Research Article

Nova Biologica Reperta 10(4): 71-86 (2023)

Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115

https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI:

مقاله پژوهشی

یافته‌های نوین در علوم زیستی

جلد ۱۰، شماره ۴، صفحات ۷۱ الی ۸۶ (۱۴۰۲)

انتشارات دانشگاه خوارزمی

بررسی نقش باکتری‌های محرک رشد گیاه بر ویژگی‌های مرفولوژیکی، بیوشیمیایی و جذب برخی عناصر غذایی گیاه پونه‌سای بینالودی (*Nepeta binaludensis* Jamzad)

فاطمه جعفری[۱]، علی گنجعلی[۱] و الهام امجدی[۱]

گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران ۱

مسئول مکاتبات: علی گنجعلی، ganjeali@um.ac.ir

چکیده. پونه‌سای بینالودی (*Nepeta binaludensis* Jamzad) به عنوان گیاه دارویی ارزشمند به علت برداشت بی‌رویه و تخریب رویشگاه‌ها به‌شدت در معرض خطر انقراض است. در این راستا با هدف ارزیابی صفات مرفولوژیکی، بیوشیمیایی و ارزیابی محتوای ریزمغذی‌های بخش هوایی آزمایشی با چهار ترکیب تیماری شامل: ۱- تلقیح گیاه با باکتری *Azotobacter chooroccum*، ۲- تلقیح توام باکتری‌های *Bacillus cereus* و *Pseudomonas putida*، ۳-تلقیح توام سه گونه باکتری شامل (*A. chooroccum* + *B. cereus* + *P. putida*) و ۴- شاهد (بدون تلقیح باکتری) در دو مرحله رشد رویشی ۱۰ و ۲۰ هفته‌ای در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد کاربرد باکتری‌های محرک رشد کلیه ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه شامل طول اندام هوایی، وزن خشک بخش هوایی، مجموع سطح برگ و مجموع طول ریشه‌ها را در مقایسه با گیاهان شاهد به صورت معنی‌داری در هر دو مرحله مورد بررسی افزایش داد. بررسی‌های بیوشیمیایی نشان داد که در هر دو مرحله رشد ۱۰و ۲۰ هفته‌ای، کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه شد. علاوه بر این، جذب برخی عناصرغذایی از قبیل کلسیم، پتاسیم، فسفر، آهن و منیزیم نیز در نتیجه کاربرد باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت. از آنجا که میکروارگانیسم‌ها سبب بهبود رشد و افزایش ترکیبات موثره گیاه پونه‌سای بینالودی می‌شوند می‌توان از آن‌ها به عنوان کود زیستی و جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی. پونه‌سای بینالودی، ریزمغذی‌ها، متابولیت‌های دارویی، میکروارگانیسم، میکروبیوم

Investigating the effect of inoculation with plant growth promoting bacteria on the morphological, biochemical and nutrient absorption characteristics of *Nepeta binaludensis* Jamzad

Fatemeh Jafari[1], Ali Ganjeali [1] & Elham Amjadi[1]

[1] Department of Biology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Corresponding author: Ali Ganjeali, ganjeali@um.ac.ir

Abstract. *Nepeta binaludensis* jamzad, as a medicinal plant, which is at risk of extinction due to irregular harvesting and damage of its habitat. Four treatments including: 1- inoculation with *Azotobacter chooroccum*, 2- inoculation with *Bacillus cereus* and *Pseudomonas putida*, 3- inoculation with a mix of three bacteria (*A. chooroccum* + *B. cereus* + *P. putida*) and 4 controls (without inoculation), in the form of a completely randomized design with 3 replications in two vegetative growth stages (ten and twenty weeks after sowing). Plant growth-promoting bacteria (PGPB) improved all the evaluated morphological characteristics, including the length and dry weight of the aerial part, total leaf area and root length compared to the control. Also, the results of biochemical investigations showed that in 10- and 20-weeks old plants, the application of PGPB could increase the phenolic and flavonoid compounds and also antioxidant activity. The absorption of some elements such as calcium, potassium, phosphorus, iron and magnesium also increased as a result of inoculation with PGPB. Since the PGPB improved the growth and also increased the effective compounds of *N. binaludensis* plants, they can be introduced as useful bio fertilizers and considered as a good alternative to chemical fertilizers.

Key words. Drug metabolites, microbium, microorganisms, micronutrients, *Nepeta binaludemsis*

Received 06.10.2022/ Revised 13.09.2023/ Accepted 25.09.2023/ Published 20.12.2023

دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۴/ اصلاح: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲/ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۳/ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

مقدمه

جنس Nepeta متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) شامل بیش از ۲۵۰ گونه که ۶۹ گونه آن در ایران یافت شده است (Motaghed et al., 2022). گونه پونه‌سای بینالودی (*Nepeta binaludensis* Jamzad) گیاهی چند ساله و بومی شمال شرق ایران است که در کوه‌های بینالود واقع در استان خراسان رضوی یافت می‌شود. این گونه در نقاطی با ارتفاع بین ۲۷۰۰-۲۳۰۰ متر از سطح دریا با میزان بارندگی سالانه ۳۷۰-۳۵۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه در محدوده ۷-۶ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند (Hashemi moghaddam et al., 2020). پونه‌سای بینالودی در طب سنتی به منظور درمان سردرد، میگرن، اختلالات گوارشی، روماتیسم، آسم و ناراحتی‌های قلبی عروقی مورد توجه می‌باشد (Khaladgi et al., 2018). همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد باکتریایی آن مورد تایید قرار گرفته است (Azimi Mahalleh et al., 2020; Hashemi moghaddam et al., 2020; Khaladgi et al., 2018). برای نمونه Azimi Mahalleh و همکاران (۲۰۲۰) خواص آنتی اکسیدانی پونه‌سای بینالودی را به حضور ترکیبات فنلی از قبیل روتین، کافئیک اسید و رزمارینیک اسید نسبت داده‌اند .

پراکنش محدود، برداشت بی‌رویه و چرای بیش از حد در عرصه، این گیاه را در معرض خطر انقراض قرار داده است. در این راستا بهره‌برداری از میکروبیوم‌های گیاهی به منظور استقرار بهتر گیاه و نیز بهبود رشد و تولید بیشتر متابولیت‌های دارویی در محیط‌های کنترل شده و نیز اکوسیستم‌های زراعی بیش از پیش مورد توجه است. در بین میکروبیوم‌های گیاهی، ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (plant growth-promoting rhizobacteria) (PGRP) از قابلیت‌های سودمندی در ریزوسفرهای گیاهی از جمله محلول سازی مواد مغذی تا سرکوب بیماری‌های گیاهی، همچنین تثبیت نیتروژن و بهبود سنتز ترکیبات فیتوشیمیایی برخوردارند (Aloo et al., 2022). در بررسی‌های متعدد نقش مثبت PGRPها در افزایش ارتفاع گیاه، طول ریشه، بهبود جذب آب و مواد مغذی، کیفیت میوه و بهره‌وری بیشتر از منابع موجود تایید شده است (Zapata-Sifuentes et al., 2022). در یک آزمایش Chiappero و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که گیاهان نعناع فلفلی در مواجه با تنش خشکی وقتی با PGRP تیمار شدند، رشد و محتوای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فنلی گیاه به صورت معنی‌داری افزایش یافت. همچنین در پژوهش‌های دیگر به نقش PGRP به عنوان کودهای زیستی در محلول‌سازی پتاسیم و فسفات و بهبود دهنده رشد گندم، ذرت و گوجه‌فرنگی اشاره شده است (Laxita & Shruti, 2020; Imran et al., 2020; Raji & Thangavelu, 2021). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که ریزوباکترها، با بهبود جوانه‌زنی، جذب ریزمغذی، رشد و عملکرد محصول را از طریق بهبود دسترسی عناصر غذایی مانند پتاسیم و فسفات افزایش می‌دهند (Aloo et al., 2022. Maung) و همکاران (۲۰۲۲) بیان داشتندکه تلقیح گیاهان *Cucumis sativus* با *Bacillus velezensis* آرایش ریشه را بهبود و متعاقب آن توان جذب آب و مواد مغذی و فتوسنتز گیاه را افزایش چشمگیر داد. در آزمایش دیگر محققان بهبود ساختار ریشه را به فیتوهورمون ایندول استیک اسید ترشح شده توسط باکتری‌های *Sinorhizobium meliloti*، *Acinetobacter radioresistens* و *Pseudomonas paralactis* نسبت داده‌اند (Zapata-Sifuentes et al., 2022). با توجه به این که استفاده از کودهای زیستی به عنوان محرک رشد، می‌تواند اثرات قابل توجهی در کاهش اثرات مخرب ناشی از کودهای شیمیایی داشته باشند این پژوهش با هدف بررسی اثر ۴ ترکیب تیماری از باکتریایی محرک رشد بر خصوصیات رشدی، ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه پونه‌سای بینالودی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و جذب برخی عناصر غذایی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۶ در فیتوترون تحقیقاتی دانشکده علوم پایه انجام شد. در این آزمایش تاثیر تلقیح باکتری‌های محرک رشد شامل ۴ تیمار: ۱- تلقیح با *Azotobacter chooroccum*، ۲- تلقیح توام *Pseudomonas putida* و *Bacillus cereus*، ۳- تلقیح همزمان (*A. chooroccum* + *B. cereus* + *P. putida*)، و ۴- شاهد (بدون تلقیح) مورد بررسی قرار گرفت. باکتری‌های لیوفیلیزه (PTCC1247) *B. cereus* و (KT2440) *P. putida* از بخش میکروبیولوژی دانشکده علوم و باکتری (ATCC7498) *A. chooroccum* از بخش میکروبیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و پس از دو بار کشت متوالی در محیط نوترینت آگار (گرماگذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ساعت) به حالت فعال تبدیل گردید. به منظور تلقیح بذرها با تیمارهای مذکور، ابتدا منحنی رشد باکتری‌های مورد نظر ترسیم و پس از تعیین بهترین زمان برای تلقیح، بذرها توسط

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

باکتری‌ها با رقت ۰/۵ مک فارلند ۱×۱۰۸ (CFU /mL) تلقیح شدند.

پیش از این بذرهای گیاه پونه‌سای بینالودی (کد هربایومی *Nepeta binaloudiensis* 45493 FUMH) که از ارتفاعات بینالود (ارتفاع حدود ۲۴۰۰-۲۱۰۰ متر از سطح دریا) شهرستان مشهد جمع‌آوری شده بودند توسط آب جاری شسته و جهت ضدعفونی سطحی از هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۱ دقیقه استفاده شد. در ادامه بذرها در چهار پتری مجزا با یک میلی‌لیتر مایه تلقیح باکتری مورد نظر مخلوط شدند (در تیمار شاهد بذرها بدون باکتری داخل پتری قرار گرفتند) و پس از گذشت یک ساعت و خشک شدن، در گلدان‌های یک کیلوگرمی با نسبت خاک ۲:۱ ماسه نرم و خاک باغچه در عمق یک سانتی‌متری کاشته و پس از آن مخلوطی از کوکوپیت و پرلیت به ارتفاع ۳ سانتی‌متر روی بستر اضافه شد .

قبل از کاشت بذور، آزمون خاک جهت تعیین میزان برخی عناصر غذایی موجود در خاک انجام شد (جدول ۱). گلدان‌ها در اتاقک رشد با دمای ۲± ۲۵ درجه سانتی‌گراد، فتوپریود ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی به مدت ۱۰ و ۲۰ هفته به ترتیب در آزمایش اول و دوم و با حفظ رطوبت گلدان‌ها در محدوده ۹۰-۸۰ درصد ظرفیت زراعی رشد کردند. گیاهان در دو مرحله رشدی شامل ۱۰ و ۲۰ هفته‌ای از گلدان خارج و بخش‌هوایی و ریشه از یکدیگر تفکیک شدند. صفات مورفولوژیکی گیاه مانند ارتفاع بخش‌هوایی به وسیله خط‌کش، مجموع سطح برگ‌ها به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf area meter) و مجموع طول، سطح و قطر ریشه‌ها با استفاده از دستگاه اسکنر متصل به کامپیوتر اسکن و سپس با استفاده از نرم‌افزار Root Edge اندازه‌گیری شدند. به منظور تعیین وزن خشک بخش‌هوایی و ریشه‌ها، نمونه‌های مورد نظر در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند سپس با ترازو (دقت ۰/۰۰۱ گرم) وزن شدند.

جدول ۱ - نتایج آزمون خاک

Table 1. soil test results

Concentration (ppm)				pH	EC (dsm^{-1})
K^+	Na^+	P^+	Ca^{++}	7.1	0.79
106.622	445.465	309.712	340.825		

استخراج عصاره

جهت استخراج عصاره طبق روش Ozkan و همکاران (۲۰۰۷)، ۰/۲۵ گرم از پودر خشک بخش‌هوایی گیاهان با ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد به روش اولتراسونیک عصاره‌گیری و سپس با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ و در پتری خشک شدند.

سنجش فنل کل

بر اساس روش فولین سیوکالتو (Folin Ciocalteu's) به منظور سنجش فنل کل، ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره متانولی نمونه‌ها با ۲۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو ۱۰٪ (حجمی/ حجمی)، ۵۰۰ میکرولیتر آب مقطر و ۸۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷٪ (وزنی/ حجمی) با هم ترکیب و جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. برای شاهد از همان مخلوط ولی بدون نمونه استفاده شد. منحنی استاندارد با غلظت‌های مختلف گالیک‌اسید ترسیم و غلظت‌های فنل کل نمونه‌ها بر حسب واحد میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم بافت خشک گیاه بیان شد (Khalighi Sigarudi et al., 2012).

سنجش فلاوونوئیدها

مطابق روش Chang و همکاران (۲۰۰۲) جهت سنجش فلاوونوئید، ۲ میلی‌گرم عصاره خشک در متانول خالص به حجم ۲ میلی‌لیتر حل و پس از آن ۰/۵ میلی‌لیتر از هر عصاره گیاهی با ۱/۵ میلی‌لیتر از حلال استخراج (متانول خالص) مخلوط گردید. در ادامه ۰/۱ میلی‌لیتر آلومینیوم کلرید (وزنی/ حجمی) ۱۰٪ با ۰/۱ میلی‌لیتر پتاسیم استات ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و نهایتا حجم مخلوط واکنش به ۵ میلی‌لیتر رسانده شد و پس از گذشت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق، جذب نوری توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۵ نانومتر خوانده شد. منحنی استاندارد با غلظت‌های مختلف کوئرستین ترسیم و محتوی فلاوونوئید نمونه‌ها بر حسب واحد میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم بافت خشک گیاه بیان گردید.

سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی

در این روش رادیکال‌های آزاد بنفش رنگ و پایدار DPPH با قرارگیری در معرض مواد آنتی‌اکسیدان و پس از احیا شدن، زرد

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

رنگ می‌شود. این تغییر رنگ با اثر بر میزان جذب نوری در طول موج ۵۱۷ نانومتر می‌تواند معیاری مناسب از فعالیت آنتی‌اکسیدان باشد (Kulisic et al.,2004). به منظور سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی مطابق روش Yang و همکاران (۲۰۱۱)، ۱۰۰ میکرولیتر از غلظت‌های مختلف عصاره با آسکوربات به ۱۰۰ میکرولیتر محلو % 008/0 DPPH(W/V) اضافه و جذب آن پس از ۱۵ دقیقه در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. درصد مهار یا احیای DPPH توسط فرمول زیر محاسبه شد که در آن A0: جذب کنترل، A1: جذب نمونه مورد آزمایش، A2:جذب بلانک، است. غلظت عصاره‌ای که بتواند ۵۰ درصد رادیکال‌های آزاد را خنثی کند (IC_{50}) با استفاده از رسم مقادیر مختل RSA بر حسب غلظت‌های مختلف نمونه و محاسبه معادله خط رگرسیون به دست آمد.

100× [1- (A1 – A2)/A0] =درصد ظرفیت روبش رادیکالی (RSA%)

سنجش کلسیم، پتاسیم، فسفر و آهن بخش هوایی

سنجش عناصر کلسیم، پتاسیم، فسفر و آهن بخش‌هوایی تنها در گیاهان ۲۰ هفته‌ای به روش Karla (1998) انجام شد. به این منظور ابتدا خاکستر تر گیاه تهیه و برای سنجش غلظت عناصر از اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت شده القایی Inductively Coupled Plasma-Optical ((ICP-OES) Emission Spectroscopy) که میزان عناصر در نمونه را با دقت بسیار بالا و بر حسب میلی‌گرم در لیتر، سنجش می‌نماید، استفاده گردید.

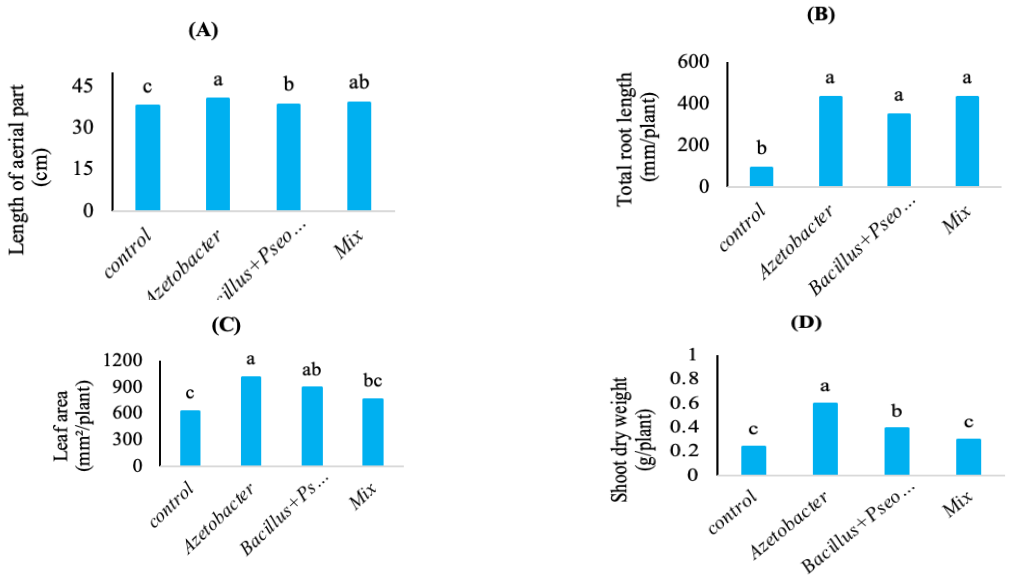
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای (P≤۰/۰۵) استفاده شد. نمودارهای مربوطه به وسیله نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج

بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر صفات مرفولوژیکی گیاه در مرحله ۱۰ هفته‌ای رشد

تلقیح پونه‌سای بینالودی با گونه *A. chooroccum* و کاربرد توام گونه‌های باکتریایی *B. cereus* و *P. putida* سبب افزایش معنی‌دار کلیه صفات مرفولوژیکی گیاه در مقایسه با شاهد شد. تاثیر کاربرد مخلوط گونه‌های باکتریایی (*A. chooroccum*، *P. putida* ، *B. cereus*) در بهبود طول اندام‌هوایی، مجموع طول ریشه‌ها و مجموع سطح برگ در مقایسه با گیاه شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد (P< 0.05) (شکل C۱ و B۱ و A۱). بیشترین میزان طول اندام هوایی (۴۰/۳۳ سانتی‌متر)، مجموع طول ریشه ها (۴۳۲/۲۹۰ سانتی‌متر)، مجموع سطح برگ‌ها (۱۰۱۰/۷۰میلی متر مربع) و وزن خشک بخش‌هوایی (۰/۶گرم) بود که به تیمار *A. chooroccum* تعلق داشت.



شکل ۱–تاثیر تیمارهای مختلف باکتریایی بر طول اندام هوایی (A)، مجموع طول ریشه‌ها (B)، سطح برگ (C) و وزن خشک بخش هوایی (D) در مرحله ۱۰ هفته‌ای رشد

Figure 1. The effect of different bacterial treatment on length of aerial part (A), total length of roots (B), leaf area (C) and shoot dry weight (D) in 10-weeks old plants.

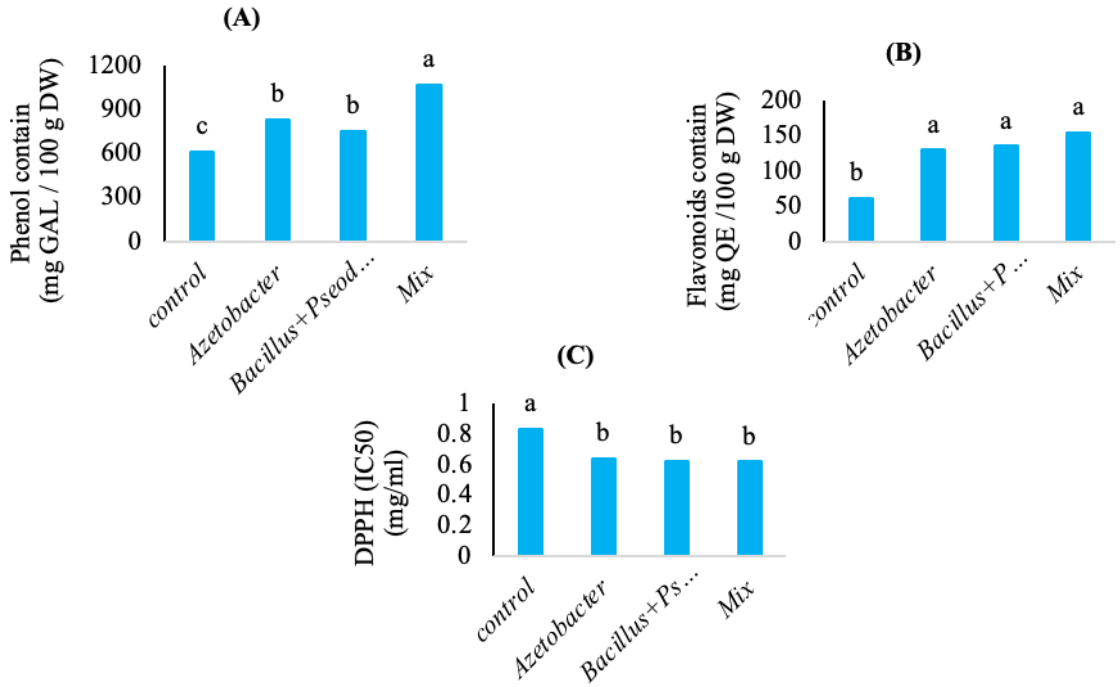
ستون‌های واجد حرف یا حروف مشترک، در سطح احتمال (P≤ 0.05) تفاوت معنی‌داری ندارند.

There is no significant difference among those columns that have same letter.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]
[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر صفات بیوشیمیایی گیاه در مرحله ۱۰ هفته‌ای رشد

هر سه تیمار مورد بررسی شامل *A. chooroccum*، کاربرد توام باکتری‌های *P. putida* و *B. cereus* و کاربرد مخلوط گونه‌های باکتریایی (*A. chooroccum*، *P. putida*، *B. cereus*) به طور معنی‌داری محتوی ترکیبات فنلی گیاه را نسبت به گیاهان شاهد افزایش دادند ($P< 0.05$) (شکل ۲ A). بیشترین محتوی ترکیبات فنلی مربوط به گیاهان تلقیح شده با مخلوط گونه‌های باکتریایی (*A. chooroccum*، *P. putida*، *B. cereus*) بود که افزایش حدود ۱/۷ برابری و معنی‌دار نسبت به گیاهان شاهد و سایر ترکیبات تیماری داشت. محتوی ترکیبات فنلی در تیمار باکتری *A. chooroccum* افزایش حدودی ۱/۴ برابری و برای تیمار همزمان گونه‌های *P. putida* و *B. cereus* سبب افزایش ۱/۲ برابری داشت. در این بررسی میانگین محتوی ترکیبات فنلی در دو ترکیب تیماری نسبت به هم تفاوت معنی داری نداشتند. اعمال تیمارهای مختلف باکتریایی از حیث میانگین محتوی فلاوونوئید کل تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ولی تفاوت هر سه تیمار مذکور با گیاهان شاهد معنی‌دار بود. بیشترین میزان محتوی فلاوونوئید کل به کاربرد مخلوط گونه‌های باکتریایی (*A. chooroccum*، *P. putida*، *B. cereus*) (۶۷/ ۱۵۴ میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم بافت خشک) و کمترین آن به گیاهان شاهد (۶۲/۱۲ میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم بافت خشک) تعلق داشت (شکل۲ B). گونه‌های مختلف باکتری از نظر فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در این مرحله تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در هر سه تیمار نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود ($P< 0.05$). کمترین و بیشترین میزان فعالیت ترکیبات آنتی اکسیدانی به ترتیب به تلقیح *A. chooroccum* (۶۳۸/۰میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) و کاربرد مخلوط گونه‌های باکتریایی (*A. chooroccum*، *P. putida*، *B. cereus*) (۶۱۹/۰میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) تعلق داشت (شکل ۲ C).



شکل ۲– تاثیر تیمارهای مختلف باکتریایی بر محتوای ترکیبات فنلی (A)، فلاوونوئید (B)، فعالیت آنتی اکسیدانی (IC50) (C) در مرحله رشد ۱۰ هفته‌ای رشد

Figure 2. The effect of different bacterial treatments on the contain of phenol (A), flavonoids (B) and antioxidant activity (IC50) (C) in 10-weeks old plants.

ستون‌های واجد حرف یا حروف مشترک، در سطح احتمال ($P\leq 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

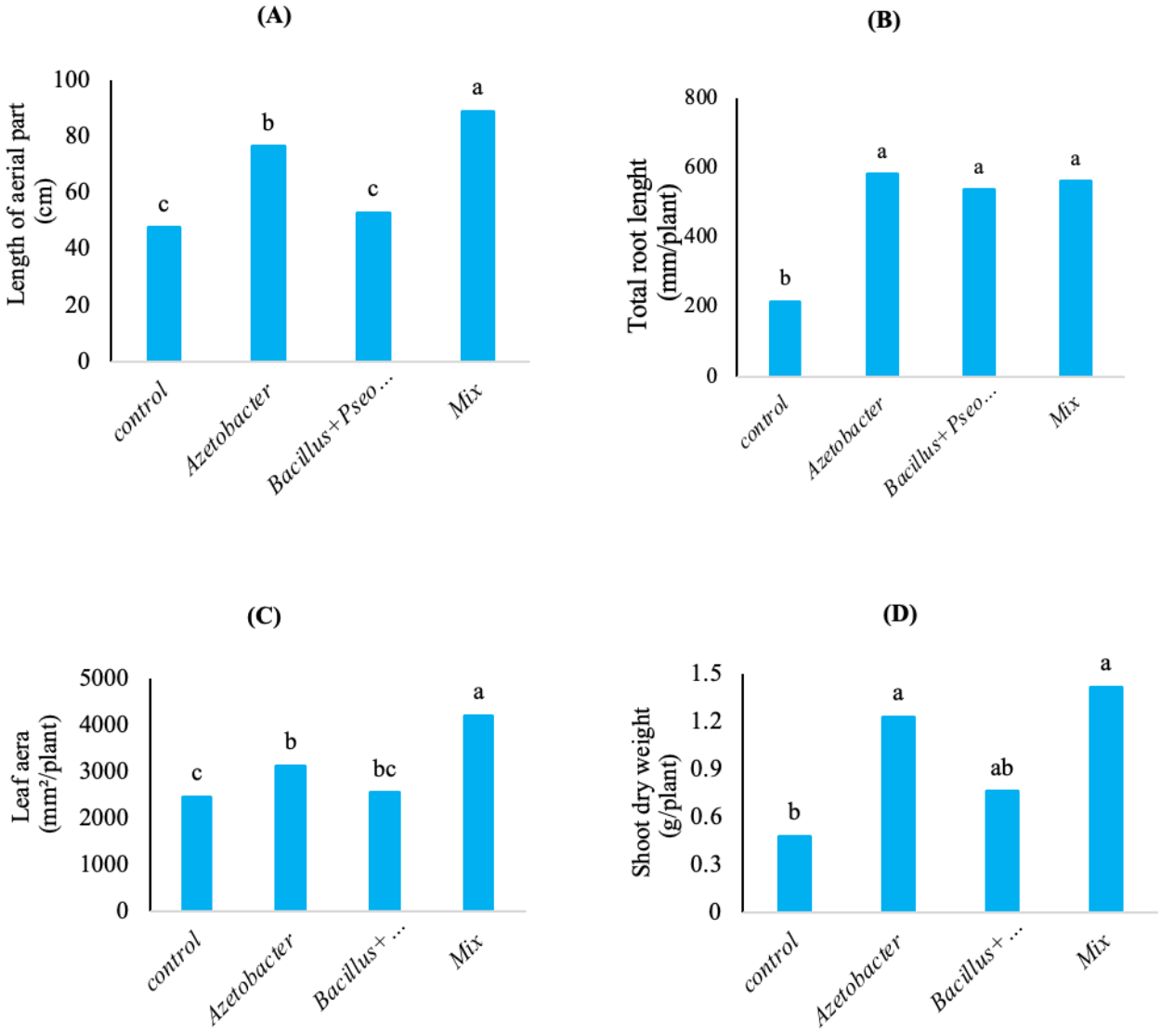
There is no significant difference among those columns that have same letter

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر صفات مرفولوژیکی گیاه در مرحله ۲۰ هفته‌ای رشد

کاربرد باکتری‌های محرک رشد تمامی صفات مورفولوژیکی گیاه را نسبت به شاهد به صورت معنی‌داری افزایش داد ($P<0.05$) (شکل۳). بیشترین افزایش طول اندام هوایی (۸۸/۸۳ سانتی‌متر)، مجموع سطح برگ‌ها (۴۲۱۴/۲) و وزن خشک بخش هوایی (۱/۴۲گرم) به کاربرد سه گانه باکتری‌ها و بیشترین مجموع طول ریشه‌ها (۵۸۲/۳۷ میلی‌متر) به کاربرد باکتری *A. chooroccum* تعلق داشت. کاربرد ترکیبات مختلف تیماری از این حیث تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ولی تفاوت آن‌ها با تیمار شاهد بسیار معنی‌دار بود (شکل C۳ و B۳ و A۳).



شکل ۳– تاثیر تیمار های مختلف باکتریایی بر طول اندام هوایی (A)، مجموع طول ریشه‌ها (B)، سطح برگ (C) و وزن خشک بخش هوایی (D) در مرحله ۲۰ هفته‌ای رشد

Figure 3. The effect of different bacterial treatments on length of aerial part (A), total root length (B), leaf area (C) and shoot dry weight (D) in 20-weeks old plants.

ستون‌های واجد حرف یا حروف مشترک، در سطح احتمال ($P\leq 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

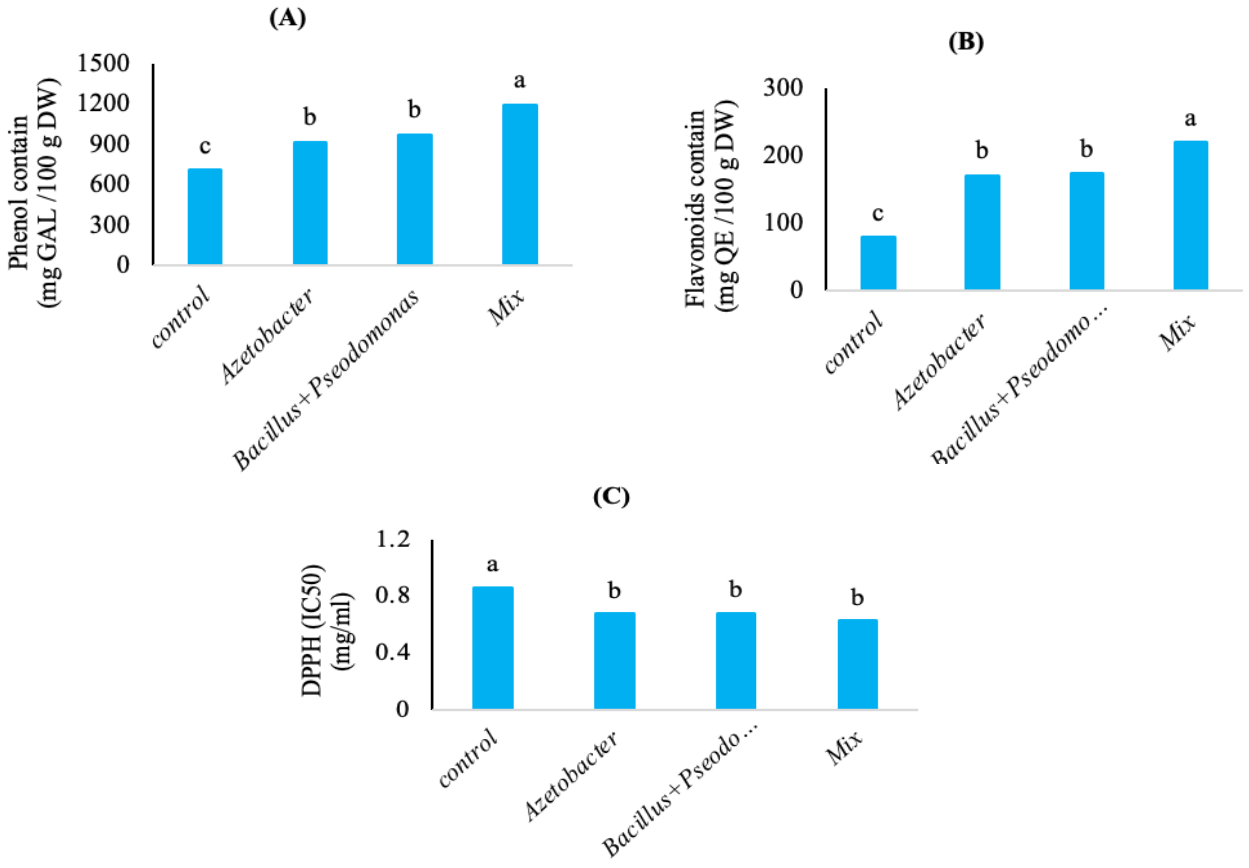
There is no significant difference among those columns that have same letter.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر صفات بیوشیمیایی گیاه در مرحله ۲۰ هفته‌ای رشد

تیمارهای مختلف باکتریایی تاثیر معنی‌داری بر محتوای فنل، فلاوونوئید کل و فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی داشت ($P< 0.05$) و محتوای ترکیبات فوق را نسبت به گیاهان شاهد به صورت معنی‌داری افزایش داد. کاربرد توام باکتری‌های *B. cereus* و *P. putida* از حیث محتوای فنل، فلاوونوئید کل و فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با تیمار کاربرد *A. chooroccum* تفاوت معنی‌دار نداشتند اما تفاوت هر دو نسبت به شاهد معنی‌دار بود. در این بررسی بیشترین محتوای فنل و فلاوونوئید کل به کاربرد سه گانه باکتری‌ها (*A. chooroccum* ، *P. putida* ، *B. cereus*) تعلق داشت که تفاوت آن با سایر تیمارها و شاهد معنی‌دار بود (شکل B۴ و A۴). گونه‌های مختلف باکتری از نظر فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با یکدیگر و شاهد تفاوت معنی‌داری داشت ($P< 0.05$). بیشترین و کمترین میزان فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به ترتیب به کاربرد مخلوط گونه‌های باکتریایی (*A. chooroccum* ، *P. putida* ، *B. cereus*) (۰/۶۲۹میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) و تلقیح توام *B. cereus* و *P. putida* (۰/ ۶۸۳میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) و تعلق داشت (شکل ۴ C).



شکل ۴– تاثیر تیمارهای مختلف باکتریایی بر محتوای ترکیبات فنلی (A)، فلاوونوئید (B)، فعالیت ترکیبات آنتی اکسیدانی (IC50) (C) در مرحله رشد ۲۰ هفته‌ای رشد.

Figure 4. The effect of different bacterial treatments on the phenol (A), flavonoids contain (B) and antioxidant activity (IC50) (C) in 20-weeks old plants.

ستون‌های واجد حرف یا حروف مشترک، در سطح احتمال ($P\leq 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

There is no significant difference among those columns that have same letter

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر محتوی عناصر غـذایی در مرحله ۲۰ هفته‌ای رشد

تلقیح *A. chooroccum*، تیمار کاربرد دو گانه *B. cereus* و *P. putida* و تیمار سه گانه باکتری‌هـا (*A. chooroccum*، *P. putida*، *B. cereus*) تاثیر معنی‌داری بر محتوی عناصر غـذایی بافت هوایی گیاه نسبت بـه شـاهد داشـتند ($P< 0.05$). حـداکثر محتـوی منیـزیم بخـش هـوایی در کـاربرد بـاکتری *A. chooroccum* و بیشترین محتوی آهن، فسفر، پتاسیم و کلسیم به تیمار سه گانـه بـاکتری‌هـا (*A. chooroccum*، *P. putida*، *B. cereus*) تعلق داشت (جدول۲).

جدول۲ – نتایج مقایسه میانگین کاربرد ترکیبات مختلف تیماری بر محتوی برخی عناصر غذایی بافت هوایی پونه‌سای بینالودی در مرحله ۲۰ هفته‌ای رشد

Table 2. Means comparison of different bacterial treatments on some nutrients content of *Nepeta binaludensis in* 20-weeks old plants.

Ca (mg/g DW)	K (mg/g DW)	P (mg/g DW)	Fe (ppm)	Mg (mg/g DW)	Treatment
2.606 c	325.84 b	1.23 a	26.370 c	4.850 b	**Control**
4.933 b	401.33 a	1.46 b	28.003 b	8.830 a	***A. chooroccum***
4.716 b	374.81 ab	1.85 a	27.823 b	5.086 b	***B. cereus* + *P. putida***
5.876 a	411.32 a	1.89 a	29.383 a	8.376 a	***A. chooroccum* + *B. cereus* + *P. putida***

ستون‌های واجد حرف یا حروف مشترک، در سطح احتمال ($P\leq 0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

There is no significant difference among those columns that have same letter

بحث

در این تحقیق بررسی صفات مورفولوژیک در هفته دهم رشد نشان داد استفاده تنها از تلقیح *A. chooroccum* افزایش معنی دار کلیه صفات مرفولوژیک را سبب شد ($P< 0.05$). در مطالعه صفات در هفته بیستم رشد، بیشترین افزایش معنی‌دار سه صفت مرفولوژیک (طول اندام هوایی، مجموع سطح برگ و وزن خشک بخش هوایی) تنها در تلقیح سه گونه باکتریایی نسبت به شاهد مشاهده شد ($P< 0.05$). در مطالعات قبلی تاثیر سویه‌های مختلف *A. chooroccum* بر افزایش وزن خشک سنبله و بخش هوایی گندم (Kader et al., 2002)، باکتری *Pseudomonas monteilii* در افزایش چشمگیر ارتفاع و وزن خشک گیاه ریحان (Singh et al., 2012) و افزایش صفات مورفولوژیک در گیاه شنبلیله تحت تیمار ترکیب باکتری‌های *Pseudomonas florescens* و *Rhizobium* (Ratan., 2010) تایید شده است. *A. chooroccum* با افزایش تنفس سبب افزایش تثبیت نیتروژن، انحلال و جذب فسفر و تولید اسیمیلات بیشتر می‌گردد که نهایتا به توسعه شبکه ریشه منجر می‌شود. افزایش تنفس نهایتا به افزایش ظرفیت تبادلی و بهبود رشد گیاه (Alipour & Sobhanipour., 2012)، تولید ویتامین‌ها و هورمون‌های اکسین، جیبرلین و سیتوکینین منجر می شود. در سال ۲۰۰۹ Gholami و همکاران دریافتند که تیمار سویه‌های مختلف باکتری *Pseudomonas* و *Azosprillium* سبب افزایش جذب عناصر نیتروژن و فسفر و افزایش بیومس کل گیاه ذرت گردید. در این بررسی کاربرد همزمان دو باکتری موثرتر بود. تامین کربن از ریزوسفر به منظور ادامه رشد و فعالیت *A. chooroccum* و افزایش موفقیت آمیز تلقیح باکتری ضرورت دارد (Sumbul et al., 2020; Goswami & Deka, 2020; Ahmad et al., 2022; Maung et al., 2022). سویه‌های *A. chooroccum* (Goswami et al., 2020) و *P. putida* به دلیل توان تولید آنزیم ACC دآمیناز به عنوان محرک رشد در جذب عناصر عذایی نیز موثر می‌باشند (Ahmad et al., 2022). استفاده همزمان از *Azotobacter* و سویه‌هایی از باسیلوس به علت تولید محصولات متابولیک در سطح باکتری (EPS) سبب افزایش پتانسیل آب خاک، تثبیت نیتروژن، انحلال فسفات نامحلول، بهبود تجمع خاک، جلوگیری از جذب فلزات سنگین و افزایش جذب موادمغذی می‌شود که به رشد و توسعه گیاهان کمک می کند (Subramaniam et al., 2020).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

بررسی صفات بیوشیمیایی در هفته دهم و بیستم رشد در حضور سه نوع تیمار باکتریایی نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد به گونه‌ای که تلقیح گیاهان با مخلوط سه باکتری سبب بیشترین افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد در محتوی ترکیبات فنلی، فلاوونوئید کل و فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شد ($P< 0.05$). به گزارش Tith و همکاران (۲۰۲۱) تیمار باکتری *Sinorhizobium meliloti* به گیاه خیار، *P. putida* به فلفل‌دلمه‌ای (Ureche et al., 2021) و سویه‌های مختلف *Bacillus* به گوجه‌فرنگی (Ruiz-Cisneros et al., 2022) سبب افزایش تولید ترکیبات فنلی و فلاوونوئیدی و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شد. باکتری *P. putida* قادر به القای تولید ترکیبات فنلی در حضور فاکتور رونویسی R2R3-MYB می‌باشد. ترکیبات فنلی به عنوان آنتی‌اکسیدان قادر به روبش رادیکال‌های آزاد، انتقال هیدروژن به رادیکال‌های لیپید و قطع واکنش زنجیره‌ای اکسیداسیون می‌باشد که سبب افزایش توان مقابله گیاه با پاتوژن می‌گردد (Gara et al., 2003; Sheikhalipour et al., 2018). در حضور میکروارگانیسم‌ها با افزایش فعالیت دآمینازی فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز بر روی اسیدامینه فنیل‌آلانین، تولید اسیدسینامیک افزایش می‌یابد که به افزایش تولید ترکیبات فنلی مشتق از آن منجر می‌گردد (Wen et al., 2008). به گزارش Ureche و همکاران (۲۰۲۱) در گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تیمار با *P. putida* به دلیل استفاده از کوئرستین و کامفرول به عنوان منابع کربن، شاهد افزایش محتوی فلاوونوئید بودند. جاسمونات، ترپن و ترکیبات شش کربنه حاصل تلقیح باکتری‌های محرک رشد به عنوان مولکول علامتی عمل کرده و سبب افزایش تولید ترکیبات ثانویه و خاصیت آنتی اکسیدانی گیاه میزبان می‌شوند (Sakya et al., 2022). یکی از مزایای افزایش سطح ترکیبات فنلی و فلاوونوئیدی در گیاهان تحت تیمار با ریزوباکترها، نقش آن‌ها در سیستم دفاع گیاه در برابر پاتوژن‌ها می‌باشد (Kolomiiets et al., 2019).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد در هفته بیستم رشد، بیشترین محتوی منیزیم متعلق به تیمار *A. chooroccum* و بیشترین محتوی آهن، فسفر، پتاسیم و کلسیم به تیمار مخلوط سه باکتری تعلق داشت که نسبت به شاهد معنی‌دار بود ($P< 0.05$).در مطالعات پیشین نیز افزایش جذب عناصر غذایی گیاه با تلقیح بذرها توسط باکتری‌های محرک رشد تایید شده است. به عنوان مثال، Goswami و همکاران (۲۰۲۰) دریافتند گیاه گوجه‌فرنگی تلقیح شده با جنس *Bacillus* و گونه *P. putida* سبب تثبیت نیتروژن، افزایش قابلیت انحلال و جذب فسفر و در دسترس قرارگرفتن آهن می‌گردد همچنین سبب تسهیل انتقال کاتیون‌ها توسط اسیدهای آمینه کربوکسیلی (آرژنین، لیزین، هیستیدین، تریپتوفان) یا اسیدهای‌آمینه آلی (قبیل اسیدمالیک و اسیدسیتریک) به ریشه می‌گردد که نهایتا به بخش هوایی منتقل می‌گردد. توسعه شبکه ریشه در خاک دارای میکروارگانیسم منجر به جذب بیشتر کلسیم و آزاد سازی فسفر به خاک می‌شود (Alipour & Sobhanipour., 2012). میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات توان ترشح ترکیباتی از قبیل اسید لاکتیک، گلوکونیک، اگزالیک و سیتریک را دارا هستند که علاوه برکاهش pH خاک سبب تجزیه مواد آلی، آزادسازی و جذب فسفر و کاتیون‌های کانی می‌گردند (Subramaniam et al., 2020) و علی‌پور و سبحانی‌پور (۲۰۱۲) افزایش جذب آهن در حضور باکتری *P. florescens* را گزارش کردند. Rajaee و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند چند سویه *Azetobacter* سبب افزایش جذب پتاسیم، منیزیم و آهن در گندم شد. افزایش احتمالی سنتز هورمون سیتوکینین در حضور ریزوباکترها به عنوان محرک رشد ضمن تحریک رشد ریشه امکان هدایت یون‌های ضروری به بخش‌هوایی را فراهم می‌کند (Gonzalez-lopes et al., 1991).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد که تلقیح گیاهان پونه‌سای بینالودی در هفته دهم و بیستم رشد در حضور باکتری‌های محرک رشد منجر به افزایش صفات مرفولوژیکی (طول اندام هوایی، مجموع طول ریشه‌ها، مجموع سطح برگ و وزن خشک بخش هوایی)، افزایش صفات بیوشیمیایی (محتوای فنل و فلاوونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی) گیاه و همچنین افزایش محتوی عناصر غذایی مانند منیزیم، آهن، فسفر، پتاسیم و کلسیم شد. بهترین نتایج مربوط به تیمار *Azotobacter* به تنهایی و یا مخلوط سه باکتری با هم بود. از اینرو، با توجه به نتایج به دست آمده استفاده از باکتری‌های محرک رشد به ویژه در ترکیب با هم، به منظور بهبود رشد و نمو و نیز افزایش ترکیبات موثره و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاهان دارویی پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد که هزینه‌ها و امکانات اجرای این آزمایش را از محل گرنت شماره ۳/۴۰۴۱۷ فراهم نمودند، سپاسگزاری می‌شود.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

REFERENCES

Ahmad, H. M., Fiaz, S., Hafeez, S., Zahra, S., Shah, A. N., Gul, B. & Wang, X. 2022. Plant growth-promoting rhizobacteria eliminate the effect of drought stress in plants: A review. Journal of Frontiers in Plant Science 13: 1-19.

Alipour, Z.T. & Sobhanipour, A. 2012. The Effect of *Thiobacillus* and *Pseudomonas fluorescent* Inoculation on maize growth and Fe Uptake. Journal of Annals of Biological Research 3: 1661-1666.

Aloo, B. N., Tripathi, V., Makumba, B. A. & Mbega, E. R. 2022. Plant growth-promoting rhizobacterial biofertilizers for crop production: The past, present, and future. Journal of Frontiers in Plant Science 13: 1-15.

Azimi Mahalleh, A., Sharayei, P. & Azarpazhooh, E. 2020. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of bioactive compounds from Nepeta (*Nepeta binaludensis Jamzad*). Journal of Food Measurement and Characterization. *14*: 668-678.

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. & Chern, J. C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of food and drug analysis 10: 178-182.

Chiappero, J., del Rosario Cappellari, L., Alderete, L. G. S., Palermo, T. B. & Banchio, E. 2019. Plant growth promoting rhizobacteria improve the antioxidant status in *Mentha piperita* grown under drought stress leading to an enhancement of plant growth and total phenolic content. Journal of Industrial Crops and Products 139: 1-9.

Gara, L. D., de Pinto, M. C. & Tommasi, F. 2003. The antioxidant systems vis-a- vis reactive oxygen species during plant-pathogen interaction. Journl of Plant Physiology and Biochemistry 41: 863-870.

Gholami, A., Shahsavani, S. & Nezarat, S. 2009.The Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Journal of Rangeland Science. 9: 364-377

Gonzalez-lopes, J., M. V. Martinez-Toledo, S. Reina. & V. Slmern. 1991. Root exudates of maize and production of auxins, gibberellins, cytokinins, amino acids and vitamins by *Azotobacter chroococcum* in chemicallydefined media and dialyzed-soil media. Technological and Environmental Chemistry. 33:69-78.

Goswami, M. & Suresh, D. E. K. A. 2020. Plant growth-promoting rhizobacteria- alleviators of abiotic stresses in soil: a review. Special Issue: Soil Biodiversity in a Rapidly Changing World 30: 40-61.

Hashemi Moghaddam, H., Sefidkon, F., Jafari, A. A. & Kalate Jari, S. 2020. Effects of Drying Methods on the Essential Oil Content and Composition of *Nepeta binaludensis Jamzad*. Journal of Medicinal plants and By-product 9: 207-214.

Imran, M., Shahzad, S. M., Arif, M. S., Yasmeen, T., Ali, B. & Tanveer, A. 2020. Inoculation of potassium solubilizing bacteria with different potassium fertilization sources mediates maize growth and productivity. Pakistan Journal of Agricultural Research 57: 1045-1055

Kader, M. A., M. H. Main and M. S. Hogue. 2002. Effects of Azotobacter inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2:259-261.

Kalra, Y. P. 1998. Handbook of Reference Methods for plant analysis. *CRC, USA*, 85-88.

Khaladgi, M., Jamzad, M. & Mirahmadpour, P. 2018. Total phenolic and flavonoid contents, antioxidant and antimicrobial activity of *Nepeta binaludensis Jamzad* extracts. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products 13: e58500.

Khalighi Sigarudi, F., Jarvandi, S. & Taghizade, M. 2011. Use of medicinal plants. Tehran: Ketab Arjmand.312 p.p.

Kolomiiets, Y., Grygoryuk, I., Likhanov, A., Butsenko, L. & Blume, Y. 2019. Induction of bacterial canker resistance in tomato plants using plant growth promoting rhizobacteria. The Open Agriculture Journal 13: 215-222.

Kulisic, T., Rodonic, A., katalinic, V. & Milos, M. 2004. Use of different mettods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. Journal of Food Chemistry. 85:663-640.

Laxita, L. & Shruti, S. 2020. Isolation and Characterization of Potassium Solubilizing Microorganisms from South Gujarat Region and their effects on Wheat Plant. Archives of agronomy and soil science 59: 1713-1723.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

Maung, C. E. H., Choub, V., Cho, J. Y. & Kim, K. Y. 2022. Control of the bacterial soft rot pathogen, Pectobacterium carotovorum by *Bacillus velezensis* CE 100 in cucumber. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 54:297-310.

Motaghed, M., Nili-Ahmadabadi, A. & Moradkhani, S. 2022. Assessment of the anti-oxidative potential of *Nepeta crispa* Willd. (Lamiaceae) and its effects on oxidative stability of virgin sunflower oil under accelerated storage conditions. Journal of Medicinal Plants. 21: 13-27.

Ozkan, S.B., Wu, G.A., Chodera, J.D. & Dill, K.A. 2007. Protein folding by zipping and assembly. Journal of biophysics and computational biology 104:11987–11992.

Rajaee, S., Alikhani, H. & Urisi, F. 2007. Growth simulator effects of *Azotobacter* strains on growth, yield and nutrient uptake in wheat. Journal of Agricultural Science and Methods 41:285-296. (In Persian).

Raji, M. & Thangavelu, M. 2021. Isolation and screening of potassium solubilizing bacteria from saxicolous habitat and their impact on tomato growth in different soil types. Journal of Archives of Microbiology 203: 3147-3161.

Rattan, R.S. 2010. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. Crop Prot 29: 913–920.

Ruiz-Cisneros, M. F., Ornelas-Paz, J. D. J., Olivas-Orozco, G. I., Acosta-Muniz, C. H., Salas-Marina, M. A., Molina-Corral, F, J. & Rios-Velasco, C. 2022. Effect of rhizosphere inoculation with Bacillus strains and phytopathogens on the contents of volatiles and human health-related compounds in tomato fruits. Journal of Food Science and Technology 42. 1-12.

Sakya, A. T., Purnomo, J. & Bima, D. A. 2022. Application of GA3 and PGPRs on growth and antioxidant content of Parijoto (*Medinilla verrucosa*) in peat soil. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1016, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.

Shekhalipour, M., Bolandnazar, S.A. Sarikhani, M.R. & Panahandeh, J. 2018. Effect of application of biofertilizers on yield, quality and antioxidant capacity of tomato fruit. Iranian Journal of Horticultural Science 50: 621-632.(in Persian).

Singh, R., Soni, S.K. & Kalra, A. 2012. Synergy between Glomus fasciculatum and a beneficial Pseudomonas in reducing root diseases, improving yield, and forskolin content in Coleus forskohlii Briq. Under organic field conditions. Journal of Mycorrhiza 23: 35- 44.

Subramaniam, G., Thakur, V., Saxena, R. K., Vadlamudi, S., Purohit, S., Kumar, V. & Varshney, R. K. 2020. Complete genome sequence of sixteen plant growth promoting Streptomyces strains. Journal of Scientific reports 10: 1-13.

Sumbul, A., Ansari, R. A., Rizvi, R. & Mahmood, I. 2020. Azotobacter: A potential bio-fertilizer for soil and plant health management. Saudi journal of biological sciences 27: 3634-3640.

Tith, S., Duangkaew, P., Laosuthipong, C. & Monkhung, S. 2021. Vermicompost efficacy in improvement of cucumber (*Cucumis sativus* L.) productivity, soil nutrients, and bacterial population under greenhouse condition. Asia-Pacific Journal of science and technology 27: 1-27.

Ureche, M. A. L., Pérez-Rodriguez, M. M., Ortiz, R., Monasterio, R. P. & Cohen, A. C. 2021. Rhizobacteria improve the germination and modify the phenolic compound profile of pepper (*Capsicum annum L.*). Journal of Rhizosphere 18: 1-8.

Wen, P. F., Chen, J. Y., Wan, S. B., Kong, W. F., Zhang, P., Wang, W., Zhan, J., Pan, Q. H. & Hung, W. D. 2008 Salicylic acid activates phenylalanine ammonia-lyase in grape berry in response to high temperature stress. Journal of Plant Growth Regulation 55: 1-10.

Yang, A. N., Lu, L., Wu, C. X. & Xia, M. M. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with Huangshan Magnolia (*Magnolia cylindrica*). Journal of Medical Plant Research 5: 4542-4548.

Zapata-sifuentes, G., Hernandez – Montiel, L. G., Saenz- mata, J., Fortis- Hernandez, M., Blanco- Conteras, E., Choquito- Conteras, R. & Presiado rangel, P. 2022. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Improve Growth and Fruit Quality of Cucumber under Greenhouse Conditions. Journal of plants. 11: 2-9.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]

*****

How to cite this article:

Jaffari, F., Ganjeali, A. & Amjadi, E. 2023**.** Investigating the effect of inoculation with plant growth promoting bacteria on the morphological, biochemical and nutrient absorption characteristics of *Nepeta binaludensis* Jamzad 10: 71-86. (In Persian).

جعفری، ف.، گنجعلی، ع. و امجدی، ا. ۱۴۰۲. بررسی نقش باکتری‌های محرک رشد گیاه بر ویژگی‌های مرفولوژیکی، بیوشیمیایی و جذب برخی عناصر غذایی گیاه پونه‌سای بینالودی (*Nepeta binaludensis* Jamzad). یافته‌های نوین در علوم زیستی ۱۱: ۷۱-۸۶.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.61186/nbr.10.4.75]