نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۲، ص. ۱۹۰-۱۷۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No. 1, Spring. 2013, p. 179-190

تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر جذب عناصر پر مصرف، کم مصرف و درصد اسانس در گیاه داروئی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)

سعیده رحیم زاده[۱]- یوسف سهرابی[۲*]- غلامرضا حیدری[۳]- علیرضا عیوضی[٤]- سید محمد طاهر حسینی[٥]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۷/۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۳/۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مصرف کودهای زیستی و شیمیایی بر جذب عناصر غذایی و میزان اسانس حاصل در گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)، آزمایشی به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۴ تکرار در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: کودهای زیستی نیتروکسین، فسفاته بارور۲ و بیوسولفور به صورت خالص و ترکیبی (نیتروکسین+فسفاته بارور۲، نیتروکسین+بیوسولفور، فسفاته بارور۲+بیوسولفور و نیتروکسین+بیوسولفور+ فسفاته بارور۲)، کود شیمیایی NPK و تیمار شاهد (عدم مصرف کود). نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که تیمارهای مورد بررسی اثر معنی داری روی جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، آهن، منگنز و مس و همچنین میزان اسانس داشتند ولی جذب عنصر روی تحت تأثیر قرار نگرفت. بیشترین غلظت نیتروژن (۳/۵۵درصد)، پتاسیم (۳/۴۷درصد) و آهن (۴/۵۶ میلی گرم در کیلوگرم) در تلقیح با نیتروکسین، بیشترین غلظت فسفر (۰/۲۶درصد) و مس (۰/۳۳ میلی گرم در کیلوگرم) در تلقیح با بیوسولفور+ کود فسفات زیستی، بیشترین غلظت گوگرد (۰/۶۶درصد) در تلقیح با بیوسولفور، حداکثر مقدار منگنز (۰/۴۸ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار کود شیمیایی (NPK) و نهایتاً بالاترین میزان اسانس (۰/۴۸درصد) در ترکیب کودی نیتروکسین+ بیوسولفور+ کود فسفات زیستی حاصل شد.

واژه های کلیدی: بیوسولفور، تغذیه گیاه، کود فسفات زیستی، نیتروکسین

مقدمه

امروزه مهمترین محور بحث های حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی در سیستم تولید محصولات زیستی کشاورزی، جایگزینی مواد آلی و کودهای زیستی با کودهای شیمیایی است. مواد و عناصر غذایی مورد مصرف گیاهان که در اثر فعالیت گروه های خاصی از میکروارگانیسم ها مثل باکتری های تثبیت کننده ازت، میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات (باکتری ها و قارچ ها) و باکتری های اکسیدکننده گوگرد، تولید و یا آزاد می شوند کودهای زیستی یا بیولوژیک نام دارند. کشاورزان همواره تلاش می کنند تا با رفع کمبود عناصر غذایی خاک و استفاده از مدیریت صحیح تولید، عملکرد گیاه را به حد بالقوه برسانند، ولی مشکلات اقتصادی ناشی از افزایش هزینه کودهای شیمیایی و همچنین مسائل زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه و غیراصولی این کودها، همواره موجب نگرانی کارشناسان و برنامه ریزان بخش کشاورزی بوده است و به همین دلیل در سال های اخیر، توصیه به مصرف و کاربرد کودهای بیویوژیک رایج شده است که در نهایت می تواند ضمن بهبود بازده محصولات و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، امنیت غذایی و حفظ محیط زیست را نیز به دنبال داشته باشد (۱۰ و ۲۱). از طرفی تمایل به تولید گیاهان داروئی و معطر در جهان رو به افزایش است و کشت این گیاهان بر پایه کشاورزی پایدار، کیفیت آنها را تضمین کرده و احتمال اثرات منفی کاربرد نهاده های شیمیایی روی کیفیت داروئی این گیاهان را نیز کاهش می دهند (۵ و ۳۱).

بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)، یکی از گیاهان دارویی علفی یکساله بوده که متعلق به تیره نعنائیان است. مواد مؤثر پیکر رویشی این گیاه، آرام بخش و اشتهاآور است و اسانس آن دارای

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان
(*- نویسنده مسئول: Email:y.sohrabi@uok.ac.ir)
۴- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی
۵- عضو هیئت علمی گروه خاکشناسی، دانشگاه کردستان

خاصیت ضدباکتریایی می باشد (۳۳).

عناصر غذایی موجود در خاک نقش مهمی در تعیین میزان رشد و عملکرد گیاه و همچنین بهبود کیفیت محصول تولیدی دارند. نیتروژن مهمترین عنصر حاصلخیزی خاک بوده و بخش اصلی مصرف کودهای شیمیایی خاک را تشکیل می دهد. فسفر، بعد از نیتروژن پرمصرف ترین عنصر برای گیاه به شمار می رود. این عنصر در تمام فرآیندهای شیمیایی، سازوکارهای انتقال انرژی و انتقال پیام ها دخالت دارد (۱). پتاسیم عنصر دیگری است که وظیفه عمده آن، فعال سازی سیستم های آنزیمی مختلف می باشد. بنابراین، پتاسیم در چندین مرحله از ساخته شدن پروتئین دخالت دارد، و به همین علت گردش نیتروژن و ساخته شدن پروتئین در گیاهان بستگی به مقدار پتاسیم دارد (۲۰). گوگرد نیز یکی از عناصر پرمصرف برای گیاه بوده که از وظایف مهم گوگرد در گیاهان، می توان به دخالت این عنصر در بسیاری از فعالیت های آنزیمی و نیز شرکت آن در ساختمان شیمیایی بسیاری از اسیدهای آمینه نظیر متیونین و سیستئین و نیز ترکیبات فرار مولد رایحه اشاره نمود (۸). عناصر غذایی کم مصرف نیز بیشتر در سیستم های آنزیمی گیاه شرکت دارند (۱۴).

با هدف تضمین کیفیت محصولات حاصله از گیاهان دارویی، مصرف کودهای زیستی می‌تواند یکی از راهکارهای اساسی در تأمین عناصر مورد نیاز این دسته از گیاهان باشد. کود زیستی نیتروکسین حاوی مؤثرترین باکتری های تثبیت کننده نیتروژن (ازتوباکتر[1] و آزوسپریلیوم[2]) می باشد. این باکتری ها علاوه بر تثبیت ازت هوا و متعادل کردن جذب عناصر غذایی اصلی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت های هوایی گیاهان می شوند (۳۴).

کود زیستی فسفاته بارور۲ حاوی دو نوع باکتری حل کننده فسفات، باسیلوس لنتوس[3](سویه P_5) و پسودوموناس پوتیدا[4](سویه P_{13}) می باشد که جنس باسیلوس با ترشح اسیدهای آلی ابتدا باعث کاهش pH به صورت موضعی شده و سپس با تجزیه پیوند موجود در ساختار ترکیبات فسفاته معدنی که به صورت نامحلول در خاک درآمده‌اند، آنها را به شکل محلول قابل جذب توسط ریشه گیاه در می آورد و جنس پسودوموناس با ترشح آنزیم های فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفاته آلی، و در نتیجه معدنی شدن و قابل جذب شدن آنها می شود (۱). کود زیستی بیوسولفور، حاوی باکتری هائی از جنس تیوباسیلوس[5] است که از طریق اکسیداسیون گوگرد توسط این میکروارگانیسم ها، به تغذیه گیاه از نظر گوگرد، جذب بیشتر عناصر غذائی چون فسفر، آهن و روی، اصلاح خاک های شور سدیمی، و به تبع آنها به افزایش عملکرد گیاه کمک می کند (۴۴). با توجه به شرایط اقلیمی و ویژگی‌های خاک های ایران به ویژه pH بالای خاک‌های آهکی، انجام اقداماتی در جهت افزایش اکسیداسیون گوگرد در خاک، بسیار ضروری می باشد (۸).

تحقیقات زیادی در زمینه کاربرد کودهای زیستی در تولید محصولات مختلف زراعی صورت گرفته است و نتایج جالبی نیز به دست آمده است. حاجی بلند و همکاران (۴)، گزارش کردند که به دنبال تلقیح گندم با ازتوباکتر، غلظت پتاسیم و نیتروژن در اندام های هوایی گیاه نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش یافت. داس و همکاران (۲۴ و ۲۵) نیز به دنبال کاربرد کودهای زیستی در گیاه داروئی *Stevia rebaudiana* مشاهده کردند که میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس در خاک به طور معنی داری افزایش یافت. اسری و همکاران (۱۹) طی تحقیقی روی درخت انار گزارش کردند که تلقیح آن با تثبیت کننده های نیتروژن (ازتوباکتر) و قارچ‌های میکوریزا[6] میزان جذب عناصر غذایی پرمصرف (K، P،N) و کم مصرف (Cu، Zn، Mn،Fe) را افزایش داد. راویا و همکاران (۴۱) نشان دادند که تلقیح با آزوسپریلیوم، غلظت N، P و K را به طور معنی داری در برگ و گل آذین گیاه *Celosia argentea* افزایش داد. کاربرد کودهای زیستی (تثبیت کننده نیتروژن) در گیاه داروئی رزماری تأثیر قابل توجهی روی میزان جذب عناصر غذایی نداشت (۳۷). درزی و همکاران (۷) گزارش کردند که کاربرد کود فسفات زیستی و میکوریزا غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در دانه رازیانه افزایش داد. همچنین پوریوسف و همکاران (۴۰) نیز اظهار داشتند که کاربرد کود فسفاته بارور غلظت فسفر را در بذر گیاه *Plantago ovata* افزایش داد. داس و همکاران (۲۵) در مورد جذب عناصر غذایی K، P،N در گیاه داروئی *Stevia rebaudiana* گزارش کردند که به دنبال کاربرد آزوسپریلیوم (تثبیت کننده ازت) و باکتری های حل کننده فسفر، در ابتدا میزان N، P و K در گیاه افزایش یافت و سپس با افزایش رشد گیاه میزان این عناصر در تیمارهای ترکیبی نسبت به کاربرد آنها به صورت خالص کمتر شد. که به دلیل توانایی این باکتری ها در تثبیت ازت اتمسفری و تبدیل عناصر کم مصرف و پرمصرف خاک مثل Fe، Cu، Zn،P و S از فرم غیرقابل استفاده به فرم قابل استفاده برای گیاه، نسبت داده شد. قربانی نصرآبادی و همکاران (۱۳) به دنبال مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس و برادی ریزوبیوم[7] نشان دادند که مصرف توأم تیوباسیلوس و برادی ریزوبیوم نسبت به تلقیح هر یک به تنهایی،

1- *Azotobacter*
2- *Azospirillum*
3- *Bacillus lentus*
4- *Pseudomonas putida*
5- Thiobacillus

6- Mycorrhiza
7- *Brady rhizobium*

غلظت نیتروژن را در گیاه سویا به طور معنی داری افزایش داد. نتایج بشارتی و همکاران (۲) نیز حاکی از این بود که میزان جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد به دنبال کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس روندی افزایشی داشت. شرط اصلی تأثیر گوگرد، سرعت اکسایش آن در خاک است تا علاوه بر تأمین یون سولفات، با کاهش pH در محدوده ریزوسفر گیاه دسترسی به سایر عناصر غذایی مثل فسفر و آهن را نیز سبب شود. نورقلی پور و همکاران (۱۵) گزارش کردند که به دنبال کاربرد فسفات و گوگرد (کود سوپرفسفات تریپل و گوگرد پودری) و باکتری تیوباسیلوس، میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز جذب شده توسط بخش هوایی ذرت در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشتند. تحقیقات فاتما و همکاران (۲۹) روی گیاه مرزنجوش نشان داد که کودهای بیولوژیک اثرات قابل توجهی روی رشد و میزان اسانس این گیاه داشت. در گیاه نعناع نیز به دنبال کاربرد ازتوباکتر و آزوسپریلیوم اسانس و عملکرد آن افزایش یافت که معادل با ۸۵درصد عملکرد اسانس حاصل از کاربرد کود شیمیایی بود (۱۲). تحقیقات نشان می دهد که باکتری های ریزوسفری نقش مهمی در تحریک رشد گیاهان و بهبود کیفیت آنها به واسطه تثبیت نیتروژن اتمسفر، افزایش دسترسی عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر، افزایش سطح تماس ریشه و تولید تنظیم کننده های رشد و همچنین بهبود همزیستی مفید با گیاه میزبان دارند (۳۰).

با توجه به اطلاعات اندک در مورد اثرات ناشی از کاربرد کودهای زیستی روی گیاهان دارویی و همچنین در راستای کاهش مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر مصرف کودهای زیستی روی جذب عناصر پرمصرف و کم مصرف و میزان اسانس تولیدی در گیاه دارویی بادرشبو صورت گرفت.

مواد و روش ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۴ تکرار در سال زراعی ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی ساعتلو وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ارومیه اجرا شد. طول جغرافیایی محل اجرای آزمایش ″۱۸، ′۴۴،°۳۷ شرقی و عرض جغرافیایی آن ″۵۳، ′۱۰،°۴۵ شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۳۸ متر می باشد. قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و همچنین برآورد نیاز کودی محصول بادرشبو، از پنج نقطه مختلف مزرعه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک، نمونه برداری انجام گرفته و به آزمایشگاه تجزیه خاک ارسال شد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

تیمارهای کودی شامل: شاهد (control)، کود شیمیایی ($N_{150}P_{100}K_{100}$) و کودهای زیستی شامل نیتروکسین (n)، فسفاته بارور۲ (p)، بیوسولفور (b)، نیتروکسین + فسفاته بارور۲ (np)، نیتروکسین + بیوسولفور (nb)، فسفاته بارور۲ + بیوسولفور (bp) و نیتروکسین + فسفاته بارور۲ + بیوسولفور (nbp) بودند. کودهای شیمیایی مصرفی از نوع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم در نظر گرفته شدند. هر بسته ۱۰۰ گرمی از کود زیستی فسفاته بارور۲، جهت تلقیح بذر مصرفی برای یک هکتار از انواع محصولات زراعی در نظر گرفته شده است. میزان مصرف کود نیتروکسین برای تلقیح بذر مصرفی در یک هکتار از محصولات زراعی نیز، ۱ لیتر در نظر گرفته شد. کود زیستی بیوسولفور، حاوی باکتری های جنس تیوباسیلوس می باشد و مصرف آن فقط با گوگرد توصیه می شود.

ابعاد هر کرت آزمایشی ۳×۴ و شامل ۹ ردیف کاشت به فاصله ۴۰ سانتی متر بود. کاشت بادرشبو و اعمال تیمارهای آزمایشی بعد از مساعد شدن هوا در اواسط اردیبهشت ماه انجام گرفت. میزان بذر مصرفی و کودهای زیستی مورد آزمایش، بعد از توزین دقیق، در یک محل سایه کاملاً با هم مخلوط شده و به مدت ۱۰ دقیقه خشکانده شدند و بلافاصله در داخل شیارهایی به عمق ۲-۱ سانتی متر کشت شدند. با توجه به نیاز گیاه، آبیاری برای همه کرت ها به طور یکسان انجام شد. تنک کردن در مرحله ۶ برگی و وجین علف های هرز به صورت دستی و در طول دوره رشد انجام گرفت.

جهت تعیین غلظت عناصر غذایی موجود در برگ بادرشبو، نمونه‌ها در مرحله گلدهی از هر کرت به تصادفی انتخاب و برداشت شدند. نمونه ها بعد از شستشو و خشک کردن در آون (دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت)، به وسیله آسیاب پودر شدند. عصاره تهیه شده به روش هضم توسط اسیدسولفوریک، اسید سالیسیک، آب اکسیژنه و سلنیم، برای اندازه گیری عناصر استفاده شد (۲۳). میزان نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر، فسفر به روش رنگ سنجی با وانادات مولیبدات و توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر و میزان پتاسیم با استفاده از روش نشر شعله ای و به کمک دستگاه فلیم فوتومتر اندازه گیری شدند (۲۳). تعیین میزان گوگرد کل موجود در نمونه با اسید نیتریک و پراکسید هیدروژن با روش کدورت سنجی صورت گرفت و عناصر میکرو نیز با استفاده از دستگاه جذب اتمی قرائت شدند (۴۶). به منظور تعیین مقدار اسانس، در مرحله گلدهی از هر کرت آزمایشی یک نمونه ۴۰ گرمی تهیه گردید که بعد از خشک شدن در هوای آزاد و آسیاب شدن، به مدت دو ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر، مورد اسانس گیری قرار گرفت و به صورت درصد حجمی گزارش شد (۳).

تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و رسم نمودارها با بهره گیری از نرم افزار EXCEL انجام گردید. برای مقایسه میانگین ها از روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

عمق نمونه برداری	درصد اشباع	هدایت الکتریکی	اسیدیته کل اشباع	مواد خنثی شونده (٪)	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	آهن (mg/kg)	مس (mg/kg)	روی (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	شن (٪)	لای (٪)	رس (٪)	بافت خاک
۳۰-۰ سانتی متر	۴۶	۰/۸	۷/۹	۱۶	۰/۹	۰/۰۹	۶	۲۷۵	۵/۸	۲/۴۱	۰/۷۵	۶/۲	۴۹	۳۰	۴۱	لومی رسی

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول۲) نشان داد که تأثیر تیمارهای کودی بر میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، منگنز و درصد اسانس در سطح ۱ درصد معنی دار گردید ولی کاربرد این کودها تأثیر معنی داری بر میزان روی موجود در برگ نداشت.

عناصر پرمصرف

میزان نیتروژن

همان گونه که در شکل ۱ ملاحظه می شود بیشترین میزان نیتروژن (۳/۵۵ درصد) به تیمار نیتروکسین تعلق داشت که با کود شیمیایی، فسفاته بارور۲ و نیتروکسین + فسفاته بارور۲ + بیوسولفور اختلاف معنی داری نشان نداد. کمترین درصد نیتروژن (۲/۳۸ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد که با فسفاته بارور۲ + بیوسولفور اختلاف معنی داری نداشت. همچنین مقایسه ارتوگونال (جدول۲ و ۳) نشان داد بین کود شیمیایی و کودهای زیستی اختلاف معنی داری وجود نداشت. بیشترین میزان جذب نیتروژن در تیمار نیتروکسین، نشان دهنده تلقیح و فعالیت بهتر ازتوباکتر و آزوسپریلیوم با ریشه های بادرشبو است. این میزان تثبیت حتی بیشتر از میزان جذب آن در تیمار کود کامل شیمیایی NPK بود. حضور باکتری های موجود در کود زیستی نیتروکسین در کنار سایر میکروارگانیسم ها نیز، جذب نسبتاً بالایی از نیتروژن را به دنبال داشت و این کاهش اندک در جذب نیتروژن در مقایسه با نیتروکسین خالص می تواند به علت رقابت موجود در بین میکروارگانیسم ها باشد که نیاز به مطالعات بیشتری دارد. راویا و همکاران (۴۱) اظهار داشتند که موجودات تثبیت کننده نیتروژن، نیتروژن قابل دسترس را در ریزوسفر خاک افزایش داده و به دنبال آن باعث افزایش غلظت نیتروژن در گیاه گردیدند. ال-قادبن و همکاران (۲۸) و عبدالعزیز و همکاران (۱۸) نیز به دنبال تلقیح با تثبیت کننده های نیتروژن، افزایش درصد برخی از عناصر پرمصرف را ناشی از افزایش سطح جذبی ریشه به ازای هر واحد از حجم خاک، افزایش جذب آب و فعالیت فتوسنتزی بیان کردند، که مستقیماً روی فرآیندهای فیزیولوژیکی و مصرف کربوهیدرات ها مؤثر است.

میزان فسفر

بیشترین میزان فسفر در برگ گیاهان تیمار شده با ترکیب کودی فسفاته بارور۲ + بیوسولفور (۰/۲۶ درصد) وجود داشت (شکل۱). بین این تیمار و تیمارهای کود شیمیایی و فسفاته بارور۲ اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. کمترین میزان فسفر (۰/۱۹ درصد) در تیمار نیتروکسین + فسفاته بارور۲ مشاهده شدکه با شاهد، نیتروکسین و ترکیب کودی نیتروکسین + بیوسولفور اختلاف معنی داری نداشت (شکل۱).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر میزان تجمع عناصر پرمصرف و کم مصرف و میزان اسانس در برگ گیاه دارویی بادرشبو

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	گوگرد	آهن	مس	روی	منگنز	درصد اسانس
تکرار	۳	۰/۲۳۶۰ ns	۰/۰۰۲۱ **	۰/۰۲۱۶ ns	۰/۰۰۷۲ *	۰/۱۳۶۶ ns	۰/۰۰۰۷۷ ns	۰/۰۵۷۶ ns	۰/۰۰۰۲۱ ns	۰/۰۰۲ ns
تیمار(کود)	۸	۰/۶۳۷۷ **	۰/۰۰۱۸ **	۰/۲۴۴ **	۰/۰۳۴ **	۰/۹۰۰۳ **	۰/۰۰۳۳۸ **	۰/۰۰۹۰ ns	۰/۰۰۹۴۲ **	۰/۰۱۲ **
خطای آزمایش	۲۴	۰/۱۲۵۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰۱۵	۰/۱۲۸۷	۰/۰۰۰۶۰	۰/۰۲۶۴	۰/۰۰۱۱۱	۰/۰۰۲
CV (ضریب تغییرات)		۱۱/۷۴	۷/۷۱	۳/۵	۷/۶۸	۹/۷۴	۸/۶۹	۲۹/۵۸	۷/۹۴	۱۲/۵۴
Contrast	۱	۰/۱۴۶۵ ns	۰/۰۰۰۵۴ ns	۰/۱۰۱ **	۰/۰۶۹ **	۰/۸۱۱۶ *	۰/۰۰۳۸ *	۰/۰۰۳۵ ns	۰/۰۲۲ **	۰/۰۰۲ ns

ns- غیر معنی دار ، * - معنی دار در سطح احتمال ۵٪ ، **- معنی دار در سطح احتمال ۱٪ .

Contrast: مقایسه ارتوگونال(مقایسه گروهی کود شیمیایی با کودهای زیستی)

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای کود زیستی با تیمار کود شیمیایی از نظر میزان تجمع عناصر پرمصرف و کم مصرف و میزان اسانس در برگ گیاه دارویی بادرشبو

	میانگین							
	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	گوگرد	آهن	مس	روی	منگنز	اسانس
میانگین کودهای زیستی	۳/۰۷ a	۰/۲۲ a	۳/۱۷ b	۰/۵۴ a	۳/۵ b	۰/۲۷ a	۰/۵۴ a	۰/۴ a	۰/۳۸ a
کود شیمیایی	۳/۲۸ a	۰/۲۳ a	۳/۳۴ a	۰/۴ b	۴/۰۶ a	۰/۲۴ b	۰/۵۱ a	۰/۴۸ a	۰/۳۷ a

میانگین های دارای یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی دار می باشند.

تیمارهای بیوسولفور و ترکیب نیتروکسین + فسفاته بارور۲ + بیوسولفور نیز در مقایسه با شاهد افزایش معنی داری را در میزان فسفر برگ نشان دادند.

مقایسه ارتوگونال بین دو گروه کود شیمیایی و کود زیستی نشان داد که اختلاف معنی داری بین آنها وجود ندارد (جدول۲). دستیابی به حداکثر تجمع فسفر در برگ بادرشبو در تیمار فسفاته بارور۲ به همراه بیوسولفور، می تواند به دلیل نقش میکروارگانیسم های حل کننده فسفر و کمک تیوباسیلوس در تبدیل گوگرد عنصری به $SO_4^=$ کاهش pH در ناحیه ریزوسفر باشد. این کاهش جزئی در pH محیط ریشه، به خصوص در خاک های آهکی می تواند حلالیت فسفات های کلسیم را هر چند به صورت جزئی، تسهیل نماید و از آن جاییکه حرکت فسفر در خاک به صورت انتشار می باشد، اختلاف گرادیان جزئی در غلظت فسفر در ناحیه ریزوسفر، منجر به حرکت فسفر به سطح ریشه گردیده و در نتیجه، تجمع فسفر در ناحیه ریشه را به طور نسبی افزایش می دهد که در صورت پراکنش مناسب ریشه، گیاه منبع غنی از فسفر را در اختیار خواهد داشت و قابلیت دسترسی ریشه به این عنصر نسبت به شرایط عادی به مراتب سهل تر می گردد. این در حالی است که در خاک های قلیایی به دنبال استفاده از کودهای شیمیایی، بخشی از فسفر در خاک تثبیت شده و برای گیاه غیر قابل دسترس می گردد و این امر تلفات فسفر و آلودگی خاک را به دنبال دارد (۹). بنابراین مصرف کودهای زیستی مطلوب، از طریق ایجاد اثرات تقویت کننده و مثبت میکروارگانیسم های موجود در آنها بر یکدیگر، با رهاسازی کند و مداوم فسفر از منابع آلی و معدنی موجود در خاک موجب تأمین فسفر مورد نیاز گیاه و بهبود رشد گیاه می شود (۷). در کلیه تیمارهایی که بیوسولفور به عنوان کود زیستی حضور داشته است ممکن است به دلیل کاهش موضعی pH در ناحیه ریشه، از ترکیب فسفر محلول، با کربنات ها و تشکیل فسفات های کلسیم (غیر محلول) ممانعت به عمل آمد و به همین دلیل در تیمارهای حاوی بیوسولفور نسبت به تیمارهای فاقد آن، غلظت فسفر در گیاه بالاتر بوده است. محفوظ و شرف (۳۸) نیز طی تحقیقی روی رازیانه نشان دادند که بیشترین درصد فسفر در تیمار ترکیبی ازتوباکتر، آزوسپرلیوم و باسیلوس حاصل گردید، که این امر را ناشی از تأثیر همه ریزموجودات ذکر کردند. آنها اظهار داشتند که باکتری حل کننده فسفات با تولید اسیدهای آلی باعث تبدیل فسفات تثبیت شده به فسفات قابل دسترس گردید و علاوه بر این با افزایش رشد ریشه ها جذب فسفر افزایش یافت.

میزان پتاسیم

بیشترین میزان پتاسیم برگ (۳/۴۷ درصد) به تیمار نیتروکسین تعلق داشت و بین این تیمار و تیمارهای کود شیمیایی و بیوسولفور اختلاف معنی داری مشاهده نشد. کمترین میزان (۲/۷۲ درصد) مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمار فسفاته بارور۲ + بیوسولفور از نظر آماری در یک سطح قرار داشتند (شکل۱). مقایسه میانگین گروهی تیمارها نیز نشان داد که کاربرد کود شیمیایی نسبت به استفاده از کودهای زیستی، سبب افزایش بیشتر غلظت پتاسیم در برگ شده است (جدول۳). جذب بیشتر پتاسیم در تیمارهای کاربرد جداگانه کودهای زیستی و ترکیب سه گانه کودهای زیستی که تقریباً معادل استفاده از کود شیمیایی است، می تواند ناشی از رشد و گسترش سریع و زیاد ریشه باشد و این امر موید این نکته است که عکس العمل خوب گیاه نسبت به پتاسیم فقط زمانی مشاهده می شود که مقدار کافی نیتروژن و فسفر قابل جذب، در خاک وجود داشته باشد (۹). تلقیح گیاه بادرشبو با میکروارگانیسم ها به ویژه میکروارگانیسم های تثبیت کننده نیتروژن باعث افزایش جذب پتاسیم و افزایش غلظت این عنصر در گیاه شد که شاید این مسأله به اثرات مفیدی که این میکروارگانیسم ها (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) در افزایش فتوسنتز، رشد گیاه، افزایش تراکم، طول ریشه های موئین و سطح جذبی ریشه گیاه دارند، مرتبط باشد. باکتری های تثبیت کننده نیتروژن بر عمل ATP_{ase} و پمپ الکتروژنیک در غشاء سلول های ریشه اثر گذاشته و با ازدیاد تراوش پروتونی از ریشه، نیروی محرکه لازم برای جذب سایر یون ها را برای گیاه فراهم می نمایند. همچنین این باکتری ها با فعالیت پکتینولیتیک خود تیغه میانی سلول های اپیدرم پوست ریشه را نرم کرده و با ایجاد یک حالت اسفنجی در بافت ریشه، جذب املاح را تسهیل می نمایند (۲۰). نتایج این آزمایش با نتایج تحقیقات داس و همکاران (۲۵) روی گیاه دارویی *Stevia rebaudiana* Bert مطابقت داشت. آنها اظهار داشتند که تلقیح با ازتوباکتر میزان تجمع عناصر معدنی به ویژه پتاسیم را در گیاه افزایش می داد ولی استفاده از میکروارگانیسم ها به صورت ترکیبی (ازتوباکتر، باکتری های حل کننده فسفات) به واسطه رابطه سینرژیستی قوی بین آنها افزایش بیشتری را در میزان پتاسیم سبب شد.

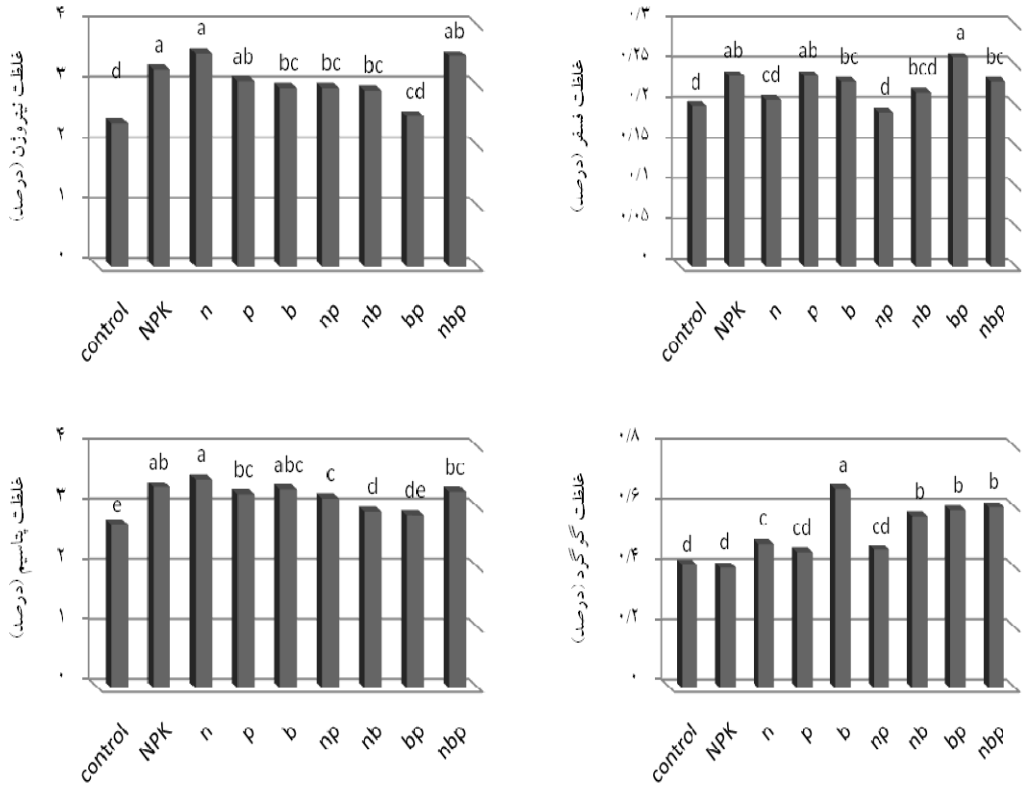
میزان گوگرد

همان گونه که در شکل ۱ ملاحظه می شود بیشترین درصد گوگرد برگ به تیمار بیوسولفور (۰/۶۶ درصد) و کمترین آن به تیمار کود شیمیایی (۰/۴۰ درصد) مربوط است که با عدم کاربرد کود (شاهد)، کاربرد کود زیستی فسفاته بارور۲ و همچنین نیتروکسین + فسفاته بارور۲ تفاوت معنی داری نشان نداد. کاربرد کود بیوسولفور در ترکیب با نیتروکسین، فسفاته بارور۲ و یا در ترکیب سه گانه آنها در مقایسه با کاربرد خالص آن افزایش کمتری در میزان جذب و تجمع گوگرد را باعث شد. از طرفی مقایسات گروهی نشان داد که کودهای زیستی نسبت به کود شیمیایی درصد گوگرد بیشتری را در ماده خشک گیاه بادرشبو تجمع داده اند (جدول ۳). درصد بالای گوگرد برگ بادرشبو در تیمار بیوسولفور (حاوی باکتری تیوباسیلوس) نشان دهنده فعالیت خیلی زیاد و مناسب این میکروارگانیسم روی ریشه گیاه بادرشبو می باشد. عمدتاً حرکت گوگرد در خاک به صورت توده ای بوده و گوگرد عنصری خاک که توسط تیوباسیلوس به $SO_4^=$ تبدیل می شود در فرآیند حرکت آب به ناحیه ریشه، بلافاصله در اختیار گیاه قرار می گیرد (۲۷). تیمارهای کودی که در ترکیب آنها و در کنار سایر میکروارگانیسم ها از تیوباسیلوس استفاده شده است از نظر میزان جذب گوگرد در رده های بعدی قرار دارند که خود حاکی از جذب مناسب گوگرد در نتیجه تلقیح گیاه با تیوباسیلوس است. تأثیر گوگرد و باکتری های تیوباسیلوس در اصلاح pH خاک های آهکی بسیار مفید است و علاوه بر رفع نیاز گوگردی، حلالیت فسفر و عناصر ریزمغذی را نیز افزایش می دهد (۱۵ و ۳۹). نتایج این تحقیق با نتایج محققان دیگر مطابقت دارد. بشارتی و همکاران (۲)، قربانی نصرآبادی و همکاران (۱۳) نشان دادند که میزان جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد به دنبال کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس در ذرت و سویا روندی افزایشی داشت.

عناصر کم مصرف

میزان آهن

تیمارهای مختلف کودی از نظر میزان آهن برگ اختلاف آماری معنی داری داشتند (جدول۲). بیشترین غلظت آهن برگ به گیاهان تیمار شده با کود زیستی نیتروکسین (۴/۵۶ میلی گرم در کیلوگرم) تعلق داشت، که با تیمارهای شاهد و کود شیمیایی اختلاف معنی داری نشان نداد و کمترین غلظت آهن برگ (۳/۰۹ میلی گرم در کیلوگرم) در کاربرد کود فسفاته بارور۲ حاصل گردید که با تیمارهای بیوسولفور، نیتروکسین + بیوسولفور و نیتروکسین + فسفاته بارور۲ + بیوسولفور تفاوت معنی داری نداشت (شکل۲). یکی از دلایل کاهش توانایی گیاه در استفاده از آهن خاک، غلظت بالای عناصر غذایی از جمله فسفر می باشد که در تیمار کود فسفاته بارور۲ و سایر تیمارهایی که در افزایش حلالیت فسفر نقش داشته اند، نمود یافته است (۳۶). با توجه به جداول۲ و ۳، مقایسه ارتوگونال نشان داد که بین تیمار کود شیمیایی و کودهای زیستی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری وجود داشت و کود شیمیایی از این نظر برتری نشان داد. این امر احتمالاً می تواند به مصرف کود اوره در آزمایش حاضر مربوط باشد. این کود در اثر هیدرولیز در خاک، تولید NH_4^+ می نماید.



شکل۱- مقایسه میانگین غلظت عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد) در برگ گیاه بادرشبو تحت تأثیر کود شیمیایی و کودهای زیستی . (میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشند).

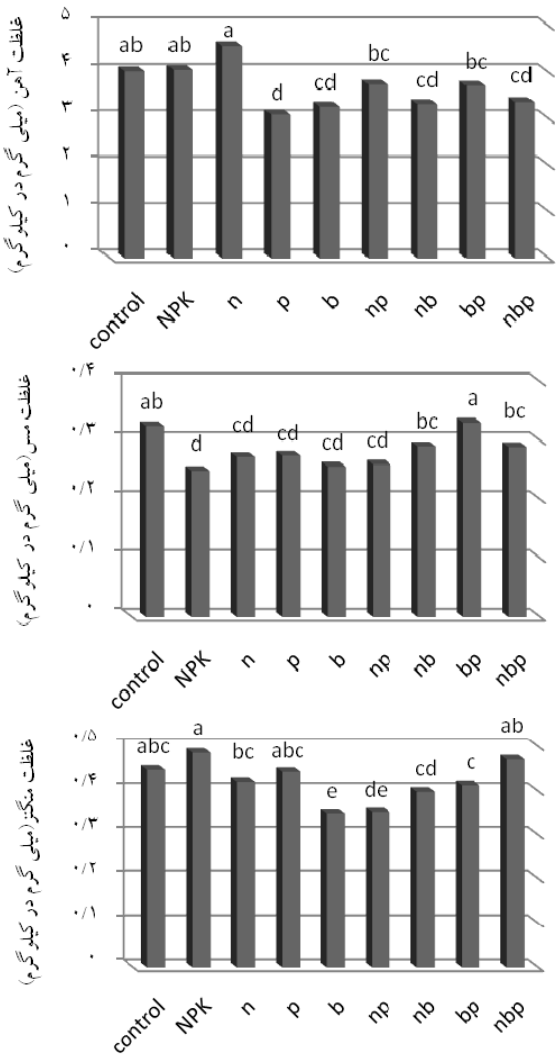
control: شاهد
NPK: کود شیمیایی
n: نیتروکسین
p: فسفاته ی بارور ۲
b: بیوسولفور
np: نیتروکسین+ فسفاته ی بارور۲
nb: نیتروکسین + بیوسولفور
bp: فسفاته ی بارور۲ + بیوسولفور
nbp: نیتروکسین+ بیوسولفور+ فسفاته بارور۲

در مراحل بعدی، اکسیداسیون آمونیاک یا یون آمونیوم به تولید NO_3^- و آزاد شدن H^+ منجر می گردد. در ادامه، هیدروژن آزاد شده سبب اسیدی شدن موقت محل پخش کود می گردد که این امر باعث افزایش قابلیت دسترسی گیاه به Fe^{++} می شود (۴۵). اسری و همکاران (۱۹) طی تحقیقی روی درخت انار گزارش کردند که تلقیح با تثبیت کننده های نیتروژن (ازتوباکتر) میزان جذب آهن را افزایش می‌دهد. میکروارگانیسم های موجود در کود زیستی نیتروکسین (ازتوباکتر، آزوسپرلیوم) تولید کننده هیدروژن سیانید می‌باشند. سیانید یک لیگاند[1] مناسب برای پیوند شدن با آهن است و یک کمپلکس پایدار تولید می نماید لذا قادر است تحرک آهن را در ریزوسفر افزایش دهد (۴۷). همان طوری که قبلاً ذکر گردید، کاهش جذب آهن در کاربرد کودهای زیستی فسفاته بارور۲ و بیوسولفور و تیمارهای ترکیبی با آنها نسبت به تیمار استفاده از کود زیستی نیتروکسین، می تواند به اثر رقابتی فسفر با آهن مزبوط باشد (۲۲). اعتقاد بر این است که افزایش بیش از حد فسفر، باعث اختلال در جذب آهن و یا بروز علایم کمبود آن می شود (۱۶). در عین حال کاربرد کود فسفاته بارور۲ در کنار نیتروکسین به دلیل اثر نیتروکسین در تولید NH_4^+ تا حدودی و نه به شکل معنی دار، میزان جذب آهن را افزایش داده است.

1- Ligand

میزان مس

بیشترین غلظت مس برگ (۰/۳۳ میلی گرم در کیلوگرم) به تیمار کودی فسفاته بارور۲ + بیوسولفور و کمترین غلظت مس (۰/۲۴ میلی گرم در کیلوگرم) به تیمار استفاده از کود شیمیایی تعلق داشت کـه بـا تیمارهـای نیتروکسـین، فسـفاته بـارور۲، بیوسـولفور و نیتروکسـین + فسفاته بارور۲ تفـاوت معنـی داری نشـان نـداد (شـکل۲). در ضـمن، مقایسه ارتوگونال بین تیمار کود شیمیایی بـا تیمارهـای کـود زیسـتی برتری گروه کودهای زیستی را نشان داد (جدول۳). کاربرد مقادیر زیاد کودهـای NPK، باعـث افـزایش کمبـود روی و مـس مـی شـود. در حقیقت می توان اظهار داشت که افزایش مصرف این کودها به دلیـل افزایش رشد گیاه و در نتیجه افزایش تقاضا برای مس و روی، باعـث تهی سازی بیشتر خاک از این عناصر مـی شـود و در نتیجـه احتمـال وقوع کمبودها را افزایش می دهد.



شکل۲- مقایسه میانگین غلظت عناصر کم مصرف (آهن، مس و منگنز) در برگ گیاه بادرشبو تحت تأثیر کود شیمیایی و کودهای زیستی . (میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشند).

control: شاهد p: فسفاته ی بارور ۲ nb: نیتروکسین+ بیوسولفور

NPK: کود شیمیایی b: بیوسولفور bp: فسفاته بارور۲+ بیوسولفور

n: نیتروکسین np: نیتروکسین+ فسفاته بارور۲ nbp: نیتروکسین+ بیوسولفور+ فسفاته بارور۲

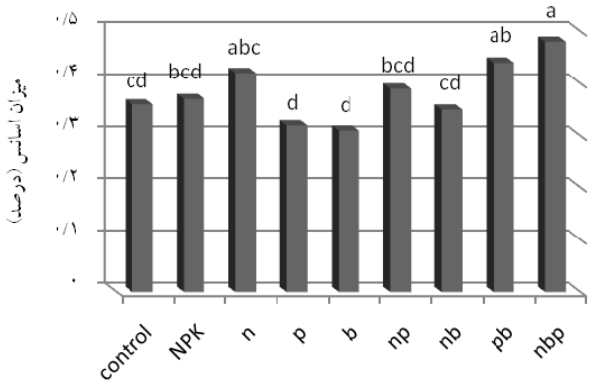
از طرف دیگر، اضافه کردن مقادیر زیاد کودهای نیتروژنی می‌تواند باعث افزایش اسیدیته خاک شود و این امر ممکن است باعث افزایش عناصر آهن و آلومینیم در ناحیه ریشه و در نتیجه کاهش جذب مس و روی به وسیله ریشه های گیاه گردد (۳۲). حداکثر مقدار مس برگ در تیمار ترکیبی فسفاته بارور۲ و بیوسولفور نشان داد که میکروارگانیسم های باسیلوس، سودوموناس و تیوباسیلوس با اسیدی کردن محیط ریشه، مقدار این عنصر را اندکی افزایش داده اند. ساهنی و همکاران (۴۲) بیان کردند که باکتری ها با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه، باعث حل شدن فسفات و کاتیون مس و در نتیجه افزایش میزان دسترسی به این عناصر و افزایش جذب آنها توسط گیاه *Cicer arietinum* شد. عدم وجود اختلاف معنی دار بین شاهد و تیمار فوق نیز می تواند به دلیل وجود مقادیر زیاد این عنصر در خاک بوده باشد.

میزان منگنز

تیمار کود شیمیایی (۰/۴۸ میلی گرم در کیلوگرم) باعث بیشترین میزان جذب منگنز و تجمع آن در برگ شد که با تیمارهای عدم کاربرد کود (شاهد)، کود فسفاته بارور۲ و ترکیب کودی نیتروکسین + فسفاته بارور۲ + بیوسولفور تفاوت معنی داری نداشت (شکل۲). کمترین میزان منگنز برگ (۰/۳۴ میلی گرم در کیلوگرم) نیز در تیمار کودی بیوسولفور مشاهده شد. ترکیب این کود زیستی با فسفاته بارور۲ و همچنین با نیتروکسین افزایش بیشتری را در میزان منگنز نسبت به کاربرد خالص آن باعث گردید (شکل۲). مقایسه ارتوگونال بین تیمار کود شیمیایی و کودهای زیستی نیز نشان دهنده برتری کود شیمیایی بود (جداول ۲ و ۳). جذب حداکثر مقادیر آهن و منگنز در تیمار شاهد و کاربرد کود شیمیایی کامل (اوره، سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم) نشان می دهد که این عناصر به حد کافی جهت رشد بادرشبو در خاک محل آزمایش وجود داشته است. چرا که حتی در استفاده از کود شیمیایی و تحریک شدید رشد گیاه و نیاز به جذب عناصر بیشتر، از مقدار تجمع آهن و منگنز در برگ گیاه کاسته نشد.

میزان اسانس

همانگونه که در جدول ۲ ملاحظه می گردد، تاثیر تیمارهای کودی بر میزان اسانس در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید. بین تیمارهای مورد بررسی، تیمار نیتروکسین+ بیوسولفور+ کود فسفات زیستی با ۰/۴۸۴ درصد و تیمار بیوسولفور با ۰/۳۱۵ درصد اسانس، به ترتیب بیشترین و کمترین درصد اسانس را داشتند (شکل۳). در ضمن تیمارهای نیتروکسین و بیوسولفور+ کود فسفات زیستی تفاوت قابل توجهی با تیمار نیتروکسین+ بیوسولفور+ کود فسفات زیستی نداشتند (شکل۳). مقایسه ارتوگونال بین کود شیمیایی و کودهای زیستی از نظر اسانس نیز اختلاف معنی داری را نشان نداد (جدول۳). تحقیقات نشان داده است به دلیل اینکه CO_2 و گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب در سنتز اسانس و به ویژه منوترپن ها مطرح هستند، فتوسنتز و تولید فرآورده های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد (۱۷).



شکل۳- مقایسه میانگین میزان اسانس در برگ گیاه بادرشبو تحت تأثیر کود شیمیایی و کودهای زیستی. (میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشند).

n: نیتروکسین np: نیتروکسین+ فسفاته بارور۲ nbp: نیتروکسین+ بیوسولفور+ فسفاته بارور۲

NPK: کود شیمیایی b: بیوسولفور bp: فسفاته بارور۲+ بیوسولفور

control: شاهد p: فسفاته ی بارور ۲ nb: نیتروکسین+ بیوسولفور

وجود میزان کافی عناصر نیتروژن و فسفر و همچنین فتوسنتز کافی برای تشکیل این ترکیبات اخیر ضروری است و کود زیستی مخلوط نیتروکسین، بیوسولفور و کود فسفات زیستی از طریق کمک به جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم های مورد نیاز گیاه دارند باعث افزایش میزان بافت های فتوسنتز کننده و نهایتاً افزایش اسانس شده اند که با نتایج تحقیقات درزی (۶) و سنگوان و همکاران (۴۳) مطابقت دارد. تیمارهای کودهای زیستی در مقایسه با تیمار کود شیمیایی شرایط مناسب تری را جهت بهبود فعالیت های میکروبی مفید در خاک مهیا کرده و ضمن فراهمی بهینه عناصر معدنی پرمصرف و کم مصرف برای گیاه، از طریق ایجاد اثرهای هم افزایی و تشدید کننده بین خود قادرند موجب افزایش میزان اسانس شوند (۳۵).

همبستگی بین صفات

نتایج به دست آمده از همبستگی بین صفات مربوط به میزان عناصر غذایی و درصد اسانس (جدول ۴) نشان داد که درصد پتاسیم در سطح احتمال ۱ درصد با درصد نیتروژن، همبستگی مثبت معنی دار و با میزان مس موجود در برگ، همبستگی منفی معنی دار دارد. واکنش گیاهان نسبت به جذب پتاسیم تا حد زیادی به سطح تغذیه نیتروژن بستگی دارد. معمولاً هرقدر گیاه بهتر از نیتروژن برخوردار باشد، جذب پتاسیم نیز بیشتر است. از طرف دیگر وقتی که میزان عرضه پتاسیم کافی باشد نیتروژن مصرف شده کاملاً جذب و مصرف می شود. نوع شبکه ریشه و توسعه آن به دنبال تأمین نیتروژن کافی، عامل مهمی در تعیین جذب پتاسیم توسط گیاهان است (۸ و ۱۱). بین سایر عناصر غذایی و همچنین بین عناصر و درصد اسانس، همبستگی معنی داری مشاهده نگردید.

نتیجه گیری

یکی از اثرات مهم میکروارگانیسم های موجود در این کودهای زیستی، کمک به جذب بیشتر عناصر غذایی است، که ضمن فراهم نمودن رشد و عملکرد مطلوب گیاه، اثرات ناگوار زیست محیطی مانند تثبیت و تجمع بیش از حد عناصر در خاک، آلوده شدن آب های زیرزمینی و همچنین اضافه شدن ناخالصی های ناشی از تولید کودهای شیمیایی (عناصر سنگین) به خاک، را در بر نخواهد داشت. از طرفی در فرایند تولید گیاهان دارویی، توجه به کیفیت، بیش از کمیت محصول حائز اهمیت است. لذا با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین کود شیمیایی و کودهای زیستی و یا برتری کم کود شیمیایی از لحاظ میزان جذب عناصر غذایی مورد مطالعه در این آزمایش، می‌توان مصرف کودهای زیستی را توصیه نمود. همچنین کاربرد کودهای زیستی علاوه بر افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی خاک (از طریق تثبیت بیولوژیکی یا از طریق رهاسازی آنها از منابع آلی و معدنی موجود در خاک)، باعث می شود بتوان از این طریق محصولات با کیفیت و در حد استانداردهای قابل قبول در بازار جهانی تولید نمود. از آنجا که هزینه کاربرد کودهای زیستی نسبت به کودهای شیمیایی، کمتر می باشد لذا می توان نتیجه گیری نمود که کاربرد کودهای زیستی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه و موجب کاهش آلودگی های زیست محیطی و افزایش امنیت غذایی می شود، ضمن اینکه کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش درصد اسانس این گیاه نیز گردید. بنابراین استفاده از کودهای زیستی می تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد. هرچند که تحقیقات بیشتری باید در این زمینه صورت گیرد.

جدول ٤- همبستگی بین میزان عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف و میزان اسانس

صفات	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	گوگرد	آهن	مس	روی	منگنز	اسانس
نیتروژن	۱								
فسفر	-۰/۰۵۰	۱							
پتاسیم	۰/۸۹۸**	۰/۰۲۹	۱						
گوگرد	۰/۰۱۲	۰/۴۰۹	۰/۰۲۴	۱					
آهن	۰/۱۲۳	-۰/۳۵۴	۰/۱۴۴	-۰/۵۲۵	۱				
مس	-۰/۶۶۵	۰/۱۸۴	-۰/۸۱۵**	۰/۱۰۷	۰/۰۳۵	۱			
روی	-۰/۳۳۷	۰/۱۵۱	-۰/۴۱۱	-۰/۲۱۹	-۰/۵۰۰	۰/۳۴۱	۱		
منگنز	۰/۲۴۸	۰/۲۹۷	۰/۰۴۱	-۰/۱۱۰	۰/۲۱۱	۰/۱۸۶	۰/۲۵۴	۱	
اسانس	۰/۲۹۳	۰/۱۱۳	۰/۰۵۷	۰/۱۶۱	۰/۳۱۳	۰/۳۵۰	-۰/۴۱۸	۰/۳۰۷	۱

*- معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

**- معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

منابع

۱- اوجاقلو، ف. ۱۳۸۶. تأثیر تلقیح با کودهای زیستی(ازتوباکتر و فسفاته بارور) بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاداسلامی تبریز.

۲- بشارتی، ح.، ک. خاورزی، و م. ج. ملکوتی. ۱۳۷۹. نقش باکتری های تیوباسیلوس در افزایش جذب عناصر غذایی در خاک های آهکی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی ۱۷۶. ۱۱ صفحه.

۳- برنا نصرآبادی، ف. ۱۳۸۴. اثر زمان های مختلف کاشت بر رشد، عملکرد، مقدار و اجزای تشکیل دهنده اسانس گیاه بادرشبو. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۴- حاجی بلند، ر.، ن. علی اصغرزاده، و ز. مهرفر. ۱۳۸۳. بررسی اکولوژیکی ازتوباکتر در دو منطقه مرتعی آذربایجان و اثر تلقیح آن روی رشد و تغذیه معدنی گیاه گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۸ (۲): ۸۹-۷۵.

۵- خرم دل، س.، ع. کوچکی، م. نصیری محلاتی و ر. قربانی. ۱۳۸۷. اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر شاخص های رشدی سیاهدانه. مجله پژوهش های زراعی ایران. ۶ (۲): ۲۹۴-۲۸۵.

۶- درزی، م.، ا. قلاوند، ف. سفیدکن، و ف. رجالی. ۱۳۸۷. تأثیر کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان داروئی و معطر ایران. ۲۴ (۴): ۴۱۳-۳۹۶.

۷- درزی، م.، ا. قلاوند، و ف. رجالی. ۱۳۸۸. تأثیر مصرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصر K, P, N و عملکرد دانه در گیاه داروئی رازیانه. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان داروئی و معطر ایران. ۲۵ (۱): ۱۹-۱.

۸- سالار دینی، ع. ا. ۱۳۷۴. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۴۰ صفحه.

۹- شاهویی، س. ص. ۱۳۸۵. سرشت و خصوصیات خاکها. انتشارات دانشگاه کردستان. ۹۰۰ صفحه.

۱۰- صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار، ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور، مجموعه مقالات موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران ایران. ص ۵۴-۱.

۱۱- صلحی، م.، ا. جعفری، ر. محلوجی، و س. دوازده امامی. ۱۳۸۶. مدیریت تغذیه گیاهی در کشاورزی ارگانیک. فصلنامه علمی کشاورزی پایدار. ۴ (۴): ۴۳-۳۸.

۱۲- فلاحی، ج.، ع. کوچکی، و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*). مجله پژوهشهای زراعی ایران. ۷ (۱): ۱۳۵-۱۲۷.

۱۳- قربانی نصرآبادی، ر.، ن. صالح راستین، و ح. علیخانی. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس و برادی ریزوبیوم بر تثبیت نیتروژن و شاخص های رشد سویا. مجله علوم خاک و آب. ۱۶ (۲): ۱۷۸-۱۷۰.

۱۴- کهنه، ا.، م. حق پرست تنها، ر. رمضانپور، ا. شیرین فکر، و پ. علیزاده. ۱۳۸۴. تأثیر سطوح مختلف فسفر و قارچ میکوریزی بر غلظت برخی عناصر کم مصرف در نهال چای. پژوهشنامه علوم کشاورزی. ۱ (۶): ۷۱-۵۹.

۱۵- نورقلی پور، ف.، ر. خاوازی، ح. بشارتی، و ع. فلاح. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر کاربرد خاک فسفات، گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی سویا و اثرات باقی مانده آن بر ذرت. مجله علوم خاک و آب. ۲۰ (۱): ۱۳۲-۱۲۲.

۱۶-ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۴. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران. ۴۶۰ صفحه.

۱۷- نیاکان، م.، ر. خاوری نژاد، و م. ب. رضایی. ۱۳۸۳. اثر نسبتهای مختلف سه کود N,P,K بر وزن تر، وزن خشک، سطح برگ و میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی *Mentha piperita* L. فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان داروئی و معطر ایران. ۲۰ (۲): ۱۴۸-۱۳۱.

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

19- Aseri, G. K., N. Jain, J. Panwar, A.V. Rao, and P.R. Meghwal. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. Scientia Horticulturae. 117: 130-135.

20- Besford, R. T., and G. A. Maw. 1976. Effect of potassium nutrition on some enzymes of the tomato plant. Annals of Botany. 40: 461-471.

21- Bockman, O. C. 1997. Fertilizers and biological nitrogen fixation as sources of plant nutrients: Perspectives for future agriculture. Plant and Soil. 194: 303-334.

22-Buscot, F., and A. Varma. 2005. Microorganisms in soils: Roles in genesis and functions. Springer, pp: 426.
23- Chapman, H. D., and V. Pratt. 1961. Methods of analysis for soils, plant and waters. University of California.
24- Das, K., R. Dang, T. N. Shivananda, and N. Sekeroglu. 2007. Influence of biofertilizers on the biomass yield and nutrient content in *Stevia rebaudiana* Bert. Grown in Indian subtropics. Journal of Medicinal Plants Research. 1: 005-008.
25- Das, K., R. Dang, and V. Shivananda. 2008. Influence of biofertilizers on the availability of nutrients (N, P and K) in soil in relation to growth and yield of *Stevia rebaudiana* grown in South India. International Journal of Applied Research in Natural Products. 1: 20-24.
26- David, M. B., M. J. Mitchell, and J. P. Nakas. 1982. Organic and inorganic sulfur constituents of a forest soil and their relationship to microbial activity. Soil Science Society American Journal. 46:847-852.
27- De Freitas, J. R., and J. J. Germida. 1990. Plant growth promoting rhizobacteria for winter wheat. Canadian Journal of Microbiology. 36:265-272.
28- EL-Ghadban, E. A., A. M. Ghallab, and A. F. Abdelwahab. 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. 2:334-361.
29-Fatma, E. M., I. El-Zamik, T. Tomader, H. I. El-Hadidy, L. Abd El-Fattah, and H. Seham Salem. 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and inorganic amendments application on growth and essential oil in marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous. Zagazig Journal Agriculture Research. 33: 205-230.
30- Glick, B. R. The enhancement of plant growth by free living bacteria. 1995. Canadian Journal Microbiology. 41: 109-117.
31- Gupta, M. L., A. Prasad, M. Ram, and S. Kumar. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus Glomus fasiculatum on the essentialoil yield related characters and nutrient acquisitionin the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions.Bioresource Technology. 81: 77-79.
32- Hamilton, M. A., D. T. Westerman, and D. W. James. 1993. Factors affecting zinc uptake in cropping systems. Soil Science Society American Journal. 60:425-432.
33- Hussein, M. S., V. El-sherbeny, M. Y. Khalil, N. Y. Naguib, and S. M. Aly. 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. Scientia Horticulturae. 108: 322-331.
34- Kader, M. A., M. H. Mian, and V. Hoque. 2002. Effects of Azotobacter inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences. 2: 259-261.
35- Kumar, V., and K. P. Singh. 2001. Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. Bioresource Technology. 76:173-175.
36- Lovely, D. R. 1996. Microbial reduction of iron, manganes and other metals. Advances in Agronomy. 54:175-231.
37- Leithy, S., V. EL-Meseiry, and E. F. Abdallah. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on Rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Applied Research. 2:773-779.
38- Mahfouz, S. A., and M. A. Sharaf-Eldin. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.). International Agrophysics. 21: 361-366.
39- Mostafavian, S. R., H. Pirdashti, M. R. Ramazanpour, A. A. Andarkhor, and A. Shahsavari. 2008. Effect of mycorrhizae, thiobacillus and sulfur nutrition on the chemical composition of soybean seed. Pakistan Journal of Biological Sciences. 6:826-835.
40- Pouryousef, M., M. R. Chaichi, V. Mazaheri, M. Fakhretabatabaii, and V. Ashraf Jafari. 2007. Effect of different soil fertilizing systems on seed and mucilage yield and seed P content of Isabgol (*Plantago ovata Forsk*). Asian Journal of Plant Sciences. 6: 1088-1092.
41- Rawia, A., S. Eid, A. Abo-sedera, and M. Attia. 2006. Influence of nitrogen fixing bacteria incorporation with organic and/or inorganic nitrogen fertilizers on growth, flower yield and chemical composition of *Celosia argentea*. World Journal of Agricultural Sciences. 2: 450-458.
42- Sahni, S., B. K. Sarma, D. P. Singh, H. B. Singh, and K. P. Singh. 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. Crop Protection. 27: 369-376.
43- Sangwan, N. S., A. H. A. Farooqi, F. Shabih, and R. S. Sangwan. 2001. Regulation of essential oil production in plants. Plant Growth Regulation. 34: 3–21
44- Tate, R. L. 1995. Soil microbiology. John wiley and sons, Newyork.
45- Teng, Y., and V. R. Timmer. 1994. Nitrogen and phosphorus in intensely managed nursery soil-plant system. Soil Science Society American Journal. 58:232-238.
46- Wall, L. L., C. W. Gehrke, and J. Suzuki. 1980. An automated turbidimetrie method for total sulfur in plant tissue and sulfate sulfur in soils. Communications in Soil Science and Plant Analaysis. 11:1087-1103.
47- Zamber, M. A., B. K. Konde, and K. R. Sonar. 1984. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azosprillum brasilense* inoculation under graded levels of nitrogen on growth and yield of wheat. Plant and Soil. 79: 61-67.