

تأثیر تغذیه کودی (زیستی، نانو و شیمیایی) بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی عروسک پشت پرده (*Physalis peruviana* L.)

The effect of fertilizer nutrition on morphophysiological characteristics of *Physalis peruviana* L.

احمد الفت^۱، محبوبه ناصری^{۱*}، حسین آرویی^۲

۱. گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت حیدریه، (نگارنده مسئول).
۲. دانشیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۷ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/mpt.2025.369965.1195

چکیده

الفت، ا.، ناصری، م.، آرویی، ح.، . تأثیر تغذیه کودی (زیستی، نانو و شیمیایی) بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی عروسک پشت پرده (*Physalis peruviana* L.)

نشریه علمی فناوری و گیاهان دارویی ایران، دوره ۷- شماره ۱- پیاوند ۱۲- بهار و تابستان ۱۴۰۳ صفحه: ۶۸-۸۱

عروسک پشت پرده (*Physalis peruviana* L.) گیاه دارویی مهم و از خانواده Solanaceae است. به منظور بررسی تأثیر تغذیه کودی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه، آزمایشی مزرعه‌ای با هشت تیمار و سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (بدون استفاده از کود)، کود شیمیایی NPK، کود نانو بیومیک، کود زیستی فولزایم پلاس‌اس‌پی، کود شیمیایی + کود زیستی فولزایم، کود نانو بیومیک + کود زیستی فولزایم، کود شیمیایی + کود نانو بیومیک و کود زیستی فولزایم + کود نانو بیومیک + کود زیستی فولزایم بودند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن و تعداد میوه، کلروفیل b و ویتامین ث در تیمار تلفیقی سه ترکیب کودی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با شاهد و سایر تیمارها داشتند. به‌طور کلی، استفاده تلفیقی و هم‌زمان از کودهای زیستی، نانو و شیمیایی در زمان مناسب، علاوه بر افزایش حاصلخیزی خاک، نسبت به کاربرد هر کدام به‌تنهایی، به حفظ محیط‌زیست و افزایش عملکرد کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: بیومیک، عروسک پشت پرده، عملکرد میوه، عناصر غذایی، کود زیستی، *Physalis peruviana* L.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: Email: m.naseri@torbath.ac.ir

مقدمه

عروسک پشت پرده (*Physalis peruviana* L.)، نوعی گیاه دارویی از خانواده بادنجانیان (Solanaceae) و یکی از گونه‌های تجاری مهم از جنس *Physalis* است. میوه این گیاه به تازگی در بسیاری از کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری و همچنین در اروپا، آسیا، آفریقا و آمریکا محبوبیت پیدا کرده است (Thuy et al., 2020). میوه‌های این گیاه کوچک، براق، نارنجی روشن، خوش طعم و لطیف هستند (Puente et al., 2011). محبوبیت روزافزون میوه عروسک پشت پرده به دلیل چندین عامل از جمله ظاهر جذاب، طعم و عطر مطبوع، ترکیب شیمیایی ارزشمند و مزایای تغذیه‌ای، بیولوژیکی، عملکرد بالا و سوددهی کشاورزان است. این میوه حاوی مواد مغذی گیاهی و ترکیبات زیست فعال مختلفی است که آن را تبدیل به یک غذای عالی می‌کند و فعالیت‌های ضد دیابت، ضد کلسترول، محافظت از کبد، ضد التهاب، تعدیل کننده ایمنی، آنتی اکسیدان آن ثبت شده است (Yildiz et al., 2015). این میوه منبعی غنی از ویتامین‌ها، مواد معدنی، کاروتنوئیدها، پلی فنل‌ها، فیتواسترول ها، کربوهیدرات‌های احیا کننده، پکتین و سایر پلی ساکاریدها است (Yildiz et al., 2015).

تغذیه مناسب گیاهان یک پیش نیاز ضروری برای تولید محصول است. عملکرد محصول به شدت به دخالت عناصر درشت مغذی (ازت، فسفر، پتاسیم، گوگرد، کلسیم و منیزیم) و ریزمغذی‌ها (بور، آهن، مس، روی، منگنز و کلر) در خاک وابسته است (FAO, 2015).

کودها مواد مغذی مورد نیاز گیاهان را برای رشد سالم و عملکرد بهتر فراهم می‌کنند. در سال‌های اخیر، استفاده گسترده از کودهای شیمیایی به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی، هزینه‌های تولید را برای کشاورزان افزایش داده است. مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی در بلندمدت علاوه بر تأثیرات منفی بر تعادل اکولوژیکی مانند آلودگی آب‌های زیرزمینی، فرسایش خاک، کاهش کیفیت خاک و آلودگی هوا، می‌تواند به سلامت انسان نیز آسیب برساند (Fasusi et al., 2021). به دلیل واکنش پذیری بالای نانومواد، آن‌ها با کودها ترکیب پذیری خوبی دارند که این برهم کنش مثبت، منجر به جذب بهتر و مؤثر عناصر غذایی برای گیاهان می‌شود (Prasad et al., 2017). برای گیاهان با اندازه کوچک و واکنش پذیری بیشتر، فراهمی زیستی مواد مغذی را بهبود می‌بخشند. کودهای زیستی شامل میکروارگانیسم‌هایی هستند که قادر به بالا بردن حاصلخیزی خاک، افزایش رشد گیاه و عملکرد محصول هستند. کودهای زیستی با در اختیار قرار دادن مواد مغذی به خاک یا به صورت مستقیم جذب شده و یا به سرعت توسط گیاهان به اشکال قابل جذب تبدیل می‌گردند (Mehrafarin et al., 2012). اثر کودهای زیستی در میزان باردهی، کیفیت محصول و کاهش میزان کودهای شیمیایی مورد مصرف انگور (*Vitis vinifera*) گزارش شده است. پنج میلی لیتر کود زیستی و هیومیک در بوته باعث افزایش وزن حبه در انگور شد. افزایش در وزن حبه تحت تأثیر کودهای زیستی

در مقایسه با هیومیک اسید بیشتر بود، اما کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی و هیومیک اسید وزن حبه در انگور را نسبت به کاربرد تنهایی آن‌ها بیشتر افزایش داد (Ahmed et al., 2013). مطالعات متعددی در سال‌های اخیر درباره تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و عملکرد عروسک پشت پرده در شرایط محیطی مختلف منتشر شده‌اند (Syropoulou et al., 2022). در مطالعه‌ای میدانی، تأثیر کودهای ارگانیک (خاک هوموسی با چرخه زیستی) و شیمیایی مقایسه شد؛ کود شیمیایی بهبود بیشتری در بیشتر شاخص‌های رشد و عملکرد داشت، در حالی که کود ارگانیک ارتفاع گیاه و اندازه میوه را افزایش داد. اختلاف معنی‌داری بین این دو روش کوددهی مشاهده نشد. کود ارگانیک به عنوان جایگزینی پایدار برای کودهای شیمیایی توصیه شد. اما اطلاعات جامعی درباره تأثیر هم‌زمان کودهای زیستی و نانو وجود ندارد؛ بنابراین، این پژوهش به منظور تکمیل این کمبود و بررسی اثرات گسترده‌تر کودها بر رشد و عملکرد عروسک پشت پرده انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر انواع کودها (زیستی، نانو و شیمیایی) بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی عروسک پشت پرده به صورت آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای کودی آزمایش شامل (A) شاهد (بدون استفاده از کود)، (B) کود شیمیایی (NPK، C) کود نانو بیولوژیک هیومیک (حاوی میکروارگانسم‌های تثبیت کننده ازت

و حل کننده فسفات و ریزمغذی‌های آهن، روی، مولیبدن، منیزیم، کلسیم)، (D) کود زیستی دومانظوره فولزایم پلاس‌اس پی "FPS" (حاوی باکتری‌های *Bacillus subtilis*) و *Pseudomonas putida* (BD) کود زیستی FPS + کود شیمیایی (NPK، CD) کود زیستی FPS + کود نانو (بیومیک)، (BC) کود نانو (بیومیک) + کود شیمیایی NPK و (BCD) کود زیستی FPS + کود شیمیایی NPK + کود نانو (بیومیک) بودند. این آزمایش در ابتدا در گلخانه ای در خراسان رضوی، شهرستان مشهد در بهار و تابستان سال ۱۴۰۰ اجرا شد. بذر عروسک پشت پرده واریته پروویانا تولید کشور آلمان از شرکت مسترسید (Mr.Seed) واقع در کرج تهیه شد. کود دومانظوره بیولوژیک FPS از کودهای باکتریایی است که در هر گرم آن حداقل $10^{10} \times 2$ کلونی باسیلوس سوبتیلیس و سودونوماس پوتیدا وجود دارد مقدار مصرف این کود براساس توصیه شرکت واردکننده (شرکت بازرگان کالا) به مقدار یک کیلوگرم در هکتار همراه با آبیاری بود و تیمار بعدی کود نانو زیستی بیومیک حاوی آهن (۷ درصد)، روی (۲ درصد)، منگنز (۱/۵ درصد)، مولیبدون (۰/۲ درصد)، بور (۰/۱ درصد)، مواد آلی (۲۰ درصد) و کربن آلی (۱۳ درصد) ساخت شرکت بیوزر که مقدار مصرف این کود طبق توصیه شرکت تولیدکننده به مقدار ۱/۵ کیلوگرم در هکتار همراه با آبیاری بود. کود شیمیایی ۲۰-۲۰-۲۰ NPK باواریا ساخت شرکت پلنتا آلمان (PLANTA)، حاوی عناصر اصلی و ریزمغذی حاوی آهن (۱۰۰۰ پی‌پی‌ام)، منگنز

به صورت کود آبیاری در دو مرحله در طی دوره رشد گیاه به شرح زیر استفاده شد. مرحله اول اعمال تیمار کودی دو هفته پس از انتقال بوته به زمین و در زمان تشکیل اولین جوانه های گل و مرحله دوم در زمان تشکیل میوه با مقادیر ذکر شده انجام گردید.

چهار ماه بعد از انتقال گیاهان به زمین اصلی، صفات رویشی مانند ارتفاع گیاه، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی اندازه گیری شدند. وزن خشک اندام های هوایی پس از جدا کردن بخش های هوایی گیاه از ریشه ها، با استفاده از هر تکرار سه گیاه انتخاب و ارتفاع گیاه، تعداد برگ و وزن تر اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک گیاه، ابتدا نمونه ها در دستگاه خشک کن با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند تا به وزن ثابت خشک برسند. سپس وزن آن ها با ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم ثبت گردید.

اندازه گیری رنگ دانه های فتوسنتزی

اندازه گیری میزان کلروفیل برگ های گیاه، چهار ماه پس از انتقال به زمین اصلی، برای سنجش میزان کلروفیل ها و کارتنوئیدها با استفاده از روش (Lichtenthaler 1987) انجام شد.

تعداد و وزن میوه

تعداد میوه ها در طی ۴ دوره برداشت میوه شمارش گردید. جهت محاسبه وزن میوه از هر کرت پنج میوه برداشت و با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن و میانگین آن ها به عنوان وزن هر میوه ثبت گردید. مجموع وزن

(۵۰۰ پی پی ام)، روی (۲۰۰ پی پی ام)، مس (۵۰۰ پی پی ام)، مولیبدن (۱۰۰ پی پی ام)، بور (۲۰۰ پی پی ام) به صورت کلات های EDTA قابل مصرف از طریق آب آبیاری به مقدار دو کیلوگرم در هکتار بود. در این آزمایش بذور در داخل سینی های کشت تویی (۱۴۴ تایی) به شکل گرد و با قطر دهانه دو سانتیمتر و حجم ۱۷۲۸ سانتیمتر مکعب و در بستری شامل ۵۰ درصد پیت ماس، ۴۰ درصد کوکوپیت و ۱۰ درصد ماسه (به صورت حجمی) کشت شدند. در طول آزمایش دمای حداقل و حداکثر گلخانه ۲۰ و ۳۵ درجه سانتی گراد بود و روشنایی مورد نیاز گیاه با تابش طبیعی نور آفتاب در زیر پوشش پلاستیکی گلخانه تأمین شد. گیاهان در تمام مدت زمان رشد و نمو به یک اندازه آب، نور و هوا دریافت نمودند. قبل از انجام آزمایش، از زمین مورد نظر نمونه خاک تهیه و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه گیری شد (جدول ۱).

در مرحله بعد نشاهای تویی به گلدان هایی با عرض دهانه ۸ سانتیمتر و ارتفاع ۱۰ سانتیمتر انتقال داده شدند. بستر مورد استفاده در این گلدان ها شامل ۷۰ درصد خاک و ۱۰ درصد پرلیت و ۲۰ درصد ماسه (به صورت حجمی) بود. بعد از آماده سازی، پیاده کردن طرح و نقشه آزمایش در زمین (حدود ۳ ماه بعد از انتقال نشاء به گلدان) گیاهان به زمین اصلی با فاصله ردیف ها از هم ۱۰۰ سانتی متر و فاصله کاشت هر گیاه روی ردیف ۵۰ سانتی متر منتقل شدند. زمان آغاز تیمارهای آزمایش دو هفته بعد از انتقال گیاهان به زمین اصلی بود. اعمال تیمارها

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

هدایت الکتریکی (Ds/m)	PH	نیتروژن (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	ماده آلی (%)	کربن آلی (%)	آهک (%)	لای (%)	رس (%)	شن (%)	بافت خاک
۰/۳۱	۷/۹۵	۰/۰۱۹	۲/۴	۱۳۰	۰/۲۹	۰/۱۷۲	۱۵/۱۷	۴۲	۲۲	۳۶	لومی سیلتی

میوه‌ها به عنوان عملکرد کل در نظر گرفته شد.

اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

اندازه گیری میزان اسید آسکوربیک در میوه عروسک پشت پرده در زمان رسیدگی کامل میوه و آماده برداشت با روش تیتراسیون انجام شد (Barakat et al., 1973).

آنتوسیانین

به منظور اندازه گیری محتوای آنتوسیانین کل، ۰/۱ گرم از بافت تر میوه وزن و با ۱۰ میلی لیتر متانول اسیدی مخلوط شد. نمونه آماده شده به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. سپس جذب نمونه به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه گیری و مقدار آنتوسیانین کل بر حسب مول بر گرم محاسبه شد (Khoo et al., 2011).

تجزیه و تحلیل آماری

داده های جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار Minitab آنالیز شد و مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. شکل ها نیز با نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

طبق نتایج تجزیه واریانس نوع کود بر همه

صفات از نظر آماری معنی دار بود (جدول ۲).

ارتفاع گیاه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها، تیمار کود زیستی (D)، بیشترین میزان ارتفاع گیاه (۱۷۶/۷ سانتی متر) را با ۴۰ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (۱۲۵/۸ سانتی متر) به خود اختصاص داد و بعد از آن تیمار کود نانو بیومیک (C) (6/157 سانتی متر) ۲۵ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (۱۲۵ سانتی متر) از خود نشان داد. در مورد افزایش ارتفاع گیاه در پاسخ به تیمار کودهای زیستی می تواند ناشی از افزایش جذب نیتروژن، فسفر و به دنبال آن افزایش فرآیندهای تقسیم سلولی، افزایش ساخت کلروفیل و بالا رفتن فتوسنتز گیاه باشد که نتیجه آن افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته است. نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش های Hazarika و همکاران (۲۰۰۲)، در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) و Azzaz و همکاران (۲۰۰۹)، در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) مطابقت دارد. این افزایش در رشد رویشی ممکن است به افزایش دسترسی به مواد مغذی در دوره های حیاتی رشد، سنتز بیشتر کربوهیدرات ها و جابه جایی، بهبود وضعیت آب گیاهان و افزایش فعالیت نترات ردوکتاز نسبت داده شود (Gou

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد عروسک پشت پرده

منابع	درجه	تعداد	شاخص	وزن تر هوایی	وزن خشک	ارتفاع گیاه	عملکرد بوته
تغییرات	آزادی	برگ	کلروفیل	(g)	هوایی	(cm)	
			(SPAD)		(g)		
تکرار	۲	۲۱۱۹*	۰/۵۰۰۸ *	۱۰۷۷۳*	۴۳۹*	۸۴/۹*	۱/۴۱۵*
کود	۷	۱۱۵۸۳۱۵*	۴۷/۹۰۵۰ *	۵۱۲۳۰۰۵*	۲۲۱۴۶۴*	۱۳۱۲۰/۲*	۳۱۰/۵۵۱*
خطا	۱۴	۲۸۸۰	۱۶/۶۱۲۵	۱۷۳۵۲	۶۰۴	۲۶۸/۶	۳۴/۹۴۳
%CV		۱۰/۲۰	۹/۶۹	۱۰/۷۳	۱۰/۱۷	۱۲/۳۹	۲۳/۴۲

(et al., 2020).

تعداد برگ

نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از تیمارهای ترکیبی کودها، به‌ویژه تلفیق کودهای شیمیایی، نانو کودها و کودهای زیستی، تأثیر قابل‌توجهی بر افزایش تعداد برگ‌ها در گیاهان داشته است (جدول ۱). به طور مشخص، تیمار تلفیقی کودها با میانگین ۱۰۱۴/۶ عدد برگ، افزایش چشمگیر ۴۳۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد با ۱۸۸ عدد برگ را به همراه داشته است. همچنین، تیماری که نانو کود و کود زیستی را ترکیب کرده بود، با ۶۰۵/۶ عدد برگ، ۲۲۲ درصد افزایش نسبت به شاهد داشته است. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده همزمان از کودهای زیستی و نانو کودها همراه با کودهای شیمیایی می‌تواند به نحو مؤثری رشد گیاه را تحریک کند. کودهای زیستی معمولاً شامل میکروارگانیسم‌هایی هستند که با بهبود ساختار خاک، تثبیت نیتروژن و افزایش دسترسی گیاه به مواد مغذی، رشد ریشه و ساقه را تسهیل می‌کنند. نانو کودها نیز به دلیل اندازه کوچک ذراتشان، جذب بهینه مواد

مغذی را افزایش می‌دهند و می‌توانند به طور هدفمندتر به گیاه منتقل شوند (Chaudhary et al., 2022). افزایش رشد ریشه‌ها باعث تقویت ریشه در جذب آب و مواد مغذی از خاک شده و در نتیجه گیاه توانایی بهتری برای مقابله با تنش‌های زیستی (مانند حمله بیماری‌ها و آفات) و غیرزیستی (مانند خشکسالی و شوری) پیدا می‌کند. جذب بهتر مواد مغذی و افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها در برگ‌ها نیز به رشد بیشتر سلول‌ها و تقسیم سلولی کمک می‌کند که نتیجه‌ی آن افزایش تعداد برگ‌ها و بهبود نمای فیزیولوژیکی گیاه است (Ghafarinejad et al., 2019).

وزن تر و خشک اندام هوایی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، کاربرد کودها بر وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه عروسک پشت پرده معنی دار است (جدول ۲). با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها، در تیمارهای تلفیقی، بالاترین مقادیر وزن تر ساقه (۲۱۳۹ گرم) با ۳۲۶ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (۵۰۲ گرم) مشاهده شد. استفاده تلفیقی کودهای شیمیایی با نانو کود بیومیک

(۱۴۹۰ گرم) و استفاده از کود زیستی (۱۲۲۸ گرم) نیز منجر به افزایش وزن تر گردید و تفاوت آن با کاربرد به تنهایی تیمار کود شیمیایی (۷۷۵ گرم) معنی دار بود. کودهای زیستی همراه با کودهای شیمیایی و نانو به تکثیر ریشه‌ها کمک می‌کنند این امر باعث جذب بهتر مواد مغذی و تجمع کربوهیدرات در برگ‌ها شده و در نتیجه رشد و تعداد برگ‌ها افزایش می‌یابد. در ارتباط با وزن خشک اندام هوایی، کاربرد تلفیقی تیمارها بالاترین مقادیر وزن خشک (۴۲۶ گرم) را با ۳۶۰ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (۹۲ گرم) مشاهده شد. کاربرد تلفیقی کود نانوبیومیک با کود زیستی (۲۸۴ گرم) بر کاربرد کود زیستی به تنهایی (۲۸۳ گرم) و تیمار تلفیقی دو کود شیمیایی و زیستی (۳۳۳ گرم) برتری داشت؛ اما از نظر آماری این سه تیمار تفاوت معنی داری با هم نداشتند. این نتایج با یافته های Ordookhani و همکاران (۲۰۱۱) و Veisani و همکاران (۲۰۱۲) در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) Pourhadi (۲۰۱۱) در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) و در گیاه گوجه‌فرنگی با نتایج Vakili-Ghartavo و همکاران (۲۰۲۴) مطابقت دارد.

رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی

اثر کاربرد کودهای مختلف بر میزان کلروفیل a از نظر آماری معنی دار نبود (جدول ۳)، اما نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مربوط به کلروفیل a نشان داد بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به کاربرد ترکیبی دو کود نانو بیومیک و کود زیستی (۱/۰۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) بود. کمترین میزان کلروفیل a نیز متعلق به شاهد

(۰/۷۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) بود. این نتایج با یافته های Abbasi و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد. بیشترین میزان کلروفیل b مربوط به کاربرد تلفیقی تیمارها (۰/۲ میلی گرم بر گرم وزن تر) که ۴۰۰ برابر نسبت به تیمار شاهد بود که با سایر تیمارها نیز اختلاف معنی داری داشت. افزایش مقدار کلروفیل در این تیمار می‌توان به تأمین بهتر عنصر نیتروژن نسبت داد و به دلیل شرکت نیتروژن در ساختار کلروفیل، ارتباط مثبت و معنی داری بین نیتروژن برگ و مقدار کلروفیل آن وجود دارد (Muhammad et al., 2022).

براساس جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین کلروفیل کل (۱/۵۵ میلی گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار ترکیبی نانو بیومیک + کود زیستی با ۵۰ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (۱/۰۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) بود و با سایر تیمارها نیز اختلاف معنی داری داشت. تیمار شاهد با میزان ۱/۰۳ میلی گرم بر گرم وزن تر کمترین میزان کلروفیل کل را در مقایسه با سایر تیمارها داشت. به نظر می‌رسد که اثر کودهای زیستی و نانو بر افزایش کلروفیل کل از طریق مهیا کردن جذب نیتروژن و در نهایت افزایش دادن نیتروژن برگ انجام شده باشد؛ زیرا نیتروژن هم باعث فراهمی پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست می‌گردد (Fayek et al., 2011). Basra و همکاران (۲۰۱۴) نیز با بررسی کاربرد توام کودهای زیستی و نیتروژن و فسفر در گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) نتیجه گرفتند که کاربرد تلفیقی این نوع کودها به دلیل تأمین عناصر لازم در طی رشد گیاه، موجب

افزایش کلروفیل و بهبود فرایندهای فتوسنتزی در گیاه گردیده که این نتیجه با یافته‌های ایشان مطابقت دارد. بیشترین کارتنوئید مربوط به تیمار کودی بیومیک (۳۲ میلی گرم بر گرم وزن تر) و تیمار ترکیبی کود زیستی + کود نانو بیومیک (۳۲ میلی گرم بر گرم وزن تر) با ۱۵ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (۰/۲۸ میلی گرم بر گرم وزن تر) و کمترین میزان (۰/۱۸ میلی گرم بر گرم وزن تر) نیز مربوط به کود شیمیایی + کود نانو بیومیک بود. از آنجایی که هر مولکول کاروتنوئید یک زنجیره بلند هیدروکربنی اشباع نشده است؛ لذا نیتروژن نقش اساسی در ساختار آن ایفا می‌کند (Merhan, 2017)، در نتیجه به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای شیمیایی (وجود نیتروژن) و کودهای زیستی (تأثیر در فسفر در خاک)، از طریق افزایش جذب نیتروژن موجب افزایش میزان کاروتنوئید در گیاه عروسک پشت پرده شده است. از آنجایی که کودهای زیستی در طول دوره رشد از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش pH، نیتروژن بیشتری را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار می‌دهند، به طور کلی کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی موجب فراهمی بهتر عناصر غذایی مختلف از جمله نیتروژن برای گیاه می‌گردد و در نهایت افزایش نیتروژن در گیاه باعث افزایش میزان کارتنوئید می‌شود (Han et al., 2007).

خصوصیات میوه

طبق نتایج تجزیه واریانس، تیمارهای کودی بر عملکرد میوه و تعداد میوه و وزن میوه از نظر آماری موثر بودند (جدول ۴). طبق نتایج

این پژوهش عملکرد بوته عروسک پشت پرده در تیمار کودی ترکیبی شیمیایی + بیومیک + فولزایم پلاس (۱۴/۶۸ کیلوگرم در هر بوته) به طور قابل توجهی بیشتر از سایر تیمارها بوده است، درحالی که کمترین عملکرد در تیمار بیومیک (۱/۸۶ کیلوگرم)، کود شیمیایی (۲/۳۳ کیلوگرم) و تیمار شاهد (۴/۰۷ کیلوگرم) مشاهده شده است. این افزایش عملکرد در تیمار ترکیبی را می‌توان به اثرات هم‌افزایی کودهای مختلف نسبت داد. کود شیمیایی تأمین‌کننده عناصر غذایی پایه است، کود بیومیک با فعال‌سازی میکروارگانیسم‌های مفید خاک، جذب مواد مغذی و سلامت خاک را بهبود می‌بخشد و فولزایم پلاس شامل اسیدهای هیومیک و فولویک است که به بهبود ساختار خاک، افزایش ریشه‌زایی، افزایش ظرفیت جذب مواد مغذی و انتقال بهتر ریزمغذی‌ها به سلول‌های گیاهی کمک می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که اسید فولویک به دلیل وزن مولکولی کم و قابلیت حل‌شدن در مقادیر مختلف pH، انتقال سریع‌تری از عناصر غذایی به گیاه داشته و باعث افزایش رشد ریشه و جذب بهتر عناصر کم‌مصرف مانند آهن، روی و منگنز می‌شود (Salehi Molkabadi et al., 2025). همچنین اسید هیومیک بهبود ساختار خاک و افزایش ظرفیت نگهداشت آب را فراهم کرده و موجب تقویت کلی شرایط رشدی گیاه می‌شود. ترکیب این کودها منجر به افزایش بهینه در رشد ریشه، جذب بهتر مواد مغذی و در نهایت افزایش عملکرد میوه‌ها شده است. این اثر هم‌افزایی باعث شده تیمار ترکیبی نسبت به استفاده

جدول ۳-: نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای کودی بر رنگ دانه های فتوستتزی و ویژگی های بیوشیمیایی میوه

منابع	درجه	آنتوسیانین میوه	ویتامین ث	کلروفیل	کلروفیل	کارتنوئید	کلروفیل کل
تغییرات	آزادی	میوه		a	b		
تکرار	۲	۰/۰۷۱۲۵ ^{ns}	۰/۱۵۸۷ ^{ns}	۰/۰۵۹۹۳ ^{ns}	۰/۰۰۳۰۲۰*	۰/۰۰۱۹۶۵*	۰/۰۵۹۰۸*
کود	۷	۰/۰۷۰۱۲ ^{ns}	۰/۱۴۵۷ ^{ns}	۰/۲۴۴۸ ^{ns}	۰/۰۸۸۹۰۳*	۰/۰۵۵۱۲۲*	۰/۵۶۲۱۳*
خطا	۱۴	۰/۱۰۵۹۹	۰/۵۷۳۹	۰/۱۸۹۹۳	۰/۰۰۸۲۵۶	۰/۰۰۵۵۳۵	۰/۱۷۶۱۸

* و ns به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ درصد و بدون اختلاف معنی دار می باشد

جداگانه از هر کود، بازدهی بهتری پیشنهاد دهد که در هماهنگی با نتایج مطالعات جدید در زمینه کاربرد کودهای هیومیک، بیومیک و کودهای شیمیایی است (Asgari et al., 2020)؛ بنابراین، نتایج تحقیقات نشان می دهند کاربرد هم زمان کود شیمیایی، بیومیک و فولزایم پلاس با تلفیق اثربخشی ساختاری خاک و افزایش جذب مواد مغذی، منجر به بالاترین عملکرد تولید میوه عروسک پشت پرده شده است که این موضوع اهمیت استفاده تلفیقی کودها را در بهبود عملکرد گیاهان برجسته می کند.

بیشترین وزن تر تک میوه (۳/۶ گرم) در تیمار تلفیقی سه کود شیمیایی، زیستی و نانو با ۶۰ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (۲/۲۵ گرم) مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری داشت. تیمار شاهد با ۲/۲۵ گرم کمترین مقدار وزن تک میوه را در مقایسه با سایر تیمارها داشت. بر اساس جدول مقایسه میانگین ها، بیشترین تعداد میوه در بوته (۱۲۳ عدد) مربوط به تیمار تلفیقی سه کود شیمیایی، زیستی و نانو با ۱۷۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (۴۵ عدد) بود. این نتایج با یافته های Patil و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد. افزایش

تعداد میوه در بوته در تیمار تلفیقی سه کود شیمیایی، زیستی و نانو ممکن است به دلیل ترشح آمونیاک به داخل ریزوسفر در حضور ترشحات ریشه باشد که به اصلاح جذب مواد مغذی توسط گیاهان کمک می کند و در نتیجه تعداد شاخه، اندازه میوه و در نهایت عملکرد را به حداکثر می رساند. این نتایج با یافته های Prahranj و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد. افزایش رشد گیاه ممکن است به علت جذب مؤثرتر عناصر غذایی به دلیل سیستم ریشه بهتر توسعه یافته توسط کود زیستی باشد. باکتری های اندوفیت *Pseudomonas putida*، باکتری هایی هستند که در داخل بافت گیاه سالم، بدون ایجاد علائم و آسیب حضور داشته و از آنجایی که علائم آشکاری بروز نمی دهند تخمین صحیح از جمعیت آن ها مشکل است (Negi et al., 2024). این باکتری ها قادر به افزایش عملکرد گیاه میزبان از راه های مختلف همچون تثبیت نیتروژن، حل فسفات، تولید سیدروسفور و هورمون های گیاهی، توانایی کنترل زیستی ریز موجودات بیمارگر و افزایش مقاومت گیاهان به تنش های غیرزیستی و زیستی هستند (Kapoor et al., 2024) و همکاران Gewaily

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد عروسک پشت پرده

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بوته	قطر میوه	وزن میوه	تعداد میوه در بوته
			(mm)	(g)	
تکرار	۲	۱۹/۷۷*	۲/۰۷ ^{ns}	۰/۳۳۲۸*	۲۱۹۷*
کود	۷	۳۳۸*	۱۲/۳۷ ^{ns}	۵/۳۴*	۲۱۴۴۱*
خطا	۱۴	۵۹/۷	۲۴/۲۸۸	۱/۵۴۷۹	۵۳۸۹

* و ns به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ درصد و بدون اختلاف معنی دار می باشد.

معنی داری بین شاهد با برخی از تیمارهای تغذیه ای وجود نداشت. ریشه تلقیح شده با کودهای زیستی توانایی ساخت و ترشح مواد زیستی فعال مانند ویتامین های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتینیک، بیوتین، اکسین ها، جیبرلین ها و غیره را دارند که این مواد موجب افزایش محتوای ماده آلی و هیدرات های کربن گیاه و در نتیجه افزایش آنتوسیانین و فنل کل می شوند. همچنین در مطالعه ای دیگر نشان داده شد که کاربرد کودهای زیستی بر ویژگی های کمی و کیفی گیاه دارویی عروسک پشت پرده *Physalis alkekengi* L. از جمله میزان فنل کل و آنتوسیانین در تیمارهای تلفیقی تأثیر مثبتی دارد (Kheiri & Arghavani, 2019).

نتیجه گیری کلی

به طور کلی، تأثیر معنی دار مدیریت عناصر غذایی بر رشد و عملکرد گیاه عروسک پشت پرده نشان داد که استفاده تلفیقی از کودهای زیستی، کودهای نانو و کودهای شیمیایی به صورت ترکیبی در زمان مناسب، می تواند علاوه بر حاصلخیزی، به حفاظت از محیط زیست و تولید عملکرد بیشتر، نسبت به زمانی که به تنهایی استفاده شوند، کمک نمایند.

(۲۰۰۶) نیز در پژوهشی دیگر گزارش نمودند کاربرد باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات در گیاه مرزنجوش (*Majoranahortensis* L.)، افزایش در شاخص های رشدی را در این گیاه به دنبال داشت. در گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) با اعمال تلفیق کودهای زیستی محتوی باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات اثر بارزی بر صفات رویشی، عملکرد دانه و عملکرد زیستی داشت (Talaei *et al.*, 2014). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد بیشترین میزان اسید آسکوربیک مربوط به کاربرد تیمار کودی ترکیبی سه کود شیمیایی، زیستی و نانو (۰/۷۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم نمونه تازه) و کمترین میزان اسید آسکوربیک نیز متعلق به تیمار کودی شیمیایی و شاهد (۵۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم نمونه تازه) بود، هر چند تفاوت معنی داری بین شاهد با برخی از تیمارهای تغذیه ای وجود نداشت. بیشترین میزان آنتوسیانین مربوط به کاربرد ترکیبی دو کود شیمیایی و زیستی (۰/۲۳ مول بر گرم) بود. کمترین میزان آنتوسیانین نیز متعلق به شاهد (۰/۰۶ مول بر گرم) بود، هر چند تفاوت

References

- Ahmed, H. M. A., Faissal, F. A., Moawad, F. E., and Abdelaal, M. A. (2013). The beneficial effects of some humic acid, Em1 and weed control treatments on fruiting of superior grapevines. *Stem Cells*, 4(3): 25-38.
- Asgari, A., Rezvani Moghaddam, P., and Koocheki, A. (2021). Investigation of quality and quantity of Chinese lantern (*Phyllis alkekengi* L.) in response to different irrigation and animal manure levels. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 14(4): 991-1001. <https://doi.org/10.22077/escs.2020.3240.1829>
- Azzaz, N. A., Hassan, E. A., and Hamad, E. H. (2009). The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2): 579-587.
- Barakat, M. Z., Shehab, S. K., Darwish, N., and El-Zoheiry, E. (1973). A new titrimetric method for the determination of vitamin C. *Analytical Biochemistry*, 53(1): 245-251.
- Basra, S. M., Shahid Iqbal, S. I., and Irfan Afzal, I. A. (2014). Evaluating the response of nitrogen application on growth, development, and yield of quinoa genotypes, 16: 886–892.
- Chaudhary, P., Singh, S., Chaudhary, A., Sharma, A., and Kumar, G. (2022). Overview of biofertilizers in crop production and stress management for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 13: 930340.
- Fasusi, O. A., Cruz, C., and Babalola, O. O. (2021). Agricultural sustainability: Microbial biofertilizers in rhizosphere management. *Agriculture (Switzerland)*, 11(2): 1-19.
- Fayek, M. A., Yehia, T. A., El-Fakhrany, E. M. M., and Farag, A. M. (2011). Effect of ringing and amino acids application on improving fruiting of le conte pear trees. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 3: 1-10.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2015). *World fertilizer trends and outlook to 2020* (pp. 1-38).
- Gewaily, E. M., Fatma, I., El-Zamik, T., El-Hadidy, T., Abd El-Fattah, H. I., and Salem, S. H. (2006). Efficiency of bio-fertilizers, organic and inorganic

- amendments application on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous soils. Zagazig Journal of Agricultural Research, 33: 205-230.
- Ghaffari Nejad, S. A., Nourgholipour, F., and Gheybi, M. N. (2020). Biostimulants and their roles in plant physiology, nutrient absorption, and tolerance to abiotic stresses. Land Management Journal, 8(1): 47-67. <https://doi.org/10.22092/lmj.2020.122310>
- Gou, J.Y., Suo, S.Z., Shao, K.Z., Zhao, Q., Yao, D., Li, H.P., Zhang, J.L., and Rensing, C. (2020). Biofertilizers with beneficial rhizobacteria improved plant growth and yield in chili (*Capsicum annuum* L.). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 36: 1-12.
- Hazarika, D. K., Talukdar, N. C., Phookan, A. K., Saikia, U. N., Das, B. C., and Deka, P. C. (2002). Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on nursery establishment and growth of tea seeding in Assam. Symposium, (12), Assam Agricultural University, Bangkok, Thailand.
- Kapoor, D., Sharma, P., Sharma, M. M. M., Yadav, S., and Husen, A. (2024). Exploring soil microbiota and their role in plant growth, stress tolerance, disease control and nutrient immobilizer. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 103358.
- Kheiri, A., and Arghavani, M. (2019). Biofertilizers effects on quality and quantity characteristics of winter cherry (*Physalis alkekengi* L.) medicinal plant. (In Persian).
- Khoo, G. M., Clausen, M. R., Pedersen, B. H., and Larsen, E. (2011). Bioactivity and total phenolic content of 34 sour cherry cultivars. Journal of Food Composition and Analysis, 24(6): 772-776.
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148: 350-382.
- Mehrafarin, A., Naghdiabadi, H. A., Purhadi, M., Ghavami, N., and Kadkhoda, Z. (2012). Phytochemical and crop response of peppermint (*Mentha piperita* L.) to application of biological and urea fertilizers. Journal of Medicinal Plant

- Research, 10(4): 107-118. (In Persian).
- Merhan, O. (2017). The biochemistry and antioxidant properties of carotenoids. Carotenoids, 5, 51.
- Negi, R., Sharma, B., Parastesh, F., Kaur, S., Khan, S.S., Kour, D., Singh, S., Rai, A.K., Rustagi, S., Yadav, N. and Shreaz, S. (2024). Microbial consortia mediated regulation of plant defense: A promising tool for sustaining crops protection. Physiological and Molecular Plant Pathology, 102393.
- Ordookhani, K., Sharafzadeh, S., and Zare, M. (2011). Influence of PGPR on growth, essential oil and nutrients uptake of sweet basil. Advances in Environmental Biology, 5(4): 672-677. (In Persian).
- Praharaj, C. S., Kumar, D., and Sharma, R. C. (2002). Integrated use of fertilizers and biofertilizers along with plant growth promoting bacteria for higher efficiency in potato (*Solanum tuberosum*). In Extended summaries of the 2nd International Agronomy Congress on Balancing Food and Environment Security – A Continuing Challenge (pp. 232-235). New Delhi, India.
- Prasad, R., Bhattacharyya, A., and Nguyen, Q. D. (2017). Nanotechnology in sustainable agriculture: Recent developments, challenges, and perspectives. Frontiers in Microbiology, 8: 10-14.
- Puente, L., Pinto-Munoz, G., Castro, E., and Cortes, M. (2011). Physalis peruviana L. innaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: a review. Food Research International, 44(7): 1733-1740.
- Salehi Molkabadi, R., Raouf Fard, F., and Rigi Karvandari, Z. (2025). Evaluation of the potential of plant growth-promoting rhizobacteria for ameliorating the yield and phytochemical compounds of cape gooseberry (*Physalis peruviana*). International Journal of Horticultural Science and Technology, 26(1): 17-34.
- Talaei, G. H., Amini Dehaghi, M., and Shakati, B. (2014). Effects of biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of cumin medicinal plant (*Cuminum cyminum* L.). International Journal of Biosciences, 4(11): 257-264. (In Persian).
- Thuy, N. M., Phuong, N. P., Suong, C. T. D., and Tai, N. V. (2020). Physical and chemical characteristics of goldenberry (*Physalis peruviana*) grown in Lam

- Dong province, Vietnam. Food Research, 4(4): 1217-1225.
- Vakili-Ghartavol, M., Babaei, K., and Karimi, M. A. (2024). The effect of biofertilizer on some physiological properties and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*), Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology, 7(14), 83-96.
- Veisani, V., Rahimzadeh, S., and Sohrabi, Y. (2012). Effect of biological fertilizer on morphological and physiological parameters and essential oil content of *Ocimum basilicum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 28(1): 73-87. (In Persian).
- Yıldız, G., İzli, N., Ünal, H., and Uylaşer, V. (2015). Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana* L.). Journal of Food Science and Technology, 52(4): 2320-2327.

The effect of fertilizer nutrition on morphophysiological characteristics of *Physalis peruviana* L.

Ahmad Olfat¹, Mahboobeh Naseri^{1*}, Hossein Arouie²

1. Department of plant production, faculty of agriculture, University of torbatheydarieh. (Corresponding author)
2. Associate Professor, Department of Horticultural Sciences and Green Space Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Received: July 2025 Accepted: September 2025 - DOI: 10.22092/mpt.2025.369965.1195

Abstract

Olfat, A., Naseri, M., Arouie, H., The effect of fertilizer nutrition on morphophysiological characteristics of *Physalis peruviana* L.

Iranian Medicinal Plants and Technology, Vol 7, No. 1, 2024 10-11: 68-81(in Persian)

Abstract

Physalis peruviana L. is an important medicinal plant of the Solanaceae family. To investigate the effect of fertilizer nutrition on the morphophysiological traits of *Physalis peruviana*, a field experiment with eight treatments and three replications was conducted in a randomized complete block design. The treatments included: control (no fertilizer), NPK chemical fertilizer, nano-biomic fertilizer, Fulzyme Plus SP biofertilizer, chemical fertilizer + Fulzyme biofertilizer, nano-biomic fertilizer + Fulzyme biofertilizer, chemical fertilizer + nano-biomic fertilizer, and chemical fertilizer + nano-biomic fertilizer + Fulzyme biofertilizer. Results showed that the combined application of the three fertilizer types produced the highest values of leaf number, fresh and dry shoot weight, fruit weight and number, chlorophyll b, and vitamin C, which were significantly different from the control and other treatments. Overall, the combined use of biofertilizers, nanofertilizers, and chemical fertilizers at the appropriate times not only enhances soil fertility but also helps protect the environment and increases yield compared to when these

The

fertilizers are used individually.

keywords: Biofertilizer, Biomics, Fruit Yield, Nutrients, *Physalis peruviana* L