

اثر تراکم و زمان مصرف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی، مراحل فنولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه (*Nigella sativa*)

شهرام امیرمرادی^{۱*} - پرویز رضوانی مقدم^۲

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۶

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات تراکم و زمان مصرف کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی، مراحل فنولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه سیاه‌دانه آزمایشی مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی در شهرستان چناران در سال ۱۳۸۴ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تراکم کشت (۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ بوته در متر مربع) و زمان مصرف کود نیتروژن (۱- شاهد یا عدم مصرف، ۲- مصرف کود در ۶-۴ برگه یک ماه پس از کاشت، ۳- مصرف در شروع غنچه دهی، ۴- مصرف در گلدهی کامل بود. در این بررسی، کود نیتروژن از منبع کود نیتروژن به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در زمانهای ذکر شده استفاده گردید. صفات مورد مطالعه شامل تعداد شاخه جانبی در هر بوته، فاصله اولین شاخه جانبی از سطح زمین، ارتفاع بوته، متوسط تعداد کپسول در هر شاخه، وزن کپسول، وزن دانه در هر کپسول، تعداد کپسول در هر بوته، تعداد دانه در هر خانه کپسول و عملکرد دانه در هکتار و بررسی مراحل رشد فنولوژیکی بود. اثر زمان مصرف کود نیتروژن روی تعداد کپسول در هر بوته، وزن کپسول و تعداد شاخه جانبی در سطح ۵٪ و تعداد دانه در هر خانه کپسول در سطح ۱٪ معنی دار شد، اما روی وزن دانه در کپسول، ارتفاع بوته، فاصله اولین شاخه جانبی از سطح زمین و متوسط تعداد کپسول در هر شاخه و عملکرد دانه تأثیری نداشت. اثر تراکم روی وزن دانه در کپسول در سطح ۵٪ و فاصله اولین شاخه جانبی از سطح زمین و عملکرد دانه در هکتار در سطح ۱٪ معنی دار شد. تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع و مصرف نیتروژن در زمان یک ماه پس از کاشت با ۵۸۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را در این منطقه تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: سیاه‌دانه، کپسول، تراکم، خصوصیات مورفولوژیکی، مراحل فنولوژیکی

مقدمه

چرب اشباع پالمیتیک و اسیدهای غیر اشباع اولئیک و لینولئیک است (۲۸ و ۲۹). این گیاه حاوی چهار آلکالوئید مهم به نام دکلونیدین و کانسولیدین و دلکوسین و دلکونین و مقداری اسانس فرار می‌باشد (۶ و ۷). همچنین اسانس آن شامل نیژلون، کارون، سیمن تیموکونینون و ترکیبات دیگر می‌باشد که مهم ترین ترکیب دارویی اسانس آن تیموکونینون می‌باشد (۳).

نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی در تولید گیاهان زراعی است که مقدار آن در گیاهان بعد از کربن و هیدروژن بیش از سایر عناصر غذایی است (۱۱، ۱۶ و ۲۸). غلظت بهینه نیتروژن بین ۲ تا ۵ درصد وزن خشک گیاه است که بسته به نوع گیاه و مرحله رشد متفاوت است (۱۲). نیتروژن در ساختمان سلول گیاهی بصورت پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه و آنزیم‌ها و کلروفیل شرکت دارد و بنابراین نقش عمده‌ای را در فتوسنتز عهده دار است (۲۱ و ۲۸).

با توجه به اثرات سوء ناشی از مصرف داروهای شیمیایی در سالهای اخیر توجه زیادی به کشت گیاهان دارویی شده که با افزایش مصرف آنها نیاز به توسعه کشت، مدیریت و برنامه ریزی صحیح می‌باشد (۲۸). سیاه‌دانه با نام علمی *Nigella Sativa* یک گیاه علفی یکساله دو لپه با $2n=12$ کروموزوم متعلق به زیر رده جدا گلبرگان و تیره آلاله است (۲، ۹ و ۲۸). دانه دارای ۹ نوع اسید آمینه است که ۵ تای آنها اسید آمینه ضروری بوده و مهم ترین آنها آرژنین (۱۹/۵ درصد)، اسید گلوتامیک (۱۳/۵ درصد) و لوسین (۱۰/۵ درصد) است (۲۸ و ۲۷، ۲۴). همچنین محتویات این دانه حاوی مقدار زیادی اسید

۱ و ۲- دانشجوی دکتری و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: (Email: shahramamirradi@yahoo.com)

داس و همکاران (۳۰) در آزمایشی اثر مقادیر صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن را روی سیاه دانه بررسی و مشاهده نمودند که با افزایش مقدار نیتروژن ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در گیاه، تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه افزایش پیدا کرد و بیشترین مقدار عملکرد از کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن بدست آمد. در کلیه آزمایشات فوق نیمی از نیتروژن در هنگام کاشت و بقیه یک ماه پس از کاشت به گیاه داده شده بود. همچنین خان (۳۳) در بررسی که با کاربرد نیتروژن به میزان ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار انجام داد نتیجه گرفت که استفاده از ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سیاه دانه حداکثر گل را تولید نمود، همچنین تعداد کپسول در گیاه و عملکرد دانه در هکتار نیز حداکثر بود. وزن هزار دانه در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن بیشترین مقدار بود ولی ارتفاع گیاه و تعداد دانه در کپسول تحت تاثیر نیتروژن قرار نگرفت، در این آزمایش نیز نیمی از نیتروژن به صورت سرک قبل گلهی استفاده شده بود.

در زراعت تک کشتی تراکم بهینه یکی از عوامل موفقیت در تولید می‌باشد. اگر میزان تراکم بوته بیش از حد بهینه باشد عوامل محیطی موجود از جمله رطوبت، نور و مواد غذایی در حد بهینه در اختیار هر بوته قرار نمی‌گیرد و برعکس چنانچه تراکم بوته کمتر از حد مطلوب باشد از امکانات محیطی موجود به نحو مطلوب استفاده نمی‌شود که خود باعث کاهش محصول می‌گردد. تراکم بوته از جمله فاکتورهای مهم زراعی است که بر عملکرد گیاهان دارویی از جمله سیاهدانه موثر می‌باشد (۲۸). تراکم یکی از مهم ترین عواملی است که با تاثیر بر قدرت شاخه دهی و میزان سایه اندازی بر شاخص سطح برگ تاثیر می‌گذارد (۱۰). در گیاهان یکساله دلیل اصلی کاهش عملکرد، رشد رویشی ضعیف و در نتیجه سطح برگ کم در ابتدای فصل رشد می‌باشد و در این حالت بیشتر تشعشع خورشیدی توسط زمین جذب شده و غیر قابل استفاده می‌ماند، بنابراین در چنین شرایطی افزایش تراکم گیاهان ممکن است به جذب بیشتر تشعشع خورشیدی بخصوص در مراحل اولیه رشد کمک نماید (۲۷).

احمد وهاکیو (۲۴) گزارش کردند که با تغییر فواصل ردیف کاشت سیاه دانه (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتیمتر) در سطح آماری ۵٪ تاثیر معنی داری روی عملکرد در واحد سطح مشاهده نگردید، هر چند که عملکرد در واحد سطح در ردیف های نزدیک تر بیشتر بود. قوش و همکاران (۳۲) تاثیر تراکم را بر عملکرد سیاه دانه بررسی نموده و مشاهده کردند که عملکرد دانه در فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتیمتر بیشتر از فاصله بوته ۱۰ و ۳۰ سانتیمتر بود.

داس و همکاران (۳۰) در دو آزمایش فواصل روی ردیف ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ سانتیمتر و فاصله ردیف سانتیمتر ۱۵ مشاهده کردند که ارتفاع گیاه تحت تاثیر فاصله بوته قرار نگرفت، اما تعداد شاخه و تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه

در واحد سطح در فاصله روی ردیف ۷/۵ سانتیمتر بیشترین مقدار بود. احمد وحق (۲۴) در مصر تاثیر فواصل بوته روی ردیف ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی متر را بررسی کرد و مشاهده نمود که ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته و محتوای کربوهیدرات و فسفر دانه تحت تاثیر بوته قرار نگرفت. قطر ساقه و درصد روغن های فرار و اشباع با افزایش فاصله تا ۴۰ سانتیمتر افزایش پیدا کرد. فاصله بوته ۳۰ سانتیمتر بطور معنی داری وزن خشک گیاه و تعداد میوه در گیاه، عملکرد دانه در گیاه و عملکرد روغن های فرار و اشباع را در مقایسه با بقیه فواصل افزایش داد ولی عملکرد کل دانه و عملکرد کل روغن های فرار و ثابت در واحد سطح به طور معنی داری با کاهش فاصله بوته و افزایش تراکم افزایش یافت و در فاصله بوته ۲۰ سانتیمتر بیشترین مقدار بود.

نوروزپور و رضوانی مقدم (۲۰) نتیجه گرفتند که حداکثر عملکرد در تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع و حداقل عملکرد از تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع بدست آمد، به نظر می‌رسد که افزایش تراکم بیش از ۲۰۰ بوته در متر مربع باعث افزایش رقابت بین بوته ای در مزرعه شده که خود بیشتر باعث افزایش رشد رویشی بوته ها می‌شود و سهم اجزای زایشی از فتوسنتز تولید شده کاهش می‌یابد، لذا به نظر می‌رسد که تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع در سیاه دانه تراکم بحرانی است. در این مطالعه بیشترین عملکرد روغن در واحد سطح از فاصله آبیاری یک هفته و تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع حاصل شد، عملکرد اسانس هم در تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع بیشترین مقدار را دارا بوده و با افزایش تراکم از میزان عملکرد اسانس در واحد سطح کاسته شد.

اثر میزان بذر (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) روی عملکرد دانه و دیگر خصوصیات سیاه دانه در ترکیه توسط تونسورکویزیل (۳۷) مورد بررسی قرار گرفت. میزان بذر به صورت معنی داری روی ارتفاع بوته، تعداد شاخه ها در هر بوته، تعداد کپسول در هر بوته، وزن دانه در هر بوته و عملکرد دانه اثر داشت. میزان بذر بالا (۴۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) تعداد شاخه ها و تعداد کپسول در هر بوته، عملکرد دانه در هر بوته و عملکرد دانه را کاهش داد. میزان بذر روی وزن هزار دانه، تعداد دانه در هر کپسول و در هر بوته، وزن دانه در هر بوته را کاهش داد. میزان بذر روی وزن هزاردانه، تعداد دانه در هر کپسول و اسانس و روغن تاثیر نداشت. بیشترین عملکرد (۸۲۸ کیلوگرم در هکتار) از مقدار ۱۰ کیلوگرم بذر در هکتار به دست آمد.

قوش و همکاران (۳۲) نتیجه گرفتند که در اثر افزایش تراکم در سیاه دانه تعداد شاخه های گل دهنده و تعداد کپسول در گیاه کاهش پیدا کرد، اما تراکم روی ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت تاثیر معنی داری نداشت.

سیاه دانه از گیاهان دارویی مهمی به شمار می‌رود که همچنان به روش سنتی کشت می‌شود و تا کنون تحقیقات زیادی روی آن انجام نشده است، لذا بدلیل نقش مهم این گیاه در درمان بیماری ها و

برای تجزیه و تحلیل آماری داده ها از نرم افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین ها بوسیله آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

اثر زمان مصرف نیتروژن روی ارتفاع بوته معنی دار نشد (جدول ۱). اثر تراکم نیز بر روی ارتفاع گیاه معنی دار نشد (جدول ۱). چنین نتیجه ای قبلاً توسط داس و همکاران (۳۰)، احمد وحق (۲۷) و قوش و همکاران (۳۲) بدست آمد. برخی محققین اظهار داشته اند که با افزایش تراکم ارتفاع گیاهان افزایش می یابد که دلیل این امر کاهش نفوذ نور بر طبقات وسط و پایین کانوپی می باشد. آنها معتقدند که در شرایط کمبود نور اکسین کمتر تجزیه شده و در نتیجه ارتفاع گیاه افزایش می یابد (۲۴). سیاه دانه از جمله گیاهانی است که تراکم های پایین خود را با افزایش تعداد شاخه های گلدهنده جبران می کند و در نتیجه این احتمال وجود دارد که در شرایط تراکم پایین نیز به دلیل افزایش تعداد شاخه های گلدهنده شرایط کمبود نور همانند تراکم بالا عمل نموده و در نتیجه تفاوتی در ارتفاع گیاه با تغییر تراکم دیده نمی شود. یکی از عوامل مهم موثر در افزایش ارتفاع گیاهان رقابت بر سر نور می باشد. این احتمال وجود دارد که در مراحل اولیه رشد بوته های روی ردیف بر سر مواد غذایی رقابت داشته و پس از شاخه دهی از فواصل بین ردیف ها جهت تامین نور استفاده کرده باشند. عدم اختلاف در ارتفاع گیاه نشان می دهد که حتی در تراکم های بالا نیز رقابتی برای دریافت نور ایجاد نشده و احتمالاً گیاهان نیاز نوری خود را از طریق فواصل بین ردیف های کاشت تامین نموده اند.

همچنین برخی از محققین دریافته اند که اگر تراکم بیش از حد افزایش یابد گیاهان علاوه بر نور برای عوامل موثر در رشد رقابت می کنند و با افزایش تراکم ارتفاع آنها افزایش نیافته و یا حتی کاهش پیدا می کند (۳۱). اثر متقابل زمان مصرف کود نیتروژنه و تراکم بر ارتفاع بوته در سطح آماری ۵٪ معنی دار بود (جدول ۱). بطوریکه بیشترین ارتفاع در زمان های مصرف کود نیتروژنه در مرحله ۴-۶ برگه و گلدهی کامل و بترتیب در تراکم های ۲۵۰ و ۱۵۰ بوته در متر مربع با ارتفاع ۲۲ سانتیمتر حاصل شد (جدول ۳).

اثر زمان مصرف کود نیتروژنه روی فاصله اولیه شاخه جانی از سطح زمین معنی دار نشد ولی تراکم روی فاصله اولین شاخه جانی از سطح زمین دارای اثر معنی داری در سطح آماری ۱٪ داشت (جدول ۱) بطوریکه با افزایش تراکم این فاصله هم افزایش یافت، زیرا با افزایش تراکم نفوذ نور به طبقات وسط و پایین کانوپی کمتر می شود و ارتفاع تا حدی افزایش می یابد در مراحل اولیه رشد، بوته ها بر سر نور با هم رقابت داشته و پس از شاخه دهی این رقابت کمتر شده و از فواصل بین ردیف ها جهت تامین نور استفاده می کنند. اثرات متقابل زمان مصرف کود نیتروژنه و تراکم روی فاصله اولین شاخه های

صنایع غذایی و صنایع داروئی انجام تحقیقات به زراعی در این گیاه از ضروریات است. هدف از این تحقیق تعیین تراکم بهینه و اثر زمان مصرف نیتروژن (به صورت سرک) در سیاه دانه بود.

مواد و روش ها

آزمایش مزرعه ای به منظور تعیین تراکم بهینه و زمان مناسب استفاده از کود نیتروژنه در قالب کرت های خرد شده با طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار طی سال زراعی ۱۳۸۴-۱۳۸۳ در منطقه چناران اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل تراکم کشت (۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ بوته در متر مربع) و زمان مصرف کود نیتروژنه (۱- شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنه))، ۲- مصرف کود در زمان ۴-۶ برگگی یک ماه پس از کاشت، ۳- مصرف در شروع غنچه دهی، ۴- مصرف در گلدهی کامل) بود. بذر مورد استفاده رقم بومی منطقه مشهد بود. عرض هر کرت ۳ متر و طول هر کرت ۵ متر و بین کرت ها نیم متر و بین بلوک ها ۲ متر فاصله در نظر گرفته شد و کشت در دو طرف پشته های ۰/۵ متری صورت گرفت. مدار آبیاری ۷ روزه بود و عملیات وجین دستی دو بار در طی انجام آزمایش بصورت دستی انجام شد. زمین مورد نظر در سال قبل از آزمایش آیش بود. قبل از کاشت بر اساس نتایج آنالیز خاک ۹۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۲۰ کیلوگرم اوره (۴۶٪ نیتروژن) به خاک اضافه شد. ۲۰ کیلوگرم کود اوره به صورت سرک همراه آب آبیاری در زمانهای ذکر شده در تمامی تیمارها استفاده شد. برای دستیابی به تراکم های مورد نظر گیاهان در دو مرحله یکی در مرحله ۴-۶ برگگی و دیگری در مرحله ۴-۶ برگگی تنک شدند. کاشت در نیمه دوم فروردین ماه و برداشت در نیمه دوم مرداد ماه صورت گرفت. برای محاسبه درجه روز رشد از معادله ۱ استفاده شد و درجه حرارت پایه نیز ۷/۸ (۱۹) درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد:

$$GDD = \frac{T_{\min} + T_{\max}}{2} - T_{base} \quad (1)$$

یادداشت برداری جهت مطالعه مراحل فنولوژیک مختلف، هر دو روز یکبار انجام شد. ورود به هر مرحله فنولوژیک بر اساس مشاهده رسیدن ۸۰ درصد بوته ها به آن مرحله در نظر گرفته شد. به منظور مطالعه صفات مورد بررسی در این آزمایش قبل از برداشت محصول، از هر کرت ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه در هر کپسول، فاصله اولین انشعاب از سطح زمین، تعداد شاخه جانی، تعداد کپسول در هر شاخه، وزن دانه در بوته، تعداد دانه در هر خانه کپسول و وزن هزار دانه اندازه گیری و ثبت شدند. عملکرد دانه در مساحت ۲ مترمربع با حذف ردیفهای کناری و از ردیفهای وسط تعیین شد.

دار نبودند (جدول ۱). زمان مصرف کود نیتروژنه روی وزن دانه در کپسول معنی دار نشد. اثر تراکم روی فاکتور وزن دانه در کپسول در سطح آماری ۵٪ معنی دار بود. تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع با نسبت ۰/۰۲۹ بیشترین میزان وزن دانه در کپسول را دارا بود. اثرات متقابل زمان مصرف کود نیتروژنه و تراکم روی وزن دانه در کپسول در سطح معنی داری ۵٪ معنی دار شد.

اثر زمان مصرف کود نیتروژنه روی وزن هزار دانه معنی دار نبود (جدول ۱). در گیاهان یکساله کمی پس از تشکیل دانه مقصد عمده مواد فتوسنتزی را دانه ها تشکیل می دهند، بنابراین در طول پر شدن دانه ها قسمت های عمده ای از مواد فتوسنتزی جاری و ذخیره شده برای افزایش وزن دانه به کار گرفته می شود. به همین دلیل مشاهده می شود که وزن هزار دانه تقریباً در تمام تیمار ها یکسان باقی مانده است. ضمناً وزن هزار دانه در مرحله ابتدای پر شدن دانه تحت تاثیر محیط و ژنوتیپ قرار می گیرد (۱۷).

تراکم های مختلف از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی داری نشان ندادند (جدول ۱). این نتایج قبلاً توسط مودی (۱۹)، تونسر و کیزیل (۳۷) نیز بدست آمد (۲۵ و ۳۴).

اثرات متقابل زمان مصرف کود نیتروژنه و تراکم نیز بر وزن هزار دانه معنی دار نبود (جدول ۱). اثر زمان مصرف کود نیتروژنه روی تعداد کپسول در هر بوته در سطح ۵٪ معنی دار شد. ولی تراکم اثر معنی داری بر تعداد کپسول در بوته نداشت (جدول ۱). این نتایج با نتایج، داس و همکاران (۳۰) مطابقت داشت. بیشترین تعداد کپسول در زمان مصرف کود نیتروژنه در زمان ۴-۶ برگی با ۳/۶ کپسول در بوته حاصل شد. تعداد کپسول در هر بوته همبستگی مثبت و معنی داری (۰/۸۶ $r =$) با تعداد شاخه جانبی دارد و این بدین دلیل است که سیاه دانه گیاهی گل انتهایی و محدود رشد بوده و گل و میوه فقط در انتهای هر شاخه تشکیل می شود. بنابراین تعداد کپسول در هر بوته از تعداد شاخه های جانبی تبعیت می کند. اثرات متقابل تراکم و زمان مصرف نیتروژن بر تعداد کپسول در بوته معنی دار نبود.

اثر زمان مصرف کود نیتروژنه روی تعداد دانه در هر کپسول در سطح آماری ۵٪ معنی دار شد (جدول ۱). بیشترین تعداد دانه در هر کپسول در تیمار عدم مصرف کود نیتروژنه با ۵۴/۰۶ عدد دانه در هر کپسول و کمترین تعداد دانه در تیمار مصرف کود نیتروژنه در زمان ۶-۴ برگی با ۴۶/۲۲ عدد دانه در هر کپسول بدست آمد (جدول ۲). با اینکه برخی محققان از جمله قوش (۳۲) معتقدند که تعداد دانه در هر کپسول صفتی وراثتی است اما این آزمایش این نتیجه را تایید نکرد. تراکم های مختلف از نظر تعداد دانه در کپسول اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۱). چنین نتیجه ای قبلاً توسط قوش بدست آمد (۳۲).

جانبی از سطح زمین در سطح ۵٪ معنی دار بود. بیشترین فاصله در تیمار شاهد و تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع حاصل شد (جدول ۳).

اثر زمان مصرف کود نیتروژنه روی تعداد شاخه جانبی در سطح معنی داری ۵٪ معنی دار شد (جدول ۱). تراکم های مختلف اختلاف معنی داری بر روی تعداد شاخه های جانبی در گیاه نشان ندادند (جدول ۱). تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع با ۳/۳۴ شاخه بیشترین تعداد شاخه جانبی در گیاه را دارا بود. تاثیر تراکم بر تعداد کپسول مشابه تاثیر تراکم بر تعداد شاخه های جانبی گلدهنده در گیاه می باشد با افزایش تراکم تعداد شاخه های گلدهنده در واحد سطح افزایش پیدا می کند (۲۸). باید توجه داشت که در تعدادی از شاخه ها میوه تشکیل نمی شود و تعداد کپسول در گیاه از تعداد شاخه های گل دهنده تبعیت می کند. به طوری که همبستگی بین تعداد شاخه گلدهنده در بوته و تعداد کپسول در بوته بالا بود (۰/۸۶ $r =$). چنین نتیجه ای قبلاً توسط داس و همکاران (۳۰)، و قوش (۳۲)، تونسر و کیزیل (۳۷) گزارش شده بود. اثرات متقابل زمان مصرف کود نیتروژنه و تراکم بر تعداد شاخه های جانبی در گیاه معنی دار نبود (جدول ۱).

اثر زمان مصرف کود نیتروژنه روی تعداد کپسول در هر شاخه معنی دار نشد (جدول ۱). تراکم هم دارای اثر معنی داری روی تعداد کپسول در هر شاخه نبود. اثرات متقابل زمان مصرف کود نیتروژنه و تراکم روی تعداد کپسول در هر شاخه نیز معنی دار نبود (جدول ۱).

اثر زمان مصرف کود نیتروژنه روی تعداد دانه در هر خانه کپسول در سطح آماری ۱٪ معنی دار شد (جدول ۱). بیشترین تعداد دانه در هر خانه کپسول در زمان مصرف کود نیتروژنه در گلدهی کامل با ۱۰/۷ عدد در هر خانه کپسول بدست آمد. این گونه به نظر می رسد که مصرف کود نیتروژنه در زمان گلدهی کامل سبب حداکثر جذب نیتروژن توسط گیاه و استفاده بهینه از آن شده است.

در زمان اواخر دوره رشد، استفاده از کود نیتروژنه باعث افزایش سرعت فتوسنتز در این برگها شده و در نتیجه افزایش سرعت فتوسنتز، دانه های بیشتری پر شده و تعداد دانه در هر خانه کپسول بیشتر شده است. تراکم های مختلف از نظر تعداد دانه در هر خانه کپسول اختلاف معنی داری نشان ندادند (جدول ۱). قوش (۳۲) و همکاران معتقدند که این جزء عملکرد از فاکتورهایی است که همانند تعداد دانه در کپسول بیشتر از آنکه تحت تاثیر عوامل محیطی قرار گیرد تحت کنترل وارث و ژنتیک است. اثرات متقابل زمان مصرف کود نیتروژنه و تراکم نیز روی تعداد دانه در هر خانه کپسول اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۱). زمان مصرف کود نیتروژنه اثر معنی داری در سطح آماری ۵٪ روی وزن کپسول داشت (جدول ۱) به طوریکه بیشترین وزن کپسول در زمان مصرف کود نیتروژنه در گلدهی کامل با ۰/۱ گرم بدست آمد.

اثر تراکم روی وزن کپسول معنی دار نبود (جدول ۱). اثرات متقابل زمان مصرف کود نیتروژنه و تراکم نیز روی وزن کپسول معنی

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سیاه دانه میانگین مریعات

منابع تغییرات	درجه آزادی		فاصله اولین شاخه از زمین	ارتفاع بوته	درجه آزادی		فاصله اولین شاخه از زمین	تعداد شاخه جانی	تعداد کپسول در بوته	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در یک خانه کپسول	وزن کپسول	تعداد دانه در کپسول	عملکرد دانه	وزن هزار دانه
	۲	۳			۶	۲									
بوک			۲۰/۵۸۳ ^{ns}	۷/۶۹۳ ^{ns}											
زمان مصرف نیتروژن (A)			۷/۶۲۹ ^{ns}	۱۰/۳۷۳ ^{ns}											
خطای اول			۳/۵۴۶	۴/۹۱۶											
تراکم (B)			۳۱/۰۰۰ ^{ns}	۲/۵۲۷ ^{ns}											
A×B			۴/۵۵۱ ^{ns}	۸/۷۵۰ ^{ns}											
خطای دوم			۱/۳۳۷	۲/۴۰۲											
ضریب تغییرات (درصد)			۱۲	۷/۸											

ns و * به ترتیب معنی دار در سطح ۱٪ و ۵٪ می باشد و ns: معنی دار نیست.

جدول ۲- اثر زمان مصرف نیتروژن و تراکم بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سیاه دانه

تیمار	صفات	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	فاصله شاخه جانی از زمین	تعداد شاخه جانی	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در خانه کپسول	وزن کپسول (گرم)	عملکرد در کپسول (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه (گرم)	زمان مصرف	
											شاخه	تراکم
شاهد	۲۰/۱۳ ^a	۱۰/۴ ^a	۲/۸۳ ^b	۰/۸۹ ^a	۲/۶۶ ^b	۱۰/۴ ^b	۰/۰۸۷ ^{ab}	۴۳۳/۸ ^{ab}	۵۴/۰۶ ^a	۱/۹۹ ^a	۱۹/۳ ^a	۱۵۰ بوته در متر مربع
۴-۶ برگ	۱۹/۵ ^a	۱۰ ^a	۳/۸ ^a	۰/۹۳ ^a	۲/۶۲ ^a	۹/۳ ^c	۰/۰۷۳ ^b	۴۳۳/۱ ^{ab}	۴۶/۲۲ ^b	۲/۰۷ ^a	۲۵۰ بوته در متر مربع	۱۵۰ بوته در متر مربع
شروع غنچه دهی	۱۸/۵ ^a	۸/۳ ^a	۳/۱ ^{ab}	۱/۰۴ ^a	۳/۲۸ ^a	۹/۸ ^b	۰/۰۷۳ ^b	۳۳۸/۳ ^b	۵۰/۴۴ ^{ab}	۲/۰۰ ^a	۲۰ ^a	۲۵۰ بوته در متر مربع
گلدهی کامل	۲۱/۱ ^a	۹/۸ ^a	۳/۱ ^{ab}	۱/۰۸ ^a	۳/۲۶ ^a	۱۰/۷ ^a	۰/۰۸۰ ^a	۴۷۶/۵ ^a	۵۳/۴۴ ^a	۲/۰۳ ^a	۲۰/۱ ^a	۲۵۰ بوته در متر مربع
تراکم												
۱۵۰ بوته در متر مربع	۱۹/۳ ^a	۷/۸ ^b	۳/۸۵ ^a	۰/۹۳ ^a	۳/۱۹ ^a	۱۰/۵۳ ^a	۰/۰۷۷ ^a	۳۰۵/۲ ^b	۵۱/۲۵ ^a	۲/۰۳ ^a	۲۰ ^a	۲۵۰ بوته در متر مربع
۲۵۰ بوته در متر مربع	۲۰ ^a	۱۰/۳ ^a	۳/۱۹ ^a	۰/۹۸ ^a	۳/۱۳ ^a	۹/۸ ^a	۰/۰۸۰ ^a	۴۶۶/۳ ^a	۴۹/۸۶ ^a	۲/۰۱ ^a	۲۰ ^a	۲۵۰ بوته در متر مربع
۲۵۰ بوته در متر مربع	۲۰/۱ ^a	۱۰/۸ ^a	۳/۳۴ ^a	۱/۰۴ ^a	۳/۴۸ ^a	۹/۸ ^a	۰/۰۹۲ ^a	۴۸۷/۴ ^a	۵۷/۰۱ ^a	۲/۰۳ ^a	۲۰/۱ ^a	۲۵۰ بوته در متر مربع

میانگین های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون و برای هر فاکتور با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار دارند.

جدول ۳- اثر متقابل زمان مصرف نیتروژن و سطوح مختلف تراکم بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص برداشت سیاهدانه

وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در کیسول	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن کیسول (گرم)	تعداد دانه در خانه کیسول	تعداد دانه در پوته	تعداد کیسول در شاخه	تعداد شاخه جانبی	فاصله شاخه جانبی از زمین (سانتیمتر)	ارتفاع پوته (سانتیمتر)	تراکم پوته در متر مربع	زمان مصرف نیتروژن
۲/۰۲ ^a	۵۵/۳۳ ^a	۳۴۸۳ ^{bcd}	-/۰.۹ ^{ab}	۱۱/۱ ^a	۲/۳ ^c	-/۰.۹۴ ^{ab}	۱/۹ ^c	۷/۶ ^{ef}	۱۷/۶ ^{bcd}	۱۵۰	
۲/۰۰ ^a	۵۲/۸۳ ^a	۴۲۲/۳ ^{abc}	-/۰.۷ ^{abc}	۱۰/۲ ^a	۲/۷ ^{bc}	-/۰.۸۳ ^b	۳/۲ ^{ab}	۱۰/۶ ^{bc}	۲۰/۳ ^{abcd}	۲۵۰	شاهد
۱/۹۶ ^a	۵۲/۳۳ ^a	۵۰۰ ^{ab}	-/۰.۹ ^{ab}	۹/۸ ^a	۲/۹ ^{bc}	-/۰.۹۰ ^b	۳/۲ ^{ab}	۱۳ ^a	۲۱/۶ ^{ab}	۲۵۰	
۲/۱۲ ^a	۴۳ ^b	۲۴۱/۶ ^d	-/۰.۶ ^{bc}	۹ ^a	۳/۳ ^b	-/۰.۸۵ ^b	۳/۸ ^{ab}	۷ ^f	۱۷/۶ ^d	۱۵۰	
۲/۰۳ ^a	۴۸/۳۳ ^{ab}	۵۸۸ ^a	-/۰.۷ ^{abc}	۹/۵ ^a	۳/۳ ^b	-/۰.۹۲ ^b	۳/۶ ^{ab}	۱۱/۳ ^{abc}	۲۲ ^a	۲۵۰	۴-۶ برگی
۲/۰۶ ^a	۴۷/۳۳ ^{ab}	۴۶۹/۶ ^{ab}	-/۰.۷ ^{abc}	۹/۴ ^a	۴/۲ ^a	۱/۰.۴ ^{ab}	۴ ^a	۱۱/۶ ^{ab}	bcd ۱۹	۲۵۰	شروع
۱/۸۷ ^a	۵۲ ^{ab}	۲۶۵ ^{cd}	-/۰.۴ ^c	۱۱ ^a	۳/۵ ^{ab}	۱/۰.۲ ^{ab}	۳/۳ ^{ab}	۷/۳ ^{ef}	۱۸/۳ ^{cd}	۱۵۰	
۲/۰۰ ^a	۴۷/۶۶ ^{ab}	۳۶۶/۶ ^{bcd}	-/۰.۷ ^{abc}	۸ ^a	۳/۱ ^{bc}	۱/۱۱ ^{ab}	۲/۸ ^{bc}	۹/۳ ^{cde}	۱۸/۳ ^{cd}	۲۵۰	غشچه دهی
۲/۰۳ ^a	۵۱/۶۶ ^{ab}	۳۸۲/۳۳ ^{bcd}	-/۰.۹ ^{ab}	۹ ^a	۳/۲ ^b	-/۰.۹۹ ^{ab}	۳/۲ ^{ab}	۸/۳ ^{def}	bcd ۱۹	۲۵۰	
۲/۰۳ ^a	۵۲/۶۶ ^a	۳۶۶ ^{bcd}	-/۰.۸ ^a	۱۰/۹ ^a	۳/۲ ^b	-/۰.۹۲ ^b	۳/۴ ^{ab}	۹/۳ ^{cde}	۲۲ ^a	۱۵۰	
۲/۰۰ ^a	۵۰/۳۳ ^{ab}	۴۸۷ ^{ab}	-/۰.۹ ^{ab}	۱۰/۸ ^a	۳/۲ ^b	۱/۰.۷ ^{ab}	۳ ^{ab}	bcd ۱۰	bcd ۱۹	۲۵۰	گلدهی کامل
۲/۰.۸ ^a	۵۵/۳۳ ^a	۵۷۶ ^a	-/۰.۸ ^a	۱۰/۳ ^a	۳/۶ ^{ab}	۱/۲۴ ^a	۲/۸ ^{bc}	۱۰/۳ ^{bcd}	abc ۲۱	۲۵۰	

میانگین های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار دارند.

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده صفات اندازه گیری شده در سیاه دانه

صفات	ارتقاغ بوته	فاصله شاخه جانمی از زمین	تعداد شاخه جانمی	تعداد کپسول در شاخه	تعداد دانه در بوته	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن کپسول	تعداد دانه در کپسول	وزن کپسول	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه
فاصله اولین شاخه جانمی از سطح زمین	۰/۳۹۷*	۱										
تعداد شاخه جانمی	۰/۳۷۷ n.s	۰/۰۷۱ n.s	۱									
متوسط تعداد کپسول در هر شاخه	۰/۸۹۲ n.s	۰/۸۸۳ n.s	۰/۸۵۴ n.s	۱								
تعداد کپسول در هر بوته	۰/۱۲۶**	۰/۱۸۱ n.s	۰/۸۶۷**	۰/۳۳۷*	۱							
تعداد دانه در هر شاخه کپسول	۰/۲۶۱ n.s	۰/۵۹۰**	۰/۷۷۶ n.s	۰/۱۳۰ n.s	۰/۰۰۶ n.s	۱						
وزن کپسول	۰/۰۷۴ n.s	۰/۳۱۵ n.s	۰/۰۵۲ n.s	۰/۰۰۳ n.s	۰/۰۹۴ n.s	۰/۰۹۴ n.s	۱					
تعداد دانه در هر کپسول	۰/۰۹۷۶ n.s	۰/۰۹۵۸ n.s	۰/۳۲۵۸ n.s	۰/۳۳۳۴ n.s	۰/۳۵۷۶*	۰/۰۶۱۰ n.s	۰/۳۴۶۶ n.s	۱				
عملکرد دانه در هکتار	۰/۰۷۱ n.s	۰/۲۶۶ n.s	۰/۲۸۰**	۰/۳۳۷ n.s	۰/۳۰۱ n.s	۰/۱۹۹ n.s	۰/۰۷۱ n.s	۰/۰۶۸۹ n.s	۱			
وزن هزار دانه	۰/۸۸۳۴ n.s	۰/۰۰۷۶ n.s	۰/۰۶۱۷ n.s	۰/۰۲۶۹ n.s	۰/۰۶۶۲ n.s	۰/۱۱۳۳ n.s	۰/۲۴۲۷ n.s	۰/۲۱۵۳ n.s	۰/۰۶۸۹ n.s	۱		

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح ۱٪ و ۵٪ می باشد. n.s: معنی دار نیست.

روز رشد و روزهای پس از کاشت در منطقه چناران نشان می‌دهد. در سیاه دانه نیز همانند سایر گیاهان زراعی شروع نمو زایشی تحت تاثیر دما، طول روز، رقم و سایر عوامل مختلف قرار دارد. بنابراین تعداد روزهای لازم برای شروع مرحله زایشی و مراحل دیگر رشد تحت تاثیر این عوامل خواهد بود. امروزه محققین علاقمندند که علاوه بر استفاده از تعداد روزهای لازم برای شروع مراحل رشد و نمو، میزان واحدهای حرارتی تجمعی از زمان کاشت تا وقوع هر مرحله را نیز بدانند. در این بررسی رشد و نمو سیاه دانه کمتر تحت تاثیر تیمارهای تراکم و زمان مصرف نیتروژن قرار گرفت و تقریباً در تمام تیمارها بر هم منطبق بود. سیاه دانه در شرایط آب و هوایی چناران از کاشت تا سبز شدن کامل به حدود ۱۲۱/۴ درجه روز رشد نیاز دارد و با دریافت ۴۶۸/۴ درجه روز رشد دیگر شروع به غنچه دهی می‌کند، در این مرحله با دریافت ۱۸۲/۲ درجه روز رشد غنچه دهی کامل و وارد مرحله گل دهی می‌گردد. مودی (۱۷) در بررسی مراحل فنولوژی سیاهدانه گزارش کرد که این گیاه در شرایط آب و هوایی مشهد به حدود ۶۰۰ درجه روز رشد نیاز دارد که وارد مرحله گلدهی شود و از مرحله گلدهی تا تشکیل کپسول به حدود ۳۰۰ درجه روز نیازمند است. در این بررسی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی چناران از شروع گل دهی تا زمان گلدهی کامل به ۲۴۱/۸ درجه روز رشد نیازمند است. این گیاه با دریافت ۳۹۰/۴ درجه روز رشد بعد از گلدهی کامل، تشکیل کپسول ها کامل شده و گیاه شروع به پر شدن دانه هایش می‌کند. تا رسیدگی فیزیولوژیکی ۱۷۰ درجه روز رشد دیگر دریافت می‌کند و از زمان رسیدگی فیزیولوژیکی تا زمان برداشت ۱۸۵/۲ درجه روز رشد دیگر نیاز دارد. به این ترتیب سیاه دانه از زمان کاشت تا برداشت به ۱۷۵۹/۴ درجه روز رشد در منطقه چناران نیاز دارد که معادل ۱۲۴ روز است.

احتمالاً در اینجا علت کاهش تعداد دانه در کپسول بر اثر افزایش تراکم، رقابت بین گیاهان مجاور و کاهش سهم مواد فتوسنتزی در هر کپسول در مقایسه با تراکم کمتر است (۲۵). اثر متقابل زمان مصرف کود نیتروژنه و تراکم نیز معنی دار نشد (جدول ۱).

اثر زمان مصرف کود نیتروژنه روی عملکرد دانه معنی دار نشد (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه در زمان مصرف کود نیتروژنه در گلدهی کامل با ۴۷۶/۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. با مصرف کود نیتروژنه در زمان گلدهی کامل که مرحله ای زایشی است میزان ازت مورد نیاز گیاه تامین شده و فتوسنتز آن بیشتر شده و تعداد دانه بیشتری هم تشکیل می‌شود، زیرا تعداد میوه تابع سرعت تامین مواد فتوسنتزی، فضا و نور دریافت شده است، در نتیجه عملکرد دانه در این تیمار بیشتر شده است. جبران نیتروژن گیاه در مرحله زایشی سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود. و چون نیتروژن یکی از عناصر ضروری جهت تشکیل تخمک می‌باشد در این زمان دانه های بیشتری تشکیل می‌شود.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اثر تراکم بر روی عملکرد دانه در سطح آماری ۱٪ معنی دار است. چنین نتیجه ای قبلاً توسط، تونسرو کیزیل (۳۷)، احمد (۲۷) نیز بدست آمد، اما این نتیجه با نتایج داس وهمکاران (۳۰) و قوش و همکاران (۳۲) مطابقت نداشت. افزایش عملکرد مشاهده شده احتمالاً به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و استفاده بهتر از نور خورشید و سایر منابع طی فصل رشد و افزایش فتوسنتز می‌باشد. اما اصلی ترین دلیل افزایش عملکرد با افزایش تراکم، افزایش تعداد بوته در واحد سطح بوده است.

مراحل فنولوژیکی

جدول ۵ وقوع مراحل رشد و نمو سیاه دانه را به تفکیک درجه

جدول ۵- مراحل رشد و نمو سیاه دانه با توجه به تعداد روز و درجه روز رشد (GDD) مورد نیاز گیاه از کاشت تا هر مرحله از نمو

مراحل نمو	تعداد روز	GDD
سبز شدن کامل	۱۲	۱۲۱/۴
۲-۴ برگی	۲۰	۲۰۹
۴-۶ برگی	۲۵	۲۵۰
۶-۸ برگی	۳۱	۳۰۲/۲
۸-۱۰ برگی	۴۱	۳۹۲/۸
شروع غنچه دهی	۵۶	۵۸۹/۸
غنچه دهی کامل و شروع گلدهی	۶۷	۷۷۲
گلدهی کامل و شروع تشکیل کپسول	۸۱	۱۰۱۳/۸
کامل شدن تشکیل کپسول ها و شروع پر شدن دانه ها	۱۰۳	۱۴۰۴/۲
رسیدگی فیزیولوژیک	۱۱۳	۱۵۷۴/۲
برداشت	۱۲۲	۱۷۵۹/۴

نتیجه گیری

تراکم ۳۵۰ بوته در هکتار و مرحله ۴-۶ برگه و تراکم ۲۵۰ بوته در هکتار بیشترین عملکرد دانه حاصل شد. با این وجود برای توصیه بهترین تراکم و زمان مصرف کود نیتروژنه لازم است این آزمایش برای دو تا سه سال تکرار در منطقه تکرار شود.

براساس نتایج این آزمایش در شرایط شهرستان چناران، بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۳۵۰ بوته در هکتار و کمترین در ۱۵۰ بوته در هکتار تولید شد. بهترین زمان مصرف کود نیتروژنه در مرحله گلدهی کامل حاصل شد. در زمان مصرف کود در مرحله گلدهی کامل و

منابع

- ۱- امام ی. و نیک نژاد م. ۱۳۷۳. مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز.
- ۲- امید بیگی ر. ۱۳۷۴. رهیافتهای تولید و فرآورده های گیاهان دارویی، انتشارات فکر روز. جلد اول.
- ۳- بابایی ا. ۱۳۷۴. بررسی اثر تنش آب در مراحل رشد و نمو، کمیت و کیفیت اسانس و مقدار روغن سیاهدانه (*Nigella Sativa L.*) پایان نامه کارشناسی ارشد علوم گیاهی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- ۴- باقری م. و رجحان م.ص. ۱۳۷۵. بررسی وضعیت گیاهان دارویی و استفاده از آنها در ایران و جهان مجله جنگل و مرتع. جلد ۳۳. شماره ۲. ۱۹-۱۵.
- ۵- برجیان ع. و امام ی. ۱۳۷۹. اثر مصرف کود نیتروژنه پیش از گلدهی بر عملکرد و اجزاء عملکرد و درصد پروتئین دانه دو رقم گندم. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۲. شماره ۱. ۲۹-۲۳.
- ۶- پورفریبرز م. ۱۳۷۷. ارزیابی بالینی اثرات ضد نفخ گوارشی دو گیاه سیناموم زیلانیگوم و نیجلاساتیوا (دارچین و سیاهدانه) و مقایسه این دو. پایان نامه دکترای دانشگاه علوم پزشکی تهران.
- ۷- توکلی صابری م. و صداقت ر.م. ۱۳۶۸. گیاهان دارویی. ترجمه. انتشارات روز بهان.
- ۸- حاجی شریفی ا. ۱۳۸۶. اسرار گیاهان دارویی. انتشارات حافظ نوین.
- ۹- زرگری ع. ۱۳۷۱. گیاهان دارویی. جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۰- زمانی غ.ر. ۱۳۷۲. بررسی اثر تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۱- سالاردینی ع. و مجتهدی م. ۱۳۷۶. صول تغذیه گیاه. ترجمه. مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- ۱۲- شریفی عاشورآبادی ا.، متین ا.، لباسچی م.ج. و عباس زاده ب. ۱۳۸۳. تاثیر نحوه مصرف کود نیتروژنی بر عملکرد گیاه دارویی بادنجبویه. فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲. شماره ۳. صفحه ۳۷۶-۳۶۹.
- ۱۳- فیض اصل و. و ولی زاده غ.ر. ۱۳۸۳. بررسی اثر زمان مصرف کود نیتروژنه بر خصوصیات کمی و کیفی گندم سرداری در شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲. شماره ۳۵. صفحات ۳۰۱ تا ۳۱۱.
- ۱۴- لطف الهی م. و ملکوتی م.ج. ۱۳۷۶. کاهش مصرف کود ازته و افزایش پروتئین گندم از طریق محلول پاشی. نخستین گردهمایی ملی کاهش مصرف سموم و استفاده بهینه از کودهای شیمیایی در کشاورزی - کرج. بروشور ترویجی.
- ۱۵- لطف الهی م. ۱۳۸۱. چگونه کیفیت گندم را بالا ببریم. نشریه ترویجی موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات معاونت ترویج. شماره ۷۸/۵۵۳.
- ۱۶- ملکوتی م.ج. و ریاضی همدانی س.ع. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- ۱۷- ملکوتی م.ج. و ریاضی همدانی س.ع. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- ۱۸- ملکوتی م.ج. و همایی م. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک های مناطق خشک، مشکلات و راه حل ها. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۹- مودی ح. ۱۳۷۷. اثر تراکم گیاهی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاه دانه. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲۰- نوروز پور ق. و رضوانی مقدم پ. ۱۳۸۵. اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بوته بر روغن و اسانس دانه سیاه دانه مجله پژوهش و سازندگی. جلد ۲. شماره ۷۳. صفحات ۱۳۸-۱۳۳.
- ۲۱- واعظی ع. و ملکوتی م.ج. ۱۳۷۹. ضرورت مصرف بهینه کود برای افزایش عملکرد یونجه نشریه فنی شماره ۱۵۸. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی موسسه تحقیقات خاک و آب.
- ۲۲- هاشمی دزفولی ا.، بنایان اول م. و رحیمیان م. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

- 23- Ahmad E.T. 1997. Influence of plant distance and some phosphorus fertilization sources on black cumin (*Nigella sativa L.*) plants. Assuit J. Agric. Sci. 28: 39 – 56.
- 24- Ahmed N.U., and Haque K.R. 1986. Effect of row spacing and time of sowing on the yield of black cumin (*Nigella sativa L.*). Bangladesh. J. Agric. 11: 21-24.
- 25- Alhader A.M., Aqel. 1993. Hypoglycemic effects of the volatile oil of (*Nigella sativa L.*). Int. J. Pharmacogn. 31: 96-100.
- 26- Altman D.W., Cuiston W.L., and Kostard W.E. 1983. Grain protein percentage, kernel hardness and grain yield of winter wheat with foliar applied urea. Agron. J. 75: 87-91.
- 27- Atta M.B. 2003. Some characteristics of (*Nigella sativa L.*) Seed cultivated in Egypt and its lipid profile. Food Chemistry Journal. 83 (1) : 63 – 68 .
- 28- Babayan V.K., Kootungal, D., and Halaby, G.A. 1978. Proximate analysis, fatty acid and, amino acid composition of (*Nigella sativa L.*) seed. Journal of Food Science. 43: 1315 – 1319.
- 29- Charpenter A.C., and Board J.E. 1997. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations. Crop. Sci. 37: 1520 – 1526.
- 30- Das A.K., Sadhu M.K., and Som M.G. 1991. Effect of N and P levels on growth and yield of black cumin (*Nigella sativa Linn.*). Hort. J. 4 : 41 – 47 .
- 31- Gad A.M., EL-Dakhkhny M., and Hassan M. 1963. Studies on the chemical composition of Egyptian *Nigella sativa L.* Oil. Planta. Meica. 11: 134-138.
- 32- Ghosh D.K., Roy and Malic S.C. 1981. Effect of fertilizers and spacing on yield and other characters of black cumin (*Nigella sativa L.*). Indian Agric. 25: 191-197.
- 33- Khan M.M.A. 1993. Nitrogen application ameliorates the productivity of (*Nigella sativa L.*) In “Glimpses in plan Research . Medicinal plants.” 6: 287-290.
- 34- Mukhopadhy D., and Sen S.P. 1997. Augmentation of growth variables and yield components of plants yielding spices by foliar application of diazotrophic bacteria. Indian J. Agric. Res. 31 : 1-9 .
- 35- Ramadan M.F. 2007 . Nutritional Value, functional properties and nutraceutical applications of black cumin (*Nigella sativa L.*) International Journal of Food Science and Technology. 42(16): 1208 – 1216.
- 36- Sridhir, P., Subramanian, K. and Marani R.U. 1997. Effect of Nitrogen and irrigation levels on the yield of sesame. Sesame and safflower Newsletter. 12 : 41 – 43.
- 37- 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 (3): 529 – 532.
- 38- Varga B., and Sveenjuk Z. 2006. The effect of late season urea spraying on grain yield and quality of winter wheat cultivars under low and high basal nitrogen fertilization. Field Crops Research Journal. 26(1) : 125- 132.