گیاه و زیست فناوری ایران
Iranian Journal of Plant & Biotechnology (IJPB)

مقاله پژوهشی

اثر کود زیستی ارغوان بر شاخص‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annum* L.)

معصومه وکیلی‌قرطاول (نویسنده مسئول)[1*]، خیراله بابایی[2] و موسی‌الرضا کریمی[3]

۱*- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، m.vakili@mail.um.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، Kh.babaei@urmia.ac.ir

۳- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه زیست شناسی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران، r.karimi7113@gmail.com

تاریخ دریافت: فروردین ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۲

The effect of Arghavan biofertilizer on physiological, biochemical and yield parameters of sweet pepper (*Capsicum annum* L.)

Masoumeh Vakili-Ghartavol (Corresponding author)[1*], Khairullah Babaei[2] and Musa Al-Reza Karimi[3]

1*- Former Ph.D. Student, Horticultural Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, m.vakili@mail.um.ac.ir

2- Ph.D. Student, Department of Horticulture, Urima University, Urima, Iran, Kh.babaei@umia.ac.ir

3- Former M.Sc. Student, Department of Biology, Maragheh University, Maragheh, Iran, r.karimi7113@gmail.com

Received: April 2023 Accepted: October 2023

چکیده

فلفل دلمه‌ای منبع غنی از ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند ترکیبات فنولی، ویتامین C و کارتنوئیدهاست. عوامل محیطی مانند تغذیه بر رشد، عملکرد میوه و کیفیت میوه فلفل تأثیر می‌گذارند. این مطالعه در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار و چهار تیمار کودی اجرا شد. تیمارهای کودی شامل کود شیمیایی NPK (۲۰-۲۰-۲۰) به میزان ٦ گرم به ازای هر ٦ متر مربع، کود زیستی ارغوان به میزان ۷۲ میلی‌لیتر به ازای هر ٦ متر مربع، تیمار مصرف تلفیقی کود شیمیایی NPK و کود زیستی ارغوان به میزان نصف مصرفی هر دو کود و تیمار شاهد بودند. نتایج به دست آمده نشان داد که تلفیق کود زیستی ارغوان و کود شیمیایی NPK بطور معنی‌دار بالاترین مقادیر میانگین صفات رشد رویشی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، رطوبت نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل برگ، محتوای کلروفیل کل برگ و کارتنوئید برگ، وزن تک میوه و عملکرد میوه را نسبت به تیمار شاهد داشتند و در بسیاری صفات مانند قطر ساقه، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، وزن تک میوه، طول و قطر میوه، عملکرد میوه، شاخص کروفیل، محتوای کارتنوئید با تیمار کود شیمیایی برابری می‌کرد. با استفاده از تلفیق کود زیستی ارغوان و شیمیایی NPK شاخص‌های فیزیومورفولوژیکی گیاه فلفل دلمه‌ای افزایش یافت. همچنین با مصرف کود زیستی ارغوان می‌توان مصرف کود شیمیایی را کاهش داد که حرکتی در راستای کشاورزی پایدار، رهاسازی مواد غذایی بلوکه شده در خاک و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی است.

کلمات کلیدی: رشد، عملکرد، فلفل دلمه‌ای، کود زیستی

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران
سال ۱۴۰۲، دوره ۱۸، شماره ۳، صص ۵۱-۴۱

Abstract

Sweet pepper is a rich source of antioxidant compounds such as phenolic compounds, vitamin C and carotenoids. Environmental factors such as nutrition affect the growth, fruit yield, and fruit quality of pepper. This study was conducted in the form of a randomized complete block design with three replications and four fertilizer treatments. Fertilizer treatments include NPK 20:20:20 chemical fertilizer at the rate of 6 grams per 6 square meters, Arghavan biofertilizer at the rate of 72 ml per 6 square meters, and combined treatment of NPK chemical fertilizer and Arghavan biofertilizer at the rate of half of each two fertilizers and the control treatment. The obtained results showed that the combination of Arghavan biological fertilizer and NPK chemical fertilizer significantly increased the average values of vegetative growth traits such as plant height, stem diameter, fresh and dry weight of stem, fresh and dry weight of roots, relative water content, Leaf chlorophyll index, total leaf chlorophyll content, leaf carotenoid content, single fruit weight, and fruit yield compared to the control treatment and in many traits such as stem diameter, stem fresh and dry weight, root fresh and dry weight, single fruit weight, length And fruit diameter, fruit yield, chlorophyll index, carotenoid content were equal to chemical fertilizer treatment. By using the combination of Arghavan biofertilizer and chemical NPK, the physio-morphological indicators of bell pepper increased. Also, by using Arghavan biofertilizer, you can reduce the use of chemical fertilizer, which is a move in the direction of sustainable agriculture, releasing blocked food in the soil and reducing the environmental pollution.

Key words: Biofertilizer, Growth, Sweet pepper, Yield

Iranian Journal of Plant & Biotechnology
autumn2023, Vol 18, No 3, Pp 41-51

مقدمه و کلیات

گیاهان برای رشد بهینه و تکمیل چرخه زندگی خود نیاز به مواد مغذی به مقدار کافی و متعادل دارند (Chen, 2006) و استفاده از کودهای شیمیایی بیولوژی خاک را با برهم زدن فعل و انفعالات زیستی تغییر می‌دهد (Pahalvi *et al.*, 2021). تخمین زده شده است که حدود ۵۰ درصد از کود به داخل خاک شسته می‌شود و اثرات خود را بر سلامت انسان به شکل بیماری‌هایی مانند متهموگلوبینمی در کودکان نشان می‌دهد (Kumar and Kumar, 2019). همچنین در محیط‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری، فسفر یکی از محدود کننده‌ترین عناصر غذایی گیاهی است (Khan *et al.*, 2017). عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم عناصر ضروری برای رشد گیاهان هستند که تامین این مواد مغذی برای گیاهان بسیار مهم و حیاتی است. با توجه به این چالش‌ها، نیاز به افزایش عملکرد محصول از همان سطح زمین و همچنین به روشی ایمن از نظر زیست محیطی وجود دارد. در این راستا، استفاده از کودهای زیستی بعنوان منبع جایگزین برای بهبود عملکرد محصولات کشاورزی معرفی شد. مزایای استفاده از ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهان عبارتند از افزایش عملکرد محصول، حفاظت از بیماری‌ها و بهبود محصول و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی هستند (Babu *et al.*, 2015; Cisternas-Jamet *et al.*, 2020). کودهای زیستی حاوی باکتری‌های مفید، قارچ‌ها و جلبک‌های سبز آبی هستند که از طریق تولید اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها و غیره باعث رشد گیاهان می‌شوند و جذب مواد مغذی در خاک را بهبود می‌بخشند (Abdiani *et al.*, 2019). فلفل دلمه‌ای با نام علمی *Capsicum annum* L. متعلق به خانواده Solanaceae و منبع غنی از ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند ترکیبات فنولی، ویتامین C و کارتنوئیدهاست (Nwose, 2009). عوامل محیطی مانند تغذیه بر رشد، عملکرد میوه و کیفیت میوه فلفل تأثیر می‌گذارند (Wang *et al.*, 2011). در یک پژوهش، تلقیح ریشه گیاه فلفل دلمه‌ای با *Bacillus amyloliquefaciens* موجب افزایش غلظت کلسیم، آهن و ویتامین C نسبت به گروه شاهد شد و همچنین با افزایش رنگدانه‌های طبیعی و ترکیبات فنلی با پتانسیل آنتی‌اکسیدانی بالا جذابیت ارگانولپتیکی میوه افزایش یافت (Cisternas-Jamet *et al.*, 2020). Herman و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که تلقیح ریشه برنج با باکتری‌های ریزوسفر موجب بهبود رشد و عملکرد برنج و در عین حال محافظت از محصول در برابر عوامل بیماری‌زا و آفات شد که می‌تواند بدلیل تولید القائی ایندول استیک اسید باشد.

افزودن کودهای آلی از جمله عصاره جلبک دریایی، مواد مغذی لازم را برای رشد و نمو گیاه فراهم می‌کند و تأثیر مثبتی بر پارامترهای رشد رویشی و کیفی دارد (Jufri and Sulistyono, 2016). این نوع کوددهی یک روش کشاورزی سبز است که استفاده از سیستم‌های غذایی و زمین‌های کشاورزی را برای حفظ سلامت انسان و دام در اثر آلودگی‌های ناشی از استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها توسعه و بهبود می‌بخشد (Mishra *et al.*, 2020). برای بهبود تغذیه‌ای بویژه استفاده از کودها و افزایش بازده گیاه فلفل دلمه‌ای، این تحقیق با هدف انجام مطالعات بنیادی، با بررسی کاربرد کود زیستی ارغوان، کود شیمیایی و تلفیق آنها بر روی شاخص‌های فیزیکوشیمیایی فلفل دلمه ای انجام شد.

فرآیند پژوهش

این مطالعه بصورت آزمایش مزرعه ای در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار کودی انجام شد. تیمارها شامل کود سه بیست NPK (٦ گرم به ازای هر ٦ متر مربع)، کود زیستی ارغوان (۷۲ میلی‌لیتر به ازای هر ٦ متر مربع)، تیمار تلفیقی این دو کود به میزان نصف مصرفی هر دو کود، و تیمار شاهد بود. تیمارهای کودی هر ۲۰ روز یکبار اعمال شد. هر کرت آزمایشی دارای ابعاد معادل ۳m ×۲m (٦ متر مربع) بود. فواصل ردیف کاشت ۵۰ سانتی–متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف نیز ۳۰ سانتیمتر بود. آفات و علف‌های هرز کنترل شدند. میوه‌ها در زمان رسیدن تجاری برداشت شدند. پس از برداشت عملکرد و شاخص‌های رشدی بررسی شدند.

وزن تر و خشک اندام هوایی: اندام هوایی با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ وزن شد، وزن خشک نمونه ها را در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک و سپس با ترازو وزن شد (شیرمحمدی و همکاران،۲۰۲۲).

وزن تر و خشک ریشه: ریشه بعد از جداسازی و شستشو وزن و سپس در آون در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت خشک و با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه گیری شد (مردانی نژاد و همکاران، ۲۰۱۳).

ارتفاع گیاه: برای اندازه گیری ارتفاع گیاه در اواخر دوره پس از اینکه بوته‌ها قطع شد، از متر استفاده شد (شیرمحمدی و همکاران، ۲۰۲۲).

برای اندازه گیری **قطر ساقه** و **طول و قطر میوه** از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ استفاده شد (سجادی و همکاران، ۲۰۱٦).

وزن تک میوه: پس از برداشت میوه‌ها به آزمایشگاه منتقل و وزن میوه‌های برداشت شده پس از تمییز کردن بوسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (سجادی و همکاران، ۲۰۱٦).

عملکرد محصول: مجموع میوه‌های برداشت شده از هر بوته در تمامی برداشت‌ها بعنوان وزن کل محصول برای آن بوته یادداشت گردید (Bac *et al.*, 2017).

شاخص کلروفیل یا سبزینگی برگ: برای گرفتن شاخص کلروفیل از هر بوته سه برگ بالغ انتخاب

گردید و با استفاده از دستگاه اسپد عدد نمایان شده یادداشت گردید و در انتها از سه عدد میانگین گرفته شد (Radkowski, 2013).

محتوای نسبی رطوبت برگ: بوسیله ۰/۵ گرم قطعه برگ، قرار دادن در آب به مدت ٢٤ ساعت در تاریکی و دمای ٤ درجه سانتی گراد و تعیین وزن اشباع و سپس وزن خشک (آون ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ٢٤ ساعت) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (اصلانی و همکاران، ۲۰۱۹).

$$RWC\% = \frac{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})}{(\text{وزن خشک} - \text{وزن آماس})} \times 100$$

کلرفیل a، b و کل و کارتنوئید برگ بوسیله طول موج‌های ٤٧٠، ٦٤٧ و ٦٦٣ نانومتر با کمک اسپکتروفتومتری خوانده شد و غلظت کارتنوئید و مقدار کلروفیل a ,b و کل با فرمول‌های زیر محاسبه شد (Boerzhijin *et al.*, 2020).

$$C_a = 12.25\, A_{663.2} - 2.79\, A_{646.8}$$
$$C_b = 21.21\, A_{646.8} - 5.1\, A_{663.2}$$
$$C_T = C_a + C_b$$
$$Car = \frac{1000\, A_{470} - 1.8\, C_a - 85.02\, C_b}{198}$$

در این فرمول Ca، Cb، Ct و Car به ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئیدها (شامل کاروتن و زانتوفیل) است.تجزیه و تحلیل داده‌ها با با نرم افزار SPSS 24 و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه دانکن با سطح اطمینان ۵ درصد و ۱ درصد انجام شد. برای رسم شکل‌های مربوطه از نرم افزار Microsoft Excel 2013 استفاده شد. در این تحقیق برای مدیریت لیست منابع از نرم افزار EndNoteX8 استفاده شد. تمام آزمایش‌ها با سه مرتبه تکرار و میانگین و انحراف معیار داده‌ها محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از میانگین مربعات (جداول ۱ و۲) نشان داد اثر نوع کود بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد میوه در بوته، عملکرد میوه در بوته، وزن تک میوه، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک ساقه، رطوبت نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل، محتوای کارتنوئید فلفل دلمه‌ای در سطح ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار بود و همچنین اثر بلوک کشت بر عملکرد میوه در بوته، وزن تک میوه و وزن خشک ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. در حالیکه اثر نوع کود بر محتوای کلروفیل a، b و کل و اثر بلوک کشت بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد میوه در بوته، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر ساقه، رطوبت نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل، محتوای کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید برگ فلفل دلمه‌ای معنی‌دار نبود.

جدول ۱- میانگین مربعات تاثیر نوع کود بر صفات فیزیومورفولوژیکی گیاه فلفل دلمه‌ای

Table 1- Mean square effect of fertilizer type on physiomorphological traits of sweet pepper plant

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	ارتفاع بوته	قطر ساقه	طول میوه	قطر میوه
کود	۳	۹۸۰/۵۵٦ *	۱۲۷/٦۳۹ **	۱۷/۸۰۱*	٤/۰۰٥**	٦۰۱/٦۳۹ **	۰/۰٦۸ *	۲/۰۱۸*	۳/۰٦٥**
بلوک	۲	۲۰۲/۰۸۳ ns	٤۳ *	۱/۹۲۱ ns	۰/٤٦۱ ns	۹/۳۳۳ ns	۰/۰۰٤ ns	۱/۸٥٤*	۰/۱۳۹ ns
خطا	٦	۱۱٥/۹۷۲	۷/۸۸۹	۲/۲۳٤	۰/۱٥٥	۱٥/٥٥٦	۰/۰۰۸	۰/٤٤۳	۰/۱۲۰
ضریب تغییرات	-	۰/۱۹۰	۰/۲۲٦	۰/۱٦۷	۰/۲٤۲	۰/۲٥۹	۰/۱۳٤	۰/۱٤۸	۰/۱٤۷

** در سطح ۱ درصد، * در سطح ۵ درصد و ns عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد

جدول ۲- ادامه جدول میانگین مربعات تاثیر نوع کود بر صفات فیزیومورفولوژیکی گیاه فلفل دلمه‌ای

Table 2- Mean square effect of fertilizer type on physiomorphological traits of sweet pepper plant

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تک میوه	تعداد میوه در هر بوته	عملکرد میوه در بوته	رطوبت نسبی آب برگ	شاخص کلروفیل	کلرفیل a	کلرفیل b	کلرفیل کل	کارتنوئید
کود	۳	۵۸۰۲/۸۵۵ **	۵۹ **	۷۶۰۲۷۰۶/۶۲۲ **	۴۹۵/۴۹۸ **	۹۵/۳۷۹ **	۲/۴۰۴ ns	۱/۱۷۸ ns	۶/۴۵۹ ns	۰/۶۴۲ *
بلوک	۲	۱۴۶۶/۴۲۴ *	۳/۰۸۳ ns	۵۲۴۰۷۶/۳۲۷ *	۲/۹۳ ns	۲/۲۰۶ ns	۳/۴۲۸ ns	۰/۴۱۴ ns	۶/۱۵۸ ns	۰/۰۲۲ ns
خطا	۶	۳۲۶/۵۷۸	۰/۷۵	۱۲۰۱۲۸/۴۸۲	۱۹/۵۹۱	۲/۱۶۴	۳/۸۳۱	۰/۳۷	۶/۳۱۴	۰/۱۱۷
ضریب تغییرات	–	۰/۳۰۳	۰/۱۶۴	۰/۳۸۷	۰/۱۴۸	۰/۱۱۳	۰/۲۹۵	۰/۱۶۱	۰/۲۲۸	۰/۱۴۶

** در سطح ۱ درصد، * در سطح ۵ درصد و ns عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد

وزن تر ساقه: مقایسه میانگین اثر کود بر وزن تر ساقه فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۱۱۶/۶۶ گرم) و تیمار شاهد کمترین وزن تر ساقه (۷۵ گرم) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود تلفیقی، کود زیستی و کود NPK و همچنین بین کود زیستی و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

وزن خشک ساقه: مقایسه میانگین اثر کود بر وزن خشک ساقه فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۳۴/۶۶ گرم) و تیمار شاهد کمترین وزن خشک ساقه (۲۱ گرم) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود تلفیقی، کود زیستی و کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

وزن تر ریشه: مقایسه میانگین اثر کود بر وزن تر ریشه فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۱۷/۵ گرم) و تیمار شاهد کمترین وزن تر ریشه (۱۱/۸۷ گرم) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود تلفیقی، کود زیستی و کود NPK و همچنین بین کود زیستی و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

وزن خشک ریشه: مقایسه میانگین اثر کود بر وزن خشک ریشه فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۶/۰۱ گرم) و تیمار شاهد کمترین وزن خشک ریشه (۳/۲۸ گرم) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود تلفیقی و کود NPK و همچنین بین کود NPK و کود زیستی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

ارتفاع بوته: مقایسه میانگین اثر کود بر ارتفاع بوته فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۶۷/۶۶ سانتی‌متر) و تیمار شاهد کمترین ارتفاع بوته (۳۴/۶۶ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین کود NPK و کود زیستی و همچنین بین شاهد و کود زیستی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

قطر ساقه: مقایسه میانگین اثر کود بر قطر ساقه فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۱/۲۷ سانتی‌متر) و تیمار شاهد کمترین ارتفاع بوته (۰/۹۳سانتی‌متر) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود ولی بین تیمارهای کود زیستی، کود NPK و تلفیق آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

طول میوه: مقایسه میانگین اثر کود بر طول میوه فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۸ سانتی‌متر) و تیمار شاهد کمترین طول میوه (٦/١ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود NPK و تلفیق آنها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

قطر میوه: مقایسه میانگین اثر کود بر قطر میوه فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۷/۵ سانتی‌متر) و تیمار شاهد کمترین طول میوه (۵/۲ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار تلفیقی و کود NPK اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کاربرد تیمارهای کودی بر صفات مورفولوژیکی گیاه فلفل دلمه‌ای (میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.)

Table 3- Comparison of the mean simple effect of fertilizer treatments on morphological characteristics of sweet pepper (treatments with at least one letter in common are not significantly different from each other)

	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	طول میوه (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)
کنترل	۱۰±۷۵ b	۲±۲۱/٦ b	۱۱/۱±۸/۳ b	۳/۰±۲/۳ c	۳٤/۳±٦/۵ c	۰/۰±۹/۱ b	٦/۰±۵/٤ b	۵/۰±۰/۲ c
کودزیستی	۱۰۳/۱۷±۳ ab	۳۰/۵±۳/٦ a	۱٤/۱±۹/٤ ab	٤/۰±۲ bc	٤۵/۲±۳/۵ bc	۱/۰±۱ ab	۷/۰±۰/۲ ab	۵/۰±٤/۳ b
کودNPK	۱۰۸/۵±۳/۷ a	۲±۳۵/٦ a	۱٦/۱±۳/٤ a	٤/۰±۹/٦ ab	۵±۵٦/۵ b	۱/۰±۲ a	۷/۰±۳/۲ a	۵/۰±٦/۳ a
کودتلفیقی	۱۱٦/۱۰±٦ a	۳٤/٤±٦/۵ a	۱۷/۱±۵/٦ a	۰±٦/٦ a	٦۷/۲±٦/۵ a	۱/۰±۲ a	۷/۰±٦/٤ a	۵/۰±۸/۲ a

وزن تک میوه: مقایسه میانگین اثر کود بر وزن تک میوه فلفل دلمه ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۱۷٤/۲۷ گرم) و تیمار شاهد کمترین وزن تک میوه (۸۵/۷۲ گرم) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود NPK و تلفیق آنها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤).

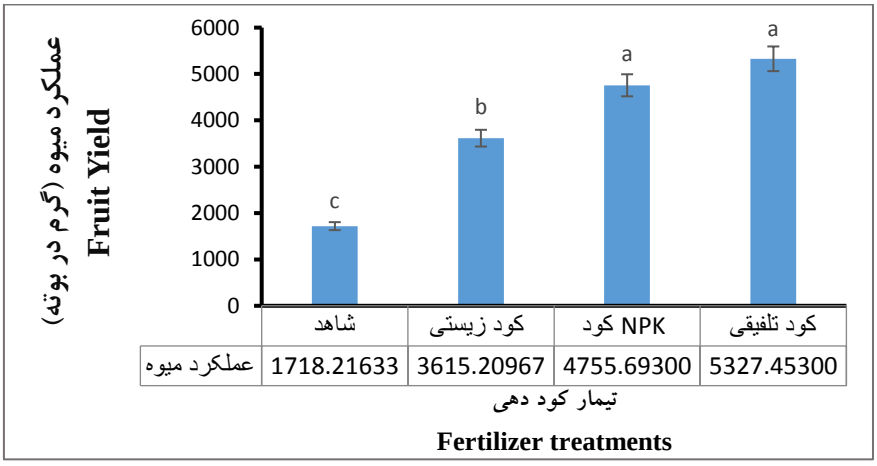
تعداد میوه در هر بوته: مقایسه میانگین اثر کود بر تعداد میوه هر بوته فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۳۰) و تیمار شاهد کمترین تعداد میوه هر بوته (۲۰) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود NPK اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (**جدول ٤**). نتایج تعداد میوه هر بوته در هر برداشت نشان می‌دهد که تعداد میوه بتدریج و بصورت ناهمگن کاهش می‌یابد (جدول ٤).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر کاربرد تیمارهای کودی بر صفات مورفولوژیکی میوه فلفل دلمه‌ای (میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند)

Table 4- Comparison of the mean simple effect of fertilizer treatments on morphological characteristics of sweet pepper fruits (treatments with at least one letter in common are not significantly different from each other)

	وزن تک میوه (گرم)	تعداد میوه در بوته	تعداد میوه بوته در هر برداشت				
			برداشت اول	برداشت دوم	برداشت سوم	برداشت چهارم	برداشت پنجم	برداشت ششم
کنترل	۱۰٦/۱۲±٥ b	۱±۲۰ c	٤/۷	٥	۳/۳	۲/۷	۲/۷	۱/۷
کود زیستی	۱۲۲/۱۰±۹ ab	۱±۲٤ b	٥/۷	٥/۷	٤	۳/۳	۳	۲/۳
کود NPK	۱۳۷/۹±۲ a	۱±۲٦ b	٦	٦	٤	۲/۷	٤	۳/۳
کود تلفیقی	۸±۱۳٦ a	۳۰/۱±٦/٥ a	۷	٥/۷	٥/۳	٤/۷	٤/۷	۳/۳

عملکرد میوه در بوته: مقایسه میانگین اثر کود بر عملکرد میوه فلفل دلمه ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (٥۳۲۷/٤٥ گرم در بوته) و تیمار شاهد کمترین عملکرد میوه (۱۷۱۸/۲۱ گرم در بوته) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود تلفیقی و کود NPK اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر کاربرد تیمارهای کودی بر عملکرد میوه در گیاه فلفل دلمه‌ای (میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند)

Fig 1- Comparison of the mean simple effect of fertilizer treatments on fruit yield in sweet pepper plant (treatments with at least one letter in common are not significantly different from each other)

رطوبت نسبی آب برگ: مقایسه میانگین اثر کود بر رطوبت نسبی آب برگ فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۹۲/۹٤ درصد) و تیمار شاهد کمترین رطوبت نسبی آب برگ (٦٥/۹۹ درصد) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود

تلفیقی و کود NPK اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵).

شاخص کلروفیل برگ: مقایسه میانگین اثر کود بر شاخص کلروفیل برگ فلفل دلمه‌ای نشان داد که کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۵۱/۸۳ اسپد) و تیمار شاهد کمترین شاخص کلروفیل برگ (۳۸/۸ اسپد) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود NPK و همچنین بین تیمار کود تلفیقی و کود NPK اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵).

کارتنوئید برگ: مقایسه میانگین اثر کود بر محتوای کارتنوئید برگ فلفل دلمه‌ای نشان داد کاربرد تلفیقی کود NPK و کود زیستی بیشترین (۳/۷۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و تیمار شاهد کمترین محتوای کارتنوئید برگ (۲/۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود NPK و تلفیق آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کاربرد تیمارهای کودی بر صفات فیزیکوشیمیایی گیاه فلفل دلمه‌ای (میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.)

Table 5- Comparison of the mean simple effect of fertilizer treatments on physicochemical characteristics of sweet pepper (treatments with at least one letter in common are not significantly different from each other)

	رطوبت نسبی آب برگ (درصد)	شاخص کلروفیل (اسپد)	کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)
کنترل	٦٥/٤±٩ c	٣٨/١±٨/٨ c	٢/٠±٧٣/٣٢ b
کود زیستی	٧٦/٥±١/٦ b	٤٥/٢±٦/٢ b	٣/٠±٣/٢٦ ab
کود NPK	٩١/٢±٢/٦ a	٤٩/٠±١/٣ ab	٣/٠±٦/٢ ab
کود تلفیقی	٩٢/١±٩/٨ a	٥١/٠±٨/٥ a	٣/٠±٧/٣ a

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار تلفیقی کود زیستی ارغوان و کود شیمیایی NPK موجب افزایش معنی‌دار در مقادیر میانگین صفات رشد رویشی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، رطوبت نسبی آب برگ، میزان شاخص کلروفیل برگ، محتوای کلروفیل کل برگ و کارتنوئید برگ و وزن تک میوه و عملکرد میوه را نسبت به تیمار شاهد شد و مقادیر آنها تقریبا با مقادیر کود شیمیایی برابر بود. ممکن است افزایش صفات رشدی گیاهان بدلیل میکروارگانیسم‌های موجود در کود زیستی از جمله قارچ‌ها و باکتری‌ها باشد که این میکروارگانیسم‌ها نقش کلیدی در تجزیه مواد آلی خاک دارند. آن‌ها مواد مغذی بلوکه شده در خاک را آزاد می‌کنند. همچنین، میکروارگانیسم‌های موجود در ریزوسفر نقش مهمی در در دسترس قرار دادن مواد مغذی برای گیاهان، بهبود حاصلخیزی خاک، و ارتقای رشد و بهره‌وری گیاه دارند (Kaewchai, 2009). نتایج مشابهی در مطالعات سایر محققان نیز مشاهده شد. در خیار با افزایش غلظت سوسپانسیون میکروجلبکی، رشد ریشه گیاه افزایش یافت (Bumandalai and Tserennadmid, 2019) و تیمار بذور خیار با جلبک *Chlorella sp* موجب

افزایش جوانه‌زنی شد (Elhafiz *et al.*, 2015). در مطالعات دیگر، استفاده از کودهای زیستی حاصلخیزی خاک را با تثبیت نیتروژن اتمسفر، حل شدن فسفات‌های نامحلول، تولید مواد محرک رشد گیاه در خاک (Mazid and Khan, 2015) و ارتقای توانایی گره سازی، که عملکرد را ۱۶ تا ۶۰ درصد افزایش می‌دهد، بهبود بخشید (Htwe *et al.*, 2019). تلقیح گیاه فلفل قرمز با کود زیستی که مخلوطی از ازتوباکتر و باسیلوس مگاتریوم بود موجب افزایش قابل توجهی در ارتفاع بوته، تعداد برگ و سطح برگ و کلروفیل کل شد (Nalini *et al.*, 2017). محلولپاشی گیاه فلفل شیرین با عصاره جلبک دریایی با غلظت ۳ گرم در لیتر موجب افزایش معنی داری در ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن تر، وزن خشک ساقه گیاه شد (Mohamed *et al.*, 2021). در محلولپاشی گیاه فلفل شیرین با عصاره جلبک دریایی با غلظت ۵ میلی گرم در لیتر افزایش معنی داری در ارتفاع بوته فلفل، وزن خشک گیاه و سیستم ریشه مشاهده شد (Fatimah *et al.*, 2018). کود زیستی ارغوان حاوی میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن، میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات (P) و پتاسیم (K) هستند که یکی از میکروارگانیسم‌ها، ازتوباکترها هستند که اینها گروه اصلی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، هتروتروف، غیرهمزیست، گرم منفی هستند. این باکتری‌ها قادر هستند بطور میانگین ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال را تثبیت کنند و علاوه بر تثبیت نیتروژن، تیامین، ریبوفلاوین، ایندول استیک اسید و جیبرلین را نیز تولید می‌کند (Kumar and Kumar, 2019). از این رو، استفاده از این باکتری‌ها نیاز کودی نیتروژن را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، باکتری های حل کننده فسفات و پتاسیم ممکن است جذب مواد معدنی توسط گیاهان را از طریق حل کردن فسفر نامحلول و آزاد کردن پتاسیم از سیلیکات در خاک افزایش دهند (Wu *et al.*, 2005).

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از کود زیستی غنی شده با عصاره جلبک دریایی و میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده ازت اتمسفر و حل کننده پتاسیم و فسفات خاک با غلظت ۷۲ میلی‌لیتر به ازای هر ۶ متر مربع توانست صفات رشدی گیاه از جمله ارتفاع و قطر ساقه، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، طول میوه و تعداد میوه در هر بوته، شاخص کلروفیل برگ و محتوای کارتنوئید گیاه فلفل دلمه‌ای را بهبود بخشد و یک محصول سازگار با محیط زیست است.

منابع

۱) اصلانی، ش.، برزگر، ط. و ج، نیکبخت. ۲۰۱۹. اثر اسید هیومیک بر شاخص‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد گوجه‌فرنگی تحت شرایط کم آبیاری. به زراعی کشاورزی، ۲۱(۲): ۲۳۲-۲۲۱.

۲) سجادی، ف.، شریفان هزارجریبی، ا ب. و ق، قربانی نصرآباد. ۲۰۱۶. تأثیر تنش شوری و بیش‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد فلفل سبز. مدیریت آب و آبیاری، ۶(۱): ۱۰۰-۸۹.

۳) شیرمحمدی، م.، صداقت فر، ع ا.، حجازی، ر. و ه، رهانده. ۲۰۲۲. کنترل بیماری پوسیدگی رایزوکتونیایی ریشه فلفل دلمه ای در گلخانه با

استفاده از قارچکش های شیمیایی و زیستی. گیاهپزشکی کاربردی، ۱۱(۱): ۲۷-۱۹.

٤) مردانی نژاد، س.، زارع ابیانه، ح.، طباطبائی، س ح. و ع ر، محمدخانی. ۲۰۱۳. تاثیر مقادیر مختلف آب خاک بر توسعه ریشه گیاه فلفل قلمی. پژوهش آب در کشاورزی، ۲۷(۲): ۲٥٤-۲٤۱.

5) Abdiani, S. A., Kakar, K., Gulab, G. and S, Aryan. 2019. Influence of biofertilizer application methods on growth and yield performances of green pepper. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 2(4).

6) Babu, A. N., Jogaiah, S ,Ito, S.-i., Nagaraj, A. K. and L.-S. P, Tran. 2015. Improvement of growth, fruit weight and early blight disease protection of tomato plants by rhizosphere bacteria is correlated with their beneficial traits and induced biosynthesis of antioxidant peroxidase and polyphenol oxidase. *Plant Science*, 231: 62-73 .

7) Bac, C. W., Hemming, J., Van Tuijl, B. A. J., Barth, R., Wais, E. and E. J, van Henten. (2017). Performance evaluation of a harvesting robot for sweet pepper. *Journal of Field Robotics*, 34(6): 1123-1139.

8) Boerzhijin, S., Makino, Y., Hirai, M. Y., Sotome, I. and M, Yoshimura. 2020. Effect of perforation-mediated modified atmosphere packaging on the quality and bioactive compounds of soft kale (*Brassica oleracea* L. convar. acephala (DC) *Alef*. var. sabellica L.) during storage. *Food Packaging and Shelf Life*, 23: 100427.

9) Bumandalai, O. and R, Tserennadmid. 2019. Effect of Chlorella vulgaris as a biofertilizer on germination of tomato and cucumber seeds. *International Journal of Aquatic Biology*, 7(2): 95-99 .

10) Chen, J.H .2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. Paper presented at the International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use.

11) Cisternas-Jamet, J., Salvatierra-Martínez, R., Vega-Gálvez, A., Stoll, A., Uribe, E. and M. G, Goñi. 2020. Biochemical composition as a function of fruit maturity stage of bell pepper (*Capsicum annum*) inoculated with Bacillus amyloliquefaciens. *Scientia Horticulturae*, 263: 109107 .

12) Elhafiz, A., Gaur, A. E. S. S., Osman, N. H. M. and T. R, Lakshmi. 2015. Chlorella vulgaris and Chlorella pyrenoidosa live cells appear to be promising sustainable biofertilizer to grow rice, lettuce, cucumber and eggplant in the UAE soils. *Recent Research in Science and Technology*, 7: 14-21 .

13) Fatimah, S., Alimon, H. and N, Daud. 2018. The effect of seaweed extract (sargassum sp) used as fertilizer on plant growth of *capsicum annum* (chilli) and *lycopersicon esculentum* (tomato). *Indonesian Journal of Science and Technology*, 3(2): 115-123 .

14) Herman, M., Nault, B. and C, Smart. 2008. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on bell pepper production and green peach aphid infestations in New York. *Crop Protection*, 27(6): 996-1002.

15) Htwe, A. Z., Moh, S. M., Soe, K. M., Moe, K. and T, Yamakawa. 2019. Effects of biofertilizer produced from Bradyrhizobium and Streptomyces griseoflavus on plant growth, nodulation, nitrogen fixation, nutrient uptake, and seed yield of mung bean, cowpea, and soybean. *Agronomy*, 9(2): 77 .

16) Jufri, A. F. and E, Sulistyono. 2016. Studies on the effects of silicon and antitranspirant on chili pepper (*Capsicum annuum* L.) growth and yield. *European Journal of Scientific Research*, 137(1): 5-10 .

17) Kaewchai, S. 2009. Mycofungicides and fungal biofertilizers. *Fungal Divers*, 38: 25-50 .

18) Khan, M. Y., Haque, M. M., Molla, A. H., Rahman, M. M. and M. Z, Alam. 2017. Antioxidant compounds and minerals in tomatoes by Trichoderma-enriched biofertilizer and their relationship with the soil environments. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(3): 691-703 .

19) Kumar, M. and K, Kumar. 2019. Role of Bio-fertilizers in vegetables production: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1): 328-334 .

20) Mazid, M. and T. A, Khan. 2015. Future of bio-fertilizers in Indian agriculture: an overview. International Journal of Agricultural and Food Research.3(3).

21) Mishra, A., Sahni, S., Kumar, S. and B. D, Prasad. 2020. Seaweed-An eco-friendly alternative of agrochemicals in sustainable agriculture. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 39(27): 71-78 .

22) Mohamed, M. H., Sami, R., Al-Mushhin, A. A., Ali, M. M. E., El-Desouky, H. S., Ismail, K. A. and R. M, Zewail. 2021. Impacts of effective microorganisms, compost tea, fulvic acid, yeast extract, and foliar spray with seaweed extract on sweet pepper plants under greenhouse conditions. *Plants*, 10(9): 1927 .

23) Nalini, B., Naik, L. K., Saba, N., Prasad, P. and G, Ashiwini. 2017. Studies on the effect of microbial inoculants on growth and yield of capsicum (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Pure and Applied Microbiology*.

24) Nwose, E. U. 2009. Pepper soup as an antioxidant nutrition therapy. *Medical hypotheses*, 73(5): 860-861.

25) Pahalvi, H. N., Rafiya, L., Rashid, S., Nisar, B. and A. N, Kamili. 2021. Chemical fertilizers and their impact on soil health. *Microbiota and Biofertilizers*, 2*:* 1-20 .

26) Radkowski, A. 2013. Leaf Greenness (SPAD) Index in Timothy-Grass Seed-Plantation at Different Doses of Titanium Foliar Fertilization. *Ecological Chemistry and Engineering*, 20 (2).

27) Wang, F., Kang, S., Du, T., Li, F. and R, Qiu. 2011. Determination of comprehensive quality index for tomato and its response to different irrigation treatments. *Agricultural Water Management*, 98(8): 1228-1238 .

28) Wu, S. C., Cao, Z., Li, Z., Cheung, K. and M. H, Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125(1-2): 155-166.