

کود زیستی فسفات بارور - ۲ یک فناوری نو برای افزایش عملکرد گیاه چغندر قند

مریم رادکیش ساکی^۱ - حمیده حسین زاده^۱ - حمید مدنی^۲ - محمد علی ملبوبی^۱

۱. شرکت زیست فناور سبز - واحد پشتیبانی و پایش - تهران - میدان فاطمی - خیابان بیستون - خیابان بوعلی سینا - پلاک ۴۷ - واحد ۱۰
info@greenbiotech-co.com
۲. پژوهشگاه مهندسی ژنتیک و زیست فناوری - تهران - کیلومتر ۱۷ اتوبان تهران - کرج - بلوار پژوهش malboobi@nrcgeb.ac.ir
۳. دانشکده کشاورزی - اراک - دانشگاه آزاد اسلامی اراک

چکیده

در دسترس بودن فسفر برای گیاهان تا حد زیادی به شرایط زیستی و شیمیایی بستگی دارد که در خاک رخ می‌دهد. در زمین‌های کشاورزی، تثبیت سریع کودهای شیمیایی فسفات تحت شرایط موجود در خاک به فرم‌های غیر محلول مشکلی جدی است. در طبیعت، گروهی از ریزسازواره‌های حل‌کننده فسفات، وجود دارند که با رهاسازی تدریجی فسفر و تبدیل آن به شکل قابل جذب گیاه نیاز به کودهای فسفات شیمیایی را کاسته و کارایی آنها را بالا می‌برند. این ریزسازواره‌ها با استقرار در منطقه ریزوسفر، از ترشحات ریشه استفاده نموده و با تغییر pH و یا ترشح آنزیم‌ها، شرایط را برای تبدیل فسفات نامحلول به شکل قابل استفاده فراهم می‌سازند. کود زیستی فسفات بارور-۲ حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات است که با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفر نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردد. بررسی‌های مختلف آزمایشگاهی حاکی از این بود که باکتری‌های موجود در کود زیستی فسفات بارور-۲ قادرند دامنه وسیعی از pH (بین ۵ تا ۱۱) و شوری تا ۳/۵ درصد را به خوبی تحمل نمایند. وجود چنین مشخصه‌هایی باعث شده است که بتوان این کود زیستی را در طیف گسترده‌ای از خاک‌های ایران و برای محصولات گوناگون زراعی باغی و تزیینی به کار برد. با انجام سری اول آزمایش آماری در نقاط مختلف ایران که در استان‌های تهران، خوزستان، و مرکزی انجام گردید، فرمول کود زیستی بارور-۲ از بین ترکیب‌های مختلف باکتریایی بارور-۲، به عنوان اثربخش‌ترین انتخاب گشت به صورتی که افزایش عملکرد چغندر قند در تیمار کود زیستی بارور-۲ نسبت به تیمار شاهد به خوبی معنی‌دار بود. نتایج آزمایش‌های آماری سری دوم در استان‌های اصفهان و خراسان که در سال‌های ۸۳ تا ۸۵ انجام شد، نتایج آزمایش‌های قبلی را مورد تایید قرار داد. به طوری که افزایش عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص در این آزمایش‌های تا ۳۲ درصد نسبت به شاهد مشاهده شد. همچنین نتایج مشاهدات به دست آمده از ۴۲ مزرعه نمونه در سطح کشور نشان می‌دهد که با استفاده از کود زیستی فسفات بارور-۲، میانگین افزایش عملکرد ۱۸/۵ درصد بیش از مزارعی بوده است که در آنها فقط از کود شیمیایی فسفات استفاده شده بود. بیشترین افزایش عملکرد این محصول در استان خراسان جنوبی با میانگین ۳۴/۹ درصد گزارش گردید.

کلمات کلیدی: سودوموناس پوتیدا، باسیلوس لنتوس، کود زیستی، کود زیستی فسفات بارور-۲

مقدمه

عنصر فسفر پس از نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف برای گیاه به شمار می‌رود. این عنصر در تمام فرایندهای بیوشیمیایی، سازوکارهای انتقال انرژی و انتقال پیام‌ها دخالت می‌نماید و از اجزای مهم تشکیل دهنده DNA، RNA، فسفوپروتئین‌ها، فسفولیپیدها، کوآنزیم‌های NAD و NADP و مولکول‌های حامل انرژی ADP (آدنوزین دی فسفات) و ATP (آدنوزین تری فسفات) به شمار می‌رود. از نظر زراعی، فسفر نقشی اساسی در تغذیه گیاهان بازی می‌کند. به طور خلاصه، فسفر نقشی مفید در توسعه ریشه، رشد رویشی، گلدهی، میوه دهی، رسیدن محصول و افزایش کیفیت گیاه دارد. همچنین در دسترس بودن یون فسفات، باعث مقاومت گیاه در برابر ورس، زودرسی محصول، کیفیت بالاتر، رشد جوانه‌های جانبی در درختان میوه و در نهایت افزایش عملکرد می‌گردد. جذب فسفر همچنین اثر متقابل بر جذب و انتقال عناصر کم مصرف همچون روی و آهن دارد.

با وجودی که فسفر خاک‌های مختلف از ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم (ppm) گزارش شده است^۱، ولی گیاهان می‌توانند این عنصر را فقط به صورت آنیون‌های یک ظرفیتی $H_2PO_4^{-1}$ یا دوظرفیتی HPO_4^{-2} جذب نمایند که در اغلب موارد غلظت آنها در محلول خاک بسیار پایین است. ترکیبات فسفره برخلاف ترکیبات نیتروژنی تقریباً نامحلول هستند و بنابراین انتشار آنها در خاک بسیار کند است. به همین دلیل، استفاده بی رویه کشاورزان از کودهای فسفاته در سال‌های گذشته موجب تجمع ترکیبات آن در خاک شده است. در اغلب اراضی زراعی، تجمع فسفر موجب بروز مشکلاتی در جذب عناصر کم مصرف می‌شود. علاوه بر آن، شستشوی فسفر به آب‌های زیرزمینی و راکد موجب خسارات جبران ناپذیر اکوسیستمی می‌شود به طوری که آلودگی فسفر و فلزات سنگین همراه آن به عنوان یک خطر زیست محیطی در دهه‌های اخیر به شدت جلب توجه بوم‌شناسان جهان را نموده است^۲.

در مزارع، فسفات به شکل کودهای آلی (مانند فضولات حیوانی و بقایای گیاهی) و یا کودهای شیمیایی فسفاته به خاک اضافه می‌شود. ظرفیت تثبیت فسفر در خاک‌های مختلف با توجه به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، زیستی، اقلیم و مدیریت زراعی متغیر است^۳. قابلیت در دسترس بودن این عنصر بستگی به عوامل زیادی چون pH، تهویه خاک، رطوبت، دما، میزان مواد آلی، مقدار آهن، آلومینیوم و منگنز محلول و غیرمحلول، نوع ماده حاوی این عنصر، فعالیت ریزسازواره‌ها و روش‌های زراعی دارد.

بررسی‌ها نشان داده است که بیش از نیمی از عنصر فسفر در گیاه چغندر قند در ریشه‌ها و نیمی دیگر در تاج گیاه توزیع می‌شود. غلظت فسفر در تمام اندام‌های گیاه از زمان سبز شدن تا زمان برداشت کاهش می‌یابد. علائم کمبود فسفر در چغندر قند به ندرت بر روی گیاهان بالغ مشاهده می‌شود و فقط در شرایطی قابل رویت است که فسفر قابل دسترس خاک فوق العاده ناچیز باشد. اما علائم این کمبود در گیاهچه‌ها بهتر مشاهده می‌شود، به ویژه وقتی که عواملی مانند اسیدیته خاک، آفات، بیماری‌ها یا علف‌کش‌ها به سیستم ریشه آسیب زده و مانع جذب عناصر شوند^۴.

علائم کمبود فسفر صرف نظر از سن گیاه، وجود برگ‌های سبز تیره و توقف رشد گیاه است. در شرایط کمبود شدید برگ‌ها به رنگ ارغوانی مایل به قرمز درآمده و ممکن است قهوه‌ای شده و از بین بروند. رشد ریشه اصلی گیاه نیز در اثر کمبود فسفر کند می‌شود و اغلب ریشه‌های ثانویه الیافی تولید می‌گردند^۵.

کود زیستی بارور-۲ حاصل پژوهش ۸ ساله گروهی متشکل از ۲۵ نفر پژوهشگر در جهاد دانشگاهی واحد تهران می‌باشد. از آنجایی که اقلیم‌های مختلف ممکن است اثرات مختلفی بر رشد و فعالیت باکتری‌های حل‌کننده فسفات داشته باشد، تلاش‌هایی برای جداسازی سویه‌های بومی که با شرایط دلخواه زیست محیطی سازگار هستند، انجام شد که نتیجه آن معرفی کود زیستی بارور-۲ بود. این کود، حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های *باسیلوس لنتوس* (سویه P5) و *سودوموناس پوتیدا* (سویه P13) می‌باشد که به ترتیب با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفره نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند.

طی پژوهش‌های پنج ساله، ابتدا جداسازی باکتری‌های حل‌کننده فسفر از خاک‌های مناطق مختلف کشور انجام شد. سپس این باکتری‌ها تحت آزمایش‌های متعددی مانند بررسی مقاومت به تنش‌های محیطی (دما، شوری، pH‌های مختلف) و رقابت با ریزسازواره‌های دیگر قرار گرفتند. نتایج حاکی از این بود که این باکتری‌ها قادرند دامنه وسیعی از pH بین ۵ تا ۱۱ و شوری تا ۳/۵ درصد را به خوبی تحمل نمایند. وجود چنین مشخصه‌هایی باعث شده است که بتوان این کود زیستی را در طیف گسترده‌ای از خاک‌های ایران و برای محصولات گوناگون به کار برد. در این تحقیق، اثر بخشی کود زیستی فسفات‌بارور-۲ بر عملکرد چغندر قند در ۹ آزمایش آماری مورد بررسی قرار گرفته است. بکارگیری این کود زیستی در مزارع نمونه نیز موید نتایج قبلی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر انواع کودهای فسفات‌باکتریایی و مقادیر مختلف کود سوپر فسفات تریپل بر عملکرد چغندر قند در اولین سری از آزمایش‌های آماری (سال ۱۳۸۰) به طور همزمان در دو منطقه کرج (مزرعه موسسه تحقیقات چغندر قند-کمال‌آباد و مشکین‌آباد) و اراک (کشت و صنعت مرادی واقع در کیلومتر ۵ جاده اراک-فراهان) و سپس در دزفول (مزرعه موسسه تحقیقات چغندر قند) انجام گرفت. سری دوم آزمایش‌های آماری در شهرستان‌های اصفهان (سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی اصفهان)، چناران (کارخانه قند شیرین) و مشهد (سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی خراسان) به منظور بررسی محدود اثر بخشی کود زیستی بارور-۲ و به زراعی روش مصرف آن صورت پذیرفت. در کلیه آزمایش‌ها، طرح آزمایشی به کار رفته به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار انجام گرفته است. فاکتور اصلی در این آزمایش‌ها شامل مقادیر صفر، ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده کود شیمیایی فسفات‌ها بر اساس آزمون خاک بود. تیمارهای مورد مطالعه در هر آزمایش در جداول مندرج در بخش نتایج آورده شده است. سایر عملیات کاشت، داشت و برداشت (به جز مصرف کودهای شیمیایی یا زیستی فسفات‌ها) به طور یکسان اعمال شد. در این آزمایش عملکرد، درصد فسفر موجود در اندام‌های هوایی گیاهچه ۴۰ روزه، وزن خشک گیاهچه و درصد عیار قند مورد ارزیابی قرار گرفت. برای محاسبه عملکرد، نمونه برداری برای ۲۰ غده یا تمام غده‌های چغندر قند در هر کرت آزمایشی انجام پذیرفت. وزن گیری پس از سرزنی توزین گردیده و نمونه‌ها جهت تعیین عیار قند به آزمایشگاه عیار سنجی موسسه تحقیقات و تهیه بذر چغندر قند ارسال گردید. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار MSTAT مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. پس از محاسبه میانگین و آنالیز واریانس، مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن در سطح ۰.۱٪ و ۰.۵٪ صورت گرفت.

در آزمایش‌های مشاهده‌ای، کود زیستی بارور-۲ در اختیار کشاورزان نمونه و ناشرک‌های زراعی قرار می‌گرفت. در این مزارع سعی بر آن بوده است کلیه عملیات کاشت، داشت و برداشت (به جز مصرف کودهای شیمیایی یا زیستی فسفات‌ها) در قسمت‌های تیمار و شاهد مزرعه به طور یکسان اعمال شود.

نتایج

در طول سال‌های ۸۰ تا ۸۵، ۹ آزمایش آماری بر روی چغندر قند صورت گرفت که در طی آن ابتدا مشخص شد بیشترین افزایش عملکرد استفاده از فرمول کود زیستی بارور-۲ به همراه حدود ۵۰ درصد مصرف توصیه شده کود شیمیایی فسفات‌ها بر اساس آزمون خاک می‌باشد. آزمایش‌های بعدی ضمن تایید این نتیجه، به آزمودن روش‌های مصرف مختلف کمک کرد (جدول ۱).

اولین گروه آزمایش‌های مزرعه‌ای برای بررسی اثر کودهای باکتریایی بر روی شاخص‌های مختلف از جمله عیار قند و عملکرد چغندر قند در مناطق اراک، کرج و دزفول اجرا شد. با وجودی که فسفر خاک از ۵ تا ۲۸ ppm بود، تجزیه

واریانس داده های عملکرد غده نشان می دهد که استفاده از فرمول کود زیستی بارور-۲ (مخلوط باکتری های P13 و P5) به همراه ۵۰ یا ۱۰۰ درصد میزان توصیه کیلوگرم کود شیمیایی فسفات آمونیم بیشترین تأثیر بر عملکرد را داشته است (جدول ۱). قرار داشتن ترکیب تیماری فاقد کود شیمیایی و کود زیستی فسفات در پایین ترین سطح گروه بندی میانگین ها نشان دهنده وجود رابطه معنی دار بین جذب فسفر و اضافه کردن آن به خاک یا آزاد سازی فسفر غیرمحلول خاک توسط باکتری های حل کننده فسفات می باشد. این نتایج به خوبی گویای تنظیم هوشمندانه رهاسازی فسفات توسط باکتری های موجود در کود زیستی بارور-۲ و عدم رهاسازی بیش از حد یون ها در خاک داشته که در نتیجه موجب جذب متناسب یون فسفات و سایر عناصر مغذی می شود.

با وجود افزایش جزیی، در کلیه موارد تأثیر تیمارهای کودی فسفات شیمیایی و زیستی بر عیار قند معنی دار نبوده است. تأثیر ناچیز انواع کودهای فسفات شیمیایی و زیستی بر روی شاخص عیار قند در دو منطقه کرج و اراک نتیجه مشخصی را بیان نمی کند که می تواند به دلیل پیچیدگی رابطه تغذیه گیاه و شرایط محیط با عیار قند باشد.

در بین سری دوم آزمایش های آماری، در همه آزمایش ها (بجز آزمایش های اصفهان و سومین سال چناران) افزایش عملکرد در اثر مصرف کود زیستی بارور-۲ در مقایسه با سایر تیمارها تفاوت معنی داری داشته است (جدول ۲). گرچه شرایط نامناسب اجرای آزمایش و نحوه اجرا و روش نمونه برداری در برخی آزمایش ها موجب اطمینان کمتری به نتایج این آزمایش ها می شود، کلیه آزمایش ها جایگزینی ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات توسط کود زیستی بارور-۲ را تایید می نمایند.

گزارش های جمع آوری شده از ۴۲ مزرعه از ۹ استان اردبیل، اصفهان، آذربایجان غربی، چهارمحال و بختیاری، خراسان جنوبی، خراسان رضوی، کرمانشاه، مرکزی و همدان حاکی از توزیع نرمال مزارع از نظر افزایش محصول در اثر استفاده از کود زیستی بارور-۲ در مقایسه با کود شیمیایی فسفات می باشد (شکل ۱). به طوری که ۲/۳ درصد از مزارع کاهش عملکرد، ۴/۷ درصد فاقد افزایش عملکرد، ۱۴/۲ درصد تا ۵ درصد افزایش عملکرد، ۱۶/۲ درصد بین ۵ تا ۱۰ درصد افزایش عملکرد، ۲۶/۱ درصد بین ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش عملکرد، ۱۴/۳ درصد بین ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش عملکرد، ۷/۱ بین ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش عملکرد و ۱۴/۲ درصد افزایش عملکرد بالای ۳۰ درصد داشته اند. به طور کلی، میانگین برداشت محصول در مزارع چغندر قند کشور با استفاده از کود شیمیایی فسفات ۳۷/۸ تن بر هکتار بوده است. در حالی که با مصرف کود زیستی بارور-۲ برداشت محصول به ۴۳/۹ تن بر هکتار رسیده است. به این ترتیب، میانگین افزایش محصول در اثر مصرف کود زیستی بارور-۲ برابر ۶۰۸۴ کیلوگرم بر هکتار یا ۱۸/۵ درصد بوده است (جدول ۳). بیشترین اثربخشی کود زیستی فسفات از نظر عملکردها به ترتیب در استان خراسان جنوبی (میانگین ۳۴/۹ درصد) و سپس در استان های آذربایجان غربی (میانگین ۲۴/۳ درصد) بوده است. در این ارتباط، بایستی اثرات اقلیمی و روش های زراعی کشاورزان هر استان را در نظر گرفت.

بحث

با نگاهی بر اقلیم های مختلفی که این کود در آنها مورد آزمایش قرار گرفته است به این نتیجه می رسیم که استفاده از کود زیستی بارور-۲ در چغندر قند به عنوان گیاهی با نیاز بالای فسفر سودمند بوده و در اقلیم های مختلف کارایی خوبی دارد. افزایش محصول چغندر قند با استفاده از کود زیستی بارور-۲ در کل کشور به طور متوسط ۶۰۸۴ کیلوگرم بر هکتار بوده که با احتساب قیمت خرید تضمینی چغندر قند از کشاورزان در سال ۱۳۸۵ از قرار هر تن ۴۶۰۰۰۰ ریال یا هر کیلوگرم ۴۶۰ ریال، به طور متوسط ۲۷۹۸۶۴۰ ریال سود خالص برای کشاورز در هر هکتار در بردارد. از سوی دیگر، کاهش ۵۰ درصدی مصرف کودهای شیمیایی فسفات نه تنها باعث صرفه جویی ارزی در حدود ۱۵۰ میلیون دلار (بر اساس آمار رسمی کشور) می شود، بلکه این کاهش مصرف از آلودگی خاک ها و آب های کشور

به تجمع بیش از حد فسفر و عناصر سنگین نظیر کادمیم و بور می‌کاهد. آلودگی‌های مذکور هم باعث برهم خوردن تعادل‌های اکوسیستمی و ایجاد خسارات جبران‌ناپذیر بر محیط زیست می‌گردند و هم با بالا رفتن میزان عناصر سنگین در مواد غذایی، مخاطرات بهداشتی برای مردم کشور ایجاد می‌نمایند. در واقع، دلیل اصلی تحقیق بر روی کودهای زیستی مشکلات فوق‌بوده و معرفی این کودها راهبردی قابل‌وصول برای توسعه کشاورزی پایدار در کشور به شمار می‌رود.

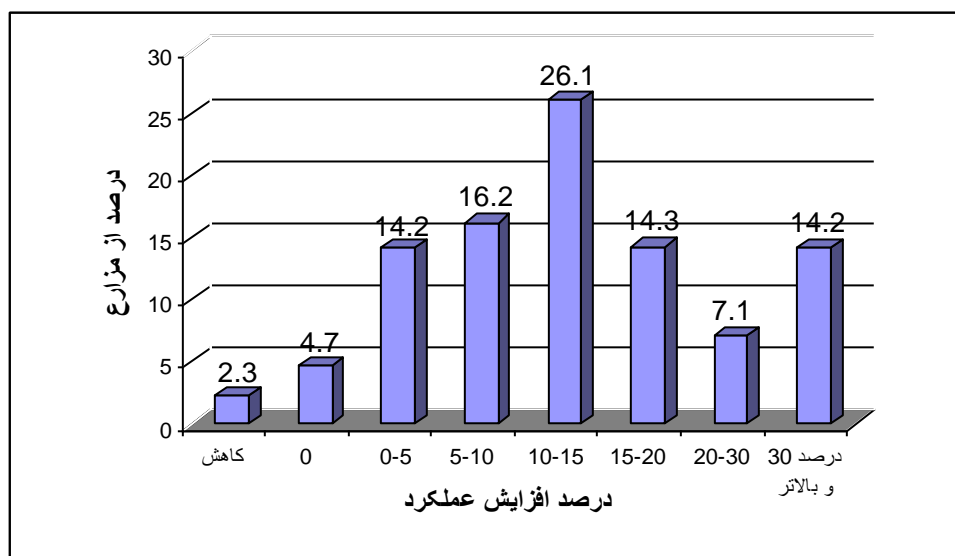
منابع

- ۱- آستارایی، علی رضا و عوض کوچکی (ترجمه) سوبارائو. ان. اس. (۱۳۷۵). کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار. جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد. مشهد. ایران.
 - ۲- بای بوردی، محمد، محمدجعفر ملکوتی، هرمز امیر مگری و مهدی نفیسی. (۱۳۷۹) تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار. نشر آموزش کشاورزی.
 - ۳- کوچکی، عوض (۵۳) زراعت چغندرقد، حبوبات، گیاهان صنعتی و گیاهان علوفه ای. جهاد دانشگاهی مشهد. تهران. ایران.
 - ۴- ملبوبی، محمدعلی، پرویز اولیا و حمید مدنی. (۱۳۸۲). توصیف مشروح اختراع کودهای زیستی فسفات. گروه پژوهشی میکروبیولوژی کاربردی جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
 - ۵- ملکوتی، محمدجعفر و مهدی نفیسی (ترجمه) (۱۳۷۳). مصرف کود در اراضی زراعی دیم و فاریاب. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.
 - ۶- ملکوتی، محمدجعفر و محمد نبی غیبی. (۱۳۷۹). تعیین حد بحرانی عناصر غذایی در محصولات استراتژیک کشور، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
 - ۷- ملکوتی، محمدجعفر و مهدی همایی. (۱۳۷۳). حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک (مشکلات و راه حل‌ها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.
- ۸- Pal, Mahendra (2002) Basics of Agriculture. Jain Brothers. New Delhi, India.
- ۹- Rodriguez, H. and R. Fraga (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances. 17, 319-339.

جدول ۱- خلاصه آزمایش آماری آثار عملکردی فرمولاسیون‌های مختلف کودهای زیستی فسفات‌ه در زراعت چغندر قند.

شماره تیمار	تیمارها	عملکرد (تن در هکتار)			
		آزمایش ۱ کرج (فسفر خاک ۱۶ppm)	آزمایش ۲ اراک (فسفر خاک ۲۸ppm)	آزمایش ۳ کرج (فسفر خاک ۵ppm)	آزمایش ۴ دزفول (فسفر خاک ۱۲ppm)
۱	بدون باکتری حل‌کننده فسفات و بدون کود شیمیایی فسفات‌ه	۳۶/۲۲AB	۴۹/۴۶BC	۲۹/۴۳D	۴۸/۲۷C
۲	باکتری‌های P13+P5 و بدون کود شیمیایی فسفات‌ه	۴۲/۰۵AB	۴۷/۲۵BC	۴۱/۷۲BC	۵۵/۳۷AB
۳	باکتری‌های P13+P7 و بدون کود شیمیایی فسفات‌ه	۴۲/۶۱AB	۵۴/۹۴BC	۴۱/۳۶BC	۵۲/۱BC
۴	باکتری‌های P13+P5+P7 و بدون کود شیمیایی فسفات‌ه	۳۲/۸۷B	۵۱/۷۲BC	۳۳/۹CD	۵۶/۳۹AB
۵	بدون باکتری‌های حل‌کننده فسفات و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات‌ه	۴۱/۱۶AB	۴۲/۴۴C	۳۹/۲۱BCD	۵۷/۰۸A
۶	باکتری‌های P13+P5 و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات‌ه	۵۰/۹۵A	۵۷/۷۵B	۳۶/۲۲BCD	۵۲/۹۴ABC
۷	باکتری‌های P13+P7 و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات‌ه	۴۸AB	۵۵/۰۵BC	۲۹/۲۶D	۵۹/۳۴A
۸	باکتری‌های P13+P5+P7 و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات‌ه	۴۶/۷۸AB	۵۳/۸۱BC	۴۴/۵۲AB	۵۵/۵۶AB
۹	بدون باکتری‌های حل‌کننده فسفات و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفات‌ه	۳۴/۲۴B	۵۶/۸۸BC	۳۳/۳۷CD	۵۱/۵۴BC
۱۰	باکتری‌های P13+P5 و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفات‌ه	۴۲/۴۴AB	۵۰/۵۷BC	۴۰/۸۳BC	۵۱/۹BC
۱۱	باکتری‌های P13+P7 و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفات‌ه	۴۹/۵۱A	۷۰/۷۶A	۵۲/۶A	۵۲/۰۶BC
۱۲	باکتری‌های P13+P5+P7 و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفات‌ه	۴۰/۷۲AB	۵۶BC	۳۵/۸۴BCD	۵۲/۳۴BC

* اعدادی که با حروف یکسان نشان داده شده اند، از نظر آماری در سطح ۵ درصد با هم تفاوت معنی داری ندارند.



شکل ۱- توزیع مزارع نمونه چغندر قند در استان‌های مختلف از نظر میزان افزایش محصول در اثر استفاده از کود زیستی فسفات‌ه بارور-۲ در مقایسه با کود شیمیایی فسفات‌ه.

جدول شماره ۲- خلاصه نتایج آزمایش‌های به‌زراعی کود زیستی فسفات‌ه بارور-۲.

عملکرد (تن در هکتار)	تیمارها
آزمایش ۱- اصفهان (فسفر خاک ppm ۷/۵)	
۴۷/۳۲۵ C	تیمار ۱: بارور- ۲ (P13+P5) بدون هر گونه کود شیمیایی
۵۱/۹ A	تیمار ۲: بدون بارور- ۲ (P13+P5) همراه با کودهای شیمیایی NPK
۴۹ B	تیمار ۳: بدون بارور- ۲ (P13+P5) همراه با کودهای شیمیایی NK
۴۹/۷۷۵ B	تیمار ۴: با بارور- ۲ (P13+P5) همراه با کودهای شیمیایی NK
۴۹/۰۵ B	تیمار ۵: بدون بارور- ۲ (P13+P5) همراه با ۱۰۰ کیلوگرم کودهای شیمیایی (NK, 1/2P)
۵۰/۱ B	تیمار ۶: با بارور- ۲ (P13+P5) همراه با ۱۰۰ کیلوگرم کودهای شیمیایی (NK, 1/2P)
آزمایش ۲- خراسان (فسفر خاک ppm ۶/۸)	
۵۰/۹۷ C	تیمار ۱: بارور- ۲ (P13+P5) بدون هر گونه کود شیمیایی
۴۶/۳ C	تیمار ۲: بدون بارور- ۲ (P13+P5) همراه با کود شیمیایی فسفات
61/2 AB	تیمار ۳: بارور- ۲ (P13+P5) و ۶۲,۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات (P۱/۲)
۵۹/۰۶ B	تیمار ۴: بدون بارور- ۲ (P13+P5) و ۶۲,۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات (P۱/۲)
69/16 A	تیمار ۵: بارور- ۲ (P13+P5) و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات
63/16 B	تیمار ۶: بدون بارور- ۲ (P13+P5) و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات
آزمایش ۳- خراسان - کارخانه قند چناران - سال ۱۳۸۳	
20/91C	تیمار ۱: بدون بارور- ۲ (P13+P5) و بدون کود شیمیایی
26/37 B	تیمار ۲: بدون بارور- ۲ (P13+P5) و با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات (1/2P)
28/66 B	تیمار ۳: بدون بارور- ۲ (P13+P5) و با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات (P)
30/6 AB	تیمار ۴: با بارور- ۲ (P13+P5) و بدون کود شیمیایی فسفات
35/64 A	تیمار ۵: بارور- ۲ (P13+P5) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات
31/57 AB	تیمار ۶: بارور- ۲ (P13+P5) و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات
آزمایش ۴- خراسان - کارخانه قند چناران - ۱۳۸۴ (EC خاک ۴)	
32/23 G	تیمار ۱: بدون بارور- ۲ (P13+P5) و بدون کود شیمیایی فسفات
35/65 EFG	تیمار ۲: بدون کود شیمیایی و با ۱۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت بذرمال
32/83 G	تیمار ۳: بدون کود شیمیایی و با ۱۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت سرک
35/24 EFG	تیمار ۴: بدون کود شیمیایی و با ۲۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت بذرمال
34/4 FG	تیمار ۵: بدون کود شیمیایی و با ۲۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت سرک
39/24 DEF	تیمار ۶: ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات و بدون بارور- ۲ (P13+P5)
46/46 AB	تیمار ۷: ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات و ۱۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت بذرمال
44/04 BCD	تیمار ۸: ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات و ۱۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت سرک
47/66 A	تیمار ۹: ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات و ۲۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت بذرمال
45/72 AB	تیمار ۱۰: ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات و ۲۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت سرک
34/94 EFG	تیمار ۱۱: ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات و بدون بارور- ۲ (P13+P5)
41/04 BCD	تیمار ۱۲: ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات و ۱۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت بذرمال
44/65 ABC	تیمار ۱۳: ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات و ۱۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت سرک
45/21 ABC	تیمار ۱۴: ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات و ۲۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت بذرمال
46/3 AB	تیمار ۱۵: ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفات و ۲۰۰ گرم در هکتار بارور- ۲ (P13+P5) به صورت سرک

آزمایش ۵- خراسان - کارخانه قند چناران - ۱۳۸۵ (EC خاک ۳)

43/21	تیمار ۱: بدون بارور- ۲ (P13+P5) و بدون کودشیمیایی
40/83	تیمار ۲: بدون بارور- ۲ (P13+P5) و با ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل
40/88	تیمار ۳: بدون بارور- ۲ (P13+P5) و با ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل
40/59	تیمار ۴: با بارور- ۲ (P13+P5) و بدون کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل
46/29	تیمار ۵: بارور- ۲ (P13+P5) و ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل
43/45	تیمار ۶: بارور- ۲ (P13+P5) و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل

*اعدادی که با حروف یکسان نشان داده شده اند، از نظر آماری در سطح ۵ درصد با هم تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۳- خلاصه اطلاعات مربوط به افزایش محصول چغندر قند در اثر استفاده از کود زیستی بارور-۲ در مقایسه با کود شیمیایی فسفاته در استان های مختلف کشور.

ردیف	استان	تعداد گزارش	میانگین عملکرد در مزرعه شاهد (kg/ha)	میانگین عملکرد در مزرعه بارور-۲ (kg/ha)	افزایش محصول (kg/ha)	افزایش محصول (درصد)
۱	اردبیل	۳	۴۳۳۳۳	۴۸۳۳۳	۵۰۰۰	۱۱/۷
۲	اصفهان	۳	۳۷۲۷۷	۴۱۷۰۰	۴۴۲۳	۱۱/۷
۳	آذربایجان غربی	۲	۶۳۵۰۰	۷۷۵۰۰	۱۴۰۰۰	۲۴/۳
۴	چهارمحال و بختیاری	۲	۲۳۵۰۰	۲۴۶۵۰	۱۱۵۰	۵/۶
۵	خراسان جنوبی	۹	۱۹۷۳۱	۲۶۴۷۷	۶۷۴۶	۳۴/۹
۶	خراسان رضوی	۸	۵۵۲۲۸	۶۰۰۲۸	۴۸۰۰	۸/۷
۷	کرمانشاه	۹	۳۰۴۴۴	۳۶۲۲۲	۵۷۷۸	۱۹
۸	مرکزی	۵	۴۷۲۶۰	۵۵۴۳۰	۸۱۷۰	۱۶
۹	همدان	۱	۴۳۰۰۰	۴۸۰۰۰	۵۰۰۰	۱۱/۶
	کل کشور	۴۲	۳۷۸۲۲	۴۳۹۰۶	۶۰۸۴	۱۸/۵

منابع

- ۸- آستارایی، علی رضا و عوض کوچکی (ترجمه) سوبارائو. ان. اس. (۱۳۷۵). کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار. جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد. مشهد. ایران.
 - ۹- بای بوردی، محمد، محمدجعفر ملکوتی، هرمز امیر مگری و مهدی نفیسی. (۱۳۷۹) تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار. نشر آموزش کشاورزی.
 - ۱۰- کوچکی، عوض (۵۳) زراعت چغندر قند، حبوبات، گیاهان صنعتی و گیاهان علوفه ای. جهاد دانشگاهی مشهد. تهران. ایران.
 - ۱۱- ملبویی، محمدعلی، پرویز اولیا و حمید مدنی. (۱۳۸۲). توصیف مشروح اختراع کودهای زیستی فسفات. گروه پژوهشی میکروبیولوژی کاربردی جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
 - ۱۲- ملکوتی، محمدجعفر و مهدی نفیسی (ترجمه) (۱۳۷۳). مصرف کود در اراضی زراعی دیم و فاریاب. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.
 - ۱۳- ملکوتی، محمدجعفر و محمد نبی غیبی. (۱۳۷۹). تعیین حد بحرانی عناصر غذایی در محصولات استراتژیک کشور، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
 - ۱۴- ملکوتی، محمدجعفر و مهدی همایی. (۱۳۷۳). حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک (مشکلات و راه حل ها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.
- ۸- Pal, Mahendra (2002) Basics of Agriculture. Jain Brothers. New Delhi, India.
- ۹- Rodriguez, H. and R. Fraga (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances. 17, 319-339.

ارایه شده در بیست نهمین سمینار سالانه قند و شکر ایران- مشهد- ۱۳۸۶

خبرنامه مرکز بررسی و تحقیق و آموزش صنایع قند ایران، سال هجدهم، شماره ۱۹۶.