DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2014.10706

دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۰، شماره ۵، صفحه ۶۹۱-۶۸۲ (۱۳۹۳)

تأثیر سطوح آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و بازدهی مصرف آب در شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)

مجتبی خسروی[۱]، سید غلامرضا موسوی[۲*] و محمدجواد ثقه‌الاسلامی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، پست الکترونیک: s_reza1350@yahoo.com

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۰ تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۱

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر دور آبیاری، کود نیتروژن و تراکم بوته بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و بازدهی مصرف آب شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان درمیان در سال ۱۳۸۹ انجام شد. عامل اصلی آبیاری شامل دورهای آبیاری ۵ و ۱۰ روز، عامل فرعی کود نیتروژن در سه سطح شامل مقادیر صفر (شاهد)، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و عامل فرعی فرعی تراکم در سه سطح شامل تراکم‌های ۲۲، ۳۳ و ۶۶ بوته در مترمربع تعیین گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دور آبیاری بر صفات طول غلاف و بازدهی مصرف آب برای تولید دانه و بیوماس، مقدار نیتروژن مصرفی بر صفات تعداد شاخه اصلی در بوته، طول غلاف، عملکرد دانه، شاخص کلروفیل، بازدهی مصرف آب برای تولید دانه و بیوماس و تراکم بوته بر صفات تعداد شاخه اصلی در بوته و قطر طوقه معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش دور آبیاری از ۵ به ۱۰ روز باعث کاهش ۷/۸ درصدی در طول غلاف گردید، اما بازدهی مصرف آب برای تولید دانه و بیوماس به‌ترتیب ۴۰/۵٪ و ۴۷/۵٪ افزایش یافت. افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد شاخه اصلی، طول غلاف، شاخص کلروفیل، عملکرد دانه، بازدهی مصرف آب برای تولید دانه و بیوماس را به‌ترتیب ۲۳/۵، ۲۶/۴، ۲۳/۲، ۶۷/۱، ۷۲/۳ و ۷۱/۵ درصد افزایش داد. همچنین با افزایش تراکم از ۲۲ به ۶۶ بوته در مترمربع، تعداد شاخه اصلی و قطر طوقه به‌ترتیب ۷/۹٪ و ۱۱/۲٪ کاهش یافت. در مجموع براساس نتایج این تحقیق می‌توان تیمار دور آبیاری ۱۰ روز به همراه مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ترجیحاً تراکم ۶۶ بوته در مترمربع را برای زراعت شنبلیله در منطقه درمیان توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)، آبیاری، نیتروژن، تراکم، عملکرد دانه، بازدهی مصرف آب.

مقدمه

گرایش عمومی جوامع به طب سنتی و استفاده از داروهای گیاهی در طی سال‌های اخیر به علت بروز اثرات زیانبار داروهای شیمیایی بر سلامتی انسان و نارسایی‌های متعدد طب نوین در درمان برخی بیماری‌ها رو به افزایش بوده است. بذر و قسمت‌های هوایی گیاه شنبلیله یا شنبلید با نام علمی *Trigonella foenum-graecum* L. قرن‌ها به‌عنوان منبع ارزشمندی در طب سنتی برای درمان دیابت، سل و به‌عنوان کاهش‌دهنده کلسترول، چربی، فشار و گلیسرید خون مورد استفاده قرار گرفته‌است (Ghanadi, 2005؛ Salehi Hasanzadeh *et al.*, 2010؛ Surmaghi, 2008).

میزان رطوبت، نیتروژن و تراکم بوته در واحد سطح از مهمترین عوامل محیطی می‌باشند که تغییر آنها می‌تواند عملکرد و صفات زراعی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد.

شخمگر (۱۳۸۸) در بررسی دورهای آبیاری ۴، ۸ و ۱۲ روز در شنبلیله گزارش کرد که دور آبیاری تأثیری بر طول غلاف ندارد ولی بیشترین ارتفاع گیاه در کمترین دور آبیاری بدست آمد. در این تحقیق همچنین مشخص شد که افزایش دور آبیاری منجر به کاهش شاخص کلروفیل در برگ می‌شود. Lebaschy و Sharifi Ashoorabadi (۲۰۰۴) ضمن بررسی سطوح مختلف تنش خشکی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای بر گیاهان اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه گزارش کردند که با تشدید تنش خشکی عملکرد و ارتفاع بوته در تمام گیاهان مورد مطالعه کاهش یافت. Akbarinia و همکاران (۲۰۰۵) اثر دورهای آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز را بر سیاهدانه بررسی کرده و مشاهده نمودند که با طولانی شدن دور آبیاری عملکرد دانه و ارتفاع بوته کاهش یافت. همچنین در تنش شدید بسته شدن کامل روزنه‌ها رخ داده و کارآیی مصرف آب به علت پایین آمدن فتوسنتز و در نهایت کاهش عملکرد کاهش می‌یابد (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). پایداری کلروفیل به‌عنوان یک معیار مقاومت به خشکی برای گیاه در نظر گرفته می‌شود. Zarco-Tejada و همکاران (۲۰۰۹) کلروفیل برگ را یکی از مهمترین شاخص‌های تحت تأثیر عوامل محیطی دانسته و معتقدند مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش کاهش یافته و باعث تغییر در نسبت جذب نور و در نتیجه کاهش کلی جذب نور توسط گیاه می‌شود. Antolin و همکاران (۱۹۹۵) نیز گزارش کردند که در شرایط تنش کم‌آبی، میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد.

از آنجا که نیتروژن مستقیماً در ساختار مولکول کلروفیل شرکت می‌کند، ارتباط مثبت و معنی‌داری بین میزان مصرف نیتروژن و کلروفیل برگ وجود دارد (Cassman *et al.*, 1994). در بررسی شخمگر (۱۳۸۸) در شنبلیله تأثیر سطوح کودی نیتروژن بر میزان کلروفیل و ارتفاع بوته در سطح ۱٪ معنی‌دار شد و بالاترین سطح کودی (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بیشترین میزان کلروفیل برگ را داشت و تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد، اما تأثیر سطوح نیتروژن بر طول غلاف معنی‌دار نبود. Khan (۱۹۹۳) در بررسی تأثیر مقادیر ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر عملکرد سیاهدانه گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه از تیمار کاربرد ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد ولی ارتفاع گیاه تحت تأثیر نیتروژن قرار نگرفت. طالقانی (۱۳۷۷) در مطالعه کارآیی مصرف آب در چغندرقند گزارش کرد که افزایش مصرف نیتروژن تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش کارآیی مصرف آب شد.

در گیاهان زراعی یک تراکم بوته بهینه وجود دارد که در بالاتر از آن تراکم، مواد فتوسنتزی به جای رشد زایشی، بیشتر صرف رشد رویشی و افزایش تنفس گیاه می‌گردد. همچنین در پایین‌تر از تراکم بهینه، اگرچه تولید تک بوته افزایش می‌یابد، ولی عملکرد در واحد سطح کم می‌شود (Ganbari & Taheri Mazandarani, 2003؛ Moosavi, 2012). Singh و همکاران (۲۰۰۵) در مقایسه اثر دو فاصله ردیف ۲۲/۵ و ۳۰ سانتی‌متر در شنبلیله نشان دادند که در تراکم بیشتر، عملکرد دانه و ارتفاع بوته افزایش می‌یابد. Sharma (۲۰۰۰) نیز نشان داد که کاهش فاصله ردیف از ۶۰ به ۳۰ سانتی‌متر سبب افزایش عملکرد شنبلیله می‌شود. Gowada و همکاران (۲۰۰۶) در مقایسه تأثیر سه آرایش کاشت (۱۵×۱۵، ۱۵×۳۰ و ۳۰×۳۰) بر شنبلیله نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه مربوط به بیشترین تراکم (آرایش ۱۵×۱۵) است.

نظر به اینکه در مورد بررسی همزمان تأثیر آبیاری، کود نیتروژن و تراکم بوته بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد دانه و بازدهی مصرف آب در شنبلیله اطلاعات زیادی در دسترس نمی‌باشد، بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح آبیاری، کود نیتروژن و تراکم بوته بر صفات مذکور در گیاه شنبلیله انجام شد.

مواد و روشها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۸۹ در نهالستان منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان درمیان واقع در کیلومتر ۱۰ جاده اسدیه-بیرجند در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۴۵۶ متر از سطح آبهای آزاد اجرا گردید. زمین مورد استفاده در سال قبل آیش بود. نمونه‌برداری از خاک برای آنالیز آزمایشگاهی همزمان با عملیات آماده‌سازی زمین در اسفند ۸۸ از عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده‌است. عملیات شخم و تسطیح مزرعه با استفاده از گاوآهن و لولر انجام شد. در نیمه اول فروردین ۸۹ با ایجاد فارو توسط فاروئر، زمین برای کاشت

آماده گردید. کودهای پایه پتاسه و فسفره با توجه به آنالیز خاک و میزان توصیه شده برای گیاه شنبلیله به‌ترتیب به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاس از منبع سولفات پتاسیم و ۶۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر از منبع بیوفسفات طلایی (با ۱۷٪ فسفر)، همزمان با ایجاد فاروها به خاک اضافه گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری

بافت خاک	OC %	Sand %	Silt %	Clay %	pH	Ec (ms/cm)	Sp %	SAR %	N (total) %
سیلتی- رسی	۰/۱۳	۴۱/۱	۲۷/۳	۳۱/۶	۷/۹۱	۶/۲	۴۶/۶	۱۲/۱۶	۰/۰۱۴

این تحقیق به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. دور آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در دو سطح با فاصله زمانی آبیاری ۵ و ۱۰ روز، نیتروژن در سه سطح شامل مقادیر ۰، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کودی اوره به‌عنوان فاکتور فرعی و تراکم در سه سطح شامل تراکم‌های ۲۲، ۳۳ و ۶۶ بوته در مترمربع (با فواصل بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و روی ردیف به‌ترتیب ۱۵، ۱۰ و ۵ سانتی‌متر) به‌عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شد. فاصله بین فاروها ۶۰ سانتی‌متر بود و کشت در دو طرف پشته‌ها انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای شش ردیف کاشت به طول ۶ متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی فرعی ۰/۶ متر، بین کرت‌های فرعی ۱/۲ متر و بین کرت‌های اصلی ۱/۸ متر و بین تکرارها ۲/۵ متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت و آبیاری اول در بیستم فروردین انجام شد. بذرهای آماده شده جهت کاشت ابتدا با قارچ‌کش کاربندازیم با نسبت ۲ در هزار ضدعفونی شد و بعد در شیارهای ایجاد شده به عمق تقریبی ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر ریخته و با خاک پوشیده شد. تنک بوته‌ها در مرحله ۴ تا ۵ برگی و وجین علف‌های هرز و دادن کود نیتروژن طی دو مرحله (۴ تا ۵ و ۸ تا ۱۰ برگی شدن) انجام گردید. برداشت در هفته دوم مردادماه یعنی زمانی که تقریباً ۸۰-۷۰ درصد غلاف‌ها کاملاً رسیده و بوته‌ها زرد شده ولی هنوز شروع به ریزش نکرده بودند، انجام شد.

صفات مورد اندازه‌گیری شامل صفات مورفولوژیک (تعداد شاخه اصلی در بوته، ارتفاع بوته، قطر طوقه و طول غلاف)، عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک (بازدهی مصرف آب برای تولید دانه و بیوماس، شاخص کلروفیل) بود. برای تعیین تعداد شاخه اصلی در بوته، ارتفاع بوته، قطر طوقه و طول غلاف، تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی و با رعایت اثر حاشیه‌ای از دو خط میانی هر کرت انتخاب و صفات مذکور اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه، در هر کرت گیاهان از مساحت دو مترمربع و با رعایت اثر حاشیه‌ای از چهار ردیف وسط از سطح زمین درو و پس از جداسازی غلاف‌ها و خشک کردن آنها در آفتاب عملیات بوجاری بذرها انجام شد. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل دو برگ از ۱۰ بوته مذکور و از میان برگ‌های یک سوم فوقانی گیاه انتخاب و با دستگاه Spad شاخص کلروفیل اندازه‌گیری شد. بازدهی مصرف آب برای تولید دانه و بیوماس نیز با توجه به آب مصرف شده در طول دوره رشد و عملکرد دانه و بیوماس حاصل با استفاده از روابط زیر برحسب کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد:

آب مصرفی/ عملکرد دانه = بازدهی مصرف آب برای تولید دانه

آب مصرفی/ عملکرد بیولوژیک= بازدهی مصرف آب برای تولید بیوماس

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه گردید و برای رسم شکل نیز از برنامه Excel استفاده شد.

نتایج

صفات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دور آبیاری تنها بر صفت طول غلاف، مقدار نیتروژن مصرفی بر صفات تعداد شاخه اصلی در بوته و طول غلاف و تراکم بوته بر صفات تعداد شاخه اصلی در بوته و قطر طوقه در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل آبیاری، نیتروژن و تراکم بر تعداد شاخه اصلی در بوته در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی شنبلیله تحت تأثیر تیمارهای دور آبیاری، کود نیتروژن و تراکم بوته

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد شاخه اصلی در بوته	ارتفاع بوته	قطر طوقه	طول غلاف
تکرار	۲	۱/۴۸۱ ns	۱۲/۳۸۰ ns	۰/۳۳۲ ns	۰/۵۲۶ ns
دور آبیاری (A)	۱	۰/۳۷۵ ns	۱۴۲/۲۰۴ ns	۰/۷۶۳ ns	۷/۲۰۹ **
خطای a	۲	۰/۲۸۱	۹/۷۴۴	۰/۲۰	۰/۰۴۴
نیتروژن (B)	۲	۲۵/۶۸۱ **	۳۳/۰۴۳ ns	۰/۲۰ ns	۷/۵۶ **
A × B	۲	۰/۰۰۷ ns	۲/۲۳۰ ns	۰/۱۱۸ ns	۰/۰۳۳ ns
خطای b	۸	۰/۳۶۶	۸/۸۱۷	۰/۰۷۱	۰/۱۷۸
تراکم (C)	۲	۴/۴۴۶ **	۸/۸۸۷ ns	۰/۸۱ **	۰/۳۵ ns
A × C	۲	۰/۳۹۵ ns	۱۶/۳۴۵ ns	۰/۰۹۲ ns	۰/۲۰۸ ns
B ×C	۴	۰/۳۲۸ ns	۱/۳۹۱ ns	۰/۲۴ ns	۰/۱۱۷ ns
A × B ×C	۴	۰/۴۰۳*	۱۸/۳۲۱ ns	۰/۲۴ ns	۰/۱۰۱ ns
خطای c	۲۴	۰/۱۴۹	۱۱/۲۵۹	۰/۱۲	۰/۱۸۷
ضریب تغییرات (٪)	-	۳/۳۹	۱۰/۰۰	۹/۷۳	۴/۸۲

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵٪، ۱٪ و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش دور آبیاری از ۵ به ۱۰ روز باعث کاهش ۷/۸ درصدی طول غلاف گردید. هر چند تأثیر دور آبیاری بر سایر صفات مورفولوژیک از نظر آماری معنی‌دار نشد، اما افزایش دور آبیاری کاهش عددی ارتفاع گیاه و قطر طوقه را سبب شد. همچنین افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تعداد شاخه اصلی را به‌ترتیب ۱۱/۸ و ۲۳/۵ درصد و طول غلاف را نیز به‌ترتیب ۱۰/۶٪ و ۱۵/۳٪ افزایش داد (جدول ۳).

تیمار دور آبیاری ۱۰ روز، سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۲۲ بوته در مترمربع، بیشترین تعداد شاخه اصلی در بوته را با میانگین ۱۳/۱۷ عدد تولید کرد و کمترین تعداد شاخه اصلی در بوته با میانگین ۹/۲۲ عدد نیز در تیمار دور آبیاری ۵ روز، سطح کودی صفر و تراکم ۶۶ بوته در مترمربع مشاهده شد. همچنین بیشترین قطر طوقه با میانگین ۳/۷۸ میلی‌متر در تراکم ۲۲ بوته در مترمربع مشاهده شد و با افزایش تراکم از ۲۲ به ۳۳ و ۶۶ بوته در مترمربع، قطر طوقه به‌ترتیب ۵/۹٪ و ۱۱/۲٪ کاهش یافت (جدول ۳).

صفات فیزیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تغییر در دور آبیاری بازدهی مصرف آب تولید دانه و بیوماس را به‌طور معنی‌دار و در سطح ۵٪ تحت تأثیر قرار داد، اما شاخص کلروفیل تحت تأثیر دور آبیاری قرار نگرفت. تراکم بوته از نظر آماری تأثیر معنی‌داری بر صفات مذکور نداشت، اما تغییر در مقدار نیتروژن مصرفی هر سه صفت را در سطح ۱٪ تحت تأثیر قرار داد. همچنین اثر متقابل دور آبیاری و نیتروژن بر بازدهی مصرف آب برای تولید بیوماس در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی شنبلیله در تیمارهای دور آبیاری، کود نیتروژن و تراکم بوته

تیمار	تعداد شاخه اصلی در بوته	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر طوقه (میلی‌متر)	طول غلاف (سانتی‌متر)
دور آبیاری (روز)				
۵	۱۱/۲۹ a	۳۵/۱۹ a	۳/۶۸ a	۹/۳۴ a
۱۰	۱۱/۴۶ a	۳۱/۹۵ a	۳/۴۴ a	۸/۶۱ b
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)				
۰	۱۰/۱۸ c	۳۴/۳۳ a	۳/۴۵ a	۸/۲۶ c
۷۵	۱۱/۳۸ b	۳۴/۳۷ a	۳/۵۸ a	۹/۱۴ b
۱۵۰	۱۲/۵۷ a	۳۲/۰۰ a	۳/۶۶ a	۹/۵۳ a
تراکم (بوته در متر مربع)				
۲۲	۱۱/۹۴ a	۳۲/۷۶ a	۳/۷۸ a	۸/۹۵ a
۳۳	۱۱/۱۹ b	۳۴/۰۵ a	۳/۵۶ b	۸/۸۵ a
۶۶	۱۰/۹۹ b	۳۳/۸۹ a	۳/۳۶ a	۹/۱۳ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

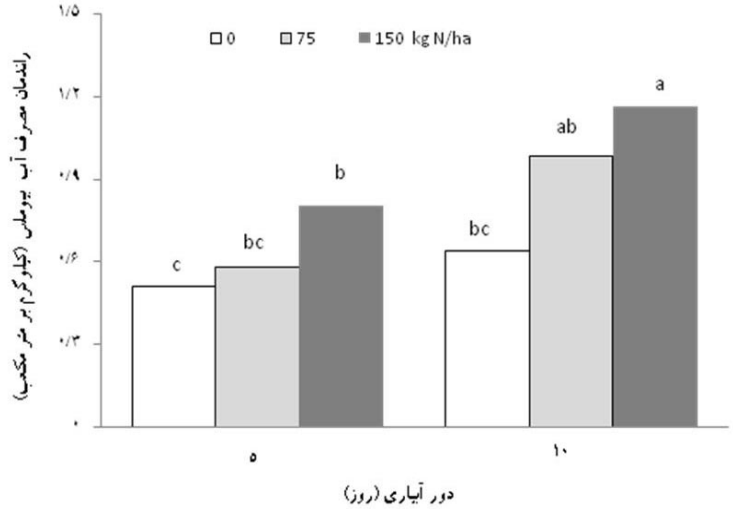
جدول ۴- میانگین مربعات صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه شنبلیله تحت تأثیر تیمارهای دور آبیاری، کود نیتروژن و تراکم بوته

منابع تغییر	درجه آزادی	بازدهی مصرف آب دانه	بازدهی مصرف آب بیوماس	شاخص کلروفیل	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۲۲ ns	۱/۴۶ ns	۴۵/۲۲ ns	۱۹۲۶۱۳۷/ ۶۰ ns
دور آبیاری (A)	۱	۰/۱۶ ❊	۱/۳۰ ❊	۸/۵۶ ns	۷۷۹۰۵۵/۰۱ ns
خطای a	۲	۰/۰۰۷	۰/۰۴۷	۸/۸۷	۲۱۵۳۰۷/۳۶
نیتروژن (B)	۲	۰/۱۱❊❊	۰/۷۵❊❊	۹۴۶/۵۹❊❊	۱۰۷۹۷۳۲/۵۴❊❊
A × B	۲	۰/۰۱ ns	۰/۱۰❊	۳۵/۹۵ ns	۴۵۶۹۲/۱۸ ns
خطای b	۸	۰/۰۰۳	۰/۰۲	۲۲/۹۶	۳۴۹۷۶/۹۳
تراکم (C)	۲	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۳ ns	۱۲/۳۳ ns	۸۲۷۴۴/۹۳ ns
A × C	۲	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۴ ns	۷/۳۹ ns	۶۵۵۷/۴۲ ns
B ×C	۴	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۴۸ ns	۸۶۴۸/۰۳ ns
A × B ×C	۴	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۱ ns	۴/۳۱ ns	۲۴۳۷۲/۸۲ ns
خطای c	۲۴	۰/۰۰۴	۰/۰۲	۷/۵	۳۹۵۱۸/۲۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۲۲/۰۹	۱۷/۸۰	۴/۱۱	۲۰/۴۹

❊، ❊❊ و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵٪، ۱٪ و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش دور آبیاری از ۵ به ۱۰ روز بازدهی مصرف آب برای تولید دانه و بیوماس به‌ترتیب ۴۰/۵٪ و ۴۷/۵٪ افزایش یافت (جدول ۵). همچنین نتایج این تحقیق حکایت از آن داشت که افزایش کاربرد نیتروژن تأثیر مثبتی بر بهبود بازدهی مصرف آب برای تولید دانه و بیوماس و نیز شاخص کلروفیل داشته است، به‌طوری که با افزایش سطح نیتروژن مصرفی از صفر به ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، بازدهی مصرف آب برای تولید دانه به‌ترتیب ۳۷/۶٪ و ۷۲/۳٪، بازدهی مصرف آب برای تولید بیوماس به‌ترتیب ۳۶/۷٪ و ۷۱/۵٪ و شاخص کلروفیل به‌ترتیب ۱۹/۳٪ و ۲۳/۲٪ افزایش یافت که البته افزایش شاخص کلروفیل بین سطوح مصرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵).

بیشترین بازدهی مصرف آب برای تولید بیوماس با میانگین ۱/۱۶۲ کیلوگرم ماده خشک بر مترمکعب آب مصرفی در تیمار دور آبیاری ۱۰ روز و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن با میانگین ۰/۵۰۸ کیلوگرم ماده خشک بر مترمکعب آب مصرفی مربوط به تیمار دور آبیاری ۵ روز و عدم مصرف نیتروژن بود (شکل ۱).



شکل ۱- اثرات متقابل دور آبیاری و نیتروژن بر بازدهی مصرف آب برای تولید بیوماس

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دور آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد دانه اثر معنی‌داری نداشت، اما تغییر در مقدار نیتروژن مصرفی این صفت را به‌طور معنی‌دار و در سطح ۱٪ تحت تأثیر قرار داد. همچنین اثرات متقابل عوامل مورد بررسی بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت و مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به تیمارهای کاربرد ۷۵ و صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد دانه به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب ۳۱/۷٪ و ۶۷/۱٪ افزایش یافت (جدول ۵).

بحث

کاهش ۷/۸ درصدی طول غلاف با افزایش دور آبیاری را شاید بتوان به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری برای گیاه شنبلیله در نظر گرفت که همسو با کاهش ارتفاع گیاه و قطر طوقه در شرایط محدودیت رطوبت بتواند تعادل بین مبدأ و مقصد را برقرار کند.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه شنبلیله در تیمارهای دور آبیاری، کود نیتروژن و تراکم بوته

تیمار	بازدهی مصرف آب دانه (کیلوگرم بر مترمکعب)	بازدهی مصرف آب بیوماس (کیلوگرم بر مترمکعب)	شاخص کلروفیل	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
دور آبیاری (روز)				
۵	۰/۲۴ b	۰/۶۳ b	۶۶/۲۵ a	۱۰۹۰/۰۸ a
۱۰	۰/۳۴ a	۰/۹۳ a	۶۶/۰۵ a	۸۴۹/۸۶۰ a
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)				
۰	۰/۲۱ c	۰/۵۷ c	۵۸/۳۸ b	۷۲۹/۷۱ c
۷۵	۰/۲۹ b	۰/۷۸ b	۶۹/۶۳ a	۹۶۰/۹۲ b
۱۵۰	۰/۳۷ a	۰/۹۸ a	۷۱/۹۴ a	۱۲۱۹/۲۹ a
تراکم (بوته در مترمربع)				
۲۲	۰/۲۸ a	۰/۷۶ a	۶۷/۰۳ a	۹۲۲/۱۰ a
۳۳	۰/۲۸ a	۰/۷۵ a	۶۷/۲۲ a	۹۴۰/۲۵ a
۶۶	۰/۳۱ a	۰/۸۲ a	۶۵/۷۰ a	۱۰۴۷/۵۶ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

به نظر می‌رسد که افزایش مصرف نیتروژن به علت افزایش قابلیت دسترسی ریشه شنبلیله به این عنصر ضروری، پتانسیل شاخه‌دهی گیاه را افزایش داده و توانسته است با تولید شاخه و برگ بیشتر و افزایش دوام و شاخص سطح برگ، مواد فتوسنتزی کافی برای افزایش طول غلاف و عملکرد دانه شنبلیله فراهم نماید. نتایج مشابهی توسط Safikhani و همکاران (۲۰۰۷) در بادرشبو در مورد تأثیر افزایش مصرف نیتروژن بر تعداد شاخه در بوته و طول غلاف گزارش شده‌است.

کاهش معنی‌دار قطر طوقه شنبلیله را با افزایش تراکم بوته در واحد سطح می‌توان به افزایش رقابت بین بوته‌ها در تراکم‌های بالا و در نتیجه کاهش تولید کلی مواد فتوسنتزی در بوته و مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به طوقه مربوط دانست.

در بررسی Ahmadi Bonakdar و Seghatoleslami (۲۰۱۰) در شنبلیله نیز تأثیر تراکم بوته بر ارتفاع معنی‌دار نشد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد، اما این محققان اثر تراکم بوته بر تعداد شاخه اصلی را نیز غیر معنی‌دار اعلام کرده و گزارش نمودند که افزایش رقابت بین بوته‌ها در بیشترین تراکم به اندازه‌ای زیاد نبوده است تا شاخه‌زنی در بوته را کاهش دهد. این در حالیست که در تحقیق حاضر با افزایش تراکم به علت تشدید رقابت بین بوته‌ای برای اشغال فضا، تولید شاخه‌های فرعی به طور معنی‌داری کاهش یافته‌است.

احتمالاً در شرایط تنش کمبود آب، بسته شدن روزنه‌ها تعرق را بیشتر از فتوسنتز کاهش داده و در نتیجه کارآیی مصرف آب افزایش یافته‌است. در بررسی Vafabakhsh و همکاران (۲۰۰۹) در کلزا نیز کارآیی مصرف آب در شرایط تنش به‌طور معنی‌داری از شرایط بدون تنش بیشتر بود. بنابراین به نظر می‌رسد که کارآیی بالای مصرف آب لزوماً توأم با سرعت رشد کم برگ‌هاست و سرعت رشد برگ‌ها مؤثرترین عامل در حصول این کارآیی است. بالاترین کارآیی مصرف آب برای تولید بیوماس در تیمار دور آبیاری ۱۰ روز و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن در شرایط محدودیت آبیاری بر بهبود کارآیی مصرف آب باشد.

در مورد تأثیر مثبت نیتروژن بر شاخص کلروفیل می‌توان گفت که عمده رنگدانه‌های برگ ازجمله کلروفیل دارای ساختار نیتروژنی هستند. از این‌رو استفاده از نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی سبب افزایش مقدار کلروفیل در ساختار برگ و ایجاد رنگ تیره در برگ گردد. شخمگر (۱۳۸۸) نیز در شنبلیله افزایش شاخص کلروفیل برگ را با

افزایش کاربرد کود نیتروژن گزارش نمود. حمزه‌یی و همکاران (۱۳۸۵) در بابونه نتایج مشابهی گزارش کردند که مؤید نتایج این تحقیق می‌باشد. احتمالاً مهیا بودن نیتروژن به‌عنوان پرمصرف‌ترین عنصر غذایی گیاه و عدم محدودیت آن سهم عمده‌ای در رشد رویشی و زایشی بهینه گیاه و در نتیجه بهبود کارآیی مصرف آب برای تولید دانه و بیوماس دارد. Butrus و Nimal (۱۹۸۱) در سیب‌زمینی و چغندرقند و انصاری‌نیا (۱۳۸۹) در آفتابگردان افزایش کارآیی مصرف آب را با افزایش میزان نیتروژن مصرفی گزارش کردند. این تحقیقات نتایج تحقیق حاضر در مورد تأثیر نیتروژن بر بازدهی مصرف آب را تأیید می‌کند.

تأثیر مثبت نیتروژن بر عملکرد دانه در آزمایش‌های شخمگر (۱۳۸۸) در شنبلیله و مودی (۱۳۷۸) در سیاهدانه نیز مشاهده شد. به نظر می‌رسد که افزایش مصرف نیتروژن از طریق افزایش شاخص و دوام سطح برگ، پتانسیل فتوسنتزی و در نتیجه عملکرد دانه در واحد سطح را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است. این در حالیست که افزایش تراکم بوته به علت کاهش شدید عملکرد دانه در تک بوته نتوانسته است تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته باشد. البته عدم وجود تأثیر معنی‌دار تراکم بوته بر عملکرد دانه شنبلیله در بررسی Seghatoleslami و Ahmadi Bonakdar بنکدار (۲۰۱۰) نیز به اثبات رسید.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که در مجموع می‌توان تیمار دور آبیاری ۱۰ روز را به علت اهمیت صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بازدهی مصرف آن و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را به علت تحریک رشد رویشی و افزایش شاخص و دوام سطح برگ پتانسیل فتوسنتزی و در نهایت عملکرد اقتصادی شنبلیله به همراه تراکم ۶۶ بوته در مترمربع را به علت اطمینان از تشکیل سریعتر سایه‌انداز و استفاده بهینه از نور خورشید، برای کشت این گیاه دارویی در منطقه درمیان توصیه نمود.

منابع مورد استفاده

- انصاری‌نیا، ا.، ۱۳۸۹. بررسی تأثیر سطوح آبیاری و نیتروژن بر عملکرد و صفات زراعی آفتابگردان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاداسلامی واحد بیرجند.
- حمزه‌یی، ر.، توکل افشاری، ر.، مجنون‌حسینی، ن. و شریفی عاشورآبادی، ا.، ۱۳۸۵. بررسی تأثیر تراکم بوته و سطوح نیتروژن بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria Chamomilla* L.). علوم کشاورزی ایران (ویژه زراعت، اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی زراعی)، ۳۷(۳): ۵۴۵-۵۵۳.
- رضایی، ع. و سلطانی، ا.، ۱۳۷۵. زراعت سیب‌زمینی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۷۹ صفحه.
- شخمگر، م.، ۱۳۸۸. تأثیر دور آبیاری و کود نیتروژن برخصوصیات کمّی و کیفی شنبلیله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاداسلامی واحد بیرجند.
- طالقانی، د.، ۱۳۷۷. مطالعه کارآیی مصرف آب و نیتروژن در شرایط مطلوب و تنش در دو آرایش کاشت چغندر قند. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- مودی، ح.، ۱۳۷۸. اثر تراکم گیاهی و نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد سیاهدانه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

- Akbarinia, A., Khosravifard, M., Sharifi Ashoorabadi, E. and Babakhanlou, P., 2005. Effect of Irrigation intervals on yield and agronomic characteristics of black cumin (*Nigella sativa*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant Reserch, 21(1): 65-73.
- Antolin, M.C., Yoller, J. and Sancchez-Diaz, M., 1995. Effects of temporary drought on nitratefed and nitrogen-fixing alfalfa plants. Plant Science, 107(2): 159-165.
- Butrus, L.E. and Nimal, M.N., 1981. Potato and sugarbeet yield and water use efficiency under different irrigation systems and water stress. Agronomy Abstracts. 73rd annual meeting American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 10-17 January: 209.
- Cassman, K.G., Kropff, M.J. and Yan, Z.D., 1994. A conceptual framework for nitrogen management of irrigated rice in high yield environments: 81-96. Virmani, S.S., (Ed.).Hybrid Rice Technology: New Developments and Future Prospects: Selected Papers from the International Rice Research Conference. International Rice Research Institute, 296p.
- Ghanbari, A.A. and Taheri Mazandarani, M., 2003. Effects of sowing date and plant density on yield of pinto bean. Seed and Plant Journal, 19(4): 483-496.
- Ghanadi, A., 2005. Iranian Herbal pharmacopeia. Ministry of Health, Iran, 497-505.
- Gowda, M.C., Halesh, D.P. and Farooqi, A.A., 2006. Effect of dates of sowing and spacing on growth of fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.). Biomedicine, 1(2): 141-146.
- Hasanzadeh, E., Rezazadeh, Sh.A., Shamsa, S.F., Doulatabadi, R. and Zarin Ghalam Moghadam, J., 2010. Review on phytochemistry and therapeutic properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum*). Journal of Medicinal Plants, 9(34): 1-17.

- Khan, M.M.A., 1993. Nitrogen application ameliorates the productivity of *Nigella sativa* L.: 287-290. In: Govil, J.N., Singh, V.K. and Hashmi, Sh., (Eds.). Medicinal Plant: New Vistas of Research (Glimpses in Plant Research). Today & Tomorrow's Printers and Publishers, 570p.
- Lebaschy, M.H. and Sharifi Ashoorabadi, E., 2004. Growth indices of some medicinal plants under differents water stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 20(3): 249-261.
- Moosavi, S.G.R., 2012. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of roselle. Journal of Medicinal Plants Research, 6(9): 1627-1632.
- Safikhani, F., Heydarye Sharifabadi, H., Syadat, A., Sharifi Ashoorabadi, E., Seyednedjad, M. and Abbaszadeh, B., 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics of *Deracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23(2): 183-194.
- Salehi Surmaghi, M.H., 2008. Medicinal Plants and Herbal Therapy (Vol 1). Tehran University Publication, Tehran, Iran, 253p.
- Seghatoleslami, M.J. and Ahmadi Bonakdar, Kh., 2010. The effect of sowing date and plant density on yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum gracum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant Reserch, 26(2): 265-289.
- Sharma, S.K., 2000. Response of nitrogen and spacing on fenugreek seed production. Horticultural Journal, 13(2): 39-42.
- Singh, S., Buttar, G.S., Singh, S.P. and Brar, D.S., 2005. Effect of different dates of sowing and row spacings on yield of fenugreek (*Trigonella foenum-gracum*). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 27(4): 629-630.
- Zarco-Tejada, P.J., Miller, J.R., Mohammad, G.H., Noland, T.L. and Sampson, P.H., 2009. Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance: II. laboratory and airborne canopy-level measurements with hyperspectral data. Remote Sensing of Environment, 74(3): 596-608.
- Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A and Azizi, M., 2009. Effects of water deficit on water use efficiency and yield of Canola cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of Iranian Field Crop Research, 17(1): 285-292.

Effect of irrigation interval, Nitrogen fertilizer rate and plant density on morphological traits, yield and water use efficiency of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.)

M. Khosravi[1], S.Gh. Moosavi[2*] and M.J. Seghatoleslami[1]

1- Islamic Azad University, Birjand Branch, Birjand, Iran
2*- Corresponding author, Islamic Azad University, Birjand Branch, Birjand, Iran
E-mail: s_reza1350@yahoo.com

Received: February 2012 Revised: August 2012 Accepted: February 2013

Abstract

In order to study the effect of irrigation interval, Nitrogen (N) fertilization and plant density on yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.), a split-split-plot experiment was conducted in Darmian, Iran in Spring 2010 based on a randomized complete block design with three replications. The main plots were irrigation interval at two levels of 5 and 10 days. The sub-plots were N fertilization at three rates of 0, 75 and 150 kg N.ha^{-1} from urea source and the sub-sub-plots were plant density at three levels of 22, 33 and 66 plants.m^{-2}. According to the results of analysis of variance, irrigation interval significantly affected traits of pod length and water use efficiency (WUE) for seed and biomass production. In addition, main branch number per plant, pod length, seed yield, chlorophyll index and WUE for seed and biomass production, were significantly affected by nitrogen rate and plant density had significant effect on main branch number per plant and ring diameter. Means comparison showed that as irrigation interval was increased from 5 to 10 days, pod length decreased 8.7%, but WUE for seed and biomass production increased 40.5 and 47.5%, respectively. Also, as N rate was increased from 0 to 150 kg N.ha^{-1}, main branch number per plant, pod length, seed yield, chlorophyll index and WUE for seed and biomass production increased by 23.5, 26.4, 23.2, 67.1, 72.3 and 71.5%, respectively. Moreover, with increasing of density from 22 to 66 plant. m^{-2}, branch number per plant and ring diameter decrased 7.9 and 11.2%, respectively. In total, given the results of the study and the importance of water saving, it is recommended to use irrigation interval of 10 days with the application of 150 kg N.ha^{-1} and density of 66 plants.m^{-2} for the cultivation of fenugreek in Darmian, Iran.

Keywords: fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.), irrigation, Nitrogen, density, seed yield, WUE.