نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۸، آذر - دی ۱۴۰۳، ص. ۸۰۷-۷۹۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 18, Dec.-Jan. 2024, p. 795-807

مقاله علمی-پژوهشی

تجزیه و تحلیل اقتصادی و مقایسه کارایی مصرف و بهره‌وری آب و کود در زراعت گوار، تحت سطوح مختلف کود نیتروژن و تراکم بوته

محمدناصر مودودی[1*]، وحید شمس‌آبادی[2]، ابراهیم جهانگیر دهبرزویی[3]، آریا مودودی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی کارایی و بهره‌وری آب و کود در زراعت گوار و تحلیل سود حاصله از آن، تحت سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شهرستان تایباد در استان خراسان رضوی اجرا گردید. آزمایش به‌صورت اسپیلت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور اجرا شد. فاکتور اول شامل کود نیتروژن بود که بر اساس توصیه آزمایشگاه خاک، در سه سطح بدون دادن کود نیترون و ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز گوار به نیتروژن، به‌صورت یک دوم در زمان کاشت و یک دوم در زمان غلاف‌دهی گوار اعمال گردید. فاکتور دوم نیز شامل سه سطح تراکم بوته گوار بود که به‌صورت تراکم‌های ۲۰، ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع اجرا شد. نتایج حاصل، نشان داد که بالاترین کارایی مصرف و بهره‌وری کود در شرایط عدم مصرف نیتروژن و در تراکم ۶۶ بوته در مترمربع به‌دست آمد. اما بیشترین عملکرد دانه و کارایی مصرف و بهره‌وری آب و همچنین بیشترین سود خالص در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن گوار (۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و در دو تراکم ۳۳ و ۶۶ بوته در مترمربع حاصل شد. اما افزایش تراکم بوته از ۳۳ به ۶۶ بوته در مترمربع، تاثیر معنی‌داری در ارتقای عملکرد دانه و افزایش سود خالص زراعت گوار نداشت. بر این اساس، تامین نیاز کامل نیتروژن مورد نیاز گوار و در نظر گرفتن تراکم ۳۳ بوته در مترمربع برای دستیابی به حداکثر سود اقتصادی در زراعت این محصول در شهرستان تایباد توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، سود خالص، عملکرد دانه، کارایی مصرف آب

مقدمه

گوار (Cyamopsis tetragonoloba) گیاهی است یکساله و متحمل به خشکی و شوری از خانواده بقولات که می‌توان از آن به‌عنوان یک محصول جایگزین در دشت‌های کم‌آب استفاده نمود (Singla et al., 2016). گوار در اراضی دارای بافت سبک، خاک‌های شنی- شنی لومی و همچنین در مناطقی که دارای بارندگی سالیانه ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر هستند، به‌خوبی رشد می‌کند. این گیاه در شرایط دماهای بالا (حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد) و در خاک‌های ضعیف قابلیت رشد خوبی داشته و از این نظر، مناسب برای کشت و کار در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، همچون ایران است (Shahghasi et al., 2023). ریشه‌های آن قابلیت همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را داشته و می‌تواند نیتروژن آزاد جَو را به شکل قابل جذب برای خود در آورد. حدود ۸۰ درصد سطح زیر کشت گوار در دنیا به کشور هندوستان اختصاص داشته و پس از آن، پاکستان در رده دوم تولید جهانی این گیاه قرار دارد (Hema and Shalendra, 2014). امروزه استفاده از گوار در راستای تعلیف دام، یکی از اهداف مهم کشت و کار این گیاه به شمار می‌رود (شهبازی و همکاران، ۱۴۰۰). گوار منبع مهمی از صمغ گالاکتومانان است که از آندوسپرم دانه گیاه استخراج شده و با حل شدن در آب به حالت ژله‌ای در می‌آید. این خصوصیت سبب شده است تا گوار در صنایع مختلف استفاده‌های متنوعی داشته باشد (Pathak and roy, 2015). علاوه بر این، ترکیب جنین و پوسته بذر گوار، کنجاله این محصول را تشکیل می‌دهند که غنی از پروتئین می‌باشد. همچنین فرآورده‌هایی از صمغ گوار در کاهش وزن، کاهش قند خون، برطرف کردن چاقی وکم اشتهایی به‌دست می‌آید که

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران (نویسنده مسئول)
۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران
۳- شرکت کشاورزی و دامپروی مدیر کشت توس، خراسان رضوی، ایران
۴- دانشجوی کارشناسی اقتصاد و بازرگانی دانشگاه Cafoscari، ونیز، ایتالیا
(*- نویسنده مسئول: Email: mnmodoodi@tjamcaas.ac.ir)

کاربردهای دارویی این گیاه ارزشمند را نشان می‌دهند (Singh, 2014).

مفهوم کارایی، شاخصی برای بررسی مقدار نهاده مصرفی و میزان تولید محصول، در محصولات کشاورزی است. افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها، از اولین اقدامات موثر در تحقق اهداف کشاورزی پایدار است (Gliessman, 1990). بهبود مدیریت اثر متقابل کودهای شیمیایی و آب، اثر قابل ملاحظه‌ای روی تولید زیست‌توده و عملکرد محصول و نهایتاً بهره‌وری آب و عناصر خواهد داشت (Dobermann, 2005). تنظیم نهاده‌پذیری گیاهان زراعی، نیاز به انجام عملیات به‌نژادی و به-زراعی برای محصولات و همچنین آموزش و ترویج این اقدامات بین کشاورزان دارد (Gliessman and Rosemeyer, 2010). چرا که بهبود کارایی استفاده از منابع با انجام اقداماتی همچون به‌کارگیری ارقام مناسب، تعیین مقدار و زمان مصرف آب و کودهای آلی و شیمیایی، تنظیم صحیح فواصل کاشت، استفاده به موقع از آفت‌کش‌ها و استفاده از ماشین‌آلات کارامد میّسر می‌شود (Gliessman and Rosemeyer, 2010). در همین ارتباط، آریا و همکاران (Araya et al., 2019) طی شبیه‌سازی عملکرد دانه و بهره‌وری آب گندم زمستانه، بیان نمودند که با ۵۰ درصد در کاهش آب مصرفی و در عین حال، مدیریت زمان‌های اعمال آبیاری، فقط پنج تا ۱۶ درصد کاهش در عملکرد دانه اتفاق افتاد و این موضوع سبب افزایش بهره-وری مصرف آب دانه گردید. با توجه به آنچه گفته شد، به نظر می-رسد که می‌بایست بین دو مفهوم کارایی و بهره‌وری، تفاوت قائل شد. چرا که کارایی به معنی نسبت عملکرد محصول به‌دست آمده به میزان نهاده مصرف شده است؛ اما بهره‌وری نشان‌دهندهٔ نسبت سود خالص به‌دست آمده از کشت یک محصول به میزان نهاده مصرف شده برای آن محصول است (جمالی و همکاران، ۱۳۹۷).

انتخاب تراکم گیاهی مطلوب، از مهم‌ترین تکنیک‌ها برای کشت و کار گیاهان زراعی است که به‌عنوان یک عامل زراعی تحت کنترل، نقش مؤثری در عملکرد محصولات مختلف ایفا می‌کند و مشخص نمودن تراکم گیاهی از اصول اولیه‌ی زراعت هر محصول و از جمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تولید گیاهان زراعی به شمار می‌رود (Ibrahim, 2012). جهت استفاده مطلوب‌تر از عوامل محیطی نظیر نور، آب، مواد غذایی و همچنین جلوگیری از بروز رقابت شدید، تعداد بوته در واحد سطح باید در حد بهینه باشد، به‌طور کلی مقدار بذر مصرفی با حجم بوته (فضای اشغال شده توسط بوته) رابطه عکس دارد، لذا فاصله بین بوته‌های گیاهانی را که شاخ و برگ زیادی تولید می‌کنند بایستی بیشتر در نظر گرفت تا رقابت برون بوته‌ای (بین بوته های مجاور) و درون بوته‌ای (رقابت قسمت‌های مختلف یک بوته) به حداقل برسد و از نور آفتاب و سایر منابع به‌طور یکنواخت استفاده نمایند (Ren et al., 2013). بذرکاری، به مقدار مطلوب موجب کاهش هزینه بذر، کاهش خوابیدگی محصول و بهبود مشکلات بیماری‌های گیاهی خواهد شد. در همین ارتباط، در پژوهشی طی بررسی پاسخ گوار به چهار تراکم بوته ۳۵، ۵۵، ۷۵ و ۹۵ بوته در مترمربع تحت کاربرد دو سطح ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم درهکتار اسید هیومیک، مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه و ماده خشک، در تراکم ۹۵ بوته در مترمربع طی کاربرد ۱۵ کیلوگرم درهکتار اسید هیومیک به‌دست آمد (احمدی‌نورالدین‌وند و همکاران، ۱۳۹۸).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در بین عناصر ضروری برای رشد گیاه، نیتروژن تأثیر بیشتری در افزایش سطح برگ و سرعت رشد قسمت‌های هوایی کانوپی دارد. نیتروژن یکی از اجزاء تشکیل‌دهنده بسیاری از مولکول‌های حیاتی، از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، کلروفیل‌ها و برخی هورمون‌ها است (خشوعی و همکاران، ۱۴۰۰). کمبود نیتروژن، چه به‌طور مستقیم و چه به‌طور غیرمستقیم، همواره به‌عنوان یک عوامل محدودکننده رشد گیاهان به شمار می‌رفته است؛ زیرا که به‌طور مستقیم در تولید سلول‌های جدید، ساخت ترکیبات نیتروژن‌دار سلول‌ها، ساخت آنزیم‌ها و اجزاء دیواره غشاء سلول‌ها نقش داشته و به‌طور غیرمستقیم در گسترش سطح برگ و رشد و نمو گیاه مؤثر است (Arshadi and Asgharipour, 2011). متخصصین علم فیزیولوژی گیاهی بیان داشتند که دو عامل تنش نیتروژن و آب به-ترتیب سبب کاهش کلروفیل و آماس سلول‌ها شده و فراهمی نیتروژن سبب افزایش محتوی نسبی آب در گیاهان می‌شود و در گیاهانی که از درصد آب بیشتری برخوردارند محتوی کلروفیل هم بیشتر است (Schlemmer et al., 2005). ارشدی و همکاران (۱۳۸۹) در گزارشات خود، اظهار داشتند که دستگاه کلروفیل‌متر SPAD[1] شاخصی از محتوی کلروفیل گیاه بوده و بین قرائت دستگاه کلروفیل-متر SPAD و محتوی نیتروژن برگ، همبستگی مثبتی وجود دارد. در پژوهشی دیگر، محققین به تأثیر مثبت نیتروژن بر رشد و نمو ریشه خصوصاً در شرایط کاهش فراهمی آب اشاره کردند (Tran et al., 2014).

هدف از انجام تحقیق حاضر، انجام یک تجزیه و تحلیل اقتصادی در زراعت گیاه گوار تحت تیمارهای مختلف کود نیتروژن و تراکم بوته و همچنین بررسی کارایی و بهره‌وری نهاده‌ها در زراعت این محصول بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه شرکت مدیر کشت توس در شهرستان تایباد، واقع در دشت پل‌بند اجرا گردید. آزمایش به‌صورت اسپیلت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل کود نیتروژن بود که بر اساس توصیه آزمایشگاه خاک، در سه سطح بدون

1- Soil Plant Analysis Development

دادن کود نیتروژن، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز گوار به نیتروژن (به‌ترتیب معادل ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره)، به‌صورت یک دوم در زمان کاشت و یک دوم در زمان غلاف‌دهی گوار اعمال گردید. فاکتور دوم نیز شامل سه سطح تراکم بوته گوار بود که به‌صورت تراکم‌های ۲۰، ۳۳ و ۶۶ بوته در مترمربع اجرا شد. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، شامل انجام شخم، از بین بردن لایه سخت زیرین، خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین، کاشت گیاه در هفته اول خرداد ماه انجام شد. رقم گوار استفاده شده در تحقیق حاضر، رقم وارداتی پاکستانی BR2017 بود که در عمق دو سانتی‌متری و در شرایط فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ۵۰، ۳۰ و ۱۵ سانتی‌متر به ترتیب برای تراکم‌های ۲۰، ۳۳ و ۶۶ بوته در مترمربع استفاده شد. هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کاشت به طول چهار متر بود. کودهای فسفره، پتاسه و اسید هیومیک به ترتیب به میزان ۶۵، ۲۰۰ و ۱۷ کیلوگرم در هکتار به‌طور یکسان برای تمامی تیمارها، همزمان با کاشت اعمال شدند. کود نیتروژنه نیز مطابق با سطوح تیماری، بصورت یک دوم در زمان کاشت بذور و یک دوم در زمان غلاف‌دهی اعمال گردید. در طول فصل رشد، آبیاری بصورت نشتی و هر دو هفته یک بار (مطابق با عرف منطقه) و حذف علف‌های هرز، به‌صورت وجینی و سه مرتبه در طول فصل رشد (تا قبل از گلدهی گیاه گوار) انجام گردید. جهت مبارزه با آفات منطقه، یک مرتبه از حشره‌کش آوانت استفاده شد. برداشت محصول نیز در هفته آخر مهر ماه انجام شد. شایان ذکر است که در هر مرتبه آبیاری، وضعیت رطوبت خاک اندازه‌گیری شد. در ادامه با استفاده از معادله ۱ عمق آب آبیاری محاسبه گردید:

$$I = (W_1 - W_2)/100 * D * Pb \quad (۱)$$

در این رابطه، I: ارتفاع آب آبیاری برحسب سانتی‌متر، W_1: مقدار رطوبت خاک در وضعیت FC برحسب درصد، W_2: مقدار رطوبت فعلی خاک برحسب درصد، D: عمق ریشه برحسب سانتی‌متر و Pb: وزن مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب هستند. در جدول ۲، تاریخ و مقدار آبیاری در هر مرتبه آبیاری ذکر شده است.

در انتهای فصل رشد، عملکرد دانه پس از حذف اثر حاشیه‌ای در کرت‌ها، با جمع‌آوری بوته‌ها و کوبیدن غلاف‌ها و توزین آن‌ها اندازه‌گیری گردید (تصاویری از زراعت گوار در شکل ۱ آورده شده است). همچنین کارایی نهاده‌های آب و کود به ترتیب با استفاده از معادلات ۲ و ۳ و بهره‌وری نهاده‌های آب و کود به ترتیب با استفاده از معادلات ۴ و ۵ محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل اقتصادی نیز پس از محاسبه تمام هزینه‌ها و درآمد ناخالص برای تیمارها، از معادله ۶ محاسبه شد (جمالی و همکاران، ۱۳۹۷).

$$WUE = Y/W \quad (۲)$$

$$FUE = Y/TF \quad (۳)$$

$$WP = Np/W \quad (۴)$$

$$FP = Np/TF \quad (۵)$$

$$Np = I-C \quad (۶)$$

در این معادلات، WUE[1]: کارایی مصرف آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، Y: عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار، W: آب مصرفی برحسب مترمکعب در هکتار، FUE[2]: کارایی مصرف کود برحسب کیلوگرم بر کیلوگرم، TF[3]: کل کود مصرفی برحسب کیلوگرم در هکتار، WP[4]: بهره‌وری آب برحسب ریال بر مترمکعب، Np[5]: سود خالص برحسب ریال، FP[6]: بهره‌وری کود برحسب ریال بر هکتار، I[7]: درآمد برحسب ریال و C[8]: هزینه‌ها برحسب ریال می‌باشند.

لازم به‌ذکر است که مقادیر بذر، کود و آب مصرفی برای هر یک از تیمارهای آزمایش و همچنین میزان درآمد و کل هزینه‌ها به ترتیب در جداول ۳، ۴ و ۵ ارائه شده‌اند. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab 17 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه گوار معنی‌دار شد (جدول ۶). بدین صورت که بیشترین عملکرد دانه در تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن و تراکم ۶۶ بوته در متر مربع مشاهده شد و تنها در این تیمار بود که عملکرد دانه به بیش از ۲۳۰۰ کیلوگرم در هکتار رسید. با این وجود، این تیمار با تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن و تراکم ۳۳ بوته در متر مربع از نظر عملکرد دانه در یک گروه آماری قرار گرفت و بین این دو تیمار، از نظر عملکرد دانه، فقط یک درصد اختلاف وجود داشت (جدول ۷). پس از این دو تیمار، تیمار تامین ۵۰ درصد نیاز کود نیتروژن و تراکم ۶۶ بوته در متر مربع با عملکرد دانه ۲۰۲۶ کیلوگرم در هکتار در رتبه بعدی قرار گرفت.

1- Water Use Efficiency
2- Fertilizer Use Efficiency
3- Total Fertilizer
4- Water Productivity
5- Net profit
6- Fertilizer Productivity
7- Income
8- costs

شکل ۱- تصاویری از زراعت گوار در محل اجرای آزمایش.

جدول ۱- خصوصیات خاک محل انجام آزمایش

کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (پی‌پی‌ام)	پتاسیم (پی‌پی‌ام)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	اسیدیته
۰/۳۰۰	۰/۰۴۶	۸/۰۰	۲۱۰	۱/۴۵	۱/۰۵	۷/۳۸

جدول ۲- عمق ریشه و تاریخ و مقدار آبیاری در طول فصل رشد در زراعت گوار

عمق ریشه (سانتی‌متر)	تاریخ انجام آبیاری	مقدار آبیاری (متر مکعب در هکتار)
صفر	۸ خرداد	۲۸۰
۱۸	۲۳ خرداد	۳۳۰
۳۰	۷ تیر	۳۹۰
۴۷	۲۲ تیر	۴۳۰
۸۲	۶ مرداد	۴۶۰
۱۰۲	۲۱ مرداد	۵۰۰
۱۲۰	۵ شهریور	۴۸۰
۱۳۱	۲۰ شهریور	۴۷۰
۱۳۵	۴ مهر	۴۶۰

جدول ۳- هزینه‌های مشترک برای هر یک از تیمارهای آزمایش بر حسب هکتار (به غیر از هزینه‌های مربوط به بذر و کود نیتروژن مصرفی، سایر هزینه‌ها، برای تیمارها یکسان بود)

نوع عملیات	مقدار مصرفی	واحد	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل (ریال)
گاوآهن	۱	مرحله	۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۰,۰۰۰,۰۰۰
ساب سویلر	۲	مرحله	۶۷,۵۰۰,۰۰۰	۱۳۵,۰۰۰,۰۰۰
کلوخ کوب	۳	مرحله	۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰
دیسک	۲	مرحله	۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰
لولر	۲	مرحله	۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰
سم حشره‌کش آوانت مصرف شده	۶۷۰	میلی‌لیتر	۷,۰۰۰	۴,۶۹۰,۰۰۰
سمپاشی	۱	مرحله	۱۱,۰۰۰,۰۰۰	۱۱,۰۰۰,۰۰۰
اسید هیومیک مصرف شده	۱۷	کیلوگرم	۲,۹۷۰,۰۰۰	۵۰,۴۹۰,۰۰۰
هزینه‌های کارگری (بابت وجین، جمع‌آوری بذر و ...)	۵۰	مرحله	۳,۰۰۰,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰
کود پتاسه مصرف شده	۲۰۰	کیلوگرم	۷۰۰,۰۰۰	۱۴۰,۰۰۰,۰۰۰
کود فسفره مصرف شده	۶۵	کیلوگرم	۱,۲۵۰,۰۰۰	۸۱,۲۵۰,۰۰۰
کل آب مصرف شده	۳۸۰۰	مترمکعب	۵۰۰	۱,۹۰۰,۰۰۰
کوبیدن غلاف‌ها	۷	ساعت	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۵,۰۰۰,۰۰۰
جمع کل	-	-	-	۶۵۳,۰۸۰,۰۰۰

جدول ٤- هزینه بذر و کود نیتروژن مصرفی برای هر یک از تیمارهای آزمایش

کود نیتروژن کیلوگرم در هکتار	تراکم بوته (گیاه در متر مربع)	هزینه بذر مصرفی (ریال بر هکتار)	هزینه کود نیتروژن مصرفی (ریال بر هکتار)
شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن)	۲۰	۳۷۵۰۰۰	۰
	۳۳	۶۲۵۰۰۰	۰
	۶۶	۱۲۵۰۰۰۰	۰
اعمال ۵۰ درصد نیاز گیاه به کود نیتروژن	۲۰	۳۷۵۰۰۰	۴۸۰۰۰۰
	۳۳	۶۲۵۰۰۰	۴۸۰۰۰۰
	۶۶	۱۲۵۰۰۰۰	۴۸۰۰۰۰
اعمال ۱۰۰ درصد نیاز گیاه به کود نیتروژن	۲۰	۳۷۵۰۰۰	۹۶۰۰۰۰
	۳۳	۶۲۵۰۰۰	۹۶۰۰۰۰
	۶۶	۱۲۵۰۰۰۰	۹۶۰۰۰۰

جدول ۵- میزان درآمد و کل هزینه‌ها برای هر یک از تیمارهای آزمایش (به غیر از هزینه‌های مربوط به بذر و کود نیتروژن مصرفی، سایر هزینه‌ها، برای تیمارها یکسان بود)

کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	هزینه‌ها (صد میلیون ریال در هکتار)	درآمد (صد میلیون ریال در هکتار)
شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن)	۶/۵۷	۹/۵۸
	۶/۵۹	۱۱/۱
	۶/۶۵	۱۱/۴
اعمال ۵۰ درصد نیاز گیاه به کود نیتروژن	۶/۶۱	۱۰/۵
	۶/۶۴	۱۱/۹
	۶/۷۰	۱۲/۱
اعمال ۱۰۰ درصد نیاز گیاه به کود نیتروژن	۶/۶۶	۱۱/۰
	۶/۶۹	۱۳/۷
	۶/۷۵	۱۳/۹

در تیمار کود نیتروژن در دو سطح شاهد و تامین ۵۰ درصد نیاز کود نیتروژن، با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۶۶ بوته در مترمربع، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ اما در سطح تامین ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن، فقط با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۳۳ و ۶۶ بوته در مترمربع، عملکرد دانه افزایش معنی‌داری از خود نشان داد و بین دو سطح تراکم ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). کمترین عملکرد دانه نیز در تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع مشاهده شد؛ به‌طوری‌که در این تیمار، عملکرد دانه حتی به ۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار هم نرسید (جدول ۷). این نتایج نشان می‌دهند که در شرایط عدم تامین کامل نیاز نیتروژن گیاه، افزایش تراکم بوته می‌تواند در خنثی کردن اثر کمبود فراهمی نیتروژن موثر باشد. اما در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن گوار، می‌توان تراکم بوته را کمتر از ۶۶ بوته در متر مربع، در نظر گرفت. چرا که فراهمی مکفی نیتروژن می‌تواند در توسعه شاخ و برگ و تشکیل واحدهای زایشی بیشتر و به دنبال آن، دستیابی به عملکرد بالاتر موثر باشد. به نظر می‌رسد که افزایش رشد رویشی گوار طی اعمال ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن گیاه، می‌تواند در افزایش عملکرد دانه گوار موثر باشد. همچنین به نظر می‌رسد که علی‌رغم توانایی گیاه گوار، در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، این قابلیت، نمی‌تواند به اندازه کافی در تامین نیتروژن مورد نیاز رشد این گیاه تاثیرگذار باشد و کاربرد ۱۰۰ درصد کود نیتروژن مورد نیاز گوار جهت دستیابی به پتانسیل عملکرد، ضروری می‌باشد. علاوه بر این، با توجه به نقش نیتروژن در تحریک رشد رویشی گیاه، به نظر می‌رسد که تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گوار، می‌تواند در توسعه شاخ و برگ آن موثر باشد و با توجه به اینکه گوار یکی از گیاهان خانواده بقولات بوده و گیاهان زراعیِ عضو این خانواده دارای تیپ رشدی نامحدود هستند و واحدهای زایشی در این گیاهان، در قسمت‌های مختلف کانوپی تشکیل می‌شوند و با عنایت به اینکه هر برگ، نزدیک‌ترین واحد زایشی به خود را تغذیه می‌کند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۹۲). لذا نفوذ نور در گیاهان رشد نامحدود برای فتوسنتز برگ‌های پایینی و به دنبال آن، تغذیه واحدهای زایشی پایین کانوپی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو، از یک طرف، توسعه بیشتر شاخ و برگ و واحدهای زایشی بواسطهٔ تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه و از طرف دیگر، احتمالاً سایه‌اندازی بیشتر بوته‌ها بر روی یکدیگر در تراکم بالا (۶۶ بوته در متر مربع)، باعث کاهش استفاده بهینه گوار از منابع شده و این امر سبب شده است تا علی‌رغم افزایش تراکم بوته از ۳۳ به ۶۶ بوته در متر مربع در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گوار، بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه وجود نداشته باشد. در همین راستا، حیدرزاده و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهش خود، طی بررسی پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد گوار به سه تراکم بوته ۲۰، ۴۰ و ۶۰ بوته در متر مربع در چهار تاریخ کاشت مختلف، گزارش کردند که تقریباً در سه تاریخ کاشت ۲۲ اردیبهشت، ۱۹ خرداد و ۲ تیر، بین سه تراکم بوته مورد بررسی اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد وجود نداشت. اما در تاریخ کاشت ۵ خرداد (که بیشترین عملکرد دانه در این تاریخ کاشت وجود داشت)، دو تراکم بوته ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع، بیشترین عملکرد دانه را از خود نشان دادند و بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت؛ اما افزایش تراکم بوته از ۴۰ به ۶۰ بوته در متر مربع در این تاریخ کاشت، سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گوار گردید. آن‌ها دلیل این امر را توزیع مطلوب‌تر سطح برگ و بهره‌وری بهتر جامعه گیاهی از نور و تولید ماده خشک بالاتر در دو تراکم ۲۰ و ۴۰ بوته در متر مربع نسبت به تراکم ۶۰ بوته در متر مربع عنوان کردند.

جدول ٦- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گوار تحت شرایط کود نیتروژن و تراکم بوته

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	کارایی مصرف آب	کارایی مصرف کود	بهره‌وری آب	بهره‌وری کود	سود خالص
تکرار	۲	۲۶۳۴۲	۰/۰۰۲	۰/۱۶۹	۶۵۶۷۳۴۰۷۲	۶۰۸۰۰۱۱۹۸۰۶	۰/۹۴۸
کود نیتروژن	۲	۲۹۵۱۱۷**	۰/۰۲۰**	۱۶/۷**	۶۷۲۸۲۲۹۹۱۷**	۴۰۷۲۶۸۰۰۰۰**	۹/۷۱**
خطای الف	۴	۹۵۴	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۱۶	۲۳۷۹۵۰۱۴	۵۹۴۹۹۴۳۸۵۵	۰/۰۳۴
تراکم بوته	۲	۳۳۹۶۰۵**	۰/۲۳۵**	۱/۹۳**	۷۹۶۳۲۰۸۶۲۲**	۶۵۱۴۰۲۰۰۰۰**	۱۱/۵**
تراکم بوته × کود نیتروژن	۱۲	۱۴۵۸۸**	۰/۰۰۱**	۰/۰۴۹**	۳۶۳۶۹۲۵۲۱**	۱۶۶۸۷۷۰۶۰۴۷**	۰/۵۲۵**
خطای ب	۲۶	۶۲۷	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۲	۱۵۶۲۹۲۷۱	۹۲۳۲۴۸۱۶۰	۰/۰۲۲
ضریب تغییرات	-	۱/۲۸	۱/۲۳	۰/۹۳	۲/۹۷	۲/۵۰	۲/۹۴

**: معنی‌دار در سطح یک درصد

کارایی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم بوته بر کارایی مصرف آب گوار معنی‌دار شد (جدول ۶). بدین ترتیب که بیشترین کارایی مصرف آب در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن و در دو تراکم ۶۶ و ۳۳ بوته در متر مربع مشاهده شد و تنها در این دو تیمار بود که کارایی مصرف آب به بیش از ۰/۶ کیلوگرم بر مترمکعب رسید (جدول ۷). پس از این دو تیمار، تیمار تامین ۵۰ درصد نیاز کود نیتروژن و تراکم ۶۶ بوته در متر مربع با کارایی مصرف آب ۰/۵۳۳ کیلوگرم بر هکتار در رتبه بعدی قرار گرفت. مشابه نتایج حاصله در صفت عملکرد دانه، در خصوصیت کارایی مصرف آب نیز در تیمار کود نیتروژن در دو سطح شاهد و تامین ۵۰ درصد نیاز کود نیتروژن، با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۶۶ بوته در متر مربع، کارایی مصرف آب بطور معنی‌داری افزایش یافت؛ اما در سطح تامین ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن، فقط با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع، کارایی مصرف آب افزایش معنی‌داری از خود نشان داد و بین دو سطح تراکم ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). کمترین کارایی مصرف آب نیز در تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع مشاهده شد.

بطوری که در این تیمار، کارایی مصرف آب نسبت به شرایط مشابه تراکم (۲۰ بوته در متر مربع) در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد تامین نیاز کود نیتروژن گیاه، بطور معنی‌داری و به ترتیب به میزان ۱۴/۸ و ۱۴/۵ درصد کمتر بود (جدول ۷). بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد که در شرایط عدم تامین کامل نیاز نیتروژن گیاه، افزایش تراکم بوته می‌تواند در خنثی کردن اثر کمبود فراهمی نیتروژن بر روی کارایی مصرف آب موثر باشد. همچنین از نتایج حاصله، چنین بر می‌آید که با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۶۶ بوته در متر مربع و با افزایش نیتروژن مصرفی از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز گیاه، کارایی مصرف آب، افزایش می‌یابد. این نتایج با یافته‌های محققین دیگر در توافق است. جویبان و همکاران (۱۳۹۸) نیز در گزارشات خود، افزایش کارایی مصرف آب ارزن پادزهری را طی افزایش کاربرد کود نیتروژن، خصوصاً در شرایط تنش خشکی عنوان کردند. از آنجایی که وجود کارآیی مصرف آب بالاتر، بدین مفهوم است که گیاه به ازای آب مصرفی، ماده خشک بیشتری تولید کرده است (Blum, 2005)، لذا به نظر می‌رسد که با افزایش تراکم بوته تا حد ۶۶ بوته در متر مربع و با افزایش کود نیتروژن مصرفی تا حد ۱۰۰ درصد نیاز گیاه، می‌توان به کارآیی مصرف آب بالاتر در زراعت گوار دست یافت.

کارایی مصرف کود

بررسی تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم بوته بر کارایی مصرف کود گوار معنی‌دار گردید (جدول ۶). بدین ترتیب که بیشترین کارایی مصرف کود به میزان ۶/۷۵ در شرایط عدم مصرف نیتروژن و در تراکم ۶۶ بوته در متر مربع مشاهده شد (جدول ۷). پس از این تیمار، دو تراکم ۳۳ و ۲۰ بوته در متر مربع در شرایط عدم مصرف نیتروژن به ترتیب با کارایی مصرف کود ۶/۵۸ و ۵/۶۶ در رتبه بعدی قرار گرفتند. در سایر تیمارها، کارایی مصرف کود، کمتر از ۴/۷ بود. در تمامی سطوح تیمار کود نیتروژن، با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۶۶ بوته در متر مربع، کارایی مصرف کود نیز بطور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۷). با این وجود، سطوح تراکم بوته در شرایط تامین ۱۰۰ درصد کود نیتروژن مورد نیاز گیاه، نسبت به سطوح مشابه خود در شرایط شاهد و تامین ۵۰ درصد نیاز کود نیتروژن، بطور معنی‌داری، کارایی مصرف کود کمتری از خود نشان دادند؛ به گونه‌ای که در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه، کارایی مصرف کود، حتی به چهار هم نرسید. کمترین کارایی مصرف کود نیز در شرایط تامین ۱۰۰ نیتروژن مورد نیاز گیاه و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع مشاهده شد. بطوری که در این تیمار، کارایی مصرف کود کمتر ۳/۱۵ بود (جدول ۷). تحقیقات نشان داده‌اند که عموماً در یک سیستم کشاورزی کم نهاده، کارایی استفاده از نهاده‌ها بالاتر است.

جدول ۷- مقایسات میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم بوته بر روی صفات مورد مطالعه در زراعت گوار

کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	تراکم بوته (گیاه در هر متر مربع)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	کارایی مصرف کود (کیلوگرم بر کیلوگرم)	بهره‌وری آب (ریال بر مترمکعب)	بهره‌وری کود (ریال بر هکتار)	سود خالص (صد میلیون ریال در هکتار)
شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن)	۲۰	۱۵۹۷ g	۰/۴۲۰ g	۵/۶۶ c	۷۹۳۰۸ f	۱۰۶۸۶۸۸d	۳/۰۱ f
	۳۳	۱۸۵۵ e	۰/۴۸۸ e	۶/۵۸ b	۱۱۹۳۸۷ cd	۱۶۰۸۷۵۹ b	۴/۵۳ cd
	۶۶	۱۹۰۵ d	۰/۵۰۱ d	۶/۷۵ a	۱۲۵۶۸۹ c	۱۶۹۳۶۸۸ a	۴/۷۷ c
اعمال ۵۰ درصد نیاز گیاه به کود نیتروژن	۲۰	۱۷۵۵ f	۰/۴۸۲ f	۴/۰۶ f	۱۰۲۹۹۲ e	۹۰۵۹۴۹ e	۳/۹۱ e
	۳۳	۱۹۸۱ c	۰/۵۲۱ c	۴/۵۸ e	۱۳۸۰۱۸ b	۱۲۱۴۰۵۱ c	۵/۳۴ b
	۶۶	۲۰۲۶ b	۰/۵۳۳ b	۴/۶۹ d	۱۴۳۵۸۴ b	۱۲۶۳۰۰۹ c	۵/۴۵ b
اعمال ۱۰۰ درصد نیاز گیاه به کود نیتروژن	۲۰	۱۸۲۹ e	۰/۴۸۱ e	۳/۱۴ h	۱۱۳۵۱۸ d	۷۴۱۱۸۶ f	۴/۳۱ d
	۳۳	۲۲۸۹ a	۰/۶۰۲ a	۳/۹۳ g	۱۸۵۴۹۲ a	۱۲۱۱۱۷ c	۷/۰۵ a
	۶۶	۲۳۱۳ a	۰/۶۰۹ a	۳/۹۷ fg	۱۸۷۳۶۷ a	۱۲۲۵۱۲۰ c	۷/۱۳ a

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

چرا که گیاه تلاش می‌کند تا از همان حداقل نهاده موجود، بهترین استفاده را کرده و بیشترین ماده خشک را تولید کند (English and James, 1990). در پژوهش حاضر نیز، افزایش مقادیر کاربرد کود نیتروژن، با کاهش کارایی مصرف کود همراه بود. در همین ارتباط، جویبان و همکاران (۱۳۹۸) نیز در گزارشات خود، کاهش کارایی مصرف کود نیتروژن ارزن پادزهری را طی افزایش کاربرد کود نیتروژن، عنوان کردند. آن‌ها اظهار داشتند که با افزایش کود نیتروژن مصرفی، میزان هدر رفت نیتروژن نیز افزایش یافته و همین امر سبب کاهش کارایی مصرف نیتروژن شده است. این محققین بیان نمودند که عموماً کارایی مصرف یک نهاده در زمان مصرف کمتر آن نهاده، بالاتر است؛ چرا که گیاه تلاش می‌کند تا از حداقل نهاده موجود، بیشترین بهره‌برداری را داشته باشد. در تحقیقی دیگر، بِلِت و همکاران (Belete et al., 2018) در مطالعات خود به بررسی تاثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی‌های نیتروژن در ارقام مختلف گندم نان پرداختند. این محققین نیز کاهش معنی‌دار کارایی-های نیتروژن را طی افزایش مقدار کود نیتروژن از ۱۲۰ به ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار برای تمامی ارقام مورد مطالعه گزارش کردند.

بهره‌وری آب

اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم بوته بر روی بهره‌وری آب گوار معنی‌دار شد (جدول ۶). بدین صورت که بیشترین بهره‌وری آب در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن و در دو تراکم ۶۶ و ۳۳ بوته در متر مربع مشاهده شد و تنها در این دو تیمار، بهره‌وری آب به بیش از ۱۸۵۰۰۰ ریال بر مترمکعب رسید (جدول ۷). پس از این دو تیمار، دو تراکم ۶۶ و ۳۳ بوته در متر مربع در شرایط تامین ۵۰ درصد نیاز کود نیتروژن در رتبه بعدی قرار گرفتند. در تیمار شاهد کود نیتروژن، با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۳۳ و از ۳۳ به ۶۶ بوته در متر مربع، بهره‌وری آب بطور معنی‌داری افزایش یافت؛ اما در سطح تامین ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن، فقط با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع، بهره‌وری آب افزایش معنی‌داری از خود نشان داد و بین دو سطح تراکم ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). کمترین بهره‌وری آب نیز در تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع مشاهده شد. بطوری که در این تیمار، بهره‌وری آب حتی به ۸۰۰۰۰ ریال بر مترمکعب هم نرسید و نسبت به شرایط مشابه تراکم (۲۰ بوته در متر مربع) در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد تامین نیاز کود نیتروژن گیاه، بطور معنی‌داری و به ترتیب به میزان ۲۹/۸ و ۴۳/۱ درصد کمتر بود (جدول ۷). این نتایج نشان می‌دهند که با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۳۳ بوته در متر مربع و با افزایش نیتروژن مصرفی از صفر به ۱۰۰ درصد نیاز گیاه، بهره‌وری آب گوار افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، با کاهش تراکم بوته و همچنین با کاهش کود نیتروژن مصرفی، از بهره‌وری آب نیز کاسته می‌شود. علاوه بر این، چنین تفسیر می‌گردد که تاثیر افزایش تراکم بوته در خنثی کردن اثر عدم مصرف نیتروژن بر روی بهره‌وری آب، به مراتب بیشتر از تاثیر افزایش تراکم بوته در تعدیل اثر کمبود فراهمی نیتروژن بر روی بهره‌وری آب در شرایط تامین ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود نیتروژن بود. جمالی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب گیاهان زراعی حوضه دریاچه ارومیه، اظهار داشتند که در صورت وجود محدودیت آب در این حوضه، به لحاظ اقتصادی، اولویت کشت با گیاه گندم با بهره-وری آبِ ۶۹۰۰ ریال بر مترمکعب می‌باشد. عبدزاد گوهری و امیری (۱۳۹۷) نیز در تحقیقات خود طی بررسی اثر چهار مدار آبیاری شش، ۱۲، ۱۸ روز و عدم آبیاری، در چهار سطح کود نیتروژن ۳۰، ۶۰، ۹۰ و عدم مصرف کود نیتروژن، بر روی بادام‌زمینی دریافتند که بالاترین بهره‌وری آب، در شرایط مدار آبیاری شش روز و کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد.

بهره‌وری کود

بررسی تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم بوته بر بهره‌وری کود در زراعت گوار معنی‌دار گردید (جدول ۶). بطوری که بیشترین بهره‌وری کود در شرایط عدم مصرف نیتروژن، در تراکم ۶۶ بوته در متر مربع مشاهده شد و فقط در این تیمار بود که بهره‌وری کود به بیش از ۱۶۹۰۰۰۰ ریال بر هکتار رسید (جدول ۷). پس از این تیمار، تراکم ۳۳ بوته در متر مربع در شرایط عدم مصرف نیتروژن با بهره‌وری کود ۱۶۰۸۷۵۹ ریال بر هکتار در رتبه بعدی قرار گرفت. در سایر تیمارها، بهره‌وری کود، کمتر از ۱۲۷۰۰۰۰ ریال بر هکتار بود. در هر سه سطح تیمار کود نیتروژن، با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۶۶ بوته در متر مربع، بهره‌وری کود نیز بطور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۷). با این وجود، در تیمار شاهد کود نیتروژن، با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۳۳ و از ۳۳ به ۶۶ بوته در متر مربع، بهره‌وری کود بطور معنی‌داری افزایش یافت؛ اما در سطح تامین ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن، فقط با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع، بهره‌وری کود افزایش معنی‌داری از خود نشان داد (جدول ۷). سطوح تراکم بوته ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع در شرایط تامین ۱۰۰ درصد کود نیتروژن مورد نیاز گیاه، نسبت به سطوح مشابه خود در شرایط تامین ۵۰ درصد نیاز کود نیتروژن، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و هر چهار تیمار از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین بهره‌وری کود نیز در شرایط تامین ۱۰۰ نیتروژن مورد نیاز گیاه و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع مشاهده شد. بطوری که در این تیمار، بهره‌وری کود کمتر ۷۵۰۰۰۰ ریال بر هکتار بود (جدول ۷). با توجه به مفهوم بهره‌وری

مبنی بر میزان سود خالص بدست آمده از کشت یک محصول به ازای میزان نهاده مصرف شده برای آن محصول (جمالی و همکاران، ۱۳۹۷)، برتری بهره‌وری کود در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن در تراکم بوته ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع منطقی به نظر می‌رسد. چرا که در این دو تیمار، کود نیتروژنی مصرف نشده و هزینه‌ای هم بابت کود نیتروژن پرداخت نشده است. از طرف دیگر، گویی در این دو تیمار، مصرف سایر کودها، اثر جبران‌کنندگی در تعدیل اثرات کمبود نیتروژن داشته و در کاهش میزان هزینه‌های کود نسبت به درآمد حاصله و افزایش بهره‌وری موثر بوده است. محدث حسینی (۱۳۹۸) طی بررسی نسبت فایده به هزینه برای برخی گیاهان زراعی و دارویی استان خراسان رضوی، گزارش کرد که نسبت فایده به هزینه در اغلب گیاهان دارویی نسبت به گیاهان زراعی بالاتر بود. به عنوان مثال، نسبت فایده به هزینه برای دو گیاه خاکشیر و گاوزبان، به ترتیب ۹/۱۷ و ۷/۸۳ ده ریال در هکتار بود. در حالی که بالاترین مقدار این نسبت در بین گیاهان زراعی، متعلق به هندوانه آبی و گوجه‌فرنگی به ترتیب با ۳/۷۹ و ۳/۱۴ ده ریال در هکتار بود.

سود خالص

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم بوته بر سود خالص زراعت گوار معنی‌دار شد (جدول ۶). بدین صورت که بیشترین سود خالص در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن و در دو تراکم ۶۶ و ۳۳ بوته در متر مربع مشاهده شد و تنها در این دو تیمار بود که سود خالص به بیش از هفت صد میلیون ریال در هکتار رسید (جدول ۷). پس از این دو تیمار، دو تراکم ۶۶ و ۳۳ بوته در متر مربع در شرایط تامین ۵۰ درصد نیاز کود نیتروژن به ترتیب با سود خالص ۵/۴۵ و ۵/۲۴ صد میلیون ریال در هکتار در رتبه بعدی قرار گرفتند. در هر یک از سطوح تیمار کود نیتروژن، با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع، سود خالص افزایش معنی‌داری از خود نشان داد و بین دو سطح تراکم ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). کمترین سود خالص نیز در تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع مشاهده شد. بطوری که در این تیمار، سود خالص از ۳/۰۱ صد میلیون ریال در هکتار تجاوز نکرد و نسبت به شرایط مشابه تراکم (۲۰ بوته در متر مربع) در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد تامین نیاز نیتروژن گیاه، بطور معنی‌داری و به ترتیب به میزان ۲۹/۹ و ۴۳/۲ درصد کمتر بود (جدول ۷). به نظر می‌رسد که علی‌رغم داشتن توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در گیاه گوار، افزایش مصرف کود نیتروژن تا حد ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گوار، می‌تواند در افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و به فعلیّت رسیدن پتانسیل تولید گوار و نهایتاً دستیابی به سود اقتصادی بالاتر موثر باشد. اما افزایش تراکم بوته از ۳۳ به ۶۶ بوته در متر مربع، تاثیری در ارتقای عملکرد دانه و افزایش سود خالص زراعت گوار ندارد. این موضوع می‌تواند ناشی از رشد نامحدود بودن تیپ رشدی گوار و تشکیل واحدهای زایشی در قسمت‌های مختلف کانوپی در این گیاه باشد. به عبارت دیگر، احتمالاً در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن گیاه، افزایش تراکم بوته از ۳۳ به ۶۶ بوته در متر مربع، تاثیری در افزایش تعداد واحدهای زایشی و عملکرد دانه و حصول سود اقتصادی بیشتر ندارد. محدث حسینی (۱۳۹۸) طی بررسی سود خالص بدست آمده و نسبت فایده به هزینه برای مهم‌ترین گیاهان زراعی و دارویی استان خراسان رضوی، اظهار داشت که نسبت فایده به هزینه در اکثر گیاهان زراعی در مقایسه با گیاهان دارویی کمتر بود. با این وجود، این محقق در مقایسه دو شاخص نسبت فایده به هزینه و سود خالص، دریافت که این دو شاخص، گاهاً با هم تطابق ندارند. به عنوان مثال گاوزبان که نسبت فایده به هزینه بالایی را از خود نشان داد، با ۴۴/۸ میلیون ریال، بیشترین سود خالص را نیز به خود اختصاص داد. اما هندوانه آبی که در بین گیاهان زراعی، بیشترین نسبت فایده به هزینه را از خود نشان داد، با ۷/۳۹ میلیون ریال، از سود خالص متوسطی برخوردار بود و در بین گیاهان زراعی، بیشترین سود خالص، متعلق به سیب‌زمینی آبی با ۱۳/۹ میلیون ریال بود؛ هرچند که نسبت فایده به هزینه در سیب-زمینی آبی، از ۲/۷۵ ده ریال در هکتار تجاوز نکرد. بر این اساس، وی اظهار داشت که نسبت فایده به هزینه (یا همان بهره‌وری در تحقیق حاضر) نمی‌تواند به تنهایی ملاک تصمیم‌گیری باشد. در تحقیقی دیگر، محققین (شیبانی و محتمشی، ۱۳۹۷) طی بررسی توجیه‌پذیری اقتصادی کشت گیاه خاکشیر در شهرستان تربت حیدریه، به ارزیابی هزینه‌های تولید، مقدار محصول تولید شده، قیمت محصول و شاخص فایده، با توجه به سود خالص احتمالی برای گیاه خاکشیر پرداخته و زراعت و تجارت این گیاه را مورد تجزیه و تحلیل اقتصادی قرار دادند. آن‌ها عنوان کردند که (در سال مورد بررسی) سود خالص کشت خاکشیر آبی ۶۰۰۰۰۰۰ ریال و سود خالص کشت خاکشیر دیم ۶۶۰۰۰۰۰ ریال است. بنابراین، کشت گیاه خاکشیر به دلیل اینکه خاکشیر محصولی کم‌آب و پُر درآمد و دارای هزینه فایده مثبت و دوره رشد کوتاه می‌باشد، دارای بازدهی مثبت اقتصادی در شهرستان تربت حیدریه است.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، هرچند بالاترین کارایی مصرف و بهره‌وری کود در شرایط عدم مصرف نیتروژن و در تراکم ۶۶ بوته در متر مربع بدست آمد، اما بیشترین عملکرد دانه و کارایی مصرف و بهره‌وری آب و همچنین بیشترین سود خالص در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژن گوار (۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و در دو تراکم ۳۳ و ۶۶ بوته در متر مربع حاصل شد. به نظر می‌رسد که علی‌رغم داشتن

توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در گیاه گوار، این گیاه به خوبی به کاربرد کود نیتروژن، پاسخ مثبت نشان داده و تامین ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه، ضروری می‌باشد. اما افزایش تراکم بوته از ۳۳ به ۶۶ بوته در متر مربع، تاثیری در ارتقای عملکرد دانه و افزایش سود خالص زراعت گوار نداشت. این موضوع احتمالاً ناشی از رشد نامحدود بودن تیپ رشدی گوار و تشکیل واحدهای زایشی در قسمت‌های مختلف کانوپی در این گیاه باشد. بر این اساس، تامین نیاز کامل نیتروژن مورد نیاز گوار و در نظر گرفتن تراکم ۳۳ بوته در متر مربع برای دستیابی به حداکثر سود اقتصادی در زراعت این محصول در شهرستان تایباد توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

این مقاله با مساعدت شرکت کشاورزی مدیر کشت توس (سهامی خاص) تهیه گردیده و نویسندگان از مدیران این شرکت قدردانی می‌نمایند.

منابع

احمدی نورالدین‌وند، ف.، مرادی تلاوت، م.ر.، سیادت، س.ع. و مشتطی، ع. ۱۳۹۸. واکنش رشد رویشی و زایشی گوار به کاربرد هیومیک اسید در آب آبیاری تحت تاثیر تراکم‌های مختلف کاشت. پژوهش‌های حبوبات ایران. ۱۰ (۲): ۱۱۸-۱۰۴.

ارشدی، م.ج.، خزاعی، ح.ر.، نصیری محلاتی، م. و عاقلی، س.ا. ۱۳۸۹. اثرات برخی صفات مهم زراعی بر عملکرد سیب‌زمینی و امکان تعیین زمان نیاز گیاه سیب‌زمینی به کود نیتروژن با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر. نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۲ (۱): ۱۲۸-۱۱۹.

جمالی، ر.، بشارت، س.، یاسی، م. و امیرپور دیلمی، ا. ۱۳۹۷. ارزیابی راندمان‌های آبیاری، کارایی مصرف و بهره‌وری آب در حوضه دریاچه ارومیه (مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی زرینه رود). نشریه علوم آب و خاک. ۲۲ (۳): ۱۳۰-۱۱۷.

جویبان، ز.، کافی، م.، نظامی، ا. و موسوی، س. غ. ر. ۱۳۹۸. بررسی تاثیر سطوح آبیاری، نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد ماده خشک و برخی صفات فیزیولوژیک ارزن پادزهری. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۷ (۳): ۴۱۴-۴۰۳.

حسینی‌نژاد، ن. ۱۴۰۰. تاثیر محلول‌پاشی آسکوربیک اسید و کلسیم بر خصوصیات مورفو-فیزیویوژیکی گوار در شرایط تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

حیدرزاده، م.، احتشامی، س.م.ر. و ربیعی، م. ۱۳۹۹. اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد گوار در استان گیلان. نشریه فرآیند و کارکرد گیاهی. ۹ (۳۹): ۲۱۴-۱۹۷.

خشوعی، ز.، عاشوری، م.، دورودیان، ح.ر.، امیری، ا. و محمدیان روشن، ن. ۱۴۰۰. تاثیر مدیریت آبیاری، کمپوست زباله شهری و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک بادام زمینی. مجله تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک. ۳ (۲): ۳۵۷-۳۳۹.

سرمدنیا، غ.ح. و کوچکی، ع. ۱۳۹۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

شاه‌قاسمی، م.، ثقه الاسلامی، م.ج.، موسوی، س. غ. ر. و نخعی، ف. ۱۴۰۱. بررسی اثر سطوح آبیاری، تراکم بوته و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر عملکرد گیاه گوار. مجله تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک. ۴ (۲): ۵۰۲-۴۸۷.

شهبازی، م.، خدایی جوقان، آ.، مرادی تلاوت، م.ر. و مشتطی، ع. ۱۴۰۰. اثر نسبت‌های کشت مخلوط هم زمان و هم پوشان بر عملکرد اسانس نعناع فلفلی و کیفیت علوفه گوار. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۳ (۲): ۱۴۱-۱۲۷.

شیبانی، م. و محتشمی، ت. ۱۳۹۷. بررسی توجیه‌پذیری اقتصادی کشت گیاه خاکشیر در شهرستان تربت حیدریه. دومین کنفرانس بین المللی گیاهان دارویی، کشاورزی ارگانیک، مواد طبیعی و دارویی. مشهد، ایران.

عبدزاده گوهری، ع. و امیری، ا. ۱۳۹۷. تابع تولید و بهره‌وری مصرف آب گیاه بادام‌زمینی (رقم گیل) در شرایط آبیاری و افزودن کود نیتروژن. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۲ (۱): ۶۶-۵۵ .

محدث حسینی، س.ا. ۱۳۹۸. مقایسه سود اقتصادی کشت گیاهان دارویی با محصولات زراعی در استان خراسان رضوی. نشریه علمی ترویجی فناوری گیاهان دارویی ایران. ۲ (۱): ۱۴-۱.

Araya, A., Prasad, P.V.V., Gowda, P.H., Kisekka, I. and Foster, A.J. 2019. Yield and water productivity of winter wheat under various irrigation capacities. Journal of the American Water Resources Association. 55: 24-37. doi.org/10.1111/1752-1688.12721

Arshadi, J. and Asgharipour, M.R. 2011. The Effects of seed size on germination and early seedling growth of pelleted seeds of sugar beet. Journal of Applied Sciences Research. 7(8): 1257-1260.

Blum, A. 2005. Drought resistance, water use efficiency and yield potential, are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research. 56: 1159-1168.

bean (Cyamopsis tetragonoloba L. Taub.) under arid conditions. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B. Biological Sciences. 85(1): 147-154.

Ren, X., Zhang, L., Du, M., Evers, J.B., Van der Werf, W., Tian, X. and Li, Zh. 2013. Managing mepiquat chloride and plant density for optimal yield and quality of cotton. Field Crops Research. 149: 1-10. DOI: 10.1016/j.fcr.2013.04.014.

Schlemmer, M.R., Francis, D.D., Shanahan, J.F. and Schepers, J.S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agronomy Journal. 97: 106-112. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0106

Singh, S.K. 2014. An analysis of guar crop in India. 2014. Report prepared by NIAM, Jaipur for United States Department of Agriculture (USDA), New Delhi.

Singla, S., Grover, K., Angadi, S., Begna, S., Schutte, B. and Leeuwen, D. 2016. Growth and yield of guar (Cyamopsis tetragonoloba L.) genotypes under different planting dates in the semi-arid southern high plains. American Journal of Plant Sciences. 7(8): 1246-1258. doi:10.4236/ajps.2016.78120

Tran, T.T., Kano-Nakata, M., Takeda, M., Menge, D., Mitsuya, S., Inukai, Y. and Yamauchi, A. 2014. Nitrogen application enhanced the expression of developmental plasticity of root systems triggered by mild drought stress in rice. Plant and Soil. 378: 139-152. Doi: 10.1007/s11104-013-2013-5.

Belete, F., Dechassa, N., Molla, A. and Tana, T. 2018. Effect of nitrogen fertilizer rates on grain yield and nitrogen uptake and use efficiency of bread wheat (Triticum aestivum L.) varieties on the Vertisols of central highlands of Ethiopia. Agriculture and Food Security. 7: 78. doi.org/10.1186/s40066-018-0231-z.

Dobermann, A. 2005. Nitrogen Use Efficiency – state of the Art. IFA International work shop on Enhanced-Efficiency Fertilizers. Frankfort, Germany, 28-30 June 2005.

English, M. and James, L. 1990. Deficit irrigation II: Observations in Columbia basin, ASCE. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 16(3): 413-426.

Gliessman, S.R. 1990. Agro ecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture. New York, Springer-Verlag.

Gliessman, S.R. and Rosemeyer, M. 2010. The Conversion to Sustainable Agriculture. Principle, Processes and Practice. CRC Press. Taylor and Francis.

Hema, Y. and Shalendra, A. 2014. An Analysis of Performance of Guar Crop in India. Guar Cultivation Practices p: 17-31 Prepared by CCS National Institute of Agricultural Marketing and Jaipur for United States Department of Agriculture (USDA), New Delhi.

Ibrahim, H.M. 2012. Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. APCBEE Procedia. 4: 175-182.

Pathak, R. and Roy, M.M. 2015. Climatic responses, environmental indices and interrelationships between qualitative and quantitative traits in cluster

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 18, Dec.-Jan. 2024, p. 795-807

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۸، آذر - دی ۱۴۰۳، ص. ۸۰۷-۷۹۵

Economical Analysis and Comparison of Use Efficiency and Productivity of Water and Fertilizer in Guar Cultivation, Under Different Levels of Nitrogen Fertilizer and Plant Density

M.N. Modoodi[1*], V. Shamsabadi[2], E. Jahangir Dehborozoei[3] and A. Modoodi[4]

Recived: Jul.10, 2023 Accepted: Nov.04, 2023

Abstract

The present research was performed with the aim of investigating the efficiency and productivity of water and fertilizer in guar cultivation and analyzing the profit obtained from it, under different levels of nitrogen and plant density in Taibad city of Khorasan Razavi Province. The experiment was performed as a split plot in the form of a randomized complete block design with two factors and in three replications. The first factor included nitrogen fertilizer, based on the recommendations of soil laboratory, at three levels without giving nitrogen fertilizer (zero kg per hectare of urea) and 50 and 100% of guar's need for nitrogen (equivalent to 150 and 300 kg per hectare of urea, respectively), that was applied half of it at the time of planting and other half at the time of podding stage of guar. The second factor also included three levels of guar plant density, which was implemented as densities of 20, 33 and 66 plants per square meter. The results indicated that the highest use efficiency and productivity of fertilizer was obtained in condition of no nitrogen consumption and at a density of 66 plants per square meter. However, the highest seed yield and water use efficiency and water productivity, as well as the highest net profit, were obtained in condition of supplying 100% of guar nitrogen fertilizer requirement (300 kg of urea per hectare) and in two densities of 33 and 66 plants per square meter. But, the increase in plant density from 33 to 66 plants per square meter did not have a significant effect on improving seed yield and increasing the net profit of guar cultivation. Nevertheless, in conditions of not fully supplying the plant's nitrogen needs, increasing plant density was able to neutralize the effect of nitrogen deficiency and increase yield and net profit significantly. it is recommended to provide the full nitrogen requirement of guar and to consider density of 33 plants per square meter to achieve the maximum economic profit in the cultivation of this product in Taibad city.

Keywords: Net profit, Productivity, Seed yield, Water use efficiency

1- Assistant Professor, Department of Horticulture Science and Engineering, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran
2- Assistant Professor, Department of Water Sciences and Engineering, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran
3- Modabber Kesht-e Toos Agriculture and Livestock Company, Khorasan Razavi, Iran
4- Degree programme: Economics and Business University of Cafoscari Venezia, Italy
(*- Corresponding Author Email: mnmodoodi@tjamcaas.ac.ir)