University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

Agronomic and Morpho-Physiologic Responses of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) to Sowing Dates under Cold Winter Regions

Mehdi Joudi[1]✉

1. Corresponding Author, Department of Plant Science and Medicinal Herbs, Meshgin-Shahr Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Email: joudi@uma.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: November 15, 2023
Received in revised form: January 02, 2024
Accepted: January 21, 2024
Published online: September 22, 2024

Keywords:
Black cumin,
dry matter partitioning,
freezing,
grain yield,
test weight.

ABSTRACT

Little is known about growth and cultivation of black cumin in cold winter regions of Iran. This research aimed to study the effect of sowing dates on agronomic and morph-physiologic traits of black cumin cultivated in Meshginshahr-Ardabil. The experiment was performed at the research farm of Meshginshahr College of Agriculture based on RCBD with three replications during 2021-2022. The seeds of black cumin were cultivated on four dates of sowing: 17 October, 22 December, 3 March, and 15 April. Results showed that the effects of the date of sowing were significant on grain and biological yield per plant, number of capsules as well as grain per plant. The highest values of these traits were observed in the fall and winter dates of sowing whereas the opposite was found in the spring date of sowing. Hundred-grain weight, test weight, and partitioning of dry matter to the different organs were not affected by the date of sowing. A positive and significant correlation was found between grain yield and biological yield per plant (r=0.96). Similarly, grain yield per plant correlated positively and significantly with the number of capsules (r=0.92) and grain per plant (r=0.96). No significant association was found between grain yield per plant and hundred-grain weight (r= –0.01), suggesting that grain yield in black cumin is regulated more by grain number than grain weight. According to the results, there is the possibility for autumn cultivation of black cumin in the area with cold winters. In case, the seedling of black cumin is established on time, they will be able to tolerate the freezing conditions.

Cite this article: Joudi, M. (2024). Agronomic and morpho-physiologic responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to sowing dates under cold winter regions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *55*(3), 1-12. DOI: 10.22059/ijfcs.2024.368007.655043.

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2024.368007.655043

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۸۰۸۲

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

واکنش زراعی و مورفو–فیزیولوژیک سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) به زمان‌های کاشت در نواحی با زمستان سرد

مهدی جودی[1]✉

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشگین شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: joudi@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تسهیم ماده خشک،
سیاهدانه،
عملکرد دانه،
وزن حجمی دانه،
یخبندان.

چکیده

اطلاعات در خصوص رشد و نمو و تولید سیاهدانه در نواحی با زمستان سرد ایران اندک می‌باشد. هدف این تحقیق بررسی تاریخ‌های مختلف کاشت بر صفات زراعی و مورفو–فیزیولوژیک سیاهدانه در شهرستان مشگین‌شهر–اردبیل بود. پژوهش در شرایط فاریاب و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشگین‌شهر در سال زراعی ۱۴۰۱–۱۴۰۰ انجام شد. بذور سیاهدانه در چهار تاریخ کاشت شامل اواخر مهر، اوایل دی، اواسط اسفند و اواخر فروردین کاشته شدند. نتایج نشان داد اثر تاریخ کاشت بر صفات عملکرد دانه و عملکرد زیستی در گیاه، تعداد کپسول و تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود. بیشترین مقدار این صفات در تاریخ کاشت‌های پاییزه و زمستانه و کمترین آنها در تاریخ کاشت بهاره مشاهده شد. وزن صد دانه، وزن حجمی دانه و تسهیم ماده خشک به اندام‌های مختلف (برگ و ساقه، پوسته غلاف و دانه) تحت اثر تاریخ کاشت قرار نگرفت. ارتباط مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در بوته مشاهده شد (**r= 0.96**). ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در بوته با تعداد کپسول (**r= 0.92**) و تعداد دانه در گیاه (**r= 0.96**) مثبت و معنی‌دار بود، ولی رابطه مشخصی بین عملکرد دانه و وزن صد دانه دیده نشد (**r= –0.01**). این امر نشان می‌دهد عملکرد گیاه سیاهدانه از طریق تغییرات در تعداد دانه و نه وزن دانه تنظیم می‌شود. با توجه به نتایج حاصله، امکان کاشت پاییزه گیاه سیاهدانه در نواحی با زمستان‌های سرد وجود دارد و گیاهچه‌های سیاهدانه در صورت سبز شدن به موقع، قادرند دماهای پایین و یخبندان را تحمل کنند.

استناد: جودی، م. (۱۴۰۳). واکنش زراعی و مورفو–فیزیولوژیک سیاهدانه (***Nigella sativa* L.**) به زمان‌های کاشت در نواحی با زمستان سرد. *علوم گیاهان زراعی ایران*، *۵۵*(۳)، ۱۲-۱. **DOI: 10.22059/ijfcs.2024.368007.655043**

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

۱. مقدمه

گیاهان دارویی به دلیل خواص درمانی، اثرات جانبی پایین، مقرون به صرفه بودن، مقبولیت فرهنگی و ... مورد توجه جهانی قرار گرفته‌اند. تجارت بین‌المللی گیاهان دارویی و فراورده‌های آنها در سال ۲۰۱۰ حدود ۶۰ میلیارد دلار بوده و پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ به حدود پنج تریلیون دلار برسد (**Zahra *et al*., 2019**). سیاهدانه با نام علمی ***Nigella sativa* (L.)** گیاهی دولپه، علفی، یک‌ساله و متعلق به خانواده آلاله می‌باشد. دانه این گیاه در طب سنتی بسیاری از کشورها جهت پیش‌گیری و درمان بسیاری از اختلالات و بیماری‌ها از جمله سرفه، آسم، احتقان بینی، سردرد، دندان‌درد، کرم‌های روده‌ای، اختلالات قاعدگی، بیماری‌های گوارشی و ناتوانی جنسی مصرف می‌شود (**Fallah Huseini *et al*., 2011**). انتخاب تاریخ کاشت مناسب یکی از مهمترین فاکتورهای مدیریتی بوده و در بسیاری از موارد می‌تواند تعیین‌کننده موفقیت یا شکست زراعت یک محصول باشد (**Khajehpour, 2015**). فاکتورهای تعیین‌کننده برای تاریخ کاشت مناسب در یک ناحیه مشخص، دمای مناسب خاک برای جوانه‌زنی، رشد مناسب قبل از گلدهی، عدم برخورد گلدهی و پر شدن دانه با دمای بالای هوا و استفاده مناسب از شرایط محیطی می‌باشد (**Safaei *et al*., 2017**).

در ارتباط با محصول‌های بهاره سرمازی همانند سیاهدانه، چنانچه تاریخ کاشت زودتر از موعد مناسب انتخاب شود و اکوتیپ مورد استفاده (یا رقم کاشته‌شده) حساس به سرما باشد، آنگاه دمای پایین هوا و خسارت یخبندان باعث تضعیف گیاهچه‌ها شده و حداکثر قدرت تولیدی محصول به ظهور نخواهد رسید. در مقابل، کاشت زودهنگام اکوتیپ‌های مقاوم به سرما باعث تولید گیاهچه‌های قوی در اول فصل بهار شده و افزایش طول دوره رشد در آنها احتمالا با عملکردهای بالا در فصل تابستان همراه خواهد بود. در همین راستا و در پژوهشی که در مشهد انجام شد گیاهچه‌های پنج اکوتیپ سیاهدانه (بیرجند، سبزوار، فردوس، گناباد و نیشابور) که در اواسط اسفند کاشته شده و تا مرحله ۵-۴ برگی در شرایط طبیعی رویانده شده بودند، تحت شرایط کنترل‌شده و به مدت دو ساعت در معرض دماهای متفاوت صفر، ۱/۵-، ۳-، ۴/۵-، ۶-، ۷/۵- و ۹- درجه سانتیگراد قرار گرفتند. بررسی درصد بقای گیاهچه‌ها نشان داد تا دمای ۴/۵- درجه سانتیگراد تقریبا تمام گیاهچه‌ها حفظ شدند، ولی با کاهش بیشتر دما در سه اکوتیپ بیرجند، نیشابور و فردوس درصد بقا روند کاهشی پیدا کرد. کاهش درصد بقا در دو اکوتیپ گناباد و سبزوار به‌ترتیب از دمای ۶- و ۷/۵- درجه سانتیگراد آغاز شد. در دمای ۹- درجه سانتیگراد که هیچ گیاهی از اکوتیپ‌های فردوس، گناباد و نیشابور باقی نماند، درصد بقای گیاهچه‌های سبزوار و بیرجند به‌ترتیب حدود ۴۰ و ۲۰ درصد بود (**Khorsandi *et al*., 2015**). محققان در قزوین امکان کاشت پاییزه یا بهاره چهار گیاه دارویی رازیانه، زنیان، انیسون و سیاهدانه را بررسی و واکنش متفاوت گیاهان دارویی کشت‌شده به تاریخ کاشت را گزارش کردند. رازیانه و سیاهدانه به علت استقرار بهتر در پاییز، مقاومت به سرما، شروع زودتر رشد بهاره و در نتیجه شاخ و برگ و وزن دانه بیشتر، عملکرد دانه بالاتری داشتند. در حالی که به علت از بین رفتن گیاهچه‌های سبز شده زنیان و انیسون در اثر سرمای زمستان، کاشت پاییزه آنها موفقیت‌آمیز نبود و در منطقه مورد تحقیق امکان کاشت این دو گیاه تنها در فصل بهار وجود داشت (**Akbarinia *et al*., 2005**). در پژوهشی دو ساله که در هندوستان انجام شد، اثر تاریخ کاشت (دهه اول مهر، دهه سوم مهر، دهه اول آبان، دهه سوم آبان و دهه اول آذر) و تراکم بوته روی سیاهدانه مطالعه و مشخص شد بیشترین ارتفاع و انشعاب گیاهان، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، وزن کپسول، تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و محتوای اسید چرب در گیاهان کشت‌شده مربوط به تاریخ کاشت دوم (دهه سوم مهر) بود (**Meena *et al*., 2012**).

کاشت دیرهنگام سیاهدانه منجر به کاهش طول دوره رشد گیاه شده و احتمال برخورد مراحل گلدهی و پر شدن دانه با دماهای بالا در اواخر بهار و اوایل تابستان را افزایش خواهد داد. در همین ارتباط، اثر چهار تاریخ کاشت (۵ و ۲۵ اسفند، ۱۵ فروردین و ۵ اردیبهشت) روی چهار اکوتیپ سیاهدانه (بیرجند، گناباد، نیشابور و سبزوار) مورد بررسی قرار گرفته و گزارش شد که بیشترین تعداد کپسول در بوته، دانه در کپسول، عملکرد زیستی و عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول، بیشترین وزن هزار دانه در تاریخ کاشت چهارم و بیشترین شاخص برداشت در تاریخ کاشت سوم مشاهده شد. اکوتیپ نیشابور و گناباد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه و عملکرد زیستی را نشان دادند. همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت در اکوتیپ نیز بر صفات ارزیابی‌شده معنی‌دار بود که نشان‌دهنده پاسخ‌های متفاوت اکوتیپ‌ها به تغییر در تاریخ کاشت می‌باشد (**Javadi Hedayat Abad *et al*., 2015**). در پژوهشی در بیرجند، اثر چهار تاریخ (یک فروردین، ۱۵ فروردین، ۱ اردیبهشت و ۱۵ اردیبهشت) و سه سطح نیتروژن (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن

خالص در هکتار) بر سیاهدانه مطالعه شده و تاریخ کاشت‌های فروردین و مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به دلیل تولید عملکرد بالاتر مناسب تشخیص داده شد (**Javadi, 2008**). پژوهشگران ایتالیایی یک اکوتیپ سیاهدانه معمولی (***Nigella sativa* L.**) و دو اکوتیپ سیاهدانه دمشقی (***Nigella damascene* L.**) را در سه تاریخ متفاوت (دهه دوم اسفند، دهه دوم فروردین و دهه دوم اردیبهشت) کشت کرده و گزارش کردند با تاخیر در کاشت، عملکرد زیستی و عملکرد دانه به دلیل کاهش تعداد دانه و وزن دانه کاهش یافتند. آنها بیان کردند مهمترین جزء عملکرد در هر دو گونه، تعداد دانه در گیاه بود. نامبردگان در ادامه افزودند بزرگترین محدودیت برای پتانسیل عملکرد دانه سیاهدانه معمولی (***Nigella sativa* L.**) طول دوره رویشی کوتاه می‌باشد که این عامل از طریق کاهش تعداد دانه در گیاه منجر به کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود (**D'Antuono *et al*., 2002**).

اثر فاکتورهای محیطی بر مراحل نموی و فیزیولوژیک گیاهان باعث تفاوت در زمان کاشت برای نواحی مختلف می شود. حتی در یک ناحیه مشخص نیز به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی، ارقام مختلف ممکن است در تاریخ‌های متفاوت کاشته شوند. تعدادی از محققان در تحقیقی که در اصفهان انجام دادند اثر چهار تاریخ کاشت (۲۵ آبان، ۲۵ آذر، ۱۵ اسفند و ۱۵ فروردین) بر دو توده هند و اصفهان سیاهدانه بررسی کرده و گزارش کردند که تاخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش اکثر صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد شد. این محققان نتیجه‌گیری کردند تاریخ کشت دوم و سوم برای توده اصفهان و تاریخ کشت سوم برای توده هند مناسب می‌باشد (**Vaseghi *et al*., 2014**). در ایران، کاشت سیاهدانه در نواحی با زمستان‌های نیمه‌سرد (مانند اصفهان، اراک، کرمانشاه و مشهد) تا کمی سرد (مانند گلستان، خرم آباد) مرسوم می‌باشد. اما اطلاعات در خصوص کشت و کار این گیاه در نواحی با زمستان سرد (مانند اردبیل و تبریز) بسیار اندک است. هدف تحقیق حاضر بررسی تاریخ‌های مختلف کاشت (با تاکید بر تاریخ کاشت پاییزه) بر صفات زراعی و مورفو–فیزیولوژیک گیاه سیاهدانه در نواحی با زمستان سرد (شهرستان مشگین‌شهر–اردبیل) بود.

۲. روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر به صورت آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۴۰۱–۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشگین‌شهر–دانشگاه محقق اردبیلی (با موقعیت ۴۷ درجه و ۴۰ دقیقه طول‌جغرافیایی و ۳۸ درجه و ۲۳ دقیقه عرض‌جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۵۰ متر) اجرا شد. این منطقه جزء مناطق نیمه‌خشک محسوب شده و دارای زمستان سرد و تابستان معتدل–گرم می‌باشد. مشخصات آب و هوای منطقه در طول آزمایش به صورت ماهیانه در جدول ۱ ارائه می‌شود. اطلاعات مربوط به دمای حداکثر و حداقل روزانه نیز در قالب شکل ۱ نمایش داده شده است.

پژوهش در شرایط فاریاب و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. زمین مزرعه آزمایشی، آیش بوده و در سال‌های قبل هیچ نوع زراعتی در آن انجام نشده بود. زمین مذکور در اواسط مهرماه سال ۱۴۰۰ به‌وسیله کارگر و با استفاده از بیل شخم زده شد. تسطیح لازم با استفاده از شن‌کش انجام و سپس مزرعه کرت‌بندی شد. با توجه به حاصلخیز بودن خاک، هیچ نوع کود دامی یا شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت.

بذور سیاهدانه (اکوتیپ سمیرم و مناسب برای کاشت در مناطق با زمستان سرد) از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذور در چهار تاریخ مختلف اواخر مهرماه (۲۵ مهر ۱۴۰۰)، اوایل دی (اول دی ۱۴۰۰)، اواسط اسفند (۱۲ اسفند ۱۴۰۰) و اواخر فروردین (۲۶ فروردین ۱۴۰۱) کاشته شدند. کشت به‌صورت مسطح انجام شد. در ابتدا، شیاری با عمق حدود ۳–۲ سانتیمتر در زمین کرت‌های آزمایشی ایجاد و بذور آمیخته با ماسه ریز (به دلیل کوچکی بذر) در آنها ریخته و سپس شیارها با خاک پوشیده شدند. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت با فواصل بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر، فاصله روی ردیف ۲۰ سانتیمتر و طول ردیف حدود سه متر بود. پس از کاشت، کرتها بوسیله آب‌پاش آبیاری شدند (به استثنای تاریخ کاشت دوم که بلافاصله قبل از بارش برف انجام شد). آبیاری‌های بعدی مطابق با عرف منطقه انجام شد. گیاهان بعد از استقرار کامل، طی ۳–۲ مرحله تنک شده تا تراکم مطلوب حاصل شد. علف‌های هرز نیز به‌صورت دستی کنترل شده و هیچ آفت‌کش یا قارچ‌کشی مورد استفاده قرار نگرفت.

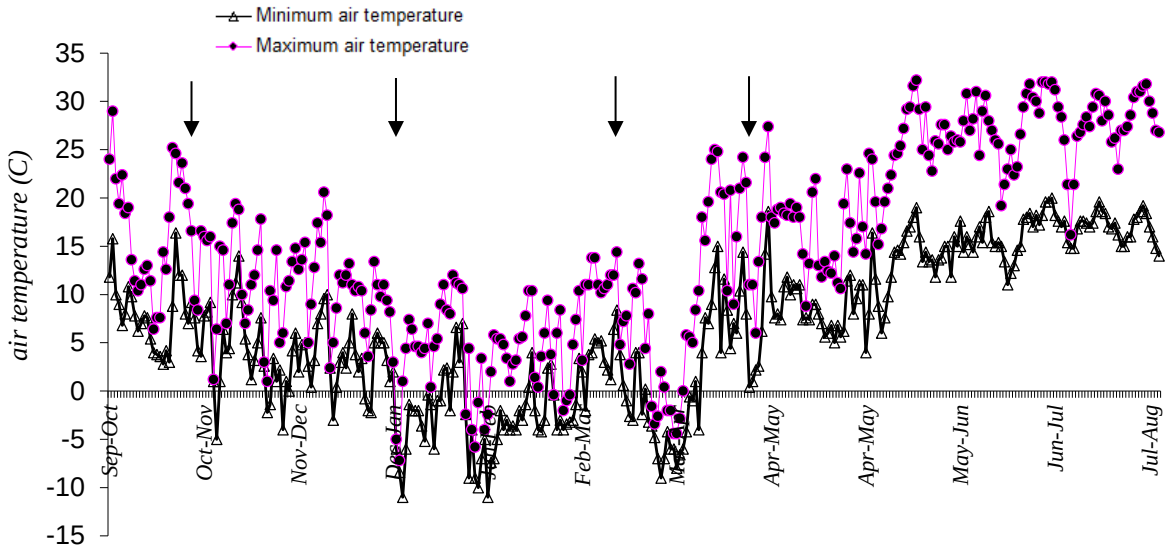
جدول ۱. اطلاعات هواشناسی مربوط به دوره آزمایش سیاهدانه در شهرستان مشگین‌شهر در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰.

	Mean air temperature (°C)	Rain (mm)	Snow (cm)	Total evaporation (mm)	Relative humidity (%)	Number of days with temperature below of 0 °C	Number of days with temperature above of 30 °C
23Sep-22 Oct	12.2	6.1	0	80.3	68	4	0
23Oct-21Nov	7.6	54.2	0	-	61	4	0
22Nov-21Dec	7.3	15	0	-	47	23	0
22Dec-20Jan	0.4	47.2	13	-	57	25	0
21Jan-19Feb	0.9	15.7	23	-	56	13	0
19Feb-20Mar	3.8	28.6	0	-	59	8	0
21Mar-20Apr	9.7	28.7	0	102	52	0	0
21Apr-21May	12.4	159	0	86	72	0	0
22May-21Jun	20.3	16.3	0	199	51	0	2
22June-22Jul	22.8	0.4	0	250	45	0	12
23Jul-22Aug	22.7	6.2	0	221	52	0	9

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات ارزیابی‌شده در گیاه سیاهدانه با چهار تاریخ مختلف کاشت در شهرستان مشگین‌شهر در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰.

S. O. V.	d.f.	Biologic yield	Grain yield per plant	100-seed weight	Test weight	Capsules No. per plant	Grains No. per plant	Dry matter partitioning to stem and leaves	Dry matter partitioning to grain	Dry matter partitioning to capsule husk
Replication	2	10.9 ^{ns}	1.46 ^{ns}	0.00007 ^{ns}	80 ^{ns}	19.7 ^{ns}	147077 ^{ns}	13 ^{ns}	10.5 ^{ns}	0.75 ^{ns}
Treatment	3	90.8 **	8.20 **	0.00022 ^{ns}	153 ^{ns}	485 *	1728233 *	11.4 ^{ns}	9.8 ^{ns}	0.55 ^{ns}
Error	6	4.2	0.506	0.0001	192	79.2	235141	7.3	5.1	0.30

ns و * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.



شکل ۱. حداکثر و حداقل دمای روزانه در سال زراعی ۱۴۰۱–۱۴۰۰ در شهرستان مشگین‌شهر. فلش‌ها از سمت چپ به راست به‌ترتیب نشان‌دهنده تاریخ کاشت اول، دوم، سوم و چهارم سیاهدانه می‌باشند.

در اواسط مرداد و با رسیدگی کل گیاهان، تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی در هر کرت انتخاب و کف‌بر شدند. این بوته‌ها در داخل گونی‌های نخی قرارگرفته و به مدت دو هفته در اتاق خشک (با دمای حدود ۲۵ درجه سانتیگراد) قرار داده شدند تا رطوبت احتمالی ساقه، برگ‌ها و کپسول‌ها گرفته شود. سپس وزن خشک بوته‌ها (شامل تمام قسمت‌های گیاه) به‌وسیله ترازوی دقیق اندازه‌گیری و میانگین آنها به عنوان عملکرد زیستی (بیوماس) تک‌بوته در نظر گرفته شد. در مرحله بعد، کپسول‌های هر گیاه توسط دست جدا و تعداد و وزن کپسول‌ها ثبت شد. با خارج‌کردن دانه‌ها از داخل کپسول و توزین آنها به‌وسیله ترازوی با دقت هزارم گرم (و سپس میانگین‌گیری) عملکرد دانه در هر بوته مشخص شد. وزن صد دانه با شمارش سه نمونه صدتایی از تیمارهای مختلف و توزین آنها (به‌وسیله ترازوی دقیق) به‌دست آمد. جهت اندازه‌گیری وزن حجمی دانه‌ها، آنها در ظرفی با حجم مشخص ریخته شده و سپس توزین شدند. تعداد دانه در هر گیاه از تقسیم عملکرد دانه در بوته به متوسط وزن تک‌دانه به‌دست آمد. وزن خشک ساقه و برگ‌ها نیز در هر بوته اندازه‌گیری شد. میزان تسهیم ماده خشک به اندام‌های مختلف (ساقه و برگ‌ها، کپسول، پوسته کپسول و دانه‌ها) بر اساس نسبت وزن اندام مورد نظر به وزن کل گیاه محاسبه و به‌صورت درصد بیان شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار **SAS 9.3** انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. از نرم‌افزار **SPSS 16.0** برای تجزیه همبستگی استفاده شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

بررسی روند تغییرات دما در منطقه نشان داد که دمای حداکثر و حداقل روزانه در نیمه دوم سال ۱۴۰۰ کاهش یافت و این شرایط جوی عموما تا اواخر زمستان حفظ شد (جدول و شکل ۱). بارش برف در طی ماه‌های دی و بهمن باعث افت هر چه بیشتر دما و گسترش یخبندان در منطقه شد (جدول و شکل ۱). تعداد روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتیگراد در ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند به‌ترتیب ۲۳، ۲۵، ۱۳ و ۸ روز بود (جدول و شکل ۱) که حاکی از شدید بودن سرما در طی این ماه‌ها می‌باشد. از اواسط اسفند به بعد، دمای هوا به تدریج افزایش یافته و بیشترین دماها در اوایل و اواسط تابستان ۱۴۰۱ مشاهده شد (شکل ۱). تعداد روزهای با دمای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد در ماه‌های خرداد و تیر به‌ترتیب ۲ و ۱۲ روز بود (جدول ۱) که نشان‌دهنده هوای معتدل تا نسبتا گرم درطی این ماه‌ها است.

نتایج تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت بر عملکرد زیستی سیاهدانه در جدول ۲ نشان شده است. چنانچه مشخص است اثر تاریخ کاشت بر صفت مذکور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد زیستی در تاریخ‌های کاشت پاییزه و زمستانه

دیده شد. وزن خشک بوته در تاریخ کاشت مهر، دی و اسفند به‌ترتیب ۲۲/۸۰، ۲۰/۶۳ و ۱۹/۷۳ گرم بود. کمترین عملکرد زیستی مربوط به تاریخ کاشت فروردین‌ماه بود که به طور معنی‌داری کمتر از بقیه تاریخ‌های کاشت بود (جدول ۳). وزن خشک بوته در این تاریخ کاشت ۱۰/۳۶ گرم در بوته بود که حدود ۵۰ درصد کمتر از تاریخ‌های کاشت قبلی بود. کوتاه‌بودن طول دوره رشد و فرصت اندک گیاهان جهت استفاده از منابع محیطی مانند نور، خاک و آب و نیز مصادف‌شدن رشد گیاهان با دماهای بالا در اواخر بهار و اوایل تابستان از دلایل پایین‌بودن عملکرد زیستی در تاریخ کاشت بهاره می‌باشد. **Akbarinia *et al.*** (**2005**) در بررسی کشت پاییزه (آبی و دیم) و بهاره (آبی و دیم) چهار گیاه دارویی در قزوین گزارش کردند مقدار عملکرد زیستی سیاهدانه از ۵۰۱ کیلوگرم در هکتار (کشت بهاره دیم) تا ۲۴۲۷ کیلوگرم در هکتار (کشت پاییزه آبی) متفاوت بود. با در نظر گرفتن تراکم گیاهان در واحد سطح (از طریق فاصله بین ردیف و فاصله بوته‌ها در هر ردیف)، حداقل و حداکثر عملکرد زیستی در گزارش مذکور به‌ترتیب ۵ و ۲۴ گرم در بوته محاسبه می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه در بوته مربوط به تاریخ کاشت مهرماه با مقدار ۷/۴۴ گرم دانه در بوته بود. مقدار عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت دی و اسفند به‌ترتیب ۷/۱۲ و ۶/۵۱ گرم در بوته بود که اختلاف معنی‌دار آماری با مقدار عملکرد در تاریخ کاشت اول نداشتند (جدول ۳). بذور کاشته‌شده در تاریخ کاشت اول (اواخر مهر) قبل از فرارسیدن سرمای زمستان سبز شده و استقرار یافته بودند. این گیاهچه‌ها در زمان بارش اولین برف زمستانه (در اوایل دی‌ماه)، دارای چند برگ اولیه بودند. این احتمال وجود داشت که گیاهچه‌های سیاهدانه در طی سرمای زمستان از بین بروند، اما در پایان دوره سرما و یخبندان مشخص شد آنها نه تنها شرایط سخت زمستان را تحمل کرده‌اند (شکل ۲) بلکه در پایان فصل زراعی صاحب عملکرد بالا نیز شدند.

شکل ۲. گیاهچه‌های سیاهدانه با چند برگ اولیه (تاریخ کاشت مهرماه) زیر پوشش برف در شهرستان مشگین‌شهر در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰.

بذور کشت‌شده در تاریخ کاشت دوم (اوایل دی‌ماه) به دلیل بارش برف زمستانه جوانه نزدند. به همین دلیل، این تاریخ کاشت می‌تواند به عنوان کشت انتظاری محسوب شود. این بذور پس از کاشت، در انتظار افزایش دما مانده و با مناسب‌شدن شرایط محیطی در اواخر زمستان جوانه زدند. در تحقیق حاضر، کمترین عملکرد دانه در بوته مربوط به تاریخ کاشت فروردین‌ماه بود که به‌طور معنی‌داری کمتر از بقیه تاریخ‌های کاشت بود. مقدار عملکرد دانه در این تاریخ کاشت، ۳/۸۱ گرم در بوته بود که حدود ۵۰ درصد کمتر از تاریخ کاشت مهرماه بود. دلیل پایین‌بودن عملکرد دانه در تاریخ کاشت فروردین‌ماه، کوتاه‌بودن طول دوره رشد و مصادف‌شدن زمان تشکیل کپسول‌ها و دانه‌های داخل آنها با دماهای بالای اواخر بهار و اوایل تابستان می‌تواند باشد (جدول و شکل ۱).

با در نظر گرفتن فاصله بین ردیف‌های کاشت و فاصله بین گیاهان در روی ردیف، تعداد گیاه در واحد سطح (هکتار) قابل محاسبه خواهد بود. در تحقیق حاضر، فاصله بین دو ردیف کاشت حدود ۴۰ سانتیمتر و فاصله بین گیاهان در روی ردیف حدود ۲۰ سانتیمتر بود. تحت این شرایط تعداد گیاهان در هکتار حدود ۱۲۵۰۰۰ بوته خواهد بود. بنابراین حاصلضرب عملکرد بوته در تعداد بوته، مقدار عملکرد در واحد سطح (هکتار) را نشان خواهد داد. با توجه به موارد مذکور، مقدار عملکرد دانه محاسبه‌ای در واحد سطح برای تاریخ کاشت اول (اواخر مهرماه) ۹۳۰ کیلوگرم در هکتار، تاریخ کاشت دوم (اوایل دی‌ماه) ۸۹۰ کیلوگرم در هکتار، تاریخ کاشت سوم (اواسط اسفند) ۸۱۳ کیلوگرم در هکتار و تاریخ کاشت چهارم (تاریخ کاشت اواخر فروردین) ۴۷۶ کیلوگرم در هکتار خواهد بود. در حالی‌که مقدار عملکرد دانه در واحد سطح در شرایط اصفهان بسته به تاریخ کاشت بین ۶۹۴–۴۶۳ کیلوگرم در هکتار برای توده اصفهان و بین ۴۶۹–۹۹ کیلوگرم در هکتار برای توده هند گزارش شد (**Vaseghi *et al*., 2014**). همچنین در شرایط مشهد مقدار عملکرد دانه سیاهدانه بسته به تاریخ کاشت بین ۶۵۰–۳۳۰ کیلوگرم در هکتار برای اکوتیپ بیرجند، بین ۶۹۰–۲۷۰ کیلوگرم در هکتار برای اکوتیپ گناباد، بین ۲۴۰–۱۸۰ کیلوگرم در هکتار برای اکوتیپ نیشابور و بین ۲۷۰–۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برای اکوتیپ سبزوار گزارش شد (**Javadi Hedayat Abad *et al*., 2015**). این مشاهده‌ها نشان می‌دهد که گیاهان کشت‌شده در شرایط مشگین‌شهر عملکرد دانه بالاتری را در قیاس با سایر شرایط، تولید کرده‌اند.

میانگین وزن صد دانه سیاهدانه در تاریخ‌های مختلف کاشت ۰/۲۲۰ گرم بود (جدول ۳) که معادل ۲/۲ گرم برای هزار دانه این گیاه می‌باشد. در تحقیق **Javadi Hedayat Abad *et al*.** (**2015**) مقدار وزن هزار دانه در اکوتیپ‌های مختلف سیاهدانه بین ۱/۹ تا ۲/۶ گرم گزارش شده است. کشت سیاهدانه در تاریخ‌های مختلف، اثر معنی‌داری روی وزن صد دانه آن نداشت (جداول ۲ و ۳). این احتمال وجود داشت که شمارش ۱۰۰ عدد دانه و سپس توزین آنها، تغییرات اندازه دانه در پاسخ به تاریخ کاشت را نشان ندهد (به‌دلیل کوچک‌بودن دانه‌ها در گیاه سیاهدانه). با عنایت به اینکه شمارش تعداد دانه‌های بیشتر و توزین آنها (مثلا وزن هزار دانه) در سیاهدانه بسیار سخت می‌باشد، لذا مقادیر زیادی بذر در یک حجم مشخصی ریخته و سپس توزین شد (وزن حجمی). میانگین وزن حجمی سیاهدانه در تحقیق حاضر ۵۲۴ گرم در لیتر و یا به‌عبارتی ۵۲/۴ کیلوگرم در هکتولیتر بود (جدول ۳) که به مراتب پایین‌تر از وزن هکتولیتر در گیاهی مانند گندم (بین ۶۵ تا ۸۰ کیلوگرم در هکتولیتر) می‌باشد. همانند وزن صد دانه، وزن حجمی سیاهدانه نیز تحت تاثیر تاریخ‌های کاشت قرار نگرفت و هیچ تفاوت معنی‌داری بین وزن حجمی بذر در گیاهان با کاشت پاییزه، زمستانه و بهاره دیده نشد (جداول ۲ و ۳). این نتایج نشان می‌دهد که اندازه دانه در سیاهدانه کمتر دستخوش طول دوره رشد و شرایط محیطی قرار گرفته و بنابراین تغییرات عملکرد دانه در گیاه از طریق کاهش یا افزایش تعداد دانه (تعداد کپسول و تعداد دانه در کپسول) اعمال می‌شود.

تعداد کپسول در هر گیاه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۲). سه تاریخ کاشت اول دارای بیشترین تعداد کپسول در هر گیاه بودند و اختلاف معنی‌داری بین این سه تاریخ کاشت وجود نداشت (جدول ۳). میانگین این صفت برای سه تاریخ کاشت اول ۴۷ عدد کپسول در هر گیاه بود. در تاریخ کاشت چهارم (اواخر فروردین‌ماه) تعداد کپسول در هر گیاه به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود. تعداد کپسول در گیاه در این تاریخ کاشت ۲۲ عدد بود که ۱۱۳ درصد کمتر از میانگین ۳ تاریخ کاشت اول بود. تعداد دانه در هر گیاه از تقسیم عملکرد دانه در هر بوته به متوسط وزن تک‌دانه به‌دست آمد. بر این اساس، بیشترین تعداد دانه در گیاه متعلق به سه تاریخ کاشت اول بود که همه آنها در یک گروه آماری قرار داشتند. میانگین تعداد دانه در گیاه در بین این سه تاریخ کاشت، ۳۲۱۴ بود. کمترین تعداد دانه در بوته مربوط به تاریخ کاشت آخر بود. تعداد دانه در گیاه در این تاریخ کاشت ۱۷۰۱ عدد بود که ۸۹ درصد کمتر از میانگین تعداد دانه در تاریخ‌های کاشت پاییزه و زمستانه بود (جدول ۳). در پژوهش‌هایی که توسط محققان مختلف روی سیاهدانه انجام شده است، اطلاعاتی در خصوص تعداد دانه در بوته مشاهده نمی‌شود. در مقابل تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است. به نظر می‌رسد حاصل ضرب این دو صفت (تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول) برآوردی از تعداد دانه در هر بوته را ارائه کند و امکان مقایسه آنها با نتایج تحقیق حاضر فراهم شود. در آزمایشی که توسط **Akbarinia *et al*.** (**2005**) انجام شد، تعداد کپسول در هر بوته سیاهدانه در کشت آبی پاییزه و بهاره به‌ترتیب ۵۰/۵ و ۴۷/۳ عدد گزارش شد. همچنین تعداد دانه در کپسول برای تیمارهای مذکور به‌ترتیب

۶۹/۵ و ۶۵/۳ عدد بود. بنابراین تعداد دانه در هر بوته برای شرایط اول (کشت پاییزه سیاهدانه در شرایط آبی) ۳۵۱۰ و برای شرایط دوم (کشت بهاره سیاهدانه در شرایط آبی) ۳۰۸۸ عدد محاسبه می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

بیشترین ماده خشک تولیدشده به ساقه و برگ‌ها و کمترین مقدار به پوسته کپسول اختصاص یافت (جدول ۳). میانگین تسهیم ماده خشک به ساقه و برگ‌ها، دانه‌ها و پوسته کپسول به‌ترتیب ۵۴، ۳۴ و ۱۱ درصد بود. تاریخ‌های مختلف کاشت سیاهدانه، تسهیم ماده خشک به اندام‌های مختلف این گیاه را به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار نداد (جداول ۲ و ۳). در همین راستا در تحقیقی که روی گیاه مریم‌گلی انجام شد گزارش شد تنش خشکی تاثیر معنی‌داری روی تسهیم ماده خشک به ساقه، برگ و گل‌آذین نداشت (**Esmaeili, 2022**). بنابراین به نظر می‌رسد در گیاهان با رشد نامحدود، شرایط نامناسب محیطی در حالی‌که مقدار تولید مواد فتوسنتزی و بنابراین عملکرد زیستی را کاهش می‌دهند، ولی تاثیری روی الگوی توزیع ماده خشک (تسهیم) به اندام‌های مختلف ندارد.

ارتباط بین صفات ارزیابی‌شده از طریق همبستگی بررسی و نتایج آن در جدول ۴ ارائه شد. عملکرد دانه در بوته ارتباط مثبت و معنی‌داری با وزن برگ و ساقه و عملکرد زیستی داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و عملکرد زیستی در بسیاری از گیاهان زراعی گزارش شده است (**Chukwudi *et al*., 2022; Ghanbari *et al*., 2018**). بالا بودن عملکرد زیستی نشان‌دهنده کارایی گیاه در استفاده از منابع مختلف محیطی و تولید مواد فتوسنتزی است (**Fischer, 2011**). این مواد فتوسنتزی در صورتی که به‌طور مناسبی برای تولید اجزای عملکرد تخصیص یابند، می‌توانند به‌طور چشم‌گیری باعث بهبود عملکرد دانه شوند. طبق جدول ۴، عملکرد زیستی از طریق متاثر کردن تعداد غلاف و تعداد دانه در گیاه عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد چون هیچ ارتباط مشخصی بین این صفت (عملکرد زیستی) و وزن صد دانه مشاهده نشد.

عملکرد دانه در گیاه ارتباط مشخصی با وزن صد دانه نداشت، در مقابل این صفت (عملکرد دانه در بوته) ارتباط مثبت و معنی‌داری با تعداد کپسول و تعداد دانه در گیاه داشت (جدول ۴). پژوهشگران در بررسی اثر اکوتیپ و تاریخ کاشت در سیاهدانه عنوان کردند عملکرد دانه به صورت منفی و معنی‌دار از وزن هزار دانه متاثر شد، در حالی‌که تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول اثر مثبت و معنی‌داری روی عملکرد دانه داشتند (**Javadi Hedayat Abad *et al*., 2015**). تاثیر مثبت و معنی‌دار تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول روی عملکرد دانه سیاهدانه توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (**Akbarinia *et al*., 2005**). اندازه دانه یا گنجایش دانه در بسیاری از گیاهان زراعی محدود بوده و در نتیجه اثر تغییرهای این جزء عملکرد روی عملکرد دانه زیاد محسوس نیست (**Borras *et al*., 2004; Joudi *et al*., 2018**). تحت این شرایط، عملکرد دانه توسط تعداد دانه در گیاه تعیین می‌شود و هر گونه افزایش یا کاهش در تعداد دانه اثر معنی‌دار و محسوسی روی عملکرد دانه در گیاه خواهد داشت.

دو جزء تشکیل‌دهنده عملکرد یعنی تعداد دانه در گیاه و وزن دانه (وزن صد دانه) ارتباط منفی ولی غیر معنی‌دار با یکدیگر داشتند (جدول ۴) که مطابق با گزارش سایر محققان می‌باشد (**Bahrami Nejad & Papzan, 2006**). ارتباط منفی بین این دو جزء، لزوما نشان‌دهنده رقابت بین دانه‌های در حال پر شدن بر سر منابع فتوسنتزی نیست. رابطه منفی بین تعداد دانه و وزن هزار دانه می‌تواند به دلیل افزایش نسبت تعداد دانه‌هایی با گنجایش محدود (و در نتیجه با وزن کم) باشد که این دانه‌های با گنجایش محدود در موقعیت‌های مختلف گل‌آذین می‌تواند به وجود آیند (**Acreche & Slafer, 2006**).

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات ارزیابی‌شده در گیاه سیاهدانه با چهار تاریخ مختلف کاشت در شهرستان مشگین‌شهر در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰.

Planting dates	Biological yield (g plant^{-1})	Grain yield (g plant^{-1})	100-seed weight (g)	Test weight (g Li^{-1})	Capsule No. per plant	Grain No. per plant	Dry matter partitioning to stem and leaves	Dry matter partitioning to grain	Dry matter partitioning to capsule husk
17 Oct	22.8 ^{a}	7.44 ^{a}	0.230 ^{a}	528 ^{a}	45 ^{a}	3234 ^{a}	56 ^{a}	32 ^{a}	11 ^{a}
22 Dec	20.63 ^{a}	7.12 ^{a}	0.218 ^{a}	531 ^{a}	50 ^{a}	3274 ^{a}	53 ^{a}	34 ^{a}	12 ^{a}
3 Mar	19.76 ^{a}	6.51 ^{a}	0.210 ^{a}	516 ^{a}	46 ^{a}	3134 ^{a}	55 ^{a}	33 ^{a}	12 ^{a}
15 Apr	10.36 ^{b}	3.81 ^{b}	0.225 ^{a}	521 ^{a}	22 ^{b}	1701 ^{b}	52 ^{a}	37 ^{a}	11 ^{a}
Mean	18.38	6.22	0.220	524	40.7	2835	54	34	11

میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین صفات ارزیابی‌شده در گیاه سیاهدانه با چهار تاریخ کاشت در شهرستان مشگین‌شهر.

	Leaves and stem weight	Biologic yield (g plant^{-1})	Grain yield (g plant^{-1})	100-grain weight (g)	Capsule No. per plant	Grain No. per plant
Leaves and stem weight	1					
Biologic yield (g plant^{-1})	0.98 **	1				
Grain yield (g plant^{-1})	0.91 **	0.96 **	1			
100-grain weight (g)	-0.03 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.013 ^{ns}	1		
Capsule No. per plant	0.80 **	0.78 **	0.92 **	-0.44 ^{ns}	1	
Grain No. per plant	0.86 **	0.92 **	0.96 **	-0.37 ^{ns}	0.97 **	1

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد امکان کاشت پاییزه گیاه سیاهدانه در شهرستان مشگین‌شهر با زمستان‌های سرد وجود دارد. بذور کشت‌شده در اواخر مهرماه قبل از شروع سرما و یخبندان سبز شده و دارای چند برگ اولیه بودند. علیرغم اینکه تعداد روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتیگراد در طی آذر، دی و بهمن زیاد بود، ولی این شرایط یخبندان باعث از بین رفتن گیاهچه‌های سبزشده در کشت مهرماه نشد. این موارد نشان می‌دهد گیاهچه‌های سیاهدانه در صورت سبز شدن به‌موقع، قادرند دماهای پایین و یخبندان را حتی برای مدت طولانی تحمل کرده و با مساعدشدن شرایط آب و هوایی در اواخر زمستان مجددا رشد خود را از سر گیرند. کاشت بذور سیاهدانه در فروردین ماه باعث کاهش معنی‌دار در تعداد کپسول و تعداد دانه در گیاه شد که نتیجه آن کاهش شدید عملکرد دانه بود. با عنایت به عدم تاثیرپذیری وزن صد دانه از تاخیر در کاشت، به نظر می‌رسد گیاه سیاهدانه از طریق تغییرات در تعداد دانه (چه از طریق تعداد کپسول در گیاه و چه از طریق تعداد دانه در کپسول) به تغییرات محیطی پاسخ داده و عملکرد دانه خود را تنظیم می‌کند.

سپاسگزاری:

بدین وسیله از حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی در اجرای پژوهش حاضر قدردانی می شود.

۵. منابع

Akbarinia, A., Khosravifard, M., Rezaee, M.B., & Sharifi Ashoorabadi, E. (2005). Comparison of fall and spring cultivation on seed yield of some medicinal plant under irrigation and no-irrigation conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *21*(3), 319–334. (In Persian).

Acreche, M.M., & Slafer, G.A. (2006). Grain weight response to increases in number of grains in wheat in a Mediterranean area. *Field Crops Research*, *98*, 52–59.

Bahrami Nejad, S., & Papzan, A. (2006). Effect of row spacing on grain yield and its components of black cumin (*Nigella sativa* L.) under Kermanshah, conditions. *Iranian Journal of Crop Science*, *8*(3), 241–249. (In Persian).

Borras, L., Slafer, G.A., & Otegui, M.E. (2004). Seed dry weight response to source–sink manipulation in wheat, maize and soybean: A quantitative reappraisal. *Field Crops Research*, *86*, 131–146.

Chukwudi, U.P., Mavengahama, S., & Kutu, F.R. (2022). Relationships between grain weight and other yield component traits of maize varieties exposed to heat-stress and combined heat- and water-stress conditions. *Stresses*, *2*, 467–476.

D'Antuono, L.F., Moretti, A., & Lovato, A.F.S. (2002). Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* (L.) and *Nigella damascena* (L.). *Industrial Crops Production*, *15*, 59–69.

Esmaeili, R. (2022). Morphophysiological responses of *Salvia officinalis* to drought stress at flowering stage. M. Sc. Dissertation. University of Mohaghegh Ardabili. 80 pp. (In Persian).

Fallah Huseini, H., Mohtashami, R., Sadeqi, Z., Saidi, Y., & Fallah Huseini, A. (2011). A Review on pharmacological effects of *Nigella sativa* (L.) seeds. *Journal of Medicinal Plants*, *10*(38), 1–18. (In Persian).

Fischer, R.A. (2011). Wheat physiology: A review of recent developments. *Crop and Pasture Science*, *62*, 95–114.

Ghanbari, S., Nooshkam, A., Fakheri, B.A., & Mahdinezhad, N. (2018). Assessment of yield and yield component of soybean genotypes (*Glycine max* L.) in north of Khuzestan. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, *214*, 35–441.

Khorsandi, T., Nezami, A., Kafi, M., & Goldani, M. (2015). Effects of spring late frost on black seed (*Nigella sativa* L.) under controlled conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *12*(4), 665–676.

Javadi Hedayat Abad, F., Nezami, A., Kafi, M., & Shabahang, J. (2015). Effects of sowing time on yield of black seed (*Nigella sativa* L.) ecotypes under Mashhad conditions. *Iranian Journal of Fields Crop Research*, *12*(4), 632–640. (In Persian).

Javadi, H. (2008). Effect of planting dates and nitrogen rates on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Fields Crop Research*, *6*(1), 59–66. (In Persian).

Joudi, M., Ahmadi, A., & Mohammadi, V. (2017). Changes in stem and spike related traits resulting from breeding in Iranian wheat cultivars: associations with grain yield. *Czech Journal of Genetic and Plant Breeding*, *53*(3), 107–113.

Khajehpour, M.R. (2015). Principles and fundamentals of crop production. Third edition. Isfahan: Jihad-Daneshgahi Press. 664 pp. (In Persian).

Meena, S.S., Mehta, R.S., Lal, G., Kant, K., Sharma, Y.K., Saxena, S.N., & Anwer, M.M. (2012). Essential oil, fatty oil and seed yield of nigella (*Nigella sativa* L.) as influenced by sowing dates and crop geometry. *Indian Journal of Horticulture*, *69*(4), 591–593.

Mohammadi, R., Farshadfar, E., & Amri, A. (2015). Interpreting genotype × environment interactions for grain yield of rainfed durum wheat in Iran. *The Crop Journal*, *3*(6), 526–535.

Moradi, R., Poorghasemian, N., & Naghizadeh, M. (2018). Effect of different deficit irrigation levels and nutritional recourses on some quantitative and qualitative characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.) in Bardsir climate. *Environmental Stresses in Crop Science*, *11*(1), 35–46. (In Persian).

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–products*, *1*, 27–33.

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*, *28*(4), 373–392. (In Persian).

Zahra, W., Nand Rai, S., Birla, H., Sen Singh, S., Singh Rathore, A., Dilnashin, H., Keswani, C., & Pratap Singh, S. (2019). Economic importance of medicinal plants in Asian countries. In: C. Keswani (Ed) (2020). *Bioeconomy for sustainable development*. (pp:359–377.) Springer Nature.