



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources



Soil Science Society of Iran

(OPEN ACCESS)

Effect of foliar application of zinc and urea on black cumin yield in autumn and spring planting seasons

Jalil Shafagh-Kolvanagh^{*1}, Safar Nasrollahzade², Hassan Monirifar³,
Mina Amani⁴, Robab Esmaeli⁵

1. Corresponding Author, Professor of the Department of Plant Ecophysiology, Department of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: shafagh@tabrizu.ac.ir
2. Professor of the Department of Plant Ecophysiology, Department of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: nasr.tbu@tabrizu.ac.ir
3. Associate Prof., Horticulture and Crops Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. E-mail: monirifar@yahoo.com
4. Ph.D. Student in Production and Post-Harvest Physiology of Horticultural, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: mina76amani@yahoo.com
5. M.Sc. of Crop Ecology, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran. E-mail: rr4392337@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Full Length Research Paper	Background and Objectives: The effects of foliar application of urea and zinc solutions on crop performance have been widely studied; however, limited attention has been given to medicinal and aromatic plants. In particular, the influence of foliar fertilization on seed and essential oil yield of black cumin (<i>Nigella sativa</i> L.) under different planting dates remains underexplored. This study aimed to evaluate the effects of foliar-applied urea and zinc fertilizers on yield components and oil production of black cumin grown under autumn and spring planting in the Urmia Lake basin.
Article history: Received: 05.23.2024 Revised: 11.24.2024 Accepted: 11.25.2024	
Keywords: Autumn planting, Chlorophyll, Planting date, Spring planting, Zinc sulfate	
	Materials and Methods: The experiment was carried out during the 2019-2020 growing season at the Agricultural Research and Extension Farm in Shabestar, using a split-plot arrangement in a randomized complete block design with three replications. The main factor was planting season (autumn vs. spring), and the sub-factor included foliar treatments: control, zinc sulfate foliar application (3 kg ha ⁻¹), urea foliar application (50 and 100 kg ha ⁻¹), and combined treatments of zinc (3 kg ha ⁻¹) with urea (50 and 100 kg ha ⁻¹).
	Results: Autumn planting significantly outperformed spring planting, producing higher values for number of capsules per plant, seeds per capsule, 1000-seed weight, seed yield, biological yield, and oil yield. Among foliar treatments, zinc (3 kg ha ⁻¹) and urea (50 kg ha ⁻¹) both enhanced 1000-seed weight, seed yield, biological yield, and oil yield relative to the control, with no significant difference between them. The highest seed oil content (26.4%) was recorded with zinc application at 3 kg ha ⁻¹ . Combined application of 3 kg zinc and 50 kg urea per hectare in autumn produced the maximum seed yield (603.5 kg ha ⁻¹), whereas the lowest yield (288.8 kg ha ⁻¹) was obtained under the spring control

treatment. Interestingly, except for zinc alone at 3 kg ha⁻¹, all foliar applications reduced oil percentage compared to the control.

Conclusion: Foliar application of urea at 50 kg ha⁻¹ proved to be the most effective nutritional treatment, enhancing yield traits and oil production in black cumin, particularly under autumn planting. Thus, autumn sowing combined with foliar urea (50 kg ha⁻¹) is recommended for maximizing productivity in similar agro-ecological conditions. Further studies are needed to investigate different application timings of urea and zinc, the efficacy of soil versus foliar application, and the responses of diverse ecotypes to optimal and delayed planting dates in both autumn and spring.

Cite this article: Shafagh-Kolvanagh, Jalil, Nasrollahzade, Safar, Monirifar, Hassan, Amani, Mina, Esmaeli, Robab. 2025. Effect of foliar application of zinc and urea on black cumin yield in autumn and spring planting seasons. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 15 (2), 143-162.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejsms.2025.22324.2145

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



اثر محلول‌پاشی روی و اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در کشت‌های پاییزه و بهاره

جلیل شفق کلوانق^{۱*}، صفر نصراله‌زاده^۲، حسن منیری‌فر^۳، مینا امانی^۴، رباب اسمعیلی^۵

۱. نویسنده مسئول، استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، گرایش اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
رایانامه: shafagh@tabrizu.ac.ir
۲. استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، گرایش اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
رایانامه: nasr.tb@tabrizu.ac.ir
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. رایانامه: monirifar@yahoo.com
۴. دانشجوی دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان باغی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: mina76amani@yahoo.com
۵. کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
رایانامه: rr4392337@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: سابقه و هدف: واکنش گیاهان به محلول‌پاشی اوره و روی به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است، اما پژوهش‌های مشابه روی گیاهان دارویی و معطر محدود است. باتوجه به این‌که تغییرات اسانس و روغن سیاهدانه در پاسخ به کاربرد اوره و روی در تاریخ‌های مختلف کاشت مورد ارزیابی قرار نگرفته است، در این پژوهش سعی شد اثر محلول‌پاشی کودهای شیمیایی روی و اوره در دو فصل کاشت پاییزه و بهاره بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تولید روغن سیاهدانه در حوضه دریاچه ارومیه بررسی شود. تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۵	مواد و روش‌ها: بدین‌منظور آزمایش در مزرعه تحقیقاتی و ترویجی جهاد کشاورزی شهرستان شبستر به‌صورت اسپلینت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ اجرا شد. در این آزمایش فصل کاشت به‌عنوان عامل اصلی (فصل کاشت پاییزه و فصل کاشت بهاره) در کرت‌های اصلی و تیمار محلول‌پاشی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تیمار محلول‌پاشی شامل شاهد، محلول‌پاشی روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات روی ۳۴ درصد، محلول‌پاشی اوره به مقدار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و محلول‌پاشی توأم روی (۳ کیلوگرم در هکتار) و اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند.
واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، درصد روغن، سولفات روی، عملکرد دانه	

یافته‌ها: بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی و عملکرد روغن در کاشت پاییزه و کم‌ترین این صفات در کاشت بهار حاصل شد. محلول‌پاشی توأم روی و اوره به‌ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار و نیز محلول‌پاشی اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی و نیز عملکرد روغن را درمقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند، ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار محلول‌پاشی مشاهده نشد. بیش‌ترین درصد روغن دانه (۲۶/۴ درصد) با محلول‌پاشی روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. مقایسه میانگین اثر متقابل فصل کاشت و محلول‌پاشی نشان داد که محلول‌پاشی توأم ۳ کیلوگرم روی و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در کاشت پاییزه بیش‌ترین (۶۰۳/۵ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد محلول‌پاشی (آب‌پاشی) در کاشت بهار کم‌ترین (۲۸۸/۸ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. تیمارهای محلول‌پاشی به غیر از محلول‌پاشی روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار، درصد روغن دانه را نسبت به شاهد کاهش دادند.

نتیجه‌گیری: براساس یافته‌های این پژوهش محلول‌پاشی کود شیمیایی اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار عامل اصلی افزایش میانگین صفات مورد مطالعه در بین تیمارهای تغذیه‌ای بود. به‌طورکلی در شرایط مشابه این آزمایش استفاده از کود اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کاشت آن در پاییز برای به‌دست آوردن عملکرد دانه و روغن مورد نظر سیاه‌دانه توصیه می‌شود. استفاده از این کودها در تولید محصول و مقایسه واکنش اکوتیپ‌های مختلف با تاریخ کاشت بهینه در هر دو فصل کاشت پاییزه و بهار می‌تواند در تکمیل یافته‌های گزارش شده مؤثر باشد. در مجموع، استفاده از کود اوره و کاشت پاییزه جهت حصول عملکرد دانه و روغن مطلوب در سیاه‌دانه قابل توصیه می‌باشد.

استناد: شفق کلوانق، جلیل، نصراله‌زاده، صفر، منیری‌فر، حسن، امانی، مینا، اسمعیلی، رباب (۱۴۰۴). اثر محلول‌پاشی روی و اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در کشت‌های پاییزه و بهار. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۵ (۲)، ۱۶۲-۱۴۳.

DOI: 10.22069/ejsms.2025.22324.2145



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

در بین گیاهان دارویی، جنس *Nigella* از خانواده Ranunculaceae حدود هشت گونه در ایران دارد. سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) یکی از گونه های مهم این خانواده است که به طور طبیعی در نقاط مختلف ایران رشد می کند. سیاه دانه گیاهی یک ساله، گل دار و بومی منطقه جنوب غرب آسیا می باشد. در ایران این گیاه به ویژه در اراک و اصفهان به فراوانی می روید و از دانه های آن به عنوان ادویه استفاده می شود (۱). به دلیل داشتن ماده ای به نام تیموکتون، این گیاه دارای اثر ضد تشنجی است. همچنین دانه های آن اثر ضد توموری و ضد باکتریایی نیز دارند (۲). علاوه بر خودرو بودن این گیاه، به سبب کاربرد فراوان آن در صنایع داروسازی، در نقاط مختلف کشور به میزان فراوانی کشت می شود (۳ و ۴).

عناصر غذایی مانند روی و نیتروژن نقش بسیار مهمی در تغذیه و افزایش عملکرد گیاهان ایفا می کنند. کمبود و یا زیادهبود (سمیت) عناصر غذایی موجب محدود شدن رشد گیاه شده و در نهایت عملکرد گیاه را کاهش خواهد داد (۵). نیتروژن یکی از مهم ترین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان زراعی است (۶) که عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات زراعی می باشد و نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد (۷). به دلیل کاربرد وسیع کود اوره به عنوان منبع تأمین کننده نیتروژن مورد نیاز گیاه در مناطق خشک، توجه ویژه ای به این کود در پژوهش ها شده است (۸). عناصر کم مصرف در مقادیر بسیار کم توسط گیاه جذب می شوند. اگرچه عناصر غذایی کم مصرف در مقادیر بسیار کمی نسبت به عناصر پرمصرف مورد نیاز هستند، اما نقش اساسی در تغذیه گیاه ایفا می کنند. بنابراین، تأثیر زیادی بر رشد و نمو گیاهان دارند (۵). روی یک عنصر ضروری برای رشد گیاهان است و مصرف ثابت و پیوسته آن برای رشد مطلوب گیاه لازم است (۹). مشهورترین و پرمصرف ترین

منبع این عنصر، سولفات روی است (۱۰). محلول پاشی به عنوان یک روش ویژه برای مصرف عناصر غذایی می تواند این مشکل را رفع کند و در نتیجه عناصر به سرعت جذب گیاه شوند (۱۱، ۱۲ و ۱۳). واکنش های گیاهان به محلول پاشی اوره و روی به وفور روی گیاهان دارویی مانند گل همیشه بهار (۱۶) و زیره سیاه (۱۷) مورد مطالعه قرار گرفته است.

تعیین مناسب ترین تاریخ کشت، تنها می تواند از طریق شناخت اقلیم منطقه، عوامل محیطی و ویژگی های ارقام با انجام آزمایش ها در هر منطقه حاصل گردد. زمان کاشت باید برای یک منطقه و ارقام خاص تعیین شود. عوامل مؤثر بر انتخاب تاریخ کاشت را می توان شامل عوامل اقلیمی و عوامل غیر اقلیمی دانست. از عوامل اقلیمی مؤثر در تعیین تاریخ کاشت بهینه، تطابق زمان گلدهی با درجه حرارت مناسب می باشد که از اهمیت خاصی برخوردار است. عوامل غیر اقلیمی مانند آفات، امراض، علف های هرز و پرندگان هستند (۱۴). دوازده امامی و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تغییرات کمی و کیفی اسانس زنیان (*Carum copticum* L. C.B. Clarke) در دو تاریخ کاشت ۲۳ اسفندماه (کاشت بهاره) و ۲۱ خردادماه (کاشت تابستانه) گزارش کردند که بیش ترین ارتفاع گیاه (۹۳/۲ سانتی متر) و عملکرد زیستی (۱۳۶۷/۷ گرم در مترمربع) در فصل تابستان به دست آمد و حداکثر عملکرد بذر (۲۳۰ گرم در مترمربع) به کاشت در فصل بهار اختصاص داشت. تعداد ترکیبات شناسایی شده در اسانس اندام هوایی در کشت بهاره و تابستانه، به ترتیب ۱۵ و ۱۱ ترکیب بود و تغییرات کیفیت اسانس در تیمارهای مختلف کاشت از الگوی مشخصی پیروی نمی کرد. در مجموع این پژوهشگران عنوان کردند که در شرایط مشابه این آزمایش، کشت بهاره زنیان نسبت به کشت تابستانه برتری دارد (۱۵). باتوجه به بررسی منابع انجام شده تغییرات روغن دانه سیاه دانه در واکنش به کاربرد اوره

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. براساس 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.

و روی در تاریخ‌های کاشت مختلف ارزیابی نگردیده است، در این پژوهش سعی می‌شود که اثر محلول‌پاشی این کودهای شیمیایی و نیز دو فصل کاشت پاییزه و بهاره بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و روغن سیاه‌دانه در حوضه دریاچه ارومیه موردبررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی و ترویجی جهاد کشاورزی شهرستان

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

Table 1. Average rainfall and temperature during the crop year 2020-2021 (General Department of Meteorology of East Azarbaijan Province, 2021).

بارندگی Rainfall (mm)	دما Temperature (°C)	ماه Month
34.6	17.8	مهر October
36	12.4	آبان November
19	3.4	آذر December
6.4	0.5	دی January
33.6	3.6	بهمن February
31.8	4.9	اسفند March
31.6	12.2	فروردین April
43.5	19.3	اردیبهشت May
4.4	25.1	خرداد June
5.6	29	تیر July
7.2	28.3	مرداد August
0	25.8	شهریور September

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش.

Table 2. Results of soil analysis of the tested location.

عمق خاک Soil depth (cm)	pH اشباع Saturated soil pH	قابلیت هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS/m)	کربن آلی Calcium carbonate (%)	کربنات کلسیم Total nitrogen (%)	نیترژن کل Available nutrients (%)	عناصر قابل جذب Available nutrients (mg/kg)	اجزای معدنی خاک Mineral components of soil (%)	کلاس بافتی خاک Soil texture class
0-30	7.41	3.59	0.4	8.08	0.04	P K Zn Mn	رس سیلت شن Clay Silt Sand	لومی سیلتی Silty Loam
						3 308 0.58 4.6	22 50 28	

خصوصیات خاک مزرعه: به منظور بررسی وضعیت خاک قطعه زمین موردنظر در مزرعه، نمونه خاک براساس روش های استاندارد نمونه بردای، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری تهیه شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۲ درج شده است.

طرح آزمایشی و عملیات مزرعه ای: 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 در دو سطح شامل فصل کاشت پاییزه و فصل کاشت بهار در کرت های اصلی و تیمار محلول پاشی در کرت های فرعی قرار گرفتند. تیمار محلول پاشی که قبل از گل دهی انجام پذیرفت، شامل F1: شاهد (آب پاشی)، F2: محلول پاشی روی به مقدار ۳ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار از منبع نمک 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 (۱۸ و ۱۹). اختصاص تیمارها به طور تصادفی به واحدهای آزمایشی صورت گرفت. در مهرماه ماه سال ۱۳۹۹ با مساعد شدن شرایط اقلیمی، آماده سازی زمین با انجام یک شخم و دیسک زنی به منظور خرد کردن کلوخ ها صورت گرفت. در مرحله بعد، پس از مسطح کردن خاک زمین زراعی، نسبت به کرت بندی زمین اقدام شد. هر بلوک شامل ۱۲ کرت (واحد آزمایشی)، هر کدام شامل ۲۰ ردیف کاشت سه متری بود. فاصله بین ردیف های کاشت ۱۰ سانتی متر و فاصله بذرها روی ردیف ۵ سانتی متر در نظر گرفته شده و در هر نقطه، دو بذر قرار داده شد. برای اجرای این پژوهش، بذرها سیاه دانه (رقم بوکان) از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه تهیه گردید. متناسب با شرایط آب و هوایی،

بذرها در کاشت پاییزه در اوایل آبان ماه و در کاشت بهار در اوایل اردیبهشت ماه پس از ضد عفونی با بنومیل به نسبت دو در هزار، در شیارهایی به عمق ۱-۱/۵ سانتی متر قرار گرفتند و برای خروج هرچه بهتر گیاهچه ها، روی بذرها کشت شده ماسه بادی ریخته شد. بعد از کاشت، همه واحدهای آزمایشی آبیاری گردیدند. در کاشت پاییزه پس از ۴۰ روز از زمان کشت ۵۰ درصد بذرها جوانه زده و در کشت بهار پس از ۲۵ روز از زمان کشت، ۵۰ درصد بذرها جوانه زده بودند. کود شیمیایی فسفات آمونیوم به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی گاوی پوسیده به مقدار ۵ تن در هکتار با خاک مزرعه قبل از کاشت به صورت یکنواخت مخلوط شد. پس از استقرار کامل گیاهچه ها، بوته ها تنک گردیده و تراکم کاشت به ۲۰۰ بوته در مترمربع رسانده شد. پس از آن، به دلیل امکان سنجی کاشت سیاه دانه در حوضه دریاچه ارومیه و وجود محدودیت برای آبیاری، فقط دو آبیاری در دوره رشد گیاهان انجام گرفت. در کاشت بهار، به ترتیب در تاریخ های سی ام اردیبهشت ماه و بیستم خرداد ماه و در کاشت پاییزه، مجدداً به ترتیب در همان تاریخ های سی ام اردیبهشت ماه و بیستم خرداد ماه آبیاری انجام گرفت. مبارزه با علف های هرز به صورت دستی و در سه مرحله انجام شد و سم پاشی صورت نگرفت. با در نظر گرفتن شرایط جوی مطلوب محلول پاشی روی و اوره با استفاده از سم پاش دستی و به صورت یکنواخت انجام پذیرفت. محلول پاشی در کشت پاییزه بعد از ۲۰۶ روز از کشت و در کشت بهار بعد از ۴۷ روز از کاشت در سه نوبت و با فاصله زمانی ۷ روز انجام پذیرفت. زمان برداشت بوته ها در کاشت پاییزه ۳۱ خرداد ماه و در کاشت بهار ۷ شهریور ماه بود. در خصوص رسیدگی کامل دانه تفاوتی در تیمارهای مختلف وجود نداشت. در جدول ۳ مراحل فنولوژیکی سیاه دانه در کاشت پاییزه و بهار درج شده است:

جدول ۳- مراحل فنولوژیکی کاشت پاییزه و بهاره.

Table 3. Phenological stages of autumn and spring sowing.

تیمار Treatment	روز تا رسیدگی Days until the plant ripens	روز تا پایان گلدهی Days until the end of flowering	روز تا شروع گلدهی Days until the beginning of flowering
پاییزه (Autumn planting)	273	231	206
بهاره (Spring planting)	99	68	47

صفات مورد بررسی

عملکرد و اجزای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی و

شاخص برداشت دانه: 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. تعداد کپسول در بوته شمارش شد و سپس دانه‌ها از کپسول جدا گردیدند و تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه تعیین گردیدند. از هر واحد آزمایشی یک مترمربع (با حذف حاشیه‌ها) علامت‌گذاری شد و بوته‌های آن کفبر شده و دانه‌ها از کپسول‌ها جدا گردیدند. درنهایت دانه‌های هر تیمار در هر تکرار به‌طور 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. درنهایت با اضافه نمودن عملکرد دانه‌ها، عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح برای هر تیمار در هر تکرار ثبت شد. شاخص برداشت دانه نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی، نمونه‌ها در واحد سطح محاسبه گردید.

درصد روغن: تعیین درصد روغن سیاه‌دانه با روش (AOAC, 1990) و با استفاده از دستگاه سوکسله انجام شد (۲۰). ابتدا بالن ۵۰۰ میلی‌لیتری به‌خوبی شسته شد و به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه در داخل آون

قرار گرفت تا به وزن ثابت برسد. سپس بالن در داخل دسیکاتور قرار داده شد و پس از سرد شدن، توزین گردید (W_1). دانه سیاه‌دانه با استفاده از آسیاب برقی پودر گردید و ۲ گرم نمونه همگن پودر شده در انگشتانه ریخته شد. انگشتانه حاوی نمونه در داخل اکستراتور (بازوی استخراج) قرار داده شد و روی بالن در بالای هیتر سوکسله سوار گردید. ۳۰۰ میلی‌لیتر حلال دی‌اتیل‌اتر داخل لوله اکستراتور ریخته شد و سپس کندانسور روی اکستراتور قرار داده شد و آب در داخل آن جریان یافت و به مدت شش ساعت روی هیتر قرار گرفت. استخراج تا زمانی ادامه پیدا کرد که حلالی شفاف و بدون روغن سیفون گردد. بعد از اتمام استخراج، هیتر خاموش و پس از خنک شدن سیستم، جریان آب کندانسور متوقف گردید. حلال موجود در بالن به‌وسیله اپراتور چرخان تحت خلأ تبخیر شد و بالن حاوی روغن در داخل دسیکاتور قرار گرفت تا سرد شود. در این مرحله، بالن حاوی روغن توزین گردید (W_2). از معادله ۵ برای تعیین درصد روغن استفاده شد:

$$\text{درصد روغن دانه} = \frac{W_2 - W_1}{\text{وزن نمونه (g)}} \times 100 \quad (5)$$

عملکرد روغن نیز از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به‌دست آمد (۲۱).

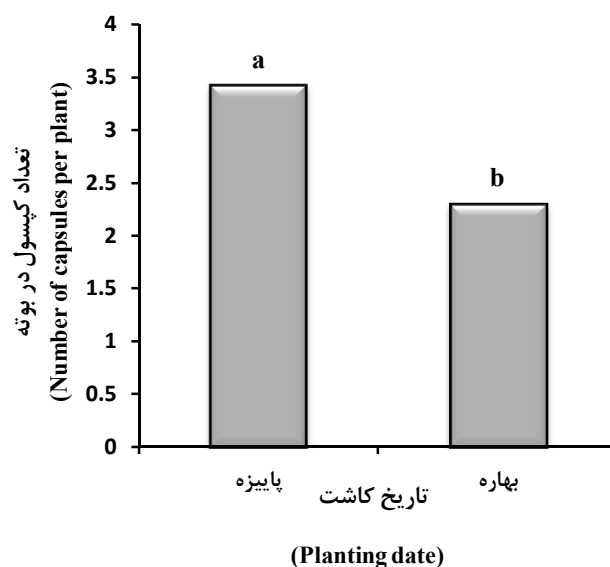
تجزیه‌های آماری: پیش از تجزیه واریانس، آزمون نرمال‌بودن و یکنواختی واریانس خطای داده‌ها انجام

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 SPSS و MSTAT-C برای انجام تجزیه‌های آماری استفاده شد. میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

تعداد کپسول در بوته: تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد کپسول در بوته سیاه‌دانه نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت اختلاف معنی‌داری وجود دارد. اثر تیمار محلول پاشی و نیز اثر متقابل عوامل

موردبررسی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته (۳/۴۲) متعلق به فصل کاشت پاییزه و کم‌ترین (۲/۰۳ میلی‌متر) متعلق به فصل کاشت بهاره بود (شکل ۱). تعداد کپسول در بوته از اجزاء مهم عملکرد دانه محسوب می‌شود، زیرا که کپسول از یک طرف ظرفیت تشکیل دانه را فراهم می‌کند و از طرف دیگر پوسته سبز کپسول با انجام فتوسنتز درصدی از مواد لازم برای پرشدن دانه را فراهم می‌نماید (۲۲). طول دوره مؤثر گلدهی در شرایط مزرعه تحت کاشت پاییزه طولانی‌تر می‌باشد و احتمالاً در این آزمایش طول دوره گلدهی در کشت پاییزه امکان تشکیل تعداد بیش‌تری کپسول را فراهم کرده است (۲۲).



شکل ۱- تغییرات تعداد کپسول در بوته در تاریخ‌های کاشت بهاره و پاییزه.

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

Figure 1. Changes in the number of capsules per plant in spring and autumn planting dates.
Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

جدول ۴- تجزیه واریانس برخی صفات سیاه‌دانه تحت تاریخ‌های مختلف کاشت بهاره و پاییزه و محلول‌پاشی روی و اوره.

Table 4. Variance analysis of some Black cumin traits under different planting dates and zinc and urea foliar application.

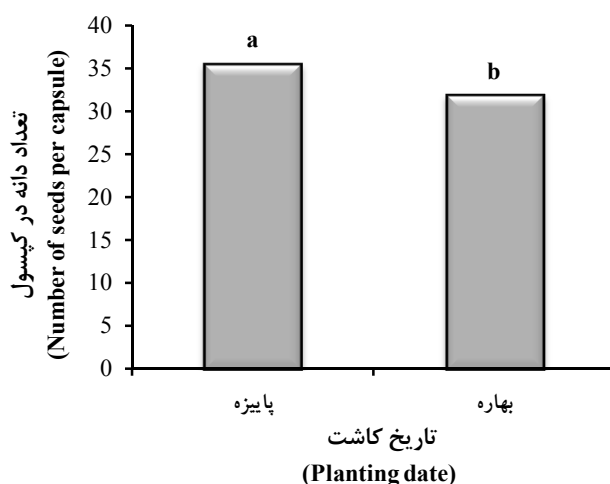
میانگین مربعات Mean square							منبع تغییرات Source of variation
شاخص برداشت دانه Seed harvest index	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1,000 grain weight	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	درجه آزادی D.F.	
38.78	583487**	7920*	0.008*	32.01 ^{ns}	0.396*	2	تکرار Replication
1.96 ^{ns}	7210209**	555323**	0.325**	119.9*	11.15**	1	تاریخ کاشت Planting date
0.74 ^{ns}	73836**	4049**	0.064*	3.75 ^{ns}	0.049 ^{ns}	5	محلول‌پاشی Foliar spraying
0.21 ^{ns}	11896*	932*	0.004 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.003 ^{ns}	5	تاریخ کاشت * محلول‌پاشی Planting date * Foliar spraying
7.64	4.12	4.35	7.01	12.8	18.11	-	ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)

^{ns}, ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

^{ns}, ** and * non-significant, significant at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$, respectively

حاضر، واثقی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که تعداد دانه در کپسول سیاه‌دانه در کاشت بهاره ۳۵/۸ درصد کمتر از کاشت پاییزه بوده است که دلیل آن را کاهش طول دوره رشد و میزان فتوسنتز و نیز مصادف شدن مراحل حساس زایشی گیاه با شرایط هوای گرم و تنش رطوبتی در کاشت بهاره عنوان کردند (۲۳).

تعداد دانه در کپسول: تعداد دانه در کپسول سیاه‌دانه در سطح احتمال پنج 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 ۱۱/۴ درصدی تعداد دانه در کپسول سیاه‌دانه نسبت به کاشت بهاره شد (شکل ۲). مشابه با یافته‌های پژوهش



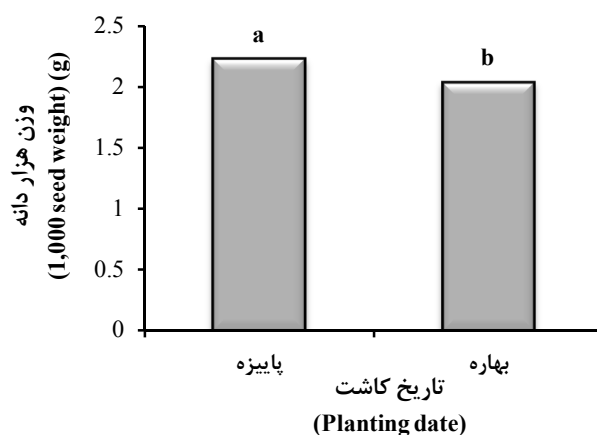
شکل ۲- تغییرات تعداد دانه در کپسول در تاریخ‌های کاشت بهاره و پاییزه.

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

Figure 2. Changes in the number of seeds in the capsule in spring and autumn planting dates.
Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

دانه کاهش یافته و منجر به کاهش جزئی در وزن هزاردانه شده است. همچنین در کاشت بهاره به دلیل کوتاه بودن طول دوره رویشی و کاهش سطح برگ، تولید فراورده‌های فتوسنتزی و تجمع ماده خشک کاهش پیدا کرده و در نهایت سبب کم شدن وزن هزاردانه می‌گردد (۲۳). اثرات مثبت محلول پاشی اوره و روی در افزایش وزن هزاردانه ممکن است نتیجه افزایش محتوای کلروفیل‌های a و b در دوره پرشدن دانه‌ها باشد. استفاده از کود نیتروژنی به دلیل افزایش دوام سطح برگ و تولید ماده خشک بیش‌تر، مواد فتوسنتزی بیش‌تری را به دانه‌ها منتقل ساخته و منجر به افزایش وزن هزاردانه می‌شود. افزایش نیتروژن موجب افزایش انتقال آسمیلات‌های ساخته شده توسط گیاه به دانه‌ها و در نتیجه افزایش وزن دانه‌ها می‌گردد. همچنین یکی از دلایل افزایش وزن هزاردانه بر اثر کاربرد کودهای نیتروژن‌دار را احتمالاً به دلیل افزایش سطح سبز گیاهی و طولانی‌تر شدن مرحله گلدهی می‌باشد (۲۴).

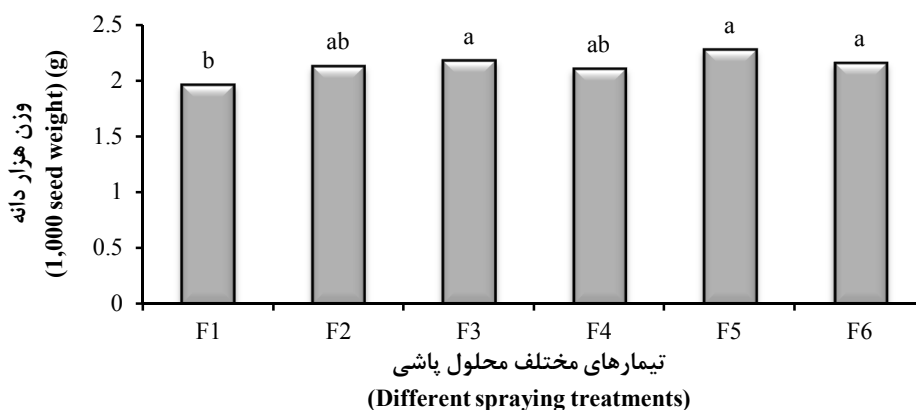
وزن هزاردانه: وزن هزاردانه سیاه‌دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای تاریخ کاشت و محلول پاشی قرار گرفت، ولی اثر متقابل تاریخ کاشت $\times$ محلول پاشی بر این صفت غیر معنی‌دار به دست آمد (جدول ۴). کاشت پاییزه با میانگین ۲/۲۲ گرم نسبت به کاشت بهاره با میانگین ۲/۰۳ گرم، برتری معنی‌داری از نظر وزن هزاردانه داشت (شکل ۳). تیمارهای محلول پاشی وزن هزاردانه را نسبت به شاهد (آب پاشی) به طور معنی‌داری افزایش دادند. بیش‌ترین وزن هزاردانه (۲/۲۷ گرم) بر اثر محلول پاشی با ترکیبی از ۳ و ۵۰ کیلوگرم روی و اوره در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد (۱/۹۶ گرم) ۱۶/۱ درصد افزایش نشان داد، اما بین سطوح مختلف محلول پاشی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۴). به نظر می‌رسد کاهش در وزن هزاردانه که در فصل کاشت بهاره مشاهده شد احتمالاً به این دلیل باشد که در کاشت بهاره، مرحله پرشدن دانه با درجه حرارت بالا مواجه شده و طول دوره پرشدن



شکل ۳- تغییرات وزن هزاردانه در تاریخ‌های کاشت مختلف بهاره و پاییزه.

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

Figure 3. Changes in the weight of 1,000 seeds in different planting dates in spring and autumn.
Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.



شکل ۴- تغییرات وزن هزاردانه در واکنش به تیمارهای مختلف محلول پاشی روی و اوره.

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 معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

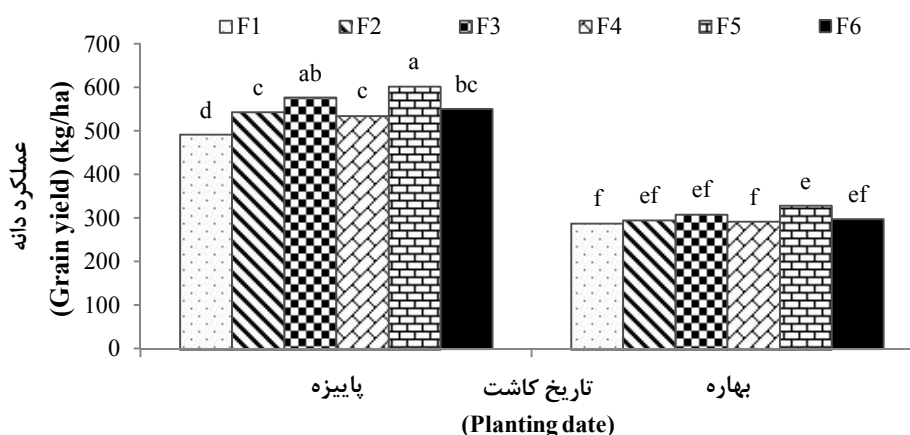
Figure 4. Changes in the weight of 1,000 seeds in response to different zinc and urea foliar treatments.
F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ and F₆: control (sprinkling), zinc solution (3 kg/ha), urea (50 and 100 kg/ha), combination of zinc and urea (respectively 3 and 50 kg/ha) and zinc and urea (3 and 100 kg/ha respectively).
Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

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 ۵). در سال‌های اخیر به‌منظور

عملکرد دانه: 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

(۲۳). کودهای نیتروژنی با اثرات خود بر مکانیزم‌های گیاهی مانند فتوسنتز، افزایش طول دوره رشدی و تجمع ماده خشک بر عملکرد دانه اثرات بارزی دارند (۲۴). 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 گرده، تولید ماده خشک و تسهیم آن را بین اندام‌های گیاهی و نیز عملکرد دانه را دچار اختلال شدیدی می‌کند (۵).

افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات کمی و کیفی دانه‌های سیاه‌دانه پژوهش‌های وسیعی از جنبه‌های زراعی و اکولوژیکی روی این گیاه صورت گرفته است (۱۴). 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.



شکل ۵- تغییرات عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت مختلف بهاره و پاییزه در واکنش به تیمارهای محلول‌پاشی روی و اوره. F_۱, F_۲, F_۳, F_۴, F_۵ و F_۶: 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.

Figure 5. Changes in seed yield in different spring and autumn planting dates in response to zinc and urea foliar treatments.

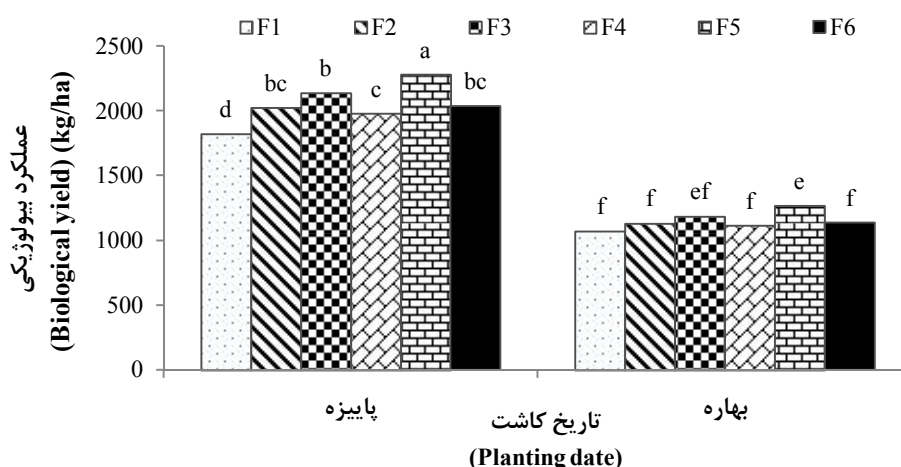
F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ and F₆: control (sprinkling), zinc solution (3 kg/ha), urea (50 and 100 kg/ha), combination of zinc and urea (respectively 3 and 50 kg/ha) and zinc and urea (3 and 100 kg/ha respectively). Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

محلول‌پاشی در افزایش عملکرد بیولوژیکی در کاشت پاییزه بارزتر بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی (۲۲۸۴ کیلوگرم در هکتار) مربوط به محلول‌پاشی توأم ۳ کیلوگرم روی و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در کاشت پاییزه (۱ آبان ماه) بود (شکل ۶). بیش‌تر بودن عملکرد بیولوژیکی در کاشت پاییزه به

عملکرد بیولوژیکی: عملکرد بیولوژیکی به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تاریخ کاشت، محلول‌پاشی و نیز اثر متقابل تاریخ کاشت × محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۴). به‌طورکلی، محلول‌پاشی با روی و اوره در هر دو فصل کاشت سیاه‌دانه منجر به بهبود عملکرد بیولوژیکی این گیاه شد، ولی اثر این سطوح

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 (۱۲). 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 بیوستز اکسین می‌باشد. از سوی دیگر روی در غلظت‌های مناسب از طریق فعال‌سازی آنزیم‌های دخیل در تقسیم و طول‌شدگی سلول‌ها، می‌تواند سبب تحریک رشد گیاه شود. این فلز از طریق دخالت در متابولیسم نیتروژن، نشاسته و لیپیدها رشد گیاه را تسریع می‌بخشد (۲۶).

این دلیل 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 (۲۵). 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



شکل ۶- تغییرات عملکرد بیولوژیکی در تاریخ‌های کاشت مختلف بهاره و پاییزه در واکنش به تیمارهای محلول‌پاشی روی و اوره. F_۱, F_۲, F_۳, F_۴, F_۵ و F_۶: 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.

Figure 6. Biological performance changes in different spring and autumn planting dates in response to zinc and urea foliar treatments.

F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ and F₆: control (sprinkling), zinc solution (3 kg/ha), urea (50 and 100 kg/ha), combination of zinc and urea (respectively 3 and 50 kg/ha) and zinc and urea (3 and 100 kg/ha respectively).

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

موردنظر از لحاظ عملکرد است که می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی قرار گیرد. پایداری شاخص برداشت فاکتور کلیدی و مهم در عملکرد دانه است (۲۶).

شاخص برداشت دانه: در گیاهان زراعی تولیدکننده دانه، شاخص برداشت معیاری از کارایی تسهیم مواد فتوسنتزی و ماده خشک به بخش‌های اقتصادی و

شاخص برداشت دانه سیاه دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت و محلول پاشی قرار نگرفت (جدول ۴). شاخص برداشت نشانگر بخشی از ماده خشک گیاه است که به دانه ها اختصاص می یابد و در مدیریت و همچنین به نژادی گیاهان زراعی دانه ای کوشش می شود تا شاخص برداشت به حداکثر ممکن افزایش یابد (۲۶). شاید عمده ترین دلیل تأثیر نپذیرفتن شاخص برداشت از تیمارهای این پژوهش را بتوان به این امر نسبت داد که تاریخ کاشت بهینه و کاربرد کودهای شیمیایی به همان نسبت که موجب بهبود عملکرد دانه می شود، بیوماس گیاه را نیز به همان نسبت افزایش می دهد. برخلاف نتایج این پژوهش، مرادزاده و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که شاخص برداشت دانه سیاه دانه به طور معنی داری با کاربرد کود شیمیایی اوره افزایش پیدا کرده است (۲۵).

درصد روغن دانه: بر اساس نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس، درصد روغن دانه سیاه دانه به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای محلول پاشی قرار گرفت، ولی اثر فصل کاشت و اثر متقابل فصل کاشت × محلول پاشی بر این صفت غیر معنی دار به دست آمد.

(جدول ۵). تیمارهای محلول پاشی به جز محلول پاشی روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار، درصد روغن دانه را نسبت به شاهد (آب پاشی) به طور معنی داری کاهش دادند. بیش ترین درصد روغن دانه (۲۶/۴ درصد) بر اثر محلول پاشی با روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بین سطوح محلول پاشی روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار با شاهد تفاوت معنی داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۷). یکی از مهم ترین خصوصیات کیفی دانه سیاه دانه، درصد روغن دانه آن است. درصد روغن دانه علاوه بر خصوصیات ژنتیکی به عوامل محیطی مانند دما، شرایط تغذیه گیاه و رطوبت نیز بستگی دارد (۲۶). در این پژوهش با مصرف کود شیمیایی، درصد روغن دانه سیاه دانه کاهش یافت. با افزایش مقدار نیتروژن در دسترس برای گیاه، شرایط مطلوب تری برای بیوسنتز پروتئین ها فراهم می شود و بنابراین فراورده های فتوسنتزی بیش تری برای سنتز پروتئین اختصاص یافت. همچنین، بین محتوای روغن و پروتئین دانه رابطه عکس وجود دارد. بنابراین، استفاده از کود نیتروژن دار سبب افت درصد روغن دانه می گردد (۲۷).

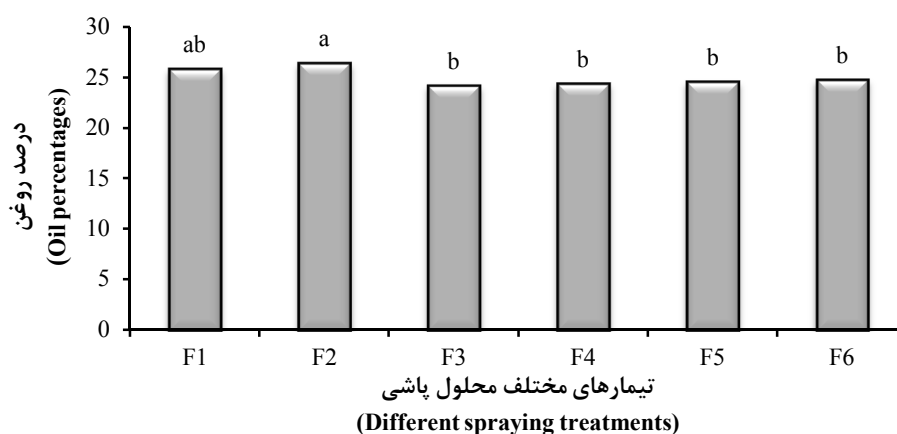
جدول ۵- تجزیه واریانس برخی صفات سیاه دانه در تاریخ های مختلف کاشت بهاره و پاییزه و محلول پاشی روی و اوره.

Table 5. Variance analysis of some Black cumin traits in different spring and autumn planting dates and zinc and urea foliar application.

میانگین مربعات Mean square			منبع تغییرات Source of variation
عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percentages	درجه آزادی D.F.	
516.5**	0.101 ^{ns}	2	تکرار Replication
30961.6**	4.41 ^{ns}	1	تاریخ کاشت Planting date
182.4*	4.812*	5	محلول پاشی Foliar spraying
43.77 ^{ns}	1.098 ^{ns}	5	تاریخ کاشت * محلول پاشی Planting date * Foliar spraying
6.44	5.2	-	ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)

^{ns}, **, * به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

^{ns}, **, * non-significant, significant at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$, respectively



شکل ۷- تغییرات درصد روغن دانه در واکنش به تیمارهای مختلف محلول‌پاشی روی و اوره.

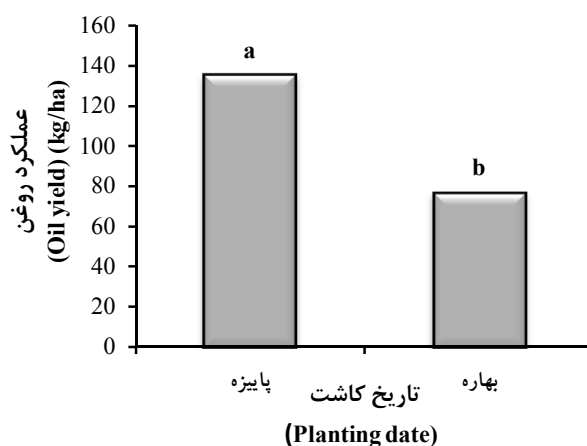
F_1 , F_2 , F_3 , F_4 , F_5 و F_6 : به ترتیب شاهد (آب‌پاشی)، محلول‌پاشی روی (۳ کیلوگرم در هکتار)، اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و توأم روی و اوره (به ترتیب ۳ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار).

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

Figure 7. Changes in the percentage of seed oil in response to different zinc and urea foliar treatments.
 F_1 , F_2 , F_3 , F_4 , F_5 and F_6 : control (sprinkling), zinc solution (3 kg/ha), urea (50 and 100 kg/ha), combination of zinc and urea (respectively 3 and 50 kg/ha) and zinc and urea (3 and 100 kg/ha respectively).
 Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

نشد (شکل ۹). عملکرد روغن دانه از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه حاصل گردید. بنابراین، می‌توان دریافت که دلیل اصلی بالا بودن عملکرد روغن در تاریخ کاشت مطلوب (۱ آبان‌ماه)، بالا بودن عملکرد دانه در این فصل کاشت است. با کاربرد اوره هرچند درصد روغن دانه کاهش یافت، اما به‌دلیل افزایش عملکرد دانه در این شرایط، عملکرد روغن دانه سیاه‌دانه افزایش یافت. تلسی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن‌دار (به فرم اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، عملکرد دانه سیاه‌دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داده و در نتیجه سبب بهبود عملکرد روغن در واحد سطح شده است (۲۷). کاربرد روی موجب افزایش سطح برگ، بهبود تولید فراورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش تجمع این فراورده‌ها در دانه گیاهان شده و بنابراین سبب افزایش وزن دانه و بهبود محتوای روغن و در نتیجه محصول روغن دانه می‌شود (۲۸).

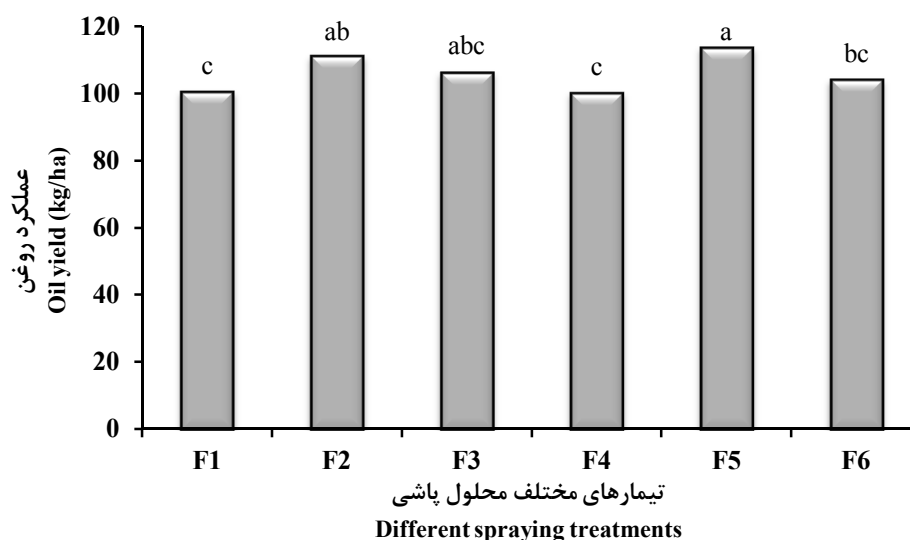
عملکرد روغن دانه: تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد روغن دانه نشان داد که اختلاف بین تاریخ‌های کاشت و تیمارهای محلول‌پاشی از نظر عملکرد روغن دانه معنی‌دار گردید. اثر متقابل عوامل مورد بررسی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). کاشت پاییزه (۱ آبان‌ماه) با میانگین ۱۳۵/۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به کاشت بهاره (۱ اردیبهشت‌ماه) با میانگین ۷۶/۷ کیلوگرم در هکتار، برتری معنی‌داری از نظر عملکرد روغن دانه سیاه‌دانه داشت (شکل ۸). بیش‌ترین میانگین عملکرد روغن دانه در واحد سطح (۱۱۳/۷ کیلوگرم در هکتار) در نتیجه محلول‌پاشی با ترکیبی از روی و اوره به‌ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (آب‌پاشی) ۱۲/۹ درصد افزایش داشت. بین سطوح تیماری محلول‌پاشی با اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار، روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار و توأم روی و اوره به‌ترتیب به مقدار ۳ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده



شکل ۸- تغییرات عملکرد روغن دانه در واحد سطح در تاریخ‌های کاشت بهاره و پاییزه.

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

Figure 8. Changes in seed oil yield per unit area in spring and autumn planting dates. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.



شکل ۹- تغییرات عملکرد روغن دانه در واحد سطح در واکنش به تیمارهای محلول پاشی روی و اوره.

F_۱, F_۲, F_۳, F_۴ و F_۵: 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 معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 9. Changes in seed oil yield per unit area in response to zinc and urea foliar treatments. F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ and F₆: control (sprinkling), zinc solution (3 kg/ha), urea (50 and 100 kg/ha), combination of zinc and urea (respectively 3 and 50 kg/ha) and zinc and urea (3 and 100 kg/ha respectively). Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

روی عملکرد دانه و روغن این گیاه دارویی دارد. نیتروژن موجود در اوره به افزایش تولید پروتئین و بهبود کیفیت روغن کمک می‌کند، که این امر به‌ویژه

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کاشت پاییزه سیاهدانه تأثیرات مثبت قابل‌توجهی بر

کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به افزایش سودآوری کشاورزان نیز منجر شود، زیرا با افزایش تولید و کیفیت، قیمت‌های بالاتری در بازارهای هدف قابل دستیابی است.

در صنایع غذایی و دارویی اهمیت دارد. همچنین، کاشت در پاییز به گیاه این امکان را می‌دهد که از رطوبت زمستانی بهره‌برداری کند و تحمل آن را در برابر شرایط نامساعد جوی افزایش دهد. در نتیجه، این روش نه تنها به بهبود عملکرد و کیفیت محصول

منابع

1. Abdolzadeh, A., Valipour Chahardahcheriki, Y. G., & Ghaderi-Far, F. (2017). The effects of nitrogen source and amount on growth, chlorophyll, oil, and essence contents of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 12(45), 68-80. [In Persian]
2. Merajipour, M., Movahhedi Dehnavi, M., Salehi, A., & Yadavi, A. (2020). Improving grain yield, water and nitrogen use efficiency of *Nigella sativa* with biological and chemical nitrogen under different irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*, 260, 108869. doi:10.1016/j.scienta.2019.108869.
3. Rezvani moghaddam, P., Seyyedi, S., & Azad, M. (2016). The Effect of Different Fertilizer Management on Yield and Yield Components of Black Seed (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, 8(4), 598-611. [In Persian]
4. Piikki, K., Winowiecki, L. A., Vagen, T. G., Parker, L., & 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. doi:10.1016/j.proenv.2015.07.260.
5. Singh, G., Saravanan, S., Rajawat, K. S., Rathore, J. S., & 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. doi:10.12944/CARJ.5.1.12.
6. Hussain, M., Cheema, S., Abbas, R., Ashraf, M., Shahzad, M., Farooq, M., & 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. doi: 10.1080/01904167.2018.1509998.
7. Karimi, B., Rokhzadi, A., & Rahimi, A. R. (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. doi: 10.1080/01904167.2021.1871756.
8. Seidi, Z., Fateh, E., & Ayneband, A. (2021). Changes in secondary metabolite and biologically active compounds of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) upon organic and conventional production systems. *Acta Ecologica Sinica*, 41, 215-222. doi:10.1016/j.chnaes.2021.02.009.
9. Hafeez, B., Khanif, Y.M., & Saleem, M. (2013). Role of zinc in plant nutrition - a review. *American Journal of Experimental Agriculture*, 3, 374-391.
10. Sadeghzadeh, B. (2013). A review of zinc nutrition and plant breeding. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1, 905-927.
11. Haytova, D. (2013). A review of foliar fertilization of some vegetables crops. *Annual Review and Research in Biology*, 3(4), 455-465.
12. Tavallali, V., Rowshan, V., Gholami, H., & Hojati, S. (2020). Iron-urea nano-complex improves bioactive compounds in essential oils of *Ocimum basilicum* L. *Scientia Horticulturae*, 265, 109222. doi:10.1016/j.scienta.2020.109222.

13. Haj Seyed Hadi, M., & 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. doi:10.22092/ijmapr.2016.105894. [In Persian]
14. Mehmood, A., Naveed, K., Azeem, K., Khan, A., Ali, N., & 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. doi:10.19045/bspab.2018.70060.
15. Davazdahemami, S., Dokhani, S., Mortazanezhad, F., & Allahdadi, M. (2021). Quantitative and qualitative changes of ajowan (*Carum copticum* L. C.B. Clarke) essential oil in spring and summer cultivation under salinity stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(3), 251-260. doi:10.22059/ijfcs.2020.293886.654668. [In Persian]
16. Kasraian, A., & Fazli, N. (2023). Evaluation of extract percentage and vegetative growth of marigold (*Calendula officinalis*) in nitrogen, phosphorus and potassium treatments. *Soil Management and Sustainable Production*, 13(2), 115-129. doi:org/10.22069/ejsms.2023.20388.2068.
17. Karami Borzabad, R., Baghbani-Arani, A., & Paykarestan, B. (2023). Effect of low irrigation and foliar application of nano nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative traits of black cumin seeds (*Bunium persicum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54, 85-97. doi:10.22059/ijfcs.2022.349672.654949.
18. Davoodi, S. H., Biabani, A., Rahemi Karizaki, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., Gholamalipour Alamdari, E., & 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]
19. El-Sayed, K. A., Ross, S. A., El-Sohly, M. A., Khalafalla, M. M., Abdel-Halim, O. B., & 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.
20. AOAC. (1990). Fatty acids in oil and fats. In: Helrich K. (Ed.). Official methods of analysis. 15th edition, AOAC: Arlington, VA, USA, 2, 963-964.
21. Shafagh-Kolvanagh, J., Dabbagh Mohammadi-Nasab, A., Raei, Y., Samimifar, P., & Amani, M. (2024). Evaluation and comparison of the percentage and yield of seed oil in different populations of the Dragon's head (*Lallemantia iberica* Fisch.) in the northwest of the country. *Plant Productions*. doi:10.22055/ppd.2024.46229.2148.
22. Safaei, Z., Azizi, M., Davarynejad, G., & Aroiee, H. (2017). The effect of planting seasons on quantitative and qualitative characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Medicinal plants and By-product*, 6(1), 27-33. doi:10.22092/jmpb.2017.113147.
23. Vaseghi, A., Ghanbari, A., Heydari, M., & 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]
24. Omar, S., Atif, R., & Fahimullah, H.Y.M. (2019). Effect of sowing dates on grain yield of wheat crop (*Triticum aestivum* L.) in Dar-ul-Aman Research Farm in Kabul Afghanistan. *Environment and Ecology*, 37, 27-30.
25. Moradzadeh, S., Moghaddam, S., Rahimi, S., Latifeh Pourakbar, A., & Sayyed, R. (2021). Combined bio-chemical fertilizers ameliorate agro-biochemical attributes of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Scientific Reports*, 11, 11399.

26. Li, W. P., Shi, H.B., Zhu, K., Zheng, Q., & Xu, Z. (2017). The quality of sunflower seed oil changes in response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*, 109, 2499-2507. doi: 10.2134/agronj 2017.01.0046.
27. Telci, I., Izgi, M. N., Ozek, T., Yasak, S., Yur, S., & Ozek, G. (2022). Effects of different nitrogen doses on thymoquinone and fatty acid composition in seed oil of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 99, 229-237. doi:10.1002/aocs.12570.
28. Ashkiani, A., Sayfzadeh, S., Shirani Rad, A. H., Valadabadi, A., & Hadidi Masouleh, E. (2020). Effects of foliar zinc application on yield and oil quality of rapeseed genotypes under drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, 43, 1594-1603. doi: 10.1080/01904167.2020.1739299.