دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره نهم، شماره ۱۷، پاییز و زمستان ۱۴۰۳
http://arpe.gonbad.ac.ir

# اثر کود زیستی بر برخی صفات رویشی و عملکرد گوجه فرنگی (*Lycopersicone sculentum*)

**معصومه وکیلی‌قرطاول[1*]، خیراله بابایی[2] ، موسی‌الرضا کریمی[3]**
[1]فارغ التحصیل دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[2]دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه ارومیه
[3]فارغ التحصیل کارشناسی‌ارشد، گروه زیست شناسی، دانشگاه مراغه
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۲

## چکیده

**مقدمه:** گوجه فرنگی یک گیاه مدل برای بسیاری از مطالعات آزمایشگاهی و منبع غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مثل لیکوپن، ترکیبات فنولی و ویتامین‌ها می‌باشد. عواملی مانند تغذیه بر شاخص‌های فیزیکومورفولوژیکی و عملکرد گوجه فرنگی تاثیر می‌گذارند.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق از طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار کودی استفاده شد. تیمارهای کودی شامل کود زیستی ارغوان به میزان ۷/۲ میلی‌لیتر به ازای هر ۶ متر مربع، کود شیمیایی N-P-K (۲۰-۲۰-۲۰) به میزان ۶ گرم به ازای هر ۶ متر مربع، تیمار تلفیقی کود شیمیایی N-P-K و کود زیستی ارغوان به میزان نصف مصرفی این دو کود و تیمار شاهد بودند.

**نتایج:** نتایج نشان داد که استفاده از کود زیستی بر روی بوته‌های گوجه فرنگی در شرایط مزرعه باعث افزایش معنی‌داری در مقادیر رشد صفات فیزیکی و مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، رطوبت نسبی آب برگ، میزان سبزینگی برگ، تعداد میوه، عملکرد میوه در بوته، میزان کلروفیل کل برگ در مقایسه با تیمار شاهد شد. علاوه بر این، تیمار کود زیستی نتایج مشابهی با تیمار کود شیمیایی در صفاتی مانند ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، رطوبت نسبی آب برگ، میزان کارتنوئید برگ، طول میوه و وزن تک میوه و عملکرد میوه در هر بوته داشت.

**نتیجه‌گیری کلی:** بنابراین ترکیب کودهای زیستی و شیمیایی منجر به افزایش هم در کمیت و هم در کیفیت گیاه گوجه فرنگی شد و در عین حال مصرف کود شیمیایی N-P-K (۲۰-۲۰-۲۰) را به نصف کاهش داد. این رویکرد نشان دهنده گامی جدید در جهت کاهش آلودگی محیط زیست و ترویج کشاورزی پایدار است.

***واژه‌های کلیدی:*** رشد، عملکرد، کود شیمیایی N-P-K، کود زیستی، گوجه فرنگی

*نویسنده مسئول: m.vakili@mail.um.ac.ir



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]
[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]

## مقدمه

استفاده از کود شیمیایی روش مرسوم کشاورزی علیرغم نگرانی از آلودگی محیط زیست است. حرکت نیتروژن (N) و فسفر (P) از مزارع کشاورزی به آب‌های سطحی ممکن است باعث اتروفیکاسیون اکوسیستم‌های آبی شود که منجر به ایجاد مناطق بی اکسیژن به نام مناطق مرده می‌شود (Simpson *et al*., 2011). استفاده از کودهای فسفر همچنین می تواند کادمیوم را به خاک و در نتیجه به محصولات وارد کند (Rembiałkowska, 2007). نیتروژن با شسته شدن نیترات-ها به آب‌های زیرزمینی وارد می‌شود. در سیستم گوارش انسان، نیترات به آسانی به نیتریت‌ها تبدیل می‌شود، که می‌تواند بیشتر با آمین‌ها و آمیدها واکنش نشان دهد و ترکیبات N-nitroso تولید کند که اغلب با متهموگلوبینمی کشنده همراه است (Chan, 2011). نیتروژن زدایی میکروبی نیتروژن نیترات موجب تخریب لایه اوزون، گرم شدن کره زمین و تولید باران اسیدی می‌شود (Galloway *et al*., 2003; Ma *et al*., 2007; Burger and Venterea, 2011). علاوه بر این، کودهای نیتروژنی به تجزیه میکروبی مواد آلی کمک می‌کنند. این امر باعث کاهش کربن آلی خاک (Khan *et al*., 2007) و کیفیت پایین محصولات می‌شود (Dumas *et al*., 2003). کشاورزی ارگانیک که استفاده از کودهای شیمیایی را به شدت محدود می کند، جایگزینی را ارائه می دهد که اثرات منفی کود شیمیایی را به حداقل می‌رساند (Aguilera *et al*., 2013; Aires *et al*., 2013). کود زیستی غنی‌شده با میکروارگانیسم‌ها، می‌تواند به عنوان یکی از بهترین شیوه‌های مدیریتی برای کشاورزی پایدار در نظر گرفته می‌شود. گوجه فرنگی با نام علمی *Lycopersicone sculentum* L. متعلق به خانواده Solanaceae و یک گیاه مدل برای بسیاری از مطالعات آزمایشگاهی نیز می‌باشد (Dong *et al*., 2020). طبق آمار فائو در سال ۲۰۲۰ ایران با تولید ۵۷۸۷۰۹۴ تن گوجه فرنگی مقام هفتم را از لحاظ جهانی این محصول به خود اختصاص داده است (FAO, 2020). عوامل محیطی مثل آبیاری و تغذیه تولید و عملکرد گوجه فرنگی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد (Wang *et al*., 2011). بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات کود N-P-K صنعتی و کود زیستی ارغوان و اثرات تلفیقی آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کودهای مختلف (شیمیایی و زیستی) بر شاخص‌های رشدی و عملکرد نشاهای گوجه فرنگی (*Lycopersicone sculentum* L.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۴ تیمار کودی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه در سال ۱۴۰۱ انجام گرفت. تیمارها شامل کود شیمیایی N-P-K (۶ گرم به ازای هر ۶ متر مربع)، کود زیستی ارغوان (۷/۲ میلی‌لیتر به ازای هر ۶ متر مربع)، تیمار تلفیقی این دو کود به میزان نصف مصرفی هر دو کود، و تیمار شاهد بودند. نشاهای گوجه فرنگی از گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه تهیه گردید. هر کرت آزمایشی دارای ابعاد معادل ۲× ۳ متر (۶ متر مربع) با فواصل ردیف کاشت ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف نیز ۳۰ سانتی‌متر بود. گیاهان در هر کرت بصورت جوی و پشته‌ای کشت شدند. مقدار کود مصرفی براساس بیشترین مقدار توصیه کودی شرکت سازنده برای کود شیمیایی N-P-K به همراه ریزمغذی‌های لازم و کلات اسیدآمینه (تهیه شده از شرکت سروستان پاک ایرانیان) به مقدار ۱۰ کیلوگرم در هر ۱۰۰۰ لیتر در هکتار و برای کود زیستی غنی شده با عصاره جلبک دریایی همراه با میکروارگانیسم‌های تولید کننده هورمون رشد جیبرلین و ایندول استیک اسید (تهیه شده از شرکت زیست کود سازان ارغوان) به مقدار ۳ لیتر برای ۲۵۰۰ متر مربع مورد نیاز برای رشد و نمو گیاهان پیشنهاد شد. اولین کوددهی در اوایل رشد رویشی و ۲۰ روز پس از انتقال و استقرار نشا در بستر رشد و در مجموع در ۳ نوبت و هر ۲۰ روز یکبار اعمال شد. دور آبیاری ۷ روزه بود. میوه‌های گوجه فرنگی پس از رسیدن به شاخص تجاری در ۶ نوبت و به فاصله ۱۱ روز از هم برداشت



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]

شدند و پس از برداشت، عملکرد و شاخص‌های رشدی بررسی شدند.

ریشه و اندام هوایی بعد از جداسازی با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ وزن شدند، سپس نمونه‌ها در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک و مجدد با ترازو وزن شدند (Shirmohammadi *et al*., 2022; Mardaninejad *et al*., 2013). برای اندازه گیری قطر ساقه، و طول و قطر میوه از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ استفاده شد (Sajjadi *et al*., 2016). برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه در اواخر دوره پس از اینکه بوته‌ها قطع شد، از متر استفاده شد (Shirmohammadi *et al*., 2022). پس از برداشت میوه‌ها به آزمایشگاه منتقل و وزن میوه‌های برداشت شده پس از تمیز کردن بوسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد شد (Sajjadi *et al*., 2016). مجموع میوه‌های برداشت شده از هر بوته در تمامی برداشت‌ها به‌عنوان وزن کل محصول برای آن بوته یادداشت و عملکرد محصول در هر تیمار محاسبه گردید (Bac *et al*., 2017). جهت اندازه‌گیری محتوی نسبی رطوبت برگ (RWC)، ۰/۵ گرم از برگ را به مدت ۲۴ ساعت در شرایط تاریکی و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در آب قرار داده و وزن اشباع و وزن خشک (آون ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Aslani *et al*., 2019):

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

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). میزان غلظت کلرفیل a، b و کل و کاروتنویید برگ به‌وسیله طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر با کمک اسپکتروفتومتری خوانده شد و غلظت کاروتنویید 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 کاروتنوییدها (شامل کاروتن و زانتوفیل) است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با با نرم افزار SPSS 24 و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون توکی با سطح اطمینان ۵ و ۱ درصد انجام شد. برای رسم شکل‌های مربوطه از نرم افزارMicrosoft Excel 2013 استفاده شد. تمام آزمایش‌ها با سه مرتبه تکرار و میانگین و انحراف معیار داده‌ها محاسبه شد.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول‌های ۱ و ۲) 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، میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنویید گوجه فرنگی در سطح ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار بود و همچنین اثر بلوک کشت بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. اما اثر بلوک 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، میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنویید گوجه فرنگی معنی‌دار نبود.



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تاثیر تیمار کود دهی بر صفات فیزیومورفولوژیکی گیاه گوجه فرنگی

Table 1- Analysis of variance (mean squares) for the effects of fertilizer treatments on physiomorphological traits of tomato plants

| منبع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی DF | وزن تر ساقه Stem fresh weight | وزن خشک ساقه Stem dry weight | وزن تر ریشه Root fresh weight | وزن خشک ریشه Root dry weight | ارتفاع بوته Plant height | قطر ساقه Stem diameter | طول میوه Fruit length | قطر میوه Fruit diameter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار Replication | 2 | 1693$^{ns}$ | 474.25$^{ns}$ | 37.315$^{ns}$ | 0.178$^{ns}$ | 40.583$^{ns}$ | 0.028$^{ns}$ | 0.141$^{ns}$ | 0.008$^{ns}$ |
| تیمار Treatment | 3 | 115624.528$^{**}$ | 5613.417$^{**}$ | 1741.256** | 17.250** | 764.083$^{**}$ | 0.457$^{**}$ | 0.637* | 0.328$^{ns}$ |
| خطا Error | 6 | 13185.778 | 589.25 | 70.925 | 0.276 | 22.583 | 0.13 | 0.097 | 0.108 |
| ضریب تغییرات CV (%) | - | 30 | 30.5 | 15.5 | 12.7 | 20.4 | 20.2 | ۷ | ۷ |

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تاثیر تیمار کود دهی بر صفات فیزیومورفولوژیکی گیاه گوجه فرنگی

Table 2- Analysis of variance (mean squares) for the effects of fertilizer treatments on physiomorphological traits of tomato plants

| منبع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی DF | وزن تک میوه Weight of a single fruit | تعداد میوه در بوته Number of fruits | عملکرد میوه در بوته Fruit yield | رطوبت نسبی برگ Leaf relative water content | شاخص کلروفیل Chlorophyll index | کلرفیل a Chlorophyll a | کلرفیل b Chlorophyll b | کلرفیل کل Totall Chlorophyll | کارتنوئید Carotenoid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار Replication | 3 | 614.570* | 95861** | 4169306.514** | 248.299** | 54.161** | 12.84** | 0.935* | 17.759** | 9.27** |
| تیمار Treatment | 2 | 43.339$^{ns}$ | 2.333$^{ns}$ | 140147.404$^{ns}$ | 1.205$^{ns}$ | 9.474* | 0.01$^{ns}$ | 0.025$^{ns}$ | 0.054$^{ns}$ | 0.986$^{ns}$ |
| خطا Error | 6 | 121.711 | 1.111 | 151718.612 | 11.428 | 1.52 | 0.269 | 0.134 | 0.477 | 0.636 |
| ضریب تغییرات CV (%) | - | 12.3 | 14.3 | 24 | 12.6 | 9 | 19 | 9 | 13.8 | 30 |

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

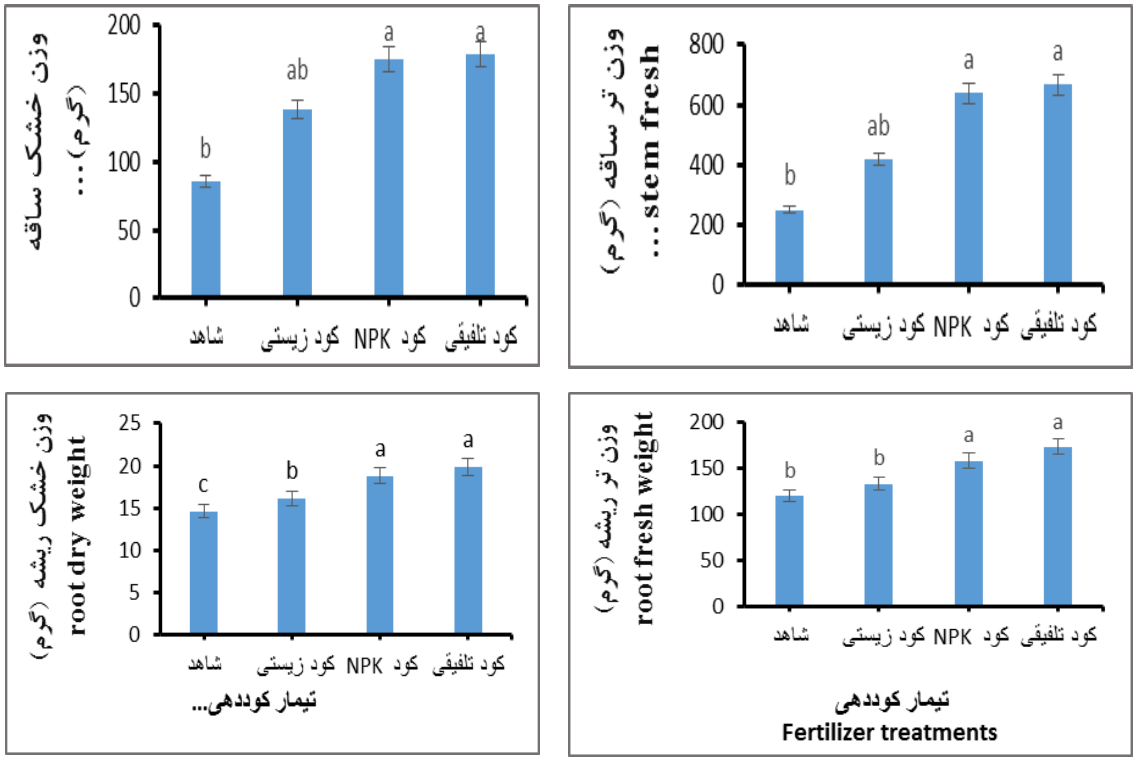


[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]

**وزن تر و خشک اندام هوایی:** مقایسه میانگین اثر کود بر وزن تر و خشک ساقه گوجه فرنگی نشان داد که کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی دارای بیشترین مقدار وزن تر و خشک ساقه به ترتیب برابر با ۶۶۸/۳۳ گرم و ۱۷۸/۳۳ گرم و تیمار شاهد دارای کمترین مقدار وزن تر و خشک ساقه به ترتیب برابر با ۲۵۱/۶۶ گرم و ۸۵/۳۳ گرم را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و در وزن تر ساقه بین تیمار کود تلفیقی، کود زیستی و کود N-P-K و همچنین بین کود زیستی و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در مقدار وزن خشک ساقه بین تیمار کود تلفیقی، کود زیستی و کود شیمیایی و همچنین بین کود زیستی و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱).

**وزن تر و خشک ریشه:** مقایسه میانگین اثر کود بر وزن تر و خشک ریشه گوجه فرنگی نشان داد که کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی دارای بیشترین مقدار وزن تر و خشک ریشه ریشه به ترتیب برابر با ۱۷۳/۷۴ گرم و ۱۹/۸۵ گرم و تیمار شاهد دارای کمترین مقدار وزن تر و خشک ریشه به ترتیب برابر با ۱۲۰/۴۳ گرم و ۱۴/۶۲ گرم را به خود اختصاص دادند و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود. در مقادیر وزن تر ریشه بین تیمار کود تلفیقی و کود N-P-K و همچنین بین کود زیستی و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در مقادیر وزن خشک ریشه بین تیمار کود تلفیقی و کود N-P-K اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱).




شکل ۱- مقایسه میانگین اثر کاربرد تیمارهای کوددهی بر وزن تر و خشک ساقه و وزن تر و خشک ریشه گوجه فرنگی

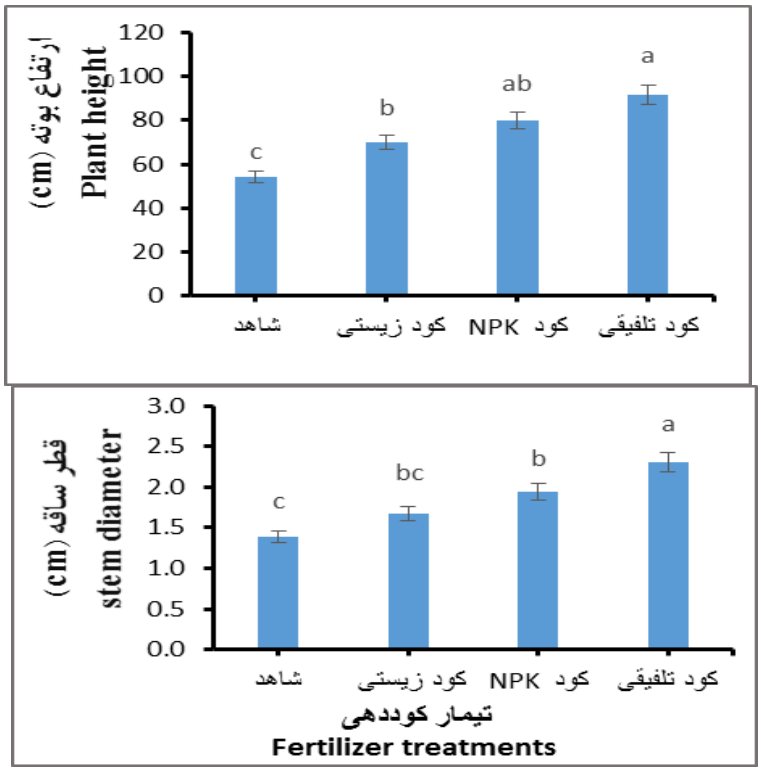
Figure 1- Comparison of the mean effect of fertilizer treatments on fresh and dry weight of stem and root of tomato (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]

**ارتفاع و قطر ساقه:** مقایسه میانگین اثر کود بر ارتفاع و قطر ساقه گوجه فرنگی نشان داد که کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی بیشترین مقدار ارتفاع بوته و قطر ساقه به ترتیب ۹۱ سانتی‌متر و ۲/۳ سانتی‌متر و تیمار شاهد کمترین مقدار ارتفاع بوته و قطر ساقه به ترتیب ۵۴ سانتی‌متر و ۱/۳۹ سانتی‌متر را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود. در مقادیر ارتفاع بوته بین کود N-P-K و کود تلفیقی و همچنین بین کود N-P-K و کود زیستی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در مقادیر قطر ساقه بین تیمار کود زیستی و کود N-P-K اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲).




شکل ۲- مقایسه میانگین اثر کاربرد تیمارهای کوددهی بر ارتفاع بوته و قطر ساقه گوجه فرنگی

Figure 2- Comparison of the mean effect of fertilizer treatments on plant height and stem diameter of tomato (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

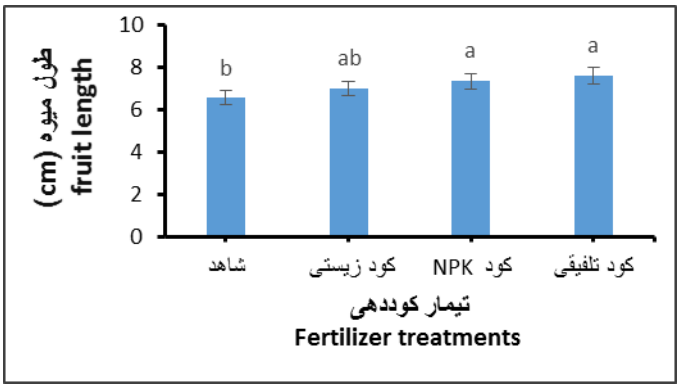
**طول و قطر میوه گوجه فرنگی:** نتایج حاصل از میانگین مربعات جدول ۱ نشان داد که اثر نوع کود بر قطر میوه گوجه فرنگی معنی‌دار نبود ولی بر روی طول میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر کود بر طول میوه گوجه فرنگی نشان داد که کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی بیشترین (۷/۶۲) و تیمار شاهد کمترین طول میوه (۶/۵ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود N-P-K و تلفیق آنها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۳).

**وزن تک میوه:** مقایسه میانگین اثر کود بر وزن تک میوه گوجه فرنگی نشان داد که کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی بیشترین (۱۳۶ گرم) و تیمار شاهد کمترین وزن تک میوه (۱۰۶/۵ گرم) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود N-P-K و تلفیق آنها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]




شکل ۳- مقایسه میانگین اثر کاربرد تیمارهای کوددهی بر طول میوه گوجه فرنگی

Figure 3- Comparison of the mean simple effect of fertilizer treatments on tomato fruit length
(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

**تعداد میوه هر بوته:** مقایسه میانگین اثر کود بر تعداد میوه هر بوته گوجه فرنگی نشان داد که کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی بیشترین (۴۲) و تیمار شاهد کمترین تعداد میوه هر بوته (۲۹) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود تلفیقی و کود N-P-K اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). نتایج تعداد میوه هر بوته در هر برداشت نشان می‌دهد که تعداد میوه بتدریج کاهش یافت (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر کاربرد تیمارهای کودی بر صفات مورفولوژیکی میوه گوجه فرنگی

Table 3- Comparison of the mean simple effect of fertilizer treatments on morphological characteristics of tomato fruits

| تیمارها Tretments | وزن تک میوه Single fruit weight | تعداد میوه در بوته No. of fruits in each plant | تعداد میوه بوته در هر برداشت Number of fruits per harvest per plant | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | اول First | دوم Second | سوم Third | چهارم Forth | پنجم Fifth | ششم Sixth |
| کنترل Control | 106.5±12 b | 29±1 c | 7.6 | 7 | 5.3 | 5 | 2.6 | 1.6 |
| کود زیستی Biofertilizer | 122.9±10ab | 35.3±1.1 b | 10 | 8 | 7 | 5.6 | 3 | 2 |
| کود N-P-K | 137.2±9 a | 39.3±1.5 a | 10.6 | 8 | 7.3 | 6 | 4.3 | 3 |
| کود تلفیقی Combination | 136±8 a | 42±1 a | 12 | 8.3 | 7.6 | 5.6 | 5 | 3.3 |

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

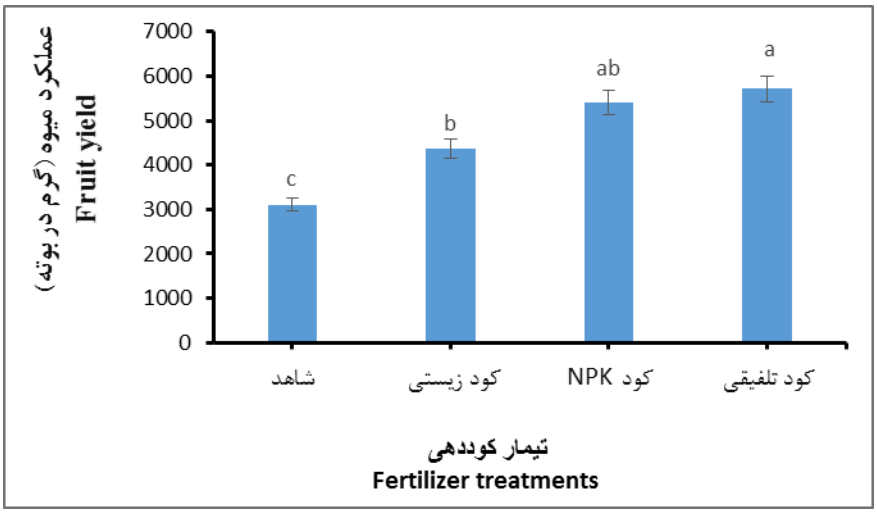
In each column, means with at least one similar letter are not significantly different.

**عملکرد میوه در بوته:** مقایسه میانگین اثر کود بر عملکرد میوه گوجه فرنگی نشان داد که کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی بیشترین (۵۷۱۸/۸۲ گرم در بوته) و تیمار شاهد کمترین عملکرد میوه (۳۱۰۸/۳۱ گرم در بوته) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود N-P-K و همچنین بین کود N-P-K و کود تلفیقی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴).



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]




شکل ۴- مقایسه میانگین اثر کاربرد تیمارهای کوددهی بر عملکرد میوه در بوته گوجه فرنگی

Figure 4- Comparison of the mean simple effect of fertilizer treatments on tomato fruit yield
(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different)

**رطوبت نسبی آب برگ:** مقایسه میانگین اثر کود بر رطوبت نسبی آب برگ گوجه فرنگی نشان داد که کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی بیشترین (۷۶/۴۶ درصد) و تیمار شاهد کمترین رطوبت نسبی آب برگ (۵۷/۰۹ درصد) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود تلفیقی و کود N-P-K اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

**شاخص سبزینگی برگ‌ها:** مقایسه میانگین اثر کود بر شاخص کلروفیل برگ گوجه فرنگی نشان داد که کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی بیشترین (۵۰/۹ اسپد) و تیمار شاهد کمترین شاخص کلروفیل برگ (۴۰/۷۳ اسپد) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود N-P-K اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

**کلروفیل کل:** مقایسه میانگین اثر کود بر میزان کلروفیل کل برگ گوجه فرنگی نشان داد کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی بیشترین (۱۹/۴۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و تیمار شاهد کمترین میزان کلروفیل کل برگ (۱۳/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود N-P-K اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

**کاروتنویید:** مقایسه میانگین اثر کود بر میزان کاروتنویید برگ گوجه فرنگی نشان داد کاربرد تلفیقی کود N-P-K و کود زیستی بیشترین (۷/۳۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و تیمار شاهد کمترین میزان کاروتنویید برگ (۳/۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) را به خود اختصاص داد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار بود و بین تیمار کود زیستی و کود N-P-K و و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

نتایج این مطالعه نشان داد کاربرد کود زیستی در کشت جوی و پشته‌ای گیاه گوجه فرنگی در شرایط مزرعه موجب افزایش قابل توجهی در مقادیر رشد صفات فیزیکومورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، رطوبت نسبی آب برگ، میزان سبزینگی برگ، تعداد میوه، عملکرد میوه در بوته، میزان کلروفیل کل برگ در مقایسه با تیمار شاهد شد و کاربرد نصف کود شیمیایی



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]

پیشنهادی به همراه نصف کود زیستی پیشنهادی در این شرایط نتایج مشابهی تقریبا به اندازه مصرف کود شیمیایی N-P-K در مقادیر رشد صفات فیزیکومورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، رطوبت نسبی آب برگ، میزان کارتنوئید برگ، طول میوه و وزن تک میوه و عملکرد میوه در هر بوته شد. این افزایش در میانگین صفات رویشی و فیزیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی ممکن است بدلیل حضور میکروارگانیسم‌های موجود در کود زیستی باشد که محیط خاک را با رهاسازی مواد مغذی بلوکه شده در خاک برای رشد گیاهان مناسب می‌کنند و همچنین می‌توانند پتانسیل ذاتی خاک را برای مولد بودن از طریق چرخه مواد مغذی و افزایش ذخایر مواد مغذی و کربن در خاک احیا کنند (Khan *et al*., 2017). نتایج مشابه در مطالعات سایر پژوهشگران نیز مشاهده شد. در یک مطالعه کاربرد ریزجلبک *Chlorella vulgaris* روی گیاه گوجه‌فرنگی موجب رشد گیاه شد و در عین حال مانع از رشد انگل نماتد *Meloidogyne arenaria* شد (Choleva *et al*., 2005). در مطالعه دیگر چندین عصاره جلبک اقیانوسی بر روی نهال‌های گوجه‌فرنگی مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج آنها نیز افزایش جوانه‌زنی بذر، رشد گیاه و سرعت جوانه‌زنی را نشان داد (Hernández-Herrera *et al*., 2014; Shariatmadari *et al*., 2011). در یک مطالعه، نتایج بررسی جلبک کلرلامیکرو[1] بر روی گوجه فرنگی نشان دهنده رشد قابل توجه اندام هوایی و ریشه در گیاه گوجه فرنگی بود (Bumandalai and Tserennadmid, 2019). پدیده مشابهی در گیاه خیار نیز مشاهده شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت سوسپانسیون میکروجلبکی، رشد ریشه و جوانه‌زنی بذر خیار افزایش می‌یابد (Abd Elhafiz *et al*., 2015). بنابراین، یکی از دلایل افزایش رشد عصاره جلبک دریایی موجود در این کود زیستی می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کاربرد تیمارهای کودی بر صفات فیزیکوشیمیایی گیاه گوجه فرنگی

Table 4- Comparison of the mean simple effect of fertilizer treatments on physicochemical characteristics of tomatos

| تیمارها<br>Tretments | رطوبت نسبی آب برگ<br>Leaf relative water content (%) | شاخص سبزینگی<br>Chlorophyll index | کلروفیل کل<br>Totall chlorophyll (mg/g FW) | کارتنوئید<br>Carotenoid (mg/g FW) |
|---|---|---|---|---|
| کنترل<br>Control | 57.1±3.1 c | 40.7±3.2 c | 13.4±0.1 c | 3.52±0.7 b |
| کود زیستی<br>Biofertilizer | 64.7±4.4 b | 44.9±0.5 b | 16.1±0.6 b | 3.7±1.2 b |
| کود<br>N-P- | 74.9±2.1 a | 47.1±1 b | 16.3±0.6 b | 5.3±0.6 ab |
| کود تلفیقی<br>Combination | 76.4±1.1 a | 50.8±1.5 a | 19.4±0.8 a | 7.3±0.5 a |

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

In each column, means with at least one similar letter are not significantly different.

۱- Chlorellamicroalga



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]

نتایج این مطالعه همچنین نشان داد سبزینگی برگ گیاه گوجه فرنگی، محتوای کلروفیل کل و کاروتنوئید در تیمار تلفیقی به طور قابل توجهی بالاتر از سایر تیمارها بود (جدول ۴)، که به‌نظر می‌رسد تلفیق تیمارهای کودی توانسته است مقدار کافی مواد مغذی برای گیاهان فراهم کند و بعبارت دیگر، تیمار کود زیستی به همراه تیمار کود شیمیایی، اثر افزایشی بر روی آن داشته است و موجب افزایش میانگین این صفات شده است. همانطوریکه در بخش مواد و روش‌ها شرح داده شد. کود زیستی ارغوان دارای باکتری‌های حل کننده فسفات، پتاسیم، تثبیت کننده ازت و تولید کننده هورمون رشد جیبرلین و ایندول استیک اسید (یک میلیارد در هر میلی‌لیتر) غنی شده با عصاره جلبک دریایی (۱۵درصد) است و ممکن است تمامی این عوامل موجب تقویت رشد رویشی گیاه شوند. این نتایج با نتایج مطالعات دیگر مطابقت دارد. براساس نتایج مطالعات دیگر، سبزی برگ‌ها مستقیماً با جذب نیتروژن (Harman and Shoresh, 2007) و سرعت فتوسنتز (Harman, 2000; Harman and Shoreh, 2007) مرتبط است. در یک مطالعه تلقیح بوته‌های گوجه‌فرنگی با سویه‌های باکتری‌های حل کننده فسفر (PSB) یعنی باسیلوس PSB 24 موجب افزایش پارامترهای رشدی نسبت به شاهد شد و رشد بهتری را در اندام هوایی و همچنین ریشه و افزایش وزن خشک و تر اندام هوایی و ریشه در گیاه گوجه فرنگی نشان داد (Sarsan, 2016).

برخی مطالعات گزارش کردند که استفاده از باکتری‌ها به عنوان کود زیستی می‌تواند رشد گیاه را تحریک کند (Nurlila *et al*., 2020). علاوه بر این، برخی از باکتری‌ها همچنین IAA و سیتوکین‌ها را تولید می‌کنند، تثبیت نیتروژن را افزایش می‌دهند و می‌توانند فسفات را حل کنند (Kuanat *et al*., 2016). این عوامل در طول رشد نقش مثبتی بر شروع رشد رویشی گیاهان دارد (Nurlila *et al*., 2020; Vakili-Ghartavol *et al*., 2023). در مطالعه‌ای ویژگی‌های رشدی ارتفاع بوته، تعداد برگ و تعداد شاخه‌ها در غده‌های سیب‌زمینی پس از تلقیح با *Bacillus Megaterium* var. Phosphaticum 002E به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Zaghloul, 2019). از طرف دیگر گزارش شده است که میکروارگانیسم های تثبیت کننده نیتروژن، فعالیت‌های میکروبیولوژیکی خاک را بهبود می‌بخشد. از این رو، گیاهان رشد و عملکرد بهتری را نشان می‌دهند. این میکروارگانیسم‌ها همچنین هورمون‌ها و برخی عوامل رشد دیگر را تولید می‌کنند که برای رشد و نمو گیاه مورد نیاز هستند (Kumar and Kumar, 2019). همچنین گزارش شده است شروع و کشیدگی طول ریشه موئین یکی از بهترین فنوتیپ‌های مرتبط با اکسین است (Cho and Cosgrove, 2002; Overvoorde *et al*., 2010). مقدار بالای IAA باعث تشکیل ریشه‌های جانبی و کاهش طول ریشه اولیه و افزایش رشد ریشه موئین می‌شود (Vacheron *et al*., 2013). حفظ کمیت و کیفیت فراورده‌های کشاورزی برای تغذیه جمعیت و صادرات اقتصادی ضروری است. استفاده از کودهای زیستی راه حلی پایدار برای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی است (Ajmal *et al*., 2018). بنابراین، میکروارگانیسم‌های موجود در کود فواید متعددی را به همراه دارند که وقتی روی دانه‌ها، سطوح گیاهی یا خاک اعمال می‌شوند، ریزوسفر یا داخل گیاه را مستعمره می‌کنند و با افزایش در دسترس قرار دادن مواد مغذی به گیاه میزبان، رشد را تقویت می‌کنند و به بهبود حاصلخیزی خاک هم کمک می‌کنند (Htwe *et al*., 2019).

## نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش، استفاده از کود زیستی غنی شده با عصاره جلبک دریایی و میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده ازت اتمسفر و رهاسازی یون‌های پتاسیم و فسفات از ترکیبات نامحلول به همراه کودهای شیمیایی NPK موجود سبب افزایش عملکرد گیاهان شد. بنابراین، کاربرد کود زیستی ممکن است کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش دهد و استفاده از کودهای



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]

زیستی نقش مهمی در بهبود تامین مواد مغذی، کربن آلی، تجمع آنزیم‌های خاک، بهره‌وری آینده، بازتاب مستقیم بر شاخص حاصلخیزی خاک، اقتصاد کشاورزان، حفظ پایداری در اکوسیستم خاک طبیعی و در دسترس بودن محصولات سبزیجات در سال‌های آینده دارد. بنابراین می تواند به عنوان یک روش مفید در کشاورزی پایدار در نظر گرفته شود.

## منابع


Abd Elhafiz A., Abd Elhafiz A., Gaur S. S., Hamdany N., Osman M., Lakshmi T. R. 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.

Aguilera E., Lassaletta L., Sanz-Cobena A., Garnier J., Vallejo A. 2013. The potential of organic fertilizers and water management to reduce $N_2O$ emissions in Mediterranean climate cropping systems. A review. Agriculture Eosystems and environment, 64 (1): 32-52 .

Aires A., Carvalho R., Rosa E.A., Saavedra M.J. 2013. Effects of agriculture production systems on nitrate and nitrite accumulation on baby-leaf salads. Food Science and Nutrition, 1 (1): 3-7 .

Ajmal M., Ali H. I., Saeed R., Akhtar A., Tahir M., Mehboob M. Z., Ayub A. 2018. Biofertilizer as an alternative for chemical fertilizers. Journal of Agriculture and Allied Sciences, 7 (1): 1-7.

Aslani Sh., Barzegar T., Nikbakht J. 2019. Effect of humic acid on physiological and biochemical indices and yield of tomato under deficit irrigation. Journal of Crops Improvement, 21 (2): 221-232. (In Persian).

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

Boerzhijin S., Makino Y., Hirai M.Y., Sotome I., Yoshimura M. 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.

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

Burger M., Venterea R.T. 2011. Effects of nitrogen fertilizer types on nitrous oxide emissions. Understanding Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Management. ACS Symposium Series, 179-202.

Chan T.Y. 2011. Vegetable-borne nitrate and nitrite and the risk of methaemoglobinaemia. Toxicology Letters, 200: 107-108.

Cho H.T., Cosgrove D.J. 2002. Regulation of root hair initiation and expansin gene expression in arabidopsis. The Plant Cell, 14 (12): 3237-3253.

Choleva B., Bileva T., Tzvetkov Y., Barakov P. 2005. Preliminary study of the green algae chlorella (*Chlorella vulgaris*) for control on the root-knot nematode (*Meloidogyne arenaria*) in tomato plants and ectoparasite Xiphinema indexin grape seedlings. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 70 (4): 915-926.

Dong M ,.Zhao M., Shen Z., Deng X., Ou, Y., Tao C., Shen Q. 2020. Biofertilizer application triggered microbial assembly in microaggregates associated with tomato bacterial wilt suppression. Biology and Fertility of Soils, 56 (4): 551-563.

Dumas Y., Dadomo M., Di Lucca G., Grolier P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidantcontent of tomatoes. Journal of the Science of Food and


[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]

Agriculture, 83 (5): 369-382.

FAO. 2020. Tomato Production. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize .

Galloway J.N., Aber J.D., Erisman J.W., Seitzinger S.P., Howarth R.W., Cowling E.B., Cosby B.J. 2003. The nitrogen cascade. Bioscience, 53 (4): 341-356.

Harman G.E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on Trichoderma harzinum T-22. Plant Disease, 84 (4): 377-393.

Harman G.E., Shoresh M. 2007. The mechanisms and applications of symbiotic opportunistic plant symbionts. Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management, 131-155.

Hernández-Herrera R.M., Santacruz-Ruvalcaba F., Ruiz-López M.A., Norrie J., Hernández-Carmona G. 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of applied phycology, 26 (1): 619-628.

Htwe A.Z., Moh S.M., Soe K.M., Moe K., Yamakawa T. 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 .

Khan M.Y., Haque M.M., Molla A.H., Rahman M.M., Alam M.Z. 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.

Khan S., Mulvaney R., Ellsworth T., Boast C. 2007. The myth of nitrogen fertilization for soil carbon sequestration. Journal of Environmental Quality, 36 (6): 1832-1821.

Kuan K.B., Othman R., Abdul Rahim K., Shamsuddin Z. H. 2016. Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation to enhance vegetative growth, nitrogen fixation and nitrogen remobilisation of maize under greenhouse conditions. PloS one, 11 (3): e0152478.

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

Ma J., Li X., Xu H., Han Y., Cai Z., Yagi K. 2007. Effects of nitrogen fertiliser and wheat straw application on CH4 and N2O emissions from a paddy rice field. Soil Research, 45 (5): 359-367.

Mardani Nejad, Zare Abianeh, Tabatabaei, Mohammad Khani, Abdurrahman. 2013. The effect of different amounts of soil water on the root development of bell pepper plants. Water Research in Agriculture, 27 (2): 241-254. (In Persian).

Nurlila R.U., Bahrun A., Sutariati G.A., La Fua J. 2020. Effect of indigenous biofertilizer treatment as growth promote on the vegetative growth of tomato. International Journal of Science and Technology Research, 9 (2): 1015-18.

Overvoorde P., Fukaki H., Beeckman T. 2010. Auxin control of root development. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 2 (6): 001537.

Radkowski A. 2013. Leaf greenness (SPAD) index in timothy-grass seed-plantation at different doses of titanium foliar fertilization. Ecological Chemistry and Engineering A, 20 (2).

Rembiałkowska E. 2007. Quality of plant products from organic agriculture. Journal of the Science of Food and Agriculture, 87 (15): 2757-2762.

Sajjadi F., Sharifan Hazarjaribi A.b., Ghorbani Nasrabad Q. 2016. Effect of salinity stress and overwatering on yield and yield components of green pepper. Water Management and Irrigation, 6 (1): 89-100. (In Persian).

Sarsan, S. 2016. Effect of phosphate solubilising bacteria bacillus psb24 on growth of tomato plants. International Journal of Current Microbiology and Applied Science, 5 (7): 311-320 .

Shirmohammadi, Sadaqat Far, Hijazi, Rahanedeh. 2022. Control of rhizoctonia root rot disease of

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]

sweet pepper in greenhouse using chemical and biological fungicides. Applied Herbal Medicine, 11 (1): 19-27. (In Persian).

Simpson R.J., Oberson A., Culvenor R.A., Ryan M.H., Veneklaas E.J., Lambers H., Smith F.A. 2011. Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. Plant and Soil, 349 (1): 89-120.

Vacheron J., Desbrosses G., Bouffaud M.L., Touraine B., Moënne-Loccoz Y., Muller D., Prigent-Combaret C. 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. Frontiers in Plant Science, 4: 356.

Vakili-Ghartavol M., Babaei K., Karimi M. 2023.The effect of Arghavan biofertilizer on physiological, biochemical and yield parameters of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Iranian Journal of Plant and Biotechnology, 18 (3): 41-51. (In Persian).

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

Zaghloul R.A. 2002. Biofertilization and organic manuring efficiency on growth and yield of potato plants (*Solanum tuberosum* L.). Department of Botany, Faculty of Agriculture, Moshtohor Zagazig University Banha Branch, Egypt, 70-94.

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-02-16 ]

[ DOI: 10.22034/arpe.9.17.87 ]