نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۶- شماره ۲- پیاپند ۱۳۹ تابستان ۱۴۰۲

تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) در گرگان

Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.) in Gorgan

حسین رضوانی[1*]،سید فاضل فاضلی کاخکی[2*]، راضیه عظیمی اترگله[3]، سپیده زوار[4]

۱. استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران ،
۲. استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران . (نگارنده‌مسئول)
۳. استادیار بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴. کارشناس ارشد گیاهان دارویی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2024.357663.1592

چکیده

رضوانی، ح.، فاضلی کاخکی، س. ف.، عظیمی اترگله، ر.، زوار، س.، . تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) در گرگان
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۶ - شماره ۲- پیاپند ۱۳۹ تابستان ۱۴۰۲ صفحه: ۱۸-۰۱

به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد سیاهدانه، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان در دو سال زراعی۱۴۰۰-۱۳۹۸ اجرا شد. در این آزمایش چهار تاریخ کاشت (۱۵ مهر، ۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی) به عنوان عامل اصلی و تراکم کاشت در چهار سطح (۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ بوته در متر مربع) به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد تاخیر در کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای آن داشت به طوریکه سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه به ترتیب ۶۴،۴۰، ۳۲ و ۲۲ درصد گردید. همچنین صفات فوق با افزایش تراکم از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در مترمربع روند افزایشی داشتند، ولی افزایش بیشتر تراکم از ۱۲۰به ۱۶۰بوته در مترمربع،کاهش این صفات به غیر از ارتفاع بوته و عملکرد زیست توده را در پی داشت. بیشترین عملکرد دانه (۱۴۵۵ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۱۵ آبان و تراکم ۱۲۰ بوته در متر مربع حاصل شد که با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع به علت بالا بودن قدرت جبرانی سیاهدانه تفاوت معنی‌داری نداشتند. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌داری را با تعداد شاخه جانبی (r=۰/۸۹*) و تعداد فولیکول در بوته (r=۰/۹۴) داشت. به‌طورکلی نتایج دو ساله آزمایش نشان داد به‌منظور رسیدن به عملکرد اقتصادی مطلوب در زراعت سیاهدانه در منطقه گرگان، کشت زود هنگام (ترجیحا اواسط آبان) و تراکم۸۰ بوته در مترمربع را میتوان توصیه نمود.**

واژه های کلیدی: ارتفاع گیاه، تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیستی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: hosinrezvani@yahoo.com

مقدمه

سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) از خانواده آلاله (Ranunculaceae)، گیاهی دولپه، علفی و یک ساله است، برگ‌ها به رنگ سبز خاکستری دارای بریدگی‌های نخی، گل‌ها به رنگ سفید تا آبی و میوه به صورت کپسول می‌باشد که درون آن تعداد زیادی دانه سیاه و معطر قرار دارد. دانه‌های سیاه دانه حدود ۴۰ درصد روغن و ۱/۴ درصد اسانس وجود دارد (Omidbaigi, 2012). نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که سیاه‌دانه حاوی ۱۰۰ نوع ترکیب است و منبع غنی از اسیدهای چرب اشباع نشده و حاوی ۳۵ درصد روغن، ۲۱ درصد پروتئین و ۳۸ درصد کربوهیدارت است و بیش از ۵۰ درصد روغن آن از اسیدهای چرب ضروری است (Salem, 2005; Atta, 2003). اکثر روغن‌های غیرفرار سیاهدانه را اسیدهای چرب لینولئیک، اولئیک و پالمیتیک غنی تشکیل می‌دهد که دارای خواص مختلف دارویی بوده که در صنایع داورسازی امروزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Baka*l* *et al.,* 2017). از اثرات درمانی دانه سیاهدانه می‌توان به اثرات ضد سرطان، ضد حساسیت، ضد دیابت و ضد میکروبی آن اشاره کرد (Saxena *et al*., 2017). اگر چه ماده مؤثره موجود در اسانس گیاهان دارویی تحت کنترل ژنتیکی ساخته است ولی عوامل اقلیمی محل رویش تأثیر به سزایی در کمیت و کیفیت این مواد دارند (Atiyeh *et al*., 2012). با وجود این که، امکان کنترل کامل این عوامل میسر نبوده ولی با کاربرد صحیح اصول به زراعی و مدیریت مزرعه در طول مراحل کاشت، داشت و برداشت نه تنها نقش عمده‌ای در افزایش عملکرد، بلکه در کمیت و کیفیت مواد مؤثره آنها نیز مؤثر خواهند بود (Bagherpour *et al*., 2015). تراکم مطلوب بوته تراکمی است که در نتیجه آن کلیه عوامل محیطی (آب، هوا، نور و خاک) بطور کامل مورد استفاده گیاه قرار گرفته و در عین حال رقابت‌های درون بوته‌ای و برون بوته ای در حداقل است تا حداکثر عمکرد ممکن با کیفیت مطلوب به‌دست آید (hajehpour, 2016). تاریخ کاشت و شرایط اقلیمی مناسب یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در استقرار گیاه و دستیابی به عملکرد اقتصادی مطلوب است، به طوری که در تاریخ کاشت و شرایط محیطی مناسب، مراحل رویشی و زایشی گیاهان با شرایط مطلوب محیطی منطبق شده و موجب افزایش تولید می‌گردد (Mehta *et al*., 2009). انتخاب تاریخ کاشت مناسب به علت ضرورت استفاده حداکثر از منابع طبیعی طی فصل رشد حائز اهمیت است. در کاشت خیلی زود پایین بودن دمای خاک و صدمات ناشی از یخبندان موجب استقرار ضعیف گیاهان در بهار می‌گردد. تاخیر در کاشت نیز به علت کوتاه شدن دوره رشد گیاه و احتمال برخورد زمان گل دهی با درجه حرارت‌های بالا اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان می‌گذارد. بهترین تاریخ کاشت منجر به حصول عملکرد بالاتری در مقایسه با سایر تاریخ های کاشت می گردد (Koocheki *et al*., 2017). در تحقیقی اثر پنج تاریخ کاشت شامل ۲۱ آبان، ۳۰ آبان، ۱۵ آذر، ۳۰ آذر و ۱۵دی روی صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد گیاه سیاه دانه انجام گرفت،

مشخص شد که تاریخ کاشت بر کلیه صفات از جمله تاریخ سبز شدن، شروع گل‌دهی، شروع کپسول‌دهی، پایان گل‌دهی، زمان رسیدن محصول، ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد شاخه فرعی و وزن هزار دانه تاثیر معنی داری داشت که بیانگر اهمیت فاکتور تاریخ کاشت است. بیشترین میانگین عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۱۵ آذر و کمترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۱۵دی بود (Kazerani *et al.*, 2005). در مطالعه‌ای گزارش داده شد که فاصله ردیف به صورت معنی‌داری روی ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه سیاهدانه اثر دارد (Kizil & Toncer, 2005). در پژوهش دیگری در بررسی اثر میزان های مختلف بذر (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) روی عملکرد دانه و دیگر خصوصیات سیاه دانه در ترکیه گزارش شد که، میزان بذر روی ارتفاع بوته، تعداد شاخه در هر بوته، تعداد فولیکول در هر بوته و عملکرد دانه اثر معنی داری داشت. اما مقدار بذر روی میزان اسانس و عملکرد روغن دانه تاثیر معنی‌داری نداشت و بیشترین عملکرد دانه (۸۲۸ کیلوگرم در هکتار) از مقدار بذر مصرفی ۱۰ کیلوگرم بذر در هکتار به دست آمد (Toncer & Kizil, 2004). بررسی ها نشان داد که با افزایش تراکم کاشت سیاهدانه، عملکرد ماده خشک کل در هکتار، وزن کپسول، عملکرد دانه در هکتار، شاخص برداشت و فاصله اولین شاخه جانبی از سطح زمین افزایش یافت ولی تعداد کپسول در هر بوته و تعداد شاخه جانبی کاهش پیدا کرد (Mosazadeh & Baradaran, 2010). در بررسی اثر تراکم بوته در سیاه دانه گزارش گردید، حداکثر عملکرد دانه در تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع و حداقل عملکرد دانه از تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع بدست آمد. در این مطالعه مشخص گردید بیشترین عملکرد روغن در واحد سطح از تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع و بیشترین عملکرد اسانس در تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع حاصل شد (Norozpour & Rezvani Moghaddam, 2006) . همچنین در مطالعات دیگری تاثیر تراکم کاشت در سیاه دانه در دامغان (Rezvan Bidokhti *et al.*, 2012) و تاثیر تاریخ و تراکم کاشت در مشهد (Javadi, 2008) گزارش شد که در آنها تاریخ و تراکم کاشت تاثیر معنی داری برصفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد سیاه دانه داشت تراکم اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه دارد و تراکم های ۱۵۰ و ۲۰۰ بوته در متر مربع برای کشت این گیاه در دامغان مناسب می‌باشد. در مطالعه دیگری نتایج نشان داد، بیشترین مقدار عملکرد دانه در فاصله ردیف ۴۰ سانتی متر و برابر با ۶۶۹ کیلوگرم دانه در هکتار و کمترین آن در فاصله ردیف ۷۰ سانتی متر و برابر با ۳۴۶ کیلوگرم دانه در هکتار در سیاه دانه به دست آمده است (Bahraminejad & Papzan, 2006) . با وجود گسترش سالانه گیاهان دارویی در استان و در اولویت قرار گرفتن کشت و توسعه آن، لذا این مطالعه به منظور بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزا عملکرد سیاه دانه در گرگان انجام شد.

جدول۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی متر

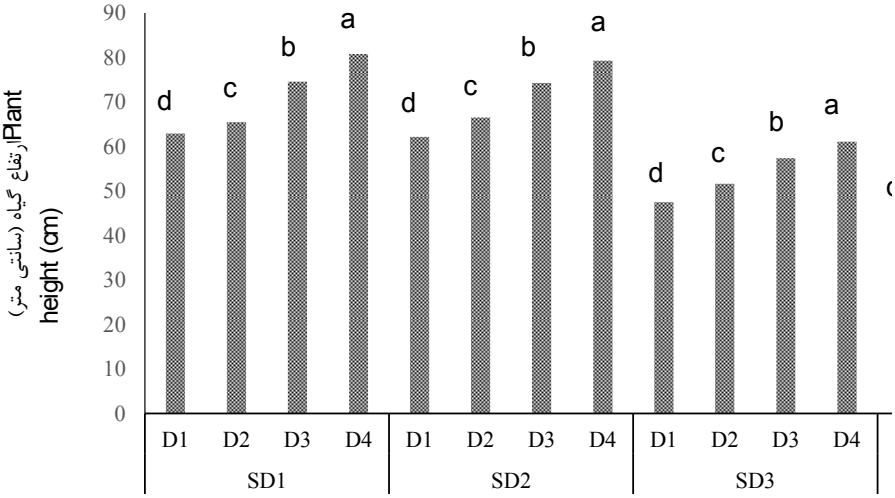
Table 1. Physical and chemical characteristics of the experimental locations at 0-30 depth of soil

سال Year	بافت خاک Texture	شن Sand (%)	ماسه Silt (%)	رس Clay (%)	فسفر P $mg.kg^{-1}$	پتاسیم K $(mg.kg^{-1})$	کربن آلی OC (%)	نیتروژن N (%)	اسیدته pH	هدایت الکتریکی EC $(dS.m^{-1})$
2019	سیلتی-لوم Silty-loam	12	51	34	15	295	2.11	0.19	7.2	0.78
2020	سیلتی-لوم Silty-loam	11	49	32	14	292	2.01	0.17	7.4	0.77

مواد و روش ها

این مطالعه در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان (ساختمان مرکز آموزش گرگان) در دو سال زراعی ۹۸-۹۹ و ۹۹-۱۴۰۰ اجرا شد. موقعیت جغرافیایی محل اجـرای آزمایش ۵۸ درجه و ۵۵ دقیقه طول شـرقی و ۳۳ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شـمالی با ارتفاع ۵ متر از سطح دریا می باشد. این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل چهار تاریخ کاشت (۱۵ مهر، ۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی) و تراکم کاشت در چهار سطح (۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ بوته در متر مربع) به عنوان عامل فرعی بودند. جهت شناسایی وضعیت خاک محل انجام آزمایش، نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و خواص فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱).

پس از انجام عملیات آماده سازی شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین نقشه آزمایشی تهیه شد. ابعاد هر کرت ۳×۲ متر و آرایش کاشت در هر کرت با توجه به تراکم در نظر گرفته شده تنظیم شد. فاصله بین کرت‌ها نیم متر و فاصله تکرارها یک متر در نظر گرفته شد. کاشت بذر به صورت جوی و پشته در تراکم و تاریخ های تعیین شده انجام شد. بذر مورد استفاده، توده هندی بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. قبل از اولین تاریخ کشت، مقادیر کودهای فسفره و پتاسه از هر کدام به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر و اکسید پتاس (به ترتیب از منابع کودی سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) بر اساس آزمون خاک به زمین داده شد و سپس مقدار کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۷۰ کیلوگرم در هکتار در دوره رشد رویشی گیاه به صورت سرک داده شد.کلیه عملیات داشت از قبیل آبیاری، وجین دستی، مبارزه با آفات و بیماری در طول فصل رشد انجام گردید .جهت تنظیم تراکم تعیین شده عملیات تنک در دو مرحله چهار برگی و شش برگی انجام شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی از هر کرت ده بوته به صورت تصادفی انتخاب و صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه های جانبی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در فولیکول و وزن هزار دانه اندازه گیری شد. برداشت به صورت دستی و به وسیله پلات یک مترمربعی از وسط هر کرت و با فاصله از ردیف‌های کناری (حذف



شکل ۱. تاثیر برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ارتفاع بوته سیاهدانه که در آن D1، D2، D3 و D4 به ترتیب تراکم بوته ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ بوته در متر مربع، SD1، SD2، SD3 و SD4 به ترتیب تاریخ کاشت ۱۵ مهر، ۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی. میانگین هایی که دارای حروف مشابه، بر اساس آزمون LSR در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

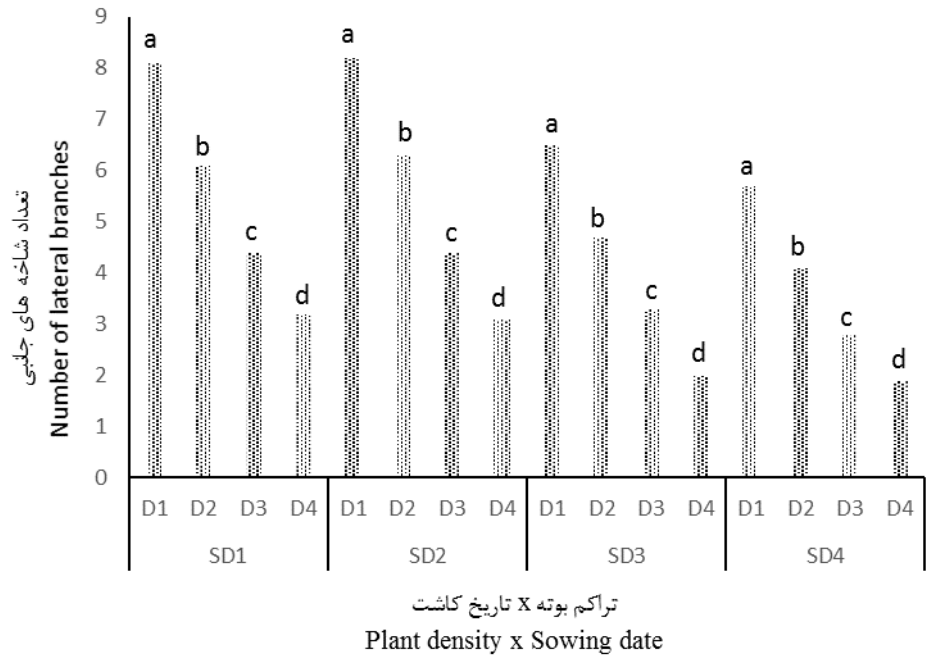
Figure 1. Interaction effect of plant density and sowing date on plant height in black seed. D1, D2, D3 and D4 are 40, 80, 120 and 160 plants per m^{-2}. SD1, SD2, SD3 and SD4 are sowing dates in Oct-7, Nov-6, Dec-6 and Jan-5, respectively. Means with the same letters do not have a significant difference based on the LSR test at 5% probability level.

اثر حاشیه ای) انجام شد. بوته‌های برداشت شده در هوای آزاد و در آفتاب خشک شدند و پس از آن جهت محاسبه عملکرد زیست توده کل، نمونه‌ها وزن و برحسب کیلوگرم در هکتار ثبت شدند. برای برآورد عملکرد نهایی نیز، دانه‌ها از کاه و کلش جدا شده و سپس جداگانه با ترازوی دقیق توزین و به این ترتیب عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد (Safaei *et al*., 2017). تجزیه آماری داده ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ver. 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش برش دهی و با استفاده از آزمون LSR (دانکن) در سطح احتمال یک درصد صورت گرفت. نمودارها با نرم افزار Excel 2016 رسم شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت، تراکم و اثر متقابل آن ها در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود، اما سال تفاوت معنی داری بر ارتفاع بوته نداشت (جدول۲). نتایج نشان داد که ارتفاع بوته سیاه دانه با افزایش تراکم بوته در تمامی تاریخ‌های کاشت روند افزایشی داشت (شکل ۱). به‌طوری که در تراکم ۱۶۰ بوته در متربع بیشترین ارتفاع بوته (۸۰ سانتی متر) مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ مهر و کمترین ارتفاع بوته (۵۵ سانتی متر) در تاریخ کاشت ۱۵ دی به دست آمد. در پژوهش انجام شده روی سیاه دانه در شرایط آب و هوایی قائنات گزارش گردید، بیشترین ارتفاع بوته از تراکم حداکثر (۳۵۰ بوته در مترمربع) و تاریخ کاشت ۲۵ فروردین به‌دست آمد. آن‌ها اظهار داشتند با تاخیر در کاشت از ۲۵



شکل ۲. تاثیر برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر تعداد شاخه جانبی سیاهدانه که در آن D1، D2، D3 و D4 به ترتیب تراکم بوته ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ بوته در متر مربع، SD1، SD2، SD3 و SD4 به ترتیب تاریخ کاشت ۱۵ مهر، ۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی. میانگین هایی که دارای حروف مشابه، بر اساس آزمون LSR در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Figure 2. Interaction effect of plant density and sowing date on lateral branches in black seed. D1, D2, D3 and D4 are 40, 80, 120 and 160 plants per m^{-2}. SD1, SD2, SD3 and SD4 are sowing dates in Oct-7, Nov-6, Dec-6 and Jan-5, respectively. Means with the same letters do not have a significant difference based on the LSR test at 5% probability level.

فروردین به ۲۵ اردیبهشت به علت برخورد گیاه با شرایط نامساعد محیطی و کوتاه شدن دوره رشد، ارتفاع بوته کاهش می یابد.(Rezvani Moghaddam & Ahmadzade Motlagh, 2007) در اکثر گیاهان معمولاً با افزایش تراکم بوته و ایجاد رقابت بین بوته ها، رشد مریستم انتهایی تحریک شده و به دلیل جذب و انتقال مواد فتوسنتزی به مریستم انتهایی، ارتفاع گیاه افزایش می یابد. افزایش ارتفاع بوته در تراکم های بالا می تواند به دلیل کمبود نور در سایه‌انداز گیاهی و رقابت شدید گیاهان جهت کسب نور بیشتر باشد. همچنین کمبود نور در جامعه گیاهی سبب افزایش غلظت هورمون اکسین در میان گره های پایین ساقه به علت عدم تجزیه نوری اکسین شده و در نتیجه رشد طولی گیاه افزایش می یابد در واقع افزایش تراکم بوته موجب افزایش سنتز هورمون جیبرلین درمیان گره های ساقه شده و در نتیجه طول میانگره ها افزایش می یابد (Singla *et al*., 2016).

تعداد شاخه های جانبی در بوته

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که روند تغییرات تعداد شاخه جانبی در دو سال آزمایش یکسان بوده و اثر سال و اثر متقابل سال× تاریخ کاشت × تراکم بوته معنی‌دار نبود. هر چند که در سال دوم آزمایش به دلیل گرم تر بودن هوا در زمان شاخه دهی تعداد شاخه جانبی بیشتری

از سال اول به دست آمده، اما این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار نبود. اما اثر آن ها بر تاریخ کاشت، تراکم و اثر متقابل آن ها، در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی‌داری بر این صفت داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته (شکل ۲) نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ مهر با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع بیشترین (۷/۱ شاخه جانبی) و تاریخ کاشت ۱۵ دی با تراکم ۱۶۰ بوته در متر مربع (۲ شاخه جانبی) کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته را تولید نمود که از کاهش ۶۸ درصدی برخوردار بود (شکل ۲). به نظر می رسد با افزایش تراکم بوته در واحد سطح در اثر رقابت بین بوته ای زیاد و کاهش توان فتوسنتزی و فضای لازم برای رشد هر بوته، تعداد شاخه فرعی کاهش می یابد. سایر محققین در کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Koocheki *et al.,* 2017)، کاسنی (*Cichorium intybus* L) (Zarei *et al*., 2014) و خارمریم (*Matricaria chamomilla*) (Dadkhah *et al.*, 2009) تاثیر منفی افزایش تراکم بوته را بر قدرت شاخه زایی گیاه گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

تعداد کپسول در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد کپسول در بوته تحت تاثیر تاریخ کاشت، تراکم و اثر متقابل آن ها، معنی‌داری ود (جدول ۲). بیشترین تعداد فولیکول در بوته (۴۶ کپسول) در تاریخ کاشت ۱۵ مهر و ۱۵ آبان با تراکم ۱۲۰ بوته در متر مربع حاصل شد و کمترین تعداد فولیکول در بوته (۱۷ کپسول) در تاریخ کاشت ۱۵دی با تراکم ۱۶۰ بوته در متر مربع حاصل شد که بیش از ۶۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). در مطالعه‌ای در کنجد گزارش گردید، افزایش تراکم بوته باعث کاهش تعداد کپسول در گیاه کنجد شد (Karimi *et al*., ۲۰۱۹). تأخیر در زمان کاشت از یک طرف باعث کوتاه شدن طول دوره رشد گیاه شده و از سوی دیگر، مراحل نموی حساس از جمله گلدهی با گرما روبرو می گردد. این امر سبب عدم باروری کامل گل ها و در نتیجه کاهش تعداد گل و دانه در هر بوته می شود (Ganjali & Fanaei, ۲۰۱۰). کاهش تعداد کپسول در بوته و کاهش تعداد دانه در کپسول در این آزمایش مؤید این امر می باشد. در پژوهش انجام شده بر روی اثر تاریخ کاشت بر سیاهدانه در سودان مشاهده گردید که تاخیر در کاشت، کاهش تعداد کپسول در بوته را به دنبال داشته است. تأخیر در کاشت باعث می‌شود که گیاه در شرایط نامساعد محیطی به گل رفته و در اثر گرمای زیاد، تعدادی از گل‌ها عقیم مانده و ریزش نمایند و گیاه در اثر بالا بودن دمای محیط در مدت زمان کمتری نیاز حرارتی خود را تأمین کند، در این حالت طول دوره گلدهی کوتاه شده و پتانسیل تولید کاهش می یابد .(Akter *et al*., ۲۰۱۶) در پژوهشی با مطالعه تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد کمی و کیفی چهار رقم کلزا (*Brassica napus*) در اراک نتیجه گرفته شد، تأخیر در تاریخ کاشت به شدت تعداد غلاف در بوته را کاهش داده و باعث کاهش عملکرد دانه در هکتار گردید .(Mostafavi Rad *et al*., ۲۰۱۶) دیگر محققان نیز گزارش کردند که در تراکم‌های بیش از حد

جدول ۲ -نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد سیاه دانه تحت تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته در دو سال اجرای آزمایش(۱۴۰۰-۱۳۹۸)

Table 2. Results of analysis of variance for yield and yield components of black seed as affected by planting date and plant density

منبع تغییرات Sources of variation	درجه ازادی df	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seed per capsule	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield
سال Year	1	3121^{ns}	0.003^{ns}	14.17^{ns}	14. 17^{ns}	0.00011^{ns}	3424. 01^{ns}	821307. 19^{ns}
تکرار (سال) Replication	6	21.3^{ns}	2.33^{ns}	0.43^{ns}	12.342^{ns}	0.000^{ns}	342. 42^{ns}	1307. 92^{ns}
تاریخ کاشت Sowing date	3	359**	26.11**	5.67**	323.10.**	4.090**	31276.10**	102527.51**
تاریخ کاشت× سال Sowing date× Year	3	106^{ns}	0.17^{ns}	0.061^{ns}	1.67^{ns}	0.067^{ns}	33.17^{ns}	137.47^{ns}
خطا ۱ Error 1	18	76.8	131.52	251.09	12.19	0.11	4130516.09	521316.16
تراکم Density	3	342**	0.182**	1923.61**	21.33**	1.35^{ns}	301233.13**	770617.53**
تراکم× سال Density ×year	3	74.6^{ns}	417.21^{ns}	22.14^{ns}	71.33^{ns}	0.34^{ns}	132311.23^{ns}	550615.14^{ns}
تاریخ کاشت × تراکم Sowing date× density	9	67.6**	1.31**	2.01**	81.55**	0.75^{ns}	3295.25**	1603.45**
تاریخ کاشت × تراکم× سال Sowing date× density×year	9	121^{ns}	2.21^{ns}	41.05^{ns}	0.0007^{ns}	0.21^{ns}	6214.17^{ns}	1544106.21^{ns}
خطا ۲ Error 2	72	67.8	136.52	241.06	11.29	0.11	300161.21	63122.14
ضریب تغییرات CV (%)	-	7.41	9.21	10.11	4.32	5.21	4.72	2.77

Ns غیر معنی دار ، * و :** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns: non-significant, ** and * significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات برهمکنش تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه در دو سال اجرای آزمایش (۱۴۰۰-۱۳۹۸)

Table 3. Means comparison for the interaction effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black seed

تاریخ کاشت Sowing date	**تراکم** (بوته در مترمربع) ensity (plant.m^{-2})	تعداد کپسول در بوته Number of capsule per plant	تعداد دانه در کپسول lumber of seeds per capsule	وزن هزاردانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار) Grian yield (kg/ha)	عملکرد زیستی (کیلو گرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)
	40	46.6^{a}	122.3^{a}	3.01^{a}	735^{c}	3510^{d}
۱۵ مهر	80	40.3^{b}	105.6^{b}	2.93^{a}	1445^{a}	4303^{c}
October 7	120	36.4^{c}	103.5^{b}	2.81^{a}	1450^{a}	4623^{b}
	160	29.2^{d}	86.9^{c}	2.79^{a}	820^{b}	4806^{a}
	40	45.9^{a}	121.2^{a}	3.01^{a}	740^{c}	3450^{d}
۱۵ آبان	80	39.3^{b}	108.8^{b}	2.92^{a}	1450^{a}	4409^{c}
Novamber 6	120	35.4^{c}	107.8^{b}	2.89^{a}	1455^{a}	4605۴^{b}
	160	28.1^{d}	84.8^{c}	2.91^{a}	825^{b}	4750^{a}
	40	35.5^{a}	97.7^{a}	2.67^{a}	625^{c}	2752^{d}
۱۵ آذر	80	31.7^{b}	86.1^{b}	2.69^{a}	840 ^{a}	3450^{c}
December 6	120	25.3^{c}	85.1^{b}	2.67^{a}	835^{a}	3654^{b}
	160	19.9^{d}	75.7^{c}	2.63^{a}	755^{b}	3853^{a}
	40	30.7^{a}	82.5^{a}	2.45^{a}	332^{d}	2050^{d}
۱۵ دی	80	25.1^{b}	71.4^{b}	2.42^{a}	605^{c}	2345^{c}
January 5	120	19.8^{c}	69.7^{b}	2.40^{a}	675^{b}	2544^{b}
	160	16.9^{d}	65.8^{c}	2.46^{a}	765^{a}	2955^{a}

*:اعداد هر گروه در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSR هستند.

Means followed by similar letter are not significantly different by LSR test at 5% probability level

مطلوب به علت رقابت بین بوته‌ها برای به دست آوردن منابع محدود، تعداد کپسول در بوته در سیاهدانه کاهش یافت (Nandini *et al*., 2017).

تعداد دانه در کپسول

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر تاریخ کاشت، تراکم و برهمکنش اثر تاریخ کاشت و تراکم بر تعداد دانه در کپسول در سطح یک درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در کپسول (۱۲۲ دانه) در تاریخ کاشت اول با تراکم ۱۲۰ بوته در مترمربع به دست آمد و کمترین آن(۶۵/۸ دانه) در تاریخ کاشت چهارم (۱۵ دی) در همان تراکم ۱۲۰ بوته در مترمربع به دست آمد که حدود ۴۶ درصد کاهش داشته است (جدول ۳). تعداد دانه در کپسول، ظرفیت مخزن را نشان می دهد و وجود تعداد دانه بیشتر بیانگر مخزن بزرگ تر برای دریافت مواد فتوسنتزی است. به نظر می‌رسد تاخیر ۶۰ روزه در کاشت از ۱۵ آبان به

۱۵ دی از طریق کوتاه کردن دوره رشد رویشی و کاهش پتانسیل فتوسنتزی گیاه باعث شد تا ارتفاع بوته و تعداد شاخه های فرعی در بوته و در واحد سطح کاهش یافته و در نتیجه تعداد دانه در کپسول به طور معنی‌داری کاهش یابد. با تأخیر در کاشت، میانگین دمای محیط در طول دوره گلدهی افزایش یافته و این موضوع باعث کاهش طول دوره گلدهی و احتمالا افزایش عقیم شدن گل ها شده و در نتیجه باعث کاهش تعداد دانه در کپسول می‌گردد. این در حالی است که در تاریخ‌های کاشت اول و دوم به علت وجود شرایط دمایی مناسب تر و فرصت کافی، تعداد شاخه های فرعی و ارتفاع بوته بیشتر بوده و در نتیجه گیاه با داشتن سطح برگ بیشتر (منبع قوی‌تر(و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به اندام های زایشی، شرایط مناسبی را برای افزایش واحدهای زایشی و به دنبال آن افزایش تعداد دانه در بوته و واحد سطح فراهم آورده است. همچنین کاهش تعداد دانه در کپسول در تراکم های بالا را می توان به گرده افشانی ضعیف و عقیم شدن گل ها به دلیل سایه اندازی در مرحله گل دهی نسبت داد که باعث شده تعداد گل های تلقیح شده کاهش یابد (Koocheki *et al*., ۲۰۱۷). محققین دیگر گزارش کردند که افزایش تراکم بوته در شاهدانه (*Nigella sativa* L.) منجر به کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بوته می گردد (Hall *et al*., 2014) که نتایج تحقیق حاضر با یافته های نامبردکان مطابقت دارد. کاهش تعداد دانه در بوته در واحد سطح با تاخیر کاشت در کنجد (Koocheki *et al*., ۲۰۱۷) ، در سیاهدانه (Vaseghi *et al*., 2014) نیز گزارش شده است.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد بین تاریخ کاشت‌های مختلف، اختلاف معنی داری در سطح آماری یک درصد اما بین تراکم‌های مختلف و برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم اختلاف معنی‌داری در وزن هزار دانه یافت نشد (جدول ۲). همچنین اثر سال بر این صفت معنی دار نبود (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه (۳/۱ گرم) در تاریخ کاشت ۱۵ مهر حاصل شد هر چند با تاریخ کاشت ۱۵ آبان (۳ گرم) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کمترین وزن هزار دانه (۲/۴ گرم) در تاریخ کاشت ۱۵دی به دست آمد (جدول۳). نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت وزن هزار دانه کاهش یافت، به طوری که وزن هزار دانه در تاریخ کاشت ۱۵ آذر و ۱۵ دی حدود ۱۵/۳ و ۲۳/۷ درصدکاهش داشت (جدول ۳). اگرچه وزن هزار دانه به طور عمده متأثر از میزان مواد فتوسنتزی، تعداد دانه و ظرفیت هر بذر است، اما شرایط آب و هوایی طی دوره رشد و نمو گیاه نیز بر آن مؤثرند. به عبارتی تغییرات وزن هزار دانه علاوه بر خصوصیات ژنتیکی بذر به شرایط محیطی مثل درجه حرارت، وجود یا عدم وجود تنش آبی خصوصا در مرحله گل دهی و غیره بستگی دارد. همچنین وزن هزار دانه به عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد در گیاه سیاه دانه، نشان دهنده رابطه بین منبع و مخزن حاصل از پدیده فتوسنتز در طول زمان پر شدن کپسول ها می باشد (Nandini *et al*., 2017). از این رو به نظر می رسد که کاهش وزن هزار دانه در تاریخ کاشت دیرهنگام می تواند به علت مواجه

شدن با شرایط نامناسب آب و هوایی، کاهش طول دوره رویشی و برخورد دوره گل دهی گیاه با درجه حرارت بالا باشدکه در شرایط گرم تَر، میزان تنفس کپسول ها و مصرف شیره پرورده افزایش یافته و نهایتاً درصد دانه های سبک و پوک افزایش می یابد. اما تاریخ کاشت‌های زود و به موقع چون گیاه رشد رویشی خود را در زمان طولانی تری گذرانده سطح برگ بیشتری تولید نمود (Singel, 2016) که این افزایش سطح برگ باعث افزایش میزان فتوسنتز شده و آسیمیلات بیشتری را به بذرها منتقل می‌نماید که این خود باعث می‌شود وزن هزار دانه افزایش یابد (Koocheki *et al.*, 2017). نتایج پژوهشی بر روی دو گونه *Nigella damascene* و *Nigella sativa* در سه تاریخ کاشت مختلف بهاره در دانشگاه بولونیا در شمال ایتالیا نشان داد که وزن هزار دانه و زیست توده گیاه با تأخیر در کاشت، در هر دو گونه کاهش پیدا کرد (D'Antuono *et al*., 2002). اما واکنش وزن هزار دانه نسبت به تراکم در منابع متضاد گزارش شده است. افزایش وزن هزار دانه را در تراکم های بیشتر در سیاه دانه گزارش کرده است (Sharma, 2000). در تحقیقی گزارش شد که تراکم گیاهی بر وزن هزار دانه تاثیر معنی‌داری ندارد (Rezvanibidokhti *et al.*, 2012) که نتایج تحقیق حاضر با یافته های نامبرگان همسو می باشد.

عملکرد زیست توده

نتایج نشان داد تاریخ کاشت، تراکم و اثر متقابل آن‌ها، در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی‌داری بر عملکرد زیست توده داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته نشان داد، بیشترین عملکرد زیست توده (۴۸۰۶ گیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت اول و با تراکم ۱۶۰ بوته در مترمربع به دست آمد که نسبت به تاریخ کاشت ۱۵دی با عملکرد ۲۹۵۵ گیلوگرم در هکتار حدود ۳۹ درصد افزایش داشت. کمترین عملکرد زیست توده (۲۰۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۱۵ دی با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع حاصل شد که کاهش ۴۹ درصدی داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد تاریخ کاشت ۱۵ مهر و ۱۵ آبان با بهره‌گیری از شرایط محیطی از جمله درجه حرارت مناسب و دوره رشد طولانی‌تر همراه با شاخه زنی بیشتر، تولید ماده خشک بیشتر و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به اندام‌های زایشی شرایط مناسبی را برای افزایش عملکرد دانه و زیست توده فراهم آورده است. به عبارتی در کشت دیرهنگام با توجه به کاهش فاصله سبز شدن تا گلدهی، گیاه قبل از رسیدن به رشد رویشی مناسب و شاخص سطح برگ کافی وارد فاز زایشی گردیده و کاهش دریافت انرژی نورانی توسط برگ ها باعث کاهش عملکرد زیست توده در کاشت‌های تاخیری شده است (Koocheki, 2017). تحقیق بر روی دو گونه سیاه دانه *Nigella damascene* و *Nigella sativa* در سه تاریخ کاشت مختلف بهاره نشان داد که وزن دانه و وزن زیست توده گیاه با تأخیر در کاشت به دلیل کاهش در تعداد دانه در گیاه و وزن دانه در هر دو گونه کاهش پیدا کرد (D'ntuono *et al.*, 2001). محققین در گیاه شاهدانه (Bagherpour *et al*., 2015) و

سویا (*Glycin max* L.) ((Akter *et al*., *2016*) نیز نشان دادند که تاخیر در کاشت، عملکرد زیست توده را کاهش داد. در خصوص تراکم نیز به نظر می رسد، با افزایش تراکم بوته در واحد سطح در اثر رقابت بین بوته ای زیاد و کاهش توان فتوسنتزی و فضای لازم برای رشد هر بوته، وزن خشک تک بوته کاهش می یابد. اما به دلیل جذب مؤثرتَر نور خورشید از طریق افزایش سطح برگ، میزان فتوسنتز افزایش یافته و نهایتاً افزایش زیست توده را به دنبال داشته است. دیگر محققان نیز نتایج مشابهی را در کاسنی (Zarei *et al*., 2014) و در سیاهدانه (El-Mekawy, 2012) گزارش کردند.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر تاریخ کاشت، تراکم و برهمکنش اثر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنا دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۱۴۵۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تاریخ کاشت دوم و با تراکم ۱۲۰ بوته در متر مربع به دست آمد که نسبت به تاریخ کاشت اول با عملکرد ۱۴۵۰کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی داری نداشت.کمترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت چهارم با تراکم ۴۰ بوته در متر مربع به دست آمد که حدود ۶۱ درصدکاهش نشان داد (جدول ۳). ضمن آن که در تراکم های بالای نقطه بحرانی (۱۲۰ بوته در مترمربع) به رغم افزایش زیست توده، عملکرد دانه در واحد سطح به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). همچنین با افزایش تراکم (بیش از حد بحرانی) خصوصا در تاریخ کاشت اول به دلیل خوابیدگی بوته و شیوع بیماری‌های قارچی(اسکلورتینیایی)، کاهش عملکرد مشاهده گردید، اما برعکس با افزایش تراکم در تاریخ کاشت سوم و خصوصا تاریخ کاشت چهارم نه تنها بوته ها دچار ورس نشدند بلکه کاهش عملکرد در این تاریخ کاشت ها کمتر بوده است. نتایج بیانگر آن است، کاهش عملکرد در کاشت تاخیری از طریق افزایش تراکم در واحد سطح تا حدودی قابل جبران است (جدول ۳). در بررسی تراکم بوته در سیاه دانه در منطقه قائنات نتیجه گرفته شد حداکثر عملکرد دانه در تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع و حداقل عملکرد دانه در تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع بدست آمد. (Norozpour & Rezvani Moghaddam, 2006) آنها اظهار داشتند افزایش تراکم بوته بیش از ۲۰۰ بوته در مترمربع باعث افزایش رقابت بین بوته ای در مزرعه شد که افزایش رشد رویشی بوته هارا به دنبال داشت و سهم اجزای زایشی از فتوسنتز تولید شده کاهش می‌یابد. در مطالعه حاضر برای منطقه گرگان تراکم بحرانی۱۲۰ بوته در مترمربع به دست آمد. عملکرد دانه متأثر از اجزای عملکرد بوده و تغییر در هر جزء، باعث ایجاد تغییر در کل عملکرد دانه می گردد .(El-Mekawy, 2012) تعداد کپسول در بوته یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده عملکرد دانه است. با توجه به اینکه کپسول در برگیرنده دانه است و نزدیکترین منبع به دانه محسوب می‌گردد و فتوسنتز آن ها در زمان سبز بودن نقش مهمی در پرکردن دانه ها دارد. لذا بالاتر بودن عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های زودتر

جدول ۴- نتایج ضرایب همبستگی برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد سیاهدانه

Table 4. Results of correlation coefficient for some morphological and physiological traits of black seed

	1	2	3	4	5	6
تعداد شاخه جانبی 1- Number of lateral branches	1					
تعداد کپسول در بوته 2- Number of follicles per plant	۰0.93**	1				
تعداد دانه در کپسول 3- Nummber of seeds per capsule	0.91**	0.69**	1			
وزن هزار دانه 4- 1000-seed weight	0.64**	0.62**	0.66**	1		
عملکرد زیست توده 5- Biological yield	0.88**	0.67**	0.58**	0.54**	1	
عملکرد دانه 6- Grian yield	0.89**	0.94**	0.92**	0.85**	0.86**	1

**: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

**: significant at 1% probability level.

می تواند به دلیل افزایش تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در فولیکول و وزن هزار دانه باشد. نتایج جدول ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با تعداد شاخه جانبی (r=۰/۸۹*)، تعداد کپسول در بوته (r=۰/۹۴**)، و عملکرد زیست توده (r=۰/۸۶**) داشت (جدول ۴). نتایج پژوهشی, نشان داد عملکرد بالاتر در کنجد مربوط به ارقامی بود که بیشترین تعداد کپسول در بوته را داشتند (Koocheki *et al*., 2017). وجود همبستگی بین عملکرد دانه با عملکرد زیستی بیانگر آن است که وجود شرایط مناسب منجر به افزایش زیست توده در گیاه و در نتیجه باروری بیشتر کپسول‌ها شده است. نتایج مشابهی توسط سایر محققین در سیاه دانه گزارش شده است، آنها اظهار داشتند بین عملکرد دانه با تعداد کپسول در بوته همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد (Safaei *et al.*, 2017; Ganjali & Fanaei, 2010).

نتیجه گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد که تاریخ کاشت اثر بسیار زیاد بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاه دانه دارد و به طورکلی با تأخیر در کاشت عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه (۱۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۱۵ آبان و کمترین مقدار آن (۵۲۵ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه حاصل شد. همچنین با تأخیر در کاشت عملکرد زیست توده نیز به طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری که تاریخ کاشت ۱۵ آبان با ۳۸۹۰ کیلوگرم و تاریخ کاشت ۱۵دی با ۱۸۸۲ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد زیست توده

را داشت. تراکم نیز اثر معنا داری بر عملکرد سیاه دانه داشت به طوری که تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با عملکرد دانه۷۲۳ کیلوگرم در هکتار کمترین و تراکم۸۰ و۱۲۰ بوته در مترمربع به ترتیب با عملکرد ۱۴۱۲ و ۱۴۰۵کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت. همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ مهر و ۱۵ آبان در تراکم ۱۲۰ بوته در مترمربع بیشترین و در تراکم ۱۶۰ بوته در مترمربع کمترین عملکرد دانه را داشت. با توجه به این که در دو سال اجرای آزمایش بین تاریخ کاشت ۱۵ مهر و ۱۵آبان تفاوت معنی داری از لحاظ عملکرد دانه وجود نداشت، بنابراین براساس نتایج این تحقیق، به منظور رسیدن به عملکرد اقتصادی مطلوب در زراعت گیاه دارویی سیاه دانه، کشت زودهنگام)ترجیحا دهه دوم آبان) و تراکم ۸۰ بوته در متربع را می‌توان برای منطقه گرگان توصیه نمود.

References

Akter, N., Amin, A.K.M.R., Haque, M.N., and Masum, S.M. 2016. Effect of sowing date and weed control method on the growth and yield of soybean. *Poljoprivreda*, 22(1), 19-27.

Atiyeh, R.M., Arancon N.Q, Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2012. The influence of earth worm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Journal of Bioresource Technology*, 81:103-108.

Atta, M.B. 2003. Some characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed cultivated in Egypt and its lipidprofile. *Food Chemistry*, 83:63-68.

Bagherpour, H.R., Azizpour, K., Sameh Andabjadid, S., and Kardan, J. 2015. Effect of sowing date on yield and yield components of cannabis. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6(4), 292-295.

Bahraminejad, S., and Papzan, A. 2006. Effect of row spacing on different characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.) under Kermanshah conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 8(3), 241-249. (In Persian with English Summary)

Bakal, S.N., Bereswill, S., and Heimesaat, M.M. 2017. Finding novel antibiotic substances from medicinal plants antimicrobial properties of *Nigella sativa* directed against multidrug resistant bacteria. *Europian Journal Microbiol Immunology*, 7(1), 92-8.

D'Antuono, L., Moretti, A., and 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 and Products,* 15: 59–69.

Dadkhah, A., Kafi, M., and Rasam, G. 2009. The effect of planting date and plant density on growth traits, yield quality and quantity of Matricaria (*Matricaria chamomilla*). *Journal of Horticultural Sciences,* 23(2), 100-107. (In Persian with English Summary)

El-Mekawy, M.A.M. 2012. Growth and yield of *Niglla sativa* L. plant influenced by sowing date and irrigation treatments. *American-Eurasian Journal of Agricultural Environmental Sciences*, 12: 499-505.

Ganjali, H., and Fanaei, H. 2010. Effects of sowing date and plant density on

yield and yield components of *Nigella sativa*. Report on Research Project, University of Zahedan, 98 pages. (In Persian).

Hall, J., Bhattarai, S.P., and Midmore, D.J. 2014. Effect of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) planting density on weed suppression, crop growth, physiological responses, and fibre yield in the subtropics. *Renew Bioresour*, 10: 1-7.

Javadi, H. 2008. Effect of sowing date and nitrogen on yield and yield components of *Nigella sativa L. Iranian Journal of Field Crops Research*, 6 (1), 59- 66. (In Persian with English abstract).

Karimi, H., Emadi, M., and Zafarian, F. 2019. Effect of different nutritional systems on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in conditions of competition and non-competition with weeds. *Journal of Plant Pro,duction Research*, 4 (26), (77-61). (In Persian)

Kazerani, N., Saad Abadi, L., Saeidi Naeini, F., and Dashti, P. 2005. Effect of sowing date and sowing method on yield and yield components of medicinal plant of black cumin. National Conference of Medicinal Plants Sustainable Development. Mashhad. Pp: 175- 176. (In Persian).

Khajehpour, M.R. 2016. *Industrial Plants*. Jehad University Press, Isfahan, 546 p. (In Persian).

Kizil, S., and Toncer, O. 2005. Effect of row spacing on seed yield, yield components, fatty oil and essential oil of black cumin *(Nigella sativa* L.*) Crop Research Journal (Hisar)*, 30:107-112

Koocheki, A., Nasiri Mohalati, M., Noorbakhsh, F., and Nehbandani, A. 2017. Effect of planting arengement and plant density on yield and yield components of *Sesamum indicum*. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(1), 31-45. (In Persian with English Summary)

Mehta, B.K., Pandit, V., and Gupt, M. 2009. New principle from seeds of *Nigella sativa*. *Natural Product Research*, 23:138-148.

Mosazadeh, M., and Baradaran, R. 2011. Effect of plant density and nitrogen spray time on essential oil yield of *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(3), 422-427. (In Persian with English Summary)

Mostafavi Rad, M., Shariati, F., and Mostafavi Rad, S. 2012. Evaluation of sowing date influence on quantitative and qualitative yield in four rapeseed cultivars adapted to cold regions in Arak, Iran. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(2), 159-167. (In Persian with English Summary)

Nandini, K.M., Sridhara, S., Shivanand, P., and Kumar, K. 2017. Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of guar. *International Journal of Pure and Applied Bioscience,* 5: 320-328.

Norozpour, G.H., and Rezvani Moghaddam, P. 2006. Effects of different irrigation and plant density on yield andyield components of *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 3 (2), 305- 315. (In Persian with English abstract).

Omidbaigi, R. 2012. *Processing of Medicinal Plant*. Astan Ghods Razavi publication, page: 437.

Rezvan Bidokhti, S., Sanjani, Dahtban, S., and Hesamarefi, A.E. 2012. Evaluationof yield and yield components of *Nigella sativa* L. in different plant densitiesunder low irrigation conditions.*Iranian Journal of Field Crops Research,*10(2), 382-391. (In Persian with English Summary))

Rezvani Moghadam, P., and Ahmadzade Motlagh, M. 2007. Study of planting datesand plant density on yield of *Nigella sativa* in Quaen conditions. *Pajouheshand Sazandegi, Journal of Iranian Ministry of Agriculture,* 76: 62-68. (In Persian with English Summary)

Safaei, Z., Azizi, M., Davarynejad, G., and 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. (In Persian with English Summary).

Salem, M.L. 2005. Immunomodulatory and therapeutic properties of the *Nigella sativa* L. *Seed International Immunopharmacol*, 5:1749–1770.

Saxena, S.N., Rathore, S.S., and Diwakar, Y. 2017. Genetic diversity in fatty acid composition and antioxidant capacity of *Nigella sativa* L. genotypes. *Food Science and Technology*, 78:198-207.

Sharma, A.K. 2002. *Biofertilizers for Sustainable Agriculture*. Agrobios, India.

Singla, S., Grover, K., Angadi, S.V., Begna, S.H., Schutte, B., and Leeuwen, D.V. 2016. Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under different planting dates in the semi-arid southern high plains. *American Journal of Plant Sciences,* 7: 1246-1258.

Toncer, O., and Kizil, S. 2004. Effect of seed rate on agronomic and technologic characters of *Nigella sativa* L. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6: 529 – 532.

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,* 4(28), 373-392. (In Persian with English Summary)

Zarei, G.H., Shamsi Mahmoodabadi, H., Tabatabaei, S.A., and Mohtaram, S.A. 2014. Effect of sowing date and plant density on yield of chicory (*Cichorium intybus* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, 104: 136-141. (In Persian with English Summary).

Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.) in Gorgan

Hossein Rezvani[1], SeyedFazel FazeliKakhki[2*] ,Razieh Azimi Atergeleh[3], Sepideh Zavar[4]

1. Corresponding Author and Assistant Professor, of Golestan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center. AREEO, Gorgan, Iran. .
2. Assistance professor of agriculture research and education center of Khorasanrazavi, AREEO, Mashhad, Iran. (Corresponding author)
3. Assistant Professor, of Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
4. MSc in Forestry of Golestan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center. AREEO, Gorgan, Iran

Received: February 2022 Accepted: April 2024- DOI: 10.22092/aj.2024.357663.1592

Extended Abstract

Rezvani, H., Fazlikakhki, S., F., Azimi Atrakleh, R., Zavar, S., Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black cumin
(*Nigella sativa* L.) in Gorgan
Applied Research in Field Crops Vol 36, No. 2, 2023 01-03: 01-18(in Persian)

Introduction

Black seed is one of the most important medicinal plants in the world, which is used in large quantities in the pharmaceutical, health and food industries. Planting date and suitable climatic conditions are the most important factors in plant establishment and achieving the desired economic yield, so that the vegetative and reproductive stages of plants are adapted to the desired environmental conditions through utilizing suitable planting dates and environmental conditions (Mehta *et al*, 2009). In very early planting, low soil temperature and frost damage cause poor plant establishment in spring (Koocheki *et al*, 2017). Delay in planting date due to shortening of plant growth period and the possibility of occurrence of flowering time with high temperatures had adverse effects on plant growth and development. Yet, optimal plant density is a density in which all environmental factors (water, air, light and soil) are fully utilized by the plant and at the same time, in-plant and out-of-plant competitions are at a minimum to achieve the maximum possible yield with the desired quality (Khajehpour, 2016). Hence, the present study was

Email address of the corresponding author: hosinrezvani@yahoo.com

aimed to evaluate the effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black seed in Gorgan region, Iran.

Materials & Methods

In order to investigate the effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black seed, an experiment was conducted in a split plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications in Agriculture Reseach and Education center of Golestan, Iran during two growing seasons of 2019-2020 and 2020-2021. In this experiment, the main plots were four sowing dates (October 5th ,November 5th , December 5th and January 5th) and the subplot was plant density at four levels (40, 80, 120 and 160 plant.m^{-2}). The morphological and yield components such as plant height, number of lateral branches, number of capsules per plant, number of seeds per capsule, 1000-seed weight, biological yield and grain yield in plant were measured at the physiological maturity

Results & Discussion

The results showed that delaying the sowing date significantly affected the yield and its components. The grain yield, number of capsules per plant, number of seeds per capsule and 1000-seed weight decreased by 64, 40, 32 and 22%, respectively. A primary cause for this decline is that the temperature stress was induced by the delayed sowing, which resulted in the sterile flowers and their subsequent detachment, thereby diminishing the production potential of capsules and other yield components. Furthermore, the aforementioned traits exhibited an increasing trend as plant density rose from 40 to 120 plant.m^{-2}, however, upon further increasing the density to 160 plant.m^{-2}, these traits were reduced with the exception of plant height and biological yield. The interaction between sowing date and density was significant for all traits except for 1000-seed weight. The highest grain yield (1455 kg.ha^{-1}) was obtained on November 6 at a density of 120 plant.m^{-2}, which was not significantly different from a density of 80 plant.m^{-2}. It appears that the increase in seed yield, which was associated with the increase in plant density was a result of higher leaf area, effective utilization of solar radiation during growth period and enhanced photosynthetic capacity and production of more capsules per unit

area. The lowest grain yield (650 kg.ha^{-1}) was obtained on January 5 at a density of 40 plant.m^{-2}, marking a 42% reduction compared to the yield on November 6 . Also, the highest biological yield (5376 kg.ha^{-1}) was obtained on November 6 at a density of 160 plant.m^{-2}. Correlation analysis indicated that grain yield had the highest significant positive correlation with the number of lateral branches (r = 0.89 *) and the number of capsules per plant (r = 0.94 **).

Conclusions

The results of this study showed that the highest (1450 kg.ha^{-1}) and lowest (525 kg.ha^{-1}) grain yields were produced from the sowing dates of November 6 and in January 6, respectively. Therefore, in order to achieve the desired economic yield in the cultivation of black seed plant, early cultivation (preferably in the first decade of November) with 80 plants per square meter can be recommended for Gorgan region, Iran.

Keywords: Biological yield, Delayed sowing, Economic yield, Plant density

References

Khajehpour, M.R. 2016. *Industrial Plants*. Jehad University Press, Isfahan, 546 p. (In Persian).

Koocheki, A., Nasiri Mohalati, M., Noorbakhsh, F., and Nehbandani, A. 2017. Effect of planting arengement and plant density on yield and yield components of *seasamum indicum*. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(1), 31-45. (In Persian with English Summary)

Mehta, B.K., Pandit, V., and Gupt, M. 2009. New principle from seeds of *Nigella sativa*. *Natural Product Research*, 23:138-148.