تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر عملکرد و میزان جذب عناصر غذایی گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) در تراکم‌های مختلف کاشت

فرناز احمدی[۱]، محمدرضا مرادی تلاوت[۲*]، سیدعطاءالله سیادت[۳] و علی مشتطی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۳)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر عملکرد و میزان جذب عناصر غذایی گیاه گوار در تراکم‌های مختلف کاشت، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، در تابستان سال ۱۳۹۵ اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سطوح اسید هیومیک (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان فاکتور اصلی و تراکم‌های کاشت (۳۵، ۵۵، ۷۵ و ۹۵ بوته در مترمربع) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک با تراکم ۳۵ بوته در مترمربع سبب افزایش محتوی عناصر نیتروژن، فسفر، روی و آهن در گیاه شد. علاوه بر این، بالاترین برداشت نیتروژن بوته با ۲۹۵ کیلوگرم در هکتار از تراکم ۹۵ بوته در مترمربع و مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به‌دست آمد و به‌تدریج با کاهش تراکم و اسید هیومیک از برداشت نیتروژن کل کاسته شد. درصورتی‌که، کمترین درصد پروتئین بوته (۸/۸۴ درصد) از تراکم ۹۵ بوته در مترمربع و عدم مصرف اسید هیومیک حاصل شد که بالاترین عملکرد دانه و ماده خشک با ۴۲۰۹/۷ و ۱۷۹۵۵/۶ کیلوگرم در هکتار از تراکم ۹۵ بوته در مترمربع و کاربرد ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به‌دست آمد. به‌طورکلی، با توجه به نتایج آزمایش برای کشت گوار در منطقه خوزستان لازم است تا در آزمایش‌های بعدی تراکم‌های بالاتر از ۹۵ بوته در مترمربع نیز بررسی شود، همچنین مشخص شد که مصرف هیومیک اسید در شرایط منطقه می‌تواند عملکرد گوار را در حد قابل قبولی افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: آهن، درصد پروتئین بوته، عملکرد دانه، فواصل کاشت، لوبیای خوشه‌ای

۱، ۲، ۳ و ۴. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: moraditelavat@ramin.ac.ir

مقدمه

به‌طورکلی حبوبات به‌دلیل برخورداری از پروتئین بالای دانه از اهمیت غذایی بالایی برخوردار هستند. این گیاهان به‌دلیل قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده مولکولی، در تعادل عناصر معدنی خاک در اکوسیستم زراعی حائز اهمیت هستند (۲۹). گوار یا لوبیای خوشه‌ای (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) گیاهی از خانواده بقولات، یک‌ساله، تابستانه و دو لپه‌ای است (۱۵). گوار گیاهی خودگشن است و میزان دگرگشنی آن بسته به ژنوتیپ و محیط زیست از ۱ تا ۹ درصد متفاوت است. غلاف‌ها به‌طور معمول ۵ تا ۱۲ دانه بیضی شکل با اندازه‌های متغیر دارند که به رنگ‌های سفید، خاکستری و سیاه و سفید هستند (۴۳). این گیاه به‌عنوان یک محصول خوراکی برای مصرف انسان استفاده می‌شود. از طرفی با توجه به رشد اندام‌های رویشی و همچنین پروتئین و قابلیت هضم مناسب این گیاه به مصرف دام می‌رسد. دانه گوار یک آندوسپرم بزرگ شامل صمغ گالاکتومانان دارد که در آب به شکل ژل در می‌آید. این ماده معمولاً به‌عنوان صمغ گوار شناخته شده است. از صمغ این گیاه در محصولاتی مانند لبنیات (بستنی، پنیر، ماست و غیره)، نوشیدنی‌ها، چاشنی‌ها (سس گوجه‌فرنگی و سس مایونز) و در تولید نان استفاده می‌شود (۱۵). در طول دوره‌ی رشد به آبیاری واکنش مثبت نشان می‌دهد. اما باران بیش از حد و یا رطوبت پس از رسیدگی باعث می‌شود که دانه‌ها سیاه و سفید و چروکیده شده و بنابراین باعث کاهش کیفیت و عرضه آنها در بازار می‌شود (۱۸). دانه گوار از سه بخش پوسته (۱۴-۱۷ درصد)، آندوسپرم (۳۵-۴۲ درصد) و جنین (۴۳-۴۷ درصد) تشکیل شده است (۴۲).

با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی می‌تواند اثر قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک داشته باشد. اسیدهای آلی به‌دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثر مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (۳۷). اسید هیومیک به‌دلیل کلات کردن عناصر ضروری، سبب باروری خاک و جذب عناصر شده و تولید گیاهان را افزایش می‌دهد (۳۲). اسید هیومیک با افزایش رشد ریشه و سطح تارهای کشنده باعث افزایش جذب عناصری از قبیل: پتاسیم، نیتروژن و آهن می‌شود (۲۰). نتایج بررسی‌هایی که پژوهشگران روی گندم دوروم انجام دادند نشان داد که اسید هیومیک موجب افزایش جذب فسفر، منیزیم، پتاسیم، مس، سدیم و روی می‌شود (۸). پژوهشگران با کاربرد اسید هیومیک دریافتند که این ماده سبب افزایش وزن خشک و جذب عناصر غذایی روی، مس، آهن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سایر عناصر غذایی گیاه ذرت می‌شود. اسید هیومیک علاوه بر اینکه خود ذخیره خوبی از عناصر میکرو دارد، به آزادسازی و جذب بهتر عناصر تثبیت شده نیز کمک می‌کند. در ضمن، اسید هیومیک در تغییرات شدید pH نقش بافر را ایفا می‌کند و از تغییر سریع اسیدیته و یا قلیائیت خاک جلوگیری می‌کند (۹). در تحقیقات انجام گرفته روی گیاه نخود گزارش شده است که مصرف اسید هیومیک با جذب عناصر پرمصرفی مانند فسفر و پتاسیم عملکرد نخود را افزایش می‌دهد (۳۶). در آزمایشی دیگر که اثر چهار سطح اسید هیومیک (صفر، یک، سه و شش لیتر در هکتار) بر عملکرد گوار مورد بررسی قرار گرفت مشاهده شد که اعمال هیومیک اسید تا سطح شش لیتر در هکتار سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (۱). همچنین در آزمایشی که روی کاربرد هیومیک اسید (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در آب آبیاری بر عملکرد کلزا انجام شد مشاهده شد که در بین سطوح مورد بررسی تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک سبب افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت و اجزای عملکرد شد (۳۳).

یکی از عوامل موفقیت در تولید محصول، تراکم بهینه در واحد سطح است. افزایش تراکم بوته منجر به افزایش رقابت بین گیاهی، بسته شدن سایه‌انداز گیاهی و همچنین عدم توزیع مناسب تشعشع نوری در جامعه گیاهی و کمبود مواد غذایی قابل دسترس می‌شود (۱۷). تراکم مطلوب به عواملی نظیر میزان

حاصلخیزی خاک، نحوه تهیه زمین، میزان رطوبت خاک، نوع کشت (آبی یا دیم)، تاریخ کاشت، وضعیت آفات، شوری خاک و روش کاشت بستگی دارد. افزایش میزان تراکم بوته باعث افزایش عملکرد دانه در واحد سطح تا تراکم بهینه شده، اما پس از آن، تحت تأثیر رقابت، عملکرد دانه ثابت مانده و در برخی موارد تا حدی کاهش می‌یابد (۴۱). گزارش شده است که با افزایش تراکم، درصد پروتئین اندام‌های گیاه مانند ساقه، بلال و پوسته بلال کاهش می‌یابد. همچنین گزارش شده است که افزایش تراکم بوته باعث کاهش درصد نیتروژن و مقدار فسفر بوته ذرت شده است (۶). نتایج بررسی‌های پژوهشگران روی چهار تراکم کاشت (۱۵×۴۵، ۱۰×۴۵، ۱۵×۳۰ و ۱۰×۳۰ سانتی‌متر) گوار نشان داد که تراکم ۱۰×۳۰ سانتی‌متر باعث افزایش عملکرد دانه در مقایسه با سایر تراکم‌ها شد (۲۸).

در خصوص مصرف اسید هیومیک روی حبوبات از جمله گوار آزمایش‌های اندکی انجام شده است، بنابراین هدف از این تحقیق ارزیابی اثر کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری و تراکم‌های مختلف کاشت و تعیین بهترین تیمار برای به‌دست آوردن بیشترین عملکرد و محتوی عناصر غذایی کل بوته بر گیاه گوار طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش، در تابستان ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز (شهر ملاثانی) و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه با ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح دریا اجرا شد. نتایج آزمون خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول ۱ آورده شده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هر کرت دارای سه ردیف کاشت با فواصل ۶۰ سانتی‌متر بود (۲) که روی هر ردیف دو خط کشت شد. در هر کرت فرعی شش خط کاشت به طول سه متر و فاصله حدود ۲۵ سانتی‌متر از همدیگر ایجاد شد. مساحت کرت شش مترمربع بود. بین کرت‌های اصلی (اسید هیومیک) سه پشته نکاشت قرار داده شد تا از نفوذ آب به کرت‌های مجاور جلوگیری شود و بین کرت‌های فرعی نیز یک پشته نکاشت در نظر گرفته شد. اسید هیومیک گرانوله با خلوص ۸۵ درصد از منبع Humaster Top (جدول ۲) از شرکت گلسنگ یزد تهیه شد. در این آزمایش تیمار اسید هیومیک به‌عنوان فاکتور اصلی در نظر گرفته شد که شامل سطوح صفر (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار بود (۱۳) مقادیر اسید هیومیک در هر تیمار به دو قسمت مساوی تقسیم شد و هرکدام در مراحل آغاز شاخه‌دهی و آغاز غنچه‌دهی توسط آب آبیاری در اختیار گیاه قرار داده شد. تراکم بوته شامل سطوح ۳۵، ۵۵، ۷۵ و ۹۵ بوته در مترمربع به‌عنوان فاکتور فرعی بود و فاصله بوته‌ها از همدیگر روی هر خط کاشت بسته به سطوح تراکم فوق به ترتیب معادل ۱۲، ۸، ۶ و ۴ سانتی‌متر بود.

عملیات آماده‌سازی بستر کاشت در اردیبهشت‌ماه انجام شد. ابتدا شخم انجام شد و سپس برای خرد کردن کامل کلوخه‌ها و تسطیح اولیه سطح زمین، دو مرحله دیسک در جهت عمود بر هم انجام شد. بعد از دیسک اول کود پایه مورد نیاز گیاه شامل ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم مصرف شد که همزمان تأمین‌کننده نیاز گیاه حدوداً به میزان ۲۰ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ کیلوگرم فسفر (۲۱) به‌عنوان استارتر بود، سپس به وسیله دیسک دوم با خاک مخلوط شدند. بذر مورد استفاده در این آزمایش بومی پاکستان بود که از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی ایرانشهر تهیه شد. کاشت به‌صورت جوی و پشته بود. این گیاه در هفته اول تیرماه کشت شد (۲۵). آبیاری اول بلافاصله بعد از کشت انجام شد. دو آبیاری بعدی به فاصله سه روز از هم انجام شد اما بعد از استقرار گیاه، آبیاری بر اساس نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی هفته‌ای یک‌بار صورت گرفت. تنک کردن و تنظیم فاصله بوته‌ها بر اساس تراکم بوته مورد نظر در مرحله سه تا چهار برگی انجام شد. برداشت در زمان زرد شدن غلاف‌های گیاه انجام شد. برداشت مزرعه در دهه آخر مهرماه صورت گرفت. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل عملکرد دانه،

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (dS/m)	ماده آلی (%)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن (%)	پتاسیم (mg/kg)	روی (mg/kg)	آهن (mg/kg)	بافت خاک
۰-۳۰	۸/۴	۱/۵	۰/۳۲	۱/۷۰	۰/۰۶	۲۱۴	۰/۰۲	۳/۴۲	رسی سیلتی

جدول ۲. نتایج آزمون کود آلی اسید هیومیک گرانوله

اسید هیومیک	رطوبت	خاکستر کل	پتاسیم	نیتروژن	فسفر	آهن	روی
(%)						(mg/kg)	
۸۵	۳-۴	۱	۷	۱	۱	۲۰۰۰۰	۲۰۰

عملکرد بیولوژیک، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در گیاه، درصد نیتروژن و پروتئین کل بوته، برداشت نیتروژن کل بوته از خاک، میزان روی، آهن و فسفر کل بوته هستند. اندازه‌گیری روی و آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی و فسفر کل بوته از دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۶۶۰ نانومتر انجام شد (۱۱). بدین صورت که ابتدا نمونه‌های تر به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد گذاشته شد تا خشک شوند. سپس نمونه‌های خشک شده آسیاب و یک گرم از آنها درون کروزه چینی به‌مدت دو ساعت در کوره ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بعد از خاکسترگیری به هر نمونه پنج میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال اضافه و به مدت پنج دقیقه روی هیتر گذاشته شد. سپس با استفاده از کاغذ صافی، درون بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری صاف شدند و با آب مقطر به حجم رسیدند. به‌منظور اندازه‌گیری درصد نیتروژن کل بوته، ابتدا نمونه‌های خشک شده تیمارهای مختلف آسیاب شدند. سپس ۰/۱ گرم از نمونه آسیاب شده به‌همراه یک گرم کاتالیزور (سولفات پتاسیم و سولفات مس و سلنیوم) در لوله آزمایش قرار گرفت. پس از آن با اضافه کردن ۳/۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۶ درصد به هر کدام از نمونه‌ها، مجموعه لوله‌های آزمایش در رک مخصوص گذاشته و روی هیتر برقی و در زیر هود قرار داده شد. با افزودن تدریجی دما به ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد، هضم نمونه‌ها به‌مدت دو تا سه ساعت تا رسیدن به محلول شفاف از نمونه‌ها ادامه یافت. پس از اتمام عملیات هضم و کاهش دمای نمونه‌ها تا رسیدن به دمای محیط، درصد نیتروژن نمونه‌ها به وسیله دستگاه کجلدال اتو آنالیز اندازه‌گیری شد (۷). برداشت نیتروژن بوته از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن در ماده خشک تولیدی در واحد سطح، بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. به‌منظور تعیین عملکرد بیولوژیک با در نظر گرفتن نیم متر از بالا و پایین به‌عنوان حاشیه بوته‌ها برداشت شدند و وزن تر آنها بلافاصله بلافاصله پس از انتقال به آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد رطوبت بوته‌ها به هنگام برداشت به‌منظور محاسبه عملکرد بیولوژیک در هکتار پنج بوته از کل بوته‌های برداشت شده جدا شد و سپس در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفتند. سپس بر مبنای درصد رطوبت پنج بوته عملکرد بیولوژیک در هکتار محاسبه شد. عملکرد دانه بر حسب رطوبت ۱۰ درصد برای تراکم‌های مختلف محاسبه شد.

تجزیه آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و تجزیه رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار آماری (SAS) انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و برای تجزیه رگرسیون و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن کل بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی و متقابل دو فاکتور بر درصد نیتروژن کل بوته معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات نیتروژن، فسفر، روی و آهن کل بوته تحت تأثیر تیمارهای تراکم و اسید هیومیک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد نیتروژن	میزان فسفر	میزان روی	میزان آهن
تکرار	۲	۰/۴۸۳	۱۵/۳۰	۰/۰۲۶	۰/۱۴۱
اسید هیومیک	۳	۱/۱۱۴**	۲۰/۸۳**	۰/۰۶۱**	۰/۲۰۸*
اشتباه اصلی	۶	۰/۰۲۲	۱/۰۵۲	۰/۰۰۷	۰/۰۳۷
تراکم	۳	۳/۱۱۲**	۵۵/۷۸**	۰/۰۸۴**	۰/۲۱۸**
اسید هیومیک × تراکم	۹	۰/۱۳۶**	۰/۸۵۶ns	۰/۰۰۴ns	۰/۰۰۷ns
اشتباه فرعی	۲۴	۰/۰۵۱	۲/۵۱	۰/۰۰۲۴	۰/۰۲۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/۷۷	۶/۴۴	۹/۵۱	۶/۹۵

* ،** و ns به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که درصد نیتروژن کل بوته در همه سطوح کودی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴). با بررسی نمودار اثر متقابل (شکل ۱) نیز مشخص شد که بیشترین درصد نیتروژن کل بوته (۳/۵ درصد) از تراکم ۳۵ بوته در مترمربع و مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به‌دست آمد. به گونه‌ای که مشاهده شد با افزایش تراکم تا سطح ۹۵ بوته در مترمربع از درصد نیتروژن کل بوته کاسته شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد که در تراکم‌های پایین به‌دلیل کاهش رقابت بین گیاهان بر سر مواد غذایی گیاه نیتروژن بیشتری را جذب کرده بنابراین درصد نیتروژن در تراکم‌های کاشت پایین به مراتب بیشتر از تراکم‌های کاشت بالا است. همچنین اسید هیومیک از طریق افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، سبب افزایش محتوی نیتروژن گیاه می‌شود. در آزمایشی روی تراکم ذرت مشاهده شد که با افزایش تراکم درصد نیتروژن بوته نیز کاهش یافت (۶). از طرفی، پژوهشگران دریافتند که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش تجمع نیتروژن در ذرت نسبت به تیمار شاهد شد درصورتی‌که بین سطوح مختلف اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (۳۹).

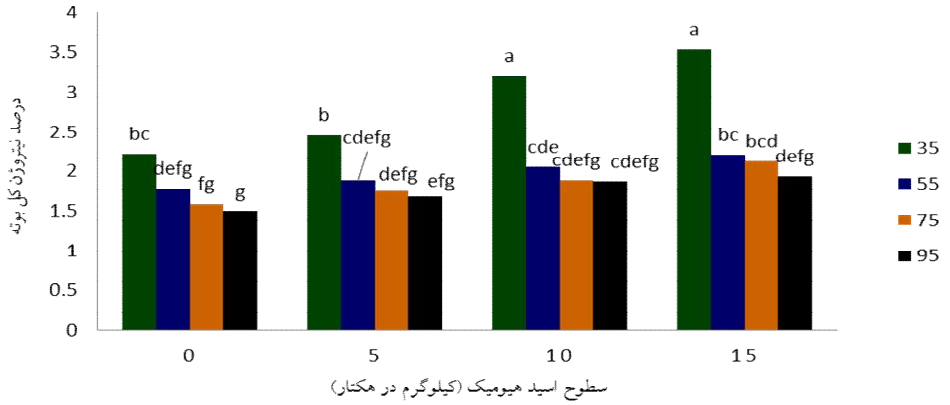
میزان فسفر کل بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فسفر بوته تحت تأثیر سطوح کودی اسید هیومیک و تراکم کاشت قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر میزان فسفر کل بوته از سطح ۱۵ کیلوگرم در هکتار به میزان ۲۶/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که البته با سطح ۱۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت اما با سایر سطوح اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری را نشان داد. همچنین حداقل میزان فسفر کل بوته از عدم مصرف اسید هیومیک، به میزان ۲۳/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد. به عبارتی می‌توان بیان کرد که هر چه اسید هیومیک افزایش یافت، مقدار فسفر کل بوته نیز روند افزایشی را نشان داد به گونه‌ای که با مصرف ۱۵ کیلوگرم اسید هیومیک نسبت به عدم مصرف آن ۱۲ درصد افزایش فسفر در کل بوته به‌دست آمد. همچنین نتایج آزمایش نشان داد که هرچه تراکم افزایش یابد، از مقدار فسفر کاسته می‌شود. به نحوی‌که حداکثر و حداقل مقدار فسفر کل بوته، به‌ترتیب در تراکم ۳۵ و ۹۵ بوته در مترمربع، به میزان ۲۵/۵۶ و ۲۲/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعلق داشت (جدول ۵). از آنجا که بیشترین میزان فسفر از کمترین تراکم بوته به‌دست آمد، بنابراین می‌توان بیان کرد که در تراکم‌های پایین‌تر رقابت بین بوته‌ها کمتر از تراکم‌های دیگر است و فضای بیشتری در اختیار بوته قرار می‌گیرد بنابراین گیاه می‌تواند عناصر بیشتری را از خاک جذب کند. بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد هیومیک اسید

جدول ۴. برش‌دهی اثر متقابل تراکم کاشت و اسید هیومیک بر درصد نیتروژن، پروتئین و برداشت نیتروژن بوته، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و بیولوژیک

اسید هیومیک (kg/ha)	درجه آزادی	مجموع مربعات					
		درصد نیتروژن بوته	درصد پروتئین بوته	برداشت نیتروژن کل	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	ارتفاع بوته
صفر	۳	۰/۹۳۴ **	۴۲/۱۵ **	۷۹۶۹/۴۰ **	۳۳۴۹۵۰۶ **	۶۱۲۳۰۷۸۰ **	۲۳۴/۱۷ *
۵	۳	۱/۱۱۵ **	۴۳/۵۶ **	۱۱۴۳۰ **	۵۳۷۰۵۱۵ **	۸۱۰۷۲۵۲۹ **	۶۶۱/۱۸ **
۱۰	۳	۳/۶۶۴ **	۱۴۳/۱۵ **	۶۴۶۹/۴۸ **	۵۲۶۴۷۹۵ **	۱۱۱۵۹۲۷۰۸ **	۴۱۲/۹۶ **
۱۵	۳	۴/۸۴۹ **	۲۵۷/۲۹ **	۲۶۳۶۵ **	۷۲۴۹۱۷۴ **	۲۳۹۸۱۱۰۰۶ **	۱۹۰۲/۲۹ **

* و** بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد



شکل ۱. اثر متقابل سطوح اسید هیومیک و تراکم بوته بر درصد نیتروژن بوته. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین صفات شاخص سطح برگ، تعداد شاخه، فسفر، روی و آهن بوته در تیمارهای اسید هیومیک و تراکم بوته

اسید هیومیک (kg/ha)	میزان فسفر (mg/kg)	میزان روی (mg/kg)	میزان آهن (mg/kg)	شاخص سطح برگ	تعداد شاخه
صفر (شاهد)	۲۳/۱۷^{b}	۰/۴۴^{c}	۲/۰۷^{c}	۲/۰۰۷^{c}	۱/۶۷^{d}
۵	۲۳/۷۵^{b}	۰/۴۸^{bc}	۲/۱۶^{bc}	۲/۷۲^{b}	۲/۳۳^{c}
۱۰	۲۵/۲۹^{a}	۰/۵۴^{ab}	۲/۲۹^{ab}	۳/۱۱^{b}	۲/۸۸^{b}
۱۵	۲۶/۰۳^{a}	۰/۶۰^{a}	۲/۳۷^{a}	۴/۲۲^{a}	۳/۴۶^{a}
تراکم (plant/m^{۲})					
۳۵	۲۵/۵۶^{a}	۰/۶۰^{a}	۲/۴۱^{a}	۲/۱۵^{c}	۳/۷۸^{a}
۵۵	۲۴/۴۳^{b}	۰/۵۷^{a}	۲/۲۱^{b}	۲/۶۷^{bc}	۲/۷۷^{b}
۷۵	۲۲/۸۳^{b}	۰/۵۰^{b}	۲/۱۷^{b}	۳/۲۸^{b}	۲/۱۷^{c}
۹۵	۲۲/۴۶^{c}	۰/۴۱^{c}	۲/۰۹^{c}	۳/۹۵^{a}	۱/۶۲^{d}

میانگین‌های در هر ستون و برای هر تیمار که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

به‌طور معنی‌داری تجمع NPK را در برگ گیاهچه‌های فلفل و بادمجان افزایش داد (۳۱). از طرفی پژوهش‌های دیگر که روی تراکم بوته و کاربرد هیومیک اسید بر گیاه بچه ذرت انجام شد نشان داد که افزایش تراکم سبب کاهش میزان فسفر در بچه ذرت شد به گونه‌ای که در بیشترین تراکم بوته (۱۱ بوته در مترمربع) کمترین میزان فسفر به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان فسفر از کاربرد هیومیک اسید به‌دست آمد (۳). نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات حاضر مطابقت دارد.

میزان روی کل بوته

مطابق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) سطوح کودی اسید هیومیک و تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری روی این صفت داشت. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم مقدار روی گیاه به مراتب کاهش پیدا کرد. به نحوی‌که کمترین مقدار روی بوته با میانگین ۰/۴۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم از تراکم ۹۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد. درصورتی‌که بیشترین مقدار روی بوته از تراکم ۳۵ بوته به میزان ۰/۶۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد که با تراکم ۵۵ بوته اختلاف معنی‌داری نداشت، درصورتی‌که با سایر تراکم‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش اسید هیومیک مقدار روی به‌دست آمده از کل بوته نیز روند افزایشی داشت. به‌طوری که بیشترین مقدار روی بوته از سطح ۱۵ کیلوگرم اسید هیومیک به میزان ۰/۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سطح ۱۰ کیلوگرم اسید هیومیک نداشت درصورتی‌که با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۵). اسید هیومیک از طریق تشکیل کمپلکس‌های پایدار با عناصر غذایی، به‌ویژه عناصر ریز مغذی مثل روی و آهن منجر به افزایش جذب عناصر و بهبود عملکرد گیاه می‌شود (۴۴). همچنین پژوهشگران بیان کردند که بیشترین محتوی عنصر روی در اندام هوایی گلرنگ از بیشترین سطح (۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) مصرفی اسید هیومیک به‌دست آمد (۲۳).

میزان آهن کل بوته

پژوهش‌ها نشان دادند که ترکیب‌های آلی نقش مهمی در فراهمی آهن گیاه دارند. به عبارتی مواد هیومیکی، با تشکیل کمپلکس‌های آلی محلول، از رسوب اکسیدهای آهن جلوگیری کرده و پخشیدگی آهن به سمت ریشه گیاه را افزایش می‌دهد (۱۰). همچنین تأثیر کودهای آلی بر جذب آهن ممکن است به این دلیل باشد که کود آلی افزون بر اینکه خود دارای عناصر کم مصرفی مانند آهن هستند، به شکل یک منبع انرژی برای ریزجانداران خاک بوده و در فرایند معدنی شدن به‌دلیل آزادسازی اسیدهای آلی، سبب کاهش موضعی اسیدیته خاک شده و جذب آهن را افزایش می‌دهد (۳۰).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دو فاکتور اسید هیومیک و تراکم کاشت بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که هرچه سطوح اسید هیومیک بالا رفت، میزان آهن کل بوته نیز افزایش یافت و این روند تا سطح ۱۵ کیلوگرم به‌صورت صعودی ادامه داشت. به‌طوری که بیشترین میزان آهن بوته با میانگین ۲/۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم متعلق به سطح ۱۵ کیلوگرم اسید هیومیک به‌دست آمد که با سطح ۱۰ کیلوگرم اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، درصورتی‌که با سایر سطوح تفاوت معنی‌داری را نشان داد. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که با افزایش تراکم از میزان آهن بوته نیز کم می‌شود. به نحوی‌که حداکثر و حداقل میزان آهن بوته با میانگین‌های ۲/۴۱ و ۲/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب متعلق به تراکم‌های ۳۵ و ۹۵ بوته در متر مربع به‌دست آمد (جدول ۵). پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد کود گرانول اسید هیومیک موجب افزایش محتوی آهن در گیاه انگور می‌شود (۳۵). در صورتی‌که، پژوهش‌های دیگری نشان داده است که محتوای آهن اندام هوایی تحت تأثیر اسید هیومیک قرار نگرفت. از سویی پژوهشگران اظهار داشتند که غیر معنی‌دار شدن محتوای آهن تحت تأثیر سطوح هیومیک اسید شاید به‌دلیل نیاز کم گیاه گلرنگ به آهن و یا جذب این عنصر به مقدار کافی از خاک، مشابه تیمار شاهد بوده است (۲۳).

پروتئین کل بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی و متقابل فاکتورها بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۶).

برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که پروتئین کل بوته در همه سطوح اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴). همچنین نمودار اثر متقابل نشان داد که با افزایش تراکم بوته، از درصد پروتئین کل بوته نیز کاسته شد به‌نحوی که در نمودار اثر متقابل مشخص شد بیشترین درصد پروتئین کل بوته (۲۳/۴۲ درصد) از تراکم ۳۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد و به تدریج با افزایش تراکم از درصد پروتئین بوته کاسته شد. از طرفی در بین سطوح کودی مصرف ۱۵ کیلوگرم اسید هیومیک باعث بالا رفتن درصد پروتئین بوته شد. به نحوی که هر چه سطوح اسید هیومیک بالا رفت، درصد پروتئین بوته نیز افزایش یافت و این روند تا سطح ۱۵ کیلوگرم در هکتار به‌صورت صعودی ادامه داشت (شکل ۲). به‌طورکلی با افزایش مصرف اسید هیومیک و همچنین کاهش تراکم درصد پروتئین کل بوته نیز افزایش یافت.

برداشت نیتروژن کل بوته از خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی و متقابل فاکتورها بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۶). برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که برداشت نیتروژن کل بوته در همه سطوح اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴). همچنین نمودار اثر متقابل نشان داد که افزایش تراکم بوته، باعث افزایش برداشت نیتروژن بوته از خاک شد. در بین سطوح کودی مصرف ۱۵ کیلوگرم اسید هیومیک سبب بالا رفتن برداشت نیتروژن کل بوته از خاک شد. به نحوی که هر چه سطوح اسید هیومیک بالا رفت، برداشت نیتروژن بوته از خاک نیز افزایش یافت و این روند تا سطح ۱۵ کیلوگرم در هکتار به‌صورت صعودی ادامه داشت. به‌گونه‌ای که در نمودار اثر متقابل مشخص شد که بیشترین برداشت نیتروژن بوته (۲۹۵ کیلوگرم در هکتار) از تراکم ۹۵ بوته در مترمربع با مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به‌دست آمد و به‌تدریج با کاهش تراکم و اسید هیومیک از برداشت نیتروژن کل کاسته شد. به‌نحوی که کمترین میزان برداشت کل بوته (۱۰۶/۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) از تراکم ۳۵ بوته در مترمربع و عدم مصرف اسید هیومیک حاصل شد (شکل ۳). نتایج این پژوهش با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت داشت (۲۷).

عملکرد دانه

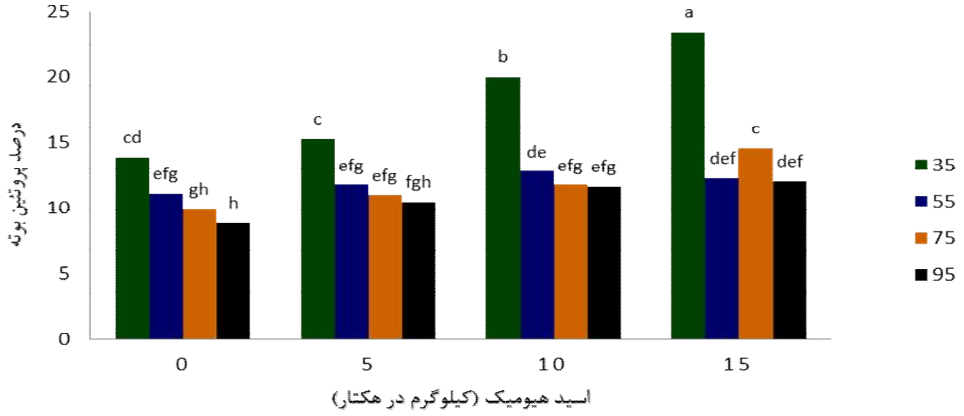
نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی و متقابل فاکتورها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۶). برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که عملکرد دانه در همه سطوح کودی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقادیر مجموع مربعات در جدول مذکور نشان داد که اختلاف بین سطوح کود در تراکم ۳۵ بوته در مترمربع علی‌رغم معنی‌دار بودن، کمتر از سایر تراکم‌ها بود. با افزایش تراکم بوته در واحد سطح روند صعودی در عملکرد دانه مشاهده شد به‌طوری که عملکرد دانه تا سطح ۹۵ بوته در مترمربع به بیشترین حد خود رسید. نمودار اثر متقابل فاکتورها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در سطح ۱۵ کیلوگرم مصرف اسید هیومیک و در تراکم ۹۵ بوته در مترمربع به میزان ۴۲۰۹/۷۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین نشان داد که در تراکم‌های پایین از عملکرد دانه کاسته شد (شکل ۴). با بررسی جدول مقایسه میانگین ترکیب تیمارها (جدول ۷) این موضوع تأیید می‌شود. به‌گونه‌ای که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۴۲۰۹/۷ کیلوگرم در هکتار از مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک با تراکم ۹۵ بوته در مترمربع (H_3D_4) به‌دست آمد و کمترین عملکرد دانه (۱۴۳۳/۲ کیلوگرم در هکتار) از تراکم ۳۵ بوته در مترمربع و عدم مصرف هیومیک اسید حاصل شد.

با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، به‌دلیل 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 به‌دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح افزوده می‌شود (۲۶).

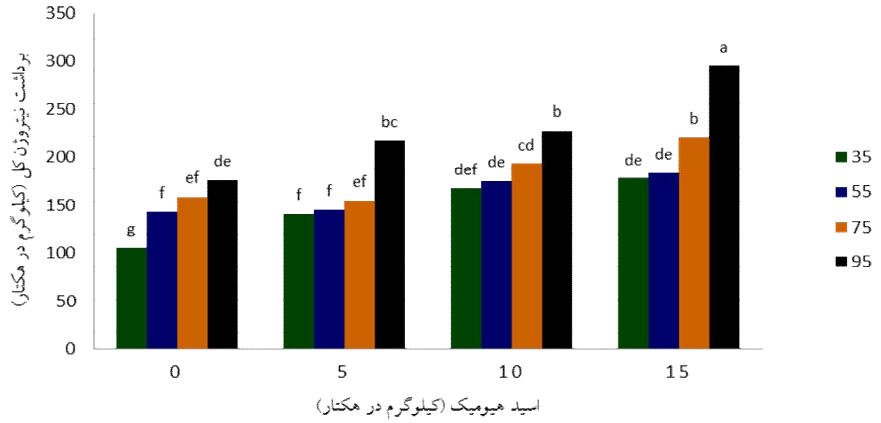
جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس پروتئین و برداشت نیتروژن کل بوته و عملکرد تحت تأثیر تیمارهای تراکم و اسید هیومیک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد پروتئین بوته	برداشت نیتروژن کل	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۱۲۵۷/۴۶	۱۱/۷۸	۴۹۹۰۶۵/۰۸	۳۲۲۸۰۵/۸۳
اسید هیومیک	۳	۱۲۱۲۹/۰۳**	۵۱/۱۸**	۱۵۳۷۴۹۱۰/۳۰**	۲۰۴۱۱۷۱/۶۶**
اشتباه اصلی	۶	۵۰۸/۷۷	۰/۲۹	۱۱۱۰۴۶۲/۲	۸۷۷۲۳/۶۳
تراکم	۳	۱۵۰۶۸/۳۴**	۱۳۵/۶۹**	۱۴۹۶۴۷۲۱۰/۹**	۶۶۳۷۶۴۹/۱۳**
اسید هیومیک × تراکم	۹	۷۸۰/۹۵**	۸/۷۸**	۴۹۷۳۹۳۲/۳**	۱۴۶۷۸۲/۵۱*
اشتباه فرعی	۲۴	۱۶۶/۹۲	۱/۲۳	۵۷۴۷۶۶/۳	۶۱۷۵۲/۷۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۷/۱۷	۸/۴۴	۸/۳۰	۹/۳۴

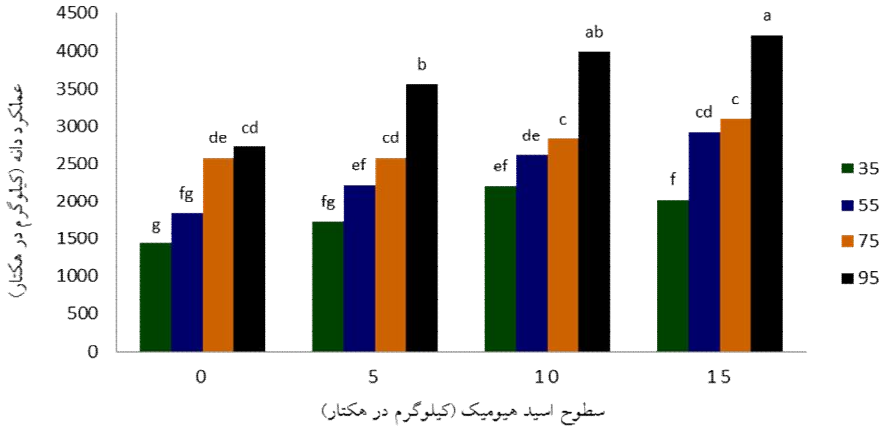
* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد



شکل ۲. اثر متقابل سطوح اسید هیومیک و تراکم بوته بر درصد پروتئین کل بوته. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.



شکل ۳. اثر متقابل سطوح اسید هیومیک و تراکم بوته بر برداشت نیتروژن بوته. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.



شکل ۴. اثر متقابل سطوح اسید هیومیک و تراکم بوته بر عملکرد دانه. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

جدول ۷. نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه و بیولوژیک گوار تحت ترکیبات تیماری اسید هیومیک و تراکم بوته

ترکیب تیماری	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)
H_0D_1	۱۴۳۳/۲ g	۴۸۱۲/۶ i
H_1D_1	۱۷۳۶/۳ fg	۵۴۹۱/۲ i
H_2D_1	۲۲۰۲/۲ ef	۶۱۴۹/۹ hi
H_3D_1	۲۰۲۳/۵ f	۶۰۲۴/۴ hi
H_0D_2	۱۸۴۱/۷ fg	۸۰۹۳/۷ fg
H_1D_2	۲۲۱۳/۰ ef	۷۲۲۴/۹ hg
H_2D_2	۲۶۱۰/۹ de	۷۸۵۷/۴ fg
H_3D_2	۲۹۲۳/۹ cd	۸۸۰۱/۹ ef
H_0D_3	۲۵۷۲/۴ de	۸۱۱۰/۱ fg
H_1D_3	۲۵۸۰/۶ de	۸۲۲۶/۶ fg
H_2D_3	۲۸۲۲/۹ cd	۹۸۸۳/۳ de
H_3D_3	۳۱۰۰/۶ c	۹۳۰۱/۰ ef
H_0D_4	۲۷۲۴/۰ cd	۱۱۲۰۰/۲ cd
H_1D_4	۳۵۵۸/۳ b	۱۲۵۴۱/۹ c
H_2D_4	۳۹۸۵/۶ ab	۱۴۳۱۰/۴ b
H_3D_4	۴۲۰۹/۷ a	۱۷۹۵۵/۶ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال خطای پنج درصد ندارند.

D_1، D_2، D_3 و D_4 به‌ترتیب تراکم‌های ۳۵، ۵۵، ۷۵ و ۹۵ بوته در مترمربع و H_0، H_1، H_2 و H_3 به‌ترتیب مقادیر اسید هیومیک صفر (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار

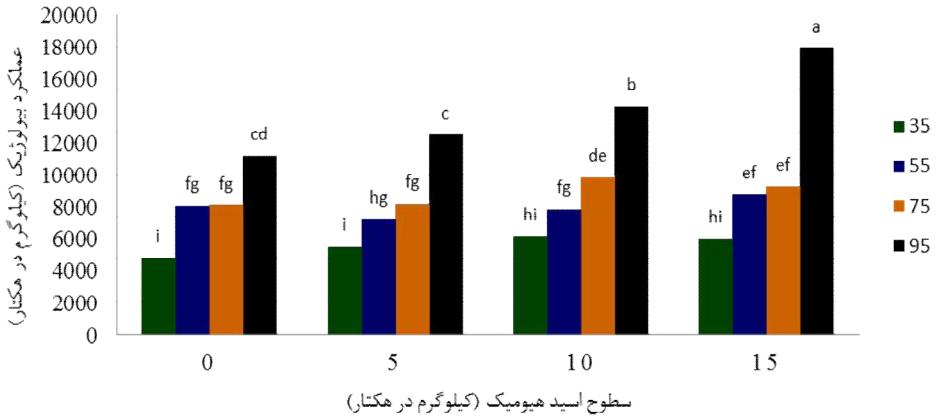
همچنین می‌توان بیان کرد که افزایش عملکرد دانه به افزایش تعداد گیاه در واحد سطح مربوط می‌شود، به‌طوری که ارتباط مثبت بین تراکم کاشت و عملکرد دانه را گزارش نمودند، و بیان کردند که افزایش عملکرد دانه در تراکم‌های بالاتر می‌تواند به‌دلیل تعداد بیشتر بوته در واحد سطح باشد (۳۴). در بررسی‌های انجام شده درمورد تراکم‌های کاشت گوار پژوهشگران اظهار داشتند که با افزایش تراکم عملکرد دانه گوار نیز افزایش یافت (۲۸). همچنین در ارتباط با کاربرد اسید هیومیک بیان شده است که با اضافه کردن پنج کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید عملکرد دانه ۲۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (۳۹). این اثر سودمند هیومیک اسید از طریق کلات‌کنندگی عناصر غذایی و اثر بر خصوصیات بیولوژیک و فیزیولوژیک خاک بوده است. به‌نحوی که هیومیک‌اسید، نفوذپذیری غشاهای سلولی را افزایش داده و بدین طریق ورود پتاسیم به داخل گیاه را تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخل سلولی و تقسیم سلول است. از طرف دیگر افزایش انرژی در داخل سلول منجر به افزایش تولید کلروفیل و میزان فتوسنتز خواهد شد که به دنبال آن یک عامل مهم در رشد یعنی جذب نیتروژن به درون سلول تشدید می‌شود و تولید نیترات کاهش می‌یابد که در نهایت این اثر منجر به افزایش تولید می‌شود (۱۶). به‌طوری که، تحقیقات انجام شده روی محلول‌پاشی اسید هیومیک بر گیاه گوار نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از بالاترین سطح اسید هیومیک (شش لیتر در هکتار) حاصل شد (۱). همچنین گزارش شده است که هیومیک اسید افزایش معنی‌داری روی عملکرد دانه نخود داشت به نحوی‌که با افزایش اسید هیومیک تا سطح شش لیتر در هکتار سبب افزایش عملکرد دانه شد (۴). نتایج این بررسی با آزمایش‌های حاضر درمورد اسید هیومیک و تراکم کاشت مطابقت دارد.

عملکرد بیولوژیک

نتایج آزمایش در ارزیابی عملکرد بیولوژیک نشان داد که اثر اصلی و متقابل دو فاکتور بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۵).

همچنین نتایج برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که عملکرد بیولوژیک در همه سطوح کودی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). مقادیر مجموع مربعات در جدول مذکور نشان داد که اختلاف بین سطوح کود در تراکم ۳۵ بوته در مترمربع علی‌رغم معنی‌دار بودن، کمتر از سایر تراکم‌ها بود و به‌ترتیب با افزایش تراکم تا سطح ۹۵ بوته در مترمربع به بیشترین حد خود رسید. با بررسی نمودار اثر متقابل نیز این موضوع تأیید می‌شود (شکل ۵). به‌نحوی که بیشترین عملکرد بیولوژیک از تراکم ۹۵ بوته در مترمربع و مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به‌دست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. درمورد کاربرد اسید هیومیک و تراکم کاشت مناسب با توجه به نتایج به‌دست آمده در جدول مقایسه میانگین ترکیبات تیماری (جدول ۸) می‌توان بیان کرد که کمترین و بیشترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۴۸۱۲/۶ و ۱۷۹۵۵/۶ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب متعلق به عدم کاربرد اسید هیومیک با تراکم ۳۵ بوته در مترمربع (H_0D_1) و مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک با تراکم ۹۵ بوته در مترمربع (H_3D_4) است.

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، همچنین با توجه به تعداد شاخه فرعی در هر بوته در تراکم‌های بالاتر انتظار می‌رفت که عملکرد بیولوژیکی در آن تراکم‌ها کاهش یابد؛ ولی در تراکم‌های بالاتر به‌دلیل افزایش ارتفاع بوته و تعداد بوته بیشتر در واحد سطح، منجر به افزایش مقدار ماده خشک کل شد. در این خصوص برخی از پژوهشگران اظهار داشتند که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، عملکرد بیولوژیکی تک‌بوته کاهش یافته ولی عملکرد بیولوژیکی در هکتار نیز افزایش پیدا می‌کند (۲۴). همچنین اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به دنبال آن عملکرد بیولوژیکی می‌شود (۵). برخی پژوهشگران آزمایشی مشابه با پژوهش حاضر نیز انجام دادند و اظهار داشتند که عملکرد بیولوژیک در بیشترین سطح اسید هیومیک حاصل شد (۱۴).



شکل۵. اثر متقابل سطوح اسید هیومیک و تراکم بوته بر عملکرد دانه. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

جدول ۸. نتایج تجزیه واریانس صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه و شاخص سطح برگ تحت تأثیر تیمارهای اسید هیومیک و تراکم بوته

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه	شاخص سطح برگ
تکرار	۲	۷۱/۲۳	۸/۶۸	۳/۰۳
اسید هیومیک	۳	۵۵۷/۰۰۷**	۶/۹۷**	۷/۲۰**
اشتباه اصلی	۶	۶۱/۱۳	۰/۲۸	۰/۴۱۷
تراکم	۳	۷۸۰/۶۹**	۱۰/۲۶**	۱۰/۲۷**
اسید هیومیک × تراکم	۹	۸۱/۵۸**	۰/۱۹ ns	۰/۳۵ns
اشتباه فرعی	۲۴	۲۵/۰۱	۰/۲۲	۰/۳۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۴/۴۸	۱۸/۱۴	۱۹/۲۸

** و ns به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار در سطح یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی

افزایش شاخص سطح برگ در حد بهینه، به‌منظور دریافت نسبت بیشتری از تشعشع خورشیدی رسیده به واحد سطح مزرعه از راهکارهای افزایش فتوسنتز و در نتیجه بهبود رشد گیاه است. رعایت تراکم بهینه بوته در واحد سطح مزرعه و کاربرد نهاده‌ها بر تعیین این پارامتر نقش مهمی دارد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تراکم بوته و سطوح اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح شاخص سطح برگ به‌صورت افزایش یافت به‌نحوی که بیشترین شاخص سطح برگ با میانگین ۴/۲۲ از تراکم ۹۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد که این مقدار اختلاف معنی‌داری با سایر تراکم‌ها داشت. همچنین استفاده از اسید هیومیک نیز تأثیر خود بر این صفت را نشان داد به‌طوری که بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به‌ترتیب از سطوح ۱۵ و صفر کیلوگرم اسید هیومیک با میانگین ۳/۹۵ و ۲/۱۵ به‌دست آمد (جدول ۵).

در تراکم‌های بالا به‌دلیل اینکه گیاهان میزان برگ بیشتری در واحد سطح تولید می‌کنند و همچنین به نحو مناسب‌تری می‌توانند سطح مزرعه را بپوشانند و کانوپی بسته‌ای تشکیل دهند، سطح

برگ بیشتری تولید می‌شود. پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم بوته شاخص سطح برگ نیز افزایش پیدا می‌کند (۱۹). به‌نحوی که بالاترین شاخص سطح برگ در بالاترین تراکم بوته در واحد سطح به‌دست آمد (۳۸). همچنین درمورد تأثیر سطوح اسید هیومیک می‌توان گفت در مرحله ساقه رفتن که رشد سریع گیاه است و شرایط محیطی نیز در آن مناسب است، گیاه نیاز بیشتری به عناصر غذایی داشته و اسید هیومیک به‌دلیل افزایش میزان نیتروژن گیاه (۳۹)، سبب افزایش شاخص سطح برگ و همچنین سرعت بالاتر گسترش سطح برگ می‌شود. نتایج بررسی‌های پژوهشگران دیگر با آزمایش حاضر مطابقت داشت (۱۴).

تعداد شاخه در گیاه

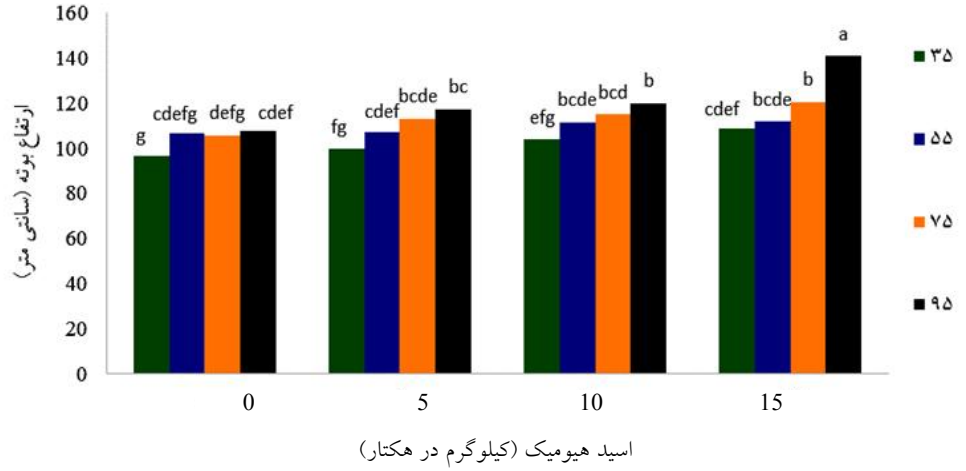
مطابق نتایج به‌دست آمده در جدول تجزیه واریانس (جدول ۸) سطوح کودی هیومیک اسید و تراکم بوته بر این صفت اثر معنی‌داری داشت، درصورتی‌که اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد که تعداد شاخه‌های فرعی گیاه با افزایش تراکم کاهش یافت. به گونه‌ای که بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تراکم ۳۵ بوته با میانگین ۳/۷۸ عدد به‌دست آمد که با سایر تراکم‌ها اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار کود اسید هیومیک باعث افزایش تعداد شاخه‌های فرعی گیاه شد که این مقدار با سایر سطوح کودی اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۵).

به نظر می‌رسد که با افزایش فاصله بین دو بوته (کاهش تراکم) به‌دلیل افزایش قابلیت دسترسی به نور خورشید و کاهش رقابت بین بوته‌ها برای دستیابی به منابع غذایی، امکان رشد بیشتری برای هر بوته فراهم شد و در نتیجه تعداد شاخه‌های فرعی افزایش یافت. نتایج بررسی‌ها روی سه سطح تراکم (۶۵، ۸۰ و ۹۵ بوته در مترمربع) کلزا نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی به‌ترتیب در تراکم‌های ۶۵ و ۹۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد و بیان شد که با افزایش تراکم از تعداد شاخه‌های فرعی کاسته شد (۴۰). در ارتباط با این موضوع نتایج مشابهی توسط پژوهشگران دیگری روی لوبیا چیتی مشاهده شده است (۱۲). همچنین استفاده از کودهای آلی به‌دلیل تأمین مواد غذایی برای گیاه، بهبود بستر رشد و افزایش رشد رویشی گیاه نیز می‌تواند سبب افزایش تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه شود. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با بررسی‌های دیگران مطابقت دارد (۲۲).

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی و متقابل دو فاکتور بر ارتفاع گیاه معنی‌دار شد (جدول ۸). نتیجه برش‌دهی اثر متقابل تراکم بوته و اسید هیومیک بر ارتفاع بوته نشان داد که در همه سطوح کودی تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول۴). با این حال مقادیر مجموع مربعات در جدول برش‌دهی نشان داد که اختلاف بین سطوح کود در تراکم ۳۵ بوته در مترمربع علی‌رغم معنی‌دار بودن، کمتر از سایر تراکم‌ها بود و با افزایش تراکم تا سطح ۹۵ بوته در مترمربع به بیشترین حد خود رسید. نمودار اثر متقابل تراکم بوته و اسید هیومیک (شکل ۶) بر ارتفاع بوته نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۰/۸۳ سانتی‌متر) در سطح ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و در تراکم ۹۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. درصورتی‌که کمترین ارتفاع بوته (۹۶/۵۳ سانتی‌متر) از تراکم ۳۵ بوته در مترمربع و عدم مصرف هیومیک اسید به‌دست آمد. به‌طورکلی افزایش سطوح اسید هیومیک و همچنین تراکم بالای کاشت سبب افزایش ارتفاع گیاه شد.

به نظر می‌رسد که روند صعودی ارتفاع گیاه با افزایش تراکم بوته در واحد سطح می‌تواند به‌دلیل افزایش رقابت گیاهان برای دریافت مواد غذایی و جذب نور باشد. همچنین با افزایش تراکم در واحد سطح، به‌دلیل سایه‌اندازی گیاه طول میانگره‌های ساقه زیاد شده و در نتیجه ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد. در ارتباط با این موضوع، پژوهشگران در آزمایشی که روی گیاه سویا انجام دادند گزارش کردند که با افزایش تراکم، به‌دلیل رقابت زیاد گیاه برای



شکل ۶. اثر متقابل سطوح اسید هیومیک و تراکم بوته بر ارتفاع بوته. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

کسب نور، ارتفاع گیاه سویا افزایش یافت (۴۱). همچنین در خصوص افزایش ارتفاع بوته با مصرف اسید هیومیک می‌توان بیان کرد که این کود از طریق اثر هورمونی، با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (۳۰). نتایج بررسی‌هایی که بر روی تراکم و هیومیک اسید بچه ذرت انجام شد نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به کاربرد اسید هیومیک و تراکم کاشت بالا به‌دست آمد (۳).

نتیجه‌گیری

در این آزمایش تأثیر اسید هیومیک و تراکم بوته بر جذب عناصر غذایی، عملکرد دانه و بیولوژیک گیاه گوار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که در تراکم ۳۵ بوته در مترمربع محتوی عناصر روی، آهن، فسفر و نیتروژن نیز به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کردند، همچنین تراکم بر پروتئین بوته و برداشت نیتروژن بوته از خاک نیز تأثیر معنی‌داری را نشان داد به‌گونه‌ای که افزایش تراکم تا سطح ۹۵ بوته در مترمربع علی‌رغم اینکه سبب افزایش برداشت نیتروژن بوته از خاک شد اما باعث کاهش پروتئین بوته شد. در اثر افزایش تراکم بوته در واحد سطح تعداد شاخه‌های گیاه تا ۵۴ درصد کاهش یافت. به‌طورکلی، کاربرد کود زیستی اسید هیومیک همراه آب آبیاری به‌میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و همچنین درمورد تراکم کاشت گوار به‌منظور افزایش تولید دانه و عملکرد بیولوژیک، مناسب‌ترین تیمار تراکم ۹۵ بوته در مترمربع بود.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, S., A. Hatamzadeh, M. H. Biglueii and A. Sahraroo. 2017. Effect of humic acid on some morphological traits of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) on Karaj region. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 11(1): 287-295.
2. Akhtar, L. H., S. Bukhari, S. Salah-ud-Din and R. Minhas. 2012. Response of new guar strains to various row spacing. *Pakistan Journal Agriculture Science* 49(4): 469-471.
3. Amiri, M. 2015. Effect of humic acid potassium and seaweed extract (kclp) on growth and yield of corn (*Zea mays* L. var.sacchrata). MSc. Thesis. Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.
4. Armin, M. and J. Moslehi. 2012. Yield and yield components response of chickpea to time and different levels of humic acid foliar application. *Modern Science of Sustainable Agriculture* 8(4): 1-9. (In Farsi).

5. Ayas, H. and F. Gulser. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Sciences* 5(6): 801- 804.
6. Bavi, H. 2013. Effect of plant density and harvest method on qualitative and quantitative yield of sweet corn (KSC403su) in Ahwaz weather conditions. MSc. Thesis. Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.
7. Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-Total. pp. 1085-1121. *In:* Sparks, D. L., A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Looppert and M. E. Summer. (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods. Soil Science Society American Inc. Book Series, No. 5, Madison, WI, USA,.
8. Bulent Asik, B., A. Turan, H. Celik and A. Vahap Katkat. 2009. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. *Asian Journal of Crop Science* 1: 87-95.
9. Chelik, H., A.V. Katkat, B. B. Asik and M. A. Turan. 2010. Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 42 (1): 29-38.
10. Desantiago, A. and A. Delgado. 2007. Effects of humic substances on iron nutrition of lupin. *Biology and Fertility of Soils* 43: 829-836.
11. Emadi, N., H. R. Balouchi and SH. Jahanbin. 2012. Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean (cv. C.O.S16) in Yasouj region. *Electronic Journal of Crop Production* 5(2): 1-17. (In Frasi).
12. Emami, A. 1996. Plant Decomposition Methods. Technical Journal No. 182. First Edition. Soil and Water Research Institute. Ministry of Agriculture. Tehran. (In Farsi).
13. Farjami, A. A. and S. M. Nabavi Kalat. 2014. Effect of Humic Acid and Phosphorus on the Quantity and Quality of Marigold (*Calendula officinalis* L.) Yield. *Scientific Journal of Ecophysiology of Crop Plants* 28(4): 443-452. (In Farsi).
14. Ghorbani, S., H. R. Khazaei, M. Kafi and M. Banayan-Awal. 2010. The effect of humic acid in irrigation water application on yield and yield components maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agroecology* 2(1): 111-118. (In Farsi).
15. Ghulam Nabi, A. 2013. Cluster bean (guar) cultivation in Pakistan. Valley Irrigation Pakistan Press (private) limited. Available online at: http://www.valleyirrigationpakistan.com/wp-content/uploads/2012/09/Guar-Cultivation-in-Pakistan.pdf.
16. Giasuddin, A. B. M., S. Kanel and H. Choi. 2007. Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. *Environmental Science and Technology* 41(6): 2022–2027.
17. Gill, M. S. and R. S. Narang. 1993. Yield analysis in Gobbi Sarson (*Brassica napus* L.) to plant density and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy* 38: 257-265.
18. Gresta, F., O. Sortino, C. Santonoceto, L. Issi, C. Santonoceto and Y. M. Santonoceto. 2013. Effects of sowing times on seed yield, protein and galactomannans content of four varieties of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in a Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products* 41: 46–52.
19. Habibzade, Y., R. Mamghani and A. Kashani. 2006. Effects of plant density on grain yield and morpho-physiological traits in three Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczk) genotypes under Ahwas conditions. *Journal of Crop Sciences* 8(1): 66-78. (In Farsi).
20. Haghighi, M. and M. Kafi. 2010. Effect of humic acid on the accumulation of cadmium, nitrate and changes of nitrate reductase activity in lettuce. *Journal of Horticultural Science* 24(1): 53-58. (In Farsi).
21. Jagtap, D. N., L. D. Waghule and V. M. Bhale. 2011. Effect of sowing time, row spacing and seed rate on production potential of cluster bean. *Advnace Research Journal of Crop Improvement* 2(1): 27-30.
22. Jamali, S. Z., A. Astaraei and H. Emami. 2015. Effects of humic acid, compost and phosphorus on growth characteristics of basil herb and concentration of micro elements in plant and soil. *Journal of Science and Techonolgy of Greenhouse Culture* 6(22):187-205. (In Farsi).
23. Khorami Ghahfarani, A., A. Rahimi. B. Torabi and Sh. Maddah Hosseini. 2015. Effect of humic acid application and foliar spraying of compost tea and vermiwash on nutrient absorption and chlorophyll content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Oil Plants Production* 2(1): 72-84. (In Farsi).
24. Lio, W., M. Tollenaar, G. Stewart and W. Deen. 2004. Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. *Crop Science* 44(3): 847-854.
25. Mahmood, A., A. M. Iqbal and S. Iqbal. 1988. Growth and yield of three guar cultivars as influenced by different row spacing. *Pakistan Journal of Agricultural Research* 9(2): 168-170.
26. Majnoun Hosseini, N., H. Mohammadi, K. Poustini and H. Zeinaly Khanghah. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science* 34(4): 1011-1019. (In Farsi).
27. Moradi Telavat, M. R. and S. A. Siadat. 2014. Growth and nitrogen use efficiency response of wheat and wild

mustard to increased nitrogen levels. *Journal of Agriculture* 15(2): 111-124. (In Farsi).
28. Nandini, K. M., S. Sridhara, S. Patil and K. Kumar. 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.
29. Naseri, R., M. J. Rahimi, S. A. Siadat and A. Mirzaei. 2015. The effects of supplementary irrigation and different plant densities on morphological traits, yield and its components and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Sirvan region in Ilam province. *Iranian Journal of Pulses Research* 6(1): 78-91. (In Farsi).
30. Ouda, B. A. and A. Y. Mahadeen. 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.
31. Padem, H., A. Ocal and R. Alan. 1999. Effect of humic acid added foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings. *Acta Horticulture* 491.
32. Rahi, A. R., M. Davoudi fard, F. Azizi and D. Habibi. 2012. Effects of different amounts of humic acid and response curves in the Dactylis glomerata. *Journal of Agronomy and Plant Breeding* 8(3): 15-28. (In Farsi).
33. Rahimi, Z., H. Mozaffari and H. Hassanpour Darvishi. 2016. Investigation the effect of humic acid in irrigation water on yield and yield components of rapeseed. *Journal of Agronomy and Plant Breeding* 12(1): 95-106. (In Farsi).
34. Regan, K. L., K. H. Siddique and L. D. Martin. 2003. Response of Kabuli chickpea to sowing rate in Mediterranean type environments of south-western Australian. *Journal of Experimental Agriculture* 43: 87-97.
35. Reynolds, A. G., D. A. Wardle, B. Drought and R. Cantwell. 1995. Gro-mate soil amendment Improves growth of greenhouse-grown 'Chardonnay' grapevines. *Hort Science* 30: 539-554.
36. Sakinejad, T., S. M. Hossaini and M. Hyvari. 2011. Calculate changes of bean germination process in the presence of various compoundsof biological fertilizer humic acid mixed with micro and macro elements. *Journal of American Science* 7(6): 10-14.
37. Samavat, S. and M. J. Malakouti. 2005. The need to use organic acids (humic and fulvic) to increase the quantity and quality of agricultural products. Technical Publication No. 463. Senate Publications. Tehran. Iran. (In Farsi).
38. Shafi, M., J. Bakht, S. Ali, H. Khan, M. Aman Khan and M. Sharif. 2012. Effect of planting density on phenology, growth and yield of maize (Zea mays). *Pakistan Journal of Botany* 44(2): 691-696.
39. Sharif, M. 2002. Effect of lignitic coal derived humic acid on growth yield of wheat and maize in alkaline soil. NWFP Agriculture University, Peshawar.
40. Shojaee Ghadicollaei, M., J. Daneshian., H. R. Mobaser and M. Nasiri. 2011. Affects different levels of nitrogen and plant density in canola (*Brassica napus* L.) yield in paddy field. *Iranian Journal of Field Crop Science* 6(4): 37-47. (In Farsi).
41. Siadat, S. A., A. Modhej and M. Esfahani. 2013. Cereals. Mashhad University Jihad, Mashhad.
42. Singh, S. 2014. An Analysis of Guar Crop in India. Gain Report Number: IN4035.
43. Stafford, R. E. and C. R. Lewis. 1975. Natural crossing in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L). *Crop Science* 15: 876-77.
44. Vaughan, D., R. E. Malcom and B. G. Ord. 1985. Influence of humic substances on biochemical processes in plants, PP: 77-108. *In*: D. Vaughan and R. E. Malcom (Eds.), Soil Organic Matter and Biological Activity, Martinus Nijhoff/Junk W Publishers, Dordrecht.
45. Wilcox, J. R. 1974. Response of three soybean strains to equidistant spacing. *Agronomy Journal* (66): 409-412.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 1, Spring 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Effect of Different Concentrations of Humic Acid on Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) Yield and Nutrients Uptake in Different Sowing Densities

F. Ahmadi[1], M. R. Moradi talavat[2*], A. A Siadat[3] and A. Moshatati[4]

(Received: September 13-2017; Accepted: April 23-2018)

Abstract

To evaluate the effect of different concentrations of humic acid on guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) yield and nutrient uptake in different sowing densities, an experiment was carried out by using a split plot design with three replications based on a randomized complete block design, in Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran at summer 2016. Experimental factors consisted of four levels of humic acid (0, 5, 10 and 15 kg/ha) as the main plots and four plant densities (35, 55, 75 and 95 plants/m^2) as sub plots. The density of 35 plants/m^2 and 15 kg/ha humic led to increase in nitrogen, phosphorus, zinc and iron content of the plant. Moreover, the highest nitrogen harvest (295 kg/ha) was obtained from density of 95 plants/m^2 and 15 kg/ha of humic acid. The lowest plant protein content (8.84%) was obtained from density of 95 plants/m^2 and without application of humic acid. The highest grain yield and dry matter (4209 and 17955 kg/ha, respectively) were obtained from density of 95 plant/m^2 and application of 15 kg/ha humic acid. Generally, it seems that high levels of plant density (greater than 95 plant/m^{-2}) must be evaluated for cultivation of guar in Khuzestan province. In addition, application of humic acid may lead to significantly increase of guar yield in the region.

Keywords: Cluster bean, grain yield, plant protein content, planting spacing, Iron

1, 2, 3, 4. MSc. Student, Associate Professor, Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Khuzestan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: moraditelavat@ramin.ac.ir