اثر سطوح نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه و روغن بزرک (*Linum usitatissimum* L.) در اهواز

شکوفه سپهوند[۱]، احمد کوچک‌زاده[۲*]، علی مشتطی[۳] و عبدالرضا سیاهپوش[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۸)

چکیده

در بین عوامل خاکی و زراعی مؤثر بر رشد و نمو، تغذیه و تراکم بوته اثر زیادی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی از جمله بزرک (*Linum usitatissimum* L.) دارند. به‌منظور بررسی واکنش عملکرد دانه و روغن بزرک به سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در اهواز، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های اصلی و چهار تراکم بوته (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ بوته در متر مربع) در کرت‌های فرعی بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نیتروژن و تراکم و همچنین اثر متقابل آنها بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و تراکم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۱۳۴۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۳۹۴ کیلوگرم در هکتار) در مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع و کمترین عملکرد دانه (۵۷۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۱۸۸ کیلوگرم در هکتار) در سطح شاهد نیتروژن و تراکم ۱۵۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کپسول، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد روغن

۱ ، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیاران گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Koochekzadeh@asnrukh.ac.ir

مقدمه

روغن‌ها و چربی‌ها پس از کربوهیدرات‌ها به‌عنوان دومین منبع انرژی در تغذیه انسان اهمیت دارند که در راستای برقراری امنیت غذایی هر کشور باید به‌میزان نیاز و در حد متعادل در الگوی مصرف در دسترس همگان قرار گیرند (۱). با توجه به وجود پتانسیل‌های اکولوژیک مناسب در کشور، در صورت برنامه‌ریزی منطبق بر اصول توسعه پایدار، می‌توان بخش قابل توجهی از روغن و در پی آن کنجاله مورد نیاز کشور را تأمین کرد تا ضمن کاهش وابستگی به واردات، خودکفایی و امنیت غذایی کشور را افزایش داد (۵). بزرک با نام علمی *Linum usitaissimum* L. متعلق به تیره کتان (Linaceae)؛ گیاهی یک‌ساله، سرمادوست، علفی با ارتفاع ۶۰ الی ۸۰ سانتی‌متر و گل‌هایی با پنج گلبرگ به رنگ آبی روشن یا سفید است که برای تولید دانه روغنی یا الیاف کشت می‌شود و همچنین مصارف متعدد غذایی، دارویی، بهداشتی، صنعتی و پزشکی دارد (۸). بیش از ۵۰ درصد افزایش تولیدات غذایی به‌دلیل استفاده از کودهای شیمیایی است و در این میان سهم کودهای نیتروژن نسبت به سایر کودها بیشتر است. اگرچه استفاده از کودهای شیمیایی سبب بهبود کمّی و کیفی گیاهان زراعی می‌شود، ولی معمولاً کشاورزان برای به‌دست آوردن بیشترین عملکرد، آن را بیش از مقدار توصیه شده استفاده می‌کنند. این عامل سبب بروز مشکلات زیست‌محیطی از جمله آلودگی آب، خاک، کاهش کیفیت محصولات غذایی و برهم خوردن تعادل زیست‌محیطی در خاک می‌شود که صدمات جبران‌ناپذیری به اکوسیستم وارد می‌کند (۷). از این‌رو پژوهش‌های بسیاری در مورد تعیین اثر سطوح مختلف نیتروژن بر صفات رشد و عملکرد گیاهان زراعی در مناطق مختلف انجام شده است. امیدبیگی و همکاران (۹) با مطالعه سطوح صفر، ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بر کتان روغنی در کرج بیان کردند که بیشترین تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. در آزمایشی با بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاس بر صفات مختلف بزرک در پاکدشت تهران گزارش کردند که با افزایش مقدار مصرف نیتروژن؛ تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه، عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین افزایش ولی تعداد دانه در کپسول کاهش یافت. همچنین بیشترین عملکرد دانه (۲۲۹۰ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد (۱۱). دورداس (۲) با مطالعه اثر سه سطح نیتروژن (صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) بر ارقام بزرک بیان کرد که با افزایش نیتروژن؛ تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و وزن هزار دانه افزایش یافت و بیشترین عملکرد دانه در مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد. در آزمایشی با بررسی اثر چهار سطح نیتروژن (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر رشد و عملکرد بزرک نشان دادند که با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد دانه افزایش یافت و بیشترین عملکرد دانه در سطح مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (۴). سوث و همکاران (۱۵) با مطالعه اثر پنج سطح نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر رشد و عملکرد بزرک بیان کردند که بیشترین عملکرد دانه (۲۸۶۱ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. از طرف دیگر یکی از عوامل مهم برای بهره‌گیری حداکثر از عوامل تولید، وجود تراکم بوته مناسب است. پژوهشگران بیان کردند که افزایش تراکم بوته بزرک تا هنگامی که از طریق شدت بخشیدن به رقابت برای دریافت نور و عناصر غذایی موجب کاهش بیش از حد اجزای عملکرد نشود، عملکرد دانه را افزایش خواهد داد (۱۶). در آزمایش لیسون و مندهم (۶) در استرالیا، تراکم‌های مختلف بوته اثر معنی‌داری بر عملکرد بزرک داشتند. تدین و همکاران (۱۷) با بررسی اثر تراکم‌های مختلف بوته بر توده‌های مختلف بزرک در شهرکرد گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، ارتفاع بوته و عملکرد دانه افزایش ولی درصد روغن کاهش یافت. سانتوز و همکاران (۱۴) با مطالعه اثر چهار تراکم بوته (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ بوته در مترمربع) بر رشد و عملکرد بزرک بیان کردند

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در زمان شروع آزمایش (۹۶-۱۳۹۵)

ویژگی‌های خاک	عمق خاک زراعی (cm)	
	۰-۳۰ cm	۳۰-۶۰ cm
بافت خاک	رسی سیلتی	رسی سیلتی
pH	۷/۹	۷/۸
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۷/۳۲	۹/۹۸
کربن آلی (درصد)	۰/۷۶	۰/۵۲
نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۲۶	۰/۰۱۴
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۸/۳۱	۱۶/۲۵
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۲۴	۱۴۰
آهن قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۲	۱۸/۲
منگنز قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۷/۹	۹/۴
روی قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱/۷۴	۳/۱۸
مس قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱/۰۸	۱/۴

که با افزایش تراکم بوته؛ تعداد کپسول در بوته، وزن خشک کپسول و وزن خشک بوته کاهش ولی ارتفاع بوته افزایش یافت. در آزمایشی که برای بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ انجام شد به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم بوته؛ تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند ولی اثر این کاهش توسط افزایش بوته در واحد سطح جبران شد به‌طوری که عملکرد دانه با تغییر تراکم بوته تغییر معنی‌دار یافت (۳). پاسبان اسلام (۱۲) با مطالعه اثر سه فاصله ردیف کاشت (۲۴، ۳۶ و ۴۸ سانتی‌متر) و چهار میزان بذر (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار) بر گلرنگ گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه و روغن از فاصله ردیف ۲۴ سانتی‌متر و تراکم ۹۲ تا ۱۰۴ بوته در متر مربع (۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم بذر در هکتار) به‌دست آمد. با توجه به اهمیت گیاه بذرک و پژوهش‌های کم انجام شده روی آن، این مطالعه با هدف بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته بر صفات عملکرد دانه و روغن بزرک در شرایط آب و هوایی اهواز در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ درجه شرقی، با ارتفاع ۳۴ متر از سطح دریا، آب و هوای گرم و خشک و متوسط بارندگی سالیانه ۲۱۳ میلی‌متر اجرا شد. قبل از شروع آزمایش، به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از پنج نقطه تصادفی خاک مزرعه در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری انجام و پس از خرد کردن کلوخه‌ها، نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و نمونه مرکبی تهیه و در آزمایشگاه از لحاظ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ارزیابی شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح نیتروژن (صفر (شاهد)، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره در کرت‌های اصلی (۴ و ۹) و چهار تراکم بوته (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ بوته در

مترمربع) در کرت‌های فرعی بود (۱۴). مقادیر نیتروژن هر کرت به‌صورت تقسیط سه‌مرحله‌ای به مقدار یکسان (شامل قبل از کاشت، ابتدای رشد طولی ساقه و قبل از گل‌دهی) به روش محلول در آب آبیاری استفاده شد (۹). کاشت به‌صورت جوی و پشته در اول آذر انجام و با توجه به تیمارهای تراکم، فاصله بین بوته‌ها روی پشته به‌ترتیب ۴، ۲، ۱/۵ و ۱ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت فرعی به طول و عرض ۲/۵ متر (دارای چهار پشته به عرض ۵۰ سانتی‌متر با دو خط کاشت) بود. فاصله بین هر کرت فرعی یک پشته نکاشت، فاصله بین هر کرت اصلی دو پشته نکاشت و فاصله بین هر تکرار دو متر بود. در هر چاله سه تا چهار بذر در عمق یک تا دو سانتی‌متری کشت و روی بذرها با خاک نرم پوشیده شد. پس از اتمام عملیات کاشت، اولین آبیاری در همان روز انجام گرفت. در این آزمایش از رقم بزرک لیرینا تولید شده در اصفهان با خلوص فیزیکی ۹۸ درصد و قوه نامیه ۹۰ درصد استفاده شد. آبیاری‌ها بر اساس نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی و خاکی انجام شد. به‌منظور رسیدن به تراکم‌های مورد نظر و همچنین کاهش رقابت درون‌گونه‌ای، در مرحله سه‌برگی اقدام به وجین بوته‌های اضافی شد. علف‌های هرز داخل کرت‌ها در دو مرحله چهار برگی و قبل از گل‌دهی به‌صورت دستی وجین شدند. برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه در اواسط فروردین‌ماه صورت گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد کپسول در مترمربع، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد روغن، عملکرد روغن و درصد نیتروژن دانه بودند. در زمان برداشت، بعد از حذف خطوط حاشیه و حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت از خطوط وسط، گیاهان باقیمانده برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک استفاده شد. پس از جداسازی دانه‌های نمونه‌های برداشتی، عملکرد دانه با احتساب رطوبت ۹ درصد محاسبه شد. صفات تعداد کپسول در مترمربع و تعداد دانه در کپسول از ۱۰ بوته تصادفی شمارش شد. وزن هزار دانه از حاصل جمع وزن دو نمونه ۵۰۰ عددی بذرها (که تفاوت وزن آنها کمتر از پنج درصد بود) به‌دست آمد. شاخص برداشت با تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. درصد روغن دانه به روش پیشنهادی پوریم از طریق جداسازی روغن توسط حلال پترولیوم اتر و با کمک دستگاه شیکر انجام شد (۱۳). عملکرد روغن نیز از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به‌دست آمد. میزان نیتروژن دانه بعد از هضم نمونه در یک گرم کاتالیزور شامل سولفات پتاسیم و سولفات مس و سلنیم و ۳/۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۶ درصد در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت دو ساعت، توسط روش و دستگاه کجلدال اتوآنالایزر اندازه‌گیری شد (۱۳). تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS9.4 و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۲) نشان داد که اثر سطوح نیتروژن، تراکم بوته و اثر متقابل آنها بر بیشتر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

اثر نیتروژن

مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۳) نشان داد که با افزایش سطوح نیتروژن؛ تعداد کپسول در مترمربع، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن بزرک افزایش یافت و بیشترین میزان این صفات با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. به‌طوری که کمترین عملکرد دانه (۷۷۶ کیلوگرم در هکتار) در سطح عدم مصرف نیتروژن و بیشترین آن (۱۱۳۳ کیلوگرم در هکتار) در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد و با کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن دوباره کاهش یافت. به عبارت دیگر، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه بزرک رقم لیرینا

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		تعداد کپسول در مترمربع	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	روغن دانه	عملکرد روغن	نیتروژن دانه
تکرار	۳	۳۷۹۰۵۴^{ns}	۰/۵۵*	۰/۱۱۹**	۳۲۲۹۲*	۵۲۶۶۲^{ns}	۴۶/۱*	۱/۰^{ns}	۲۶۱۰^{ns}	۰/۰۷۲**
نیتروژن	۳	۱۰۲۴۴۲۸۲**	۸/۴۴**	۷/۲۸۷**	۳۵۶۵۲۸**	۸۱۲۹۲۰۵**	۸۳/۴**	۵۶/۰*	۴۲۲۴۰**	۱۲/۹۸۶**
خطای اصلی	۹	۶۲۸۶۵۷	۰/۱۰	۰/۰۰۲	۸۰۳۶	۵۹۸۰۴	۱۱/۲	۱۸/۰	۱۴۴۲	۰/۰۰۵
تراکم	۳	۴۶۷۰۲۲۶۲**	۱/۷۵**	۰/۴۰۰**	۳۸۷۶۶۹**	۶۰۳۲۹۵۲**	۶۵/۷**	۱۷/۵**	۲۶۰۸۰**	۲/۱۳۴**
نیتروژن × تراکم	۹	۱۲۳۵۶۴۸۶*	۰/۶۰**	۰/۰۳۳**	۸۰۷۵۷**	۱۱۰۷۳۸۳**	۱۸۴/۷**	۱۷/۷**	۶۲۴۳**	۰/۴۵۶**
خطای فرعی	۳۶	۶۲۲۸۹۵	۰/۰۸	۰/۰۰۳	۱۸۹۶۱	۶۹۹۴۷	۱۳/۳	۳/۵	۱۶۷۷	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۵	۳/۸۸	۱/۰۸	۱۴/۸۱	۷/۹۹	۱۲/۶۰	۶/۱۷	۱۴/۴۷	۱/۵۱

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

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه بزرک رقم لیرینا

نیتروژن	تعداد کپسول در مترمربع	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد روغن	شاخص برداشت	روغن دانه	نیتروژن دانه
(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)		(گرم)	(کیلوگرم در هکتار)				(درصد)	
صفر	۳۲۴۹^{c}	۶/۹۷^{d}	۴/۵۵^{d}	۷۷۶^{c}	۲۵۰۶^{d}	۲۴۵^{b}	۳۱/۹^{a}	۳۱/۸^{a}	۴/۳۲^{d}
۷۵	۴۱۳۵^{b}	۷/۴۲^{c}	۵/۰۲^{c}	۸۸۶^{b}	۳۰۴۰^{c}	۲۷۲^{b}	۲۹/۷^{ab}	۳۱/۱^{ab}	۵/۱۷^{c}
۱۵۰	۵۱۸۰^{a}	۸/۶۹^{a}	۶/۰۹^{a}	۱۱۳۳^{a}	۴۱۸۷^{a}	۳۵۸^{a}	۲۷/۵^{bc}	۳۱/۸^{a}	۵/۴۸^{b}
۲۲۵	۴۴۵۵^{b}	۷/۶۸^{b}	۵/۶۲^{b}	۹۲۲^{b}	۳۵۰۲^{b}	۲۵۶^{b}	۲۷/۰^{c}	۲۷/۹^{b}	۶/۵۰^{a}

درهر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

شاهد، موجب افزایش حدود ۴۶ درصدی عملکرد دانه شد. پایین‌ترین درصد روغن دانه (۲۷/۹ درصد) در مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و بالاترین درصد آن در سایر سطوح نیتروژن به‌دست آمد. با توجه به اثر مستقیم عملکرد دانه بر عملکرد روغن، بیشترین عملکرد روغن (۳۵۸ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین آن (۲۴۵ کیلوگرم در هکتار) در سطح شاهد نیتروژن حاصل شد. با این حال بیشترین درصد نیتروژن دانه (۶/۵۰ درصد) در سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین آن (۴/۳۲ درصد) در سطح شاهد نیتروژن حاصل شد. به‌طور کلی با توجه به اینکه عنصر نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی و زایشی می‌شود، بنابراین افزایش سطح نیتروژن باعث افزایش صفات تعداد کپسول در مترمربع، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن و درصد نیتروژن دانه می‌شود. اما با افزایش مصرف نیتروژن، به‌دلیل افزایش محتوای نیتروژن دانه، درصد روغن دانه کاهش یافت. در آزمایش امیدبیگی و همکاران (۹)، بیشترین تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. در آزمایش

پرهیزکارخاجانی و همکاران (۱۱) نیز با افزایش سطح نیتروژن مصرفی؛ تعداد شاخه در بوته، تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه و عملکرد روغن افزایش ولی تعداد دانه در کپسول کاهش یافت ولی در آزمایش سوث و همکاران (۱۵)، حداکثر عملکرد دانه بزرک (۲۸۶۱ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد.

اثر تراکم

مقایسه میانگین اثر تراکم بوته بر صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۳) نشان داد که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح؛ تعداد کپسول در مترمربع، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن افزایش یافت، به‌طوری که کمترین تعداد کپسول در مترمربع (۲۴۳۰ عدد) در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و بیشترین آن (۶۴۱۳ عدد) در تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۴) . همچنین بالاترین عملکرد دانه (۱۱۵۷ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع و پایین‌ترین آن (۸۲۰ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. به عبارت دیگر، تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع نسبت به تراکم ۵۰ بوته، موجب افزایش حدود ۴۰ درصدی عملکرد دانه شد. همچنین پایین‌ترین و بالاترین عملکرد بیولوژیک در تراکم‌های ۵۰ و ۲۰۰ بوته در متر مربع مشاهده شد. بیشترین عملکرد روغن نیز (۳۳۹ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع و کمترین آن (۲۴۶ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. به‌طور کلی با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، به‌دلیل کاهش فضای بوته و افزایش رقابت بین گیاهان برای منابع رشد مانند آب، عناصر غذایی و نور، عملکرد دانه تک‌بوته کاهش یافت که این کاهش با افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران شده است و در نتیجه عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافت. همچنین به‌دلیل رابطه مستقیم بین عملکرد دانه و عملکرد روغن، افزایش تراکم سبب افزایش عملکرد روغن شد (۶). در آزمایش تدین و همکاران (۱۷)، با افزایش تراکم بوته؛ ارتفاع بوته و عملکرد دانه افزایش ولی درصد روغن کاهش یافت. بیشترین تعداد دانه در کپسول (۸/۱۲ عدد) در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین تعداد آن در تراکم ۱۵۰ و ۲۰۰ بوته در مترمربع بود. تعداد دانه در کپسول به شرایط رشدی مناسب و تأمین مواد غذایی لازم در مرحله تبدیل مریستم رویشی به زایشی و مراحل بعد از آن بستگی دارد. با افزایش تراکم بوته و به‌دنبال آن افزایش رقابت بین گیاهان برای حصول آب، مواد غذایی و نور، تعداد دانه در کپسول کاهش یافت. در آزمایش سانتوز و همکاران (۱۴)، با افزایش تراکم بوته؛ تعداد کپسول در بوته، وزن خشک کپسول و وزن خشک بوته کاهش ولی ارتفاع بوته افزایش یافت. بیشترین وزن هزار دانه (۵/۴۸ گرم) در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین آن (۵/۱۱ گرم) در تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع بود (جدول ۴). احتمالاً با افزایش تراکم، به‌دلیل کاهش فضای رشدی گیاهان و در نتیجه کاهش رشد و سطح برگ گیاه، توان فتوسنتزی بوته و درنتیجه وزن هزار دانه کاهش یافت. افزایش تراکم بوته تا هنگامی که از طریق شدت بخشیدن به رقابت درون‌گونه‌ای و بین گونه‌ای برای دریافت نور و عناصر غذایی موجب کاهش بیش از حد اجزای عملکرد نشود، عملکرد دانه را افزایش خواهد داد (۱۶). همچنین با افزایش تراکم بوته، درصد نیتروژن دانه کاهش یافت به‌طوری که بیشترین درصد نیتروژن دانه (۵/۸۴ درصد) در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین آن (۵/۰۱ درصد) در تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع حاصل شد. احتمالاً با افزایش تراکم بوته، به‌دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ای، دسترسی و فراهمی نیتروژن برای گیاهان کاهش یافته و درصد نیتروژن دانه کاهش می‌یابد.

اثر متقابل نیتروژن و تراکم

برش‌دهی اثر متقابل نیتروژن و تراکم بوته (جدول ۵) نشان داد که در سطوح مختلف نیتروژن، اثر تراکم بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و تراکم (جدول ۶) نشان داد که بیشترین تعداد کپسول در مترمربع (۸۰۵۰ عدد) در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع و کمترین آن (۲۱۱۴ عدد) در سطح شاهد نیتروژن و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد که در این

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه بزرک رقم لیرینا

تراکم بوته در مترمربع	تعداد کپسول در مترمربع	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد روغن	شاخص برداشت	روغن دانه	نیتروژن دانه
			(گرم)	(کیلوگرم در هکتار)				(درصد)	
۵۰	۲۴۳۰^{d}	۸/۱۲^{a}	۵/۴۸^{a}	۸۲۰^{b}	۲۹۶۰^{b}	۲۴۶^{c}	۲۷/۹^{b}	۳۰/۰^{bc}	۵/۸۴^{a}
۱۰۰	۳۴۹۰^{c}	۷/۷۸^{b}	۵/۳۹^{b}	۹۰۱^{b}	۲۹۷۳^{b}	۲۸۴^{b}	۳۲/۰^{a}	۳۱/۳^{ab}	۵/۴۶^{b}
۱۵۰	۴۶۸۷^{b}	۷/۴۲^{c}	۵/۳۰^{c}	۸۴۰^{b}	۳۰۷۴^{b}	۲۶۴^{bc}	۲۸/۳^{b}	۳۱/۷^{a}	۵/۱۷^{c}
۲۰۰	۶۴۱۳^{a}	۷/۴۴^{c}	۵/۱۱^{d}	۱۱۵۷^{a}	۴۲۲۷^{a}	۳۳۹^{a}	۲۷/۹^{b}	۲۹/۵^{c}	۵/۰۱^{d}

درهر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۵. برش‌دهی اثر متقابل سطوح نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه بزرک رقم لیرینا

نیتروژن	درجه آزادی	تعداد کپسول در مترمربع	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد روغن	شاخص برداشت	روغن دانه	نیتروژن دانه
				(گرم)	(کیلوگرم در هکتار)				(درصد)	
صفر	۳	۵۵۱۱۶۳۷**	۰/۱۸^{ns}	۰/۰۴**	۱۴۴۵۲۲**	۲۰۶۹۴۴۳**	۱۲۲۶۲**	۲۳۴/۰**	۹/۵۸^{ns}	۰/۵۷**
۷۵	۳	۱۰۷۲۴۹۶۰**	۰/۲۸*	۰/۲۰**	۱۴۵۱۰۵**	۱۲۳۱۱۴۰**	۸۱۶۹**	۱۶۶/۴**	۵/۲۴^{ns}	۰/۲۰**
۱۵۰	۳	۱۹۴۹۷۳۲۷**	۲/۶۱**	۰/۱۹**	۱۱۹۶۶۸**	۲۴۲۸۷۶۱**	۶۰۵۷*	۶۸/۰*	۱۸/۱۹**	۰/۱۰**
۲۲۵	۳	۱۴۶۷۵۲۸۵**	۰/۴۹**	۰/۰۶**	۲۲۰۶۴۶**	۳۶۲۵۷۹۸**	۱۸۳۱۹**	۱۵۱/۴**	۴۰/۸۶**	۲/۶۲**

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

سطح مصرف نیتروژن و تراکم بوته، شرایط رشدی مناسبی برای تولید حداکثر تعداد کپسول در مترمربع فراهم شده است. از طرف دیگر با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع، بیشترین تعداد دانه در کپسول (۹/۵۰ عدد) و بیشترین وزن هزار دانه (۶/۳۹ گرم) به‌دست آمد درحالی‌که در سطح شاهد نیتروژن و تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع، کمترین تعداد دانه در کپسول (۶/۶۷ عدد) و کمترین وزن هزار دانه (۴/۴۰ گرم) حاصل شد. به‌طور کلی وزن دانه به عوامل مؤثر بر رشد به‌ویژه جذب نور، جذب و انتقال عناصر غذایی، میزان مواد فتوسنتزی تولید شده به‌ویژه در ابتدای پر شدن دانه‌ها و توانایی دانه در حال رشد برای استفاده از مواد فتوسنتزی بستگی دارد (۶). از این‌رو با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع، وزن هزار دانه به حداکثر رسیده است. کمترین عملکرد دانه (۵۷۰ کیلوگرم در هکتار) در سطح شاهد نیتروژن و تراکم ۱۵۰ بوته در مترمربع و بیشترین آن (۱۳۴۸ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد؛ که نسبت به عدم مصرف نیتروژن و تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع بیش از دو برابر افزایش داشت. به‌نظر می‌رسد که در تراکم‌های بوته پایین، اجزای عملکرد تک‌بوته شامل تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول به‌دلیل رقابت کمتر بین بوته‌ها و استفاده بهتر از شرایط محیطی بیشتر بود، اما به‌دلیل تعداد بوته کمتر در مترمربع، عملکرد دانه در واحد سطح

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه بزرک رقم لیرینا

نیتروژن	تراکم بوته در مترمربع	تعداد کپسول در مترمربع	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد روغن	شاخص برداشت	روغن دانه	نیتروژن دانه
				(گرم)	(کیلوگرم در هکتار)				(درصد)	
صفر	۵۰	۲۱۱۴^{h}	۷/۱۸^{f}	۴/۶۳^{i}	۶۶۸^{hij}	۲۷۶۵^{f}	۲۱۶^{fg}	۲۴/۲^{efgh}	۳۲/۷^{a}	۴/۸۵^{h}
	۱۰۰	۲۵۲۳^{fgh}	۷/۰۳^{fg}	۴/۶۲^{i}	۸۸۶^{def}	۲۱۰۳^{hi}	۲۶۲^{def}	۴۲/۳^{a}	۲۹/۶^{bcdef}	۴/۳۴^{i}
	۱۵۰	۳۶۴۱^{ef}	۷/۰۲^{fg}	۴/۵۶^{i}	۵۷۰^{h}	۱۷۶۹^{i}	۱۸۸^{g}	۳۲/۲^{c}	۳۲/۹^{a}	۴/۰۸^{j}
	۲۰۰	۴۷۲۰^{de}	۶/۶۷^{g}	۴/۴۰^{j}	۹۸۱^{cde}	۳۳۸۸^{cd}	۳۱۵^{cd}	۲۹/۱^{cde}	۳۲/۱^{ab}	۴/۰۱^{j}
۷۵	۵۰	۲۳۸۱^{gh}	۷/۶۶^{ed}	۵/۲۱^{f}	۷۶۵^{fgh}	۳۳۲۶^{cd}	۲۴۳^{efg}	۲۳/۰^{gh}	۳۱/۸^{abc}	۵/۳۲^{f}
	۱۰۰	۳۱۷۵^{fgh}	۷/۲۶^{ef}	۵/۱۸^{f}	۸۸۶^{def}	۲۳۶۸^{gh}	۲۷۹^{cde}	۳۷/۵^{ab}	۳۱/۴^{abcd}	۵/۳۲^{f}
	۱۵۰	۵۰۶۳^{cd}	۷/۶۳^{ed}	۴/۹۶^{g}	۷۳۸^{fgh}	۲۸۳۶^{ef}	۲۳۴^{efg}	۲۶/۱^{efg}	۳۱/۸^{abc}	۵/۱۸^{g}
	۲۰۰	۵۹۲۰^{bc}	۷/۱۳^{f}	۴/۷۳^{h}	۱۱۵۵^{abc}	۳۶۳۱^{c}	۳۳۳^{bc}	۳۲/۲^{c}	۲۹/۴^{cdef}	۴/۸۵^{h}
۱۵۰	۵۰	۲۶۸۸^{fgh}	۹/۵۰^{a}	۶/۴۰^{a}	۱۰۲۱^{bcde}	۳۱۵۸^{de}	۳۲۸^{c}	۳۲/۴^{bc}	۳۲/۰^{abc}	۵/۵۵^{de}
	۱۰۰	۴۷۶۵^{de}	۹/۰۸^{a}	۶/۰۸^{b}	۱۱۹۵^{ab}	۴۲۰۱^{b}	۳۹۴^{a}	۲۸/۴^{cdef}	۳۳/۰^{a}	۵/۶۴^{d}
	۱۵۰	۵۲۱۶^{cd}	۷/۶۳^{ed}	۶/۰۱^{b}	۹۶۸^{cde}	۴۳۴۲^{b}	۳۲۲^{c}	۲۲/۵^{gh}	۳۳/۴^{a}	۵/۴۷^{e}
	۲۰۰	۸۰۵۰^{a}	۸/۵۴^{b}	۵/۸۸^{c}	۱۳۴۸^{a}	۵۰۴۶^{a}	۳۸۹^{ab}	۲۶/۶^{defg}	۲۸/۷^{ef}	۵/۲۷^{fg}
۲۲۵	۵۰	۲۵۳۸^{fgh}	۸/۱۵^{bc}	۵/۶۹^{d}	۸۲۵^{efg}	۲۵۹۴^{fg}	۱۹۵^{g}	۳۱/۸^{cd}	۲۳/۶^{g}	۷/۶۴^{a}
	۱۰۰	۳۴۹۸^{fg}	۷/۷۷^{cd}	۵/۶۹^{d}	۶۳۷^{gh}	۳۲۲۱^{d}	۱۹۹^{g}	۱۹/۹^{h}	۳۱/۳^{abcde}	۶/۵۲^{b}
	۱۵۰	۴۸۲۶^{cd}	۷/۴۰^{def}	۵/۶۸^{d}	۱۰۸۲^{bcd}	۳۳۵۱^{cd}	۳۱۱^{cd}	۳۲/۴^{bc}	۲۸/۸^{def}	۵/۹۴^{c}
	۲۰۰	۶۹۶۰^{ab}	۷/۴۳^{def}	۵/۴۳^{e}	۱۱۴۳^{bc}	۴۸۴۱^{a}	۳۱۸^{cd}	۲۳/۷^{fgh}	۲۷/۸^{f}	۵/۹۰^{c}

درهر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

پایین‌تر شد. ولی افزایش تعداد بوته در مترمربع، کاهش عملکرد تک‌بوته در تراکم بالا را جبران کرد و عملکرد در واحد سطح بیشتری نسبت به تراکم‌های پایین به‌دست آمد. به عبارت دیگر با افزایش تراکم گیاهی؛ عملکرد تک‌بوته کاهش ولی عملکرد در واحد سطح افزایش یافت. در آزمایشی گزارش شده است که افزایش تعداد بوته در واحد سطح، سبب جبران کاهش عملکرد تک‌بوته شده است و عملکرد ثابت باقی ماند و یا حتی افزایش یافت (۱۲).

بیشترین عملکرد بیولوژیک (۵۰۴۶ کیلوگرم در هکتار) در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع و کمترین آن (۱۷۶۹ کیلوگرم در هکتار) در سطح شاهد نیتروژن و تراکم ۱۵۰ بوته در مترمربع مشاهده

شد.بنابراین به‌نظر می‌رسد که احتمالاً در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع، شرایط رشدی مثل فضای در اختیار بوته، نور دریافتی، آب در دسترس و فراهمی نیتروژن برای گیاه مطلوب بوده و موجب تولید بالاترین عملکرد بیولوژیک شده است (۱۶). شاخص برداشت، مقدار بیوماس اختصاص یافته به دانه و یا به‌عبارت دیگر کارایی توزیع مواد فتوسنتزی در بین اندام‌های مختلف رویشی و زایشی گیاه را نشان می‌دهد. بیشترین شاخص برداشت (۴۲/۳ درصد) در سطح شاهد نیتروژن و تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع و کمترین آن (۱۹/۹ درصد) در سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد که با افزایش مصرف نیتروژن و تراکم بوته در واحد سطح، افزایش عملکرد بیولوژیک بیشتر از عملکرد دانه بوده است و شاخص برداشت کاهش یافت. بیشترین درصد روغن دانه (۳۳/۴ درصد) با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۱۵۰ بوته در مترمربع و کمترین آن (۲۳/۶ درصد) با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. یعنی با افزایش مصرف نیتروژن از ۱۵۰ به ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، احتمالاً به‌دلیل افزایش محتوای نیتروژن دانه، درصد روغن دانه کاهش یافت (۹). همچنین بیشترین عملکرد روغن (۳۹۴ کیلوگرم در هکتار) در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع و کمترین آن (۱۸۸ کیلوگرم در هکتار) در سطح شاهد نیتروژن و تراکم ۱۵۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. اگرچه با افزایش مصرف نیتروژن، درصد روغن کاهش یافت، اما افزایش مصرف نیتروژن با افزایش تعداد کپسول در واحد سطح و تعداد دانه در کپسول باعث افزایش عملکرد دانه و در نتیجه عملکرد روغن در واحد سطح شد. همچنین بیشترین درصد نیتروژن دانه (۷/۶۴ درصد) در سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن (۴/۰۱ درصد) در سطح شاهد نیتروژن و تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع مشاهده شد. به عبارت دیگر با افزایش میزان نیتروژن مصرفی از سطح شاهد نیتروژن به ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، میزان فراهمی نیتروژن برای گیاه افزایش یافت، از این‌رو نیتروژن بیشتری به سمت دانه منتقل شد و درنتیجه درصد نیتروژن دانه افزایش یافت. به‌طور کلی به نظر می‌رسد که در مقدار نیتروژن و تراکم مطلوب، شرایط رشدی مناسبی برای گیاهان ایجاد و باعث افزایش صفات عملکرد و اجزای عملکرد شد. پرهیزکارخاجانی و همکاران (۱۱) گزارش کردند که با افزایش مقدار مصرف نیتروژن؛ تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد و عملکرد پروتئین افزایش ولی تعداد دانه در کپسول بزرک کاهش یافت. همچنین تدین و همکاران (۱۷) دریافتند که با افزایش تراکم بوته؛ عملکرد دانه افزایش ولی درصد روغن بزرک کاهش یافت.

همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات

ضرایب همبستگی (جدول ۷) نشان داد که تعداد کپسول در مترمربع همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه (r^2=۰/۶۲)، عملکرد بیولوژیک (r^2=۰/۷۲) و عملکرد روغن (r^2=۰/۵۸) داشت. به‌عبارت دیگر در بین اجزای عملکرد این گیاه، تعداد کپسول در مترمربع نسبت به دو جزء دیگر عملکرد اثر بیشتری بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشت. همچنین عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد بیولوژیک (r^2=۰/۶۷) و عملکرد روغن (r^2=۰/۹۲) داشت. از آنجایی که عملکرد روغن حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد روغن است، بنابراین عملکرد دانه همبستگی بالایی با عملکرد روغن نشان داد. همچنین عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد روغن (r^2=۰/۶۶) داشت. همبستگی ساده بین درصد روغن و درصد نیتروژن دانه (r^2=-۰/۴۴) نیز منفی بود. در گزارش پاسبان اسلام (۱۲)، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد طبق در بوته و عملکرد دانه و روغن گلرنگ دیده شد. همچنین پاپری مقدم‌فرد و بحرانی (۱۰) گزارش کردند که عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با عملکرد بیولوژیک داشت.

جدول ۷. همبستگی ساده (پیرسون) بین عملکرد و اجزای عملکرد گیاه بزرک رقم لیرینا (n=۶۴)

	تعدادکپسول در مترمربع	تعداد دانه در کپسول	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
تعداددانه درکپسول	۰/۰۵^{ns}							
وزن هزاردانه	۰/۱۷^{ns}	۰/۸۰**						
عملکرد دانه	۰/۶۲**	۰/۳۴**	۰/۳۹**					
عملکرد بیولوژیک	۰/۷۲**	۰/۳۳**	۰/۴۹**	۰/۶۷**				
شاخص برداشت	-۰/۱۹^{ns}	-۰/۰۶^{ns}	-۰/۱۹^{ns}	۰/۲۷*	-۰/۴۹**			
درصد روغن دانه	-۰/۰۹^{ns}	-۰/۰۸^{ns}	-۰/۰۹^{ns}	-۰/۲۲^{ns}	-۰/۰۳^{ns}	-۰/۲۲^{ns}		
عملکرد روغن	۰/۵۸**	۰/۳۵**	۰/۳۹**	۰/۹۲**	۰/۶۶**	۰/۱۹^{ns}	۰/۱۵^{ns}	
درصد نیتروژن دانه	-۰/۰۴^{ns}	۰/۴۴**	۰/۶۶**	۰/۰۶^{ns}	۰/۲۲^{ns}	-۰/۲۱^{ns}	-۰/۴۴**	-۰/۰۸^{ns}

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

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی و با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان گفت که افزایش مقدار مصرف نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد دانه و روغن در گیاه بزرک در آزمایش حاضر شد. همچنین تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع، شرایط مناسبی برای رشد رویشی و زایشی بزرک ایجاد کرد که منجر به افزایش عملکرد دانه و روغن شد. بنابراین بیشترین عملکرد دانه (۱۳۴۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن بزرک (۳۹۴ کیلوگرم در هکتار) در مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم گیاهی ۲۰۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. بنابراین با در نظر گرفتن نکات زیست‌محیطی و اقتصادی، برای تولید بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن بزرک می‌توان از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع استفاده کرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت آموزشی، تحصیلات تکمیلی و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که قسمتی از هزینه‌های این آزمایش را تأمین کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Alyari, H., F. Shekari and F. Shekari. 2006. Production and Physiology of Oil Seeds. Amidi Publication. Tabriz. (In Farsi).
2. Dordas, C. 2010. Variation of physiological determinants of yield in linseed in response to nitrogen fertilization. *Industrial Crop Production* 31: 455-465.
3. Ehsanzadeh, P. and A. Zareian Baghdad-Abadi. 2003. Yield, yield components and growth characteristics of two safflower genotypes under varying plant densities. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 7: 129-140. (In Farsi).
4. El-Nagdy, G. A., D. M. A. Nassar, E. A. El-Kady and G. S. A. El-Yamanee. 2010. Response of flax plant (*Linum usitatissimum* L.) to treatments with mineral and bio-fertilizers from nitrogen and phosphorus. *Journal of American Science* 6: 207-217.
5. Khaje-Poor, M. R. 2012. Industrial Crops. Jihad Daneshgahi Publication. Isfahan. (In Farsi).
6. Lisson, S. N. and N. J. Mendham. 2000. Agronomic studies of flax (*Linum usitatisimum* L.) in south-eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 40: 1101-1112.
7. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants: Academic Press. London.
8. Omid-Beigi, R. 2005. Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Ghods Razavi Publication. Mashhad.

(In Farsi).
9. Omid-Beigi, R., S. M. F. Tabatabaei and T. Akbari. 2001. Effects of N fertilizers and irrigation on the productivity (growth, seed yield and active substances) of linseed. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 32: 53-64. (In Farsi).
10. Papari-Moghadamfard, A. and M. J. Bahrani. 2005. Efffect of nitrogen fertilizer rates and plant density on some agronomic charactristics, seed yield, oil and protein percentage in two sesame cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 36: 129-135. (In Farsi).
11. Parhizkar-Khajani, F., H. Irannezhad, R. Amiri, H. Oraki and M. Majidian. 2012. Effects of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on quantitative and qualitative characteristics of oil flax. *Electronic Journal of Crop production* 5: 37-51. (In Farsi).
12. Pasban-Eslam, B. 2014. Effect of planting arrangment on seed yield and its components of fall safflower. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 23: 169-177. (In Farsi).
13. PORIM. 1995. Test Methods. Palm Oil Research Institute of Malaysia. Kuala Lumpur.
14. Santos, R. F., F. Tomassoni, D. Bassegio, T. R. B. Da-Silva, J. A. C. Siqueira, S. N. M. De-Souza, L. A. Z. Junior and D. Secco. 2016. Brown flax grown under different planting densities. *African Journal of Agricultural Research* 11:800-804.
15. Soethe, G, A. Feiden, D. Bassegio, R. F. Santos, S. N. M. De-Souza and D. Secco. 2013. Sources and rates of nitrogen in the cultivation of flax. *African Journal of Agricultural Research* 8:2249-2253.
16. Stevenson, F. C. and T. Wright. 1996. Seeding rate and row spacing affect flax yields and weed interference. *Canadian Journal of Plant Science* 76: 537-544.
17. Tadayon, A., Sh. Torabian and M. R. Tadayon. 2013. Effect of plant density on yield and quality of four commercial varieties of flax. *Journal of Crops Improvement* 15: 15-26. (In Farsi).

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 4, Winter 2020, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Nitrogen Levels and Plant Density on Grain and Oil Yield of Flax (*Linum usitatissimum* L.) in Ahwaz, South-west of Iran

Sh. Sepahvand[1], A. Koochekzadeh[2*], A. Moshatati[3] and A. Siahpoosh[3]

(Received: June 27-2018; Accepted: May 18-2019)

Abstract

Among soil and agronomic factors affecting growth, nutrition and plant density have a great effect on the growth and yield of crops such as Flax (*Linum usitatissimum* L.). In order to study the effect of different levels of nitrogen and plant density on yield and yield components, oil percentage and yield of Flax, a split plot experiment was conducted in a randomized complete block design with four replicates at the Research Farm of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran in 2016-2017. Experimental factors included different levels of nitrogen (0, 75, 150 and 225 kg/ha) in main plots and four plant densities (50, 100, 150 and 200 plants/m^2) in sub plots. Analysis of variance showed that nitrogen, plant density and their interaction effect was significant on all measured traits. The highest grain and oil yields were obtained in 150 kg/ha nitrogen level and the density of 200 plants/m^2. The mean comparison of interaction effect showed that the highest grain yield (1348 kg/ha) and oil yield (349 kg/ha) were achieved in 150 kg/ha nitrogen level and the density of 200 plants/m^2. The lowest grain yield (570 kg/ha) and oil yields (188 kg/ha) were observed in 0 kg/ha nitrogen level and the density of 150 plants/m^2.

Keywords: Capsule, Biological yield, Harvest index, Oil percent

1, 2, 3. Former MSc. Student, Associate Professor and Assistant Professors, Respectively, Department of Plant Production and Genetic Engineering, College of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: Koochekzadeh@asnrukh.ac.ir