



## اثر کاربرد گوگرد و تلقیح با کود زیستی تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی ختمی

هما عزیزی<sup>۱</sup>، سرور خرمدل<sup>۲</sup>، پرویز رضوانی مقدم<sup>۳</sup>، جواد شهابنگ<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، Azizi.homa@stu.um.ac.ir

<sup>۲</sup>دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، Ekorramdel@um.ac.ir

<sup>۳</sup>دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، Rezvani@um.ac.ir

<sup>۴</sup>دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، Shabehang@stu.um.ac.ir

### چکیده

این آزمایش با هدف ارزیابی نقش مدیریت تغذیه کود زیستی تیوباسیلوس و گوگرد بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی ختمی، به صورت طرح بلوکهای کامل تصادفی با چهار تیمار کود زیستی تیوباسیلوس، کود گوگرد، کاربرد همزمان گوگرد + تیوباسیلوس و شاهد با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به اجرا درآمد. تیمارها شامل ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، تلقیح با باکتری تیوباسیلوس، ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد + تلقیح با باکتری تیوباسیلوس و تیمار شاهد بودند. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد بیولوژیکی، گل و بذر و عملکرد موسیلاژ ختمی بودند. نتایج نشان داد که اثر کود گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد گل، بذر و بیولوژیکی و نیز عملکرد کیفی (موسیلاژ بذر) ختمی مسی دار (۱۰۱-۳۵) بود بالاترین عملکرد گل و بذر برای تیمار تیوباسیلوس + گوگرد به ترتیب برابر ۱۱۹/۷۳ و ۷۲/۴۲ گرم بر متر مربع و کمترین میزان برای تیمار شاهد به ترتیب برابر با ۵۹/۸۹ و ۳۹/۰۷ گرم بر متر مربع بدست آمد. بالاترین عملکرد موسیلاژ نیز برای تیمار تیوباسیلوس + گوگرد به میزان ۸۱/۵۶ گرم بر متر مربع به دست آمد. با توجه به بالا بودن اسیدیته خاک در اکثر خاکهای زراعی ایران می توان مصرف تغذیه گوگرد همراه با تلقیح با تیوباسیلوس را علاوه بر حفظ محیط زیست و تولید محصولات کشاورزی سالم به عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود جذب عناصر غذایی خاک منظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته خاک، تیوباسیلوس، حاملخیزی خاک، کشاورزی پایدار

### ۱- مقدمه

مصرف آن برای کاهش تب، تغذیه قند خون، درمان اسهال و سرفه‌های خشک در طب سنتی مورد تأکید قرار گرفته است. مصرف هماد برگ ختمی برای رفع دمل، انیام شکستگی، رفع سیاتیک و درمان رمشه نیز مورد توصیه برخی محققین قرار گرفته است (۲).

در تولید گیاهان دارویی، علاوه بر شرایط آب و هوایی، عوامل خاک و به ویژه عناصر غذایی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشند، زیرا عناصر غذایی با تأثیر بر رشد، رویش و رشد زایشی، نسبت این اندامها را تغییر داده و از این طریق بر کمیت و کیفیت محصول مؤثر می‌باشند (۳). در کشاورزی رایج به منظور افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش رشد و عملکرد گیاهان و میزان کمبود عناصر غذایی اغلب از کودهای شیمیایی استفاده می‌شود. با وجود برخی از مزیت‌های این کودها در بهبود رشد و عملکرد

کشور ایران به لحاظ داشتن شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی خاص از شرایط بسیار مطلوبی برای توسعه و کشت گیاهان دارویی در جهان محسوب می‌گردد (۱). با اینحال، به عنوان کشوری با سابقه طولانی در تولید و مصرف گیاهان دارویی تنها سهم بسیار کوچکی در بازار تجارت جهانی این گیاهان دارد. ختمی (*Althaea officinalis* L.) یکی از گونه‌های ارزشمند دارویی تیره پنیرک (*Maliaceae*) است که به دلیل دارا بودن گل‌های زیبا به عنوان گونه‌های زینتی نیز کاشته می‌شود. مصرف گل‌های ختمی برای درمان یبوست، بیماری‌های تنگی، از بین بردن سرفه‌های خشک و رفع گلو درد توسط برخی محققان توصیه شده است. رشد این گیاه، نرم‌کننده پوست و برطرف‌کننده ناراحتی‌های پوستی بوده و



قبل از شروع آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه برداری تصادفی توسط لوگر از عمق متر الی ۳۰ سانتی متری انجام شد. نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

مقدار (در صد)	مقدار (در صد)			اسیدیته pH	هدایت الکترونیکی (دسی- زمنس بر متر)	بافت Text ure
	کلسیم قابل استخراج	کلسیم قابل استخراج	نیتروژن کل			
۲۳۱۰۰۰	۵۱۴۴	۴۴۱	۷۴۴	۷۷۴	۱۷۷۴	سفت نرم

کود گوگرد (به صورت گوگرد آلی بنتونیت) دارای به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت، به زمین اضافه و سپس با لایه ۳۰-۱۰ سانتی متری به طور کامل مخلوط شدند. پنج گرم نیوپاسیلوس (به صورت کود سوسپانسیون) همزمان با اولین آبیاری به خاک اضافه و ۱۰٪ به سطحی خاک مخلوط شد (بر اساس توصیه کودی شرکت زیست مهر آسیا).

ابعاد کرت‌های آزمایش ۲۱۵×۲ متر مربع در نظر گرفته شد. بین کرت‌ها ۱۵ متر و بین بلوک‌ها یک متر فاصله به عنوان راهرو در نظر گرفته شد. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، بذرها روی پنج ردیف سه متر در نیمه اول اردیبهشت ماه به صورت دستی کاشته شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک گیاه هر هفت روز یکبار به صورت نشی انجام گرفت. به منظور جلوگیری از اثرات منفی مواد شیمیایی بر رشد و فعالیت باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد، از هیچگونه عملکردکشی و یا افزودن شیمیایی در طول فصل رشد استفاده نشد.

پس از شروع مرحله گلدهی، گل‌ها با حذف اثر حاشیه‌ای از طرفین جمع‌آوری و برداشت شدند. پس از شمارش گل‌ها و خشک شدن آنها در هوای آزاد زیر سایه، وزن خشک آنها اندازه‌گیری و ثبت شد. عملیات برداشت با حذف اثر حاشیه‌ای در زمان زرد شدن برگ‌ها و کپسول‌ها در ۱۵ مهر ماه انجام گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار Mstat-C انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (P<0.05) مقایسه شدند جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

#### ۲- نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس اثر کاربرد گوگرد و تلفیح با نیوپاسیلوس بر عملکرد کس و کیتی گیاه دارویی تخمن در جدول ۲ نشان داده شده است.

اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد بیولوژیکی تخمن معنی‌دار (P<0.05) بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی به ترتیب برای تیمار نیوپاسیلوس+ گوگرد و تیمار شاهد برابر با ۱۲۴/۳۰ و ۵۹/۱۷۷ گرم بر متر مربع بدست آمد (شکل ۱).

گیاهان، معرف این کودها می‌تواند از طریق آنبویی و فرسایش مویب افزایش آلودگی آبهای زیرزمینی و سطحی گردد (۴). بدین ترتیب، تحت چنین شرایطی استفاده از کودهای زیستی علاوه بر حفظ محیط زیست و تولید محصولات کشاورزی سالم می‌تواند شرایط تغذیه‌ای بهتری را برای گیاه فراهم آورد و تأثیر مملوایی بر بهبود رشد گیاهان به همراه داشته باشد (۸). فسفر پس از نیتروژن، مهم‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز برای رشد گیاهان محسوب می‌شود. ونس و همکاران (۲۰۰۳) بیان داشته‌اند که کمبود فسفر باعث کاهش ۴۰-۳۰ درصدی عملکرد گیاهان گردید (۹). برای میزان کمبود فسفر در خاک‌های قلیایی معمولاً از کودهای شیمیایی استفاده می‌گردد. در حالیکه این کودها در این شرایط معمولاً به دلیل پایین بودن اسیدیته خاک و فرولنی بین کلسیم راندمان پایینی دارند (۱۰). نتایج برخی تحقیقات مؤید این مطلب است که معرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک در نتیجه اکسایش آن، به دلیل کاهش اسیدیته مویب تأمین سوکلات مورد نیاز گیاهان و افزایش قابلیت جذب فسفر و عناصر کم معرف می‌گردد (۱۱).

الترجه طبق ویسی از میکروارگانیسم‌ها قادر به اکسایش گوگرد در محیط هستند، ولی در این میان تنها باکتری‌های هتروتروف، به ویژه جنس نیوپاسیلوس نقش مهمی در اکسایش گوگرد در خاک ایفا می‌نماید (۱۲). برخی محققین گزارش نموده‌اند که اکسیداسیون گوگرد و تولید اسید سولفوریک باعث کاهش اسیدیته خاک و افزایش دسترسی به فسفر و عناصر کم معرف می‌شود. به طوری‌که باکتری نیوپاسیلوس باعث تسریع فرآیند می‌گردد (۱۳ و ۱۴). در بسیاری از نقاط جهان برای افزایش کارایی فسفات، آن را با گوگرد مخلوط و از باکتری‌های نیوپاسیلوس برای تشدید اکسایش گوگرد استفاده می‌نمایند. پاتیراتا و همکاران (۱۹۸۹) اظهار نمودند که با توجه به سرعت کند اکسایش گوگرد، حضور باکتری‌های اکسیدکننده این عنصر در خاک شرط اصلی بهره‌گیری از این توان بالقوه است (۱۵).

بدین ترتیب، با توجه به بالا بودن اسیدیته خاک و کاهش قابلیت جذب برخی عناصر غذایی، به نظر می‌رسد که معرف گوگرد همراه با نیوپاسیلوس بتواند نقش بسزایی بر فراهمی عناصر غذایی داشته باشد. بنابراین، این آزمایش با هدف ارزیابی کاربرد حیادکننده و تلفیح کود زیستی نیوپاسیلوس و گوگرد بر عملکرد کس و کیتی گیاه دارویی تخمن در شرایط آب و هوایی مشهد اجرا شد.

#### ۲- مواد و روش‌ها

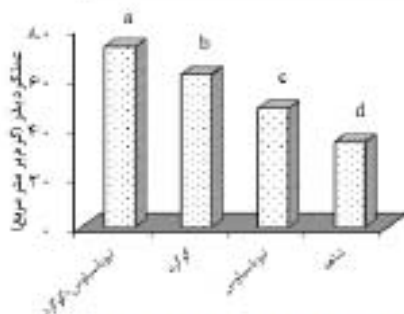
این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، تلفیح با نیوپاسیلوس، ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار+ تلفیح با نیوپاسیلوس و شاهد با سه تکرار انجام شد. بذر مورد استفاده از باغ گیاهان دارویی مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد که از این گونه در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ جمع‌آوری و در انبار خشک نگهداری شده بود، استفاده گردید.



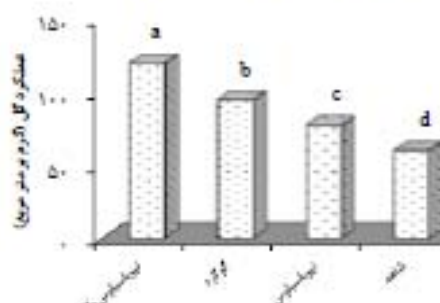


جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس (میادین مرعیات) اثر کاربرد گوگرد و تلفیح با تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی ختمی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد پذر	عملکرد گل	عملکرد موسیلاژ
تکرار	۲	۷۸۲۵-۱۷۲**	۲۱۱۷۲۳**	۸۶۱۷۳۵**	۲۳۱۵۵۹**
شمار	۳	۱۷۱۷۳۷۱۹۹**	۸۲۱۷۰۵۷**	۱۹۵۰۱۷۶۱**	۲۱۵۲۱۸۵۵**
خطا	۶	۳۵۵۷۳-۲	-۱۳۲۵	۲۸۲۱۸	۲۱۳۵۷
کل	۱۱	-	-	-	-

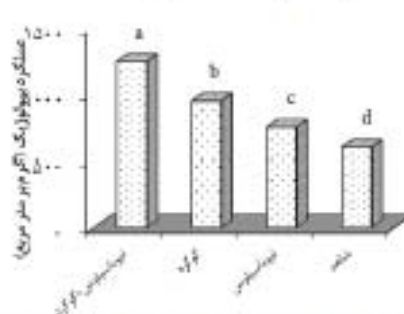


شکل ۲. اثر کاربرد گوگرد و تلفیح با تیوباسیلوس بر عملکرد پذر



شکل ۳. اثر کاربرد گوگرد و تلفیح با تیوباسیلوس بر عملکرد گل

درویدیان و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که اسید لاکتیک و پس از آن مالیک، سوکسینیک و استیک مؤثرترین اسیدهای مترشحه از باکتری های حل کننده فسفات می باشند که می توانند اسیدینه خاک را غیررغم خامیت بافری تغییر دهند (۵). به این ترتیب به نظر می رسد که افزایش مصرف گوگرد همراه با باکتری های تیوباسیلوس با کاهش موهسی اسیدینه ریزوسفر ریشه (۶) موجب بهبود حلالیت عناصر تثبیت شده در خاک شده که در نتیجه به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه، بهبود عملکرد را موجب شده است. همچنین مصرف گوگرد به صورت تلفیح با باکتری تیوباسیلوس، با بهبود جذب فسفر و در نتیجه افزایش ساخت ATP (۵) موجب افزایش اسمیلانسیون مواد فتوسنتزی شده که این امر با



شکل ۱. اثر کاربرد گوگرد و تلفیح با تیوباسیلوس بر عملکرد بیولوژیک عملکرد گل و پذر ختمی به طور مشخصی تحت تأثیر کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس و مصرف همزمان آنها قرار گرفت (۱۰۰±۱۰) (جیبول ۲) بالاترین عملکرد گل و پذر برای تیمار تیوباسیلوس+ گوگرد به ترتیب برابر با ۱۱۹/۷۳ و ۷۲/۴۲ گرم بر متر مربع و پایین ترین میزان برای تیمار شاهد به ترتیب برابر با ۵۹/۸۹ و ۳۴/۰۷ گرم بر متر مربع بدست آمد (شکل ۲ و ۳).

تاماتی و همکاران (۱۹۸۸) افزایش رشد و عملکرد گیاهان در شرایط مصرف کودهای گی را به بهبود خصوصیات بیولوژیکی تحت تأثیر افزایش فعالیت ریزومیوسودات خاکری نسبت دادند (۱۶). به نظر می رسد که مصرف گوگرد در شرایط تلفیح با تیوباسیلوس با افزایش فراهمی، بهبود قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش اسمیلانسیون مواد فتوسنتزی تحت تأثیر توسعه سطح برگ به عنوان اندام اصلی فتوسنتز کننده و افزایش ظرفیت فتوسنتزی طی مرحله رویش، توانسته است در مرحله گلدهی و پس از آن با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مقصد بهبود عملکرد بیولوژیکی را به دنبال داشته باشد. علاوه بر این، از آنجا که افزایش فراهمی فسفر قابل دسترس گیاه در خاک، موجب بهبود توسعه سیستم ریشه ای می گردد و همچنین جذب آب و عناصر غذایی ضروری به ویژه نیتروژن را افزایش می دهد (۱۷)، مشتق است که تلفیح با تیوباسیلوس همراه با مصرف گوگرد با کاهش اسیدینه خاک و افزایش فراهمی فسفر در نتیجه موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی شده است.



شده که این امر با افزایش توسعه سطح برگ و بهبود ظرفیت فتوسنتزی در نهایت بهبود عملکرد را موجب گردید. بدین ترتیب اگرچه فراهمن عناصر غذایی توسط کودهای مختلف آلی و شیمیایی تأثیر بسزایی بر بهبود رشد و نمو گیاهان دارد، اما از آنجا که برخی عناصر غذایی مانند فسفر به سرعت در خاک تثبیت میشوند، به نظر میرسد که تغذیه تلقیحی عناصر غذایی را میتوان به عنوان راهکاری مؤثر برای حیران کمبود عناصر غذایی خاک منظر قرار داد که این امر علاوه بر کاهش هزینه های تولید می تواند بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی را به دنبال داشته باشد.

#### ۶- سیاستگذاری

انتخاب این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره ۲۱۲۶۹۷۲ محسوب ۹۴/۰۲۱۲۲ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سیاستگذاری میشود.

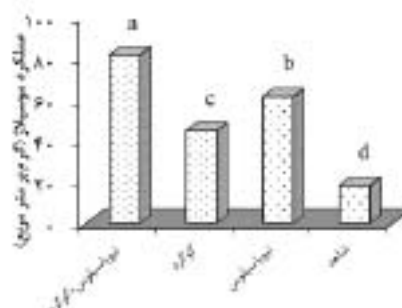
#### مراجع

- [۱] معمار شریعت، هادی، پرورش و تکثیر گیاهان دارویی، اسفهان، انتشارات ماهی، ۱۳۷۶.
- [۲] احمد سبکی، رمانه، رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی، تهران، انتشارات طراحان نشر، ۱۳۷۶.
- [۳] مزبزی، محمد بررسی تأثیر برخی از عوامل محیطی و فیزیولوژیکی بر رشد و عملکرد و میزان مواد مؤثره گل راس در شرایط زراعی و درون تنبیه‌های، پایان‌نامه دکتری نامنه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۳۷۹، ۸۷-۹۳.
- [۴] نعمتی معالی، مهدی، کوچکی، طرغافه، رفیعی مقدم، پرویز، و بهشتی، طرغافه، اثر واکولوژی، متد انتشارات دانشگاه فردوسی، ۱۳۸۰.
- [۵] درویدیان، حمیدرضا، شکاری کلاهد، حسن، کلاهد نعمت آلود، طرغافه، حسینی شریف آلود، حسن، ترویش، فرخ، آله وردی، عاصفه، بررسی امکان تکثیر فسفر قابل جذب خاک های آمکنی و اثر آن بر عملکرد ذرت، مجله دانش نوین کشاورزی پایدار، ۱۸(۱)۴، ۳۵-۲۷، مه ۱۳۸۴.
- [۶] شکاری کلاهد، ح، صالح راستی، ناصف، بررسی تأثیر کاربرد مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر، مجموعه مقالات سمپوت تولید صنعتی کودهای مولیبدیک در کشور، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۲۹۲-۳۱۷، تهران، ۱۳۸۰.
- [۷] صدیقی، امیرعلی، بررسی اثرات کودهای اوره و ورمی کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی گل کلمنی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ۵۴-۵۳، ۱۳۹۲.

- [۸] J.K. Vessey, "Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer", J. Plant and Soil, vol. ۲۵۰, pp. ۲۷۱-۲۸۱, ۲۰۰۳.
- [۹] C.P. Vance, C. Uhde-Stone, and D.L. Allan, "Phosphorus acquisition and use: critical adaptation by plants for securing a non-renewable resource", J. New Physiology, vol. ۱۵۷, pp. ۱۲۲-۱۴۷, ۲۰۰۳.
- [۱۰] A.W. Cheema, B.L. Tume, and K.R. Reddy, "Soil phosphorus forms along a strong nutrient gradient in a

افزایش توسعه سطح برگ و بهبود ظرفیت فتوسنتزی، در نهایت بهبود عملکرد را موجب شده است. از آنجا که برخی عناصر غذایی مانند فسفر به سرعت در خاک تثبیت میشوند، به نظر می‌رسد که تغذیه تلقیحی مصرف گوگرد و تلقیح با تیوباسیلوس با متادال کردن جذب عناصر اصلی بر مصرف و ریزمندی‌های مورد نیاز بوندها سبب افزایش رشد تولیدات فتوسنتزی شده که در نهایت افزایش عملکرد را به دنبال داشته است. بدین ترتیب مصرف تلقیحی عناصر غذایی را می‌توان به عنوان راهکاری مؤثر برای حیران کمبود عناصر غذایی منظر قرار داد که این امر علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید، می‌تواند بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی را به دنبال داشته باشد.

عملکرد کلی (موسیلاد بشر) ختمی نیز به طور منس‌داری تحت تأثیر کاربرد تیمارهای گوگرد و کود زیستی تیوباسیلوس و مصرف همزمان آنها قرار گرفت (جدول ۱). به نحوی که بالاترین عملکرد موسیلاد برای تیمار تیوباسیلوس+گوگرد برابر با ۸۱/۵۱ گرم بر متر مربع و پایین‌ترین میزان برای تیمار شاهد برابر با ۱۸/۱۵ گرم بر متر مربع بدست آمد (شکل ۴).



شکل ۴. اثر کاربرد گوگرد و تلقیح با تیوباسیلوس بر عملکرد موسیلاد

صدیقی (۱۳۹۲) در بررسی اثرات کودهای اوره و ورمی کمپوست نشان داد که درصد و عملکرد موسیلاد گیاه ختمی به طور منس‌داری تحت تأثیر کاربرد سطوح کود آلی ورمی کمپوست قرار گرفت. وی نتیجه گرفت که به دلیل پایین بودن ماده آلی خاک در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، می‌توان با مدیریت صحیح در استفاده از کودهای آلی به تنهایی یا به صورت تلقیحی با کودهای شیمیایی، ضمن افزایش عملکرد کمی، بهبود شاختن های کلی گیاه ختمی را امکان پذیر نمود و با این شیوه مدیریت کودی گام مهمی در راستای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی برداشت (۴).

#### ۵- نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که مصرف گوگرد به صورت تلقیحی با تیوباسیلوس با کاهش آیدینه، بهبود جذب فسفر و عناصر کم مصرف و در نتیجه افزایش ساخت ATP موجب افزایش اسمبلاسیون مواد فتوسنتزی



- tropical Ombrotrophic wetland", *J. Soil. Sci. Soc. America* doi: 10.2136/soaj1999.0368.
- [۱۱] F. Dawood, S.M. Al-Omaifi, and N. Murtafa, "High level of sulfur affecting availability of some micronutrients in calcareous soil", In Proceeding of [Sec. Regio. Conf on sulfur and its usage in Arab countries], Riyadh, 1-3 March 1988, pp. 88-98, Saudi Arabia 1988.
- [۱۲] R.L. Tate, "The Sulfur and Related Biogeochemical Cycle", 7rd ed., in *Soil Microbiology*, vol. 2, John Wiley and Sons INC, New York, pp. 209-222.
- [۱۳] S.L. Tisdale, W.L. Nelson, J.D. Beaton, and J.L. Havlin, "Soil Fertility and Fertilizers" 8<sup>th</sup> ed. McMillan Publishing Co., New York, 1997.
- [۱۴] F. Zapata, and R.N. Roy, "Use of Phosphate Rocks for Sustainable Agriculture", A joint publication of the FAO Land And Water Development Division and the International Atomic Energy Agency. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2002.
- [۱۵] L.S.S. Pathirathna, U.P.De.S. Waidyanatha, and O.S. Peries, "The effect of apatite and elemental sulfur mixtures on the growth and P content of *Centrosema pubescens*", *J. Fertilizer Research*, vol. 11, pp. 27-32, 1999.
- [۱۶] U. Tomati, A. Grappi, and E. Gaili, "The hormone-like effect of earthworm casts on plant growth", *J. Biology and Fertility of Soils*, vol. 8, pp. 188-191, 1998.
- [۱۷] C. Doran, "Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation: partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relation", *European J. Agronomy* vol. 8., pp. 135-138, 1999.