نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 879-870

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 870-879

اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک بر خصوصیات رشدی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)

عزیزه فرجی مهمانی[1]، بهروز اسماعیل‌پور[2*]، فاطمه سفیدکن[3]، بهلول عباس‌زاده[4]، کاظم خاوازی[5] و علیرضا قنبری[6]

تاریخ دریافت: 1392/10/15
تاریخ پذیرش: 1393/12/09

چکیده

به منظور بررسی اثرتلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه *Satureja hortensis* (L.)، آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در سال زراعی 91-1390 اجرا شد. تیمارهای باکتری این آزمایش شامل سوسپانسیون باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس*، *تلفیق ازتوباکتر و آزوسپریلیوم*، *تلفیق ازتوباکتر و سودوموناس*، *تلفیق آزوسپریلیوم و سودوموناس* و تلفیق هر سه باکتری و تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری) بود که به صورت تلقیح ریشه روی گیاهان مرزه اعمال شدند. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، قطر کانوپی، وزن خشک و عملکرد اندام هوایی، وزن خشک و عملکرد سر شاخه گلدار، وزن خشک، عملکرد و سطح برگ و تعداد، وزن خشک و عملکردگل‌آذین، درصد وزنی، بازده و عملکرد اسانس گیاه مرزه و نیز اجزای اسانس گیاه از جمله تیمول و گاما ترپینن و ... بود. نتایج نشان داد که اثر تلقیح باکتری‌های محرک رشد بر تمام صفات مورد اندازه‌گیری شامل شاخص‌های رشد رویشی گیاه در سطح پنج درصد ($p\leq0/05$) و بر عملکرد و کیفیت اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار بود ($p\leq0/01$). بیشترین مقدار برای صفات ارتفاع بوته (45/67 سانتی-متر) و قطر کانوپی (40/53 سانتی‌متر)، وزن خشک اندام هوایی (33/82 گرم در گیاه)، عملکرد اندام هوایی (3758 کیلوگرم در هکتار)، عملکرد برگ (451 کیلوگرم در هکتار)، عملکرد گل‌آذین (1398 کیلوگرم در هکتار)، درصد وزنی اسانس (2/23 درصد)، بازده اسانس (2/43) و عملکرد اسانس (76/8) مربوط به تیمار ترکیبی هر سه باکتری و کمترین میزان برای این صفات در تیمار شاهد حاصل شد. بیشترین میزان گاما ترپینین (53 میلی‌گرم بر لیتر)، تیمول (48/5 میلی‌گرم بر لیتر) به ترتیب مربوط به تلقیح با باکتری *ازتوباکتر-سودوموناس* و باکتری *ازتوباکتر* می‌باشد. به طور کلی، به منظور دستیابی به بیشترین عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس می‌توان از تیمار ترکیبی هر سه باکتری استفاده نمود. تلقیح گیاهان مرزه با باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش رشد و توسعه ریشه و در نتیجه جذب بهتر آب و مواد غذایی از خاک می‌تواند سبب افزایش عملکرد و بهبود صفات کمی گیاه گردد.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، باکتری‌های محرک رشد، *سودوموناس*

مقدمه

عوارض جانبی داروهای شیمیائی و تمایل بشر به استفاده هرچه بیشتر از محصولات طبیعی به منظور حفظ سلامت خویش و همچنین مشکلات سیستم دارویی مدرن، باعث توجه هرچه بیشتر بشر به گیاهان دارویی گردیده است (Rahimzadeh et al, 2012).

مرزه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی یک‌ساله یا چندساله علفی و معطر از خانواده Lamiaceae بوده که دارای ساقه‌های متعدد افراشته یا خیزان و یا ساقه‌های کمانی با ارتفاع 10 تا 30 سانتی‌متر، به رنگ تیره‌تر از برگ‌ها می‌باشد. ارتفاع این گیاهان حداکثر تا 60 سانتی‌متر می‌رسد، ساقه‌ها و شاخه‌ها معمولاً پوشیده از کرک می‌باشند. برگ‌ها متقابل، دارای دمبرگ‌های کوتاه یا تقریباً بدون دمبرگ می‌باشند، در سطح برگ لکه‌های کوچک فراوانی وجود دارد که غده نامیده می‌شود که حاوی اسانس است. گل‌آذین‌ها گرزن بوده

1، 2، 3، 4، 5 و 6- به ترتیب دانشجوی کارشناس ارشد سابق باغبانی، دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، استاد مؤسسه تحقیقات مراتع و جنگل‌ها، استادیار مؤسسه تحقیقات مراتع و جنگل‌ها، دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: (Email: behsmaiel@yahoo.com

و به صورت چرخه‌های جدا از هم با 2 تا 17 گل در محور برگ‌های بالایی ظاهر می‌شوند، گل‌ها نر و ماده بوده و به رنگ‌های سفید تا ارغوانی دیده می‌شوند (Yazdanpanah et al., 2011).

با توجه به اثر مخرب زیست محیطی کشاورزی متداول که ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی می‌شود، روز به روز بر اهمیت توجه به کشاورزی جایگزین افزوده می‌شود. یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف کاربرد کودهای شیمیایی است. کودهای آلی سبب تأمین سلامت انسان و محیط زندگی می‌گردند و اهمیت کاربرد آن‌ها در مورد گیاهان دارویی که به طور مستقیم با سلامت انسان در ارتباط هستند، محرز می‌باشد (Sharma, 2002). استفاده از کودهای بیولوژیک یکی از راهکارهای مؤثر در حفظ کیفیت مطلوب خاک محسوب می‌گردد که باعث افزایش واکنش‌های مفید بین گیاه و میکروارگانیسم‌ها در ریزوسفر شده و توان گیاه را برای جذب بیشتر عناصر غذایی افزایش می‌دهد (Kokalis-Buerelle et al., 2006).

از جمله کودهای زیستی می‌توان به باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR)[1] اشاره کرد. این گروه از باکتری‌ها در منطقه ریزوسفر از طریق مکانیزم‌های مختلفی باعث افزایش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شوند. یکی از مکانیزم‌های مستقیم تأثیرگذار تولید فیتوهورمون‌هایی از قبیل اکسین، سیتوکنین و جیبرلین و جلوگیری از تولید هورمون اتیلن می‌باشد (Vessey, 2003). سایر مکانیزم‌هایی که به وسیله آن‌ها باکتری‌ها محرک رشد گیاه موجب بهبود رشد در شرایط تنش می‌شوند عبارتند از بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه، توسعه سیستم ریشه و جلوگیری از ریزش اندام هوایی، افزایش گره‌زایی و تثبیت زیستی نیتروژن مولکولی است (Renaut et al., 2004). گروهی از این گونه‌های باکتریایی که دارای قابلیت همیاری با گیاه هستند متعلق به جنس‌های *ازتوباکتر* (*Azotobacter* spp.)، *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum* spp.) و *سودوموناس* (*Pseudomonas* spp.) می‌باشند (Tilak et al., 2006). در پژوهشی خلیل (Khalil, 2006) نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیک از جمله *ازتوباکتر*، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد کمی و مواد مؤثره در گیاه دارویی اسفرزه شد. *آزوسپریلیوم* (*Azospirillum* spp.) برای ثبیت نیتروژن خاک به کار می‌رود (Bashan et al., 2004).

استفاده از کود بیولوژیک نیتروکسین و باکتری‌های حل کننده فسفات روی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) باعث افزایش عملکرد رویشی و بذر و عملکرد اسانس شد، ولی تأثیر آن بر درصد اسانس معنی‌دار نبود (Fallahi, 2009). عملکرد اسانس مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر باکتری *سودوموناس* افزایش یافت (Banchio et al., 2008).

در بررسی دیگری که توسط لیتی و همکاران (Leithy et al., 2008) روی گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) انجام شد تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* باعث افزایش درصد اسانس گردید. استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) باعث افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه شد (Vande Broek, 1999). در گیاه دارویی پروانش (*Caharanthus roseus* L.) تلقیح گیاهچه‌ها با باکتری *سودوموناس* (*Pseudomonas flurescence*) باعث افزایش میزان زیست توده تولیدی و میزان آلکالوئید گیاه در شرایط تنش آبی گردید. عبدل- جلیل و همکاران (Abdul-Jaleel et al., 2007). همچنین نتایج بررسی راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) نشان داد که کاربرد باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و *تیوباسیلوس* باعث افزایش میزان زیست توده تولیدی در گونه‌ای گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martini* Roxb.) گردید. بنابراین، با توجه به اهمیت گیاه دارویی مرزه و همچنین در نظر گرفتن اهمیت مدیریت اکولوژیک این گونه‌های گیاهی، این آزمایش به منظور بررسی تأثیر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات رشد، عملکرد و کیفیت اسانس مرزه در شرایط آب و هوایی کرج انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ایستگاه تحقیقات البرز کرج و در تابستان سال زراعی 91-1390 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بذر مرزه یک‌ساله از پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهیه شد.

کرت‌ها در ابعاد 1/5 در 1/5 متر و با فاصله یک متر از هم تهیه شده و بذرها در اواخر اردیبهشت در خزانه هوای آزاد کاشته شدند و

1- Plant growth promoting rhizobacteria

بعد از چهار هفته در مرحله شروع ساقه‌دهی، به منظور اعمال تیمار باکتری نشاء شده و به زمین اصلی منتقل شدند، نشاها به روش جوی و پشته در داخل کرت کشت شدند. فاصله ردیف 50 سانتی‌متر و فاصله روی ردیف 20 سانتی‌متر بود. در این آزمایش از باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* به صورت تلقیح با ریشه در مرحله شروع ساقه‌دهی استفاده شد که در هشت سطح (بدون تلقیح، تلقیح با *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس*، *تلفیق ازتوباکتر و آزوسپریلیوم*، تلفیق *ازتوباکتر* و *سودوموناس*، تلفیق *آزوسپریلیوم* و *سودوموناس* و تلفیق هر سه باکتری) به کار برده شد. هفت روز پس از کاشت بذرها در خزانه، جوانه‌زنی صورت گرفت و 21 روز پس از جوانه‌زنی گیاهان وارد مرحله شروع ساقه‌دهی شدند. در این مرحله نشاها به داخل ظرف‌های حاوی تیمارهای مختلف باکتری منتقل شده و پس از 24 ساعت و در ساعات اولیه روز به زمین اصلی منتقل شدند. آبیاری در اوایل کشت و با توجه به موقعیت آب و هوایی، دو نوبت در هفته و در اواسط تابستان و اواخر دوره کشت تا برداشت نمونه گیاه سه نوبت در هفته آبیاری انجام شد. وجین کرت‌ها در کل دوره رشدی گیاه چهار مرتبه صورت گرفت. در مرحله شروع گلدهی صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع گیاه، قطر کانوپی و تعداد ساقه جانبی اندازه‌گیری شد و در مرحله گلدهی کامل گیاهان برای اندازه‌گیری سایر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک برداشت شدند. پس از اندازه-گیری صفات مورد نظر گیاهان در محیط آزمایشگاه و در مدت دو هفته خشک شده و به مؤسسه تحیقات جنگل‌ها و مراتع انتقال داده شدند. پس از آسیاب کردن نمونه‌های گیاهی، عمل اسانس‌گیری با دستگاه کلونجر و به روش تقطیر با بخار انجام شد. شناسایی و اندازه-گیری ترکیبات اسانس توسط دستگاه‌های GC و GC/MS انجام شد. محاسبه رنگدانه‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر انجام گرفت (Arnon, 1975):

کلروفیل ($g.L^{-1}$) = (0/0202)(OD645) + (0/00802)(OD663)

محتوی کلروفیل a ($g.L^{-1}$) = (0/0127)(*OD663*) - (0/00269)(OD645) [1]

محتوی کلروفیل b ($g.L^{-1}$) = (0/0229)(OD645) - (0/00448)(OD638) [1]

اطلاعات به دست آمده، با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی خاک
Table 1- physical properties the soil of field

بافت Texture	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) (Silt) (%)	شن (درصد) (%) Sand	اشباع (درصد) S.P (%)
رسی Clay	35.71	37.78	25.51	35.29

نتایج و بحث

با توجه به تجزیه واریانس تأثیر تیمارها (جدول 3)، اثر تلقیح باکتری‌های محرک رشد بر درصد وزنی اسانس سرشاخه، بازده اسانس، طول ریشه، محتوی کلروفیل کل، a و b، کارتنوئید، α-pinene، sabinene، myrecene، α-terpinene، p-cymene، limonene، E-B-ocymene، ϒ-terpinene، Terpinen-4-01، α-terpinol و thymole در سطح احتمال یک درصد و بر روی ارتفاع بوته، قطر کانوپی، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد اندام هوایی، وزن خشک سرشاخه گلدار، عملکرد سرشاخه گلدار، تعداد گل-آذین، وزن خشک گل‌آذین، عملکرد اسانس سرشاخه مرزه و E-coryophyllen نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3).

جدول 2- خصوصیات شیمیایی خاک
Table 2- chemical properties the soil of field

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	مواد آلی (درصد) Organic C (%)	آهن (پی پی‌ام) Fe (ppm)	روی (پی پی‌ام) zn (ppm)	فسفر قابل دسترس (Available Phosphorous)	پتاسیم (قابل دسترس) (Available Potassium)
1.02	7.48	0.09	1.33	3.18	0.37	8.16	580

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات مرزه

Continued Table 3- Variance analysis of PGPRs effects on qualit ative characteristics of summer savory

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	محتوی کلروفیل کل Total Chlorophyll content	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	آلفا پینین α-pinene	ساینین Sabinene	میریسن Myrecene	آلفا ترپینین-α terpinene	پی‌سیمین p-cymene	لیمونن Limonene	ای بی سیمن-E-B ocymene	گاما ترپنین ɣ- terpinene	ترپنین Terpinen-401	آلفا ترپینول α-terpinol	تیمول Thymole	ای کوریوفیلن E-coryophyllene
تکرار Block	2	0.0001	0.0009	0.002	0.0012	0.0004	0.002	0.018	0.0015	0.0018	0.0001	0.004	0.001	0.0008	0.045	0.0001
تیمار Treatment	7	0.087**	0.089 **	0.016**	0.025**	0.012**	0.33**	3.18**	16.3**	0.024**	0.001**	120.5**	0.128**	0.0004**	129**	0.026*
خطا Error	14	0.0007	0.0004	0.0005	0.0001	0.0004	0.005	0.006	0.016	0.0003	0.005	0.11	0.002	0.004	0.04	0.002
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		3.8	5.04	6.15	1.66	12.09	3.11	3.36	2.07	3.12	3.95	0.8	7.18	5.47	0.48	4.26

* و **: به ترتیب بیانگر معنی‌داری صفات در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

* and **: are significant at 5 and 1 probability levels, respectively. .

جدول ۳- تجزیه واریانس باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات مرزه

Table 3 - Variance analysis of PGPRs effects on Characteristics of summer savory

منابع تغییرات Sources of variation	درجه ازادی df	ارتفاع بوته Plant height	قطر کانوپی Canopy diameter	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	عملکرد اندام هوایی Shoot yield	وزن خشک سرشاخه گلدار Shoot dry weight of the blooming	عملکرد سرشاخه گلدار Yield of the blooming	وزن خشک برگ Leaf dry weight	عملکرد برگ Leaf yield	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد گل آذین Number of inflorescences	وزن خشک گل آذین Inflorescences dry weight	عملکرد گل آذین Inflorescences yield	درصد وزنی اسانس Weight percentage of essential oil	بازده اسانس Essential oil efficiency	عملکرد اسانس سرشاخه Yield of essence
تکرار Block	2	5.68	2.71	67.03	8227557	34.27	423067	0.93	11504	1298057	3739	9.43	116422	0.068	0.045	278
تیمار Treatment	7	11.19*	14.17	26.65*	452441*	18.73*	231299*	0.35*	4377*	494267*	2546*	6.42*	79283	0.21**	0.22**	350*
خطا Error	14	3.46	5.91	28.97	357680	14.81	182855	0.43	5319	600571	1567	3.95	488	0.042	0.056	12.14
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.39	6.35	18.37	18.37	18.3	18.3	18.3	18.3	17.2	18.38	17.9	17.7	10.35	11.3	18.9

* و **: به ترتیب بیانگر معنی‌داری صفات در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

* and **: are significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات رشد و عملکرد کمّی مرزه

Table 4- Comparison means of PGPRs effects on growth characteristics and qualitative yield of summer savory

میانگین صفات *Means of traits*										
عملکرد گل آذین (کیلوگرم بر هکتار) Inflorescences Yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک گل ذین (گرم) Inflorescences dry weight (g)	تعداد گل اذین (تعداد در هر گیاه) inflorescences number ($No.p^{-1}$)	شاخص سطح برگ Leaf area index	عملکرد برگ (کیلوگرم بر هکتار) Leaf Yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک برگ (کیلوگرم بر هکتار) Leaf dry weight ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد سرشاخه گلدار (کیلوگرم بر هکتار) Shoot blooming Yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک سرشاخه گلدار (گرم) dry weight of blooming Shoot($g.p^{-1}$)	عملکرد اندام هوایی (کیلوگرم بر هکتار) Shoot yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight(g)	قطر کانوپی (سانتی متر) Canopy diameter (cm)	ارتفاع بوته(سانتی متر) Plant heigh(cm)	
1019^{ab}	9.17^{ab}	183^{ab}	3994^{a}	329^{a}	329^{b}	818^{b}	17.63^{ab}	1740^{ab}	14.66^{b}	40.4^{a}	41.87^{abc}	ازتوباکتر *Azotobacter*
1170^{ab}	10.54^{ab}	210^{ab}	4013^{a}	378^{a}	377.44^{a}	940^{ab}	20.25^{a}	3147^{a}	28.33^{a}	39.6^{a}	41.53^{bc}	آزوسپریلیوم *Azospirillum*
1221^{ab}	10.99^{ab}	219^{ab}	4187^{a}	394^{a}	394.55^{a}	980^{ab}	21.13^{a}	3283^{a}	29.55^{a}	37^{ab}	41.53^{bc}	سودوموناس *Pseudomonase*
1292^{ab}	11.36^{ab}	232^{ab}	4429^{a}	417^{a}	416.66^{a}	1037^{a}	21.35^{a}	3473^{a}	31.26^{a}	38.6^{a}	42.13^{abc}	ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم *Azotobacter+ Azospirillum*
1343^{ab}	12.09^{ab}	24^{ab}	4603^{a}	433^{a}	433.33^{a}	1078^{a}	23.23^{a}	3610^{a}	32.49^{a}	38.53^{a}	42.6^{abc}	ازتوباکتر+ سودوموناس *Azotobacter+ Pseudomonase*
1249^{ab}	11.24^{ab}	224^{ab}	4282^{a}	403^{a}	403.63^{a}	1002^{a}	21.61^{a}	3358^{a}	30.22^{a}	37.6^{ab}	44.53^{ab}	آزوسپریلیوم+ سودوموناس *Azospirillum+ Pseudomonase*
1398^{a}	12.58^{a}	250^{a}	4792^{a}	45^{a}	399^{a}	1122^{a}	24.18^{a}	3758^{a}	33.82^{a}	40.53^{a}	45.33^{a}	ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم+ سودوموناس *Azotobacter+ Azospirillum+ Psendomonase*
916^{b}	8.25^{b}	164^{b}	3974^{a}	374^{a}	374^{a}	879^{b}	17.19^{b}	267^{b}	24.04^{b}	33.87^{b}	39.07^{c}	شاهد Control

* حروف مشترک در هر ستون نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* Similar letters in each column have not significant difference based on Duncan test at 5% probability level.

جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول 4)، نشان می‌دهد که بیشترین میزان ارتفاع بوته (45/33 سانتی‌متر) مربوط به تلقیح توأم با هر سه باکتری بوده که با تلقیح باکتری *ازتوباکتر* و اثرات متقابل *ازتوباکتر*+ *آزوسپریلیوم*، *ازتوباکتر*+ *سودوموناس* و *آزوسپریلیوم*+ سودوموناس اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان آن (39/07 سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد بود که با تلقیح باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و *سودوموناس* اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان قطر کانوپی (40/53 سانتی‌متر) مربوط به تلقیح توأم با هر سه باکتری بود که به جز باکتری *سودوموناس* با سایر سطح اختلاف معنی‌داری ندارد، کمترین میزان این صفت (33/88 سانتی‌متر) هم مربوط به تیمار شاهد بود که با باکتری *سودوموناس* اختلاف معنی‌داری ندارد.

بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی (33/82 گرم)، عملکرد اندام هوایی (3758 کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک سرشاخه گلدار (24/18 گرم) و عملکرد سرشاخه گلدار (2687 کیلوگرم در هکتار) مربوط به اثر تلقیح توأم با هر سه باکتری بود که این صفات با کلیه تیمارها به جز تلقیح با باکتری *ازتوباکتر*، اختلاف معنی‌داری ندارند. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی (24/04 گرم)، عملکرد اندام هوایی (2671 کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک سرشاخه (17/19 گرم) و عملکرد سرشاخه (1910 کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد بود که با تلقیح باکتری *ازتوباکتر* اختلاف معنی‌داری ندارد (جدول 4).

مقایسه میانگین تأثیر تیمارها (جدول 4) نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ (433 کیلوگرم در هکتار)، عملکرد برگ (451 کیلوگرم در هکتار) و شاخص سطح برگ (4792 سانتی‌متر مربع) مربوط به تلقیح توأم با هر سه باکتری بوده و کمترین میزان این صفات به ترتیب (328 کیلوگرم در هکتار)، (263 کیلوگرم در هکتار) و (3974 سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار شاهد بود، کلیه سطوح تلقیح شده باکتری در رابطه با سه صفت مذکور با تیمار شاهد و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول 4) بیشترین میزان تعداد گل‌آذین (250 عدد در هر گیاه)، وزن خشک گل‌آذین (12/58 گرم) و عملکرد گل‌آذین (1398 کیلوگرم در هکتار) مربوط به تلقیح توأم با هر سه باکتری بوده که در رابطه با این سه صفت با کلیه سطوح به جز تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان این صفات نیز به ترتیب (164 عدد در هر گیاه)، (2/37 گرم) و (263 کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد می‌باشد که با کلیه تیمارها به جز تلفیق سه هر باکتری، اختلاف معنی‌داری ندارند.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد کودهای بیولوژیک اثر معنی‌داری بر شاخصه‌های رشدی و بر خصوصیات کمی گیاه داشته و بهترین نتیجه در تلفیق هر سه باکتری *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم* و *سودوموناس* به دست آمد که این نتیجه با یافته ویسانی و همکاران (Weisani et al., 2012) در بررسی اثر کود-های بیولوژیک بر صفات کمی و کیفی گیاه ریحان(*Ocimum basilicum* L.) مطابقت دارد، این محققین دریافتند که بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تلقیح با نیتروکسین + فسفاته بارور-2 (43/2 سانتی‌متر) بود که در مقایسه با کاربرد مجزای دو عامل یاد شده و شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد.

درزی و همکاران (Darzi et al., 2012) نیز در مطالعات خود بر روی گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L)، به این نتیجه رسیدند که بیشترین تعداد چتر در گیاه، که تعیین کننده حجم و گسترش اندام هوایی گیاه بود، مربوط به اثرات متقابل *ازتوباکتر* + *آزوسپریلیوم* + کود دامی (در سطح 15 تن در هکتار) بود که با سایر سطوح تلقیحی اختلاف معنی‌داری دارد. اثر هورمونی القا شده در گیاه توسط تثبیت کننده‌های نیتروژن (*ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم*) ممکن است یا به طور مستقیم تغییراتی در مورفولوژی ساقه گیاهان تلقیح شده (قطور شدن ساقه، افزایش شاخ و برگ و تعداد سرشاخه-های گلدار ایجاد کند) و یا با ازدیاد رشد ریشه و به تبع آن افزایش زمینه دسترسی به آب و املاح، رشد بیشتر بخش هوایی گیاه را ممکن سازد (Ribaudo et al., 2004). نتایج این تحقیق با نتایج به دست آمده در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) (Azaz et al., 2009) مطابقت دارد.

بیشترین میزان درصد اسانس (2/23 درصد) مربوط به تلقیح توأم با سه باکتری بود که با تلقیح باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس* و اثرات متقابل *ازتوباکتر*+ *آزوسپریلیوم* و *آزوسپریلیوم*+ *سودوموناس* اختلاف معنی‌داری ندارد، کمترین میزان درصد اسانس (1/43 درصد) مربوط به تیمار شاهد بود که تنها با اثر

متقابل *ازتوباکتر+ سودوموناس* اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان بازده اسانس (2/42) مربوط به مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بود که کلیه سطوح باکتری اختلاف معنی‌داری نداشته و تنها با تیمار شاهد (1/55) که کمترین میزان بازده اسانس را داراست، اختلاف معنی‌داری داشت (جدول 5).

نتایج بررسی اثر تلقیح با تثبیت کننده‌های نیتروژن، درگیاه مرزنجوش (El-Gahadban et al., 2002) و در گیاه دارویی رزماری (Abdelaziz et al., 2007)، افزایش غلظت برخی از عناصر پرمصرف در گیاه را ناشی از افزایش سطح جذبی ریشه به ازای هر واحد از حجم خاک، افزایش جذب آب، فعالیت فتوسنتزی و تعرق بیان کردند که تلقیح با این کودها به طور مستقیم بر فرآیند-های فیزیولوژیکی و مصرف کربوهیدرات‌ها در گیاهان مؤثر است. دست برهان و همکاران (Dastborhan et al., 2011) نیز در بررسی‌های خود بر روی گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) به این نتیجه رسیدند که باکتری *آزوسپریلیوم* در مقایسه با باکتری *ازتوباکتر*، تأثیر بیشتری بر افزایش میزان عملکرد اسانس و عملکرد کاپیتول گیاه داشت. بیشترین میزان درصد اسانس (2/23 درصد) مربوط به تلقیح توأم با سه باکتری بود که با تلقیح باکتری‌های *ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، سودوموناس* و اثرات متقابل *ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم و آزوسپریلیوم+ سودوموناس* اختلاف معنی-داری نداشت. کمترین میزان درصد اسانس (1/43درصد) مربوط به تیمار شاهد بود که تنها با اثر متقابل *ازتوباکتر+ سودوموناس* اختلاف معنی‌داری نداشت. با توجه به جدول مقایسه میانگین تیمارها بیشترین میزان بازده اسانس (2/42 درصد) مربوط به مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بود که کلیه سطوح باکتری اختلاف معنی‌داری نداشته و تنها با تیمار شاهد (1/55 درصد) که کمترین میزان بازده اسانس را داراست، اختلاف معنی‌داری دارد (جدول 5).

بیشترین میزان عملکرد اسانس سرشاخه‌های گلدار (65/6 کیلوگرم در هکتار) مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بود که با تلقیح باکتری‌های *آزوسپریلیوم، سودوموناس، ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم، ازتوباکتر+ سودوموناس و آزوسپریلیوم+ سودوموناس* اختلاف معنی-داری نداشت. کمترین میزان آن (39 کیلوگرم در هکتار) مربوط به تلقیح باکتری *ازتوباکتر* بود که تنها با تلقیح توأم سه باکتری اختلاف معنی‌داری دارد (جدول 5).

بیشترین میزان کلروفیل کل (0/91 میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح با *ازتوباکتر و آزوسپریلیوم* بود که با تلقیح توام هر سه باکتری و *آزوسپریلیوم+ سودوموناس* اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان آن نیز (0/52 میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* بود که با تلقیح باکتری *آزوسپریلیوم* اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان کلروفیل a (0/63 میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بود که با اثر متقابل *ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم* اختلاف معنی‌داری داشت، کمترین میزان این صفت نیز (0/23 میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح با *ازتوباکتر* بود که با تلقیح باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر+ سودوموناس* اختلاف معنی-داری نداشت. بیشترین میزان کلروفیل b (0/46 میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به اثر متقابل *آزوسپریلیوم+ سودوموناس* بود که با تلقیح توأم هر سه باکتری اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز (0/24 میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح با باکتری *سودوموناس* بود که با تمامی سطوح و حتی با تیمار شاهد نیز اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین میزان کاروتنوئید (0/63 میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بوده که با تمامی سطوح تلقیح شده اختلاف معنی‌داری داشت، کمترین میزان (0/84 میلی‌گرم بر لیتر) این صفت نیز مربوط به تلقیح *ازتوباکتر* بوده و با تلقیح باکتری *آزوسپریلیوم* و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 5).

شاخص‌ترین ترکیب اسانس گیاه مورد بررسی ϒ- terpinene و thymole بود که بیشترین میزان ϒ- terpinene (53/06 درصد) مربوط به اثر متقابل *ازتوباکتر+ سودوموناس* بوده و با کلیه سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت نیز (33/23 درصد) مربوط به تلقیح با باکتری *سودوموناس* بود که این سطح با تمامی سطوح دیگر و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین میزان thymole (48/49 درصد) مربوط به تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* بود که با تمامی سطوح اختلاف معنی‌داری دارد، کمترین میزان این صفت (28/98 درصد) نیز مربوط به اثر متقابل *ازتوباکتر+ سودوموناس* بود (جدول 5).

بیشترین میزان α-pinene (0/97 میلی‌گرم بر لیتر)، myrecene (2/82 میلی‌گرم بر لیتر)، α-terpinene (3/67 میلی‌گرم بر لیتر)، limonene (0/69 میلی‌گرم بر لیتر)، E-B-ocymene (0/17 میلی-گرم بر لیتر) و ϒ-terpinene (53/06 میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به اثر متقابل دو باکتری *ازتوباکتر+ سودوموناس* بود و تمامی ترکیبات فوق در سطوح مختلف تیماری دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات کیفی مرزه

Table 5 – Comparison means of PGPRs effects on Quality characteristics of summer savory

تیمار Treatment	درصد وزنی اسانس Percentage (درصد) weight of essence (%)	بازده اسانس (درصد) Efficiency (%)	عملکرد اسانس سرشاخه (کیلوگرم در هکتار) Performance of Essence (kg.ha-1)	کلروفیل Total Chlorophyll (میلی گرم بر لیتر)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.L-1) (میلی گرم بر لیتر)	کلروفیلb Chlorophyll b (mg.L-1) (میلی گرم بر لیتر)	آلفا پینین (٪) α-pinene (%)	ساینین (٪) Sabinene (%)	میریسن (٪) myrecene(%)	آلفا تربینین (٪)-α terpinene (%)	پی‌سیمین (٪) p-cymene (%)	لیمونن (٪) limonene (%)	ای بی سیمن (٪) E-B-ocymene (%)	گاما تربینین (٪) ɜ- terpinene (%)	تربینین٤-١ (٪) Terpinen-4-1(%)	آلفا تربینول (٪) α-/Terpinol (%)	تیمول (٪) thymole (%)	ای کوریوفیلن (٪) E-coryophyllene (%)
شاهد Control	1.43^{c}	1.55^{b}	30^{c}	0.78^{b}	0.56^{b}	0.36^{b}	0.70^{d}	0.16^{b}	2.25^{b}	0.95^{f}	10.84^{a}	0.63^{b}	0.15^{c}	43.49^{c}	0.69^{e}	0.168^{abc}	36.70^{g}	0.156^{e}
ازتوباکتر/ Azotobacter	1.95^{ab}	1.98^{a}	39^{bc}	0.52^{d}	0.23^{e}	0.30^{e}	0.70^{d}	0.17^{b}	1.83^{e}	1.70^{e}	3.97^{g}	0.41^{f}	0.16^{ab}	34.89^{g}	0.82^{b}	0.175^{ab}	48.49^{a}	0.378^{b}
آزوسپریلیوم/ Azospirillum	2.22^{a}	2.36^{a}	53.3^{ab}	0.55^{cd}	0.24^{e}	0.30^{e}	0.75^{c}	0.17^{b}	2.26^{c}	1.11^{g}	7.86^{b}	0.48^{e}	0.16^{ab}	39.96^{e}	0.92^{a}	0.160^{bcd}	41.46^{e}	0.169^{e}
سودوموناس *Pseudomonase*	1.98^{ab}	2.22^{a}	51.3^{bc}	0.58^{c}	0.42^{d}	0.24^{d}	0.72^{d}	0.18^{b}	1.84^{e}	1.45^{f}	6.91^{c}	0.61^{b}	0.13^{d}	33.23^{h}	0.54^{d}	0.169^{abc}	46.77^{b}	0.28^{c}
ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم/ Azotobacter+ Azospirillum	2^{ab}	2.16^{a}	52.9^{ab}	0.91^{a}	0.60^{a}	0.39^{b}	0.82^{b}	0.12^{c}	2.41^{b}	2.97^{c}	5.35^{e}	0.60^{b}	0.16^{ab}	45.89^{b}	0.48^{d} e	0.144^{d}	37.50^{f}	0.248^{d}
ازتوباکتر+ سودوموناس Azotobacter+ Pseudomonase	1.75^{bc}	2.1^{a}	54.3^{ab}	0.57^{c}	0.24^{e}	0.32^{c}	0.97^{a}	0.19^{b}	2.82^{a}	3.67^{a}	5.67^{d}	0.69^{a}	0.17^{a}	53.06^{a}	0.48^{d} e	0.156^{cd}	28.98^{h}	0.258^{cd}
آزوسپریلیوم+ سودوموناس Azospirillum+ Pseudomonase	2.14^{ab}	2.03^{a}	48.4^{ab}	0.89^{a}	0.52^{c}	0.46^{a}	0.74^{c}	0.07^{d}	2.12^{d}	2.61^{d}	4.63^{f}	0.51^{d}	0.13^{d}	38.29^{f}	0.42^{e}	0.181^{a}	46.11^{c}	0.415^{a}
ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم+ سودوموناس Azotobacter+ Azospirillum+ Pseudomonase	2.23^{a}	2.43^{a}	65.6^{a}	0.9^{a}	0.63^{a}	0.44^{a}	0.71^{d}	0.29^{a}	2.24^{cd}	3.17^{b}	4^{g}	0.55^{c}	0.13^{d}	41.52^{d}	0.32^{f}	0.125^{cd}	44.13^{d}	0.356^{b}

* حروف مشترک در هر ستون نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* Similar letters in each column have not significant difference based on Duncan test at 5% probability level.

و کمترین میزان هر کدام از ترکیبات فوق نیز مربوط به تیمار متفاوتی بود. بیشترین میزان p-cymene (10/84 میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تیمار شاهد بود و سایر سطوح تیماری نسبت به تیمار شاهد بر میزان این صفت اثر کاهش‌دهندگی داشتند (جدول 5).

بیشترین میزان Sabinene (0/29درصد) مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بوده و بیشترین میزان Terpinene-4-01 (92 درصد) مربوط به تلقیح با باکتری *آزوسپریلیوم* بود. بیشترین میزان terpinol-α (0/181درصد) و E-coryophyllene (0/415 درصد) مربوط به ترکیب *آزوسپریلیوم*+ *سودوموناس* بوده و کمترین میزان صفات مذکور نیز مربوط به تیمارهای متفاوتی بود (جدول 5).

تأثیر *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* بر رشد، عملکرد میوه و ترکیب اسانس گیاه رازیانه طی مطالعه‌ای توسط محفوظ و شرف الدین (Mahfouz & Sharaf- Eldin, 2007) مورد بررسی قرار گرفت که افزایش اسانس رازیانه را در پی داشت. همچنین کاربرد کودهای زیستی روی رازیانه و کرفس (*Apium graveolens* L.) (Gad, 2001) و گشنیز و زیره سیاه (*Carum carvi* L.) نیز موجب افزایش اسانس شد (Amin, 1997). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) با بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک نیتراژین، نیتروکسین، کود بیولوژیک حل‌کننده فسفات و ورمی‌کمپوست و تیمارهای ترکیبی از این کودهای بیولوژیک دریافتند که کاربرد این کودها بر عملکرد بیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس مرزه تأثیر معنی‌داری داشت و تیمار ترکیبی نیتراژین، نیتروکسین بیشترین عملکرد بیولوژیک ودرصد اسانس را به خود اختصاص دادند. بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی می‌تواند در بهبود خصوصیات کمّی و کیفی مرزه مؤثر باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین اثر افزایشی بر عملکرد و ترکیبات اسانس مربوط به تلقیح با هر سه باکتری بوده و نسبت سایر تیمارها در اکثر صفات تفاوت معنی‌داری دارد. تمامی صفات مورد بررسی در سطوح مختلف تیماری با شاهد اختلاف بسیار معنی‌داری دارد و این موضوع بیانگر آن است که هر چند بیشترین و بهترین اثرات مربوط به اثر متقابل سه باکتری بود، ولی کاربرد هر کدام از باکتری‌ها به صورت جداگانه یا تلفیق دو باکتری نیز اثر افزایشی معنی‌داری بر بسیاری از صفات دارد.

منابع

Abdelaziz, M.E., Pokluda, R., and Abdelwahab, M.M. 2007. Influence of compost, micro organisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluy 35: 86-90.

Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., Panneerselvam, R. 2007. *Pseudomonas flurescence* enhance biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 7-11.

Amin, I.S. 1997. Effect of bio-and chemical fertilization on growth and production of *Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Carum carvi* plants. Annals of Agriccultural Science, Moshtohor, Egypt 35(4): 2327-2334.

Arnon, D.I. 1975. Physiological principles of dry land crop production. In: Gupta .U.S. (Ed). Physiological aspects of dry land farming. p. 3-14. Oxford Press.

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.

Banchio, E.C., Bogino, P., Zygadlo, J., and Giordano, W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. Journal of Biochemistry Systems and Ecology 36: 766-771.

Bashan, Y., Holguin, G., and de-Bashan, L.E. 2004. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology 50 (Suppl. 8): 521-577.

Darzi, M.T., Hadj Seyed Hadi, M.R., and Rejali, F. 2012. Effects of cattle manure and plant growth promoter bacteria application on some morphological traits and yield in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(3): 434-446. (In Persian with English Summary)

Dastborhan, S., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S., and Tavassoli, A.R. 2011. Effect of biofertilizers and different amounts of nitrogen on yield of flower and essential oil and nitrogen use efficiency of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(2): 290-305. (In Persian with English Summary)

EL-Gahadban, E.A., Ghallab, A.M., and Abdelwahab, A.F. 2002. Effect of organic fertilizer (Biogreen) and biofertilization on growth, yield and chemical composition of Marjoram plants growth under newly reclaimed soil conditions. 2nd Congress of Recent Technologies in Agriculture. Cairo University, 28-30 October 345-359.

Fallahi, J. 2009. Effects of biofertilizers and chemical fertilizers on quantity and quality characterize of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) as a medicinal plant. MSc Thesis in College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Gad, W.M. 2001. Physiological studies on *Foeniculum vulgare* Mill. and *Anethum graveolens* L. MSc Thesis. Faculty Agric., Kafr El-Sheikh, Tanta University, Egypt.

Khalil, M.Y. 2006. How-far would *Plantago afra* L. respond to bio and organic manures amendements. Research Journal of Biological Sciences 2(1): 12-21.

Kokalis-Buerelle, N., Kloepper, J.W., and Reddy, M.S. 2006. Plant growth-promoting rhizobacteria as transplant amendments and their affects on indigenous rhizosphere microorganisms. Journal of Applied Soil Ecology 31: 91-100.

Leithy, S., El-meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on Rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Applied Research 2: 773-779.

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

Rahimzadeh, S.T., Sohrabi, Y., Heydari, G.R., and Pirzad, A.R. 2012. The effect of application of biofertilizers on some morphological characteristic and yield of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Horticultural Science 25(3): 335-343. (In Persian with English Summary)

Ratti, N., Kuma,r S., Verma, H.N., and Gautams, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* by rhizobacteria, AMF and *azospirillum* inoculation. Microbiology Research 156: 145-149.

Renaut, J., Lutts, S., Hoffmann, L., and Hausman, J.F. 2004. Responses of poplar to chilling temperature: proteomics and physiological aspects. Plant Biology 6: 81-90.

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

Ribaudo, C.M., Krumpholz, E.M., Cassan F.D., Bottini, R., Kloepper, J.W., Reddy, M.S., Rodríguez-Kabana, R., Kenney, D.S., Kokalis-Burelle, N., Martinez-Ochoa, N., and Vavrina, C.S. 2004. Application of rhizobacteria in transplant production and yield enhancement. Acta Horticulturae 631: 217-229.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agro-bios, India, 300 pp.

Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A.K., and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science 89: 136-150.

Vande Broek, A. 1999. Auxins upregulate expression of the indol-3-pyruvate decarboxylase gene in *Azospirillum brasilense*. Journal of Bacteriology 181: 1338-1342.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255 (Suppl. 2): 571-586.

Weisany, W., Rahimzadeh, S., and Sohrabi, Y. 2012. Effect of biofertilizers on morphological, physiological characteristic and essential oil content in basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(1): 73-87. (In Persian with English Summary)

Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A., and Abbassi, F. 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. African Journal of Agricultural Research 6(4): 798-807.