



به زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۷

صفحه‌های ۶۵۴-۶۴۳

اثر مقدار نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن در گیاه خار مقدس (*Cnicus benedictus* L.)

مهدی غیائی اسکویی^۱، مجید آقاعلیخانی^{۲*}، فاطمه سفیدکن^۳، علی مختصی بیدگلی^۴، مهدی عیاری^۵

۱. دانش‌آموخته دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳. استاد، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران.
۴. استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۵. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۱۶

چکیده

به منظور بررسی اثر مقدار کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه، کارایی نیتروژن و صفات مرتبط با آن در گیاه خار مقدس، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار مقدار کود نیتروژنی صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره و پنج تراکم ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع بودند. اثر اصلی نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه، کارایی نیتروژن، ارتفاع، شاخص سبزی‌نگی، نسبت ریشه به ساقه و درصد نیتروژن دانه معنی‌دار بود. با افزایش نیتروژن مصرفی مقدار متوسط عملکرد دانه، شاخص سبزی‌نگی، ارتفاع گیاه و درصد نیتروژن دانه تا حدی افزایش یافت، این در حالی بود که با افزایش نیتروژن، صفات کارایی زراعی، بازیافت، استفاده نیتروژن و نسبت وزن ریشه به ساقه کاهش معنی‌داری پیدا کردند. تراکم‌های بالا موجب کاهش مقدار عملکرد دانه و شاخص سبزی‌نگی شدند. درحالی‌که از طریق افزایش نسبت وزن ریشه به ساقه و ارتفاع گیاه، کارایی نیتروژن را بهبود بخشیدند. اطلاعات جدید این مقاله درباره کارایی نیتروژن خارمقدس در مدیریت نیتروژن قابل استفاده خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: ارتفاع بوته، بازیافت نیتروژن، کارایی زراعی، کارایی فیزیولوژیک، نسبت وزن ریشه به ساقه، نیتروژن دانه.

۱. مقدمه

امروزه اکثر زمین‌های تولید گیاهان روغنی دنیا زیر کشت معدودی از گیاهان روغنی از قبیل سویا (*Glycine max* L. [Merr.]، کلزا (*Brassica napus* L.)، آفتاب‌گردان (*Helianthus annuus* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) به‌عنوان گیاهان روغنی اصلی هستند. این گیاهان علاوه بر حساسیت بالا به شرایط محیطی، برای رسیدن به عملکردی مطلوب به مقادیر زیادی از نهاده‌های کشاورزی به‌ویژه نیتروژن نیاز دارند. بدیهی است کاهش تنوع کارایی استفاده از زمین‌های کشاورزی و مصرف بیش از حد نهاده‌ها برای حفظ عملکرد این گیاهان پرتوقع با مفاهیم کلیدی بوم‌شناسی و تولید پایدار محصولات زراعی تناقض دارد (Jiang et al., 2013). در کشور ما با توجه به حاصلخیزی کم مزارع و شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک، فراهم کردن نیاز غذایی و حفظ عملکرد این گیاهان مشکلات زیست‌محیطی و اقتصادی زیادی را در برداشته است. در نتیجه شناسایی و به‌کارگیری گونه‌های گیاهی بومی که تحمل بالاتری به شرایط محیطی و فراهمی مواد غذایی دارند می‌تواند پتانسیل استفاده از زمین‌های کشاورزی را افزایش دهند (Abassi et al., 2005). در این میان خار مقدس (*Cnicus benedictus* L.) به‌عنوان یک گیاه یک‌ساله متعلق به خانواده Asteraceae، گسترش وسیعی در مناطق مختلف ایران دارد (Horn et al., 2015). نتایج امیدبخشی از استفاده از این گیاه به‌عنوان یک گیاه جایگزین روغنی در یک زراعت کم‌نهاده گزارش شده است. این گیاه توانایی رشد در شرایط مختلف محیطی و خاکی را داراست و از کشت و کار آن در شرایط گرم و آفتابی با یک خاک لومی عملکرد ماده خشک اندام هوایی بین ۳ تا ۶ تن در هکتار و عملکرد دانه در حدود ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار قابل انتظار است. اگرچه عملکرد دانه بالاتر از ۱/۳ تن و ۲ تن در هکتار نیز برای این گیاه گزارش شده است (Horn et

al., 2015). دانه‌های خار مقدس مانند دیگر گیاهان روغنی هم‌خانواده از قبیل آفتابگردان و گلرنگ حاوی ۲۴ تا ۲۸ درصد روغن غنی از اسیدهای چرب غیراشباع است (Horn et al., 2015).

از میان تمام عناصر غذایی گیاهان، نیتروژن به‌عنوان محدودکننده‌ترین ماده غذایی شناخته می‌شود که البته با توجه به نقش نیتروژن در بیوسنتز ترکیبات متعدد از جمله اسیدهای نوکلئیک، اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها که نقش مهمی در فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان دارند اظهارنظر صحیحی به‌نظر می‌رسد (Chrysargyris et al., 2016). با وجود این مصرف نیتروژن اضافی در مزارع می‌تواند علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید و کاهش عملکرد کمی و کیفی گیاهان در اثر برهم خوردن توازن رشد رویشی و زایشی عواقب منفی متعددی نیز برای اکوسیستم زراعی و محیط زیست داشته باشد (Dong et al., 2010). در همین راستا با ارزیابی شاخصی به نام کارایی مصرف نیتروژن می‌توان برای مدیریت کودهای نیتروژنی بهتر تصمیم‌گیری کرد. کارایی مصرف نیتروژن را می‌توان با دو مفهوم کلی شامل کارایی جذب (قابلیت گیاه در جذب نیتروژن به‌صورت نترات و آمونیوم‌ها) و کارایی مصرف (قابلیت گیاه در استفاده از نیتروژن جذب‌شده در تولید عملکرد دانه) توصیف کرد (Abassi et al., 2005). عوامل ژنتیکی، محیطی و زراعی نقش مهمی در شکل‌گیری عملکرد و کارایی استفاده از نیتروژن دارند؛ که در میان عوامل زراعی مختلف، مدیریت کود نیتروژن و تراکم بوته می‌تواند با متأثر ساختن عملکرد دانه گیاه و کارایی نیتروژن نقش اساسی داشته باشند (Dong et al., 2010).

در واکنش گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به مقادیر کودی صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، اگرچه به‌کارگیری مقدار ۲۰۰ کیلوگرم منجر به افزایش ۱۶ درصدی عملکرد گیاه شد، اما این مقدار کود

(شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن) و پنج تراکم ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع بودند. پس از انجام عملیات شخم و دیسک، کرت‌هایی به طول دو و عرض ۳/۵ متر ایجاد شد که هر کرت شامل شش خط کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متری بود. بین هر یک از کرت‌ها یک کرت محافظ به عرض یک متر و عمق ۷۰ سانتی‌متر به منظور جلوگیری از تداخل رواناب بلوک‌ها با یکدیگر در نظر گرفته شد. در هر دو سال آزمایش، کشت در تاریخ ۱۳ خرداد انجام شد و نیتروژن به صورت دستی در دو مرحله چهار برگی و شروع ساقه‌دهی گیاه به صورت سرک اعمال شد. بر اساس آنالیز خاک (جدول ۱) هیچ‌گونه فسفر و پتاسیمی به خاک اضافه نشد. ژنوتیپ آزمایشی توده محلی استهبان استان فارس بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد.

آبیاری به صورت قطره‌ای به مقدار ۱۷۰ میلی‌متر انجام شد. با توجه به نبودن علائم خسارت آفات و بیماری‌ها در طول دوره رشد گیاه، هیچ‌گونه سموم شیمیایی در هر دو سال آزمایش استفاده نشد. کنترل علف‌های در صورت نیاز به صورت دستی صورت گرفت. هرچند خار مقدس به‌عنوان گیاهی مقاوم به علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها شناخته شده است (Horn et al., 2015). پس از اندازه‌گیری ارتفاع بوته، برداشت در مرحله رسیدگی ۷۰ تا ۸۰ درصد کاپیتول‌ها در سطح یک مترمربع از وسط هر کرت صورت گرفت. به منظور اندازه‌گیری ماده خشک بیوماس نمونه‌ها بعد از خشک کردن در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت توزین شدند. اندازه‌گیری وزن ریشه مستلزم خارج کردن دقیق و کامل ریشه از خاک می‌باشد (Ebrahimizade & Hassani, 2008). از آنجاکه بافت خاک مزرعه بسیار سبک (جدول ۱) و سیستم ریشه‌ای خار مقدس از نوع راست بود این عمل به روش حفاری مستقیم و با صرف دقت کافی به سهولت انجام شد. دانه‌ها به وسیله آسیاب (ساخت شرکت

نیتروژن کاهش شدید کارایی نیتروژن را در پی داشت (Dordas & Sioulas, 2008). در همین راستا کاهش مقدار کود نیتروژن در آفتابگردان بدون کاهش قابل توجه در عملکرد دانه باعث بهبود کارایی نیتروژن شد (Abbadi & Gerendas, 2008). در یک اقلیم معتدل، الگوی کشت پر تراکم (۱۵۰-۸۰ بوته در مترمربع) در کلزا نسبت به الگوی متعارف (۷۰-۶۰ بوته در مترمربع) ضمن افزایش عملکرد با افزایش مقدار نفوذ ریشه در خاک منجر به بهبود کارایی نیتروژن شد (Rathke et al., 2006).

این آزمایش با هدف مطالعه تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد، کارایی مصرف نیتروژن و عوامل مؤثر بر بهبود کارایی نیتروژن در گیاه بومی خار مقدس در یک شرایط اقلیم خشک و نیمه‌خشک انجام شد. انتظار می‌رود این نتایج برای کاهش مصرف نیتروژن و حفظ محیط زیست در این منطقه به کار رود.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر مقدار کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه، کارایی نیتروژن و صفات مرتبط با آن در گیاه خار مقدس، آزمایشی به صورت مزرعه‌ای در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس واقع در ۱۶ کیلومتر آزادراه تهران-کرج و در مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا انجام شد. بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی چیتگر این منطقه با ۲۴۲ میلی‌لیتر بارندگی سالانه دارای رژیم آب و هوایی نیمه‌خشک و متوسط دمای آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. بافت خاک مزرعه لومی شنی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن در جدول ۱ نشان داده شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار مقدار کود نیتروژن صفر

$$(4) = \text{کارایی استفاده (کیلوگرم بر کیلوگرم)} \\ \text{کارایی زراعی} \times \text{کارایی فیزیولوژیک}$$

۳. نتایج و بحث

۱.۳. درصد نیتروژن دانه

در هر دو سال زراعی، مقدار نیتروژن دانه تحت تأثیر برهمکنش مقدار نیتروژن و تراکم بوته قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها تحت تأثیر اثر متقابل نشان داد که در تراکم‌های مختلف با افزایش نیتروژن مصرفی، مقدار نیتروژن دانه بهبود یافته است (جدول ۲). افزایش مقدار نیتروژن دانه و متعاقب آن پروتئین دانه در واکنش به کود نیتروژن مصرفی در سایر گیاهان روغنی مانند آفتابگردان نیز گزارش شده است (Ali & Ullah, 2013). در اکثر تیمارهای تراکم تفاوت معنی‌داری بین مقادیر نیتروژن ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار وجود نداشت (جدول ۲). بر این اساس فقط یک مقدار نیتروژن متوسط می‌تواند باعث بهبود معنی‌دار مقدار نیتروژن دانه شود که این می‌تواند به‌علت پایین بودن ظرفیت مقصد در این گیاه باشد.

از طرفی در مقادیر مختلف نیتروژن بیشترین درصد نیتروژن دانه در تراکم‌های پایین به‌دست آمد (جدول ۲). در بررسی واکنش زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) به مقادیر مختلف نیتروژن نیز بیشترین مقدار نیتروژن دانه در تراکم‌های پایین تا متوسط به‌دست آمد (Ghaderi et al., 2016). به‌طور کلی، افزایش غلظت نیتروژن دانه در تراکم‌های پایین را می‌توان با رقابت کمتر گیاهان برای عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن مرتبط دانست.

مهر آسیاب، ایران) از کاپیتول جدا شدند. بعد از نمونه‌برداری، درصد نیتروژن در بیوماس گیاه به‌روش کج‌لدال انجام شد. اندازه‌گیری شاخص سبزی‌نگی گیاه روی برگ‌های کاملاً رشد یافته چهار بوته از هر کرت و با استفاده از دستگاه اسپاد (SPAD-502, Minolta Company, Japan) انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) انجام شد. قبل از انجام تجزیه واریانس، از نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها (با استفاده از رویه Univariate) اطمینان حاصل شد. تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی با استفاده از رویه GLM انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. با توجه به نتایج آزمون بارتلت، تجزیه آماری سال‌ها برای صفاتی که معنی‌دار شده بودند، به‌طور جداگانه محاسبه شد. برای محاسبه شاخص‌های کارایی نیتروژن از روابط زیر استفاده شد (Fageria & Baligar, 2003).

$$(1) = \text{کارایی زراعی (کیلوگرم بر کیلوگرم)} \\ \text{عملکرد دانه کرت کود داده‌نشده} - \text{عملکرد دانه کرت کود داده‌شده}$$

مقدار کود داده‌شده

$$(2) = \text{کارایی فیزیولوژیک (کیلوگرم بر کیلوگرم)} \\ \text{عملکرد بیوماس کرت کود داده‌نشده} - \text{عملکرد بیوماس کرت کود داده‌شده}$$

نیتروژن تجمع‌یافته در بیوماس کرت کود داده‌شده

$$(3) = \text{کارایی بازیافت ظاهری (درصد)} \\ \text{نیتروژن تجمع‌یافته در بیوماس کرت کود داده‌نشده} - \\ \text{نیتروژن تجمع‌یافته در بیوماس کرت کود داده‌شده}$$

مقدار کود داده‌شده

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

اسیدیته شوری			رس			نیتروژن			ماده آلی		
(dS m ⁻¹)			(g kg ⁻¹)			(mg kg ⁻¹)					
شن	سیلت	رس	نیتروژن	ماده آلی	منیزیم	روی	آهن	پتاسیم	فسفر		
۷۴۰	۱۶۰	۱۰۰	۰/۵	۹	۲/۶	۰/۸۴	۶/۷	۳۲۰	۴۴		

جدول ۲. اثر متقابل نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) و تراکم (بوته در مترمربع) بر درصد نیتروژن دانه (برش دهی در سطح بوته)

نیتروژن دانه (%)					نیتروژن دانه (%)					نیتروژن
۲۵ بوته	۲۰ بوته	۱۵ بوته	۱۰ بوته	۵ بوته	۲۵ بوته	۲۰ بوته	۱۵ بوته	۱۰ بوته	۵ بوته	
سال دوم					سال اول					
۲/۵۳	۲/۳۵b	۲/۱۱c	۱/۹۷b	۲/۲۹b	۱/۸۰b	۱/۶۷b	۱/۶۵b	۱/۹۰b	۱/۶c	۰
۲/۶۰	۲/۸۴ab	۲/۸۳c	۳/۱۶a	۳/۱۴ab	۲/۰۲ab	۲/۲۱ab	۲/۰۲b	۲/۲۰ab	۲/۲۸bc	۵۰
۳/۳۸	۳/۵۶a	۳/۸۰a	۳/۷۲a	۴/۱۱a	۲/۴۷a	۲/۴۹a	۲/۶۲a	۲/۴۳a	۲/۵۵b	۱۰۰
۳/۱۱	۳/۲۳a	۳/۲۴ab	۲/۹۲ab	۳/۶۰a	۲/۴۰a	۲/۴۷a	۲/۶۰a	۲/۶۶a	۴/۱۳a	۱۵۰
ns	*	**	**	**	**	**	**	*	**	F-test (نیتروژن × تراکم)

اعدادی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند. ns، *، **؛ بیانگر غیر معنی دار، معنی دار در سطح پنج و یک درصد است.

۲.۳. ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر اثر اصلی نیتروژن و تراکم قرار گرفت (جدول ۴). با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، ارتفاع بوته افزایش معنی داری یافت. اگرچه در هر دو سال زراعی اختلاف معنی داری بین مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وجود نداشت (جدول ۴). این نتایج بیانگر این هستند که زمانی که مواد غذایی به ویژه نیتروژن محدودکننده نباشد، ارتفاع گیاه افزایش می یابد. نتایج همبستگی داده ها نشان داد که همبستگی مثبت و معنی داری بین ارتفاع گیاه با نسبت ریشه به اندام هوایی، کارایی فیزیولوژیک و عملکرد دانه وجود داشت (به ترتیب، $r=0/50^{**}$ ، $r=0/56^{**}$ و $r=0/30^{**}$) (جدول ۳).

گزارش شده است که گیاهان بلندتر به علت توانایی جذب و ذخیره بالاتر نیتروژن و کربن، دوره پر شدن دانه طولانی تری دارند که می تواند باعث افزایش عملکرد و کارایی جذب نیتروژن شود (López-Bellido et al., 2005).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش تراکم بوته موجب افزایش ارتفاع گیاه شد (جدول ۴). به خوبی اثبات شده است که به علت افزایش رقابت بر سر نور در تراکم های بالای گیاهی، ارتفاع گیاهان افزایش می یابد که این امر می تواند کاهش مقدار سطح برگ، قطر ساقه و دیگر

اندام های رویشی را به دنبال داشته باشد (Ibrahim, 2012).

۳.۳. شاخص سبزیگی

اثرات اصلی کود نیتروژن و تراکم بوته بر شاخص سبزیگی در هر دو سال معنی دار بود (جدول ۴). با افزایش مصرف نیتروژن، شاخص سبزیگی در هر دو سال افزایش یافت. اگرچه تنها تفاوت معنی دار بین تیمار شاهد و دیگر مقادیر نیتروژن مشاهده شد (جدول ۴). نقش مثبت نیتروژن بر افزایش شاخص سبزیگی به علت نقش نیتروژن به عنوان یک عنصر ساختاری در کلروفیل و پروتئین هایی که در تشکیل و تجمع کلروپلاست نقش ایفا می کنند، قابل انتظار است (Morcuende et al., 2004). البته نظر می رسد به علت نیاز پایین نیتروژن خار مقدس، افزایش نیتروژن مصرفی همراه با افزایش چشمگیر شاخص سبزیگی نبوده است.

با افزایش تراکم مقدار شاخص سبزیگی کاهش معنی داری پیدا کرد که این کاهش تنها بین کمترین مقدار تراکم (۵ بوته در مترمربع) و بقیه تراکم های مورد بررسی بود (جدول ۴). کاهش شاخص سبزیگی در تراکم های بالا را می توان به کاهش مقدار نفوذ نور به درون کانوپی و افزایش رقابت درون بوته ای برای منابع تغذیه ای به ویژه نیتروژن نسبت داد (Cavero et al., 2001).

۴.۳. نسبت وزن ریشه به اندام هوایی

شاخص نسبت وزن ریشه به اندام هوایی خار مقدس تحت تأثیر اثر اصلی مقدار نیتروژن و تراکم بوته در هر دو سال زراعی قرار گرفت (جدول ۴). در هر دو سال، با افزایش نیتروژن مصرفی، مقدار ریشه به اندام هوایی کاهش یافت که تنها تفاوت معنی‌دار بین عدم کاربرد نیتروژن با بقیه مقادیر نیتروژن بود (جدول ۴). به عبارتی

با افزایش مقدار نیتروژن و در یک شرایط مطلوب، گیاه مقدار نیتروژن و منابع بیشتری را به رشد اندام هوایی اختصاص می‌دهد. در واقع زمانی که گیاهان با کمبود نیتروژن مواجه هستند مقدار ریشه‌های بیشتری را در مناطقی که خاک غنی از نیتروژن هستند انتقال می‌دهند که این می‌تواند باعث بهبود کارایی نیتروژن شود (Glynn *et al.*, 2007).

جدول ۳. ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات اندازه‌گیری شده

کارایی استفاده	کارایی بازیافت ظاهری	کارایی فیزیولوژیک	کارایی زراعی	عملکرد دانه	نسبت ریشه به اندام هوایی	ارتفاع بوته
						۱
						ارتفاع بوته
						-۰/۱۷
					۱	شاخص سبزی‌نگی
					۰/۵۰**	نسبت ریشه به اندام هوایی
				۱	۰/۱۷	عملکرد دانه
				۰/۴۱**	-۰/۴۸**	درصد نیتروژن دانه
			۱	۰/۴۴**	۰/۱۹	کارایی زراعی
		۱	۰/۱۱	-۰/۲۵	۰/۲۱	کارایی فیزیولوژیک
	۱	-۰/۰۸	۰/۲۰	-۰/۰۹	۰/۳۵**	کارایی بازیافت ظاهری
۱	۰/۷۲**	۰/۵۰**	۰/۲۱	-۰/۲۹	۰/۰۸	کارایی استفاده

ns, *, ** بیانگر غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد است.

جدول ۴. اثرات اصلی مقدار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) و تراکم (بوته در مترمربع) بر ارتفاع، شاخص سبزی‌نگی و ریشه به اندام هوایی

اندام هوایی / ریشه (kg/kg)		شاخص سبزی‌نگی		ارتفاع بوته (cm)		تیمار
سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	نیتروژن
۰/۱۷a	۰/۱۲a	۳۴/۲۹b	۳۸/۳۰b	۴۲/۷۸a	۳۵/۵۸b	۰
۰/۱۳b	۰/۰۹b	۳۸/۰۵ab	۴۲/۱۹ab	۳۹/۶۰b	۴۰/۶۶a	۵۰
۰/۱۱b	۰/۰۸b	۴۰/۲۲a	۴۵/۸۱a	۴۳/۳۳a	۴۰/۲۱a	۱۰۰
۰/۱۲b	۰/۰۹b	۴۱/۳۸a	۴۵/۹۳a	۴۳/۵۰a	۴۰/۱۱a	۱۵۰
۰/۰۲	۰/۰۱	۳/۷۸	۴/۹۸	۲/۸۰	۲/۷۶	LSD
**	**	**	**	*	**	F test
۰/۰۶d	۰/۰۶e	۴۴/۰۲a	۴۸/۰۹a	۳۷/۵۰c	۳۷/۷۵b	تراکم
۰/۱۰c	۰/۰۸d	۳۸/۵۱b	۴۳/۸۶ab	۳۸/۰۰c	۳۷/۷۷b	۵
۰/۱۴b	۰/۰۹c	۳۶/۸۸b	۴۲/۶۸ab	۴۱/۷۲b	۳۷/۴۳b	۱۰
۰/۱۵b	۰/۱۱b	۳۶/۱۶b	۴۱/۸۵b	۴۳/۵۸b	۳۸/۳۲b	۱۵
۰/۲۰a	۰/۱۴a	۳۶/۸۷b	۳۸/۷۹b	۵۰/۷۵a	۴۴/۳۱a	۲۰
۰/۰۲	۰/۰۱	۴/۲۳	۵/۵۶	۳/۱۳	۳/۰۸	۲۵
**	**	**	*	**	**	LSD
۰/۱۳	۰/۱	۳۸/۴۹	۴۳/۰۵۸	۴۲/۳۲	۳۹/۱۲	F test
						میانگین کل

اعدادی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند.

ns, *, ** بیانگر غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد است.

بالاترین مقدار نیتروژن به کار برده شده (۰/۷ گرم در گلدان) تنها باعث افزایش سه درصدی عملکرد دانه نسبت به مقدار متوسط نیتروژن (۰/۵ گرم در گلدان) شد (Johnson & Gesch, 2013).

واکنش عملکرد دانه خار مقدس به تراکم بوته در واحد سطح نیز به صورت معادله درجه دو بود (شکل ۱)؛ بر این اساس بیشینه عملکرد دانه (۹۱۳ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۱۶ بوته در مترمربع به دست آمد. این مقدار تراکم بوته به ترتیب باعث افزایش ۳۰ و ۲۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به تراکم ۵ و ۲۵ بوته در مترمربع شد. به این ترتیب می توان اظهار داشت که با رسیدن تراکم بوته به حد مطلوب، عملکرد گیاه خار مقدس افزایش یافت و در تراکم های بالاتر از مطلوب احتمالاً به علت افزایش رقابت درون بوته ای عملکرد دانه گیاه کاهش یافت.

۶.۳. کارایی نیتروژن

بر اساس نتایج این تحقیق اثر اصلی مقدار نیتروژن بر کارایی زراعی، کارایی بازیافت ظاهری و کارایی استفاده نیتروژن در هر دو سال معنی دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین ها نشان داد که در هر دو سال، کارایی مصرف نیتروژن با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی کاهش یافت (جدول ۵). این کاهش می تواند تأکیدی بر این مسئله باشد که رابطه مصرف کود نیتروژن و افزایش عملکرد دانه در این گیاه خطی نیست. در واقع، کاهش یافتن کارایی زراعی نیتروژن بیانگر این است که با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد دانه به همان نسبت بهبود نمی یابد. عوامل متعددی از جمله نوع خاک، عادت رشدی گیاه، مقدار رطوبت فصل رشد، نوع کوددهی، مقدار نفوذ ریشه و تراکم گیاه می توانند تأثیر بسزایی بر کارایی نیتروژن داشته باشند (Dordas, 2017). در همین

نسبت وزن ریشه به ساقه با افزایش مقدار تراکم بوته در واحد سطح افزایش معنی داری پیدا کرد (جدول ۴). برخی از محققین علت عمده افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی در نتیجه افزایش تراکم را افزایش انتقال مواد غذایی به ریشه در تراکم های بالا که می تواند برای رشد مجدد گیاه و کارایی بیشتر نیتروژن مورد استفاده قرار بگیرد می دانند (Fageria et al., 2008).

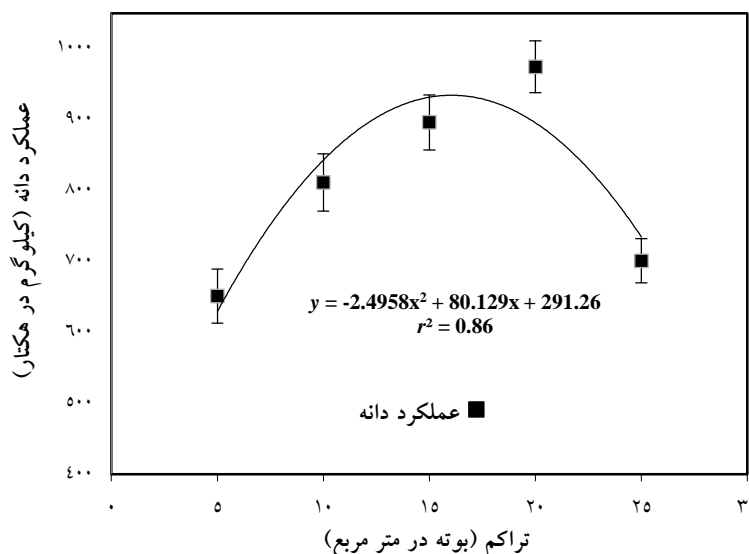
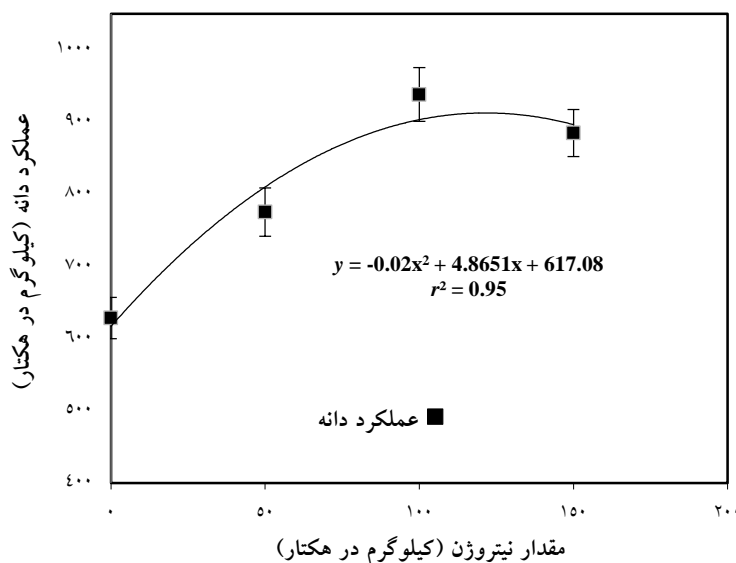
۵.۳. عملکرد دانه

اثرات اصلی مقدار نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار بود. با وجود این اثر سال و برهمکنش مقدار نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه معنی دار نبودند. واکنش عملکرد دانه به مقادیر نیتروژن و تراکم بوته به صورت رگرسیون مثبت خطی یا درجه دو بود (شکل ۱). بر اساس معادله رگرسیون درجه دو، بیشینه عملکرد دانه (۹۱۳ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۱۲۲ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به دست آمد. این مقدار کود نیتروژن در مقایسه با تیمار شاهد و تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب ۳۱ و ۱۵ درصد افزایش عملکرد دانه را به همراه داشت.

در واقع نتایج این تحقیق حاکی از آن است که گیاه خار مقدس به مقادیر بالای نیتروژن واکنش مثبتی نشان نداد. عدم واکنش مثبت خار مقدس به مقادیر بالاتر نیتروژن می تواند ناشی از پایین بودن مقدار شاخص برداشت، عادت رشد نامحدود و پایین بودن قابلیت اندام های هدف در این گیاه باشد. این واکنش محدود به مقادیر بالای کود نیتروژن در گیاهان جدید غیراصلاحی مانند خار مقدس قابل انتظار است (Berti et al., 2008). به طور مشابهی در واکنش عملکرد دانه گیاهان روغنی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) و کتان کش (*Camelina sativa* L.) به مقادیر مختلف نیتروژن،

مقادیر بیشتر نیتروژن در بسیاری از مطالعات گزارش شده است. در یک مطالعه روی گیاه تف (*Eragrostis tef*) (Zucc.) Trotter در یک شرایط محیطی کم‌بازده، با افزایش مقدار کود نیتروژن کارایی نیتروژن کاهش یافت که یک شخم حداقل با حفظ رطوبت خاک و جلوگیری از فرسایش نقش مهمی در بهبود کارایی نیتروژن داشت (Habtegebrial et al., 2007).

راستا می‌توان گفت، از آنجاکه خاک محل اجرای این آزمایش از نوع لومی شنی بود و این نوع خاک‌ها در مقایسه با خاک‌ها رسی توانایی کمتری در نگهداری کود نیتروژن و آب آبیاری دارند، در نتیجه این مسئله ممکن است باعث شسته شدن و از دسترس خارج شدن نیتروژن مصرفی شود که متقابلاً کاهش بازیافت نیتروژن را به دنبال خواهد داشت. کاهش کارایی نیتروژن در نتیجه کاربرد



شکل ۱. واکنش عملکرد دانه خار مقدس به مقدار کود نیتروژن و تراکم بوته در واحد سطح. خط‌های عمودی نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشند.

اثر مقدار نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن در گیاه خار مقدس (*Cnicus benedictus* L.)

گیاه بوده است (Dordas, 2017). برخلاف سایر شاخص‌های کارایی نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک که نشان‌دهنده میزان تجمع نیتروژن در بیوماس است، با افزایش مقدار نیتروژن، افزایش جزئی یافت (جدول ۵). علاوه بر این، کارایی فیزیولوژیک همبستگی مثبتی با ارتفاع بوته ($r=0/56^{**}$) از خود نشان داد (جدول ۳). این نتایج نشان‌دهنده این است که گیاه مقدار نیتروژن بیشتری در اندام‌های خود ذخیره کرده است که به علت محدود بودن ظرفیت مقصد یا تأثیر شرایط اقلیمی ارسال این نیتروژن به دانه محدود شده است. تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر کارایی فیزیولوژیک، کارایی بازیافت ظاهری در هر دو سال زراعی و کارایی استفاده در سال دوم داشت (جدول ۵). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین مقدار این شاخص‌ها در تراکم‌های ۲۰ و ۲۵ بوته در هکتار به دست آمد.

در میان شاخص‌های کارایی نیتروژن، تنها کارایی زراعی نیتروژن که نشان‌دهنده افزایش عملکرد به ازای واحد نیتروژن به کار رفته است همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه ($r=0/44^{**}$) از خود نشان داد (جدول ۳). سایر شاخص‌های کارایی نیتروژن همبستگی غیرمعنی‌داری با عملکرد دانه از خود نشان دادند (جدول ۳). این واکنش نشان‌دهنده این است که اگرچه تا حدودی عملکرد به‌ازای هر واحد کود نیتروژن افزایش پیدا کرد اما عملکردهای بالا در گیاه خار مقدس همراه با افزایش مقدار کارایی نیتروژن نیست. این واکنش می‌تواند در گیاهان اصلاح‌شده متفاوت باشد، به‌طوری‌که عملکردهای بالا در این گیاهان معمولاً همراه با افزایش کارایی نیتروژن است. به‌طور مثال، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی نیتروژن با عملکرد دانه در جو (*Hordeum vulgare* L.) گزارش شده است، به‌طوری‌که عملکردهای بالا همراه با کارایی بالاتر نیتروژن در این

جدول ۵. اثرات اصلی مقدار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) و تراکم (بوته در متر مربع) بر شاخص‌های کارایی نیتروژن در سال اول و دوم

کارایی استفاده (kg/kg)		کارایی بازیافت ظاهری (%)		کارایی فیزیولوژیک (kg/kg)		کارایی زراعی (kg/kg)		تیمارها
سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	نیتروژن
-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۳۷/۸۳a	۴۴/۴۷a	۲/۹۴a	۲/۳۵a	۱۲/۷۷	۲۰/۴۹	۳/۱۳ab	۲/۷۵a	۵۰
۳۳/۳۵ab	۲۸/۷۷ab	۲/۲۹a	۱/۵۹b	۱۴/۴۷	۲۱/۷۱	۳/۲۰a	۲/۹۹a	۱۰۰
۱۷/۶۰b	۱۴/۷۴b	۱/۳۳b	۱/۰۷b	۱۷/۲	۱۴/۳۶	۱/۵۹b	۲/۰۷b	۱۵۰
۱۶/۱۵	۱۷/۶۹	۰/۸۶	۰/۶۲	۵/۱۶	۹/۳۴	۱/۴۹	۱/۳۵	LSD
*	**	**	**	ns	ns	**	**	F test
تراکم								
۴۳/۰۵a	۲۳/۶۱	۲/۲۹a	۱/۱۷c	۱۹/۳۰a	۱۹/۳۰ab	۲/۹۸a	۳/۰۶	۵
۱۲/۰۵b	۲۹/۲۰	۱/۸۷a	۱/۹۷ab	۵/۵۵b	۱۳/۱۰b	۲/۴۲a	۱/۶۴	۱۰
۱۹/۱۹b	۳۰/۶۶	۲/۱۰a	۲/۳۲a	۹/۰۹b	۱۳/۹۸b	۲/۵۳a	۲/۱۹	۱۵
۳۲/۷۲ab	۲۱/۹۳	۲/۴۵a	۱/۳۴bc	۱۱/۸۰a	۱۶/۱۸ab	۳/۲۷a	۲/۵۶	۲۰
۴۰/۹۷a	۴۱/۲۵	۲/۲۳a	۱/۵۳ab	۲۸/۳۲a	۳۱/۷۰a	۱/۹۹a	۱/۹۱	۲۵
۲۰/۸۵	۲۲/۸۴	۱/۱۲	۰/۸۰	۶/۶۶	۱۲/۰۶	۱/۹۲	۱/۷۴	LSD
*	ns	**	*	**	*	*	ns	F test
۲۹/۵۹	۲۹/۳۳	۲/۱۹	۱/۶۷	۱۴/۸۱	۱۸/۸۵	۲/۶۳	۲/۲۷	میانگین کل

اعدادی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند.

ns، *، ** بیانگر غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد است.

پایین و نیز به کارگیری عملیات زراعی و الگوی کشت‌هایی است که به بالا بردن کارایی نیتروژن بینجامند. نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو سال آزمایش، اگرچه افزایش کود نیتروژن باعث کاهش معنی‌دار کارایی نیتروژن شد، اما افزایش تراکم با تأثیر مثبت بر عوامل مرتبط با کارایی نیتروژن باعث بهبود آن شد. این یافته می‌تواند یک نتیجه امیدبخش برای ترویج کشت و کار خار مقدس در زمین‌های زراعی کم بازده با محدودیت نیتروژن باشد، به طوری که با افزایش تراکم و کاهش نیتروژن مصرفی می‌تواند بدون تأثیر منفی بر عملکرد گیاه باعث افزایش کارایی نیتروژن شود.

منابع

1. Abassi, M. K., Kazmi M. & Hussan, F. (2005). Nitrogen use efficiency and herbage production of an established grass sward in relation to moisture and nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 28(10), 1693-1708.
2. Abbadi, J. & Gerendas, J. (2009). Nitrogen use efficiency of safflower as compared to sunflower. *Journal of Plant Nutrition*, 32(6), 929-945.
3. Ali, A. & Ullah, S. (2012). Effect of nitrogen on achene protein, oil, fatty acid profile, and yield of sunflower hybrids. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(4), 564-568.
4. Berti, M. T., Johnson B. L., Gesch R. W. & Forcella, F. (2008). Cuphea nitrogen uptake and grain yield response to nitrogen Fertilization. *Agronomy Journal*, 100(3), 628-634.
5. Caverro, J. Gil Ortega R. & Gutierrez, M. (2001). Plant density affects yield, yield components, and color of direct-grained paprika pepper. *Horticultural Science*, 36(1), 76-79.
6. Chrysargyris, A., Panayiotou C. & Tzortzakis, N. (2016). Nitrogen affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill). *Industrial Crops and Products*, 83, 577-586.
7. Dong, H. Kong X., Li W., Tang W. & Zhang, D. (2010). Effects of plant density and nitrogen and potassium fertilization on cotton yield and uptake of major nutrients in two fields with varying fertility. *Field Crops Research*, 119(1), 106-113.

این نتایج بیانگر این است که برخلاف افزایش نیتروژن مصرفی، افزایش تراکم باعث بهبود کارایی نیتروژن شده است. این رخداد می‌تواند به علت نقش مثبت تراکم در افزایش دسترسی ریشه به نیتروژن در تراکم‌های بالا باشد (Zhu et al., 2016). به طوری که همبستگی مثبت بین اکثر شاخص‌های کارایی نیتروژن و نسبت ریشه به ساقه، نشان‌دهنده اهمیت نقش ریشه در جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن است. علاوه بر این، احتمالاً تراکم‌های بالا با کاهش مقدار اندام‌های جانبی گیاه در تک بوته و افزایش ارتفاع بوته باعث انتقال بهتر نیتروژن به دانه شده‌اند. در نتیجه افزایش کارایی نیتروژن در تراکم‌های بالا را می‌توان به نقش آن در افزایش ارتفاع، کاهش سطح برگ، تسریع در پیری برگ و انتقال مواد غذایی بیشتر به دانه نسبت داد (Momoh, 2017). در همین رابطه پژوهشی درباره کلزا نشان داد که رشد جانبی کمتر باعث انتقال نیتروژن بیشتر به ریشه و افزایش کارایی نیتروژن شده است (Rathke et al., 2006). علاوه بر این، اجرای یک الگوی کشت پر تراکم در زعفران (*Crocus sativus* L. باعث افزایش کارایی نیتروژن شد (Koocheki et al., 2014). این نتایج با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارند.

به‌طور کلی این نتایج بیانگر این است که یک مقدار نیتروژن محدود با یک تراکم بالا باعث افزایش مقدار کارایی نیتروژن و عملکرد جزئی بالاتر شد؛ که این می‌تواند مربوط به اثر جبرانی تراکم و نیتروژن باشد. به طوری که گیاه اثر منفی مقادیر نیتروژن کم بر عملکرد را با یک تراکم مطلوب و افزایش کارایی نیتروژن جبران کرد.

۴. نتیجه گیری

بی‌تردید ضرورت استفاده بهینه از کودهای شیمیایی در کشاورزی در گرو کشت و کار گیاهانی با نیاز نیتروژنی

8. Dordas, C. (2017). Nitrogen nutrition index and leaf chlorophyll concentration and its relationship with nitrogen use efficiency in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 40(8), 1190-1203.
9. Dordas, C. & Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*, 27(1), 75-85.
10. Ebrahimizade, M. A. & Hassanli, A. M. (2008). Investigation of corn root development and its effect on water saving in different irrigation methods using effluent in Korbal semi arid plain, Fars province. *Journal of Water and Soil Science (JWSS)*, 12 (44), 69-84. (in Persian)
11. Fageria, N. K. & Baligar, V. C. (2003). Fertility management of tropical acid soils for sustainable crop production. *Handbook of Soil Acidity*, 359-385.
12. Fageria N. K., Baligar, V. C. & Li, Y. C. (2008). Methodology for evaluation of lowland rice genotypes for nitrogen use efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 26(6), 1315-1333.
13. Ghaderi, A., Moghaddam, M., Mehdizadeh, L. & Ebrahimi, H. (2016). The effects of different levels of nitrogen and plant density on nitrogen, phosphorus and potassium uptake, nitrogen use and uptake efficiency in cumin (*Cuminum cyminum*) Fruit. *Plant Production Technology*, 8(2), 153-165. (in Persian)
14. Glynn, C., Herms D. A., Orians C. M., Hansen R. C. & Larsson, S. (2007). Testing the growth-differentiation balance hypothesis: dynamic responses of willows to nutrient availability. *New Phytologist*, 176(3), 623-634.
15. Habtegebrial, K., Singh, B. R. & Haile, M. (2007). Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) and soil properties. *Soil Tillage Research*, 94(1), 55-63.
16. Horn, G., Kupfer, A., Rademacher, A., Kluge, H., Kalbitz, J. & Eißner, H. (2015). *Cnicus benedictus* as a potential low input oil crop. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 117(4), 561-566.
17. Ibrahim, H. M. (2012). Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. *APCBEE Procedia*, 4, 175-182.
18. Jiang, W., Wang, K., Wu, Q., Dong, S., Liu, P. & Zhang, J. (2013). Effects of narrow plant spacing on root distribution and physiological nitrogen use efficiency in summer maize. *Crop Journal*, 1(1), 77-83.
19. Johnson, J. M. F. & Gesch R. W. (2013). Calendula and camelina response to nitrogen fertility. *Industrial Crops and Products*, 43, 684-691.
20. Koocheki, A., Seyyedi, S. M. & Jamshid Eyni, M. (2014). Uptake efficiency of nitrogen in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by irrigation levels and high corm density. *Seed and Plant Production Journal*, 30(4), 441-456. (in Persian)
21. López-Bellido, F. J., López-Bellido L. & López-Bellido, R. J. (2005). Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy*, 23(4), 359-378.
22. Momoh, E. (2001). Growth and yield responses to plant density and stage of transplanting in winter oil-grain rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 186(4), 253-259.
23. Morcuende, R., Czechowski T., Fritz C., Osuna D., Palacios-rojas N., Schindelasch D., Thimm O., Udvardi M. K. & Stitt, M. (2004). Genome-wide reprogramming of primary and secondary metabolism, protein synthesis, cellular growth processes, and the regulatory infrastructure of Arabidopsis in response to nitrogen. *Plant Physiology*, 136 (1), 2483-2499.
24. Rathke, G., Behrens T. & Diepenbrock, W. (2006). Integrated nitrogen management strategies to improve grain yield, oil content and nitrogen efficiency of winter rape (*Brassica napus* L.): A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117(2-3), 80-108.
25. Zhu, X., Zhang J., Zhang Z., Deng A. & Zhang, W. (2016). Dense planting with less basal nitrogen fertilization might benefit rice cropping for high yield with less environmental impacts. *European Journal of Agronomy*, 75, 50-59.



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 3 ■ Autumn 2018

Influence of Nitrogen Rate and Plant Density on Grain Yield and the Efficiency of Nitrogen Use in Blessed Thistle (*Cnicus benedictus* L.)

Mehdi Ghiasy-Oskoe¹, Majid AghaAlikhani^{2*}, Fatemeh Sefidkon³, Ali Mokhtassi-Bidgoli⁴, Mahdi Ayyari⁵

1. Former Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

3. Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

5. Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Received: April 8, 2018

Acceptance: July 7, 2018

Abstract

In order to study the effect of Nitrogen rate and plant density on grain yield as well as the efficiency of Nitrogen use in blessed thistle, a field study has been carried out as a randomized complete block design with factorial arrangement of the treatments in three iterations during the growing seasons of 2013 and 2014, at Research Field of Tarbiat Modares University. The treatments have been comprised of four pure Nitrogen rates (viz. 0, 50, 100, and 150 kg N ha⁻¹) from urea sources and five plant densities (namely 5, 10, 15, 20, and 25 plants m⁻²). The main effects of nitrogen and plant density have proven to be significant for grain yield, NUE, plant height, SPAD value, root to shoot weight ratio, and Nitrogen content of the grain. It has been found that higher Nitrogen rates leads to greater grain yield, SPAD value, plant height, and grain Nitrogen, though it results in lower agronomic efficiency as well as Nitrogen recovery and utilization. What is more, higher densities result in decreased grain yield and chlorophyll index, while improving NUE throughout increment of root to shoot weight ratio and plant height. All in all, the novel findings of this study could be used for the management of Nitrogen.

Keywords: Agronomic efficiency, grain nitrogen percentage, nitrogen recovery, physiological efficiency, plant height, root to shoot weight ratio