

Effect of organic and chemical fertilizers on growth indices, yield and yield components of Guar in different plant densities

Sayyed Jalaloddin Jazayeri^{1*}, Sayyed Mohsen Mousavinik², Babak Bahreininejad³, Sayyed Ahmad Ghanbari⁴

1- Corresponding Author and Phd. graduated, Department of Agriculture, Zabol university, Zabol, Iran.
Jazayeri88@yahoo.com

2- Professor of Department of Agriculture, Zabol university, Zabol, Iran.
Mohsen_372001@yahoo.com

3- Assistant Professor of Research Center of Agricultural and Natural Resources, Isfahan Department, Isfahan, Iran. b_bahreininejad@yahoo.com

4- Professor of Department of Agriculture, Zabol university, Zabol, Iran.
ghanbari@yahoo.com

Received Date: 2020/02/02

Accepted Date: 2020/06/07

Abstract

Introduction: Guar or cluster bean belongs to leguminosae family. It is an annual plant and tolerant to salinity and drought. Guar is a drought resistant plant which is cultivated as a forage and seed crop and vegetable in warm and dry regions of Asia and Africa (Momen Keykha et al., 2018). The use of organic matters as fertilizer on agricultural soils can reduce the effects of soil compaction and provide the nutrients for the plants (Mohammadnejad et al., 2015). The research on the use organic fertilizers on guar under different plant densities has been scant. Thus the present study was carried out in order to assess and survey the effects of nutritious factors and density on growth indices, yield and yield components of Guar under Isfahan climatic conditions.

Material and methods: Experiment was conducted as factorial using randomized complete blocks design with three replications. This research was carried out during the growing season of 2015-2016 in the center of agricultural research of Isfahan province. First factor included: chemical fertilizer (two levels of 60, 70, 70 and the other 90, 100, 100, kilograms per hectare respectively nitrogen, potassium and phosphorous), animal manure (in two levels 10 and 20 tons per hectare) and vermicompost (at two levels of 300 and 600 kilograms per hectare) and density as the second factor consists of three levels of 60, 75 and 90 plants / m². Growth indices were LAI, CGR and RGR. Also plant height, number of branches, pod number per plant, grain number per pod, length of pod, 1000-grain weight and grain yield were measured. The data were statistically analyzed by SAS software. Comparison of means was performed using LSD test at the 0.05 level of significant.

Results and discussion: The highest LAI belonged to chemical fertilizer 2 and the lowest to vermicompost 1. 60 and 90 plants per square meter had the highest and lowest LAI respectively. The highest and lowest CGR belonged to chemical fertilizer and vermicompost respectively. CGR peaked in all the treatments by appearance of pods and reduced while pods were filling. This can be due to increasing shades and lack of light (Emam and Niknejad, 2011). RGR was almost linear and declining. They decreased to zero and negative

The results showed that the effect of factors were significant on all traits except grain number per pod and 1000-grain weight. Based on the results, the plant height, number of sub branches, number of pods, pod length and grain yield in nutritious treatments and plant density were significant, but the interaction between fertilizer levels and density, except for the number of pods, were not significant. The maximum number of sub branches (6.13), pod number per plant (46.32), 1000-grain weight (33.55 g) and grain yield (3646.3 kg/h) was observed in density of 60 plants per square meter. Rezvani Moghaddam et al., (2010) reported that the seed yield was increased by increasing plant density, but decreased the plant height, number of capsule per plant, plant biomass, seed yield and weight and number of seed per plant, significantly. 1000-seed weight, harvest index and weight of seed per capsule had no affected by treatments. Asadi et al., (2013) reported that organic input application could be considered as a sustainable approach for improving growth and yield of medicinal plants such as isabgol in agroecosystems that will increase nitrogen efficiency and reduce environmental pollutions due to slow release of nutrients.

Conclusions: As a whole the density of 60 pl/m² was preferred in most of traits. In most of the yield components, preference is to chemical fertilizer, but in the some traits, vermicompost was at the same level or sometimes superior to other treatments. So at the same condition, it is advisable to use 60 plants per square meter and to get a better result in cropping and to decrease the negative environmental effects, it is advisable to use a combination of chemical fertilizer and vermicompost.

Keywords: Animal manure, LAI, Vermicompost, 1000-grain weight.

تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر شاخص‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) تراکم‌های مختلف بوته

سید جلال‌الدین جزایری^{۱*}، سید محسن موسوی نیک^۲، بابک بحرینی نژاد^۳، سید احمد قنبری^۴

۱- نویسنده مسئول و دانش آموخته دکتری زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل، زابل، ایران.

Jazayeri88@yahoo.com

۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل، زابل، ایران.

Mohsen_372001@yahoo.com

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، اصفهان، ایران.

b_bahreininejad@yahoo.com

۴- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل، زابل، ایران.

ghanbari@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳

چکیده

به منظور ارزیابی و بررسی اثرات تیمارهای کودی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی گوار، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی اصفهان در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. سطوح کودی (عامل اول) شامل: کود شیمیایی (در دو سطح، ۶۰، ۷۰ و ۷۰ و دیگری ۹۰، ۱۰۰، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاس)، کود حیوانی (۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) و ورمی‌کمپوست (۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم (عامل دوم) شامل: سطوح ۶۰، ۷۵ و ۹۰ بوته در متر مربع می‌باشد. شاخص‌های اندازه‌گیری شده، LAI، CGR و RGR بودند. بر اساس نتایج ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، تعداد نیام، طول نیام و عملکرد دانه در تیمارهای کودی و تراکم بوته معنی‌دار شدند ولی برهمکنش کود و تراکم در تعداد نیام معنی‌دار شد. میانگین‌ها بترتیب کود شیمیایی، کود حیوانی و ورمی‌کمپوست را نشان می‌دهد و تراکم ۶۰، ۷۵ و ۹۰ بوته در متر مربع نیز بترتیب غالبیت داشتند. بیشترین شاخه جانبی (۶/۱۳ عدد)، نیام در بوته (۴۶/۳۲ عدد)، وزن هزار دانه (۳۳/۵۵ گرم) و عملکرد دانه (۳۶۴۶/۳ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۶۰ بوته مشاهده گردید. در بیشتر اجزاء عملکرد ارجحیت با کود شیمیایی ولی در برخی صفات، ورمی‌کمپوست در سطح آماری بقیه کودها بود. لذا جهت کشت این گیاه در شرایط مشابه می‌توان تراکم ۶۰ بوته و جهت کسب نتیجه بهتر و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی، ترکیبی از کودهای شیمیایی و ورمی‌کمپوست را توصیه نمود.

کلمات کلیدی: شاخص سطح برگ، کود حیوانی، ورمی‌کمپوست، وزن هزار دانه.

مقدمه

گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) یک لگوم یک ساله است که می‌تواند تنش شوری و خشکی را به خوبی تحمل کند و به عنوان یک محصول جایگزین با پتانسیل بالقوه در دشت‌های کم آب کشت شود (Grover et al., 2016). زمینی که در آن گوار کشت شده باشد، به علت همزیستی ریشه‌های گوار با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن پس از اینکه شخم زده می‌شود و در این زمین کشت صورت گیرد، بازده محصول افزایش می‌یابد. زیرا قابلیت دسترسی نیتروژن توسط ریشه گیاه در خاک بهبود می‌یابد (Undersander et al., 1997). صمغ گوار از نظر درمانی به عنوان کاهنده قند خون، ضد میکروب، مهار کننده اشتها استفاده می‌شود. صمغ گوار به عنوان یک ملین برای درمان اسهال، سندروم روده تحریک پذیر (IBS)، و همچنین چاقی و دیابت، برای کاهش کلسترول و برای جلوگیری از سخت شدن شریان‌ها (آترواسکلروز) استفاده می‌شود. در غذاها و نوشیدنی‌ها، از صمغ گوار به عنوان پایدار کننده و حجم‌دهنده، معلق کننده و عامل اتصال استفاده می‌شود. در صنایع داروسازی از صمغ گوار به عنوان یک عامل اتصال در قرص و حجم دهنده در لوسیون و کرم استفاده می‌شود (NIAM, 2014).

مدیریت کوددهی برای رفع کمبود عناصر غذایی به ویژه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک می‌تواند نقش اساسی در کشت موفقیت آمیز گیاهان دارویی داشته باشد (Chatterjee, 2002). در این ارتباط می‌توان به مدیریت صحیح نیتروژن که مهمترین عنصر در تغذیه گیاهان است (Salvagiotti et al., 2009)، اشاره کرد که به دلیل نقش کلیدی آن در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان و نیز اثرات این عنصر بر اکوسیستم‌های زراعی، یکی از مباحث مهم در سیستم‌های زراعی است (Guarda et al., 2004). علاوه بر این، نیتروژن جزء اولیه تشکیل دهنده ترکیب‌های آلی همانند اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به شمار می‌رود (El-Sayed et al.,

2000). در دهه‌های اخیر، تولید در کشاورزی متکی به مصرف نهاده‌های شیمیایی به منظور کسب عملکرد بالا بوده که علاوه بر ایجاد مشکلات عمده و آلودگی محیط زیست، این مواد مانع بزرگی در دستیابی به تولید پایدار می‌باشند. از دیدگاه کشاورزی پایدار، خاک نه تنها یک بستر فیزیکی و شیمیایی به شمار می‌رود، بلکه همانند یک پیکره زنده است که با مدیریت موجودات زنده آن، می‌توان تنوع زیستی آن را حفظ کرده و افزایش داد. به همین منظور برای برخورداری از یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر تأمین نیازهای گیاه و کاهش مخاطرات زیست محیطی، جنبه‌های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند، ضروری به نظر می‌رسد (Kizilkaya, 2008).

یکی از ارکان سیستم کشاورزی پایدار استفاده از کودهای آلی به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است که از میان کودهای آلی می‌توان به کود ورمی کمپوست اشاره کرد. ورمی کمپوست نوعی کود آلی است که حاصل فعالیت بیولوژیک نوعی کرم خاکی با نام علمی "*Eisenia foetida*" می‌باشد که در اثر عبور مداوم و آرام مواد آلی درحال پوسیدگی از دستگاه گوارش کرم خاکی و دفع این مواد از بدن کرم حاصل می‌گردد. ورمی کمپوست در خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیر بسزایی دارد. این کود علاوه بر عناصر پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم که در فعالیت‌های حیاتی گیاه نقش اساسی دارند حاوی عناصر ریزمغذی مانند آهن، مس، روی و منگنز نیز می‌باشد (Orozco et al., 1996). کود دامی باعث افزایش خلل و فرج خاک و موجب رشد و گسترش بیشتر ریشه گیاهان در خاک شده و جذب آب و عناصر غذایی در گیاه را بهبود می‌بخشد و بر اثر تغذیه مناسب گیاه، رشد و فتوسنتز آن افزایش می‌یابد، در نتیجه عملکرد کمی و کیفی گیاهان را بالا می‌برد (Blaise et al., 2005). گزارش‌ها حکایت دارد که کاربرد کودهای آلی نسبت به

مخصوصاً منطقه اصفهان و بررسی تراکم بهینه جهت کشت و کاربرد کودهای مختلف (شیمیایی و آلی) در تغذیه گیاهان صنعتی دارویی از سوی دیگر زمینه ساز شکل‌گیری این تحقیق برای تبیین تأثیر تیمارهای مختلف تراکم و انواع کودها از قبیل کود شیمیایی، حیوانی و ورمی‌کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی گوار گردیده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۶۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۶۵ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۵۷۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. بر اساس اطلاعات گرفته شده از سایت اداره کل هواشناسی استان اصفهان^۱ محل اجرای آزمایش از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود به عبارت دیگر بر اساس تقسیم بندی گوسن دارای اقلیم نیمه بیابانی خفیف می‌باشد و میانگین بارندگی سالانه در طول ۲۰ سال گذشته ۱۲۲ میلیمتر بوده است که حاکی از کم آبی در منطقه می‌باشد. میانگین دمای سالانه ۱۶ درجه سانتیگراد، حداکثر دمای منطقه ۴۰ و حداقل ۱۷- درجه سانتیگراد بوده است. نتایج آزمون خاکشناسی در جدول ۱ ارائه شده است.

بذر مورد نیاز با همکاری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی زابل و ایرانشهر از کشاورزان مناطق مرزی ایران و پاکستان که گونه محلی را کشت می‌کنند تهیه گردید. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر بود. پس از تسطیح اقدام به ایجاد جوی و پشته با فواصل ۵۰ سانتیمتری و جوی آب اصلی گردید. تیمارهای کودی شامل کود شیمیایی در ۲ سطح (۶۰، ۷۰، ۷۰) و (۹۰، ۱۰۰، ۱۰۰) کیلوگرم به ترتیب نیتروژن از منبع اوره، فسفات از منبع فسفات آمونیم و پتاس از منبع سولفات پتاسیم، کود حیوانی گاوی در ۲ سطح ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار و ورمی‌کمپوست

کودهای شیمیایی حائز اهمیت بیشتری بوده، زیرا کودهای شیمیایی فقط یک یا چند عنصر مورد نیاز را برای رشد گیاه فراهم می‌کنند، در حالی که کود آلی ضمن در دسترس قرار دادن بسیاری از عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و ایجاد محیطی مناسب برای رشد بهتر و کیفیت بالاتر گیاهان می‌شود. مزیت کودهای آلی، چرخه تجدید پذیر سریع آنها در اکوسیستم است که پایداری هرچه بیشتر محیط و سلامت سایر جانداران و مصرف کنندگان را محقق می‌سازد. (ترکمنی و علیخانی، ۱۳۸۷).

برای مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع و نهاده‌ها، دانستن مقدار مصرف بذر از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. بنابراین تعیین تراکم بهینه بوته در واحد سطح برای بدست آوردن حداکثر عملکرد ضروریست (Baloch et al., 2002). تراکم کاشت مطلوب یک عامل کلیدی برای رسیدن به حداکثر تولید محصولات کشاورزی می‌باشد، به ویژه هنگامی که آب محدود است (Rahimi et al., 2011). به عبارت دیگر اگرچه عوامل محیطی تأثیر به سزایی بر کمیّت و کیفیت محصول بدست آمده از گیاهان از جمله گیاهان دارویی دارد، با این حال کنترل کامل این عوامل امکان پذیر نیست، ولی می‌توان با استفاده از روش‌هایی اثرات محیطی را به شکلی مدیریت کرد که گیاه تحت هر شرایطی حداکثر توانایی خود را بروز دهد. از جمله مهمترین این تکنیک‌ها، انتخاب تراکم گیاهی مطلوب برای کشت و کار گیاه است که به عنوان یک عامل زراعی تحت کنترل، نقش مؤثری در عملکرد محصولات مختلف ایفاء می‌کند همچنین مشخص کردن تراکم گیاهی از اصول اولیه زراعت هر محصول و از جمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر تولید گیاهان دارویی به شمار می‌رود (Ibrahim, 2012). کاربردهای متعدد صمغ، دانه و اجزای دیگر گیاه گوار برای انسان و دام و بومی نبودن این گیاه در ایران از یک سو و فقدان اطلاعات کافی از خصوصیات کمی و کیفی این گیاه در شرایط آب و هوایی ایران

1 . www.esfahanmet.ir

جدول ۱- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1. physicochemical analysis of farm soil

texture	clay	silt	sand	potassium	phosphorus	nitrogen	organic carbon	acidity	conductivity	depth
	%	%	%	mg/kg	mg/kg	%	%	pH	dS/m	cm
sandy loamy	18	28	54	170	40	0.1	1.03	7.5	2.35	0-30

سانتیمتر و فاصله بین بلوک‌ها ۱۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد که شامل جوی آبیاری نیز بود. برای بدست آوردن تعداد بوته مورد نیاز در واحد سطح بذرها بصورت دستی و کوبه‌ای با فواصل ۱۱، ۱۶ و ۲۱ سانتیمتر مربع بر روی پشته‌ها در بالای داغ آب کشت شدند. عمق کاشت نیز بین ۳ تا ۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. در ابتدا میزان بذر کشت شده فراتر از تراکم ذکر شده در نظر گرفته شد ولی پس از استقرار گیاه در دو مرحله (۲ و ۶ برگی) اقدام به عملیات تنک سازی تا رسیدن به تراکم مطلوب شد. در طول مدت فصل رشد از بابت احتیاط و اجتناب از آثار سوء علف کش‌ها هیچگونه علف کش استفاده نگردید بلکه عملیات وجین علف‌های هرز در ۳ مرحله بصورت دستی توسط کارگران کشاورز صورت گرفت. بیشترین علف‌های هرز مشاهده شده شامل: خرفه (*Portulaca oleracea*)، خاکشیر (*Descurainia sophia*)، گل گندم (*Centaurea depressa*)، پیچک (*Convolvulus arvensis L.*) و ترشک (*Rumex acetosella*) بودند. در طی این مدت بجز میزان محدودی شته، آفت و یا بیماری خاص دیگری در مزرعه مشاهده نشد. جهت مبارزه با شته‌ها از سم کنفیدور به میزان یک در هزار استفاده گردید. در خطوط کاشت در هر کرت ۵ ردیف وجود داشت که پس از حذف دو ردیف کناری کرت و نیم متر از دو سمت دیگر ردیف‌ها به عنوان اثر حاشیه، از ۳ خط باقی مانده نمونه‌گیری‌ها انجام شد. میزان برداشت شده جهت اندازه‌گیری‌های شاخص‌های رشدی ۵ بوته با فاصله هر ۱۰ روز یکبار صورت می‌گرفت و در آخر دوره (در اوایل مهر ماه) نیز برای بقیه آزمایشات معادل یک مترمربع برداشت صورت گرفت. شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده، شامل: شاخص سطح برگ (LAI)،

در ۲ سطح ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بودند که آنها را به ترتیب تحت عنوان کود شیمیایی ۱، کود شیمیایی ۲، کود حیوانی ۱، کود حیوانی ۲، ورمی‌کمپوست ۱ و ورمی‌کمپوست ۲ می‌نامیم. به جز اوره که به سه بخش تقسیم گردید که دو بخش آن در مراحل بعدی به عنوان کود سرک به محصول داده شد بقیه کودها چند روز قبل از کاشت به خوبی با خاک در ردیف‌ها مخلوط شدند تا اثر منفی بر جوانه زنی بذرها نداشته باشند. کاشت بذور در اواسط خرداد ماه انجام گردید. کشت بذر به صورت مستقیم در یک طرف پشته‌ها انجام شد. سریعاً پس از اتمام کاشت بذر آبیاری به صورت کرتی انجام گردید. جهت جوانه‌زنی و استقرار بهتر بذور دو آبیاری با فاصله ۴ روزه و پس از آن تا آخر دوره رشدی گیاه مزرعه هر ۸ روز یکبار بر اساس نوع خاک و عرف منطقه آبیاری گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بطور عام برای کل طرح و بصورت فاکتوریل اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای شاخص‌های رشدی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل انواع کودها در شش سطح (دو سطح شیمیایی، دو سطح دامی و دو سطح ورمی‌کمپوست طبق میزان ذکر شده) به عنوان فاکتور اول و تراکم در سه سطح ۶۰، ۷۵ و ۹۰ بوته در متر مربع به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. این میزان تراکم به ترتیب معادل ۶۰۰۰۰۰ هزار بوته در هکتار یا معادل ۲۰ کیلوگرم بذر در هکتار، ۷۵۰۰۰۰ بوته در هکتار یا ۲۵ کیلوگرم بذر در هکتار و ۹۰۰۰۰۰ بوته در هکتار یا ۳۰ کیلوگرم بذر در هکتار می‌باشد. هر واحد آزمایشی به ابعاد ۲/۵ در ۴ متر دارای پنج پشته به فاصله ۵۰ سانتیمتر بود. فاصله بین کرت‌ها ۶۰

و همچنین بعلت داشتن دوام سطح برگ (LAD) بیشتر سبب گردیده که نسبت به بقیه لاین‌ها دارای شاخص سطح برگ (LAI) بیشتر بوده و دیرتر شروع به کاهش سطح برگ خود نماید. نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده از شاخص سطح برگ در گیاه گوار همخوانی دارد. افزایش شاخص سطح برگ در اثر مصرف سطوح مختلف نیتروژن در ابتدا تدریجی بوده و در ادامه با گسترش سطح برگ توسط گیاه، با سرعت زیادی افزایش یافت و در مرحله گلدهی حدود ۶۰ روز پس از کاشت به حداکثر خود رسید. مصرف نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ به میزان ۴/۵۵ گردید.

سرعت رشد محصول (CGR): نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین سرعت رشد محصول متعلق به تیمار کود شیمیایی (۴۷/۲۵ گرم بر متر مربع در روز) بود و کمترین میزان سرعت رشد محصول متعلق به تیمار ورمی‌کمپوست (۲۵/۸۸ گرم بر متر مربع در روز) بود. در بخش تراکم گیاه گوار در اکثر تیمارها با کاهش تراکم و نزدیک شدن به تراکم بهینه سرعت رشد محصول افزایش را نشان می‌دهد و کمترین سرعت رشد محصول را تراکم ۹۰ بوته در متر مربع که بالاترین تراکم می‌باشد داشت (شکل ۲). سرعت رشد محصول عبارت از افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان می‌باشد و معمولاً بر حسب گرم (وزن خشک کل گیاه) در متر مربع (سطح زمین) در روز بیان می‌گردد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۷). سرعت رشد محصول در همه تیمارهای بکار رفته با ظهور نیام‌ها به اوج خود رسید و همزمان با پر کردن نیام‌ها سرعت رشد محصول شروع به افول و کاهش نمود. که احتمالاً این امر به علت سایه‌اندازی و کاهش نفوذ نور در سایه انداز گیاهی و ریزش برگ‌های مسن تا انتهای دوره رشد می‌باشد (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰). با ریزش بیشتر برگ‌ها، افزایش نسبت تنفس گیاه به فتوسنتز و کاهش سطح برگ (LAI) میزان سرعت رشد محصول (CGR) نیز منفی گردیده است. در آزمایشی بر گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) امیری ده

سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) بودند. همچنین با انتخاب تصادفی ۵ بوته از هر کرت، صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در نیام، تعداد نیام در بوته، طول نیام، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نیز در آزمایشگاه برآورد گردید. در نهایت پس از جمع آوری داده‌ها، تجزیه آماری یافته‌ها و نتایج بدست آمده با نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹) انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

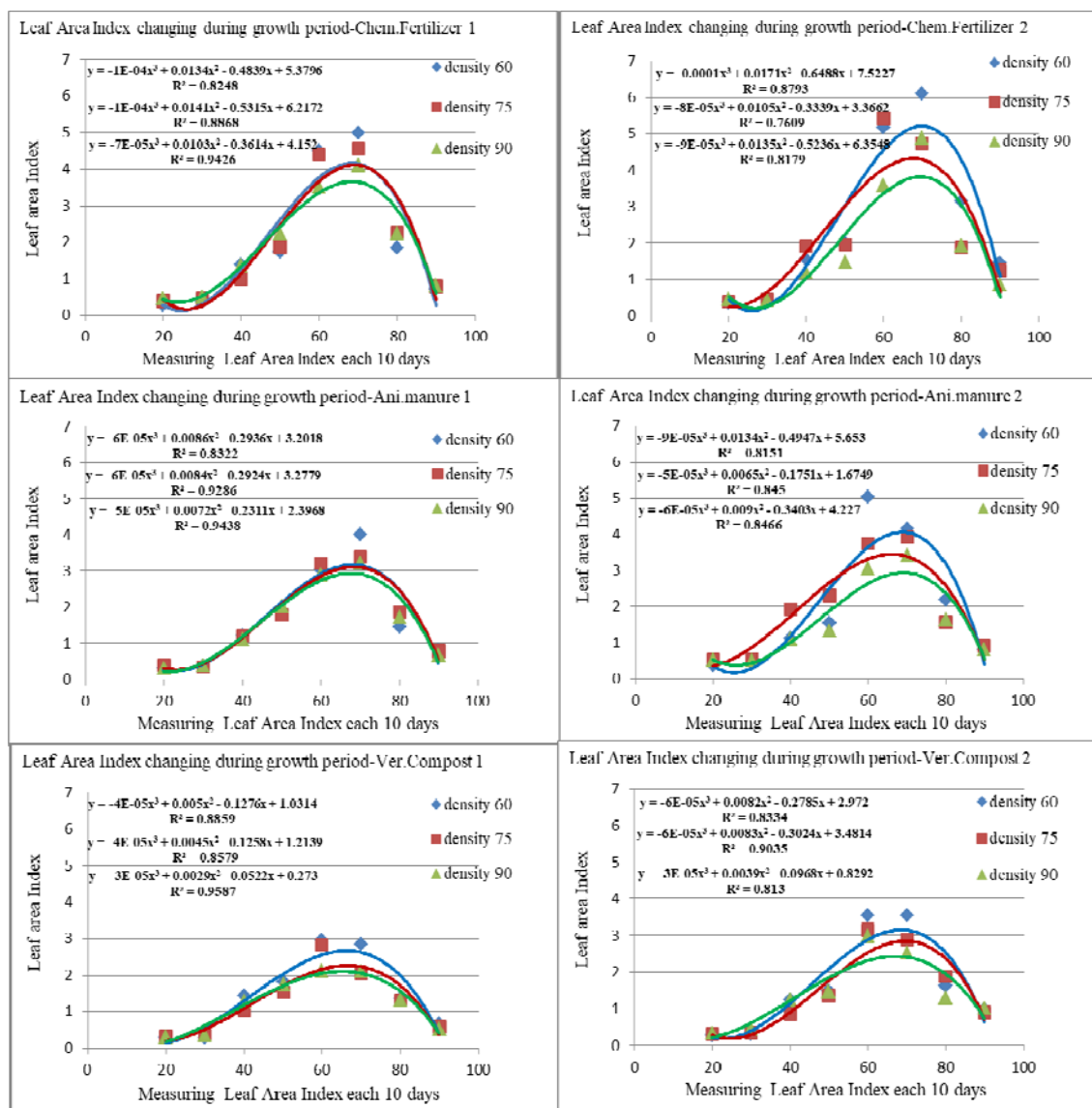
شاخص‌های رشدی گیاه

شاخص سطح برگ (LAI): با توجه به نتایج بدست آمده، بالاترین شاخص سطح برگ متعلق به کود شیمیایی ۲ و پایین‌ترین شاخص سطح برگ متعلق به تیمار کودی ورمی‌کمپوست ۱ می‌باشد. در ارتباط با تیمارهای تراکم و با توجه به شکل ۱ تراکم ۶۰ بوته در متر مربع بالاترین شاخص سطح برگ و تراکم ۹۰ بوته در متر مربع نیز پایین‌ترین شاخص سطح برگ را دارد (شکل ۱). با توجه به اینکه گیاه گوار دارای رشد عرضی زیاد می‌باشد در تراکم بهینه بخوبی توانسته جبران تراکم پایین را بنماید و شاخص سطح برگ خود را بالا ببرد. در حالی که تراکم بیشتر بوته نتوانست جبران رشد عرضی گیاه را بنماید و شاخص سطح برگ را (نسبت به تراکم پایین‌تر) افزایش دهد.

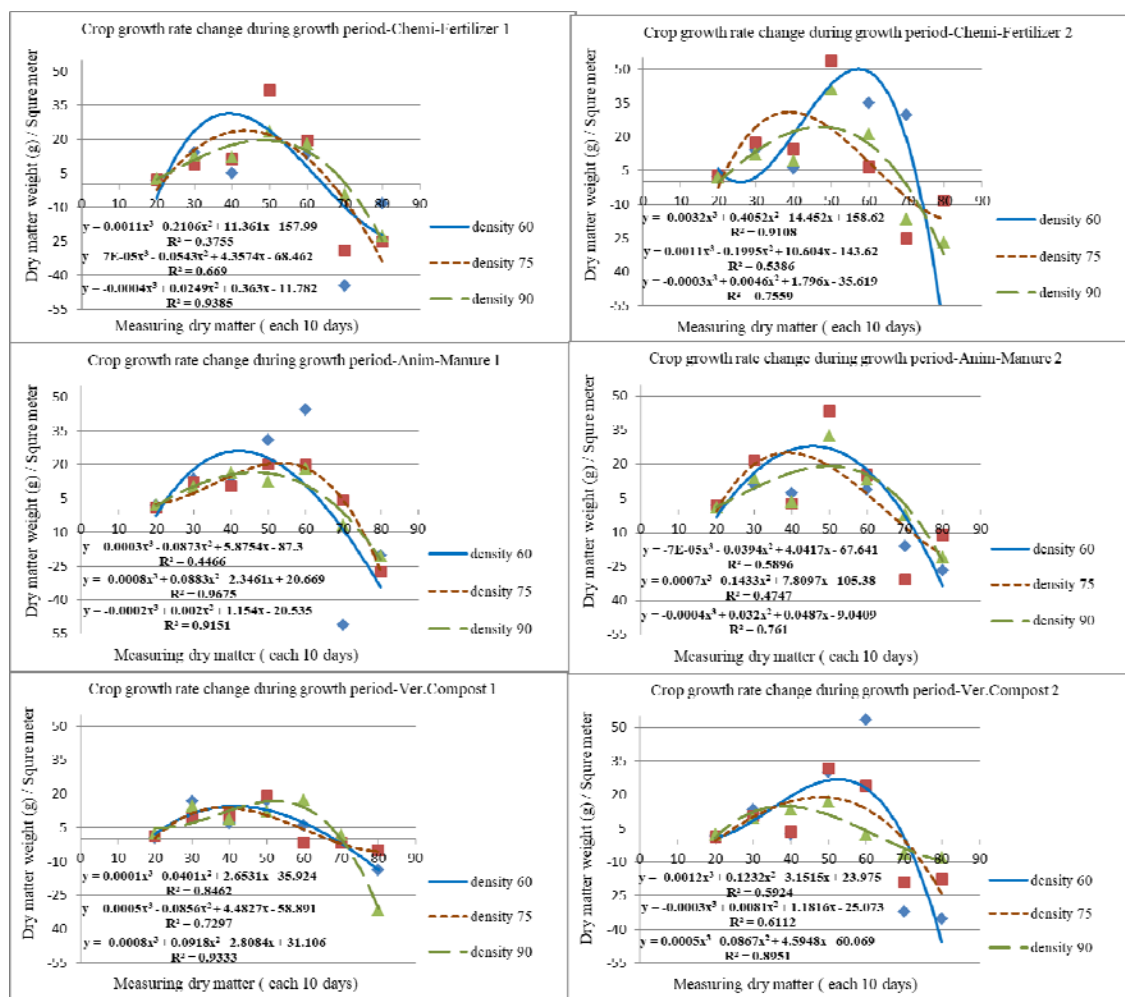
امام و نیک نژاد (۱۳۹۰) طی آزمایشاتی بر لاین‌های مختلف برنج اظهار داشتند که، شاخص سطح برگ تمام لاین‌ها بعد از نمونه‌گیری ششم یعنی بعد از رسیدن به حداکثر مقدار خود در کلیه تیمارها یک روند کاهشی را تا انتهای دوره نشان دادند. که این موضوع احتمالاً به علت پژمردگی و زرد شدن برگ‌های مسن و پایین بوته‌ها به علت انتقال عنصر نیتروژن به قسمت‌های جوانتر و ریزش آنها می‌باشد. آنها همچنین اظهار داشتند که در لاین ۸۳۱۸ به علت استفاده بهتر و بیشتر از عناصر غذایی مثل نیتروژن

مرحله پرشدن دانه و رسیدگی گیاه، به دلیل توقف رشد رویشی و زرد شدن اندام‌های فتوسنتز کننده، کاهش سرعت فتوسنتز خالص و اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه مقدار سرعت رشد گیاه کاهش یافت و در نهایت با خشکی و ریزش برگ‌ها، مقدار سرعت رشد گیاه، منفی شد (امیری ده احمدی و همکاران، ۱۳۸۹). در گیاه گوار نیز چنین فرایندی مشاهده گردید که آنرا با مقایسه شکل ۱ (مربوط به شاخص سطح برگ) با شکل ۲ (مربوط به سرعت رشد محصول) می‌توان به وضوح تایید کرد.

احمدی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که با روند سرعت رشد گیاه و سطح برگ ملاحظه می‌شود که حداکثر مقدار سرعت رشد گیاه قبل از حداکثر سطح برگ به دست می‌آید و زمانی که سرعت رشد گیاه به حداکثر خود رسیده است، سطح برگ هنوز روند افزایشی خود را طی می‌کند. سرعت رشد گیاه تابع مستقیمی از سطح برگ و سرعت فتوسنتز خالص می‌باشد و از طرف دیگر با پیشرفت زمان، سرعت فتوسنتز خالص، روند کاهشی دارد که می‌تواند سبب کاهش سرعت رشد گیاه شود. با نزدیک شدن به



شکل ۱. روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) تحت تاثیر سطوح کود و تراکم
 Figure 1. Process of leaf area index changes under the effects of fertilizer levels and density

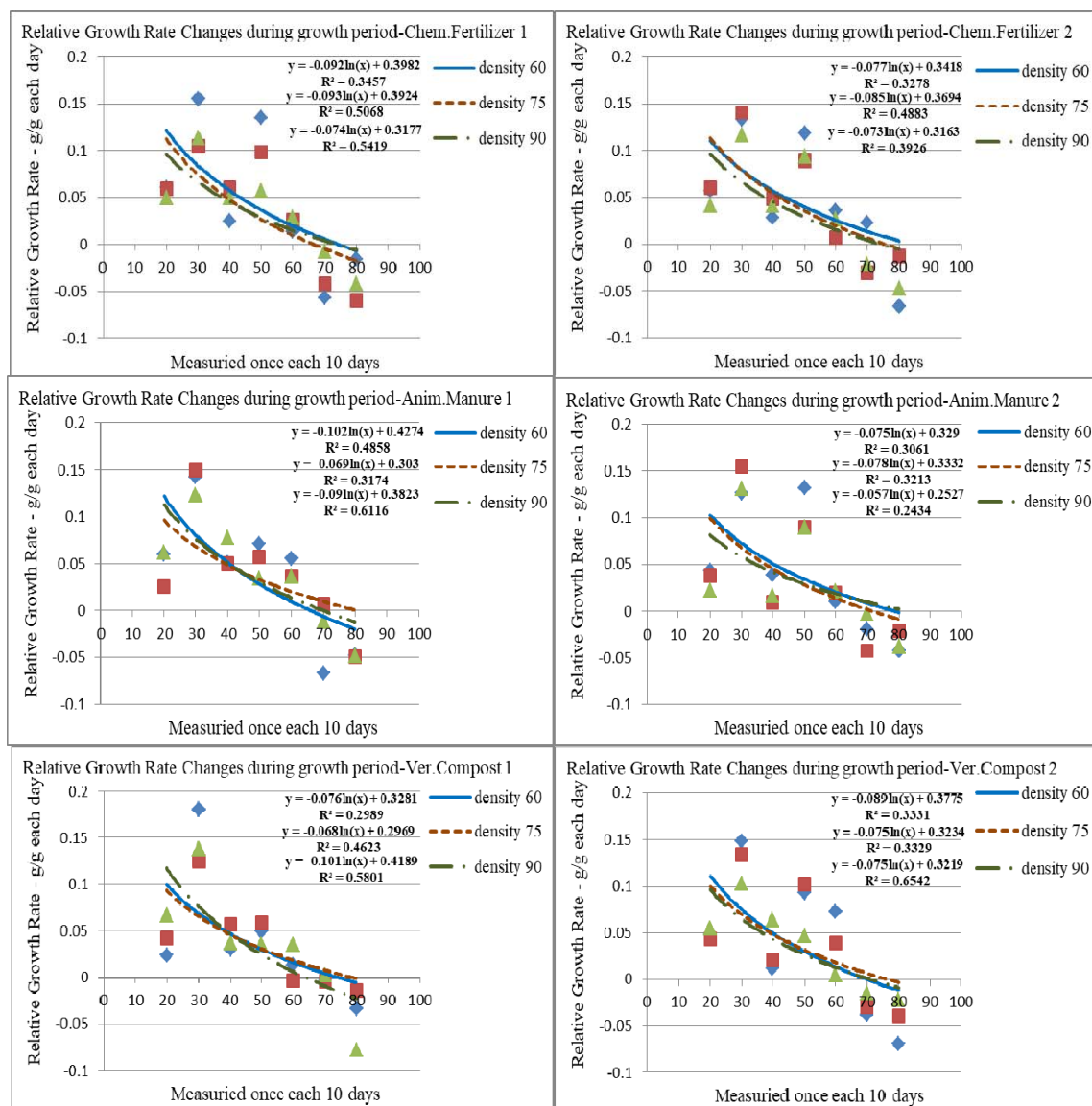


شکل ۲. روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) تحت تاثیر سطوح کود و تراکم

Figure 2. Process of crop growth rate (CGR) changes under the effects of fertilizer levels and density

علت پیر شدن برگ‌ها و ریزش آنها سوخت و ساز کم شده و روند نزولی را طی می‌کند (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰).
 سرعت رشد نسبی (RGR): سرعت رشد نسبی گیاه گوار در همه تیمارهای آزمایشی تقریباً به صورت خطی و نزولی بودند به عبارت دیگر با پیشرفت زمان کاهش یافتند تا به نقطه صفر رسیده و در بعضی موارد در انتهای فصل رشد منفی شدند. در همه تیمارهای کودی، کودهای شیمیایی نسبت به تیمارهای کودی دیگر وضعیت مناسب‌تری داشتند و شیب نزولی آنها کندتر از بقیه تیمارهای کودی بوده و زمان بیشتری از سرعت رشد نسبی مثبت برخوردار بودند (شکل ۳).

افزایش سرعت رشد گیاه در فواصل کاشت کمتر را می‌توان به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ دانست که در این تحقیق نیز با کاهش فواصل کاشت (افزایش تراکم بوته)، شاخص سطح برگ نیز افزایش یافت. سرعت رشد محصول بر مبنای درجه روزهای رشد بعد از کاشت نشان داد که سرعت رشد محصول (CGR) در طول فصل رشد افزایش یافته و به حداکثر خود رسیده و سپس کاهش یافت. علت روند افزایش تدریجی، جذب تشعشع خورشیدی همراه با افزایش سطح برگ در اوایل فصل رشد و در نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک می‌باشد و پس از این مرحله به



شکل ۳. روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) تحت تاثیر سطوح کود و تراکم

Figure 3. Process of relative growth rate (RGR) changes under the effects of fertilizer levels and density

به این دلیل است که قسمت‌های افزوده شده به وزن گیاه، بافت‌های ساختمانی بوده و بافت‌های فعال متابولیک نمی‌باشند و چنین بافت‌هایی سهمی در میزان رشد ندارند. کاهش میزان رشد نسبی همچنین تا اندازه‌ای مربوط به در سایه قرار گرفتن و افزایش سن برگ‌های تحتانی گیاه است. سرعت رشد نسبی گیاهان زراعی درست بعد از جوانه‌زنی معمولاً به کندی آغاز شده، به دنبال آن منحنی به سرعت بالا رفته سپس کند می‌شود. به عبارت دیگر سرعت رشد نسبی مشخص می‌کند که هر گرم از وزن خشک گیاه

افزایش تراکم سرعت رشد نسبی را کاهش داد و شیب کاهشی افزایش پیدا نمود. که دلیل این امر را می‌توان به کاهش میزان نفوذ نور به داخل کانوپی و سایه‌اندازی برگ‌های بالایی روی برگ‌های زیرین و برگ‌های داخل کانوپی و متعاقب آن کاهش فتوسنتز نسبت داد. همچنین رقابت بین گیاهان برای کسب دیگر عوامل محیطی و غذایی دلیل دیگر این کاهش سرعت رشد نسبی می‌باشد (شکل ۳). کوچکی و همکاران در سال ۱۳۶۷ در ارتباط با کاهش سرعت رشد نسبی چنین اعلام کردند که این کاهش

پایین‌تر بدست آمد. سرعت رشد نسبی به عنوان مقدار افزایش ماده خشک موجود در هر لحظه از زمان (t) تعریف شده است و تنها جزء آنالیز رشد است که برای محاسبه آن نیازی به داشتن اندازه سیستم فتوسنتز کننده نیست. سرعت رشد نسبی به عنوان یک معیار اساسی از تولید ماده خشک کاربرد داشته و از آن می‌توان برای مقایسه عملکرد گیاه تحت شرایط کاملاً مشخص استفاده کرد. نتایج آزمایش‌ها نشان داده است که سرعت رشد نسبی در مراحل اولیه رشد گیاهان با هم مشابه بوده است. روند تغییرات RGR در همه ارقام مورد بررسی در تراکم‌های مختلف مشابه می‌باشد، به طوری که در اوایل رشد، شاخص سرعت رشد نسبی حداکثر بود و با افزایش سن گیاه به علت افزایش بافت ساختمانی و کاهش کارایی تولید روند نزولی داشت که دلیل آن می‌تواند سایه اندازی برگ‌ها و افزایش تعداد برگ‌های پیر باشد که به تدریج که به سن گیاه افزوده می‌شود بافت‌هایی به گیاه اضافه می‌گردد که جزء بافت‌های فعال متابولیکی نیستند بلکه بافت‌های ساختمانی هستند که در رشد تأثیری ندارند (محمدی، ۱۳۷۷).

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود و تراکم بوته در سطح یک درصد بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود، اما برهمکنش سطوح کودی و تراکم بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

در هر روز چه مقدار افزایش وزن داشته است. در ابتدای دوره رشدی، رشد نسبی کند است سپس به سرعت افزایش پیدا می‌کند و در آخر دوره مجدداً کند می‌شود و روند نزولی پیدا می‌کند. علت این روند این است که در ابتدای رشد، گیاه شروع به تولید بافت‌های فتوسنتزکننده می‌کند و تمامی بافت‌ها، تولید کننده هستند. در نتیجه میزان ماده خشک تولید شده در هر روز نسبت به روز قبلی بیشتر می‌شود و به دنبال آن با گذشت زمان وزن گیاه اضافه می‌شود، ولی در این افزایش وزن تعداد بافت‌های مرده و کاملاً بالغ که در تولید نقشی ندارند نیز افزایش پیدا می‌کند. به عبارت دیگر در ابتدای رشد تمام وزن گیاه و تمام سلول‌ها در تولید نقش دارند ولی با گذشت زمان بافت‌های مرده و سلول‌هایی که در تولید نقشی ندارند زیاد می‌شود. در نتیجه میزان تولید در هر روز نسبت به روز قبل کاهش یافته و سرعت رشد نسبی روند نزولی پیدا می‌کند. با ادامه رشد و افزایش وزن گیاه و به دنبال آن افزایش بافت‌های غیر فعال در فتوسنتز سرعت رشد نسبی کاهش پیدا می‌کند. تجزیه و تحلیل عوامل تأثیرگذار بر تولید ماده خشک و عملکرد می‌تواند در توضیح بهتر اختلاف بین ارقام یا تیمارهای یک آزمایش موثر باشد. سارمال و همکاران در سال ۱۹۹۲ همچنین گزارش دادند که با افزایش تراکم بوته، میانگین سرعت رشد نسبی در گیاه آفتاب گردان کاهش یافته و بیشترین مقدار آن در تراکم

جدول ۲. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گوار تحت تأثیر سطوح کود و تراکم

Table 2. Analysis variance of yield and yield components of guar under effects of fertilizer levels and density

Source of variation	Degree of freedom	Mean of squares						
		Seed yield	1000 seeds weight	No of seeds in pod	Pod length	No of pods in plant	No of branches	Final height
Replication	2	12468.29 ^{ns}	11.36 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.71 ^{**}	150.76 ^{ns}	1.04 ^{ns}	274.85 [*]
Fertilizer	5	50794.61 ^{**}	7.54 ^{ns}	0.35 ^{ns}	1.36 ^{**}	478.00 ^{**}	2.47 ^{**}	1803.61 ^{**}
Density	2	12727.78 ^{ns}	5.94 ^{ns}	0.34 ^{ns}	2.96 ^{**}	2881.02 ^{**}	48.27 ^{**}	1183.61 ^{**}
Fertilizer×Density	10	1633.37 ^{ns}	1.59 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.17 ^{ns}	125.82 [*]	0.30 ^{ns}	41.7 ^{ns}
Error	34	6552.43	4.74	0.14	0.11	53.11	0.46	57.77
CV (%)	-	24.04	6.61	4.32	4.09	20.77	14.81	7.90

ns, * and ** in sequence shows non significant, significant at 5 and 1 percent probability.

اصلی افزایش ارتفاع در گیاه است. ارتفاع بوته مانند هر اندام دیگر رویشی یا زایشی شدیداً تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می‌گیرد. دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، مخصوصاً نیتروژن از طریق تأثیر بر تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار مؤثر می‌باشد. شرایط نشان می‌دهد که جهت بهره‌مندی از خصوصیات هر دو گونه کود آلی و شیمیایی می‌توان از تلفیق کود شیمیایی با یکی دیگر از کودهای حیوانی یا ورمی کمپوست استفاده کرد. در این راستا ارکاسا و همکاران در سال ۲۰۰۲ تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای ارگانیک و غیر ارگانیک را بر تولید سیب زمینی، کلم و گوجه فرنگی مورد بررسی قرار داده و بهبود خصوصیات خاک و قابل دسترس شدن عناصر غذایی آن در نتیجه استفاده تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی را دلیل اصلی افزایش ارتفاع بوته گیاهان مذکور عنوان کردند.

بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار کود شیمیایی ۲ به میزان ۱۱۹/۴۳ سانتیمتر و کمترین ارتفاع مربوط به ورمی کمپوست ۱ به میزان ۷۷/۲۳ سانتیمتر بود. می‌توان نتیجه گیری کرد که تیمار کود شیمیایی توانسته با سرعت بیشتری نیاز تغذیه‌ای گیاه را بر آورده کند و سبب افزایش ارتفاع بیشتر گیاه شود. تیمار کودی ورمی کمپوست ۲ نسبت به تیمار ورمی کمپوست ۱ از افزایش ارتفاع بیشتری به میزان ۱۲ درصد برخوردار بود که این نشان می‌دهد کود ورمی کمپوست تأثیر مثبتی بر ارتفاع گیاه دارد. همچنین استفاده از کود حیوانی در این آزمایش سبب بهبود رشد گیاه و ارتفاع بوته نسبت به تیمارهای ورمی کمپوست شد (جدول ۳).

کمترین ارتفاع مربوط به تراکم ۶۰ بوته در متر مربع و بیشترین ارتفاع مربوط به تراکم ۹۰ بوته در متر مربع می‌باشد (جدول ۴). عناصر غذایی نقش مهمی در تعیین اندازه ارتفاع گیاه دارند و در این ارتباط، نیتروژن عامل

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گوار تحت تاثیر سطوح کودی

Table 3. Mean comparison of yield and yield components of guar under effects of fertilizer levels.

Fertilizer	Seed yield (kg/h)	1000 seeds weight (g)	No of seeds in pod	Pod length (cm)	No of pods in plant	No of branches	Final height (cm)
Fertilizer 1	4232.7 ^a	32.67 ^{ab}	9.16 ^a	8.65 ^a	41.79 ^a	4.62 ^b	99.99 ^b
Fertilizer 2	4394.6 ^a	33.55 ^a	9.01 ^a	8.48 ^a	41.82 ^a	5.44 ^a	119.43 ^a
Animal manure 1	3020.5 ^b	33.55 ^a	9.11 ^a	8.16 ^b	36.95 ^a	4.34 ^{bc}	98.78 ^b
Animal manure 2	3069.5 ^b	31.28 ^b	8.88 ^{ab}	7.93 ^{bc}	36.91 ^a	4.86 ^{ab}	95.25 ^b
Vermicompost 1	2850.0 ^b	32.99 ^{ab}	8.60 ^b	7.75 ^c	23.31 ^b	3.92 ^c	77.23 ^d
Vermicompost 2	2631.8 ^b	33.74 ^a	8.96 ^{ab}	7.71 ^c	29.36 ^b	4.34 ^{bc}	86.98 ^c

Means with the same letter within each column are not significantly different at the 0.05 level according to LSD test.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گوار تحت تاثیر سطوح تراکم

Table 4. Mean comparison of yield and yield components of guar under effects of density levels.

Plant density (plant per m ²)	Seed yield (kg/h)	1000 seeds weight (g)	No of seeds in pod	Pod length (cm)	No of pods in plant	No of branches	Final height (cm)
60	3646.3 ^a	33.55 ^a	8.83 ^b	7.70 ^c	46.32 ^a	6.13 ^a	88.86 ^c
75	3336.1 ^a	32.93 ^a	8.93 ^{ab}	8.13 ^b	37.51 ^b	4.76 ^b	94.61 ^b
90	3117.1 ^a	32.40 ^a	9.10 ^a	8.51 ^a	21.38 ^c	2.87 ^c	104.86 ^a

Means with the same letter within each column are not significantly different at the 0.05 level according to LSD test.

آزمایشات متعددی نشان داده است که با افزایش تراکم، ارتفاع بوته نیز افزایش می‌یابد. از این عکس‌العمل چنین استنباط می‌شود که هرچه تعداد بوته افزایش یابد نوری که به کف کانوپی می‌رسد کم شده و رقابت بین اندام‌های گیاه برای جذب بیشتر تشعشع زیاد می‌شود و از طرف دیگر تخریب نوری اکسین صورت می‌گیرد که مجموعه این عوامل می‌توانند باعث افزایش طول میانگره‌ها و افزایش ارتفاع بوته گردد (Duncan et al., 1984). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که با افزایش ارتفاع بوته از تعداد شاخه‌های فرعی کاسته می‌شود که این امر احتمالاً با اثر غالبیت جوانه انتهایی و کاهش شرایط رشد برای جوانه‌های جانبی، در ارتباط می‌باشد.

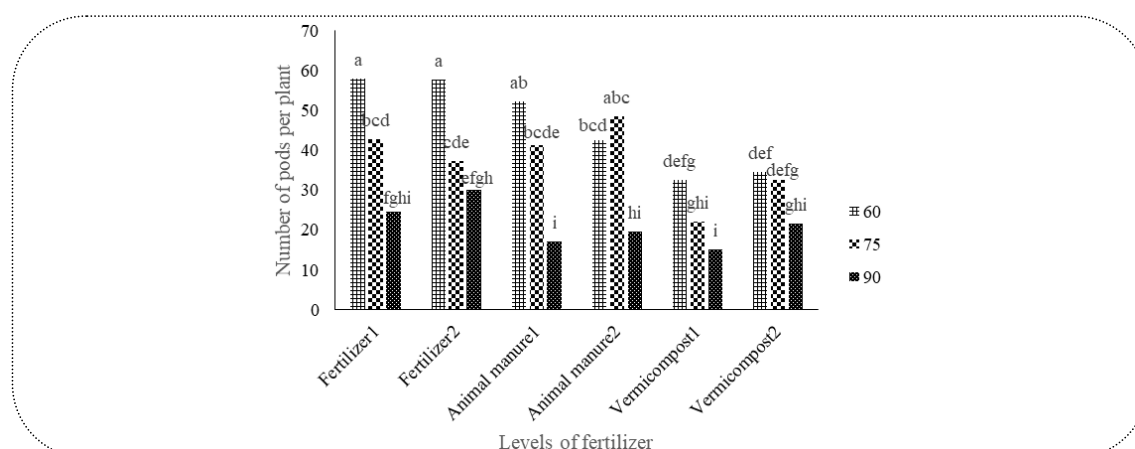
تعداد شاخه در گیاه: بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر ساده تیمارهای کودی در ارتباط با صفت تعداد شاخه در گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین اثر ساده تراکم بوته نیز در ارتباط با صفت تعداد شاخه در گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تیمارهای کودی در تراکم معنی‌دار نبود (جدول ۲). بالاترین تعداد شاخه متعلق به کود شیمیایی ۲ به تعداد ۵/۴۴ شاخه در گیاه و پایین‌ترین تعداد شاخه متعلق به تیمار ورمی‌کمپوست ۱ به تعداد ۳/۹۲ عدد شاخه در گیاه می‌باشد (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین اثرات تراکم بر تعداد شاخه جانبی در گیاه ملاحظه می‌شود که بیشترین تعداد شاخه جانبی به تعداد ۶/۱۳ شاخه در گیاه متعلق به تراکم ۶۰ بوته در متر مربع بود. رتبه بعدی تعداد شاخه به میزان ۴/۷۶ شاخه متعلق به تراکم ۷۵ بوته در متر مربع بود که کاهش ۳۰ درصدی را نشان می‌دهد و کمترین تعداد شاخه فرعی متعلق به تراکم ۹۰ بوته در متر مربع می‌باشد که کاهش ۱۱۴ درصدی را نسبت به تراکم ۶۰ بوته در متر مربع نشان می‌دهد (جدول ۴). گیاه گوار رشد عرضی بسیار خوبی دارد و در تراکم پایین می‌تواند با افزایش شاخه جبران کمبود بوته در واحد سطح را بنماید. ضمناً گاهی پتانسیل ژنتیکی گونه گیاهی زمینه افزایش

تعداد شاخه در گیاه را فراهم می‌آورد. در آزمایش قادری و مقدم (۱۳۹۴) اثر متقابل کاربرد کود نیتروژن و تراکم کاشت بر گیاه زیره سبز نشان داد که تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تراکم کشت ۵۰ بوته در مترمربع بیشترین تعداد شاخه فرعی (۹/۴ شاخه) را تولید نمود. افزایش تراکم کشت سبب می‌شود، رقابت بین گیاهان افزایش یابد و تعداد و سطح برگ در تک بوته کمتر می‌شود و با کاهش تراکم کشت رقابت بین بوته‌ها کمتر شده و فضای بیشتری در اختیار هر بوته قرار می‌گیرد، که سبب گسترش بوته می‌شود. نظر بر این است که تراکم بوته باعث افزایش در رقابت درون گونه‌ای می‌شود و با تحریک مریستم انتهایی و افزایش ارتفاع گیاه برای دریافت نور، تعداد شاخه کمتری تولید می‌شود، به عبارت دیگر افزایش تراکم بوته عاملی است که تحریک مریستم انتهایی بیشتر از مریستم‌های جانبی صورت می‌گیرد و گیاه رشد کمتری یافته و تعداد شاخه‌های آن کمتر می‌شود.

تعداد نیام در گیاه: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثرات ساده تیمارهای کودی و تراکم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سطوح کودی در تراکم در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد نیام در گیاه معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد نیام در گیاه مشترکاً متعلق به تیمار کود شیمیایی ۱ و ۲ با تراکم ۶۰ بوته در متر مربع به میزان ۵۷/۹۸ نیام در بوته می‌باشد (شکل ۴). گیاه گوار دارای رشد عرض بالا می‌باشد در نتیجه افزایش تعداد شاخه در تراکم پایین می‌تواند سبب افزایش تعداد نیام در بوته گردد. کود شیمیایی نیز علاوه بر اینکه به سرعت عناصر غذایی را در اختیار گیاه قرار می‌دهد، در افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه نیز تأثیر مثبتی دارد که می‌تواند توجیه‌کننده تعداد بالای نیام در این تیمار باشد. پس از آن تیمار کود گاوی با تراکم ۶۰ بوته در متر مربع با میانگین ۴۷/۴۵ نیام در بوته قرار دارد که کاهش ۲۲ درصدی نسبت به تیمار کود شیمیایی را نشان می‌دهد (شکل ۴). در تیمار کود گاوی اگر چه شرایط خاک در

نخود داشت که این نتایج تقریباً با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد. اسکندری و اسکندری (۱۳۹۴) اظهار داشتند که تراکم بوته در گیاه کلزا منجر به کاهش تعداد شاخه فرعی در بوته شده، بنابراین تعداد نیام کمتری در بوته تولید می‌شود. همچنین تراکم‌های مختلف بوته در ارقام جدید و مختلف گونه‌های گیاهی می‌تواند تغییرات متفاوتی را در ساختمان، اندازه، میزان مقاومت به سرما و عملکرد دانه ایجاد نماید. ارقام کلزا به تراکم‌های مختلف (از ۸۰ تا ۲۴۰ بوته در متر مربع) واکنش متفاوتی نشان می‌دهند، بطوری که این موضوع سبب ایجاد اختلاف ارتفاع، قطر ساقه، تعداد شاخه در بوته و تعداد نیام در بوته ارقام مختلف می‌شود. طبق گزارش‌های موجود، افزایش تراکم بوته با کاهش تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، باعث کاهش عملکرد دانه در تک بوته می‌شود، اما افزایش مطلوب تراکم گاهی منجر به جبران کاهش شاخه‌های فرعی و اجزای عملکرد در گیاه از طریق افزایش تعداد بوته خواهد شد (فتحی، ۱۳۸۷). همه نتایج ذکر شده در بالا با نتایج آزمایش حاضر همسویی دارد بجز اینکه در آزمایش گوار افزایش تراکم نتوانست جبران افزایش شاخه‌های فرعی و نیام بیشتر را بکند چرا که گیاه گوار دارای پتانسیل زیادی در توسعه عرضی خود می‌باشد لذا تراکم کمتر سبب افزایش نیام و عملکرد شد.

وضعیت بهتری قرار گرفته است ولی بطور کامل نتوانسته است نیاز غذایی گیاه را برآورده نماید و با کود شیمیایی رقابت کند. کمترین تعداد نیام متعلق به کود ورمی‌کمپوست ۱ در تراکم ۹۰ بوته در متر مربع به میزان ۱۵/۱۴ نیام در بوته می‌باشد که کاهش ۳۸۳ درصدی نسبت به کود شیمیایی ۱ در تراکم ۶۰ بوته را نشان می‌دهد. همه تراکم‌های ۹۰ بوته در متر مربع در همه تیمارهای کودی بجز کود شیمیایی ۲ در یک سطح و در پایین‌ترین میزان می‌باشند و دارای اختلاف معنی‌داری نیستند. می‌توان گفت که تراکم بالا در گیاه گوار صرف نظر از نوع و میزان کود مصرفی شدیداً میزان شاخه دهی را کاهش می‌دهد و به تبع آن تعداد نیام در بوته و در نهایت عملکرد اقتصادی را کاهش می‌دهد. تراکم کمتر، سبب رشد و افزایش شاخه‌های فرعی می‌شود و به تبع آن تعداد نیام نیز افزایش پیدا می‌کند و بر عکس در تراکم بالا تعداد شاخه فرعی کاهش می‌یابد و در نتیجه تعداد نیام نیز کاهش پیدا می‌کند با این حال افزایش تعداد بوته در متر مربع در گیاه گوار نتوانسته که جبران کاهش شاخه و نیام را بکند و در نتیجه عملکرد بیولوژیک و اقتصادی نیز کاهش یافته است. نتایج قلاوند و همکاران در سال ۱۳۸۸ نیز نشان داده است که کودهای آلی، زیستی و شیمیایی و برهمکنش دوجانبه آنها تأثیر معنی‌داری بر تعداد نیام در بوته و تعداد نیام بارور در



Means with the same letter are not significantly different at the 0.05 level according to LSD test.

شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف کودی و تراکم گیاه بر تعداد نیام در بوته

Figure 4. Mean comparison of interaction effects of fertilizer levels and plant density on number of pods per plant

اکولوژیکی، احتمال شیوع بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز در مزارع دارای محدودیت‌هایی می‌باشد و این مسائل در گلخانه که محیطی به شدت حساس است مخاطرات بیشتری ایجاد می‌کند (خندان و همکاران، ۱۳۸۴).

عملکرد دانه: سطوح کودی بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد، همچنین برهمکنش کود و تراکم نیز در ارتباط با عملکرد دانه معنی‌دار نشد (جدول ۲). بالاترین عملکرد مرتبط با کود شیمیایی ۲ به میزان ۴۳۹۴/۶ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار کود شیمیایی ۱ به میزان ۴۲۳۲/۷ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین عملکرد دانه را ورمی‌کمپوست ۲ به میزان ۲۶۳۱/۸ کیلوگرم در هکتار داشت که با تیمار ورمی‌کمپوست ۱ اختلاف معنی‌دار نداشت ولی نسبت به تیمار کود شیمیایی ۲ حدوداً ۶۷ درصد کاهش نشان داد. دو تیمار کود حیوانی با میانگین ۳۰۴۵ کیلوگرم در هکتار اگرچه از نظر عددی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با تیمارهای ورمی‌کمپوست داشتند با این حال از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با آنها نداشتند و نسبت به کود شیمیایی ۲ حدود ۴۴ درصد کاهش را نشان دادند (جدول ۳). حجم بیشتر کود حیوانی توانسته میزان بیشتری عناصر و مواد غذایی در اختیار گیاه قرار دهد لذا عملکردی بالاتر از ورمی‌کمپوست تولید کرده است ولی این میزان مواد غذایی نسبت به کود شیمیایی بطور بطنی‌تر در اختیار گیاه قرار گرفته است و سرعت رشد گیاه و دانه کمتر از تیمار شیمیایی شده است. عظیم زاده و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی در مورد گیاه کلزا گزارش کردند که تیمار استفاده از کود نیتروژنه در مقایسه با تمامی تیمارهای دیگر (کاربرد کود آلی) عملکرد دانه بیشتری تولید نمود. البته اختلاف عملکرد دانه در تیمار کود نیتروژنه با تیمار کاربرد ۱۱ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۵۰ تن در هکتار کود دامی اختلاف معنی‌داری نداشت، که با نتایج آزمایش حاضر در تطابق می‌باشد.

تراکم بوته با توجه به اینکه از نظر عددی تفاوت در عملکرد را نشان می‌دهد ولی از نظر آماری معنی‌دار نشد.

طول نیام: بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده تیمار کودی و تراکم بر طول نیام معنی‌دار بود. اثرات متقابل کود و تراکم بر طول نیام معنی‌دار نبود (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بالاترین طول نیام متعلق به کود شیمیایی ۱ به میزان ۸/۶۵ سانتیمتر و کمترین میزان طول نیام متعلق به تیمار ورمی‌کمپوست ۲ به میزان ۷/۷۱ سانتیمتر بود. بین سطوح مختلف از یک نوع تیمار کودی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). در ارتباط با تراکم با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها افزایش تراکم سبب افزایش طول نیام در گیاه گوار گردید. طول نیام در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع ۷/۷۰ سانتیمتر و در تراکم ۷۵ بوته در متر مربع ۸/۱۳ سانتیمتر و در نهایت برای تراکم ۹۰ بوته در متر مربع ۸/۵۱ سانتیمتر بدست آمد (جدول ۴). در ارتباط کاربرد کودهای آلی و ورمی‌کمپوست به نظر می‌رسد در مرحله رشد رویشی به دلیل دسترسی بهتر به عناصر غذایی ماکرو و میکرو به فرمی که به آسانی برای گیاه قابل جذب است و هم چنین مواد بیولوژیک فعال موجود در ورمی‌کمپوست که همانند مواد تنظیم‌کننده رشد عمل می‌کنند باعث افزایش شاخص سطح برگ، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و تولید ماده خشک بیشتر و افزایش عملکرد علفه و بطور کلی اجزای عملکرد از جمله طول نیام شود. در مورد گیاه گوار و همچنین میزان محدود کاربرد این نوع از کودها برتری در بحث طول نیام ایجاد نکرد. در آزمایش واعظی راد و همکاران (۱۳۸۷) بر گیاه لوبیای قرمز، طول نیام در اثر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار پیدا کرد، به نظر ایشان کوتاه بودن طول نیام الزاماً دلیل عملکرد کمتر دانه نمی‌شود بلکه عوامل زیاد دیگری از جمله تعداد نیام در بوته و وزن هزار دانه نیز در کاهش یا افزایش عملکرد دانه دخیل هستند. کودهای دامی با داشتن انواع مختلفی از عناصر غذایی اعم از کم مصرف و پرمصرف و بهبود خصوصیات خاک باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شود. از طرفی استفاده از کودهای دامی از لحاظ اقتصادی، مسائل زیست محیطی،

بوته باعث کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه به دلیل کمبود فضا و رقابت گیاهان برای جذب آب و عناصر غذایی می شود. ولی افزایش تراکم بوته در حد بهینه سبب جبران کاهش اجزای عملکرد در گیاه از طریق افزایش تعداد بوته می شود (فتحی، ۱۳۸۷؛ Biljili et al., 2003; Lythgoe et al., 2001).

نتیجه گیری

از یافته‌های این تحقیق می توان نتیجه گرفت که افزایش سطوح کود شیمیایی به تنهایی نمی تواند اثر قابل ملاحظه‌ای بر روی تعداد شاخه در بوته، تعداد نیام در بوته و عملکرد اقتصادی گیاه گوار داشته باشد. این موضوع در ارتباط با توده‌های محلی بیشتر صدق می کند به این دلیل که عموماً توده‌های محلی نسبت به توده‌های اصلاح شده کود پذیری کمتری دارند، از طرف دیگر گیاه لگوم (گوار) قادر است بخشی از نیازهای تغذیه‌ای خود را از طریق تثبیت نیتروژن اتمسفر تأمین نماید، لذا هم از جهت صرفه اقتصادی و صرفه جویی در هزینه‌ها، سطح کودی اول (۶۰، ۷۰، ۷۰ کیلوگرم به ترتیب نیتروژن، فسفر و پتاس) در هکتار توصیه می گردد. از این طریق با مصرف حداقلی و بهینه کودهای شیمیایی از اثرات نامطلوب زیست محیطی و اکولوژیکی آن کاسته، و از اثرات مخرب و سمی آنها خصوصاً در ارتباط با گیاهان دارویی اجتناب می شود. همچنین گوار یک گیاه عرضی می باشد و قادر است از طریق توسعه عرضی سطح کشت خود را همانند گیاهان تولید کننده پنجه تا حد ممکن به تراکم مطلوب برساند، از این رو افزایش تراکم بیش از حد نه تنها تأثیری در عملکردهای مختلف آن نخواهد داشت بلکه آن را کاهش نیز خواهد داد لذا با توجه به یافته‌های این تحقیق تراکم ۶۰ بوته در متر مربع برای کشت آبی این گیاه بهترین تراکم محسوب می شود.

این نتیجه می تواند تا حدی حاکی از این باشد که افزایش بوته در واحد سطح توانسته تا جبران کاهش شاخه فرعی و کاهش تعداد نیام در بوته را بنماید و عملکرد را بالا ببرد با این حال از نظر ظاهری و عددی هرچه تراکم بالاتر رفته است میزان عملکرد دانه کاهش یافته است. با توجه به مقایسه میانگین‌ها، بیشترین عملکرد دانه به میزان ۳۶۴۶/۳ کیلوگرم در هکتار متعلق به تراکم ۶۰ بوته در متر مربع بود. پس از آن تراکم ۷۵ بوته در متر مربع با ۳۳۳۳/۱ کیلوگرم در هکتار قرار دارد که ۹ درصد کاهش را نشان می دهد و کمترین میزان عملکرد به میزان ۳۱۱۷/۱ کیلوگرم در هکتار مربوط به تراکم ۹۰ بوته در متر مربع بود که نسبت به تراکم ۶۰ بوته در متر مربع ۱۷ درصد کاهش نشان می دهد. نتایج آزمایش حاکی از آن است که تراکم ۶۰ بوته در متر مربع جهت عملکرد دانه می تواند یک تراکم بهینه و مطلوب برای گیاه گوار در شرایط کشت آبی باشد (جدول ۴). مهدی پور و همکاران در سال ۱۳۹۸ در آزمایشی بر روی گیاه گوار اظهار داشتند که در تاریخ کاشت اول خرداد بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۱۳۰ هزار بوته در هکتار به دست آمد و با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه کاهش نشان داد. آنها این موضوع را به دلیل بیشتر بودن اجزای عملکرد در این تراکم نسبت دادند. در آزمایشی دیگر بر روی گوار بیان شد که افزایش تراکم بوته تا حد بهینه می تواند عملکرد تک بوته را کاهش دهد، اما عملکرد کلی از طریق افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران شده و می توان در تراکم‌های بالاتر عملکرد دانه بیشتری را به دست آورد (Gresta et al., 2013). اما اگر تراکم بوته گوار بیشتر از حد مطلوب شود، به دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای، عملکرد دانه کاهش می یابد (مهدی پور و همکاران، ۱۳۹۸). اسکندری و اسکندری (۱۳۹۴) در تحقیقی روی کلزا بیشترین عملکرد دانه را با مصرف ۶/۵ کیلوگرم بذر در هکتار به دست آوردند، همچنین کمترین عملکرد دانه از مصرف ۳/۵ کیلوگرم بذر حاصل شد. معمولاً افزایش تراکم

منابع

- اسکندری، م. و اسکندری، م. ۱۳۹۴. تأثیر میزان بذر بر عملکرد و بخشی ویژگی های زراعی کلزا در کشت بهاره تحت شرایط دیم. *مجله تنشهای محیطی در علوم زراعی*، ۸ (۲): ۱۵۸-۱۴۹.
- امام، ی. و نیک نژاد، و. ۱۳۹۰. *مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی* (ترجمه). چاپ سوم، انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۹۴ صفحه.
- امیری ده احمدی، س. ر.، پارسا، م.، نظامی، ا. و گنجعلی، ع. ۱۳۸۹. تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر شاخص های رشد نخود (*Cicer arietinum L.*) در شرایط گلخانه. *نشریه پژوهش های حبوبات ایران*، ۱ (۲): ۸۴-۶۹.
- ترکمنی، ن. و علیخانی، ح. ا. ۱۳۸۷. *مقایسه ورمی کمپوست از کود گاوی، گوسفند و مرغی در سطوح مختلف*. سومین کنگره بازیافت ضایعات ارگانیک کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان، ایران. ۲۶-۲۴.
- خندان، ا.، آستارایی، ع.، نصیری محلاتی، م. و فتوت، ا. ۱۳۸۴. تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata Forsk*) *مجله پژوهش های زراعی ایران*، جلد ۳ (۲): ۲۵۳ - ۲۴۵.
- عظیم زاده، س. ج.، نصیری محلاتی، م. و کوچکی، ع. ۱۳۹۵. بررسی امکان جایگزینی کودهای آلی با کود شیمیایی در زراعت کلزا (*Brassica napus*). *نشریه پژوهش های زراعی ایران*، ۱۴ (۴): ۵۹۸ - ۵۸۷.
- فتحی، ق. ۱۳۸۷. واکنش عملکرد دانه ارقام کلزا به تراکم های مختلف بوته. *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، ۳۹ (۱): ۱۰-۱.
- قادری، ی. و مقدم، م. ۱۳۹۴. اثر تراکم کاشت و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum L.*). *مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۷ (۲۳): ۱۰۴-۱۱۲.
- قلاوند، ا.، محمدی، خ.، آقاعلیخانی، م. و سهرابی، ی. ۱۳۸۸. تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر عملکرد و کیفیت نخود. *دانش آب و خاک (دانش کشاورزی)*، ۱۹ (۲): ۲۱۳-۲۲۹.
- کوچکی، ع.، راشد محصل، م. ح.، مفیدی، م. و رصد آبادی. ۱۳۶۷. *مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی* (ترجمه). چاپ اول. موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۴۰۴ صفحه.
- کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۸۷. *فیزیولوژی گیاهان زراعی* (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ چهاردهم، ۴۰۰ صفحه.

محمدی، خ. ۱۳۷۷. بررسی کشت مستقیم برنج به روش خشکه کاری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جیرفت.

مهدی پور افرا، م.، آقاعلیخانی، م.، مختصی بیدگلی، ع. و صوفی زاده، س. ۱۳۹۸. اثر زمان کاشت و تراکم بونه بر رشد و عملکرد دانه دو اکوتیپ گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *مجله علوم زراعی ایران*. ۲۱(۲): ۱۲۶-۱۰۹.

واعظی راد، س.، شکاری، ف.، شیرانی راد، ا. و زنگانی، ا. ۱۳۸۷. اثر تنش کم آبی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام لوبیای قرمز. *مجله دانش نوین کشاورزی*، ۴(۱۰): ۸۵-۹۴.

Asadi, G. A., Momen, A., Nurzadeh Namaghi, M., Khorramdel, S. 2013. Effects of organic and chemical fertilizer rates on nitrogen efficiency indices of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). *Agroecology*, 5(4): 373-382.

Baloch, A.W., Soomro, A.M., Javed, M.A., Ahmed, M., Bughio, H.R., Bughio, M.S. and Mastoi, N.N. 2002. Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 1: 25-27.

Biljili, U., Sincik, M., Uzan, A. and Acikgoz, E. 2003. The influence of row spacing and seeding rate on seed yield and yield components of forage turnip (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 189 (4): 250-254.

Blaise, D., Singh, J.V., Bonde, A.N., Tekale, K.U. and Mayee, C.D. 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rain fed cotton (*Gossypium hirsutum*). *Bioresource Technology* 96: 345-349.

Chatterjee, S. K. 2002. Cultivation of medicinal and aromatic plants in India a commercial approach. Proceedings of an International Conference on MAP, Acta Horticulture, *International Society for Horticultural Science*, 576: 191-202.

Duncan, W.G. 1984. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. *Crop Science*, 24: 1140-1145.

El-Sayed, K. A. , Ross, S. A. , El-Sohly, M. A. , Kh alafall, M. M. , Abdel Halim, O. B. and Ikegami, F. 2000. Effect of different fertilizers on the amino acid, fatty acid and essential oil composition of *Nigella sativa* seeds. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 8: 175-182.

Erkossa, T., Stahr, K. and Tabor, G. 2002. Integration of Organic and Inorganic Fertilizers: Effect on Vegetable Productivity. Ethiopian Agricultural research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre, Ethiopia.

Gresta, F., O. Sortino, C. Santonoceto, L. Issi, C. Formantici and Y. Galante. 2013. Effects of sowing times on seed yield, protein and galactomannans content of four varieties of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in a Mediterranean environment. *Ind. Crop Prod.* 41: 46-52.

Grover, K., S. Singla, S. Angadi, S. Begna, B. Schutte, and D. Leeuwen. 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: 1246-1258.

Guarda, G. , Padovan, S. and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy*, 21: 181-192.

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

Johnson B.L. and Hanson B.K. 2003. Row-spacing interception on spring canola performance in the northern great plains. *Agronomy Journal* 95: 703-708.

Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of springwheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering*, 33: 150-156.

Lythgoe, B., Norton, R.M., Nicolas, M.E. and Conner, D.J. 2001. Compensatory and competitive ability of two canola cultivars. In: proc. 8th Australian Agronomy Conference, pp: 1-8.

Mohammadnejad, A., Najafi, N., Nishabouri, M.R. 2015. Effects of three types of organic fertilizers on the growth characteristics and water use efficiency of corn at different levels of soil compaction. *J. of Soil Management and Sustainable*, 5(2): 25-47.

Momen Keykha, M., Khammari, I., Dahmardeh, M., and Forouzandeh, M. 2018. Assessing yield and physiological aspects of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. *Journal of Agroecology* 9(4): 1050-1069.

NIAM, (National Institute of Agricultural Marketing www.ccsniam.gov.in). 2014. An Analysis of Performance of Guar Crop in India. Prepared by: Hema Yadav, Enamul Haque, Ajit Kumar Prasad, Anu Peter V, Manisha Shah, Pratima Goswami, Rahul and Sandesh V Pednekar. Pp. 98.

Orozco, F. H. , Cegarra, J. , Trujillo, L. M. and Roig, A. , 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils*, 22: 162-166.

Rahimi, A. , Jahansozb, M. R. , Madah Hoseini, S. , Sajjadinia, A. R. , Roosta, H. R. and Fateh, E. 2011. Water use and water-use efficiency of Isabgol (*Plantago ovata*) and French psyllium (*Plantago psyllium*) in different irrigation regimes. *Australian Journal of crop Science*, 5 (1): 71-77.

Rezvani Moghaddam, P., Mohammadabadi, A.A., Moradi, R. 2010. The effect of application of chemical and organic fertilizers on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in different plant densities. *Agroecology*, 2(2): 256-265.

Salvagiotti, F. , Castellarín, J. M. , Miralles, D. J. and Pedrol, H. M. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. *Field Crops Research*, 113: 170- 177.

Sarmal, P.C., Katyal, S.K. and Verma, O.P.S. 1992. Growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus*) varieties in relation to fertility level and plant population. *Indian Journal of Agronomy*, 37: 285-289.

Undersander, D.J., Putnam, D.H., Kaminski, A.R., Kelling, K.A., Doll, J.D., Oplinger, E.S., and Gunsolus, J.L. 1997. Alternative Field Crops: Guar. Available at Website www.hort.purdue.edu/newcrop/articles/guar.htm.