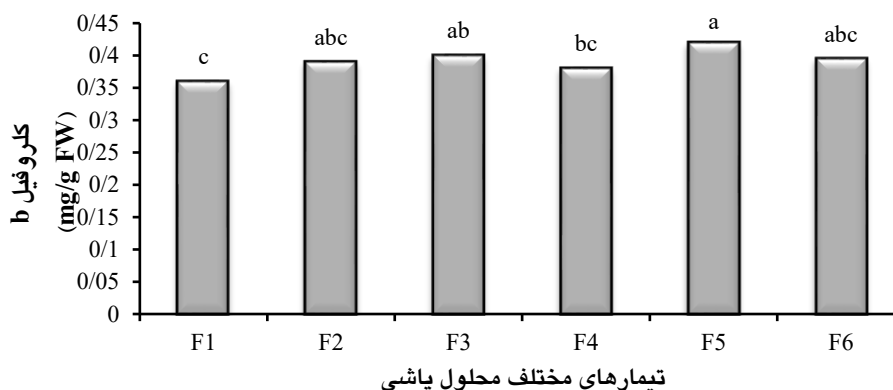
مهم‌ترین عناصر تشکیل‌دهنده کلروفیل، پروتوپلاسم، اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و بسیاری از آنزیم‌های گیاهی است، کاربرد کودهای نیتروژنی توانسته تا حد زیادی مقدار کلروفیل را در گیاه سیاهدانه افزایش دهد. همبستگی بالایی بین میزان کلروفیل و غلظت نیتروژن برگ وجود دارد (روسیس و همکاران ۲۰۱۹). عنصر روی با دخالت در تنظیم غلظت‌های سیتوپلاسمی عناصر، در بیوسنتز کلروفیل و کاروتنوئید نقش بارزی ایفا می‌کند که در نهایت برای دستگاه فتوسنتزی سیستم گیاهی مطلوب خواهد بود (افصحی و همکاران ۲۰۲۰).

اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر محتوای کلروفیل‌های a و b معنی‌دار به‌دست آمد، ولی اثر تاریخ کاشت و نیز اثر متقابل تاریخ کاشت × محلول‌پاشی بر صفات مزبور معنی‌دار نبود (جدول ۴). محلول‌پاشی توأم روی و اوره به‌ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار محتوای کلروفیل a و b را نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱۳/۲ و ؟ درصد افزایش داد، اما بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل‌های ۴ و ۵). باتوجه به این‌که عمده ترکیبات رنگیزه‌های فتوسنتزی ساختار نیتروژنی داشته و به‌ویژه نیتروژن از



شکل ۴- تغییرات محتوای کلروفیل a برگ در واکنش به تیمارهای مختلف محلولپاشی

F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 و F_6 : به ترتیب شاهد (آبپاشی)، محلولپاشی روی (۳ کیلوگرم در هکتار)، اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

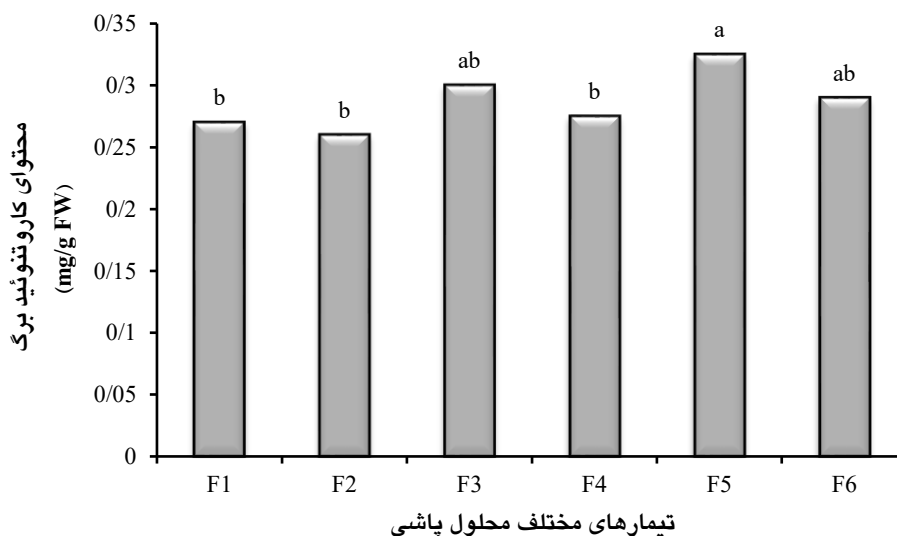


شکل ۵- تغییرات محتوای کلروفیل b برگ در واکنش به تیمارهای مختلف محلولپاشی

F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 و F_6 : به ترتیب شاهد (آبپاشی)، محلولپاشی روی (۳ کیلوگرم در هکتار)، اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

محلولپاشی اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار و نیز محلولپاشی توأم روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۶). ورونینا و همکاران (۲۰۲۰) عنوان کردند که فراهمی بهتر نیتروژن برای گیاه با کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن دار درمقایسه با سایر منابع کودی و نیز نقش مهم نیتروژن بر فعالیت آنزیمهای فتوسنتزی و ساختار رنگدانههای فتوسنتزی سبب شده است که استفاده از کود شیمیایی نیتروژن دار موجب افزایش محتوای کاروتنوئید برگ همیشه بهار (*Calendula officinalis*) گردد.

محتوای کاروتنوئید برگ سیاهدانه به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای محلولپاشی قرار گرفت، ولی اثر فصل کاشت و اثر متقابل فصل کاشت × محلولپاشی بر این صفت غیرمعنی دار به دست آمد (جدول ۴). تیمارهای محلولپاشی محتوای کاروتنوئید برگ را نسبت به شاهد (آبپاشی) به طور معنی داری افزایش دادند. بیشترین محتوای کاروتنوئید برگ (۰/۳۲ میلی گرم در گرم وزن تر) بر اثر محلولپاشی با ترکیبی از روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد (۰/۲۷ میلی گرم در گرم وزن تر) ۱۸/۵ درصد افزایش نشان داد. بین سطوح محلولپاشی توأم روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار با



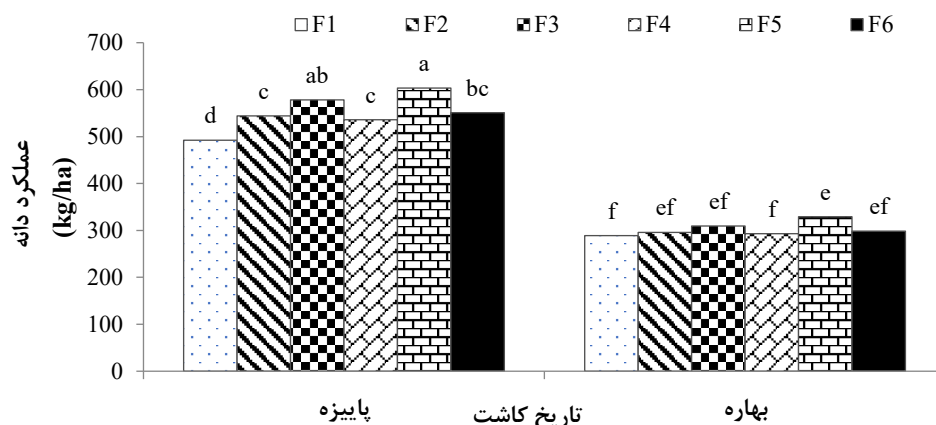
شکل ۶- تغییرات محتوای کاروتنوئید برگ در واکنش به تیمارهای مختلف محلول پاشی

F_۱, F_۲, F_۳, F_۴, F_۵ و F_۶: به ترتیب شاهد (آب پاشی)، محلول پاشی روی (۳ کیلوگرم در هکتار)، اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

مانند فتوسنتز، افزایش طول دوره رشدی و تجمع ماده خشک بر عملکرد دانه اثرات بارزی دارند (وانگ و همکاران ۲۰۱۶). مشخص شده است که برخی عناصر معدنی از جمله روی در تشکیل و تسهیم فراورده‌های فتوسنتزی نقش‌های مهمی دارند. به‌طوری‌که هر نوع کمبود روی، آغازش و نمو گل‌ها، قابلیت زنده‌مانی دانه کرده، تولید ماده خشک و تسهیم آن را بین اندام‌های گیاهی و نیز عملکرد دانه را دچار اختلال شدیدی می‌کند (سینگ و همکاران ۲۰۱۷).

عملکرد بیولوژیکی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت، محلول پاشی و نیز اثر متقابل تاریخ کاشت × محلول پاشی قرار گرفت (جدول ۴). به‌طور کلی، محلول-پاشی با روی و اوره در هر دو فصل کاشت سیاه‌دانه منجر به بهبود عملکرد بیولوژیکی این گیاه شد، ولی اثر این سطوح محلول پاشی در افزایش عملکرد بیولوژیکی در کاشت پاییزه بارزتر بود، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد بیولوژیکی (۲۲۸۴ کیلوگرم در هکتار) مربوط به محلول-پاشی توأم ۳ کیلوگرم روی و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در کاشت پاییزه (۱ آبان ماه) بود (شکل ۸). بیشتر بودن عملکرد بیولوژیکی در کاشت پاییزه به این دلیل است

اثر فصل کاشت و محلول پاشی و نیز اثر متقابل فصل کاشت × محلول پاشی بر عملکرد دانه سیاه‌دانه معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل فصل کاشت و محلول پاشی نشان می‌دهد که محلول پاشی توأم ۳ کیلوگرم روی و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در کاشت پاییزه بیشترین (۶۰۳/۵ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد محلول پاشی (آب پاشی) در کاشت بهاره کمترین (۲۸۸/۸ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۷). در سال‌های اخیر به‌منظور افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات کمی و کیفی دانه‌های سیاه‌دانه تحقیقات وسیعی از جنبه‌های زراعی و اکولوژیکی روی این گیاه صورت گرفته است (محمود و همکاران ۲۰۱۸). یکی از روش‌های به‌زراعی، تعیین تاریخ کاشت مناسب هر گیاه در هر منطقه می‌باشد. تاریخ کاشت و شرایط اقلیمی مناسب، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کسب عملکرد مطلوب هستند، به‌طوری‌که در تاریخ کاشت و شرایط محیطی مناسب، مراحل رویشی و زایشی گیاهان با شرایط مطلوب محیطی منطبق شده و عملکرد گیاه افزایش می‌یابد (واثقی و همکاران ۲۰۱۴). کودهای نیتروژنه با اثرات خود بر مکانیزم‌های گیاهی

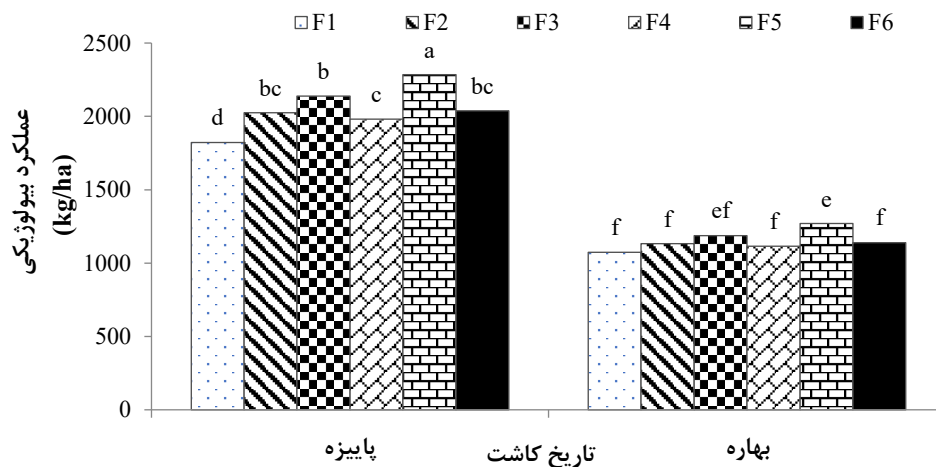


شکل ۷- تغییرات عملکرد دانه تحت تاریخ‌های کاشت مختلف در واکنش به تیمارهای محلول‌پاشی

F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 و F_6 : به ترتیب شاهد (آب‌پاشی)، محلول‌پاشی روی (۳ کیلوگرم در هکتار)، اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

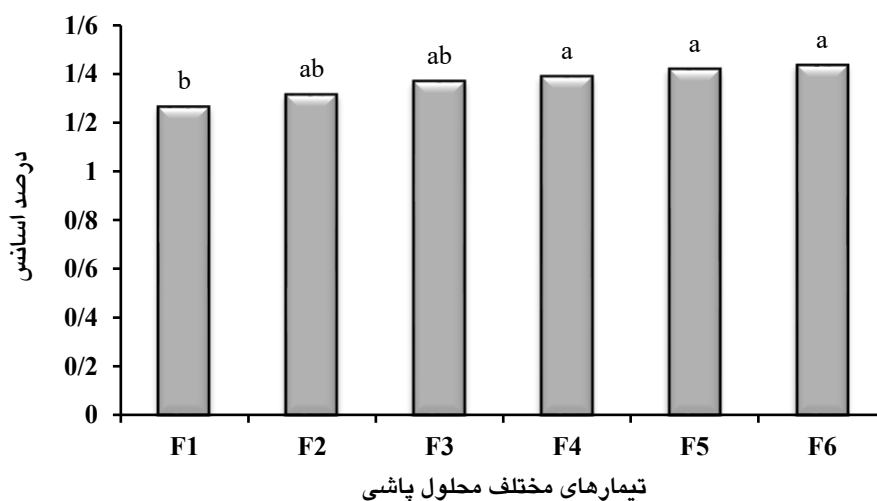
دخاله در متابولیسم نیتروژن، نشاسته و لیپیدها رشد گیاه را تسریع می‌بخشد (جهانی و همکاران ۲۰۲۱). درصد اسانس دانه سیاهدانه در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر محلول‌پاشی قرار گرفت، ولی اثر تاریخ کاشت و نیز اثر متقابل تاریخ کاشت $\times$ محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). محلول‌پاشی توأم روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار درصد اسانس دانه را نسبت به شاهد ۱۳/۴ درصد افزایش داد، اما بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۹). از آنجا که اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی هستند و بیوسنتز واحدهای سازنده آن‌ها (ایزوپرنوئیدها) نیازمند ATP و NADPH است و سنتز این ترکیبات نیز مستلزم فراهمی عناصری مانند نیتروژن و فسفر می‌باشد، بنابراین تغذیه مطلوب گیاه از طریق کاربرد کودهای شیمیایی، ممکن است سبب تسهیل در انجام فرآیندهای بیوشیمیایی تولید اسانس شود و در نتیجه درصد اسانس را افزایش دهد (والیا و کومار ۲۰۲۱). توللی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی اوره به میزان ۰/۲ درصد علاوه بر افزایش زیست‌توده گیاه، درصد و عملکرد اسانس ریحان را نیز افزایش داده است.

که در پاییز با توجه به تغییرات طول روز و درجه حرارت نسبی شبانه‌روزی، گیاه از فرصت رشد مناسب‌تری برخوردار بوده و رشد بهاره آن سریع‌تر از سر گرفته می‌شود. علاوه بر این، در کاشت بهاره به دلیل فاصله کمتر کاشت تا گلدهی، عملکرد دانه و بیولوژیکی کمتر می‌باشد. در کاشت بهاره علاوه بر کاهش محسوس عملکرد بیولوژیکی به دلیل کوتاه شدن دوره رشد، میزان تخصیص مواد فتوسنتزی از منابع به مخازن نیز کمتر است (نوگشوندنتر و همکاران ۲۰۲۰). بنابراین کاشت پاییزه با فراهم کردن شرایط محیطی و اکولوژیک مناسب‌تر به لحاظ دما و نور مناسب، زمینه را برای استفاده از منابع موجود محیط و خاک و نزدیک شدن به عملکرد بالقوه گیاه سیاهدانه را فراهم می‌کند. توللی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی اوره به میزان ۰/۲ درصد علاوه بر افزایش شاخص‌های رشدی، زیست‌توده ریحان را نیز افزایش داده است. در مورد اثر تحریک‌کنندگی عنصر روی بر رشد گیاه دلایل مختلفی ارائه شده است. یکی از نقش‌های اصلی روی در افزایش رشد گیاه، دخالت آن در بیوسنتز اکسین می‌باشد. از سوی دیگر روی در غلظت‌های مناسب از طریق فعال-سازی آنزیم‌های دخیل در تقسیم و طول‌شدگی سلول‌ها، می‌تواند سبب تحریک رشد گیاه شود. این فلز از طریق



شکل ۸- تغییرات عملکرد بیولوژیکی تحت تاریخ‌های کاشت مختلف در واکنش به تیمارهای محلول‌پاشی

F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 و F_6 : به ترتیب شاهد (آب‌پاشی)، محلول‌پاشی روی (۳ کیلوگرم در هکتار)، اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۹- تغییرات درصد اسانس دانه در واکنش به تیمارهای مختلف محلول‌پاشی

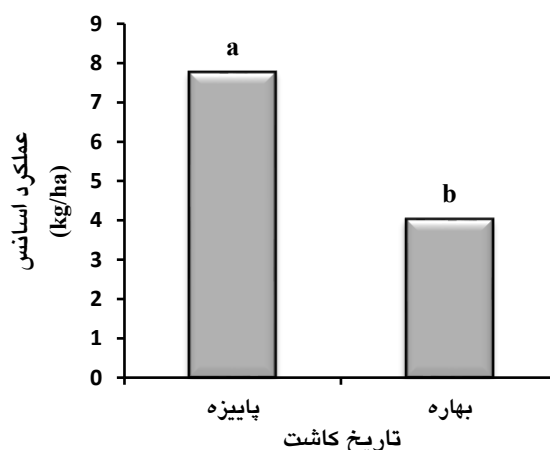
F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 و F_6 : به ترتیب شاهد (آب‌پاشی)، محلول‌پاشی روی (۳ کیلوگرم در هکتار)، اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

واحد سطح (۶/۶۸ کیلوگرم در هکتار) در نتیجه محلول-پاشی با ترکیبی از روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (آب‌پاشی) ۳۲/۵ درصد افزایش داشت. بین سطوح تیماری محلول‌پاشی با اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار، توأم روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰

اثر فصل کاشت و محلول‌پاشی بر عملکرد اسانس دانه سیاهدانه معنی‌دار به دست آمد، ولی اثر متقابل تاریخ کاشت × محلول‌پاشی بر این صفت غیرمعنی‌دار به دست آمد (جدول ۴). کاشت پاییزه سبب افزایش تقریباً دو برابری عملکرد اسانس دانه سیاهدانه نسبت به کاشت بهاره شد (شکل ۱۰). بیشترین عملکرد اسانس دانه در

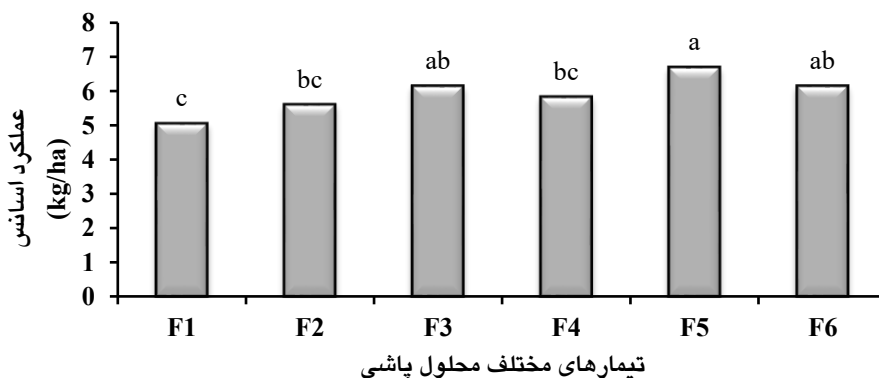
کیلوگرم در هکتار و توأم روی و اوره به ترتیب به مقدار ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۱۱). افزایش عملکرد اسانس به دلیل کاشت در تاریخ بهینه (۱ آبان ماه) در مقایسه با کاشت بهار با افزایش عملکرد دانه در این شرایط ارتباط دارد. عملکرد اسانس دانه تابعی از درصد اسانس و

عملکرد دانه می باشد. به دلیل این که مصرف اوره و روی موجب افزایش عملکرد دانه شده بود، محلول پاشی این کودهای شیمیایی سبب افزایش عملکرد اسانس در واحد سطح گردید. گزارش شده است که محلول پاشی عنصر روی موجب افزایش عملکرد اسانس و رشد ریحان نسبت به تیمار شاهد می شود (سعید الاهل و عمر ۲۰۰۹).



شکل ۱۰- تغییرات عملکرد اسانس در واحد سطح تحت تاریخ های کاشت مختلف

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۱۱- تغییرات عملکرد اسانس دانه در واحد سطح در واکنش به تیمارهای مختلف محلول پاشی

F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 و F_6 : به ترتیب شاهد (آب پاشی)، محلول پاشی روی (۳ کیلوگرم در هکتار)، اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار). تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

کیلوگرم در هکتار) پیشنهاد می گردد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج، اگر از تولید فقط عملکرد اسانس، عملکرد دانه و عملکرد زیست توده برای تولیدکننده مدنظر باشد، تیمار F_5 را (به ترتیب ۳ و ۵۰ کیلوگرم روی و اوره) توصیه می شود. بنابراین با لحاظ همه شرایط توصیه تیمار F_5 (توأم روی و اوره به ترتیب ۳ و ۵۰

سپاسگزاری

از دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز به خاطر همکاری های صمیمانه شان تشکر و قدردانی می شود.

منابع مورد استفاده

- Afsahi K, Nazari M, Omid H, Shekari F and Bostani AA. 2020. The effects of different methods of zinc application on canola seed yield and oil content. *Journal of Plant Nutrition*, 43(8): 1070-1079. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01904167.2020.1724299>
- Bamshad R, Ramroudi M and Asgharipour M. 2018. Effect of chemical and biological fertilizers on seed yield and biochemical traits of black cumin (*Nigella Sativa*) under irrigation cutting conditions. *Journal of Crops Improvement*, 20(3): 655-666. (In Persian) <https://doi.org/10.22059/jci.2018.248224.1901>
- Begna HS and Angadi VS. 2016. Effects of planting date on winter canola growth and yield in the southwestern U.S. *American Journal of Plant Sciences*, 7: 201-217. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2016.71021>
- Davoodi SH, Biabani A, Rahemi karizaki A, Modarres-Sanavy SAM, Gholamalipour Alamdari E and Zarei M. 2020. Effect of iron and zinc nano chelates on yield and yield components of black cumin medicinal plant (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 18(3), 267-278. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/gsc.v18i3.85072>
- El-Sayed KA, Ross SA, El-Sohly MA, Khalafalla MM, Abdel-Halim OB and Ikegami F. 2000. Effect of different fertilizers on the amino acid, fatty acid, and essential oil composition of *Nigella sativa* seeds. 8(4), 175-182.
- Fang Y, Wang L, Xin Z, Zhao L, An X and Hu Q. 2008. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 2079-2084. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2021.1871756>
- Ghorbanzadeh Neghab M & zare Mehrjerdi M. 2018. The study of genetic diversity, correlation between traits and path analysis in black cumin (*Nigella sativa* L.) ecotypes. *Journal of Plant Production Research*, 25(3): 1-12. (In Persian) <https://doi.org/10.22069/jopp.2018.12268.2111>
- Haj Seyed Hadi M and Rezaee Ghale H. 2016. Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 31(6): 1058-1070. (In Persian) <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2016.105894>
- Haytova D. 2013. A review of foliar fertilization of some vegetables crops. *Annual Review and Research in Biology*, 3(4): 455-465.
- Hussain M, Cheema S, Abbas R, Ashraf M, Shahzad M, Farooq M and Jabran K. 2018. Choice of nitrogen fertilizer affects grain yield and agronomic nitrogen use efficiency of wheat cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 41: 2330-2343. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2018.1509998>
- Ghanepasand F, Hadi MH. 2016. Effects of nitrogen fixing bacteria and manure application on seed yield and essential oil content of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(4), 716-727. (In Persian)
- Jahani F, Tohidi-Moghadam HR and Larijani HR. 2021. Influence of zinc and salicylic acid foliar application on total chlorophyll, phenolic components, yield and essential oil composition of peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress condition. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 691. <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-021-07024-3>
- Karimi B, Rokhzadi A and Rahimi AR. 2021. RSM modeling of nitrogen use efficiency, biomass and essential oil of *Salvia officinalis* L. as affected by fertilization and plant density. *Journal of Plant Nutrition*, 44(8): 1067-1084. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2021.1871756>
- Khalid AK, Ahmed AMA and El-Gohary AE. 2020. Effect of growing seasons on the leaf essential oil composition of *Citrus* species that are cultivated in Egypt. *Journal of Essential Oil Research*, 32(4): 296-307. <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2020.1749947>
- Lichtenthaler HK and Buschmann C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization

- by UV-VIS. Biochemical Society Transactions, 11: 591-592.
- Mai W, Tian X, Gale W and Lu X. 2011. Tolerance to Zn deficiency and P-Zn interaction in wheat seedling cultured in chelator-buffered solutions. Journal of Arid Land, 2: 206-213. <http://jal.xjegi.com/10.3724/SP.J.1227.2011.00206>
- Maleki Farahani S, Fayyaz F and Paravar A. 2019. Effects of sowing date, nitrogen and phosphorus on grain yield, mucilage production, and nitrogen and phosphorus efficiency in *Lallemantia royleana* Benth. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 35(3): 351-366. (In Persian) <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2019.122737.2363>
- Mehmood A, Naveed K, Azeem K, Khan A, Ali N and Masaud Khan S. 2018. Sowing time and nitrogen application methods impact on production traits of *Nigella sativa* L. Pure and Applied Biology, 7(2), 476-485. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2018.70060>
- Moradi R and Pourghasemian N. 2020. Assessing effect of cumin and saffron additive intercropping at various planting dates on quantitative and qualitative yield of the plants. Saffron Agronomy and Technology, 8(1): 19-36. <https://doi.org/10.22048/jsat.2019.156395.1325>
- Nahed GA and Balbaa LK. 2007. Influence of tyrosine and zinc on growth, flowering and chemical constituents of *Salvia farinacea* plants. Journal of Applied Sciences Research, 3(11): 1479-1489.
- Neugschwandtner RW, Bernhuber A, Kammlander S, Wagentristsl H, Klimek-Kopyra A and Kaul HP. 2020. Yield structure components of autumn- and spring-sown pea (*Pisum sativum* L.). Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science, 70(2), 109-116. <https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1676463>
- Piikki K, Winowiecki LA, Vagen TG, Parker L and Soderstorm M. 2015.. The importance of soil fertility constraints in modeling crop suitability under progressive climate change in Tanzania. Procedia Environmental Sciences, 29: 199-207.
- Ram D, Vishwanath CR and Kumar R. 2010. Effect of time and method of sowing on growth and root yield of Ashwagandha (*Withania somnifera* Dunal.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6: 548-551.
- Rezaee M and Jaimand K. 2001. Chemical constituents of the essential oils of *Cymbopogon olivieri* (Boiss.) Bor. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 10(1): 75-83. (In Persian)
- Roussis I, Kakabouki I and Bilalis D. 2019. Comparison of growth indices of *Nigella Sativa* L. under different plant densities and fertilization. Emirates Journal of Food and Agriculture, 31(4): 231-247. <http://dx.doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i4.1934>
- Sadeghzadeh B. 2013. A review of zinc nutrition and plant breeding. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 1: 905-927. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000072>
- Said-Al Ahl H and Omer EA. 2009. Effect of spraying with zinc and / or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. Journal of Medicinal Food Plants, 1: 30-46.
- Singh G, Saravanan S, Rajawat KS, Rathore JS and Singh G. 2017. Effect of different micronutrient on plant growth, yield and flower bud quality of broccoli (*Brassica oleracea*). Current Agriculture Research Journal, 5, 108-115. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.5.1.12>
- Singh G, Saravanan S, Rajawat KS, Rathore JS and Singh G. 2017. Effect of different micronutrient on plant growth, yield and flower bud quality of broccoli (*Brassica oleracea*). Current Agriculture Research Journal, 5: 108-115. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.5.1.12>
- Tavallali V, Rowshan V, Gholami H and Hojati S. 2020. Iron-urea nano-complex improves bioactive compounds in essential oils of *Ocimum basilicum* L. Scientia Horticulturae, 265, 109222.
- Tavallali V, Rowshan V, Gholami H and Hojati S. 2020. Iron-urea nano-complex improves bioactive

- compounds in essential oils of *Ocimum basilicum* L. Scientia Horticulturae, 265: 109222. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109222>
- Vaseghi A, Ghanbari A, Heydari M and Davazdahemami S. 2014. Effect of Sowing Date on Qualitative and Quantitative Characteristics of Two Varieties of Black Cumin (*Nigella sativa*) Populations. Journal of Crop Ecophysiology, 7(28(4)), 373-392. (In Persian)
- Vaseghi A, Ghanbari A, Heydari M and Davazdahemami S. 2014. Effect of sowing date on qualitative and quantitative characteristics of two varieties of Black Cumin (*Nigella sativa*) Populations. Journal of Crop Ecophysiology, 7(28): 373-392. (In Persian)
- Voronina LP, Laptinskaya PK and Brykovskaya NN. 2020. Change in the fractional composition of carotenoids in *Calendula officinalis* L. as priming effect when using zinc and nitrogen fertilizers in chernozem. Moscow University Soil Science Bulletin, 75: 38-45. <http://dx.doi.org/10.3103/S0147687420010081>
- Walia S and Kumar R. 2021. Nitrogen and sulfur fertilization modulates the yield, essential oil and quality traits of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) in the western Himalaya. Frontiers in Plant Science, 11: 2320. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.631154>
- Wang Z, Zhang Z, Beebout SS, Zhang H, Liu L, Yang J and Zhang J. 2016. Grain yield, water and nitrogen use efficiencies of rice as influenced by irrigation regimes and their interaction with nitrogen rates. Field Crops Research, 193, 54-69.
- Zehtab-Salmasi S, Heidari F and Alyari H. 2008. Effect of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperment* L.). Plant Science Research, 1: 24-28.