نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۶ شماره ۴/ زمستان ۱۳۹۵

اثر باکتری‌های محرک رشد، کود شیمیایی و اسید هیومیک بر صفات مورفوفیزیولوژیک ریحان (*Ocimum basilicum* var. thyrsiflorum)

آناهیتا بویری ده شیخ[۱]، محمد محمودی سورستانی[۲*]، مریم ذوالفقاری[۳]، نعیمه عنایتی ضمیر[۴]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۱۱

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲-استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳-استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
٤-استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
* **مسئول مکاتبه:** Email: F_mahmoodi2000@yahoo.com

چکیده

به منظور جایگزینی کودهای شیمیایی و بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک بر صفات مرفوفیزیولوژیک ریحان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال ۹٤-۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتور اول شامل شش نوع تیمار کودی شاهد، ازتوبارور-۱، فسفات بارور-۲، تلفیق دو نوع کود زیستی، کود شیمیایی، تلفیق دو نوع کود زیستی+۵۰ درصد کود شیمیایی و فاکتور دوم شامل اسید هیومیک (صفر و ۲۰ کیلوگرم در هکتار) بود. صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و فیزیولوژیک حاوی رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید و تبادلات گازی شامل شدت فتوسنتز خالص، شدت تعرق، کارایی مصرف آب، کارایی مصرف نوردر ابتدای مرحله گلدهی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد اثر متقابل کود و اسید هیومیک بر صفات ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، کلروفیل کل، شدت فتوسنتز خالص و کارایی مصرف نور معنی‌دار بود. همچنین تیمارهای کودی سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ، کلروفیل a، b و کاروتنوئید گردید. در اغلب صفات، تیمار تلفیق دو نوع کود زیستی+۵۰ درصد کود شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار در مقایسه با تیمار شاهد شد ولی اختلاف معنی‌داری با تیمار کود شیمیایی و تلفیق دو نوع کود زیستی+۵۰ درصد کود شیمیایی+ اسید هیومیک نشان نداد. بنابراین کاربرد کودهای زیستی می‌توانند به عنوان راهکاری مناسب برای جایگزینی بخشی از کودهای شیمیایی مد نظر قرار گیرند.

واژه های کلیدی: ازتوبارور-۱، تعرق، سطح برگ، فتوسنتز خالص، کارایی مصرف نور

The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Chemical Fertilizer and Humic Acid on Morpho-physiological Characteristics of Basil (*Ocimum basilicum* var. thyrsiflorum)

Anahita Boveiri Dehsheikh[1], Mohammad Mahmoodi Sourestani[2*], Maryam Zolfaghari[3], Naeemeh Enayatizamir[4]

Received: April 9, 2016 Accepted: October 2, 2016

1-MSc. Student of Medicinal Plant, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2- Assist. Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3- Assist. Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4-Assist. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
*Corresponding Author: Email: F_mahmoodi2000@yahoo.com

Abstract

The application of chemical fertilizers and investigating the effect of plant growth promoting rhizobacteria and humic acid on morpho-physiological parameters of basil, studied by factorial experiment based on randomized complete block design with three replications at experimental farm of Shahid Chamran University in 2015. First factor was 6 types of fertilizer treatments (control, Azetobarvar1, Phosphatebarvar2, combination of biological fertilizers, chemical fertilizer, combination of biological fertilizers+chemical fertilizer (50%)) and second factor included humic acid (0 and 20 $kg.ha^{-1}$). Morphological (plant height, leaf number and leaf area, fresh and dry weights of aerial parts) and physiological traits (chlorophyll a, b, total, carotenoid, net photosynthesis rate (Pn), transpiration rate (E), water use efficiency (WUE) and radiation use efficiency (RUE)) were measured at onset of flowering stage. The result showed that interaction between biofertilizer and humic acid on plant height, leaf area, fresh and dry weights of aerial parts, chlorophyll total, Pn and QY was significant. Also, the simple effect of biofertilizer leads to a significant increase in leaf number, chlorophyll a, b, and carotenoid. In often parameters, combination of biological fertilizers+chemical fertilizer (50%)+humic acid caused significant increase in compare with control but did not show significant difference with chemical fertilizer and combination of biological fertilizers+chemical fertilizer (50%)+humic acid. The application of biological fertilizers can be consider as a suitable way to replace part of chemical fertilizers.

Keywords: Azetobarvar-1, Leaf Area, Net Photosynthesis, Radiation Use Efficiency, Transpiration

مقدمه

جنس اسیموم[۱] یکی از مهمترین جنس‌های تیره نعناعیان[۲] است. گیاهان این جنس شامل گونه‌های یکساله و چندساله، بوته‌ای و درختچه‌ای می‌باشد. در بین گونه‌های این جنس، گونه باسیلیکوم[۳]، اقتصادی‌ترین گونه به شمار می‌آید و امروزه در بسیاری از مناطق گرم و معتدل کشت و کار می‌شود. این گونه در صنایع مختلفی از جمله صنایع دارویی، آرایشی بهداشتی و صنایع غذایی کاربرد فراوان دارد و در طب سنتی از آن به عنوان خلط‌آور، ضدنفخ، ضدانگل، اشتهاآور، محرک، تسکین‌دهنده درد معده و موثر در درمان بیماری‌های ریوی یاد می‌کنند (لیما و همکاران ۲۰۰٤). رقم تریزیفلوروم[٤] یکی ازارقام مهم گونه باسیلیکوم می‌باشد که دارای بوته‌ای پُرپشت و متراکم، برگ‌هایی باریک، سبز و معطر، ساقه‌ای به رنگ بنفش مایل به قرمز و گل‌هایی به رنگ ارغوانی متمایل به صورتی است (ریچینگر ۱۹۸۲).

اغلب اراضی کشور در زمره خاک‌های خشک و نیمه خشک قرار دارند که دارای pH قلیایی و مقدار مواد آلی اندکی هستند. قلیایی بودن این خاک‌ها و کمبود مواد آلی، سبب کاهش حلالیت و تحرک عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه می‌گردد. دوسوم نیتروژن خاک ازطریق آبشویی، تصعید، روانآب و فرسایش از دسترس گیاه خارج می‌شود. مقادیر زیادی از فسفر موجود در خاک نیز به دلیل قلیایی بودن خاک‌های زراعی کشور، به فرم نامحلول و غیرقابل جذب برای گیاه وجود دارد. جهت رفع این مشکل، استفاده از کودهای شیمیایی طی سال‌های اخیر افزایش یافته است ولی مصرف بی‌رویه این کودها در درازمدت موجب مشکلات فراوانی از جمله تخریب جمعیت میکروبی خاک، آلودگی‌های زیست محیطی و ورود نیترات به چرخه غذایی انسان گردیده که سلامت جامعه بشری را به شدت مورد تهدید قرار خواهد داد. کاهش این مخاطرات زیست‌محیطی همگام با افزایش عملکرد گیاه، نیازمند بکارگیری تکنیک‌های نوین می‌باشد، بنابراین درنظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای درافزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخورداراست (پیرومیو و همکاران ۲۰۱٤). کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده با تراکم بالا از یک یا چند نوع میکروارگانیسم مفید خاکزی شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، یا فرآورده‌های آنها می‌باشند که در ناحیه اطراف ریشه و یا بخش‌های داخلی گیاه تشکیل کلونی داده و به روش‌های مختلف سبب تحریک رشد گیاه میزبان می‌گردند (سینگ و کاپور ۱۹۹۸). این نوع کودها ضمن تبدیل عناصر غذایی اصلی از فرم غیرقابل جذب به فرم قابل جذب، سبب بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، توسعه سیستم ریشه‌ای، افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (ناگاناندا و همکاران ۲۰۱۰). کود زیستی ازتوبارور-۱ حاوی باکتری آزادزیِ تثبیت‌کننده نیتروژن ازتوباکترووینلندی۵ است که دارای رابطه همیاری۶ با ریشه برخی از گیاهان می‌باشد. این باکتری از یک طرف با تثبیت نیتروژن هوا و از طرف دیگر با ترشح مواد بیولوژیکی فعال مانند هورمون‌های اکسین و جیبرلین سبب توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن می‌گردد (اکبری و همکاران ۲۰۱۰). کود زیستی فسفات بارور-۲ حاوی دو گونه باکتری حل‌کننده فسفات به نام سودوموناس پوتیدا۷ و پانتوآ آگلومرانس۸ می‌باشد که قادرند با دو

---

۱ *Ocimum*

۲ Lamiaceae

۳ *Basilicum*

٤ Thyrsiflorum

۵ *Azetobacter vinlandi*

۶ Associative

۷ *Pseudomonas putida*

۸ *Pantoea agglomerans*

مکانیسم ترشح اسیدهای آلی و تولید آنزیم فسفاتاز، فسفر غیرقابل جذب خاک را به فرم قابل جذب درآورده و در اختیار گیاه قرار دهند (علیجانی و همکاران ۲۰۱۱). اسید هیومیک یک ترکیب آلی درشت مولکول با وزن مولکولی ۳۰۰ – ۳۰ کیلودالتون می‌باشد که در خاک، پیت و زغال سنگ یافت و استخراج می‌گردد. این ترکیب دارای ماهیت اسیدی ضعیف بوده و از تجزیه مواد آلی به ویژه با منشاء گیاهی بوجود می‌آید. از جمله ویژگی‌های برجسته این ترکیب می‌توان به توانایی کلات کردن عناصر ضروری مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، روی و منگنز، اصلاح ساختمان فیزیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و هوا در خاک اشاره کرد (خلد برین و اسلام‌زاده ۲۰۰۱). علاوه بر این، اسید هیومیک به عنوان منبع انرژی برای باکتری‌های خاک عمل کرده و از این طریق به افزایش جمعیت میکروبی خاک و در نهایت افزایش حاصلخیزی آن کمک می‌کند (تیخونوف و همکاران ۲۰۱۰). با نظر به اینکه هدف از کشت گیاهان دارویی، ارتقای سلامت انسان‌ها است و رویکرد جهانی در تولید آنها بهبود کمیت و کیفیت ماده موثره می‌باشد، تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی دارای بیشترین تطابق با اهداف تولید گیاهان دارویی می‌باشد. بر این اساس پژوهش‌هایی بر روی کاربرد کودهای زیستی و اسید هیومیک بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی صورت گرفته است. یوسف و همکاران (۲۰۰٤) گزارش نمودند کاربرد کود زیستی حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه دارویی مریم گلی در چین اول و دوم طی دو فصل رشد گردید. در تحقیقی دیگر نتایج نشان داد مصرف کود زیستی بیوفسفات، ارتفاع و عملکرد بیولوژیکی گیاه دارویی رازیانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (درزی و همکاران ۲۰۰۷). همچنین کاربرد باکتری‌های حل کنندهٔ فسفات در گیاه دارویی گل گاوزبان سبب افزایش تعداد گل در این گیاه شد (شالان ۲۰۰۵). حیدری و مینایی (۲۰۱٤) کاربرد اسید هیومیک را در گیاه گاوزبان مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار در میزان عملکرد گل، عملکرد زیست توده و تعداد شاخه های جانبی گیاه شده است. این محققان، تحقیق دیگری بر روی گیاه دارویی چای ترش انجام دادند و به این نتیجه رسیدند اسید هیومیک توانسته است باعث بهبود میزان عملکرد دانه و گل در قیاس با نمونه شاهد گردد (حیدری و خلیلی ۲۰۱٤). بدین منظور با توجه به ضرورت کشت ارگانیک گیاهان دارویی و مطالعه اندک بر روی مصرف خاکی اسید هیومیک، تحقیق حاضر در راستای ترویج کشاورزی پایدار و با هدف بررسی تاثیر کودهای زیستی و سطوح مختلف اسید هیومیک بر صفات مرفوفیزیولوژیک گیاه دارویی ریحان طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر انواع مختلف کودهای زیستی و اسید هیومیک بر گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* var. thyrsiflorum) آزمایشی بصورت فاکتوریل در مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز (۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی، ٤۸ درجه و ٤۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۲۲/۵ متر از سطح دریا) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۳و ۱۳۹٤اجرا شد. فاکتور اول تیمارهای کودی شامل شاهد، ازتوبارور-۱، فسفات بارور-۲، تلفیق دو نوع کود زیستی فوق، کود شیمیایی، تلفیق دو نوع کود زیستی+ ۵۰ درصد کود شیمیایی و فاکتور دوم شامل اسید هیومیک در دو سطح صفر و ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. کودهای زیستی (ازتوبارور-۱ و فسفات بارور-۲) و اسید هیومیک از شرکت زیست فناور سبز تهران خریداری شدند. قبل از

شروع آزمایش، نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری و بطور تصادفی تهیه و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد. تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری در نمونه‌های خاک و اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی خاک مانند اسیدیته و شوری به روش گل اشباع، مواد آلی به روش والکلی و بلاک (۱۹۳٤) ، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال، فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن و همکاران (۱۹٥٤)، پتاسیم قابل جذب به روش فلیم فتومتری (پس از عصاره‌گیری با استات آمونیوم ۱ نرمال) و عناصر ریز مغذی آهن، مس و روی به روش لیندسی و نورول (۱۹۷۸) و به وسیله دستگاه جذب اتمی[۱] مدل GBC- SAVANTAA انجام شد. (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰ - ۰ سانتی‌متری)

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی (ds/m)	مواد آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن	مس	روی
					(mg/kg)				
شن- لومی	۷/۱۱	۲/۸٤	۰/٤۸	۰/۰۳	۱٦/٦	۲٦۷	۲۳/۱	۳/۳٦	۱۰/۹۰

به منظورعملیات آماده‌سازی زمین، شخم عمیق، دیسک‌زنی و تسطیح انجام شد. جهت انجام آزمایش، زمین به سه بلوک که هر یک شامل ۱۲ واحد آزمایشی بود، تقسیم شد. بذر گیاه ریحان در فروردین ماه در کرت‌هایی به ابعاد ۲×۲ متر، با فاصله ۲۰ سانتی‌متر بین دو بوته و ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف، کشت شدند. اعمال تیمار کودهای زیستی ازتوبارور-۱ و فسفات بارور-۲، در دو مرحله صورت گرفت. در مرحله اول، میزان مورد نیاز از محلول کود زیستی در عمق ۲ سانتی‌متری خاک ریخته شد و پس از قرار دادن لایه نازکی از خاک روی آن، بذر گیاه ریحان در عمق مورد نظر کشت گردید. مرحله دوم اعمال کودهای زیستی پس از سبز شدن و استقرار گیاه همراه با آبیاری صورت گرفت. کود اسید هیومیک نیز با غلظت ۲۰ کیلوگرم در هکتار و در دو مرحله (مرحله اول در زمان کشت گیاه و مرحله دوم، پس از سبز شدن و استقرار گیاه) بصورت نواری با فاصله ٥ سانتی متر از بوته داده شد. کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله آماده سازی زمین و کود شیمیایی اوره به میزان ۱٥۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (٥۰ درصد در زمان آماده سازی زمین و کشت گیاه و ٥۰ درصد بعد از استقرار گیاه) به صورت نواری با فاصله ٥ سانتی‌متری از گیاه به کرت‌های مربوط به تیمار کود شیمیایی اضافه گردید. جهت جلوگیری از اختلاط تیمارها آبیاری به صورت سیفونی انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله در روز اول و پس از کشت بذرهای گیاه انجام شد و سایر دفعات آن بر اساس نیاز گیاه و شرایط اقلیمی منطقه (۲ بار در هفته) تعیین گردید. وجین و کنترل علف هرز نیز به صورت دستی صورت گرفت. ارزیابی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه در ابتدای مرحله گلدهی صورت گرفت. به منظور اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، پس از حذف اثر حاشیه، ۱۰ گیاه بطور تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب و صفات ارتفاع گیاه، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شدند. اندازه گیری صفات فیزیولوژیک گیاه شامل رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید) و تبادلات گازی (شدت فتوسنتز خالص، شدت تعرق، کارایی مصرف آب و نور) در برگ‌های بالغ و کاملا توسعه یافته (جفت برگ ششم تا هشتم) صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید از روش آرنون (۱۹٤۹) و دستگاه

[۱] Atomic Adsorption Spectroscopy

اسپکتوفتومتر مدلShimadzu-UV 1201 استفاده شد. بدین منظور میزان جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ٤٧٠، ٦٤٥ و ٦٦٣ قرائت و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید از طریق فرمول‌های ۱، ۲، ۳ و ٤ محاسبه گردید.

Chlorophyll a (mg/g fresh weight) = (((12.7 A_{663}) – (2.69 A_{645})) / W) × V [1]

Chlorophyll b (mg/g fresh weight) = (((22.9 A_{645}) – (4.68 A_{663})) / W) × V [2]

Chls a + b (mg/g fresh weight) = (((20.08 A_{645}) + (8.02 A_{663})) / W) × V [3]

Carotenoids (mg/g fresh weight) = (((100 A_{470}) + (3.27 Chl a)) – (104 Chl b)) / 227 [4]

W = وزن بافت (گرم)، V = حجم عصاره (میلی‌لیتر)

تبادلات گازی گیاه در دامنه شدت نور اشباع فتوسنتزی معادل۱٦۰۷/٦۷– ۱٤۹٤/٦٥ میکرومول‌فوتون بر مترمربع در ثانیه، دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۹ درصد با دستگاه LCA4[1] اندازه‌گیری شد. کارایی مصرف آب از تقسیم شدت فتوسنتز خالص بر شدت تعرق و کارایی مصرف نور نیز از تقسیم شدت فتوسنتز خالص بر میزان تابش فعال فتوسنتزی دریافتی (PAR) بدست آمد (محمودی سورستانی ۲۰۱۳).

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ٥ درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

صفات فیزیولوژیکی

کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر ساده تیمارهای کودی بر میزان کلروفیل a و کاروتنوئید در سطح احتمال ۱ درصد و کلروفیل b در سطح احتمال ٥ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر میزان کلروفیل کل نیز در سطح احتمال ٥ درصد اختلاف آماری معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). در بررسی مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای کودی، بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۱۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، b (۰/۳٤ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کاروتنوئید (۰/۲۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به تیمار تلفیق کودهای زیستی + ٥۰ درصد کود شیمیایی بود. این تیمار تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی نشان نداد ولی میزان صفات فوق را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. کمترین میزان کلروفیل a (۰/۹۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، b (۰/۲٤ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کاروتنوئید (۰/۱٦ میلی‌گرم در گرم وزن تر) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. اثر ساده اسید هیومیک بر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کودی واسید هیومیک نشان داد بیشترین میزان کلروفیل کل (۱/٥۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار کود زیستی ازتوبارور–۱ مشاهده شد که افزایش معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داد ولی تفاوت معنی‌داری با تیمار کود شیمیایی نداشت. کمترین میزان این صفت نیز مربوط به تیمار شاهد (۱/۲۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود (جدول ٤). ویسانی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر کودهای زیستی بر میزان کلروفیل گیاه دارویی ریحان اظهار داشتند بیشترین میزان کلروفیل در تیمار کود شیمیایی بدست آمد ولی بین این تیمار و تیمار کودهای زیستی نیتروکسین و نیتروکسین + فسفات بارور–۲ اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. در پژوهشی مشابه، کاربرد کود زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن سبب افزایش میزان کلروفیل و سطح برگ گیاه دارویی *Celosia argentea* گردید (راویا و همکاران ۲۰۰٦). عنصر نیتروژن علاوه بر شرکت در ساختار اسیدهای آمینه و آنزیم‌ها، یکی از عناصر اصلی تشکیل‌دهنده حلقه

[1] Infra-red gas analyzer (LCA4, ADC Co. Ltd., Hoddesdon, UK)

تتراپیرول کلروفیل می‌باشد. به‌علاوه افزایش این عنصر در گیاه از یک سو سبب افزایش میزان آمونیوم و از سوی دیگر افزایش آنزیم‌های گلوتامات سنتتاز و گلوتامین سنتتاز دخیل در تولید کلروفیل شده و باعث افزایش میزان آن در گیاه می‌گردد (هاربون و دِی ۱۹۹۷). با توجه به نتایج حاصل چنین به نظر می‌رسد استفاده از باکتری‌های محرک رشد به ویژه *ازتوباکتر* توانسته است با تثبیت نیتروژن هوا، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دهد.

شدت فتوسنتز خالص و کارایی مصرف نور

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر شدت فتوسنتز خالص و کارایی مصرف نور به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین شدت فتوسنتز خالص (۱٤/۹۱ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه) در تیمار تلفیق کودهای زیستی+ اسید هیومیک مشاهده شد که تفاوت آن با تیمارهای کود شیمیایی، تلفیق کودهای زیستی+۵۰ درصد کود شیمیایی و تلفیق کودهای زیستی+۵۰ درصد کود شیمیایی+ اسید هیومیک، معنی‌دار نبود ولی اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داد. کاربرد تیمار تلفیق کودهای زیستی+۵۰ درصد کود شیمیایی+ اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف نور (۱۰/٤٤ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میکرومول فوتون) در مقایسه با تیمار شاهد شد ولی تفاوت معنی‌داری با تیمارهای تلفیق کودهای زیستی و کود شیمیایی+ اسید هیومیک نشان نداد. کمترین شدت فتوسنتز خالص (۹/۱۷ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه) و کارایی مصرف نور (٦/۲۸ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میکرومول فوتون) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ٤). در تحقیقی مشابه، نتایج حاصل از تلقیح گیاه دارویی ریحان با کودهای زیستی، نشان داد کاربرد توام کود نیتروکسین و فسفات بارور-۲ سبب افزایش چشمگیر فتوسنتز گیاه ریحان در مقایسه با تیمار شاهد شد ولی تفاوت معنی‌داری با تیمار کود شیمیایی نشان نداد (ویسانی و همکاران ۲۰۱۲). برگ اصلی‌ترین اندام گیاهی جهت انجام عمل فتوسنتز و تولید آسیمیلات در گیاه به شمار می‌آید. فراهمی عنصر نیتروژن برای گیاه از یک طرف با اثر بر میزان کلروفیل گیاه و از طرف دیگر با افزایش رشد رویشی، تعداد و سطح برگ، می‌تواند سبب افزایش فتوسنتز و ساخت مواد غذایی در گیاه و در نهایت افزایش کارایی مصرف نور آن گردد. علاوه بر این، عنصر فسفر نیز با شرکت در ساختار حامل‌های انرژی مانند ATP و NADPH نقش مهمی در فرآیندهای نورانی و تاریکی فتوسنتز ایفا می‌کند. با توجه به نتایج این آزمایش چنین به نظر می‌رسد باکتری‌های موجود در کودهای زیستی توانسته‌اند با افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و مولکول‌های حامل انرژی سبب افزایش شدت فتوسنتز خالص و در نهایت کارایی مصرف نور در گیاه گردند.

شدت تعرق و کارایی مصرف آب

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای کودی و اسید هیومیک اثر معنی‌داری بر شدت تعرق و کارایی مصرف آب نداشت (جدول ۲). با توجه به نتایج تحقیق حاضر کارایی مصرف آب نیز در تیمار کود شیمیایی (٤/۸٤ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میلی‌مول آب) به بیشترین میزان خود رسید که دارای تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد بود ولی اختلاف آماری معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی نشان نداد. کاربرداسید هیومیک نیز سبب افزایش این صفت (٤/٤٦ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میلی‌مول آب) در گیاه گردید ولی تفاوت معنی‌داری در میان تیمارها مشاهده نشد. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های ویسانی و همکاران (۲۰۱۲) مبنی بر عدم وجود تفاوت معنی‌دار شدت تعرق میان کود شیمیایی و کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور-۲ در گیاه ریحان مطابقت دارد.

صفات مورفولوژیکی

ارتفاع بوته

تجزیه آماری داده‌ها نشان داد اثر متقابل کاربرد تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بر اساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان ارتفاع گیاه (۵۵/۵ سانتی‌متر) در تیمار کاربرد کود شیمیایی مشاهده شد. این تیمار با تیمارهای کود شیمیایی+ هیومیک (۵٤/٦۷ سانتی‌متر)، تلفیق کودهای زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۵۳/۵۰ سانتی‌متر) و تلفیق کودهای زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی + اسید هیومیک (۵۳/۲۵ سانتی‌متر)، اختلاف معنی‌داری نداشت ولی تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد. کمترین ارتفاع گیاه نیز در تیمار شاهد (٤٤/٦۳ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ٤). نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقاتی که بر روی گیاهان مرزه (رضوانی مقدم و همکاران ۲۰۱۳) و شوید (سخنگوی و همکاران ۲۰۱۲) گزارش شده است، همخوانی دارد. در پژوهشی دیگر کاربرد کود زیستی نیتروکسین سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع در گیاه دارویی ریحان نسبت به تیمار شاهد گردید (رحیمی و همکاران ۲۰۱۳). کوچکی و همکاران (۲۰۰۸) نیز در مطالعه گیاه دارویی زوفا گزارش نمودند کاربرد کودهای زیستی حاوی آزوسپیریلیوم و سودوموناس منجر به افزایش ارتفاع و قطر بوته و وزن تر و خشک بوته گیاه دارویی زوفا نسبت به تیمار شاهد شد. در شرایط یکسان محیطی، فراهمی آب و عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف سبب افزایش رشد گیاه و به دنبال آن افزایش ارتفاع بوته می‌گردد. عنصر نیتروژن پر مصرف‌ترین عنصر در گیاه به شمار می‌آید. این عنصر بخش اصلی تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و کوآنزیم‌ها می‌باشد ودر ساختار کلروفیل مهمترین رنگیزه فتوسنتزی نیز نقش دارد (هاسگاوا و همکاران ۲۰۰۸). عنصر فسفر نیز در ساخت ترکیباتی مانند فسفولیپیدها، پروتئین‌ها و همچنین در کلیه فرایندهای بیوشیمیایی از جمله واکنش‌های انتقال انرژی و فتوسنتز نقش اساسی دارد. با توجه به اثر مثبت کودهای زیستی بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و شدت فتوسنتز خالص گیاه ریحان در تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *سودوموناس* و *پانتوآ* توانسته‌اند باتثبیت زیستی نیتروژن و انحلال فسفر خاک، توان فتوسنتزی گیاه را بالا برده و از این طریق سبب افزایش شاخص‌های رشدی و در نهایت افزایش ارتفاع بوته گردند.

تعداد برگ

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر ساده تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر تعداد برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل در صفت تعداد برگ تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثرات ساده بیشترین میزان تعداد برگ (٦٦۲/۵۰ عدد) در تیمار تلفیق کودهای زیستی+ ۵۰ درصد کود شیمیایی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (٤۱۱/۳۳ عدد) نشان داد. کاربرد اسید هیومیک نیز سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ (٦۱۰/۰٦ عدد) در مقایسه با تیمار بدون اسید هیومیک (۵۲۹/۳۵ عدد) گردید (جدول ۳). در پژوهشی که توسط مهرآفرین و همکاران (۲۰۱۱) بر روی گیاه دارویی نعناع فلفلی انجام شد مشخص گردید تلقیح گیاه با کود زیستی سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ در مقایسه با تیمار شاهد گردید، در حالیکه تفاوت معنی‌داری با تیمار کود شیمیایی نشان نداد. رشد رویشی گیاه به شدت تحت تاثیر فعالیت ریشه و میزان انتقال آب و عناصر غذایی توسط آن قرار دارد. احتمالا کودهای زیستی با تولید مواد تنظیم کننده رشد و اسید هیومیک با اصلاح ساختار خاک سبب افزایش گستردگی ریشه، جذب آب و عناصر غذایی و در نهایت افزایش ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد برگ گیاه می‌گردد.

سطح برگ

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد اثر متقابل کاربرد تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر سطح برگ گیاه ریحان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان سطح برگ در تیمار تلفیق کودهای زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی+ اسید هیومیک (۳٤۹٦ سانتی‌مترمربع) مشاهده شد که تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد نشان داد و سطح برگ نمونه شاهد را به میزان سه برابر افزایش داد. کاربرد تیمار فوق اختلاف معنی‌داری با تیمارهای تلفیق کودهای زیستی + اسید هیومیک (۲۹٦۰ سانتی‌مترمربع)، کود شیمیایی (۲۹٦۵ سانتی‌مترمربع)، کود شیمیایی + اسید هیومیک (۳٤۰۳ سانتی‌مترمربع) و تیمار تلفیق کودهای زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۳٤٦٦ سانتی‌مترمربع) نشان نداد. کمترین میزان سطح برگ نیز در تیمار شاهد (۱۰۰۱ سانتی‌مترمربع) مشاهده شد (جدول ٤). نتایج این تحقیق با نتایج جهان و همکاران (۲۰۱۲) بر روی گیاه دارویی ریحان همخوانی دارد. تهامی و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مطالعه گیاه دارویی ریحان به این نتیجه دست یافتند که کودهای زیستی و آلی، این گیاه را در جذب عناصر بیشتر، یاری می کنند و سبب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ و سطح سبز آن می‌گردند. در پژوهشی دیگر کاربرد کود زیستی حاوی باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم و سودوموناس سبب افزایش سطح برگ گیاه مرزه در مقایسه با تیمار شاهد گردید (فرجی مهمانی و همکاران ۲۰۱٤).

وزن تر و خشک اندام هوایی

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر متقابل کاربرد تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر وزن تر و خشک اندام هوایی تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۲). بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی (۳۰۰ گرم) در تیمار تلفیق کودهای زیستی +۵۰ درصد کود شیمیایی مشاهده شد که تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد نشان داده و میزان این صفت را نسبت به نمونه شاهد (۱٦۰ گرم) به بیش از ۸۰ درصد افزایش داد. کاربرد تیمار کود شیمیایی + اسید هیومیک سبب افزایش سه برابری وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد گردید و بیشترین میزان (۷۲/٤۸ گرم) را به خود اختصاص داد ولی اختلاف معنی‌داری میان این تیمار و تیمارهای تلفیق کودهای زیستی +۵۰ درصد کود شیمیایی و تلفیق کودهای زیستی +۵۰ درصد کود شیمیایی + اسید هیومیک مشاهده نشد. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۲۳/٤۸ گرم) نیز مربوط به تیمار شاهد بود (جدول٤). نقدی‌بادی و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مطالعه گیاه دارویی سنبل الطیب به این نتیجه دست یافتند که کاربرد کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات سبب افزایش وزن تر اندام هوایی گیاه شد که با نتایج بدست آمده از این آزمایش مطابقت نشان می‌دهد. در مطالعه‌ای که محفوظ و شرف‌الدین (۲۰۰۷) بر روی اثر سطوح مختلف کودهای شیمیایی و زیستی در گیاه رازیانه انجام دادند مشخص شد تلفیق کودهای زیستی حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلیوم* و *باسیلوس* با ۵۰ درصد کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشترین میزان رشد و زیست‌توده تر و خشک گیاه را به خود اختصاص داد. احتمالا افزایش نفوذپذیری آب و هوا در اثر بهبود ساختمان خاک توسط اسید هیومیک و افزایش رشد و توسعه ریشه توسط باکتری‌های موجود در کودهای زیستی دسترسی گیاه به آب را افزایش می‌دهد. فراهمی آب مورد نیاز گیاه نیز سبب افزایش آب بافت گیاهی ودر نهایت افزایش وزن تر اندام هوایی می‌گردد. به علاوه، با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان چنین استدلال کرد کاربرد اسید هیومیک و تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش تعداد و سطح برگ، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، شدت فتوسنتز خالص و کارایی مصرف نور در گیاه، تولید ماده خشک در واحد سطح را بالا برده و در نهایت سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه می‌گردد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی و اسید هیومیک بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه دارویی ریحان

		میانگین مربعات												
منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	شدت فتوسنتز خالص	کارایی مصرف نور	شدت تعرق	کارایی مصرف آب	ارتفاع گیاه	تعداد برگ	سطح برگ	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
b	۲	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۳/۱۶**	۱/۴۷^{ns}	۶/۸۰**	۱۵/۳۳**	۱۵/۳۲^{ns}	۱۳۸۱/۸۱^{ns}	۲۳۷۵۵۵/۲۷^{ns}	۵۳۲/۱۶^{ns}	۳۷/۵۴^{ns}
F	۵	۰/۰۱**	۰/۰۰۷*	۰/۰۵*	۰/۰۰۱ **	۱۰/۸۲**	۴/۰۵**	۰/۳۸^{ns}	۱/۸۵^{ns}	۴۶/۵۵**	۵۵۶۷۲/۷۹**	۲۴۲۰۷۰۳*	۴۴۹۱/۸۵**	۹۳۵/۴۸**
H	۱	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۶^{ns}	۸/۳۹**	۳/۴۰*	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۶۵^{ns}	۱۰/۵۵^{ns}	۵۸۶۱۴/۸۳**	۱۳۵۹۵۹۱**	۴۸۱۲/۸۹**	۹۰۴/۹۰**
F×H	۵	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۴*	۰/۰۰۰۱^{ns}	۴/۵۰**	۱/۷۶*	۰/۱۰ ^{ns}	۱/۳۶^{ns}	۱۳/۸۸*	۷۶۸۲/۱۹^{ns}	۵۰۳۵۵۹**	۵۵۲۸/۷۲**	۱۲۸/۸۴**
E	۲۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۳۶	۱/۱۰	۴/۵۳	۳۹۰۵/۴۹	۱۳۳۶۰۳/۰۹	۳۳۳/۷۷	۲۱/۵۰
(%)CV		۴/۶۵	۱۷/۷۴	۸/۹۳	۹/۵۳	۵/۳۶	۸/۱۲	۱۷/۷۴	۲۴/۲۰	۶/۹۸	۱۰/۹۶	۲۸/۰۷	۱۷/۹۵	۹/۰۳

۱- ns، * و **به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ می‌باشد.

۲- b= بلوک، F= کود، H= اسید هیومیک، F×H = کود × اسید هیومیک، E= اشتباه آزمایشی، CV= ضریب تغییرات

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده ریحان در تیمارهای کودی و اسید هیومیک

	تیمار	تعداد برگ	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کارایی مصرف آب (میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میلی‌مول آب)
	C	۴۱۱/۳۳^{c}	۰/۹۸^{b}	۰/۲۴^{b}	۰/۱۶^{c}	۳/۳۸^{b}
	Az	۵۴۳/۳۳^{b}	۱/۱۰^{a}	۰/۳۲^{a}	۰/۱۹^{ab}	۴/۴۰^{ab}
	Ph	۵۲۴/۲۱^{b}	۱/۰۹^{a}	۰/۳۱^{a}	۰/۱۹^{b}	۳/۹۷^{ab}
	Co	۶۵۴/۰۸^{a}	۱/۱۱^{a}	۰/۳۳^{a}	۰/۲۰^{ab}	۴/۶۸^{ab}
	Ch	۶۲۲/۷۷^{a}	۱/۱۰^{a}	۰/۳۳^{a}	۰/۲۰^{ab}	۴/۸۴^{a}
	Co + Ch (50%)	۶۶۲/۵۰^{a}	۱/۱۲^{a}	۰/۳۴^{a}	۰/۲۲^{a}	۴/۷۰^{ab}
اسید	C	۵۲۹/۳۵^{b}	۱/۰۸^{a}	۰/۳۰^{a}	۰/۱۹^{a}	۴/۱۹^{a}
هیومیک	H	۶۱۰/۰۶^{a}	۱/۰۹^{a}	۰/۳۲^{a}	۰/۲۰^{a}	۴/۴۶^{a}

۱-میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

۲- C= شاهد H= اسید هیومیک Az= ازتوبارور-۱ Ph= فسفات بارور-۲ Co= تلفیق دو کود زیستی Ch= کود شیمیایی Ch (50%)=۵۰ درصد شیمیایی

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده ریحان در ترکیبات تیماری کودی و اسید هیومیک

تیمار	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	شدت فتوسنتز خالص (میکرومول‌دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه)	کارایی مصرف نور (میکرومول‌دی‌اکسیدکربن بر میکرومول فوتون)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
C	۱/۲۱^{d}	۹/۱۷^{d}	٦/۲۸۳^{e}	٤٤/٦۳^{e}	۱۰۰۱^{d}	۱٦۰^{f}	۲۳/٤۸^{e}
H	۱/۳۳^{cd}	۱۳/٥٦^{abc}	۸/٥٦۰^{b}	٥۱/٤۳^{bcd}	۲٥۱۹^{bc}	۲٥۷/٥۰^{cd}	٤٦^{cd}
Az	۱/٥۹^{a}	۱۲/۸۳^{bc}	۸/٦٤۷^{b}	٤۹^{d}	۲٤۳٥^{bc}	۲۱۳/۳۰^{e}	٤۱/۸۳^{d}
Az+H	۱/۲٤^{cd}	۱۲/٥۷^{c}	۸/۳۷۷^{b}	٤۸/٤۲^{d}	۲٤٥۲^{bc}	۲۳۱/۷۰^{de}	٤۷/٤۰^{cd}
Ph	۱/۳۳^{bcd}	۱۲/۲۳^{c}	۸/٥۱۳^{b}	٤۹/۹۲^{cd}	۲۲۰۷^{c}	۲۰۳/۳۰^{e}	٤۳/۳٦^{d}
Ph+H	۱/٤٦^{abc}	۱۲/۹۷^{bc}	۸/۳۸۳^{b}	٤۹^{d}	۲۲٤٦^{c}	۲۱۸/۳۰^{e}	٤٥/٥٥^{cd}
Co	۱/٤۳^{abcd}	۱٤/۰٤^{ab}	۹/٤۷۰^{ab}	٤۹/۸۸^{cd}	۲٦۷۱^{bc}	۲۱٥^{e}	٤۷/۷٥^{cd}
Co+H	۱/٤۹^{ab}	۱٤/۹۱^{a}	۹/۰٤۰^{b}	٥۲/۱۷^{abcd}	۲۹٦۰^{ab}	۲۷٥^{abc}	٥۸/۷٥^{b}
Ch	۱/٤۲^{abcd}	۱٤/٥۳^{a}	۸/۸۳۳^{b}	٥٥/٥۰^{a}	۲۹٦٥^{ab}	۲٦۰^{bcd}	٥۳/۲۹^{bc}
Ch+H	۱/٤٥^{abcd}	۱٤/٥۰^{a}	۹/٦٦۳^{ab}	٥٤/٦۷^{ab}	۳٤۰۳^{a}	۲۹۱^{ab}	۷۲/٤۸^{a}
Co+Ch (50%)	۱/٤٤^{abcd}	۱٤/٥۳^{a}	۹/۰۲۷^{b}	٥۳/٥۰^{abc}	۳٤٦٦^{a}	۳۰۰^{a}	٦۸/۰٦^{a}
Co+Ch (50%)+H	۱/٥۳^{ab}	۱٤/٦۱^{a}	۱۰/٤٤^{a}	٥۳/۲٥^{abc}	۳٤۹٦^{a}	۲۹٦^{a}	٦۷/۷٥^{a}

۱- میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

۲- C= شاهد H =اسید هیومیک Az=ازتوباروور-۱ Ph= فسفات باروور-۲ Co= تلفیق دو کود زیستی Ch=کود شیمیایی (50%)=Ch ۵۰ درصد شیمیایی

نتیجه گیری

بطور کلی نتایج بدست آمده از این بررسی نشان داد اثر ساده کودهای زیستی و اسید هیومیک سبب افزایش صفات مرفوفیزیولوژیکی گیاه ریحان گردید. این امر در حالی است که کاربرد توام این دو عامل با یکدیگر بر میزان کلروفیل کل، شدت فتوسنتز خالص و کارایی مصرف نور اثر منفی داشته و در سایر صفات تفاوت معنی‌داری نشان نداد. با توجه به این امر چنین به نظر می‌رسد احتمالا در کاربرد توام این دو عامل، اسید هیومیک به مصرف باکتری‌های موجود در کودهای زیستی رسیده و از محیط ریشه و دسترس گیاه خارج می‌گردد. در مجموع، با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد تیمار تلفیق کودهای زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی از طریق بهبود رنگیزه‌های فتوسنتزی و شدت فتوسنتز خالص سبب افزایش تعداد و سطح برگ گیاه سبب افزایش معنی‌دار صفات مهم عملکردی گیاه از جمله وزن تر و خشک گیاه می گردد. این امر حاکی از آن است که کودهای زیستی می‌توانند به عنوان راهکاری جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جلوگیری از مخاطرات زیست محیطی مدنظر قرار گیرند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دانشگاه شهید چمران اهواز و شرکت زیست فناور سبز به جهت حمایت های مالی از طرح تشکر و قدردانی می نمایند.

منابع مورد استفاده

Akbari P, Ghalavand A and Modares Sanavi AM, 2010. Effects of different nutrition systems (organic, chemical, integrated) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Iranian Journal of Food Science and Technology, 7 (3): 1-10. (In Persian).

Alijani M, Amini Dehaghi M, Malboobi MA, Zahedi M and Modares Sanavi AM, 2011. The effect of different levels of phosphorus fertilizer together with phosphate biofertilizer (barvar 2) on yield, essential oil amount and chamazulene percentage of *Matricaria recutita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(3): 450-459. (In Persian).

Arnon DI, 1949. Copper enzyme in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24:1-15.

Darzi MT, Ghalavand A, Rejali F and Sefidkon F, 2007. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(4): 276-292. (In Persian).

Faraji Mehmany A, Esmaielpour B, Sefidkon F, Abbaszadeh B, Khavazi K and Ghanbari A, 2014. Effects of biofertilizers on growth criteria, quantitative and qualitative yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Agroecology, 6(4): 870-879. (In Persian).

Harbone JB and Dey PM, 1997. Plant Biochemistry. Academic Press, New York.

Hassegawa RH, Fonseca H, Fancelli AL, Da Silva VN, Schammass EA, Reis TA and Correa B, 2008. Influence of macro-and micro nutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. Journal of Food Control, 19: 36-43.

Heidari M and Khahlil S, 2014. Effect of humic acid and phosphorus fertilizer on seed and flower yield, photosynthetic pigments and mineral elements concentration in sour tea (*Hisbiscus sabdariffa* L.). Iranian Journal of Field Crops Science, 45(2): 191-199. (In Persian).

Heidari M and Minaei A, 2014. Effects of drought stress and humic acid application on quantative yield and content of macro-elements in medical plant borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Plant Production Research, 21: 167-182. (In Persian).

Jahan M, Amiri MB, Dehghani Pour F and Tahhami SMK, 2012. The effect of biofertilizers and winter cover crops on essential oil production and some agroecological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 10(4): 751-763. (In Persian).

Koldbarin B and Eslamzadeh T, 2001. Mineral nutrition of higher plants. Publication of Shiraz University. (In Persian).

Koochaki A, Tabrizi L and Ghorbani R, 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research, 6:127-137. (In Persian).

Lima RJC, Moreno AJD, Diniz EM, Olea RSG, Sasaki JM, Mendes Filho J, Freire PTC, Pontes FM, Leite ER and Longo E, 2004. Characterization of a crystal grown from *Ocimum basilicum* leaves and branches. Crystal Research and Technology, 39(10): 864-867.

Lindsey WI and Norvell H, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of American Journal, 42: 421-428.

Mahfouz SA and Sharaf-Eldin MA, 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics, 21:361-366.

Mahmoodi Surestani M, 2013. Diurnal variations of gas exchange characteristics in leaves of anise hyssop (*Agastache foeniculum*) under Normal, drought stress and recovery conditions. Journal of Medicinal Plants and By Products, 1: 91-101.

Mehrafarin A, Naghdi Badi H, Poorhadi M, Hadavi E, Qavami N and Kadkhoda Z, 2011. Phytochemical and agronomical response of peppermint (*Mentha piperita* L.) to biofertilizers and urea fertilizer application. Journal of Medicinal Plants, 4(40):107-118. (In Persian).

Nagananda GS, Das A, Bhattacharya S and Kalpana T, 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (Azotobacter and Rhizobium) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal Botany, 6: 394-403.

Naghdi Badi H, Lotfizad M, Qavami N, Mehrafarin A and Khavazi K, 2013. Response of quantity and quality yield of valerian (*Valeriana officinalis* L.) to application of phosphorous bio/chemical fertilizers. Journal of Medicinal Plants, 2(46): 25-37. (In Persian).

Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS and Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Development of Agriculture, Washington, D.C.

Piromyou P, Buranabanyat B, Tantasawat P, Tittabutr P, Boonkerd N and Teaumroong N, 2014. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. European Journal of Soil Biology, 47: 44-54.

Rahimi A, Mehrafarin A, Naghdi Badi H and Khalighi-Sigaroodi F, 2013. Effects of bio-stimulators and bio-fertilizers on morphological traits of basil (*Ocimum basilicum* L.). Annals of Biological Research, 4(5): 146-151.

Rawia A, Eid S, Abo-sedera A and Attia M, 2006. Influence of nitrogen fixing bacteria in corporation with organic and/or inorganic nitrogen fertilizers on growth, flower yield and chemical composition of Celosia argentea. World Journal of Agricultural Sciences, 2(4): 450-458.

Rechinger KH, 1982. Flora Iranica. Vol XI. Akademische Druck and Verlagsanstalt, Graz.

Rezvani Moghaddam P, Aminghafori A, Bakhshaie S and Jafari L, 2013. The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensi*s L.). Agroecology, 5(2): 105-112. (In Persian).

Shaalan MN, 2005. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis* L.). Egyptian Journal Agricultural Research, 83: 271-284.

Singh S and Kapoor KK, 1998. Inoculation with phosphate solubilizing microorganisms and a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. Biology and Fertility of Soils, 28:139-144.

Sokhangoy SH, Ansari KH and Eradatmand AD, 2012. Effect of biofertilizers on performance of dill (*Anethum graveolens* L.). Iranian Journal of Plant Physiology, 4(2): 552-547.

Tahami SMK, Rezvani Moghaddam P and Jahan M, 2013. Effects of various organic and chemical fertilizers on growth indices of basil (*Ocimum basilicum* L.). Agroecology, 5(4): 363-372. (In Persian).

Tikhonov VV, Yakushev AV, Zavgorodnyaya YA, Byzov BA and Demin VV, 2010. Effects of humic acids on the growth of bacteria. Eurasia Soil Science, 43(3): 305-313.

Walkly A and Black IA, 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37: 29-38.

Weisany V, Rahimzadeh S and Sohrabi Y, 2012. Effect of biofertilizers on morphological, physiological characteristic and essential oil content in basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28: 73-87. (In Persian).

Youssef AA, Edri AE and Gomaa AM, 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science, 49: 299-311.