



Quantitative and Qualitative Yield Response of Guar Seeds to Plant Density and Organic Fertilizer

Faezeh Daryaei¹ | Majid Aghaalikhani²

1. Corresponding Author, Department of Medicinal Plants and By-Products, Research Institute of Forest and Rangelands, Agricultural and Natural Resources Research and Education Organisation, Tehran, Iran. E-mail: f.daryaei@areeo.ac.ir
2. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: maghaalikhani@modares.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article Article history: Received 9 January 2024 Received in revised form 19 February 2025 Accepted 28 February 2025 Published online 27 June 2025 Keywords: BioGME Chemical Fertilizer Guar Medicinal Plant Vermicompost Yield	Objective: The industrial medicinal guar plant (<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> L. Taub.) is a drought-resistant plant well adapted to our country's climate. This plant can produce a desirable yield with low precipitation and minimize the cost of irrigation. Method: To study the effect of planting density and fertilizing systems on guar quantitative and qualitative yield, an experiment was conducted as factorial in a randomized complete block design with three replications at research field of Tarbiat Modares University in 2018. Treatments included three planting densities (133,000 D1: 88,000 D2: and 66,000 plants per hectare D3) as the first factor and three nutritional treatments (fertilizing with urea 100 kg/ha; F1, vermicompost 6 ton/ha; F2 and bioGME 2.25 ton/ha; F3) were evaluated as the second factor. The quantitative traits which were measured for guar plant were plant height, number of pods per square meter, number of seeds per pod, weight of 1000 seeds, seed yield, biological yield and harvest index. At the end of the growing season, after removing the margins, random sampling was done from the middle rows of the plots (10 plants from each experimental plot) and the seeds of each treatment were sent to the laboratory to measure the morphological characteristics of the plant and the parameters of the quantitative and qualitative traits of the seeds. Results: The results showed that pod number per m², seed number per pod, 1000 seed weight, seed yield, oil and protein yield and harvest index were affected significantly by the interaction of density and fertilizer type. The treatment D2F2 was performed the highest amounts of above morphological traits including pod number per m², seed number per pod, 1000 seed weight, seed yield, oil and protein yield and harvest index. The highest percentage of guar gum was observed in D1F1 which was not significantly different from other levels of vermicompost and bioGME fertilizer application in the density of 133000 plants per hectare. Conclusions: Altogether, it is suggested that the vermicompost applied along with density of 88,000 plants / ha is appropriate for guar cultivation. However, fertilization by chemical manure in 133,000 plant / ha plant density is recommended whereas the industrial purpose would be considered. Because, gurgum production was in maximized content when chemical fertilizer was applied.

Cite this article: Daryaei, F., & Aghaalikhani, M. (2025). Quantitative and Qualitative Yield Response of Guar Seeds to Plant Density and Organic Fertilizer. *Journal of Crops Improvement*, 27 (2), 355-375.
DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.370796.2871>





پاسخ عملکرد کمی و کیفی دانه گوار به تراکم کشت و کودهای آلی

فائزه دریایی^۱ | مجید آقاعلیخانی^۲

۱. نویسنده مسئول، بخش گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، تهران، ایران. رایانامه: f.daryaei@areeo.ac.ir

۲. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: maghaalikhani@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۶

هدف: گیاه صنعتی دارویی گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.) گیاهی مقاوم به خشکی است که با اقلیم کشورمان سازگاری خوبی دارد. این گیاه حتی اگر زمین زراعی در نواحی با بارندگی کم یا بدون بارندگی باشد می‌تواند در شرایط خشک همچنان رشد کند و عملکرد قابل قبول و محصولی پرکاربرد تولید نماید و هزینه آبیاری را به حداقل برساند.

روش پژوهش: به منظور بررسی تأثیر تراکم کاشت و سیستم تغذیه بر عملکرد کمی و کیفی دانه گیاه گوار آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه تراکم کاشت (۱۳۳ هزار بوته در هکتار: D1، ۸۸ هزار بوته در هکتار: D2 و ۶۶ هزار بوته در هکتار: D3) به عنوان عامل اول و سه تیمار تغذیه (کوددهی با کود شیمیایی اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار: F1، کود آلی ورمی کمپوست به میزان شش تن در هکتار: F2 و کود آلی بایوجمی به میزان ۲/۲۵ تن در هکتار: F3) به عنوان عامل دوم ارزیابی شدند. صفات کمی مورد اندازه‌گیری برای گیاه گوار عبارت بودند از ارتفاع بوته، تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت. در پایان فصل رشد، پس از حذف حاشیه‌ها، نمونه برداری تصادفی از ردیف‌های میانی کرت‌ها صورت گرفت (۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی) و بذور هر تیمار برای اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژیک گیاه و پارامترهای صفات کمی و کیفی بذر به آزمایشگاه فرستاده شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، عملکرد پروتئین دانه و شاخص برداشت گوار تحت تأثیر برهم‌کنش تراکم و نوع کود قرار گرفتند ($P < 0.05$). در کلیه صفات شامل تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، عملکرد پروتئین دانه و شاخص برداشت تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار همراه با ورمی کمپوست به عنوان تیمار برتر شناخته شد. بالاترین درصد صمغ گوار در تیمار D1F1 مشاهده شد که با سطوح دیگر کاربرد کود ورمی کمپوست و بایوجمی در تراکم ۱۳۳ هزار بوته تفاوت معنی‌دار نداشت.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، برای کشت و کار گوار برای تولید دانه بهترین تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار با مصرف ورمی کمپوست است. اما برای تولید دانه از نظر کیفی و برای مصارف صنعتی، مصرف کود شیمیایی در تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار در شرایط منطقه موردبررسی پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها:

بایوجمی

عملکرد

کود شیمیایی

گیاه دارویی گوار

ورمی کمپوست

استناد: دریایی، فائزه و آقاعلیخانی، مجید (۱۴۰۴). پاسخ عملکرد کمی و کیفی دانه گوار به تراکم کشت و کودهای آلی. به زراعی کشاورزی، ۲۷ (۲)، ۳۵۵-۳۷۵.
DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.370796.2871>



۱. مقدمه

برگزیدن گیاهان مناسب برای تولید محصول اقتصادی و مقرون به صرفه در مناطق خشک ممکن است کشاورز را با چالش روبه رو کند، اما گونه‌هایی وجود دارند که حتی اگر زمین زراعی در نواحی با بارندگی کم یا بدون بارندگی باشد می‌توانند در شرایط خشک همچنان رشد کنند و عملکرد قابل قبول و محصولی پرکاربرد در صنایع گوناگون و تأمین خوراک دام و انسان تولید نمایند. این گیاهان زمان و هزینه آبیاری را به حداقل می‌رسانند. برخی از این گیاهان کم‌توقع حتی در اراضی حاشیه‌ای و خاک‌های فقیر از عناصر کودی می‌توانند رشد و عملکرد قابل قبولی داشته باشند.

گوار گیاهی خودگرده‌افشان و از خانواده بقولات است که با نام لوبیای خوشه‌ای نیز از آن یاد شده است (اختر^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). این گیاه زراعی با عادت رشدی سریع، نیاز آبی تقریباً پایین و تحمل کافی در برابر تنش خشکی (جندی^۲ و همکاران، ۲۰۱۳)، گزینه مناسبی برای تولید دانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران به‌شمار می‌آید. توانایی تثبیت زیستی نیتروژن در گوار مانند اکثر بقولات یک‌ساله، باعث شده است که گیاه مناسبی برای بهبود حاصلخیزی خاک نیز محسوب شود (لاکشمی کالیانی^۳، ۲۰۱۲) و بنابراین در تناوب با غلات و گیاهان دانه روغنی با نیاز نیتروژنی بالا قابل توصیه است. گوار مصارف عمده صنعتی و دارویی دارد و همچنین امکان کاربرد صمغ گیاه در صنایع مختلف وجود دارد (الدیرانی^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). به گونه‌ای که هر محصولی که در آن آب یکی از اجزای سازنده باشد (مواد غذایی، دارویی، نساجی، لوازم آرایشی و بهداشتی) و در صنایع حفاری، چاه‌های نفت و گاز و استخراج از معادن می‌توان از گوار استفاده کرد (اختر و همکاران، ۲۰۱۵؛ الدیرانی و همکاران، ۲۰۱۵؛ شارما^۵ و همکاران، ۲۰۱۴). مصرف خوراکی این گیاه برای انسان نیز امکان‌پذیر است. از سویی رشد اندام‌های رویشی و محتوای پروتئین و قابلیت هضم مناسب این گیاه، آن را برای مصرف دام نیز مناسب نموده است. آندوسپرم دانه گوار توسعه یافته و دارای صمغ گالاتومانان است که در آب به شکل ژل درمی‌آید. صمغ این گیاه در تولید و فراوری محصولات غذایی از جمله لبنیات (بستنی، پنیر، ماست و غیره)، نوشیدنی‌ها، چاشنی‌ها، سس گوجه‌فرنگی و سس مایونز) و در تولید نان نیز کاربرد دارد (غلام‌نبی^۶، ۲۰۱۳).

۲. پیشینه پژوهش

۲.۱. پیشینه نظری

در کشاورزی ارگانیک که اساس آن بر مدیریت صحیح خاک و محیط رشد گیاه بنا گردیده است، برای تغذیه گیاهان، تعادل بین عناصر مورد نیاز در خاک مدنظر قرار گرفته و در زمان رشد، نیازی به کاربرد سموم و آفت‌کش‌ها نیست. جایگزین کردن کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست^۷ به جای کودهای شیمیایی راهبردی مؤثر در افزایش عملکرد و کاهش مشکلات زیست‌محیطی پیش رو قرار می‌دهد. ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی است که در نتیجه فعالیت گونه‌ای از کرم خاکی که بر ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی رشد می‌کند (سانگوان^۸ و همکاران، ۲۰۰۸)، تولید می‌شود. این فرآورده کودی مملو از هورمون‌های رشد و ویتامین‌هاست که سبب افزایش جمعیت میکروبی خاک شده و نگهداری طولانی‌مدت عناصر غذایی

1. Akhtar
2. Jondi
3. Lakshmi Kalyani
4. Eldirany
5. Sharma
6. Ghulam Nabi
7. *Eisenia foetida*
8. Sangwan

بدون اثرات منفی بر محیط‌زیست را به دنبال دارد (پادماثیامنا^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). ورمی‌کمپوست به‌عنوان اصلاح‌کننده آلی خاک، در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان نیز نقش دارد (راجاسکار^۲ و کارمگان، ۲۰۱۰). فناوری نانو بیورآکتور به‌منظور تجزیه ترکیبات پیچیده در فضولات دام و طیور به ترکیبات غذایی قابل جذب سریع‌تر توسط گیاه، تصفیه آب و پساب طراحی و ساخته شده است. در این فناوری از اکسیداسیون پیشرفته (نانوفیلتراسیون فعال) استفاده می‌شود. از مهم‌ترین محصولات این فناوری می‌توان به کود بایوجمی اشاره کرد. بایوجمی جامد (BioGME Solid-BGS) که به‌صورت پودر یا گرانول تهیه می‌شود، نوعی کود آلی است که به‌عنوان راه‌حلی جامع برای افزایش اثربخشی مواد غذایی خاک و صرفه‌جویی در مصرف آب مفید است. به‌گونه‌ای که نسبت به سایر کودهای آلی مشابه، مواد غذایی را راحت‌تر در دسترس گیاه قرار می‌دهد تا کارایی جذب مواد از طریق ریشه افزایش یابد. در عین حال، مصرف چندباره آن خصوصیات خاک را بهبود می‌بخشد. این کود دارای مقدار متناسب مواد مغذی و عناصر پرمصرف (NPK) و کم‌مصرف است. قابلیت انحلال و جذب سریع داشته و عاری از بذر علف‌هرز، لارو حشرات و بوی نامطبوع می‌باشد. این کود به افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) خاک کمک کرده و قابلیت افزایش تنفس خاک و نگهداری آب تا پنج برابر وزن خود را دارد. کود بایوجمی به‌عنوان اصلاح‌گر خاک به‌شماره ثبت ۵ ۹۸۵۸ I از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (وزارت جهاد کشاورزی) ثبت شده است.

۲.۲. پیشنهاد تجربی

گوار گیاهی است که به‌تازگی در سال‌های اخیر به‌عنوان یک گیاه کم‌توقع در زمین‌های کم‌بازده ایران موردتوجه قرار گرفته و پژوهش‌هایی در مورد واکنش این گیاه نسبت به عوامل مختلف محیطی و زراعی که موجب افزایش عملکرد آن شوند آغاز شده است. بیش‌تر پژوهش‌های موجود درباره تاریخ کاشت و تراکم کاشت مناسب، میزان و نحوه کوددهی و نیاز آبی گوار صورت گرفته و اثر این عوامل بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان صمغ و عناصر تشکیل‌دهنده در دانه انجام شده است. در همین راستا نتایج پژوهش حیدرزاده و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که کشت گوار در تاریخ پنجم خردادماه بهترین نتیجه را از نظر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی داشت و با تأخیر در کاشت، طول فصل رشد رویشی و زایشی گوار کاهش یافت. همچنین، در تراکم بالای بوته افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و ضعف بوته‌ها به حدی بود که باعث کاهش عملکرد تک‌بوته‌ها شد و عملکرد بذر کم‌تری در مقایسه با تراکم‌های پایین به‌دست آمد. در بین تراکم‌های موردبررسی نیز تراکم ۴۰ بوته در مترمربع بهترین تراکم برای کاشت گوار در منطقه گزارش شد و تعداد بوته بیش‌تر و کم‌تر از این حد به‌عنوان عاملی برای بهره‌وری نامناسب از شرایط و نهاده‌ها در راستای تولید بهینه گوار شناخته شد. جزایری و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی اثرات تیمارهای کودی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گوار، نتیجه گرفتند که ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، تعداد نیام، طول نیام و عملکرد دانه معنی‌دار شدند. براساس مقایسه میانگین‌های این آزمایش تیمار کود شیمیایی نسبت به کود حیوانی و ورمی‌کمپوست برتری معنی‌داری نشان داد. بیش‌ترین شاخه جانبی (۶/۱۳ عدد)، نیام در بوته (۴۶/۳۲ عدد)، وزن هزاردانه (۳۳/۵۵ گرم) و عملکرد دانه (۳۶۴۶/۳ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۶۰ بوته مشاهده گردید. در بیش‌تر اجزای عملکرد تیمار کود شیمیایی بیش‌ترین مقادیر را برای گوار به‌همراه داشت. اما در برخی صفات، ورمی‌کمپوست در سطح آماری برتر نسبت به بقیه کودها قرار داشت. این پژوهش‌گران تراکم ۶۰ بوته و برای کسب نتیجه بهتر و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی، ترکیبی از کودهای شیمیایی و ورمی‌کمپوست را توصیه نمودند.

1. Padmaathiamma
2. Raja Sekar
3. Karmegam

با عنایت به مطالب ذکرشده پژوهش حاضر به منظور ارزیابی اثر کاربرد کودهای آلی ورمی کمپوست و بایوجمی و مقایسه آن با کاربرد کود شیمیایی در تراکم‌های مختلف کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های کمی و کیفی دانه گوار، طراح و اجرا شد.

این آزمایش طی بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی، ۳۵ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا انجام شد. براساس آمار هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (چیتگر) به دانشکده کشاورزی، این منطقه با ۲۷۴ میلی‌متر بارندگی سالانه دارای آب و هوای نیمه‌خشک بوده و متوسط دمای سالیانه آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. بافت خاک محل اجرای آزمایش شنی سیلتی بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل اجرای آزمایش، در جدول (۱) و خصوصیات شیمیایی، دو نوع کود مورد استفاده در طرح در جدول‌های (۲) و (۳) ارائه شده است.

خصوصیات فیزیکی									
رس	شن	سیلت	هدایت الکتریکی	مواد	کربن	ماده	نیترژن	فسفر	پتاسیم
(درصد)	(درصد)	(درصد)	(دسی زیمنس برمتر)	خشی شونده	آلی	آلی	(درصد)	(میلی گرم/کیلوگرم)	(میلی گرم/کیلوگرم)
۱۶	۶۰	۳۴	۱/۱۳	۶/۵	۱/۲۸	۲/۲۱	۰/۱۳	۷۷	۴۱۲

کلیه عملیات داشت شامل تنک کردن و وجین علف‌های هرز، کوددهی و آبیاری به نحو مطلوب و با توجه به نیاز گیاه انجام شد. با توجه به غنای خاک مزرعه از نظر فسفر و پتاسیم، فقط ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره در دو نوبت (مرحله چهارم برگی و مرحله طویل شدن ساقه) به صورت نواری (۱۰ سانتی متر در کنار و پنج سانتی متر در زیر محل کاشت بذر) در کنار ردیف‌های کاشت به خاک داده شد. آبیاری با استفاده از تیپ و با توجه به بافت بسیار سبک خاک مزرعه (جدول ۱) به اندازه ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک سبک منطقه و یک روز درمیان تا زمان پرشدن دانه‌ها، انجام شد تا به صورت جسم، نشانه‌های تنش کم آبی در کرت‌ها مشاهده نشود.

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست

pH	EC (دسی زیمنس بر متر)	OM (درصد)	OC (درصد)	C/N	N (درصد)	P (درصد)	K (درصد)	Ca (درصد)	Mg (درصد)	Fe (میلی گرم/کیلوگرم)	Mn (میلی گرم/کیلوگرم)	Cu (میلی گرم/کیلوگرم)	Zn (میلی گرم/کیلوگرم)	Pb (میلی گرم/کیلوگرم)	Cd (میلی گرم/کیلوگرم)
۷/۸۴	۱/۱۲	۵۶/۸	۳۲/۹	۲۱/۲۵	۱/۵۵	۰/۴	۰/۴	۲/۷۳	۰/۵۸	۵۰۰۰	۲۷۵	۲۰	۱۱۰	۱۹	۱

جدول ۳. خصوصیات شیمیایی بایوجمی

C/N	Humidity (درصد)	pH	EC (دسی زیمنس بر سانتی متر)	OM (درصد)	OC (درصد)	N (درصد)	P (درصد)	K (درصد)
۳۵	۳/۹	۷/۳	۱۶/۱	۵۶/۶	۴۶	۱	۰/۷۸	۱/۹

۳.۱. خصوصیات کمی دانه

صفات کمی مورد اندازه گیری برای گیاه گوار عبارت بودند از ارتفاع بوته، تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت. در پایان فصل رشد، پس از حذف حاشیه ها، نمونه برداری تصادفی از ردیف های میانی کرت ها صورت گرفت (۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی) و بذور هر تیمار برای اندازه گیری خصوصیات مورفولوژیک گیاه و پارامترهای صفات کمی و کیفی بذر به آزمایشگاه فرستاده شدند.

۳.۲. خصوصیات کیفی دانه

۳.۲.۱. تعیین میزان روغن دانه

برای تعیین محتوای روغن دانه، پس از خشک کردن دانه ها، از دستگاه سوکسله (مدل SOX406 ساخت کشور آلمان) و حلال آن - هگزان، مقدار روغن دانه ها اندازه گیری شدند. محتوای روغن به صورت گرم بر کیلوگرم بیان شد.

۳.۲.۲. تعیین میزان پروتئین دانه

برای اندازه گیری درصد پروتئین دانه، دانه ها به طور یکنواخت به وسیله هاون چینی آسیاب شدند. بعد از هضم شیمیایی مقدار نیتروژن از طریق دستگاه کج لیدال (مدل K-425/K-436) ساخت چین اندازه گیری شد. به منظور تعیین مقدار پروتئین دانه از حاصل ضرب درصد نیتروژن بر ضریب ثابت ۶/۲۵ استفاده شد و به صورت گرم بر کیلوگرم بیان شد.

۳.۲.۳. اندازه گیری درصد صمغ نمونه

جداسازی صمغ طبق روشی که در پژوهش صباح الخیر موروان و همکاران^۱ (۲۰۱۲) بیان شده بود، انجام گرفت. به این صورت که بذور به مدت هشت ساعت در آب سرد خیسانده شده و با مالش پوسته بذر جدا گردید. سپس با فشار بیش تر صمغ از جنین و آندوسپرم جداسازی شد. آنگاه در آن به مدت هشت ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد خشک شدند. سپس مقدار صمغ توزین و درصد آن نسبت به جنین و آندوسپرم محاسبه شد.

۴.۲.۳. اندازه گیری محتوای خاکستر دانه

دو گرم دانه از هر نمونه آسیاب شده و به مدت هفت ساعت درون کروزه با حرارت ۲۲۱ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس نمونه ها به سرعت در دسیکاتور قرار گرفته و وزن شدند. این روش تا دستیابی به یک وزن ثابت ادامه یافت. سپس درصد خاکستر دانه با توجه به داده های حاصل و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید (غربی^۱ و همکاران، ۲۰۱۳).
 رابطه (۱)

$$۱۰۰ \times \text{وزن نمونه} / \text{وزن باقیمانده} = \text{درصد خاکستر}$$

 تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و ترسیم نمودارها نیز توسط نرم افزار اکسل^۲ انجام گرفت. مقایسه میانگین ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

۴. یافته های پژوهش

۴.۱. صفات مورفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد دانه گوار

۴.۱.۱. ارتفاع بوته

براساس تجزیه واریانس داده ها اثرات اصلی و اثر متقابل تراکم کاشت و نوع منبع کود بر میزان ارتفاع بوته گیاه گوار معنی دار نبود (جدول ۴). در این پژوهش میزان ارتفاع گزارش شده از بوته گوار (۱۴۵/۸۳ سانتی متر) در تیمار تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار + کود شیمیایی (D1F1) بود (جدول ۵). ارتفاع بوته گوار از ۵۰ تا ۳۰۰ سانتی متر در شرایط مختلف متفاوت است. در این آزمایش، تراکم های پایین تر ارتفاع کمتری داشتند.

جدول ۴. تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورفولوژیک گوار

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد غلاف	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۳۱۲/۸۲	۲۲۶۶/۵	۰/۵۸	۱۴۴/۰۶	۴۴۰۴۴۵۷/۶	۳۲۹۸۸۹۹۳۳	۱۶۴/۲
تراکم (D)	۲	۴۶۱/۴۱	۹۸۸۳/۰۴*	۱۰/۱۷**	۱۲۰/۱۴	۴۰۱۶۴۳۹۷/۸*	۶۳۵۷۰۰۱۳۳	۶۷۵/۸
سیستم تغذیه (F)	۲	۱۵۵/۱۵	۹۸۵۳/۴*	۰/۰۹	۱۸۷۲/۳**	۴۵۷۵۵۰۰۲/۷*	۳۳۲۶۵۴۹۷۸	۱۶۸۴/۲۱*
تراکم × سیستم تغذیه (DF)	۴	۱۱۳/۶۹	۴۵۵۸/۵*	۰/۱۶**	۷۹/۸۴**	۱۸۱۶۵۸۰۱**	۳۵۴۸۴۴۸۴۴	۵۲۲/۰۳*
خطا	۱۶	۱۷۴/۱	۲۳۶۶/۲	۰/۳	۷۷/۶۵	۸۲۷۴۸۲۲/۴	۲۶۱۰۵۸۰۸۳	۳۱۱/۸۳
ضریب تغییرات (درصد)	۱۰/۱۲	۳۶/۳۳	۷/۱۱	۱۵/۷۷	۳۶/۱۱	۱۰۲/۱	۱۰۲/۱	۴۱/۱۳

* و ** به ترتیب: معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵. مقایسه میانگین های اثر متقابل تراکم و نوع کود بر صفات مورفولوژیک گوار

شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تراکم × سیستم تغذیه (DF)
۵/۷۲d	۱۳۴۴۰b	۷۵۵/۹d	۴۱/۸۳d	۶/۱b	۸۷/۲۹b	۱۶۵/۸۳a	D1F1
۲۴/۹abc	۸۲۶۷b	۱۹۱۶cd	۶۰ab	۶/۶۳b	۴۸/۲۷b	۱۳۳/۷۳ab	D1F2
۲۱bcd	۱۰۱۸۷b	۲۱۰۷cd	۵۷/۵bc	۶/۷b	۵۴/۹۵b	۱۳۴/۸۱ab	D1F3
۹/۹۵cd	۴۶۱۹۳a	۲۸۸۹/۶c	۴۲/۳۳cd	۸/۴a	۷۸/۵۳bc	۱۲۸/۳۳ab	D2F1
۴۰/۱۷a	۱۸۳۲۰ab	۷۱۸۶a	۷۳/۳۳a	۸/۴۳a	۱۹۶/۶۷a	۱۲۲/۷۳b	D2F2
۲۵/۲abc	۱۱۹۶۰b	۳۰۱۰/۲c	۶۴/۳۳ab	۸/۳a	۵۶/۶۷b	۱۲۰/۶۷b	D2F3
۲۵/۶abc	۸۳۳۳b	۱۹۹۴cd	۳۳/۶۶d	۸/۲a	۶۹/۳۳b	۱۲۸/۱۷ab	D3F1
۳۴ab	۱۴۳۴۷b	۵۰۴۰/۷b	۶۳/۳۳ab	۸/۰۶a	۱۰۰/۸۳b	۱۳۸/۶۷ab	D3F2
۳۲/۷ab	۱۱۰۹۳b	۲۳۴۲bc	۶۶/۳۳ab	۸/۴a	۵۸/۵۷b	۱۲۲/۵b	D3F3

در هر ستون میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.
 تراکم کاشت (۱۳۳ هزار بوته در هکتار: D1، ۸۸ هزار بوته در هکتار: D2 و ۶۶ هزار بوته در هکتار: D3) (کوددهی با کود شیمیایی اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار: F1، کود آلی کمیپوست به میزان شش تن در هکتار: F2 و کود آلی بایوجمی به میزان ۲/۲۵ تن در هکتار: F3)

1. Gharby
2. Excel

۲.۱.۴. تعداد غلاف در مترمربع

اثر متقابل تراکم و نوع منبع کود بر تعداد غلاف در مترمربع در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته (۱۹۶/۶۷) مربوط به تیمار تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار + کود ورمی‌کمپوست (D2F2) بود (جدول ۵). بقیه تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند.

۳.۱.۴. تعداد دانه در غلاف

اثر متقابل تراکم و نوع منبع کود بر تعداد دانه در غلاف گوار بسیار معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین تراکم کاشت (۱۳۳ هزار بوته در هکتار) کم‌ترین تعداد دانه در غلاف را در هر کدام از منابع کود تولید کرد (جدول ۵) که نشان‌دهنده کمبود منابع فتوسنتزی در زمان پرشدن دانه است. این در حالی است که دو تراکم دیگر یعنی ۸۸ هزار و ۶۶ هزار بوته در هکتار با هر نوع منبع کودی تعداد دانه بیش‌تری تولید شده و در جایگاه برتر قرار گرفتند (جدول ۵).

۴.۱.۴. وزن هزاردانه

اثر متقابل تراکم کاشت و نوع کود بر وزن هزاردانه گوار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین وزن هزاردانه (۷۳/۳ گرم) از تیمار تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار + کود ورمی‌کمپوست (D2F2) به‌دست آمد. دو تیمار D1F2 و D2F3 در جایگاه ab هستند هرچند از لحاظ آماری با تیمار D2F2 اختلاف معنی‌دار ندارند. در عین‌حال، کم‌ترین میزان وزن هزاردانه در تراکم‌های مختلف از تیمار کود شیمیایی حاصل شد (جدول ۵).

۵.۱.۴. عملکرد دانه

برهم‌کنش تراکم کاشت و نوع کود بر عملکرد دانه گوار در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین عملکرد دانه (۷۱۸۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار D2F2 و کم‌ترین میزان (۷۵۵/۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار D1F1 حاصل شد که ۸۹/۴۸ درصد کاهش عملکرد نشان داد (جدول ۵). وقتی که همراه با مصرف ورمی‌کمپوست تراکم به ۶۶ هزار بوته در هکتار تقلیل پیدا کرد، عملکرد دانه به میزان ۲۹/۸۵ درصد کاهش یافت. بهترین نتیجه در تراکم ۸۸ هزار بوته و منبع کودی ورمی‌کمپوست حاصل شد. کاهش عملکرد دانه تا جایی ادامه پیدا کرد که تراکم ۱۳۳ هزار بوته همراه با مصرف کود شیمیایی کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

۶.۱.۴. عملکرد بیولوژیک

بنا به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) مشخص شد که اثر متقابل تراکم کاشت و نوع کود بر عملکرد بیولوژیک گوار معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک به میزان ۴۶۱۹۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار + کود شیمیایی (D2F1) و سپس تیمار تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار + کود ورمی‌کمپوست (D2F2) به میزان ۱۸۳۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵). بقیه تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشته و در درجه دوم اهمیت از لحاظ آماری قرار گرفتند. از آنجایی که هدف از زراعت گوار در این مقاله بررسی صفات مرتبط با دانه و عملکرد دانه است، لذا تیمار D2F1 که کود شیمیایی دریافت کرده چه از نظر زیست‌محیطی چه از نظر تولید بیوماس در اولویت و قابل‌توصیه نبوده و تیمار D2F2 که از لحاظ تولید دانه نیز در جایگاه برتر قرار گرفته مورد تأیید می‌باشد.

۴.۱.۷. شاخص برداشت

شاخص برداشت گوار تحت اثر متقابل تراکم کاشت و نوع کود در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۴). بیشترین شاخص برداشت (۴۰/۱۷۱ درصد) از تیمار تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار + کود ورمی کمپوست (D2F2) به دست آمد. بقیه تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی دار نداشته و در درجه دوم اهمیت از لحاظ آماری قرار گرفتند (جدول ۵). یک کاهش چشمگیر در میزان شاخص برداشت در تیمار D1F1 نسبت به تیمار برتر یعنی تیمار تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار + کود ورمی کمپوست مشاهده شد که معادل ۸۵/۷۶ درصد بود. این کاهش به علت تولید دانه کم و رشد رویشی بالای بوته‌ها در اثر اعمال کود شیمیایی بود.

۴.۲. ارزیابی صفات کیفی دانه

۴.۲.۱. درصد روغن و عملکرد روغن

اثر متقابل تراکم و سیستم تغذیه بر درصد روغن دانه گوار در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد روغن دانه در تیمار تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار + کود شیمیایی (D1F1) دارای بیشترین میزان بود (جدول ۷). تیمارهای تراکم ۶۶ هزار بوته در هکتار + کود ورمی کمپوست (D3F2) و تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار + کود بایوجمی (D1F3) نیز از نظر آماری اختلافی با تیمار برتر نداشته و در گروه آماری برتر قرار گرفتند. کمترین میزان درصد روغن در تیمار D1F2 مشاهده گردید که ۲۶/۱۳ درصد نسبت به تیمار برتر (D1F1) کاهش نشان می دهد (جدول ۷).

جدول ۶. تجزیه واریانس میانگین مربعات برخی صفات کیفی دانه گوار

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد روغن	درصد پروتئین	درصد نیتروژن	درصد صمغ
تکرار	۲	۰/۲*	۳۴/۸*	۰/۸۹*	۳/۷۳*
تراکم (D)	۲	۰/۰۷	۱/۵۷	۰/۰۴	۴۳/۸۶**
سیستم تغذیه (F)	۲	۰/۰۲۲	۱/۸۸	۰/۰۵	۰/۳۸
تراکم × سیستم تغذیه (DF)	۴	۰/۲۶**	۲۱/۲۹*	۰/۵۶*	۰/۹۵*
خطا	۱۶	۰/۰۴	۶/۳	۰/۱۶	۰/۷۸
درصد ضریب تغییرات (درصد)		۹/۰۱	۷/۸	۷/۸	۳/۵۶

* و **: به ترتیب، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

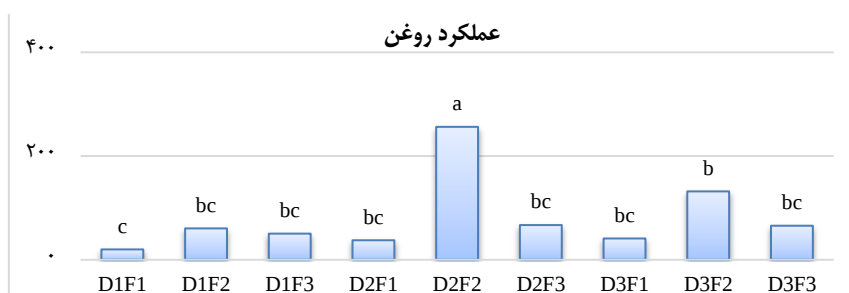
جدول ۷. مقایسه میانگین اثرات متقابل برخی صفات کیفی دانه گوار

صمغ (درصد)	نیتروژن (درصد)	پروتئین (درصد)	روغن (درصد)	تراکم × سیستم تغذیه (DF)
۲۷/۲۳a	۵/۶۶a	۳۵/۳۶a	۲/۶۴a	D1F1
۲۶/۲۶ab	۴/۶۶a	۲۹/۱۵c	۱/۹۵d	D1F2
۲۶/۳۳ab	۵/۳۵abc	۳۳/۴۵abc	۲/۳۸abc	D1F3
۲۵/۶b	۴/۹۷abc	۳۱/۰۱abc	۲/۰۸cd	D2F1
۲۶/۵۶b	۵/۰۹abc	۳۱/۸abc	۲/۱۳bcd	D2F2
۲۵/۸ab	۵/۲۴abc	۳۲/۷۶abc	۲/۲۳bcd	D2F3
۲۱/۸c	۵/۰۴abc	۳۳/۵۱abc	۲/۱۲bcd	D3F1
۲۲/۳c	۵/۴۸ab	۳۴/۲۶ab	۲/۴۷ab	D3F2
۲۳/۱c	۴/۸۲bc	۳۰/۱۸abc	۲/۰۴cd	D3F3

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

تراکم کاشت (۱۳۳ هزار بوته در هکتار: D1، ۸۸ هزار بوته در هکتار: D2 و ۶۶ هزار بوته در هکتار: D3) (کوددهی با کود شیمیایی اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار: F1، کود آلی ورمی کمپوست به میزان شش تن در هکتار: F2 و کود آلی بایوجمی به میزان ۲/۲۵ تن در هکتار: F3)

با محاسبه عملکرد روغن در هکتار توصیه بهتری برای انتخاب تیمار برتر می‌توان داشت. زیرا تیمار با عملکرد دانه بالاتر نیز در محاسبه لحاظ می‌شود. با توجه به اثر متقابل تراکم کاشت و نوع سیستم تغذیه، مشاهده گردید که تیمار تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار + کود ورمی کمپوست (D2F2) با عملکرد روغن ۲۵۶/۳۴ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین میزان تولید روغن را به خود اختصاص داده است و تیمار تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار + کود شیمیایی (D1F1) با عملکرد روغن ۱۹/۸۹ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین میزان عملکرد روغن را داشته است (شکل ۱). این افت عملکرد روغن ۹۲/۲۴ درصد می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تراکم بالا که همراه با مصرف کود شیمیایی عملکرد دانه کاهش یافته است، در نتیجه عملکرد روغن کم‌تری حاصل شده است.

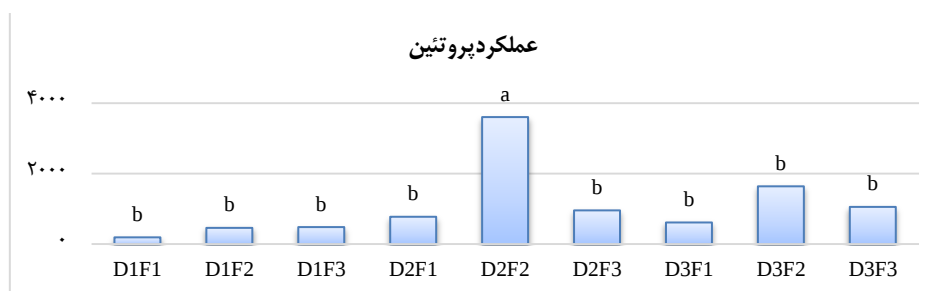


شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل عملکرد روغن در بذر گوار

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۲.۲.۴ درصد پروتئین و عملکرد پروتئین

چنانچه از جدول (۶) استنباط می‌شود، اثر متقابل تراکم و سیستم تغذیه بر درصد پروتئین دانه گوار در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که دانه‌های گوار تولیدشده تحت تیمار تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار + کود شیمیایی (D1F1) بیش‌ترین درصد پروتئین را داشتند. تیمارهای تراکم ۶۶ هزار بوته در هکتار + کود ورمی کمپوست (D3F2) و تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار + کود بایوجمی (D1F3) نیز از نظر آماری اختلافی با تیمار برتر نداشته و در گروه آماری برتر قرار گرفتند. در این آزمایش کم‌ترین درصد پروتئین دانه گوار از تیمار تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار + کود ورمی کمپوست (D1F2) به‌دست آمد که ۱۷/۵۶ درصد نسبت به تیمار D1F1 کاهش نشان داد (جدول ۷). بیش‌ترین عملکرد پروتئین دانه گوار (۳۶۰۵/۵۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر تراکم کاشت و سیستم تغذیه از ترکیب تیماری تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار + کود ورمی کمپوست (D2F2) به‌دست آمد و بقیه تیمارها از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشته و در درجه دوم اهمیت معنی‌داری قرار گرفتند (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل عملکرد پروتئین در بذر گوار

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴.۲.۳. درصد صمغ

نتایج نشان داد که درصد صمغ گیاه گوار تحت تأثیر اثر متقابل تراکم و نوع کود قرار گرفت و به ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که صرف نظر از نوع کود، عامل تراکم سبب تغییر درصد صمغ گوار گردید. به طوری که تراکم ۶۶ هزار بوته در هکتار کمترین درصد صمغ را در هر یک از کودهای مصرفی تولید کرد که دلیل آن عملکرد پایین دانه در این تراکم کشت می باشد. بقیه تیمارها در سطوح مختلف کودی تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۷). بیشترین درصد صمغ از تیمار تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار + کود شیمیایی (D1F1) به میزان ۲۷/۲۳ درصد به دست آمد که با سطوح دیگر کاربرد کود ورمی کمپوست و بایوجمی در تراکم ۱۳۳ هزار بوته تفاوت معنی دار نداشت (جدول ۷).

۴.۲.۴. درصد خاکستر دانه

هیچیک از اثرات ساده و اثرات متقابل تراکم کاشت و سیستمهای مختلف تغذیه بر میزان خاکستر کل دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نشد (جدول ۸).

جدول ۸. تجزیه واریانس میانگین مربعات برخی صفات مرتبط با بذر گوار

منابع تغییر	درجه آزادی	خاکستر (درصد)	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین
تکرار	۲	۰/۰۰۸	۲۸۳۵۴۶۰۱	۴۶۴۵۹۹۴۵
تراکم (D)	۲	۰/۰۰۱	۱۹۰۴۳۷۷۵۷*	۲۶۷۹۵۶۲۰۹
سیستم تغذیه (F)	۲	۰/۰۹۲	۲۵۹۰۷۴۰۴۵**	۴۵۸۲۵۱۶۰۸*
تراکم × سیستم تغذیه (DF)	۴	۰/۰۳۹	۹۲۸۴۷۹۷۹*	۱۴۹۹۳۳۰۳۰
خطا	۱۶	۰/۰۷۷	۴۰۸۱۵۴۳۸	۹۹۰۳۳۶۰۲
درصد ضریب تغییرات (درصد)		۶/۴۶	۳۸/۷	۳۹/۷

* و **: به ترتیب، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

۵. بحث

گوار گیاهی با رشد نامحدود است و با فراهمی شرایط مناسب همچنان به طولی شدن و رشد ادامه می دهد. از این رو، معنی دار نشدن صفت ارتفاع بوته تحت تأثیر تیمارهای آزمایش توجیه می شود. در مطالعه مهدی پورافرا و همکاران (۱۳۹۸) مشخص شد که گوار در تراکم ۱۳۰ هزار بوته در هکتار بیشترین ارتفاع بوته را نسبت به تراکمهای پایین تر ایجاد نمود. وقتی که تراکم به ۴۰۰ هزار بوته در هکتار رسید ارتفاع بوته ۱۵ درصد کاهش پیدا کرد. بدیهی است در تراکم کم تر دسترسی به منابع و مواد غذایی بیش تر است. ارتفاع بوته همچون دیگر اندامهای رویشی به شدت تحت تأثیر میزان مصرف نیتروژن و آب است و دسترسی به این دو عامل سبب افزایش تقسیم و بزرگ شدن سلولی و به تبع آن افزایش ارتفاع گیاه می شود. مهدی پورافرا و همکاران (۱۳۹۸) تراکم بهینه را برای داشتن ارتفاع بیش تر، ۱۳۳ هزار بوته در هکتار گزارش کردند. در این آزمایش، تراکمهای پایین تر به رغم نداشتن تفاوت معنی دار ارتفاع کمتری پیدا کردند. با توجه به این مطلب چنین می توان اظهار داشت که منابع کودی مختلف به اندازه کافی عناصر غذایی در اختیار گیاه قرار داده و بوتهها از نظر میزان ارتفاع چندان تفاوتی با یکدیگر نداشتند. همچنین با تراکم کم تر، رشد عرضی گوار زیاده تر شده و بیش تر به تشکیل شاخه های فرعی می پردازد. از این رو کاهش ارتفاع در تراکمهای پایین تر اتفاق می افتد. این نتیجه با یافته های تحقیق (سینگلا^۱ و همکاران، ۲۰۱۶) در مورد ارتفاع گیاه گوار مطابقت دارد.

جزایری، بحرینی‌نژاد و قنبری (۱۳۹۹) نیز معنی‌داری برهم‌کنش تراکم و نوع کود در گوار را گزارش نکردند. ایشان کاربرد کود شیمیایی را نسبت به کاربرد ورمی‌کمپوست مؤثرتر بر افزایش ارتفاع بوته دانستند. همچنین بر افزایش ارتفاع بوته به‌ازای افزایش تراکم بوته گوار تأکید نمودند. به‌نظر می‌رسد که روند صعودی ارتفاع گیاه با افزایش تراکم بوته در واحد سطح ممکن است به‌دلیل افزایش رقابت گیاهان برای دریافت مواد غذایی و جذب نور باشد. همچنین با افزایش تراکم در واحد سطح، به سبب سایه اندازی گیاه طول میانگره‌های ساقه به‌دلیل جلوگیری از تخریب نوری هورمون اکسین، زیاد شده و در نتیجه ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین کودهای آلی با به‌وجودآوردن اثر هورمونی، با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شوند (اودا^۱ و ماهادین^۲، ۲۰۰۸). در مطالعه نوروزی و همکاران (۱۴۰۰) نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۱۰/۹۲ سانتی‌متر تحت برهم‌کنش آبیاری کامل ۱۰۰× کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد.

تراکم بوته ۸۸ هزار بوته در مترمربع همراه با مصرف کود ورمی‌کمپوست بیش‌ترین تعداد غلاف را تولید کرد. این مشاهده بیانگر این مطلب است که ورمی‌کمپوست با آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و محیط مساعدی که از نظر ساختمان و تهویه در خاک به‌وجود می‌آورد، می‌تواند تراکم تا ۸۸ هزار بوته گوار را جوابگو باشد. در تراکم‌های بالاتر (۱۳۳ هزار بوته در هکتار در تیمار (D1F2) از تعداد غلاف در واحد سطح به میزان ۲۴/۵ درصد کاسته شد. دو منبع کودی دیگر شامل کود شیمیایی و کود بایوجمی به‌علت این‌که در تراکم‌های مختلف از نظر تولید تعداد غلاف در درجه دوم اهمیت معنی‌داری قرار گرفتند از لحاظ کاربرد نسبت به ورمی‌کمپوست اهمیت کم‌تری پیدا می‌کنند. مهدی‌پورافرا و همکاران (۱۳۹۹) بیش‌ترین تعداد غلاف در مترمربع را از تراکم ۱۳۰ هزار بوته در هکتار به‌دست آوردند و با افزایش تراکم به بیش از این مقدار تا ۴۰۰ هزار بوته در هکتار تعداد غلاف در مترمربع کاهش یافت. افزایش تراکم بوته تا حدی می‌تواند کاهش تعداد غلاف تک‌بوته را جبران کند و تجاوز از تراکم بهینه سبب بروز رقابت و کاهش تعداد غلاف در مترمربع می‌شود. گوار دارای رشد عرضی زیادی است از این رو با افزایش تعداد شاخه در تراکم پایین، شاهد افزایش تعداد نیام خواهیم بود. طبق یافته‌های جزایری، بحرینی‌نژاد و قنبری (۱۳۹۹) افزایش تراکم بدون ملاحظه از نظر نوع و میزان مصرف کود، به‌شدت میزان شاخه‌دهی را کاهش می‌دهد و به‌دنبال آن تعداد نیام در بوته و در نهایت عملکرد اقتصادی را کاهش می‌دهد. تراکم کم‌تر موجب رشد شاخه‌های فرعی شده و آنگاه تعداد نیام افزایش می‌یابد.

در این پژوهش بالاترین تراکم کاشت (۱۳۳ هزار بوته در مترمربع) کم‌ترین تعداد دانه در غلاف را در هر کدام از منابع کود تولید کرد که نشان‌دهنده کمبود منابع فتوسنتزی در زمان پرشدن دانه است. در تراکم بیش‌تر رقابت بین بوته‌ها بیش‌تر شده و محدودیت بر سر مواد غذایی به‌وجود می‌آید. درحالی‌که در تراکم‌های پایین‌تر رقابت برای مواد فتوسنتزی جهت پرشدن دانه کم‌تر بوده و در هر منبع کودی تعداد دانه در غلاف بیش‌تر بوده و در گروه برتر قرار گرفتند (جدول ۵). نوروزی و همکاران (۱۴۰۰) نیز بیش‌ترین تعداد دانه در مترمربع را زمانی گزارش کردند که گوار در محدودیت رطوبتی و کمبود کود نیتروژن نبوده و در معرض تنش قرار نگرفته باشد (تیمار برهم‌کنش آبیاری کامل ۱۰۰× کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن). با توجه به این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار یک تراکم بهینه برای کشت و کار گوار نیست و باعث ایجاد رقابت بین غلاف‌ها در زمان پرشدن دانه‌ها می‌شود.

کودهای با منشأ معدنی به‌دلیل آزادسازی سریع و محلول‌بودن زیاد یون‌ها در آب خاک مزرعه که بافت سبک شنی لومی دارد، به‌سرعت از دسترس ریشه خارج شده و مواد فتوسنتزی برای پرشدن دانه در محدودیت قرار می‌گیرد. اما

1. Ouda

2. Mahadeen

کودهای با منشأ آلی به دلیل آزادسازی تدریجی و همیشگی یون‌ها فرصت کافی برای پرشدن دانه را در اختیار گیاه قرار داده و درنهایت دانه‌های وزین‌تری تشکیل دادند. کودهای شیمیایی بیش‌تر صرف گسترش و توسعه رشد رویشی در گوار شده و هنگام پرشدن دانه با محدودیت مواد فتوسنتزی روبه‌رو می‌شود. مفتاحی‌زاده^۱ و همکاران (۲۰۱۷) کاهش وزن صد دانه گوار را به علت کم‌شدن مواد فتوسنتزی در تاریخ کشت دیرتر و محدودیت زمانی برای پرشدن دانه اعلام کردند و اذعان داشتند که عملکرد بیولوژیک کم‌تر در دوره رشد کوتاه‌تر موجب کاهش منابع برای تأمین مواد فتوسنتزی برای پرشدن دانه می‌شود.

بهترین تیمار از نظر عملکرد دانه، تراکم ۸۸ هزار بوته و منبع کودی ورمی‌کمپوست بود. وجود رقابت شدید بوته‌ها بر سر مواد فتوسنتزی در جریان پرشدن دانه و محلول‌بودن بالای یون‌های موجود در کود شیمیایی و خروج از محیط ریشه باعث می‌شود که تراکم ۱۳۳ هزار بوته عملکرد دانه کم‌تری تولید کند. افزایش تراکم بوته تا حد بهینه می‌تواند عملکرد تک‌بوته را کاهش دهد، اما عملکرد کل از طریق افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران شده و می‌توان در تراکم‌های بالاتر عملکرد دانه بیش‌تری را به‌دست آورد. اما اگر تراکم بوته بیش از حد مطلوب باشد، به علت افزایش رقابت بین‌بوته‌ای، عملکرد دانه کاهش می‌یابد. در مطالعه احمدی و همکاران (۱۳۹۸) بیش‌ترین عملکرد دانه در سطح ۱۵ کیلوگرم مصرف اسید هیومیک و در تراکم ۹۵ بوته در مترمربع به میزان ۴۲۰۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. هم‌چنین نشان داده شد که در تراکم‌های پایین از عملکرد دانه کاسته شد. با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، به دلیل سایه‌اندازی و کاهش تعداد شاخه‌های فرعی، توانایی گیاه در انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن کاهش می‌یابد، در نتیجه از عملکرد تک‌بوته کاسته می‌شود و در مقابل به عملکرد کل به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح افزوده می‌شود. افزایش عملکرد دانه به افزایش تعداد گیاه در واحد سطح مربوط می‌شود، به گونه‌ای که ارتباط مثبت بین تراکم کاشت و عملکرد دانه گزارش شده، و افزایش عملکرد دانه در تراکم‌های بالاتر می‌تواند به دلیل تعداد بیش‌تر بوته در واحد سطح باشد (راگان^۲ و همکاران، ۲۰۰۰).

در بررسی‌های انجام‌شده درمورد تراکم‌های کاشت گوار پژوهش‌گران اظهار داشتند که با افزایش تراکم عملکرد دانه گوار نیز افزایش یافت (ناندینی^۳ و همکاران، ۲۰۱۷). هم‌چنین در خصوص کاربرد کودهای آلی پژوهش‌گران منتشرشده نشان داده که هیومیک‌اسید با کلات‌کنندگی عناصر غذایی و اثر بر خصوصیات بیولوژیک و فیزیولوژیک خاک سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد. چرا که هیومیک‌اسید، نفوذپذیری غشاهای سلولی را افزایش داده و از آن راه ورود پتاسیم به داخل گیاه را آسان می‌سازد که نتیجه آن افزایش فشار داخل سلولی و تقسیم سلول است. از سویی افزایش انرژی در درون سلول منجر به افزایش تولید کلروفیل و میزان فتوسنتز خواهد شد که به دنبال آن یک عامل برجسته در رشد یعنی جذب نیتروژن به درون سلول تشدید می‌شود و تولید نیترات کاهش می‌یابد و در نهایت این اثر منجر به افزایش تولید می‌شود (غیاث‌الدین^۴ و همکاران، ۲۰۰۷).

نتایج این بررسی نشان می‌دهد که معمولاً افزایش تراکم بوته سبب کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه به دلیل کمبود جا و رقابت برای جذب آب و مواد غذایی شده، ولی افزایش تراکم در جد بهینه موجب جبران کاهش اجزای عملکرد به وسیله افزایش تعداد بوته می‌شود. جزایری و همکاران (۱۳۹۹) عملکرد بیش‌تر دانه گوار را از تیمار مصرف کود شیمیایی در مقایسه با کود ورمی‌کمپوست و کود حیوانی گزارش کردند که مغایر با نتیجه پژوهش حاضر است. دلیل این امر به احتمال زیاد تفاوت در نوع خاک محل دو آزمایش است. چنان‌که پیش‌تر نیز اشاره شد، خاک

1. Meftahizadeh

2. Regan

3. Nandini

4. Giasuddin

مزرعه مورد پژوهش بافت سبک و شنی لومی دارد که به سرعت یون‌های محلول کود شیمیایی را همراه با آبیاری در آب حل کرده و از دسترس ریشه گیاه خارج می‌کند. آنگاه مواد غذایی کم‌تری هنگام پرشدن دانه در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. کود شیمیایی در تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار در دوره رشد رویشی با رهاسازی یون‌های نیتروژن به مقدار فراوان باعث افزایش رشد رویشی گیاه گوار شده و در نتیجه آن عملکرد بیولوژیک زیادی را تولید کرده است. اما اگر تراکم از این میزان بالاتر رود مواد غذایی بر اثر ایجاد رقابت بین بوته‌ها در محدودیت قرار گرفته و باعث کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود. با توجه به کاهش تعداد شاخه فرعی در هر بوته در تراکم ۱۳۳ هزار بوته در هکتار با وجود مصرف کود شیمیایی عملکرد بیولوژیک در آن تراکم کاهش یافت (تیمار D1F1). نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش جزایری و همکاران (۱۳۹۹) که سرعت رشد محصول گوار را با کاربرد کودهای شیمیایی و آلی مورد بررسی قرار دادند، مطابقت دارد. ایشان نیز بیش‌ترین سرعت رشد محصول را که منجر به تولید ماده خشک بیش‌تر و در نهایت عملکرد بیولوژیک بیش‌تر می‌گردد از تیمار کاربرد کود شیمیایی به‌دست آوردند. اما تراکم بهینه در حصول عملکرد بیولوژیک مطلوب شرط لازم و کافی است. مهدی‌پورافرا و همکاران (۱۳۹۸) در تاریخ کاشت اول خردادماه، بیش‌ترین وزن خشک کل را از تراکم ۱۳۰ هزار بوته در هکتار گزارش کردند. توزیع و تجمع ماده خشک از عوامل مهمی است که کارایی تسهیم مواد پرورده را نشان می‌دهد (ساتی‌واتی^۱ و واناجا^۲، ۲۰۱۷).

در خصوص کاربرد کودهای آلی در تراکم‌های مختلف طبق یافته‌های احمدی و همکاران (۱۳۹۸) بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک از تراکم ۹۵ بوته در مترمربع و مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک‌اسید به‌دست آمد. در ارتباط با افزایش عملکرد بیولوژیک در خصوص تراکم می‌توان بیان کرد که با افزایش تراکم بوته به سبب ایجاد رقابت گیاهی، مقدار ماده خشک هر بوته نیز کاهش پیدا می‌کند. برخی از پژوهش‌گران اظهار داشتند که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، عملکرد بیولوژیکی تک‌بوته کاهش یافته اما عملکرد بیولوژیکی در هکتار افزایش پیدا می‌کند (لیو^۳ و همکاران، ۲۰۰۴). کودهای آلی از طریق افزایش پایدار در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به‌دنبال آن عملکرد بیولوژیک می‌شود (ایاز^۴ و گلسر^۵، ۲۰۰۵). جزایری و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که با افزایش تراکم از حد بهینه، سرعت رشد محصول به‌دلیل رقابت کاهش پیدا کرد که منجر به کاهش تولید ماده خشک گردید. ایشان کم‌ترین میزان سرعت رشد نسبی را از بالاترین تراکم اعمال‌شده در آزمایش (۹۰ بوته در مترمربع) گزارش نمودند.

با توجه به فرمول محاسبه شاخص برداشت (خارج قسمت عملکرد اقتصادی بر عملکرد بیولوژیک) تراکم بالا و کاربرد کود شیمیایی گیاه را به سمت تولید زیست‌توده رویشی پر حجم سوق داده و این در حالی است که عملکرد اقتصادی که همان عملکرد دانه است به میزان کمی در این تیمار D1F1 حاصل شده است. طبق نتایج آزمایش مهدی‌پورافرا و همکاران (۱۳۹۸) با افزایش تراکم بوته، شاخص برداشت کاهش پیدا کرد و بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت در تراکم ۱۳۰ هزار بوته در هکتار بود، درحالی‌که تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار کم‌ترین مقدار شاخص برداشت را نشان داد. در تراکم‌های بالا، رقابت درون و بین‌گیاهی برای فرآورده‌های فتوسنتزی تشدید می‌شود و از آنجا که جوانه‌های زایشی بعد از جوانه‌های رویشی تشکیل می‌شوند، اثرات نامطلوب شدت رقابت در درجه اول بر جوانه‌های زایشی آشکار می‌گردد (دکا^۶ و همکاران، ۲۰۱۵). ایشان گزارش کردند که شاخص برداشت گوار در تراکم‌های بیش‌تر تراکم‌های ۴۸ و ۳۶ بوته در مترمربع نسبت به ۲۴ بوته در مترمربع کم‌تر بود. افزایش

1. Satyavathi

2. Vanaja

3. Lio

4. Ayas

5. Gulser

6. Deka

شاخص برداشت با افزایش مقدار کود نیتروژن در مطالعات کشفی و همکاران (۱۳۸۹) روی نخود در شرایط کرج نیز گزارش شده است.

تراکم کشت می‌تواند بر مقادیر و نوع چربی دانه تأثیرگذار باشد. در آزمایش تدین و همکاران (۱۳۹۲) مشخص شد که تراکم بوته در گیاه کتان بسیار دارای اهمیت است. در مورد اثر تراکم کاشت روی تغییرات درصد روغن در گیاهان مختلف نتایج متفاوتی مشاهده شده است. به‌عنوان مثال، در تراکم‌های مختلف کاشت گیاه کوشیا، درصد روغن به‌طور معنی‌داری متغیر بود و حداقل درصد روغن در کم‌ترین تراکم دیده شد (ضیائی^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). اما درصد روغن دانه گوار در مطالعه حیدرزاده و همکاران (۱۳۹۹) تحت تأثیر تراکم کشت قرار نگرفت و معنی‌دار نبود. افزایش تراکم در گیاه آفتابگردان به‌طور مؤثری میزان روغن را در واحد سطح افزایش داد (احمد^۲ و همکاران، ۲۰۰۵). در پژوهش حاضر بیش‌ترین میزان درصد روغن از تیمار پرتراکم به‌همراه مصرف کود شیمیایی (D1F1) بود (جدول ۷). تراکم بالای کاشت به‌همراه مصرف کود شیمیایی سبب تحریک رشد رویشی بیش‌تر گیاه به‌ویژه افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. در پی آن سطح فتوسنتزکننده بیش‌تری جهت تولید مواد فتوسنتزی و فرستادن به دانه فراهم می‌گردد. از این‌رو، کود شیمیایی در قیاس با کودهای آلی منجر به تشکیل سریع‌تر ترکیبات ثانویه در دانه می‌شود. جزایری و همکاران (۱۳۹۹) نیز بیش‌ترین شاخص سطح برگ در گیاه گوار را از تیمار با کاربرد کود شیمیایی نسبت به کودهای آلی گزارش نمودند. کودهای آلی با بهبود ساختمان فیزیکی، برقراری تعادل در بخش شیمیایی و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک در شرایط تنش خشکی تا حدی نیاز آبی و همچنین نیاز غذایی گیاه را فراهم می‌کنند. اما کودهای شیمیایی از طریق تأمین سریع نیازهای غذایی گیاه به‌علت حلالیت زیاد یون‌ها سریع‌تر عمل می‌کنند. در این آزمایش، کودهای آلی نیز از نظر درصد روغن در بسیاری از ترکیب‌ها (D3F2 و D1F3) با کود شیمیایی D1F1 برابری می‌کردند. بنابراین احتمالاً در چنین شرایطی نقش کودهای آلی به لحاظ تأثیری که بر ساختمان فیزیکی خاک می‌گذارند مهم‌تر از نقش تغذیه‌ای کودهای شیمیایی بوده و قابل توصیه باشند. این یافته با نتایج پژوهش مرادی و همکاران (۱۳۹۷) روی گیاه سیاهدانه مطابقت دارد. با محاسبه عملکرد روغن در هکتار توصیه بهتری برای انتخاب تیمار برتر می‌توان داشت. زیرا تیمار با عملکرد دانه بالاتر نیز در محاسبه لحاظ می‌شود. با توجه به اثر متقابل تراکم کاشت و نوع سیستم تغذیه، مشاهده گردید که تیمار D2F2 با عملکرد روغن ۲۵۶/۳۴ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین میزان را به خود اختصاص داده است و تیمار D1F1 با عملکرد روغن ۱۹/۸۹ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین میزان عملکرد روغن را داشته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تراکم بالا که همراه با مصرف کود شیمیایی عملکرد دانه کاهش یافته است، در نتیجه عملکرد روغن کم‌تری حاصل شده است.

واضح است که در تراکم بوته کم، رقابت بین‌بوته‌ای کم‌تر بوده و گیاهان از نظر دسترسی به منابع محدودیتی ندارند، با افزایش تراکم بوته رقابت درون‌گونه‌ای افزایش یافته و رقابت بوته‌ها برای دسترسی به منابع افزایش می‌یابد. درحالی‌که در آزمایش حاضر تراکم بالاتر گوار در تغذیه با کود شیمیایی نسبت به سطوح دیگر کارایی بیش‌تری در جذب نیتروژن از خاک داشته و به بیان دیگر رقابت درون‌بوته‌ای باعث بهبود کارایی استفاده از عناصر و مواد غذایی شده است. با توجه به ارتباط مستقیم پروتئین دانه و محتوای نیتروژن و دخیل بودن این عنصر در تشکیل پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک افزایش محتوای پروتئین دانه گوار با کاربرد کود شیمیایی نیتروژن در پژوهش حاضر دور از انتظار نیست. این موضوع در توافق با نتایج یافته‌های نوروزی و همکاران (۱۴۰۰) است. از طرفی، در مطالعه جزایری و همکاران (۱۳۹۹) میزان نیتروژن و پروتئین دانه گوار تحت تأثیر تیمارهای مختلف تراکم و سیستم تغذیه معنی‌دار نگردید. ایشان واکنش کم گیاه گوار به تیمارهای تغذیه‌ای را به‌دلیل

1. Ziaie

2. Ahmed

لگوم بودن، نیاز کم به عناصر غذایی و توان پایین و ویژگی‌های ژنتیکی از جمله محلی بودن گونه گوار مورد آزمایش نسبت دادند. یافته‌های فولادوند و یدوی (۱۳۹۴) نشان داد که افزایش تراکم کاشت گیاه گلرنگ از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع، منجر به افزایش ۱۰ درصدی در کارایی استفاده از نیتروژن گردید. چنین استنباط می‌شود که با افزایش تراکم کاشت به دلیل پوشش بهتر مزرعه، افزایش جذب نیتروژن از خاک، افزایش رشد و عملکرد دانه بیش‌تر و کاهش دسترسی علف‌های هرز، کارایی استفاده از نیتروژن افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، افزودن کودهای آلی همچون ورمی‌کمپوست و بایوجمی از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف بر میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود جذب نیتروژن در سطوح دیگر تراکم گیاه گوار شده‌اند، همچنین بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه سبب افزایش رشد، تسریع واکنش‌های متابولیسمی، افزایش سنتز و تجمع متابولیت‌ها شده است. این نتایج با یافته‌های بهزادی و صالحی (۱۳۹۵) مطابقت دارد.

احمدی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که در تراکم‌های پایین به دلیل کاهش رقابت بین گیاهان بر سر مواد غذایی گیاه گوار نیتروژن بیش‌تری را جذب کرده بنابراین درصد نیتروژن در کل بوته در تراکم‌های کاشت پایین به مراتب بیش‌تر از تراکم‌های کاشت بالاست. این در حالی است که میزان نیتروژن در بذر واکنش متفاوتی داشته و در تراکم‌های بالا، در گیاه به دلیل رقابت بیش‌تر، مکانیزم حفظ بقا فعال شده و بوته میزان عناصر بیش‌تری را به دانه می‌فرستد. از طرفی، هرچه تراکم کاشت گوار کم‌تر باشد به علت نامحدود بودن رشد گیاه، شاخ و برگ توسعه بیش‌تری پیدا کرده و نیتروژن موجود در اندام‌ها صرف تولید شاخ و برگ می‌شود. احمدی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که افزایش تراکم بوته، باعث افزایش برداشت نیتروژن بوته گوار از خاک شد. چنان‌که بیش‌ترین برداشت نیتروژن بوته (۲۹۵ کیلوگرم در هکتار) از تراکم ۹۵ بوته در مترمربع با مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید به دست آمد و به تدریج با کاهش تراکم و هیومیک اسید از برداشت نیتروژن کل کاسته شد. مصنعی و همکاران (۱۳۹۵) نیز بیش‌ترین درصد نیتروژن دانه را در گندم از تراکم‌های بیش‌تر به دست آوردند. کودهای آلی ورمی‌کمپوست و بایوجمی با آزادسازی تدریجی و آرام نیتروژن باعث دسترسی مداوم و پایدار ریشه و در نتیجه جذب بیش‌تر عنصر غذایی نیتروژن در بلندمدت می‌شوند. نتیجه مشابهی نیز از آزمایش جندی^۱ و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شد. ایشان بیش‌ترین میزان پروتئین دانه گوار را از تلفیق کودهای زیستی نیتروژنی به علاوه کود شیمیایی نیتروژن در مقایسه با کاربرد هر کدام به تنهایی به دست آوردند.

در تفسیر نتایج مربوط به وزن هزاردانه گوار مشاهده می‌شود که تیمارهای اثر متقابل با کاربرد کود شیمیایی کم‌ترین میزان را در هر تراکمی به خود اختصاص داده‌اند و این پرسش پیش می‌آید که چنین تیمارهایی چگونه درصد پروتئین و روغن بیش‌تری در میان سایر تیمارها تولید کردند؟ در پاسخ به این شبهه چنین می‌توان پاسخ داد که تیمارهای با کاربرد کودهای آلی ورمی‌کمپوست و بایوجمی احتمالاً میزان کربوهیدرات ذخیره‌ای بیش‌تری (نشاسته) در اندوسپرم دانه خود در اثر انتقال دوباره آهسته و آرام مواد فتوسنتزی ذخیره کرده و افزایش وزن دانه ناشی از درصد بیش‌تر کربوهیدرات در دانه می‌باشد. اما وقتی که کود شیمیایی استفاده شود، بذرها در محدودیت تداوم ارسال مواد فتوسنتزی قرار گرفته و مکانیسم حفظ بقا فعال شده و گیاه متابولیت‌های ذخیره‌ای خود همچون درصد پروتئین را جهت رویارویی با تنش‌های احتمالی افزایش می‌دهد. در مواقعی که تنش‌های میان‌مدت بر گیاهان وارد شود، گیاه برای ادامه جذب آب، از راه تجمع ترکیبات اسمزی مانند کربوهیدرات محلول و پرولین، پتانسیل اسمزی خود را کم می‌کند. تنظیم اسمزی به توسعه سلولی، بقا و رشد گیاه تحت تنش خشکی کمک می‌کند (مانیوانان^۲ و همکاران، ۲۰۰۸).

1. Gendy

2. Manivannan

از جمله موادی که در شرایط تنش خشکی در گیاه تجمع پیدا می‌کند، قندهای محلول و پروتئین‌ها می‌باشند که به عنوان حفاظت‌کننده‌های اسمزی رفتار می‌کنند. افزایش قندهای محلول طی تنش‌ها به‌طور معنی‌داری با تنظیم اسمزی و حفظ آماس همبستگی دارد و باعث پایداری پروتئین‌ها و غشاهای می‌شود (سانچز^۱ و همکاران، ۱۹۹۸؛ فتحی^۲ و براری^۳، ۲۰۱۶). تجمع قندهای محلول داخل سلول‌ها در تنظیم اسمزی نقش مهم ایفا نموده و کمک می‌کند تا پتانسیل آب سلول کاهش یافته و آب بیش‌تری برای حفظ فشار تورژسانس تحت تنش خشکی و کم‌آبی داخل سلول باقی بماند. از این‌رو، این راهبرد می‌تواند موجب افزایش پایداری غشاهای زیستی، پروتئین‌ها، فتوسنتز و مقاومت به خشکی گردد (جوهری^۴، ۲۰۱۰) و از آنجایی‌که تیمارهای با کاربرد کود شیمیایی در محدودیت ارسال مواد فتوسنتزی به دلیل شستشوی بیش‌تر یون‌ها از محیط ریشه هستند، لذا مواد دریافت‌شده توسط بذر به‌سرعت تبدیل به قندهای محلول و پروتئین شده تا فشار اسمزی درون گیاه بهتر تنظیم گردد. اما چنان‌که در عملکرد دانه مشاهده می‌شود، این کاهش وزن از طریق تعداد دانه بیش‌تر در واحد سطح جبران شده و کود ورمی‌کمپوست مؤثرتر عمل می‌کند. در مطالعه مفتاحی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۷) نیز بیان شده است که تعداد بذر در گیاه با ضریب رگرسیون $0/669$ نسبت به وزن صد بذر با ضریب رگرسیون $0/497$ تأثیر بیش‌تری در افزایش عملکرد دانه گوار داشته است.

گزارش شده است که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان پروتئین، وزن صد بذر و عملکرد بذر در گوار وجود دارد (حیدرزاده، احتشامی و ربیعی، ۱۳۹۹). بدین صورت که هر چقدر عملکرد بذر بیش‌تر باشد، به همان میزان مقدار ماده خشک افزایش خواهد یافت و عملکرد پروتئین بیش‌تر خواهد شد که با نتیجه به‌دست‌آمده در این پژوهش مطابقت دارد. همچنین با افزایش تراکم، رقابت بین بوته‌ها برای دسترسی به نیتروژن بیش‌تر می‌شود و در نتیجه از میزان پروتئین بذر کاسته می‌شود.

بیش‌ترین درصد صمغ از تیمار D1F1 حاصل شد که با سطوح دیگر کاربرد کود ورمی‌کمپوست و بایوجمی در تراکم ۱۳۳ هزار بوته تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۷). نتیجه پژوهش حاضر در توافق با نتیجه آزمایش (مفتاحی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۷) می‌باشد. ایشان بیان داشتند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد بذر گوار و عملکرد صمغ و عملکرد پروتئین بذر وجود دارد. درخصوص نوع کود مصرفی که تفاوت معنی‌داری در میزان صمغ ایجاد نکرده می‌توان گفت که افزایش نیتروژن موجود در محیط بیش‌تر صرف رشد رویشی گیاه می‌گردد تا صرف صفات کیفی همانند افزایش میزان موسیلاژ شود (جزایری و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین مهدی‌پورافرا و همکاران (۱۳۹۸) تفاوت معنی‌داری در میزان آندوسپرم دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت و تراکم گزارش نکردند. نتایج مقایسه میانگین‌ها در آزمایش حیدرزاده، احتشامی و ربیعی (۱۳۹۹) بر روی درصد صمغ بذر گوار نشان داد که بیش‌ترین میزان گالاکتومانان ($27/5$ درصد) در تاریخ کاشت پنجم خردادماه و از تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و کم‌ترین آن ($15/1$ درصد) در تاریخ کاشت دوم تیرماه و از تراکم ۶۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. به‌نظر این پژوهش‌گران کاهش گالاکتومانان در کاشت زودهنگام، به‌دلیل پایین‌بودن درجه‌روزرشد و میزان بالای بارندگی در این تاریخ کاشت در مقایسه با کاشت‌های دیرهنگام بود.

همان‌طور که نتایج نشان داد هیچ‌یک از سطوح اصلی و اثرات متقابل تراکم کاشت و سیستم‌های مختلف تغذیه بر میزان خاکستر کل دانه اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نداشت (جدول ۸). هر ماده آلی با هر منبعی که باشد دارای مقادیر متغیری از مواد معدنی در درون خود می‌باشد. معنی‌دار نبودن صفت میزان خاکستر در تیمارهای کودی و

تراکم نشان‌دهنده برآیند کل مواد معدنی موجود در بذر است که در جریان فتوسنتز و هم‌چنین در پدیده انتقال مجدد به بذرها رسیده است و بیانگر این مطلب است که صفت خاکستر در گیاه گوار تحت کنترل عوامل ژنتیکی بوده و در شرایط فراهمی عناصر غذایی از دو منبع شیمیایی و آلی، عوامل محیطی تأثیری بر میزان آن ندارد. نتایج این پژوهش با یافته‌های جزایری و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در پژوهش پیش رو، تعداد علاف در مترمربع، تعداد دانه در علاف، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت گوار تحت تأثیر اثر متقابل تراکم و نوع کود قرار گرفته و معنی‌دار شدند. تیمار D2F2 برای کلیه صفات ذکرشده بالاترین میزان را به‌دست آورد. درخصوص صفات کیفی دانه همان‌طور که مشاهده شد بالاترین درصد روغن، پروتئین و صمغ، در تیمار D1F1 در دانه مشاهده شد. اما عملکرد پروتئین و عملکرد روغن در تیمار D2F2 بیش‌ترین میزان را به‌دست آورد. جهت رعایت مسائل زیست‌محیطی و پیشبرد اهداف پایداری در کشاورزی، استفاده از دو کود ورمی‌کمپوست و بایوجمی می‌تواند بخشی از چشم‌انداز اهداف زراعی کشت و کار گوار را پوشش دهد. در مورد این که کدام نوع کود (ورمی‌کمپوست و بایوجمی) بر یکدیگر برتری داشته‌اند، اظهارنظر قطعی نمی‌توان کرد. زیرا در اکثر صفات موردبررسی ترکیب‌های مختلف تراکم و کود در گروه‌های آماری یکسان قرار گرفته و ارجحیت بارزی بر یکدیگر نداشتند. در یک جمع‌بندی نهایی، برای کشت و کار گوار بهترین توصیه این است که از کود ورمی‌کمپوست در تراکم ۸۸ هزار بوته در هکتار استفاده شود. اما چنانچه تولید دانه از نظر کیفی و برای مصارف صنعتی تولید صمغ مدنظر باشد، کود شیمیایی در تراکم ۱۳۳ هزار بوته در مترمربع در شرایط منطقه موردبررسی پیشنهاد می‌شود.

۷. تشکر و قدردانی

از کارکنان دانشگاه تربیت‌مدرس بابت در اختیارگذاشتن امکانات این دانشگاه جهت انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- احمدی، فرناز؛ مرادی تلاوت، محمدرضا؛ سیادت، سیدعطاءالله و مشتقی، علی (۱۳۹۸). تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر عملکرد و میزان جذب عناصر غذایی گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) در تراکم‌های مختلف کاشت. *مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی*، ۹ (۱)، ۳۳-۴۹.
- بهزادی، یعقوب و صالحی، امین (۱۳۹۵). تأثیر کاربرد کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر جذب عناصر N، P، K، عملکرد دانه و عملکرد اسانس گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.). *مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۲ (۶)، ۱۰۲۶-۱۰۳۶.
- تدین، علی؛ ترابی‌ان، شهرام؛ و تدین، محمدرضا (۱۳۹۲). اثر تراکم بوته بر عملکرد و کیفیت چهار رقم تجاری بزرک خوراکی. *مجله به‌زراعی کشاورزی*، ۱۵ (۱)، ۲-۱۵.
- جزایری، سیدجلال الدین؛ موسوی نیک، سیدمحسن؛ بحرینی‌نژاد، بابک و قنبری، سیداحمد (۱۳۹۹). تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر

شاخص های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) در تراکم های مختلف بوته. *مجله تغذیه گیاهان باغی*، ۳ (۱)، ۸۷-۱۰۴.

حیدرزاده، محدثه؛ احتشامی، سیدمحمدرضا و ربیعی، محمد (۱۳۹۹). اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی های کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub) در استان گیلان. *مجله فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۹ (۳۹)، ۱۹۷-۲۱۴.

ضیایی، سیدمسعود؛ کافی، محمد؛ خزاعی، حمیدرضا؛ شباهنگ، جواد و سلیمانی، محمد (۱۳۸۷). اثر تراکم بوته و تعداد چین بر عملکرد و اجزای عملکرد علوفه و دانه کوشیا (*Kochia scoparia* L. Schrad) تحت شرایط آبیاری با آب شور. *مجله علمی پژوهش های زراعی ایران*، ۶ (۲)، ۳۳۵-۳۴۲.

فولادوند، موسی و یدوی، علیرضا (۱۳۹۴). اثر تراکم کاشت، مقدار و تقسیم کود نیتروژن بر خصوصیات کیفی و کارایی استفاده از نیتروژن گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در رقابت با علف های هرز. *مجله پژوهش های زراعی ایران*، ۱۳ (۲)، ۳۵۸-۳۶۸.

کشفی، سیدمحمدحسن؛ مجنون حسینی، ناصر و زینالی خانقاه، حسن (۱۳۸۹). بررسی اثر تراکم بوته و کود آغازگر نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود زراعی رقم کوروش (*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) در منطقه کرج. *پژوهش های حیوانات ایران*، ۱ (۲)، ۱۱-۲۰.

مرادی، روح الله؛ پورقاسمیان، نسیم؛ نقی زاده، مهدی (۱۳۹۷). تأثیر سطوح مختلف کم آبیاری و منابع تغذیه ای بر خصوصیات کمی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط آب و هوایی بردسیر. *مجله تنش های محیطی در علوم زراعی*، ۱۱ (۱)، ۳۵-۴۶.

مصنعی، هدیه؛ نوروزی، حسین؛ داداشی، محمدرضا؛ فرجی، ابوالفضل و پسرکلی، محمد (۱۳۹۵). تأثیر همزمان کیفیت بذر، تراکم کاشت و کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیکی و عملکردی گندم (*Triticum aestivum* L.). *مجله فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۱ (۴)، ۲۰-۳۲.

مهدی پورافرا، مریم؛ آقاعلیخانی، مجید؛ صوفی زاده، سعید و مختصی بیدگلی، علی (۱۳۹۸). اثر زمان کاشت و تراکم بوته بر رشد و عملکرد دانه دو اکوتیپ گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، ۲۱ (۲)، ۱۰۹-۱۲۶.

نوروزی، سعید؛ اکبری، غلامعلی؛ الله دادی، ایرج؛ سلطانی، الیاس و نوروزیان، محمدعلی (۱۴۰۰). تأثیر کود نیتروژن و سوبیه های مختلف باکتری همزیست بر صفات کمی و کیفی گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) تحت رژیم های مختلف آبیاری. *مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۳۱ (۲)، ۳۳۹-۳۵۹.

References

- Ahmad, S., Hassan, F., Ali, H., & Robab, U. (2005). Response of sunflower to dibbling time for yield components. *Journal of Research Science*, 16, 19-26.
- Ahmadi, F., Moradi talavat, MR. Siadat, AA., & Moshatati, A. (2019). Effect of Different Concentrations of Humic Acid on Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) Yield and Nutrients Uptake in Different Sowing Densities. *Journal of Crop Production and Processing, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran*, 9(1), 33-49. (In Persian).
- Akhtar, L.H., Minhas, R., Bukhari, MS., & Sajid Shah, SA. (2015). Genetic analysis of some quantitative traits of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Journal of Environment of Agricultural Sciences*, 4, 48-51.
- Ayas, H., & Gulser, F. (2005). The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Sciences*, 5(6), 801- 804.
- Behzadi, Y., & Salehi, A. (2017). Effects of biological, organic, and chemical fertilizers on uptake of N, P, K, grain yield, and essential oil yield in anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32, (6), 1026-1036. (In Persian).
- Deka, K.K., Das Milu, R., Bora, P., & Mazumder, N. (2015). Effect of sowing dates and spacing on growth and cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) in subtropical climate of Assam. *Indian journal of Agricultural Research*, 49 (3), 250-254.
- Eldirany, A.A., Mohamed-Nour, A.A., Khadir, K.E., Gadeen, K.A., & Ibrahim, M. (2015). Physicochemical and Functional properties of four new genotypes of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) gum. *American Journal of Food Science and Health*, 1(2), 43-50.
- Fathi, A., & Barari Tori, D. (2016). Effect of drought stress and its mechanism in Plants. *International Journal of Life Science*, 10 (1), 1-6.

- Fouladvand, M., & Yadavi, AR. (2015). Effect of planting density, amount and split of nitrogen fertilizer on qualitative and nitrogen use efficiency in competition with weeds in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(2), 358-368. (In Persian)
- Gendy, A.S.H., Said-Ahl, H.A.H., Mahmoud, A.A., & Mohamed, H.F.Y. (2013). Effect of nitrogen sources, bio-fertilizers and their interaction on the growth, seed yield and chemical composition of guar plants. *Life Science Journal* 10(3), 389-402.
- Gharby, S., Harhar, H., Guillaume, D., Roudani, A., Boulbaroud, S., Ebrahimi, M., Ahmad, M., Sultana, S., Ben Hadda, T., Chafchaoui-Moussaoui, I., & Charrouf, Z. (2015). Chemical investigation of *Nigella sativa* L. seed oil produced in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14 (2), 172-177.
- Ghulam Nabi, A. (2013). Cluster bean (guar) cultivation in Pakistan. Valley Irrigation Pakistan Press (private) limited. Retrieved September 2012, from [Guar-Cultivation-in-Pakistan.pdf](#).
- Giasuddin, A. B. M., Kanel, S., & Choi, H. (2007). Adsorp on of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. *Environmental Science and Technology* 41(6), 2022-2027.
- Heydarzade M, Ehteshami S M R, & Rabiee M. (2020). Effect of planting date and plant density on qualitative characteristics, yield and yield components of guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. in Guilan province. *Plant Process and Function*; 9 (39), 197-214.
- Johari, M. (2010). Effect of soil water stress on yield and proline content of four wheat lines. *African Journal of Biotechnology*, 9, 36-40.
- Jazayeri, J., Mousavinick, M., Bahreini Nezhad, B., & Ghanbari, A. (2020). Effects of chemical and organic fertilizers on growth indices, yield and yield components of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in different plant densities. *Journal of Horticultural Plant Nutrition*, 3 (1), 87-102. (In Persian).
- Kashfi, SMH., Majnoun Hosseini, N., & Zeinali Khaneghah, H. (2010). Effect of plant density and starter nitrogen fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) at Karaj conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 1(2), 11-20. (In Persian).
- Lakshmi Kalyani, D. (2012). Performance of cluster bean genotypes under varied time of sowing. *Agricultural Research Community Centre*, 35(2), 154-158.
- Lio, W., Tollenaar, M., Stewart, G., & Deen, W. (2004). Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. *Crop Science*, 44(3), 847-854.
- Manivannan, P., Jaleel, C.A., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2008). Osmoregulation and antioxidant metabolism in drought-stressed *Helianthus annuus* under triadimefon drenching. *Comptes Rendus Biologies*, 331(6), 418-325.
- Meftahzade, H., Hamidoghli, Y., Assareh, M. H., & Jaanmard Dakheli, M. (2017). Effect of sowing date and irrigation regimes on yield components, protein and galactomannan content of guar Downloaded (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in Iran climate. *Australian Journal of Crop Science*. 11(11), 1481-1487.
- Mehdipour Afra, M., AghaAlikhani, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., & Soufizadeh, S. (2019). Effect of sowing time and plant density on growth and seed yield of two guarecotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Iranian Agronomic Sciences*, 21(2), 109-126. (In Persian).
- Moradi, R., Pourghasemian, N., & Naghizadeh, N. (2018). The effect of different level of low-irrigation and nutritional resources on quantitative and qualitative characteristics of blackseed (*Nigella sativa* L.) under Bardsir climate conditions. *Environmental Stresses in Agronomic Sciences*, 11 (1), 35-46. (In Persian).
- Mosanaiey, H., Nowroozi, H. Dadashi, M. R., Faraji, A., & Pesarakli, M. (2017). The simultaneous effect of seed quality, plant density, and nitrogen fertilizer on physiological and yield characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 11 (4), 20-32. (In Persian).
- Nandini, K.M., Sridhara, S., Patil, S., & Kumar, K. (2017). Effect of Planting Density and Different Genotypes on Growth, Yield and Quality of Guar. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5(1), 320-328.
- Nowroozi, S., Akbari, Gh., Allahdadi, I., Soltani, E., & Nowroozian, M.A. (2021). The Effect of Nitrogen Fertilizer and Different Strains of Symbiosis Bacterium on Quantitative and Qualitative Traits of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) under Various Water Regimes. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 31(2), 339-359. (In Persian).
- Ouda, B.A., & Mahadeen, A.Y. (2008). Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). *International Journal of Agriculture and Biology* 10, 627-632.

- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., & Kumari, U.R. (2008). An experimental study of vermin-biowaste composting for agriculture soil improvement. *Bioresource Technology*, 99, 1672-1681. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.028>.
- Raja Sekar, K., & Karmegan, N. (2010). Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. *Scientia Horticulturae*, 124, 286-289.
- Regan, K. L., Siddique K. H., & Martin, L. D. (2003). Response of Kabuli chickpea to sowing rate in Mediterranean type environments of south-western Australian. *Journal of Experimental Agriculture*, 43, 87-97.
- Sabahelkheir Murwan, K., Abdalla Abdelwahab, H., & Nouri Sulafa, H. (2012). Quality assessment of guar gum (Endosperm) of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*). *SCA Journal of Biological Sciences*, 1(1), 67-70
- Sanchez, F.J., Manzanares, M., De Andres, E.F., Tenorio, J.L., & Ayerbe, L. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crop Research*, 59, 225-235.
- Sangwan, P., Kaushik, C.P., & Garg, V.K. (2008). Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology*, 99, 2442-2448.
- Satyavathi, P., & Vanaja, M. (2017). Performance of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.) genotypes under different environmental conditions. 7th International Conference on Innovation in Chemical, Agricultural, Biological and Environmental Sciences. 4-6 December. London, UK.
- Sharma, P., Kumar, V., Venkat Raman, K., & Tiwari, K. (2014). A set of SCAR markers in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub) genotypes. *Journal of Bioscience and Biotechnology*, 5, 131-141. <http://dx.doi.org/10.4236/abb.2014.52017>.
- Singla, S., Grover, K., Angadi, S.V., Begna, S.H., Schutte, B., & Van Leeuwen, D. (2016). Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under different planting dates in the semiarid southern high plains. *American Journal of Plant Sciences*, 7(8), 1246-1258.
- Tadayyon, A., Torabian, S., & Tadayyon, M.R. (2013). Effect of plant density on yield and quality of four commercial flaxseed cultivars. *Journal of Crops Improvement*, 15 (1), 15-26. (In Persian).
- Ziaei, S.M., Kafi, M., Khazaei, H.R., Shabahang, J., & Soleimani, M.R. (2008). Effect of planting density and cutting frequency on forage and grain yields of kochia (*Kochia scoparia*) under sailine water irrigation. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(2), 335-342. (In Persian).