اثر کود و الیسیتورهای زیستی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه گوآر (*Cyamopsis tetragonoloba* L.)

امیر محمد ماسوری[۱]، سجاد رحیمی مقدم[۲*]، خسرو عزیزی [۳]، سعید حیدری [۴]و حامد عینی نرگسه [۵]

۱، ۲، ۳و ۴) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۵) گروه علوم کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران.
نویسنده مسئول[*]: rahimi.s@lu.ac.ir

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۷/۰۷ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰**

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر انواع کودهای زیستی، آلی و شیمیایی و همچنین الیسیتورهای زیستی بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه گوآر (*Cyamopsis tetragonoloba* L)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۳ در شهرستان خرم‌آباد استان لرستان اجرا شد. عامل اول شامل نوع کود در پنج سطح (شاهد بدون مصرف کود، ازتوبارور، ورمی‌کمپوست، اوره و آمونیوم نیترات) و عامل دوم شامل الیسیتور در چهار سطح (شاهد بدون مصرف الیسیتور، اسید سالیسیلیک، اسید هیومیک و اسید اسکوربیک) بود. تیمارهای الیسیتور به صورت محلول پاشی در دو مرحله ساقه‌روی و شروع گلدهی اعمال شدند. نتایج نشان داد که برهمکنش بین نوع کود و الیسیتور تأثیر معنی‌داری بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی (نرخ فعال فتوسنتز، غلظت دی‌اکسید کربن داخل محفظه برگ، تعرق، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید) داشت. بیشترین میزان نرخ فعال فتوسنتز (۱۸/۹۲ میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه) در ترکیب تیماری ازتوبارور و اسید هیومیک به‌دست آمد. بیشترین هدایت روزنه‌ای (۴۲۸ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) در تیمار شاهد بدون کود همراه با اسید سالیسیلیک مشاهده شد. در خصوص رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، بیشترین مقدار کلروفیل a (۱۳/۶ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) و کلروفیل b (۶/۵۵ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) در تیمار ورمی‌کمپوست به همراه اسید اسکوربیک ثبت گردید. همچنین، تیمار اوره و اسید سالیسیلیک بیشترین تعرق و تیمار شاهد بدون کود و اسید اسکوربیک بیشترین غلظت دی‌اکسید کربن داخل محفظه برگ را نشان داد. از نظر عملکرد، بیشترین عملکرد دانه (۲۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ازتوبارور و اسید هیومیک و کمترین آن (۹۲۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد بدون کود و بدون الیسیتور به‌دست آمد. تیمار ورمی‌کمپوست و اسید اسکوربیک نیز عملکرد دانه قابل‌توجهی برابر با ۲۰۵۰ کیلوگرم در هکتار داشت. این نتایج بیانگر آن است که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی یا آلی با الیسیتورهای مناسب می‌تواند به‌طور مؤثری ویژگی‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکردی گیاه گوآر را بهبود بخشد و در نتیجه موجب افزایش پتانسیل بهره‌وری این گیاه دارویی و صنعتی در شرایط اقلیمی مشابه گردد.

واژه‌های کلیدی: ازتوبارور، اسید هیومیک، محلول‌پاشی و ورمی‌کمپوست.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

مقدمه

گوار با نام انگلیسی Cluster bean و نام علمی *Cyamopsis tetragonoloba*، گیاهی خودگرده افشان و از خانواده بقولات است که با نام لوبیای خوشه‌ای نیز شناخته می‌شود (Akhtar *et al*., 2015). گوار، گیاهی یکساله و دارای ریشه-های تقریبا عمودی و برگ‌های زبر و خشن می‌باشد که یک الی دو متر ارتفاع دارد (Sij *et al*., 2000). گوار دارای چرخه عمر کوتاه سه تا چهار ماه است و می‌تواند دوره‌های خشک‌سالی و شوری را تحمل و در آن به خوبی رشد کند. غلاف گوار می‌تواند جایگزین گوشت شود (حدود ۷۰ درصد اسیدآمینه ضروری که می‌تواند در گوشت یافت شود). علاوه‌بر محتوای پروتئین آن، غلاف گوار همچنین حاوی مواد آلی و معدنی و انوع ویتامین ها می‌باشد و میزان آهن این گیاه دو برابر اسفناج است (Chuarasia and Saxena, 2012). دانه گوار منبع اصلی صمغ است، که به دلیل وجود مقادیر زیاد صمغ گالاکتومانان در دانه‌های گوار، به عنوان یک غلیظ کننده در محصولاتی مانند بستنی و یا به عنوان تثبیت‌کننده در پنیر استفاده می‌شود. صمغ گوار به عنوان کاهنده کلسترول، فشار خون و قند خون نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد ()، همچنین عصاره پودر این گیاه دارای فعالیت ضد سرطانی است (Badr *et al*., 2014). گوار با عادت رشدی سریع، نیاز آبی نسبتا کم و تحمل خوب در برابر تنش کم آبی گزینه مناسبی برای تولید دانه در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران به نظر می رسد و برای برقراری یک نظام زراعت کم نهاده قابل استفاده است. با توجه به توانایی تثبیت زیستی نیتروژن، گوار مانند بیشتر بقولات یکساله، گیاه مناسبی جهت بهبود حاصلخیزی خاک نیز محسوب می‌شود (Lakshmi Kalyani, 2012; Sharma *et al*., 2011; Ashraf *et al.,* 2002; Gendy *et al*., 2013). بر همین اساس می‌تواند در تناوب با گیاهانی مانند غلات و دانه روغنی (با نیاز نیتروژنی بالا) قرار گیرد. در صورت سودمندی‌های متعدد گوار برای نظام‌های کشاورزی و همچنین مصارف عمده صنعتی و دارویی فرآورده‌های حاصل از دانه آن همراه با امکان استفاده از شاخساره گیاه به عنوان علوفه و کود سبز برای متخصصین زراعت رویکرد بخش تحقیقات پایه برای کشت و بهره‌برداری از این گیاه در بوم نظام‌های زراعی کشور افزون خواهد شد (Eldirany *et al*., 2015). میزان تولید محصول با میزان عرضه عناصر معدنی و گاهی عناصر آلی خاک که برای آن‌ها قابل استفاده باشد، متناسب بوده و از دیرباز بشر به اهمیت عناصر معدنی و آلی در رشد گیاه و تولید محصول پی برده است. امروزه از کودها به عنوان ابزاری برای دستیابی به بیشینه تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. البته علاوه‌بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی و سلامت محصولات نیز باید مد نظر قرار گیرد (Balogh *et al*., 2006). نیتروژن از جمله عناصری است که گیاهان در تمام دوره‌های فعالیت خود به آن نیاز دارند. کودهای نیتروژن‌دار از طریق توسعه اندام‌های هوایی و تولید مواد کربوهیدراتی بیشتر با افزایش سطح کربن‌گیری، در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی نقش مهمی ایفا می‌کنند و افزایش در مقدار نیتروژن خاک نه تنها بر رشد گیاه، بلکه بر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

الگوهای اصلی ریخت‌شناسی گیاهی نیز تأثیر دارد (Hirel *et al.,* 2007; Zhou et *al.,* 2011). استفاده از کودهای نیتروژنی، به‌ویژه به‌صورت تلفیقی با منابع آلی و زیستی، می‌تواند بهبود چشمگیری در رشد و عملکرد دانه محصولات زراعی داشته باشد. به عنوان مثال نشان داده شد که استفاده از کودهای نیتروژنی به‌صورت تلفیقی با منابع آلی و زیستی نظیر ازتوباکتر و کود دامی باعث افزایش عملکرد سیاه‌دانه شده است. این رویکرد علاوه‌بر افزایش عملکرد دانه، اثرهای مثبتی بر حفظ ساختار خاک و کاهش اثرات مخرب کودهای شیمیایی دارد. در همین راستا، تغذیه تلفیقی با ترکیب اوره، کود دامی و ازتوباکتر به‌عنوان یک راهکار پایدار در کشاورزی پیشنهاد شد (فتحی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۲). الیسیتورهای گیاهی به عنوان یک ابزار قوی و پایدار در رشد و عملکرد گیاهان و کاهش اثرات نامطلوب محیطی در گیاهان تحت شرایط تنش و غیرتنش شناخته شده‌اند (Pacheco and Gorni, 2022; Zheng *et al.,* 2023). از جمله این ترکیبات می‌توان به اسید هیومیک، اسید اسکوربیک و اسید سالیسیلیک اشاره کرد. به عنوان مثال، اسید سالیسیلیک در تعدادی از گیاهان به وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و به عنوان ماده‌ای شبه هورمونی، نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند و بر تقسیم و توسعه سلولی و تعامل با مسیرهای هورمونی دیگر تأثیرگذار است (Li *et al*., 2022). اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مانند رشد و نمو گیاه، جذب یون‌ها، فتوسنتز، جوانه‌زنی و رسیدگی ایفا می‌کند (Rivas-San Vicente and Plasencia, 2011). اسید هیومیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی، با افزایش شاخص‌های فیزیولوژیکی نظیر شاخص سطح برگ و سرعت رشد، موجب افزایش راندمان فتوسنتزی و جریان مواد غذایی به سمت دانه‌ها می‌شود. مصرف این ماده توانسته عملکرد دانه کنجد را تا ۱۸ درصد افزایش دهد و بیشترین اثر مثبت را بر رشد و عملکرد دانه رقم محلی دزفول داشته باشد (نوریانی و همکاران، ۱۳۹۶). در بررسی تأثیر محرک‌های رشدی و مقادیر مختلف کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصدی کود شیمیایی و اسید هیومیک ۵۷/۲۷ درصد عملکرد بالاتری نسبت به شاهد تولید کرد (ابراهیمی و همکاران، ۱۴۰۱). اسید آسکوربیک به عنوان تنظیم-کننده فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند تجمع رنگدانه، فتوسنتز، فعالیت آنزیمی و جذب مواد مغذی عمل می-کند و باعث افزایش تجمع متابولیت‌های ثانویه در گیاهان می‌شود (Ali and Atrakchii, 2022). در تحقیقی بر روی بررسی تغییرات برخی خصوصیات کمی و کیفی علف‌لیمو تحت تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و کود نیتروژن در شرایط آب و هوایی اهواز، بالاترین وزن تر و خشک کل با کاربرد ۱۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد که نسبت به عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و کود نیتروژن ۷۵ درصد بیشتر بود (برهمندزاده و همکاران، ۱۴۰۴). علاوه بر موارد مطرح شده و تغذیه گیاه، اسید آسکوربیک باعث افزایش وزن خشک اندام‌های ریشه‌ای و هوایی گیاه و همچنین مقاومت بهتر آن در برابر شرایط تنش شود (قربانلی و همکاران،۱۳۸۹). بر این

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

اساس، این مطالعه به‌منظور بررسی اثر منابع مختلف کودی و محلول‌پاشی الیسیتورهای زیستی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه گوآر در شهرستان خرم‌آباد استان لرستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان صورت گرفت. موقعیت این مزرعه ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه و ۱۵ ثانیه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه و ۳۹ ثانیه طول شرقی با ارتفاع ۱۱۷۱ متر از سطح دریا است. بر اساس آمار بلندمدت (سی‌سال اخیر) متوسط بارش سالیانه شهرستان خرم آباد ۴۷۰ میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه ۱۷ درجه سلسیوس و دارای اقلیم نیمه‌خشک است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد که در آن تیمارهای آزمایش شامل منابع کودی مختلف و همچنین محلول‌پاشی الیسیتورهای زیستی بود. منابع کودی مختلف شامل منابع آلی، زیستی و شیمیایی باتوجه به نیاز نیتروژن گیاه و درصد نیتروژن موجود در خاک به صورت: ۱) شاهد (عدم مصرف کود)؛ ۲) کود اوره (۳۲۶ کیلوگرم در هکتار)؛ ۳) نیترات آمونیوم (۳۵۰ لیتر در هکتار)؛ ۴) ورمی‌کمپوست (۸ تن در هکتار)؛ ۵) منبع زیستی ازتوبارور (باتوجه‌به توصیه شرکت سازنده کود؛ شرکت زرین گستر باستان) بودند. طریقه مصرف ازتوبارور بصورت محلول به ریشه گیاه از طریق تزریق خاک بود و میزان و زمان مصرف آن بر اساس توصیه شرکت سازنده کود ۵ گرم در یک لیتر بود که در زمان استقرار ریشه انجام شد. محلول‌پاشی الیسیتورهای زیستی شامل: ۱) شاهد (محلول‌پاشی آب خالص)؛ ۲) اسید هیومیک (۱/۵ لیتر در هزار لیتر آب)؛ ۳) اسید اسکوربیک (۲۰۰ میلی‌گرم در یک لیتر آب)؛ ۴) اسید سالیسیلیک (۲۰۰ میکرومولار) بودند(Sontakke *et al*., 2024; Gaafar *et al*., 2020; Bawa *et al*., 2019). محلول‌پاشی الیسیتورها در دو مرحله از رشد انجام شد، مرحله اول یک ماه پس از کاشت، هم زمان با ابتدای مرحله به ساقه رفتن گیاه (BBCH 30 - 31) و مرحله دوم دو ماه پس از کاشت در ابتدای مرحله گلدهی (BBCH 50 - 60) بود. محلول‌پاشی با سم‌پاش دستی بعد از غروب آفتاب انجام شد. به دلیل اینکه تیمار محلول‌پاشی نیاز به رعایت فاصله برای عدم اثر بر کرت‌های کناری دارد، فواصل بین کرت‌ها به‌اندازه ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، تا اثر پاشش محلول‌های هر تیمار روی کرت‌های مجاور به صفر برسد. همچنین، اعمال تیمارهای محلول‌پاشی به‌صورت حفاظت‌شده انجام شد، به‌طوری‌که کرت‌های مجاور با سفره یکبار مصرف پوشانده شد تا از هرگونه تأثیر تیمار مورد نظر بر کرت‌های کناری جلوگیری شود. قبل از انجام آزمایش به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مکان پژوهش، نمونه‌برداری به صورت تصادفی انجام و به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. آماده‌سازی و عملیات تهیه زمین شامل شخم، دو مرحله دیسک عمود برهم جهت خردکردن کلوخه‌ها، تسطیح با لولر و همچنین ایجاد فارو ۵۰ سانتی‌متری انجام گرفت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

طول و عرض هر کرت به ترتیب ۳ و ۲ متر و هر کرت شامل ۶ ردیف بود. فواصل بین و روی ردیف به ترتیب ۵۰ و ۱۵ سانتی‌متر بود. کاشت به روش دستی در اول خردادماه سال ۱۴۰۳ انجام گرفت. آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد و آبیاری‌های بعدی با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، به فاصله ۴ تا ۷ روز یک‌بار تا مرحله تشکیل غلاف و رسیدگی نسبی بذرها ادامه یافت؛ سپس به‌منظور یکنواختی در رسیدگی و کاهش رشد رویشی، آبیاری‌ها به‌تدریج کاهش یافته و در هفته‌های پایانی رشد قطع شد. وجین در طول دوره رشد به صورت دستی انجام گرفت.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی در سال ۱۴۰۳

بافت خاک	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	ماده آلی (درصد)	نقطه پژمردگی دائم (درصد)	ظرفیت زراعی (درصد)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته
لومی رسی –شنی	۲۲۳	۴/۹۶	۰/۱۱	۱/۴۵	۱۷/۴	۲۸/۰۳	۰/۴	۸/۰۱

به‌منظور نمونه‌گیری‌های تخریبی در طول فصل رشد، نیمی از مساحت هر کرت به اندازه‌گیری‌های تخریبی اختصاص یافت. در هر کرت، دو ردیف کناری و ۳۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌های میانی به عنوان اثر حاشیه در نظر گرفته شد. صفات مورد اندازه‌گیری در این تحقیق شامل عملکرد، اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بودند. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد در پایان پژوهش جهت نمونه‌برداری پس از حذف اثرهای حاشیه‌ای ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی انتخاب و صفات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف آن‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین نسبت به برداشت یک متر مربع بوته در هر واحد آزمایشی اقدام و پس از خرمنکوبی، دانه‌ها توزین شده با رطوبت ۱۲ درصد به عنوان عملکرد دانه منظور شد. میزان بیوماس نهایی و شاخص برداشت از این یک متر مربع نیز تعیین شد. پس از بوجاری دانه‌ها، از هر واحد آزمایشی دو نمونه ۵۰۰ عددی شمارش شد و از این نمونه‌ها وزن صد محاسبه گردید. نرخ فعال فتوسنتز، غلظت دی‌اکسید کربن داخل محفظه برگ، تعرق و هدایت روزنه‌ای در مرحله گلدهی با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر (CI-340, USA) انجام شد. میزان کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها در مرحله گلدهی گیاه بر اساس روش معرفی شده توسط Lichtenthaler و Wellburn (۱۹۸۳) تعیین شد. بدین منظور، مقدار ۰/۲۵ گرم از برگ تازه گیاه در هاون چینی به‌خوبی با ۵ میلی‌لیتر آب مقطر ساییده شد. حجم نهایی عصاره با استفاده از آب مقطر به ۱۲/۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل با ۴/۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط گردید. محلول حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه در سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. جذب نوری محلول صاف‌شده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر (برای کلروفیل a)، ۶۴۶ نانومتر (برای کلروفیل b) و ۴۷۰ نانومتر (برای کاروتنوئیدها) اندازه‌گیری شد. غلظت رنگدانه‌ها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر با استفاده از رابطه‌های ۱، ۲ و ۳

محاسبه گردید:

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

رابطه ۱: $$Chl\ a\ \left(\frac{mg}{g\ FW}\right) = 12.21\ \times A_{663} - 2.81\ \times A_{646}$$

رابطه ۲: $$Chl\ b\ \left(\frac{mg}{g\ FW}\right) = 20.13\ \times A_{646} - 5.03\ \times A_{663}$$

رابطه ۳: $$Carotenoids\ \left(\frac{mg}{g\ FW}\right) = \frac{1000 \times A470 - 3.27 \times Chl\ a - 104 \times Chl\ b}{229}$$

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ صورت گرفت. مقایسه میانگین تیمارها بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، برهمکنش کود و الیسیتور زیستی بر نرخ فعال فتوسنتز، غلظت دی‌اکسید کربن داخل محفظه برگ، تعرق، هدایت روزنه‌ای و کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد و بر کلروفیل a و کاروتنوئید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گوآر تحت دو عامل کود و الیسیتور

منابع تغییر	درجه آزادی	نرخ فعال فتوسنتز	غلظت دی‌اکسید کربن داخل محفظه برگ	تعرق	هدایت روزنه‌ای	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید
بلوک	۲	۳/۶۹ ns	۶۶۷/۹۱*	۰/۱۳**	۶/۴۵ ns	۱۹/۰۳**	۴/۰۵**	۴۰/۶۵*
کود	۴	۱۷۵/۴۷**	۳۰۶۱۳/۶۷۳**	۲/۹۹**	۶۸۲۳۸/۹**	۱۱/۰۸*	۲/۰۸*	۲۱/۳۴ ns
الیسیتور	۳	۱۷/۸۳*	۹۶۸/۸۱**	۰/۰۸۴ ns	۲۹۹۲/۰۴**	۹۷/۱۱**	۱۶/۳۳**	۱۹۲/۴۳**
کود × الیسیتور	۱۲	۱۵/۱۷**	۱۸۲۳/۴۷**	۰/۳۴**	۲۳۹۳/۳۷**	۹/۶۱*	۲/۵۶**	۲۰/۶۸*
خطای کل	۳۸	۶/۴	۳۰۸/۴۱	۰/۰۷	۵۳۱/۸۵	۵/۳۳	۱/۱۸	۱۱/۰۸
ضریب تغییرات		۱۹/۴	۶/۲	۴/۴	۷/۲	۲۵/۶	۲۱/۴	۲۳/۶

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار.

بر اساس جدول ۳، بیشترین نرخ فعال فتوسنتز در تیمار ازتوبارور و اسید هیومیک با مقدار ۱۸/۹۲میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه و سپس ازتوبارور و اسید سالیسیلیک با ۱۸/۰۴میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه مشاهده شد. از نظر شاخص هدایت روزنه‌ای، تیمار عدم کاربرد و اسید سالیسیلیک با مقدار ۴۲۸ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بیشترین تأثیر را نشان داد. در صفت کلروفیل a، تیمار ورمی‌کمپوست و اسید آسکوربیک با مقدار ۱۳/۶ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه و ورمی‌کمپوست و اسید سالیسیلیک با ۱۱/۳ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه برتری داشتند. همچنین، کلروفیل b در تیمار ورمی‌کمپوست و اسید آسکوربیک با مقدار ۶/۵۵ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. این نتایج نشان می‌دهد که ترکیب تیمارهای زیستی مانند ازتوبارور و ورمی‌کمپوست با الیسیتورهایی نظیر اسید هیومیک، اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک می‌تواند موجب بهبود قابل‌توجه صفات

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه گوار شود. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان داد که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی با الیسیتورهایی مانند اسید هیومیک، اثرات مثبتی بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه گوآر دارد. بیشترین نرخ فعال فتوسنتز در تیمار حاوی ازتوبارور و اسید هیومیک مشاهده شد که می‌تواند ناشی از بهبود جذب عناصر معدنی، به‌ویژه نیتروژن و فسفر، توسط اسید هیومیک باشد (Khan *et al.,* 2015). در کنار آن، تیمار اسید آسکوربیک بدون مصرف کود شیمیایی، بیشترین میزان غلظت دی‌اکسید کربن داخل محفظه برگ را به خود اختصاص داد. نقش اسید آسکوربیک به‌عنوان آنتی‌اکسیدان در تثبیت شرایط گازی و حفظ تعادل متابولیکی نیز در پژوهش حاضر مورد تأیید قرار گرفت. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط محدودیت مصرف کود، کاربرد اسید آسکوربیک می‌تواند نقش تنظیمی مؤثری در بهبود کارایی فتوسنتزی و عملکرد گیاه ایفا کند. بالاترین میزان تعرق مربوط به تیمار کود اوره همراه با اسید سالیسیلیک بود، که این امر بیانگر نقش تنظیمی اسید سالیسیلیک بر روزنه‌ها و تعرق است (Waseem *et al.,* 2006؛ آروین و بیدمشکی، ۱۳۹۰). از سوی دیگر، در برخی منابع نیز به خاصیت ضدتعرقی این ماده در شرایط خاص اشاره شده است (Khodary, 2004; Larque-Saaveda, 1979). این رفتار دوگانه بسته به شرایط زیستی و میزان مصرف، نیاز به بررسی‌های دقیق‌تری دارد، اما در پژوهش حاضر، اسید سالیسیلیک توانست در ترکیب با اوره، شاخص‌های جذب آب و تعرق را بهبود بخشد. نتایج مرتبط با رنگ‌دانه‌ها نیز نشان داد که تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست و اسید آسکوربیک بیشترین تأثیر را بر افزایش محتوای کلروفیل a و b داشته‌اند. به نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست با فراهم‌سازی عناصر مغذی و به‌ویژه نیتروژن، شرایط مناسبی برای سنتز رنگ‌دانه‌ها فراهم می‌کند (Mirakalaei *et al.,* 2013; Uma and Malathi, 2009). همچنین، اسید آسکوربیک به‌طور معناداری سطح پیش‌سازهای بیوسنتز کلروفیل مانند ALA، Proto IX، Mg-Proto IX و Pchl را تا ۲۸-۵۴ درصد افزایش می‌دهد و به‌تبع آن محتوا و بازده کلروفیل را افزایش می‌دهد (Chen *et al*., 2024). این تأثیرات هم‌راستا با افزایش عملکرد فتوسنتزی و بهره‌وری نهایی گیاه بوده و نقش ترکیبی این دو ماده را به‌عنوان یک راهبرد زیستی مؤثر نشان می‌دهد. به‌طور کلی، این پژوهش نشان داد که استفاده از منابع کودی زیستی در ترکیب با الیسیتورها، با بهبود صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، محتوای کلروفیل و شاخص‌های گازی، موجب ارتقای عملکرد گیاه گوآر می‌شود. ترکیب‌های موفق نظیر ازتوبارو و اسید هیومیک و ورمی‌کمپوست و اسید آسکوربیک می‌توانند به‌عنوان جایگزینی پایدار و کم‌هزینه برای کودهای شیمیایی در برنامه‌های تغذیه‌ای و کشاورزی پایدار معرفی شوند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

جدول ۳: مقایسه میانگین برهمکنش کود و الیسیتور بر صفات مختلف گیاه گوآر

کود	الیسیتور	نرخ فعال فتوسنتز (میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه)	غلظت دی‌اکسید کربن داخل محفظه برگ (میکرومول بر مول)	تعرق (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)	هدایت روزنه‌ای (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم برگ تازه)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم برگ تازه)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم برگ تازه)	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف
شاهد	شاهد	۱۴/۵۳b-e	۴۰۳def	۶/۱۳fgh	۴۲۲/۶۷a	۴/۰۲hi	۳/۱۲def	۷/۱۴fg	۲/۵۷j	۴hi
	اسید هیومیک	۱۶/۰۷abc	۳۴۳/۳۳abc	۶/۳c-g	۴۱۶/۶۷a	۸/۲۴b-g	۵/۸۴abc	۱۴/۰۸bcde	۲/۶۹g-j	۴/۳۳gh
	اسید آسکوربیک	۱۷/۵۳abc	۳۶۷/۵a	۶/۵۳b-f	۴۱۹/۹a	۱۰/۷۸a-e	۵/۶۸abc	۱۶/۴۶a-d	۲/۳۸k	۳/۶۷ij
	اسید سالیسیلیک	۱۶/۲۰abc	۳۴۹/۳۳ab	۶/۶۷bcd	۴۲۸a	۷/۵۳d-h	۴/۳۲cde	۱۱/۸۵def	۶ij	۳/۱۷j
اوره	شاهد	۱۴/۳۰b-e	۳۲۹/۲۹bcd	۶/۲۷d-g	۴۲۰/۳۳a	۵/۲۱ghi	۲/۷۷ef	۷/۹۸fg	۲/۹۷bc	۶/۱۷c
	اسید هیومیک	۱۴/۹۰a-d	۳۲۳/۳۳b-e	۶/۵۷b-f	۴۱۰/۶۷a	۱۱/۰۲a-e	۵/۷۵abc	۱۶/۷۷a-d	۳/۲۶a	۷/۱۷a
	اسید آسکوربیک	۹/۰۰hig	۲۹۹/۳۳efg	۶/۲efg	۳۲۰/۳۳b	۸/۸۷b-g	۴/۸۱a-d	۱۳/۶۸b-e	۲/۹۶bcd	۶cd
	اسید سالیسیلیک	۱۳/۳۷c-f	۳۱۸/۶۷cde	۷/۳۷a	۳۱۱/۶۷bc	۱۰/۹۳a-e	۵/۷۵abc	۱۶/۶۸a-e	۲/۹۳bcd	۶/۳۳bc
آمونیوم نیترات	شاهد	۱۱/۳۳d-g	۳۲۳/۳۳b-e	۶/۸b	۳۱۰/۳۳bc	۳/۴۷i	۲/۲۴f	۵/۷۱g	۲/۶۶hij	۵/۱۷ef
	اسید هیومیک	۱۰/۶۳e-h	۳۲/۱۹cde	۶/۶۳b-e	۳۱۳bc	۱۲/۷۰a	۶/۳۷a	۱۹/۰۷ab	۲/۸۴def	۶cd
	اسید آسکوربیک	۹/۸۷fgh	۲۷/۴۷ghi	۶/۷۳bc	۳۴۱b	۸/۰۱c-g	۴/۵۳b-e	۱۲/۵۴c-f	۲/۷۸fgh	۵ef
	اسید سالیسیلیک	۱۱/۱۷d-g	۲۸۳/۳۳fgh	۶/۱۳fgh	۳۱۵bc	۱۰/۵۶a-e	۶/۱۵ab	۱۶/۷۰a-d	۲/۶۵ij	۵/۳۳ef
ورمی‌کمپوست	شاهد	۶/۵۰hi	۲۵۶hi	۵/۷hi	۲۷۷/۶۷cd	۶/۳۹f-i	۴/۴۱b-e	۱۰/۸۰efg	۲/۷۱ghi	۳/۸۳hi
	اسید هیومیک	۵/۱۳i	۲۱/۱۶kj	۵/۴۷i	۲۳۷/۳۳e	۹/۵۸a-f	۵/۳۲abc	۱۴/۹۰a-e	۲/۸۶c-f	۴/۸۳fg
	اسید آسکوربیک	۶/۹۳hi	۲۴۷/۶۷i	۵/۷۳hi	۲۲۶/۳۳e	۱۳/۱۶a	۶/۵۵a	۱۹/۷۱a	۲/۷۹efg	۳/۵ij
	اسید سالیسیلیک	۱۳/۹۶b-f	۲۴۵/۴۵ij	۵/۶۳i	۲۲۵/۶۷e	۱۱/۳۰a-d	۵/۷۳abc	۱۷/۰۳a-d	۲/۷ghi	۴/۳۳gh
ازتوبارور	شاهد	۱۶/۴۵abc	۲۵۱/۶۷i	۵/۹ghi	۲۵۶/۶۷de	۷/۲e-i	۵/۳۵abc	۱۲/۵۴c-f	۲/۸۳def	۶/۱۷c
	اسید هیومیک	۱۸/۹۲a	۲۴۶/۳۳i	۵/۵۳i	۲۵۶/۳۳de	۱۱/۷۴abc	۶/۰۹abc	۱۷/۸۴abc	۳/۰۱b	۷a
	اسید آسکوربیک	۱۶/۵۸abc	۱۸۹/۵k	۵/۴۷i	۲۶۰/۶۷de	۸/۰۶c-g	۴/۳۹b-e	۱۲/۴۵c-f	۲/۹b-f	۵/۵de
	اسید سالیسیلیک	۱۸/۰۴ab	۲۰۴k	۵/۵۷i	۲۴۷/۳۳de	۱۱/۹۱ab	۶/۴۶a	۱۸/۳۶ab	۲/۹۱b-e	۶/۸۳ab

ستون‌هایی با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثرات ساده کود و الیسیتور بر وزن صد دانه، میانگین تعداد غلاف در بوته، میانگین تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، برهمکنش کود و الیسیتور بر وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد و بر میانگین تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. این در حالی بود که اثرات ساده و اثر برهمکنش کود و الیسیتور بر بیوماس و شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۴).

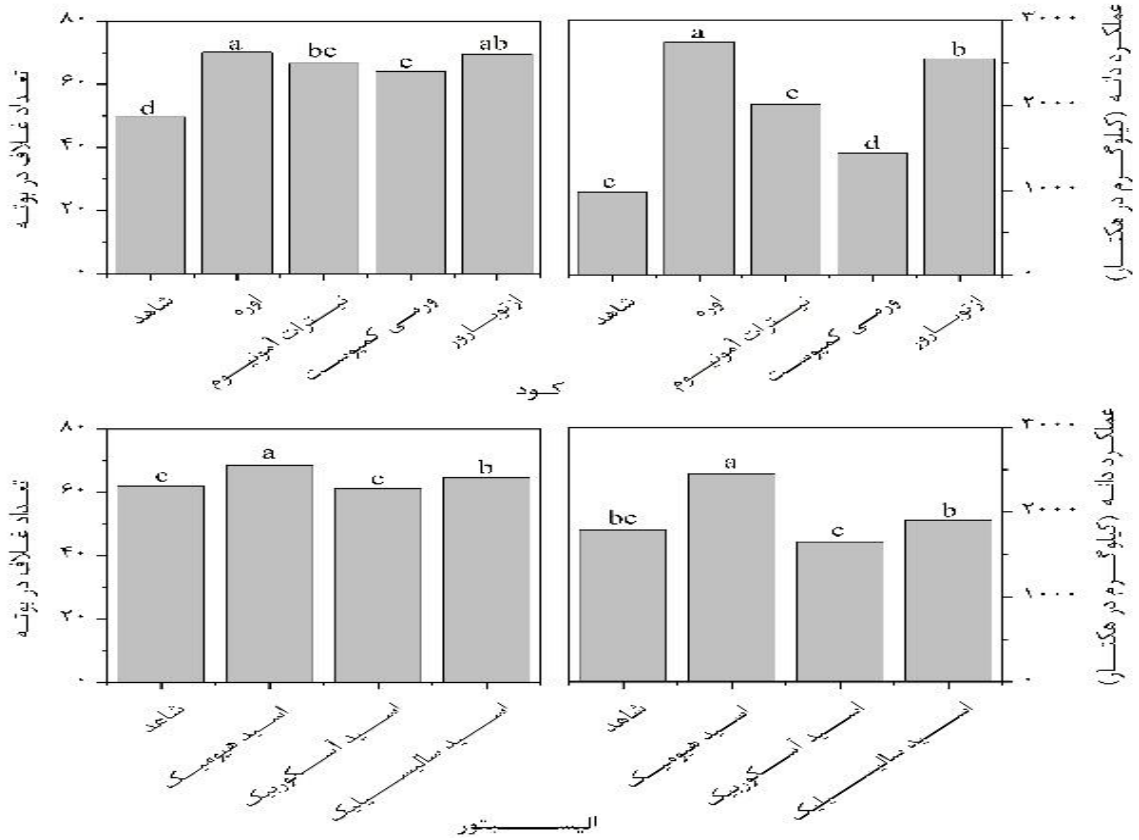
جدول ۴: نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات عملکرد و اجزای عملکرد گوآر تحت دو عامل کود و الیسیتور

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن صد دانه	تعداد غلاف در بوته	میانگین تعداد دانه در غلاف	عملکرد دانه	بیوماس	شاخص برداشت
بلوک	۲	۰/۲ ns	۳/۳۵ ns	۰/۲۰ ns	۰/۴۰۳۳۸۵۹ ns	۰/۱۲۰۳۱۸۵۲ ns	۶/۵۳۴۸ ns
کود	۴	۰/۳۸**	۰/۸۴۰۷**	۰/۱۸۰۸**	۰/۶۶۱۴۱۳۳۲۷**	۰/۲۳۸۹۰۶۳۱ ns	۰/۵۳۹۵ ns
الیسیتور	۳	۰/۱۱**	۰/۱۶۲۷**	۰/۳۳۹**	۰/۱۸۳۵۰۸۹۲۹**	۰/۱۰۵۲۴۷۹۵ ns	۹/۵۳۴۴ ns
کود × الیسیتور	۱۲	۰/۱۶**	۰/۱۰۸۵ ns	۰/۲۹*	۰/۷۱۷۸۷۸۴ ns	۰/۲۶۶۷۳۷۲۱ ns	۹/۵۳۴۵ ns
خطای کل	۳۸	۰/۵	۰/۱۲۱۲	۰/۱۶	۰/۴۴۷۴۹۸۱	۰/۳۳۷۰۳۹۱۵	۱/۵۳۴۷
ضریب تغییرات		۲/۷	۵/۴	۷/۷	۱۰/۹	۱۷/۸	۳۰/۴

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار.

براساس مقایسه میانگین‌ها، تیمار ترکیبی کود اوره و اسید هیومیک بیشترین وزن صد دانه را با میانگین ۳/۲۶ گرم به خود اختصاص داد، در حالی‌که کمترین مقدار این صفت در تیمار شاهد همراه با اسید آسکوربیک (۲/۳۸ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). در خصوص تعداد دانه در غلاف، بیشترین مقدار به‌ترتیب مربوط به تیمارهای اوره و اسید هیومیک (۷/۱۷ عدد) و ازتوبارور و اسید هیومیک (۷ عدد) بود، در حالی‌که کمترین مقدار (۳/۱۷ عدد) در تیمار عدم مصرف کود و اسید سالیسیلیک ثبت گردید. در بررسی صفت تعداد غلاف در بوته، اثرات ساده کودهای مختلف نشان داد که، تیمار اوره و ازتوبارور به ترتیب با میانگین‌های ۷۰/۰۸ عدد و ۶۹/۵ عدد بیشترین اثر را در میان تیمارهای کودی نشان دادند و تیمار شاهد کمترین مقدار (۴۹/۶۶ عدد) را به خود اختصاص داد. همچنین، مقایسه میانگین اثر ساده مربوط به الیستور نشان داد که، اسید هیومیک با میانگین ۶۸/۵۳ در بین الیستورهای مختلف عدد بالاترین تأثیر را در افزایش تعداد غلاف در بوته نشان داد و در نقطه مقابل کمترین میزان تعداد غلاف در بوته با میانگین‌های ۶۱/۲ و ۶۲/۰۶ مربوط به سطوح تیماری اسید آسکوربیک و شاهد بود (شکل ۱). بررسی اثرات ساده کود نشان داد که عملکرد دانه در هکتار بیشترین مقدار را در تیمار اوره (۲۷۴۷/۵۴ کیلوگرم در هکتار) و پس از آن در تیمار ازتوبارو (۲۵۵۲/۸ کیلوگرم در هکتار) داشت، در حالی‌که کمترین عملکرد مربوط به تیمار شاهد (۹۸۲/۷۶ کیلوگرم در هکتار) بود. در زمینه اثرات ساده الیسیتور، بیشینه مقدار عملکرد دانه تحت کاربرد اسید هیومیک (۲۴۴۷/۴۷ کیلوگرم در هکتار) ثبت شد و کمینه مقدار آن در تیمارهای شاهد (۱۷۸۷/۴ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد اسید آسکوربیک (۱۶۴۸/۶ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۱).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]



شکل ۱: مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای کوددهی و الیسیتور بر تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه. ستون-هایی با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

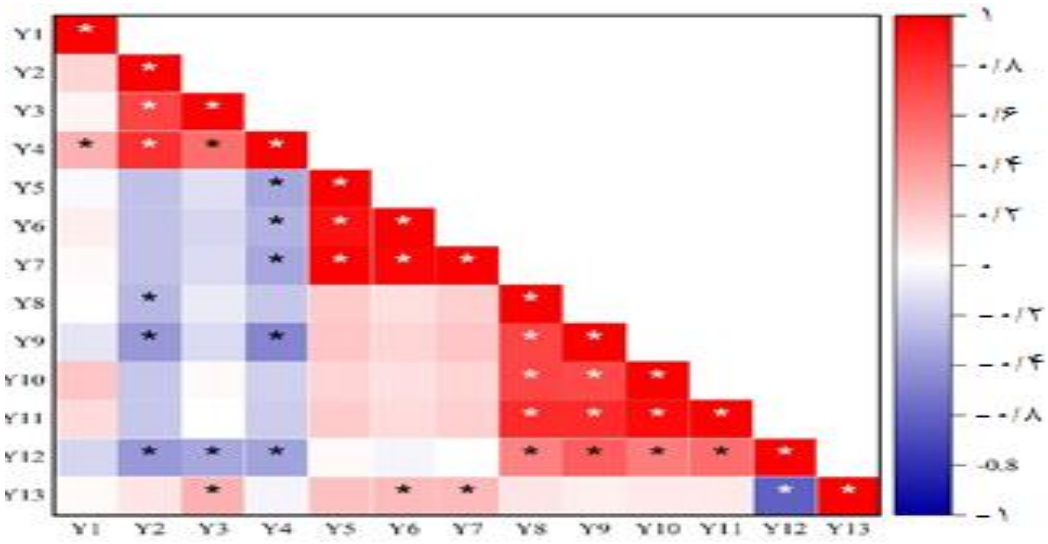
نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد همزمان کود اوره و اسید هیومیک، موجب بهبود معنی‌دار صفات زراعی از جمله وزن صد دانه و تعداد دانه در غلاف در واحد سطح شد. این اثرات را می‌توان به نقش کلیدی اسید هیومیک در بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و به‌ویژه فراهمی نیتروژن نسبت داد (Sharif, 2001; Gad *et al.,* 2012). اوره به‌عنوان منبع اصلی نیتروژن، در تأمین نیاز تغذیه‌ای گیاه در مراحل حساس رشد زایشی نقش مهمی ایفا کرده و در نتیجه باعث افزایش وزن و تعداد دانه گردیده است. تیمارهای حاوی کودهای زیستی نظیر ازتوبارور همراه با اسید هیومیک توانستند تعداد دانه در غلاف را به‌طور معنی‌داری افزایش دهند. این امر ممکن است به توانایی این میکروارگانیسم‌ها در تثبیت زیستی نیتروژن، تولید فیتوهورمون‌ها و تسهیل جذب عناصر ریزمغذی مرتبط باشد (Mubassara *et al.,* 2008; Khan *et al.,* 2015). بررسی‌ها نیز مؤید این یافته‌هاست؛ به‌گونه‌ای که افزودن اسید هیومیک همراه با کودهای نیتروژنی در شرایط مختلف خاکی باعث افزایش میانگین عملکرد محصولات، بهره‌وری مصرف نیتروژن و بهبود خصوصیات بیولوژیکی خاک شده است (Kaya *et al.,* 2005; Ma *et al.,* 2024). علاوه‌بر این، در مطالعات اخیر مشخص شده است که اسید هیومیک از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تقویت رشد ریشه، به

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

جذب بهتر عناصر غذایی و بهبود عملکرد نهایی منجر می‌شود (Ma *et al.*, 2024). بنابراین، ترکیب منابع نیتروژنی معدنی یا زیستی با محلول‌پاشی اسید هیومیک را می‌توان به‌عنوان یک راهبرد مدیریتی مؤثر برای بهینه‌سازی تولید گیاهان زراعی، افزایش بهره‌وری مصرف نهاده‌ها و بهبود پایداری سیستم‌های تولید کشاورزی توصیه نمود.

همبستگی بین صفات مورد بررسی

بررسی ضرایب همبستگی میان صفات مختلف گیاه گوار نشان داد که بین برخی صفات فیزیولوژیکی و زراعی روابط معنی‌داری وجود دارد. به‌طور خاص، هدایت روزنه‌ای با تعرق ($r = 0.573, p < 0.05$) و غلظت دی‌اکسید کربن داخل محفظه برگ ($r = 0.812, p < 0.01$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت که نشان دهنده ارتباط تنگاتنگ بین تبادل گازی و راندمان فتوسنتزی در گوار است. در مطالعه‌ای بر الگوهای روزانه و فصلی پتانسیل آب، فتوسنتز، تعرق و کارایی مصرف آب در گیاه گوار نشان داد که فتوسنتز و تعرق در مراحل مختلف رشد گیاه تغییرات قابل‌توجهی دارند. این تغییرات می‌توانند بر همبستگی میان این صفات و عملکرد دانه تأثیرگذار باشند (Kumar *et al.*, 2000).



شکل ۲: همبستگی بین صفات مختلف عملکرد، اجزای عملکرد، فیزیولوژیکی و بیوشیمایی گیاه گوار. Y1: نرخ فعال فتوسنتز، Y2: غلظت دی‌اکسید کربن داخل محفظه برگ، Y3: تعرق، Y4: هدایت روزنه‌ای، Y5: کلروفیل a، Y6: کلروفیل b، Y7: کاروتنوئید، Y8: وزن صد دانه، Y9: تعداد غلاف در بوته، Y10: تعداد دانه در غلاف، Y11: عملکرد دانه، Y12: بیوماس، Y13: شاخص برداشت. سلول‌های دارای یک ستاره نشان دهنده همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد و سلول‌های فاقد ستاره نشان دهنده عدم همبستگی معنی‌دار در بین صفات مختلف هستند.

در بخش رنگیزه‌های نوری، کلروفیل a همبستگی بسیار قوی و معنی‌داری با کلروفیل b ($r = 0.928, p < 0.01$) و کاروتنوئیدها ($r = 0.993, p < 0.01$) نشان داد. این ارتباط‌ها می‌توانند بازتاب هماهنگی بین مکانیسم‌های فتوسنتزی در سطح سلولی باشند. در مطالعه‌ای محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها در گیاهان چهارکربنه و سه کربنه مورد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در گیاهان چهار کربنه، نسبت کلروفیل a به b بالاتر است و کاهش کلروفیل‌ها در طول پیری برگ‌ها سریع‌تر از کاروتنوئیدها اتفاق می‌افتد، که منجر به نسبت‌های پایین‌تر کلروفیل به کاروتنوئید می‌شود. این یافته‌ها نشان‌دهنده هماهنگی بین تغییرات این رنگیزه‌ها در پاسخ به شرایط نوری و تنشی است (Lichtenthaler and Babani, 2022). از منظر صفات زراعی، عملکرد دانه با تعداد دانه در غلاف ($r = 0.950, p < 0.01$) و تعداد غلاف در بوته ($r = 0.826, p < 0.01$) رابطه‌ی مثبت و قوی نشان داد، که این امر مؤید نقش مهم اجزای عملکرد در تعیین عملکرد نهایی است؛ نتایجی که با محققان دیگر در مورد گوار سازگاری دارد. به‌عنوان مثال، در مطالعه‌ای روی ژنوتیپ‌های گوار تحت شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌داری میان عملکرد دانه و صفاتی مانند تعداد غلاف در بوته، طول غلاف و وزن هزار دانه مشاهده شد (Singh *et al.,* 2020). همچنین، در تحقیقی دیگر، همبستگی مثبت و معنی‌داری میان تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف گزارش شد که نشان‌دهنده اهمیت این صفات در تعیین عملکرد نهایی دانه است (Dadheech *et al.,* 2020) . همچنین، بیوماس با صفات عملکردی مذکور همبستگی مثبت داشت، در حالی که با شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی‌دار ($r = -0.610, p < 0.01$) مشاهده شد. این پدیده می‌تواند به انتقال ناکامل مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به دانه مربوط باشد. مطالعاتی در گیاهان دیگر نیز به بررسی این موضوع پرداخته‌اند. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای روی لوبیا معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.)، گزارش شده است که افزایش بیوماس لزوماً منجر به افزایش عملکرد دانه نمی‌شود، زیرا کارایی انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی نقش مهمی در تعیین عملکرد نهایی دارد (Scully and Wallace, 1990). در مجموع، این یافته‌ها حاکی از آن است که صفات فیزیولوژیکی مانند هدایت روزنه‌ای، رنگیزه‌های نوری و تعرق می‌توانند از طریق تأثیرگذاری غیرمستقیم بر اجزای عملکرد، در بهبود عملکرد دانه نقش داشته باشند. بنابراین، استفاده از این صفات در برنامه‌های اصلاحی به‌عنوان شاخص‌های انتخاب می‌تواند مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی و معدنی با الیسیتورهای مختلف می‌تواند تأثیرات معنی‌داری بر بهبود صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد گیاه گوار داشته باشد. تیمارهایی مانند ازتوبارور و اسید هیومیک و ورمی‌کمپوست و اسید آسکوربیک توانستند با افزایش محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و نرخ فتوسنتز، شرایط مناسبی برای بهبود رشد و بهره‌وری گیاه فراهم آورند. همچنین، ترکیب کود اوره و اسید هیومیک در افزایش وزن صد دانه، تعداد غلاف و عملکرد دانه مؤثر بوده و به‌عنوان یک راهکار مدیریتی در تولید بهینه پیشنهاد می‌شود. یافته‌های حاصل از همبستگی صفات نشان داد که صفات فیزیولوژیکی مانند تعرق، غلظت دی‌اکسید کربن داخل محفظه برگ و رنگیزه‌ها،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

نقش کلیدی در تعیین عملکرد نهایی ایفا می‌کنند. این پژوهش تأکید دارد که استفاده از منابع تغذیه‌ای پایدار و زیستی، همراه با الیسیتورهای مؤثر، می‌تواند ضمن کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی، عملکرد کمی و کیفی گیاه را ارتقا دهد. به همین دلیل، توصیه می‌شود این ترکیب‌ها در برنامه‌های اصلاحی و تغذیه‌ای کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گیرند.

منابع

آروین، م. ج.، بیدمشکی، ا.، کرامت، ب.، مقصودی، ک. ۱۳۹۰. نقش اسیدسالیسیلیک در کاهش اثرات تنش خشکی از طریق تاثیر بر پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در گیاه سیر. هفتمین کنگره علوم باغبانی ایران. ۱۷- ۱۴ شهریور ماه ۱۳۹۰، اصفهان، ایران.

ابراهیمی، ه.، ایلکایی، م.، طهرانی، م.، پاک نژاد، ف.، بصیرت، م. ۱۴۰۱. تأثیر برخی محرک‌های رشدی و سطوح مختلف کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. علوم گیاهان زراعی. ۵۳(۱): ۱۸۹-۲۰۰.

برهمندزاده، ل.، ابدالی مشهدی، ع.، بخشنده، ع.، شافعی نیا، ع.، لطفی جلال آبادی، ا.، سلطانی، ن. ۱۴۰۴. بررسی تغییرات خصوصیات کمی و کیفی علف‌لیمو (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) تحت تأثیر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک وکود نیتروژن. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۴۱(۱): ۶۶-۷۷.

فتحی‌نیا، ع.، لک، ش.، فرهودی، ر.، مجدم، م.، و شکوه‌فر، ع. ۱۴۰۲. بررسی اثرات تاریخ کاشت و منابع مختلف تأمین نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دو توده سیاهدانه (*Nigella sativa*). فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۵(۶۰): ۲۳-۳۸.

قربانلی، م.، فرزامی سپهر، م.، نوروزی، ف. ۱۳۸۹. مطالعه اثر خشکی و اسید آسکوربیک بر دو رقم کلزا و پاسخ گیاه سویا به عصاره گیاهان تیمار دیده. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳(۷): ۲۱-۴۰.

نوریانی، ح. ۱۳۹۶. اثر آماده‌سازی بذر روی برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کنجد(*Sesamum indicum* L) . فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۳): ۳۵-۴۸.

Akhtar, L. H., Minhas, R., Bukhari, M. S. and Shah, S.A.S. 2015. Genetic analysis of some quantitative traits of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). Journal of Environmental & Agricultural Science. 4: 48–51.

Ali, W.N. and Atrakchii, A.O.Al. 2022. Effect of Gibberellic, Salicylic Acids, and NPK Fertilizers on growth and chemical constituents of Rosemary plants (*Rosmarinus officinalis* L.). Journal of Pharmaceutical Negative Results, 13(3): 1842-1850

Ashraf, M. Y., Akhtar, K., Sarwar, G. and Ashraf, M. 2002. Evaluation of arid and semi-arid ecotypes of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) for salinity (NaCl) tolerance. Journal of Arid Environments. 52: 473–482.

Badr, S.E.A., El-Sayed, A.M.A. and El-Kashak, WA. 2014. Cytotoxic Activities of

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

Cyamopsis tetragonoloba L. Seed Extracts Against Human Cancer Cell Lines. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 5(3): 382–390.

Balogh, A., Varga, B. Pepó, P. 2006. Interactions of crop year, fertilization, and variety in wheat production. Cereal Research Communications. 34(1): 97–100.

Bawa, G., Feng, L., Yan, L., Du, Y., Shang, J., Sun, X., Wang, X., Yu, L., Liu, C., Yang, W. and Du, J. 2019. Pre-treatment of salicylic acid enhances resistance of soybean seedlings to Fusarium solani. Plant Molecular Biology. 10: 315-323.

Chen, X., Jiang, Y., Cong, Y., Liu, X., Yang, Q., Xing, J. and Liu, H. 2024. Ascorbic acid mitigates salt stress in tomato seedlings by enhancing chlorophyll synthesis pathways. Agronomy. 14(8): 1810.

Chuarasia, S. and Saxena, R. 2012. Antimicrobial activity of four different varieties of green beans. Research Journal of Pharmaceutical, Biology, and Chemical Sciences. 3: 70–74.

Dadheech, R., Sharma, R., Mahla, H. R. and Bhatt, R.K. 2020. Plant architecture evolution for higher yields in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) under arid conditions. The Indian Journal of Agricultural Sciences. 90(5): 919–923.

Eldirany, A. A., Mohamed-Nour, A. A., Khadir, K. E., Gadeen, K. A., & Ibrahim, M. (2015). Physicochemical and functional properties of four new genotypes of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) gum. American Journal of Food Science and Health. 1(2): 43–50.

Gaafar, A.A., Ali, S.I., El-Shawadfy, M.A., Salama, Z.A., Sękara, A., Ulrichs, C. and Abdelhamid, M.T. 2020. Ascorbic acid induces the increase of secondary metabolites, antioxidant activity, growth, and productivity of the common bean under water stress conditions. Plants. 9(5): 627

Gad, S. H., Ahmed, A. M. Moustafa, Y. 2012. Effect of foliar application with two antioxidants and humic acid on growth, yield, and yield components of peas (*Pisum sativum* L.). Journal of Horticultural Sciences and Ornamental Plants. 4(3): 318–328.

Gendy, A. S. H., Said-Ahl, H. A. H., Mahmoud, A. A. and Mohamed, H.F.Y. 2013. Effect of nitrogen sources, bio-fertilizers, and their interaction on the growth, seed yield, and chemical composition of guar plants. Life Sciences Journal. 10(3): 389–402.

Hirel, B., Le Gouis, J., Ney, B. and Gallais, A. 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. Journal of Experimental Botany. 58(9): 2369–2387.

Kaya, M., Atak, M., Khawar, K., Çiftçi, C.Y. and Özcan, S.. 2005. Effect of pre-sowing seed treatment with zinc and foliar spray of humic acids on yield of common bean (Phaseolus vulgaris L.). International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 7: 875–878.

Khan, M.I.R., Fatma, M., Per, T.S., Anjum, N.A. and Khan, N.A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Plant Science Journal, 6: 462.

Khodary, S.F.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis, and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agriculture Biology. 6: 5–8.

Kumar, A., Turner, N.C., Singh, D.P., Singh, P. and Barr, M. 2000. Diurnal and seasonal patterns of water potential, photosynthesis, evapotranspiration and water use efficiency of clusterbean. Photosynthetica. 37: 601–607.

Lakshmi Kalyani, P. 2012. Biological nitrogen fixation capabilities of legumes and their impact on soil fertility. Agricultural Sciences Review. 20(3): 112–119.

Larque-Saaveda, A. 1979. Stomatal closure in response to salicylic acid treatment. Z. Pflanzenphysiol, 93: 371–375.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

Li, A., Sun, X. and Liu, L. 2022. Action of salicylic acid on plant growth. Frontiers in Plant Science.13: 878076.

Lichtenthaler, H.K. and A.R. Wellburn. 1983. Determinations of total carotenoida and chorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions. 11: 591-592.

Lichtenthaler, H.K. and Babani, F. 2022. Contents of photosynthetic pigments and ratios of chlorophyll a/b and chlorophylls to carotenoids (a+b)/(x+c) in C_4 plants as compared to C_3 plants. Photosynthetica. 60(1): 3–9.

Ma, Y., Cheng, X. and Zhang, Y. 2024. The Impact of Humic Acid Fertilizers on Crop Yield and Nitrogen Use Efficiency: A Meta-Analysis. Agronomy. 14(12): 2763.

Mirakalaei, S., Ardebill, Z. and Mostafavi, M. 2013. The effects of different organic fertilizers on the growth of lilies (*Lilium longiflorum*). International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 4: 181–186.

Mubassara, S., Khan, Z. U. M. and Rahman, M.M. 2008. Effect of Azospirillum spp. on growth, biomass, and yield parameters of wheat. Academic Journal of Plant Sciences. 4: 56–61.

Pacheco, A.C. and Gorni, P.H. 2022. Elicitation with Salicylic Acid as a Tool for Enhance Bioactive Compounds. Salicylic Acid-A Versatile Plant Growth Regulator, p.1.

Rivas-San Vicente, M. and Plasencia, J. 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. Journal of Experimental Botany. 62(10): 3321-3338.

Scully, B.T. and Wallace, D.H. 1990. Variation in and relationship of biomass, growth rate, harvest index, and phenology to yield of common bean. Journal of the American Society for Horticultural Science, 115(2): 218–225.

Sharif, M. 2002. Effect of lignitic coal-derived humic acid on growth yield of wheat and maize in alkaline soil. NWFP Agriculture University, Peshawar.

Sharma, R., Kaur, R. and Singh, B. 2011. Guar gum: processing, properties and food applications—A Review. Journal of Food Science and Technology. 48(4): 404–418.

Sij, J.W., Ott, J.P., Baughman, T.A. and Olson, B.L.S. 2000. Simulated hail damage on guar at different stages of growth. Annual Report, Texas University, USA.

Singh, R. K., Meena, R. S. and Kumar, S. 2020. Deficit irrigation on guar genotypes (Cyamopsis tetragonoloba (L.) Taub.): Effects on seed yield and water use efficiency. Legume Research. 43(2): 215–221.

Sontakke, S.R., Mali, D.V., Jadhao, S.D., Sonkamble, A.M. and Bisen, D.P. 2024. Effect of NPS compost and foliar spray of humic acid on yield and uptake of nutrients by brinjal. International Journal of Research in Agronomy. 7(11): 367-370.

Uma, B. and Malathi, M. 2009. Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of Amaranthus species. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 5: 1054–1060.

Waseem, M., Athar, H. and Ashraf, M. 2006. Effect of salicylic acid applied through rooting medium on drought tolerance of wheat. Pakistan Journal of Botany. 38(4): 1127–1136.

Zheng, Y., Wang, X., Cui, X., Wang, K., Wang, Y. and He, Y. 2023. Phytohormones regulate the abiotic stress: An overview of physiological, biochemical, and molecular responses in horticultural plants. Frontiers in Plant Science. 13: 1095363.

Zhou, J., Wang, X., He, Y., Sang, T., Wang, P., Dai, S., Zhang, S., Yuan, Y., Zhao, T. and He, G. 2011. Genome-wide identification of NRT gene family reveals their involvement in nitrogen response in rice. BMC Genomics. 12: 259.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

Effect of fertilizer and abiotic elicitors on yield and selected physiological and biochemical traits of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.)

A. Masouri[1], S. Rahimi-Moghaddam[2]*, K. Azizi[3], S. Heidari[4] and H. Eyni-Nargeseh[5]

1, 2, 3 & 4) Department of Production Engineering and Plant Genetics, Lorestan University, Khorramaad, Iran.
5) Department of Agricultural Science, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran.

***Corresponding Author: rahimi.s@lu.ac.ir**

This article is an excerpt from a master's thesis.

Received date: 2024.09.28 **Accepted date: 2024.12.30**

Abstract

To investigate the effects of various biofertilizers, organic and chemical fertilizers, as well as biotic elicitors on the yield and physiological and biochemical characteristics of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.), a factorial field experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with three replications in 2024 in Khorramabad, Lorestan Province, Iran. The first factor included five fertilizer treatments (control without fertilizer, nitrogen-fixing bacteria, vermicompost, urea, and ammonium nitrate), and the second factor consisted of four elicitor treatments (control without elicitor, salicylic acid, humic acid, and ascorbic acid). The elicitor treatments were applied as foliar sprays at two growth stages: stem elongation and the onset of flowering. The results revealed that the interaction between fertilizer type and elicitor had a significant effect on the physiological and biochemical traits (net photosynthetic rate, sub-stomatal CO_2 concentration, transpiration, stomatal conductance, chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoid). The highest net photosynthetic rate (18.92 µmol m^{-2} s^{-1}) was observed in the nitrogen-fixing bacteria combined with humic acid treatment. The greatest stomatal conductance (428 µmol m^{-2} s^{-1}) occurred in the control fertilizer treatment with salicylic acid. Regarding photosynthetic pigments, the highest levels of chlorophyll a (13.6 mg g^{-1}FW) and chlorophyll b (6.55 mg g^{-1}FW) were recorded under the vermicompost + ascorbic acid treatment. Moreover, the urea + salicylic acid treatment showed the highest transpiration rate, while the control fertilizer + ascorbic acid treatment led to the highest sub-stomatal CO_2 concentration. In terms of yield, the highest seed yield (2180 kg ha^{-1}) was obtained from the nitrogen-fixing bacteria combined with humic acid, whereas the lowest yield (920 kg ha^{-1}) was recorded in the control treatment without fertilizer or elicitor. The vermicompost + ascorbic acid treatment also resulted in a considerable seed yield of 2050 kg ha^{-1}. Overall, the results suggest that the combined application of bio or organic fertilizers with appropriate elicitors can effectively enhance the physiological, biochemical, and agronomic performance of guar, thereby improving its productivity potential under similar climatic conditions.

Key Words: Foliar application, Humic acid, Nitrogen-fixing bacteria and Vermicompost.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]