



دانشگاه گوارزی منابع طبیعی گران

مجله پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد شانزدهم، شماره چهارم، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

تعیین عصاره‌گیر مناسب پتاسیم در یک خاک لسی با رس غالب ایلات و تأثیر ازتوباکتر و ورمی کمپوست بر غلظت و میزان پتاسیم قابل جذب و عملکرد گندم دیم

مریم سبطلی^۱، * سیدعلیرضا موحدی نائینی^۲، رضا قربانی نصرآبادی^۳،

قربانعلی روشنی^۴، قربان شهریار^۵ و منصور موحدی^۶

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲دانشیار گروه خاکشناسی،
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳مربی گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
^۴استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان، ^۵استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور،
^۶مربی گروه فیزیک، دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۸۶/۶/۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۲

چکیده

اثر ازتوباکتر کروکوکوم (سویه *Ag011*) و کود آلی ورمی کمپوست و اثر توام آنها بر عملکرد و رشد گندم رقم زاگرس به صورت دیم در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در مزرعه بررسی شد. میزان عملکرد ماده خشک گیاه و اجزای عملکرد در مرحله برداشت، میزان تنفس میکروبی و شمارش باکتری ازتوباکتر در خاک و درصد رطوبت خاک به روش وزنی در ۵ مرحله رشد گیاه گندم مورد بررسی قرار گرفت. در خاک ازت نیترا ته و آمونیومی، پتاسیم، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس، منگنز، کادمیم در دو مرحله رشد گیاه گندم یعنی مراحل قبل خوشه‌دهی و برداشت گندم اندازه‌گیری شدند. ازت کل، پتاسیم، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس و منگنز، برای یافت گیاه در دو مرحله و در نمونه ورمی کمپوست مصرفی اندازه‌گیری شدند. حداکثر عملکرد خشک در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز دانه و کاه و کلش در مرحله برداشت گندم از طریق افزایش تعداد خوشه در واحد سطح با تیمارهای حاوی ازتوباکتر حاصل شد. ازتوباکتر با افزایش تراکم ریشه در ریزوسفر موجب

* مسئول مکاتبه: salirezam@yahoo.com

افزایش قابلیت استفاده از پتاسیم و افزایش عملکرد گردید. ورمی کمپوست نیز موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد گردید. علاوه بر همبستگی بسیار پایین با جذب پتاسیم توسط گیاه در این خاک با رس غالب ایلات، مقادیر بالایی از پتاسیم با استات آمونیوم عصاره‌گیری و پتاسیم قابل استفاده خاک بسیار بالا برآورد می‌شود که اغواکننده است. همبستگی بسیار بالایی بین جذب پتاسیم و عملکرد گندم و پتاسیم عصاره‌گیری شده با تترافنیل بران سدیم به‌دست آمد که بیانگر تناسب این عصاره‌گیر در این خاک است. هیچ‌یک از تیمارها از جمله تیمارهای اختلاط ورمی کمپوست با خاک تأثیری بر افزایش رطوبت خاک نداشتند.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، ورمی کمپوست، پتاسیم قابل جذب گیاه، عصاره‌گیرهای پتاسیم، گندم

مقدمه

استفاده از میکروارگانیسم‌های خاک‌زی به‌منظور افزایش محصول، بالا بردن کیفیت تولیدات کشاورزی و کنترل بیماری‌های گیاهی می‌باشد. در این میان باکتری ازتوباکتر به‌عنوان یک کود بیولوژیک سهم مهمی را در افزایش محصول ایفاء می‌کند. این باکتری قادر است با تولید مواد محرک رشد از جمله اکسین باعث بهبود و افزایش رشد گیاه شود. گزارش‌های محققان نشان داده است که به‌رغم توان تثبیت ازت باکتری‌های ازتوباکتر، افزایش محصول در گیاهان تلقیح شده ممکن است ناشی از توانایی تولید هورمون در این باکتری‌ها باشد (رجایی و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین ازتوباکتر قادر به سنتز ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و تولید هورمون‌های محرک رشد است. هورمون‌های رشد، تراکم ریشه و ریشه‌های موئین را زیاد کرده و از این طریق بر جذب بیشتر عناصر غذایی به‌خصوص عناصر ماکرو مانند فسفر و پتاسیم اثر می‌گذارد (بروگتون و اولر، ۱۹۸۶). طول، تعداد و رشد ریشه‌ها و عملکرد دانه گندم با تلقیح ازتوباکتر به بذر افزایش می‌یابد (وانی و همکاران، ۱۹۸۸).

استفاده از مواد آلی به‌علت تأثیرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و حاصل‌خیزی خاک دارند، یکی از ارکان مهم باروری خاک به‌حساب می‌آیند. این در حالی است که بیش از ۶۰ درصد خاک‌های ایران کمتر از ۱ درصد ماده آلی دارند. یک راه‌حل برای افزایش مقدار مواد آلی خاک‌های زراعی کشور، استفاده از کودهای آلی، از قبیل کود حیوانی، کود سبز و ورمی کمپوست می‌باشد (آجودان‌زاده و همکاران، ۱۹۹۹). ورمی کمپوست با توجه به مواد آلی که دارد،

محل مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌های خاک‌زی بوده و در این راستا نقش مهمی را در بهبود ساختمان و سایر خصوصیات خاک ایفا می‌کند (بای‌وردی و ملکوتی، ۱۹۹۹). مواد آلی حاوی مقادیر بالایی پتاسیم می‌باشند که با تجزیه قابل استفاده گیاه می‌باشد. اگرچه پتاسیم در ترکیب هیچ‌یک از اجزاء آلی سلولی وجود ندارد دارای نقش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی است. مثلاً در ساخت پروتئین، به مقدار بسیار زیادی جهت فعال کردن بسیاری از آنزیم‌ها و خثی کردن آنیون‌ها و گروه‌های آنیونی ملکول‌های آلی بزرگ‌تر در مقدار بسیار زیاد مورد نیاز است و به این ترتیب نقش عمده‌ای در پتانسیل اسمزی دارد. چون در انتقال ترکیب‌های حاصل از فتوسنتز در برگ‌ها نقش دارد به‌طور غیرمستقیم کنترل‌کننده میزان فتوسنتز است (راسل، ۱۹۷۳). مصرف پتاسیم میزان مقاومت به خشکی و عملکرد دانه گندم در محیط‌های کم آب را افزایش داده و عملاً تأثیر منفی کمبود رطوبت در کاهش عملکرد دانه را تا حدی تعدیل می‌نماید (ملکوتی و همکاران، ۲۰۰۵).

نکته قابل توجه دیگر تثبیت کود پتاسیم در خاک‌هایی با رس غالب ایالات است. تثبیت پتاسیم در حقیقت به تله افتادن یون این عنصر در بین لایه‌های رسی است. این پدیده در تمام رس‌ها به یک اندازه تحقق نیافته بلکه در بعضی از گونه‌های دو به یک رخ داده و در ایالات به حداکثر می‌رسد. یون‌های پتاسیم، آمونیوم، روبیدیوم و سزیم که قطری نزدیک به $2/8$ آنگستروم دارند، می‌توانند به آسانی تثبیت شوند (بولت و بروکنورت، ۱۹۷۶).

تاکنون روش مناسبی برای عصاره‌گیری پتاسیم قابل استفاده خاک در این منطقه که رس غالب آن ایالات است ارایه نشده است و از استات آمونیوم استفاده می‌شود که همبستگی پایینی با پتاسیم قابل جذب دارد بنابراین لازم است که یک عصاره‌گیر مناسب برای این خاک‌ها برای تعیین پتاسیم قابل جذب خاک که همبستگی بالایی با عملکرد و جذب پتاسیم به‌وسیله گیاه دارد انتخاب شود. تترا فنیل بران سدیم میزان پتاسیم قابل جذب ریشه‌ها را اندازه‌گیری می‌کند و در بسیاری از خاک‌ها برآورد پتاسیم به این روش با پتاسیم قابل جذب گیاه همبستگی دارد (کاکس و همکاران، ۱۹۹۶). اهداف این تحقیق عبارتند از:

- برآورد میزان تأثیر ورمی کمپوست و ازتوباکتر بر تأمین مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گندم در محل آزمایش یعنی پتاسیم
- روش مناسب عصاره‌گیری از پتاسیم خاک برای تعیین میزان قابلیت استفاده از آن

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با ۱۳ تیمار و در ۳ تکرار طی سال زراعی ۸۵-۸۴ در اراضی زراعی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در طول جغرافیایی ۵۴ و ۳۰ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ و ۴۵ درجه شمالی اجرا گردید. خاک مزرعه تپیک هپلوزرالز^۱ طبقه‌بندی شده و جزء سری رحمت‌آباد است. پس از انتخاب قطعه زمین مورد نظر در اراضی دانشکده پردیس و انجام شخم و دیسک در تاریخ ۸۴/۹/۷ یک نمونه خاک مرکب از عمق ۳۰ سانتی متری تهیه و آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی بر روی آن انجام شد. همچنین آزمایش‌های شیمیایی بر روی ورمی‌کمپوست استفاده شده در این پژوهش صورت گرفت. ورمی‌کمپوست استفاده شده در این آزمایش حاصل بقایای گندم بود که در اثر فعالیت کرم خاکی در بستر کاه و کلش گندم به وجود آمده بود. خاک مزرعه در سال قبل از انجام این پژوهش زیر کشت گوجه‌فرنگی بود.

تیمارهای آزمایشی شامل تیمار کود میکرو (N, Fe, Zn, Mn) + N، ورمی‌کمپوست + N، ورمی‌کمپوست، کود مخلوط (NPK, Fe, Zn, Mn)، ورمی‌کمپوست + کود مخلوط، ازتوباکتر + N، کود مخلوط + ورمی‌کمپوست + ازتوباکتر، ازتوباکتر + کود مخلوط، ازتوباکتر + ورمی‌کمپوست + N، ازتوباکتر، ورمی‌کمپوست + ازتوباکتر و شاهد بود. قبل از کشت بذر در تاریخ ۸۴/۹/۲۱، اختلاط ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی با دیسک تا عمق ریشه گندم حدود ۲۰ سانتی متر صورت گرفت. میزان ورمی‌کمپوست به کار برده شده در کرت‌های آزمایش که در آنها ورمی‌کمپوست به کار برده شده بود به میزان ۵ تن در هکتار براساس وزن خشک بود که معادل ۱۰/۵ کیلوگرم در هر کرت آزمایشی بود. طول هر کرت آزمایشی ۵ متر و عرض آن ۳ متر در نظر گرفته شد. در تاریخ ۸۴/۹/۲۱ گندم رقم زاگرس در کرت‌های آزمایشی کشت گردید. فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی متر و فاصله بین بذرها در ردیف ۱/۵ سانتی متر و مقدار بذر مصرفی معادل ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بود (معادل ۳۳۳ بوته در مترمربع). بذور قبل از کاشت به قارچ‌کش کاربوکسین تیرام آغشته شد. در تیمارهایی که ازتوباکتر به کار برده شده بود تلقیح بذر با ازتوباکتر به میزان ۳ کیلوگرم در هکتار انجام شد که ابتدا بذر مصرفی با محلول ۲۰ درصد شکر آغشته گردید و سپس در یک محفظه گردان با ازتوباکتر گردانده شد تا بذرها کاملاً پوشش داده شود. ازتوباکتر استفاده شده از گونه ازتوباکتر کروکوکوم و سویه *Ag011* بود

1. Typic Haploxerols

که از مرکز تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شد. کشت گندم به صورت دیم و علف‌های هرز از جمله شلمی و کنگر وحشی و پیچک به طریق دستی وجین شدند.

با توجه به نتایج آزمون خاک مزرعه زراعی پردیس (قطعه زمین آزمایشی) و توصیه کودی برای منطقه استان گلستان (ملکوتی و غیبی، ۱۹۹۷)، مقادیر مصرف کود برای تیمارهایی که کود شیمیایی در آنها مصرف شد، مشخص شدند. برای ازت، ۱۴۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مصرف گردید که $\frac{1}{3}$ آن موقع کاشت با خاک مخلوط شد و $\frac{2}{3}$ باقی مانده به صورت کود سرک بدون مخلوط کردن با خاک قبل از ساقه رفتن مصرف گردید. ۳۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل، ۳۵ کیلوگرم سولفات روی، ۳۵ کیلوگرم سولفات منگنز و ۵۰ کیلوگرم سولفات آهن در هر کرت به خاک به صورت پخش سطحی قبل از کشت به خاک اضافه شد و سپس به وسیله دیسک تا عمق ریشه گندم با خاک مخلوط گردید.

در طول دوره رشد در ۵ مرحله در تاریخ‌های ۱۱ بهمن (پنجه‌زنی)، ۱۶ فروردین (قبل خوشه‌دهی)، ۵ اردیبهشت (خوشه‌دهی)، ۲۹ اردیبهشت (خمیری شدن دانه) و ۲۵ خرداد (مرحله برداشت گندم) اقدام به نمونه‌برداری گیاه به صورت برش سطحی از سطح خاک و نمونه‌برداری از خاک اطراف ریشه صورت گرفت به این صورت که حین نمونه برداری از گیاه، خاک اطراف ریشه گیاه به داخل پلاستیک تکانه شده و حدود ۳ کیلوگرم خاک از هر کرت جمع‌آوری شد. این خاک جمع‌آوری شده مربوط به خاک ریشه یک ردیف گیاه در روی یک خط ۷۵ سانتی‌متری است. نمونه‌برداری در ۴ مرحله اول به صورت خطی انجام شد به این صورت که در هر مرحله در هر کرت، خطی از کشت به طور تصادفی انتخاب و سپس در آن خط حدود ۷۵ سانتی‌متر گیاه نمونه‌برداری شد که این طول خط کشت در حدود ۳۵ بوته گندم را شامل شد. در مرحله برداشت از هر کرت ۳ مترمربع نمونه گیاه برداشت شد که از این ۳ مترمربع در ۲۰ بوته به عنوان شاخص، تمام آزمایش‌های تجزیه گیاه روی آن انجام شد. همچنین در هر مرحله پس از تعیین وزن تر، نمونه‌های گیاه به آون ۷۰ درجه منتقل شد و پس از مدت کافی نمونه‌ها از آون خارج و وزن خشک آنها تعیین شد. در تمامی تاریخ‌های نمونه‌برداری، نمونه خاک برداشت شد و قبل از اندازه‌گیری درصد رطوبت وزنی و انتقال خاک به آون، تنفس میکروبی به روش تصاعدی اکسیدکربن و شمارش باکتری ازتوباکتر به روش شمارش کلونی‌های ازتوباکتر انجام شد که کلونی‌های ازتوباکتر حالت شفاف، لعابی و چسبنده داشتند.

در مرحله آخر پس از جدا کردن دانه‌ها میزان عملکرد دانه و اجزا عملکرد شامل تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، تعداد خوشه در مترمربع، طول خوشه، طول ساقه و عملکرد کاه و کلش تعیین شد. از هر کرت آزمایشی ۲۰ بوته تصادفی انتخاب شد و پس از خشک کردن، دانه و کاه و کلش در آون آسیاب و پس از هضم با اسید کلریدریک دو مولار، مقدار ازت کل هر یک با دستگاه کجلتک، فسفر کل با دستگاه اسپکتروفوتومتر، پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس و منگنز قرائت با دستگاه جذب اتمی تعیین گردیدند (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹؛ چاپمن و پرات، ۱۹۶۱؛ جکسون، ۱۹۶۷؛ پرکین، ۱۹۸۲). در مرحله قبل خوشه‌دهی به علت این که بین تعداد شمارش باکتری ازتوباکتر و تنفس میکروبی با عملکرد همبستگی مثبت وجود داشت نمونه‌های گیاه که برای اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک جدا شده بود، ۴ برگ بالایی آنها جدا و میزان ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس و منگنز برگ به روش‌های بالا تعیین شد.

در دو مرحله قبل خوشه‌دهی و مرحله برداشت، نمونه خاک ریزوسفری که از اطراف ریشه گیاه حین نمونه‌برداری از گیاه گرفته شده بود، برای اندازه‌گیری عناصر مختلف به روش‌های زیر تجزیه شد. ازت نیتراته و آمونیومی با روش عصاره‌گیری با کلرور پتاسیم دو مولار و سپس به روش تقطیر و فسفر قابل جذب به روش اولسن (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲) اندازه‌گیری شدند. پتاسیم قابل جذب به روش‌های عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲)، نترات آمونیوم یک نرمال (هاولین و همکاران، ۲۰۰۵)، کلرید کلسیم ۰/۰۲ نرمال، مخلوط الکل (حاوی ۵۴۴/۳۲ گرم استات سدیم دارای سه آب مولکولی + ۵۸/۴۴ گرم کلرور سدیم + ۶ لیتر اتانول که با آب مقطر به حجم ۱۰ لیتر رسانده شد) (پولمیو و رودس، ۱۹۷۶) و تترا فینیل بران سدیم (۰/۲ مولار تترا فینیل بران سدیم + ۱/۷ مولار کلرید کلسیم و ۰/۰۱ مولار EDTA) (کاکس، ۱۹۹۶) اندازه‌گیری گردید. کلسیم و منیزیم محلول و تبدلی با استفاده از روش کمپلکسومتری (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲)، آهن، روی، مس، منگنز و کادمیم به روش عصاره‌گیری با محلول DTPA (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲) در خاک تجزیه شدند. برای اندازه‌گیری ازت نیتراته و آمونیومی خاک، شمارش باکتری ازتوباکتر و تنفس میکروبی در خاک، نمونه‌های برداشت شده بدون خشک کردن بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و آزمایش‌های لازم روی آن انجام شد. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و روش آماری ANOVA و همبستگی بین داده‌ها تجزیه گردید (SAS، ۱۹۸۹).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه مرکب خاک قبل از کشت گندم نشان می‌دهد که بافت خاک لومی رسی سیلتی می‌باشد. غلظت پتاسیم قابل جذب خاک ۵۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که این مقدار در حد خیلی زیاد (محدوده، > ۴۰ ، $۸۰-۴۱$ ، $۱۲۰-۸۱$ ، $۱۶۰-۱۲۱$ و بیشتر از ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل جذب خاک به ترتیب بیانگر مقادیر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌باشد)، فسفر قابل جذب خاک ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در حد متوسط (محدوده > ۳ ، $۷-۴$ ، $۱۱-۸$ ، $۲۰-۱۲$ و < ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب خاک که به ترتیب بیانگر مقادیر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌باشد) و ازت خاک در حد زیاد قرار دارد (هولین و همکاران ۲۰۰۵). هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک $۰/۷۹$ دسی‌زیمنس بر متر بوده و واکنش گل اشباع $۷/۶۴$ در حد خنثی قرار دارد. نتایج حاصل از تجزیه ورمی‌کمپوست نشان می‌دهد که غلظت فسفر قابل جذب در حد خیلی زیاد، پتاسیم قابل جذب در حد کم و ازت کل آن در حد متوسط قرار دارد. هدایت الکتریکی آن $۳/۶$ دسی‌زیمنس بر متر بوده و واکنش آن $۷/۶۶$ در حدود خنثی است. میزان کلسیم و منیزیم در خاک به ترتیب برابر $۳/۶$ و ۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد. مقدار آهن قابل جذب در خاک ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم نسبتاً کم، مس قابل جذب ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در حد خیلی زیاد، روی قابل جذب $۰/۳$ میلی‌گرم در کیلوگرم در حد خیلی کم و منگنز قابل جذب $۱/۵$ میلی‌گرم در کیلوگرم در حد زیاد می‌باشند (رنج $۰-۲/۵$ ، $۴/۵-۲/۵$ و $> ۴/۵$ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برای آهن، رنج $۰-۰/۵$ ، $۱-۰/۶$ و > ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برای روی، رنج < ۱ و > ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برای منگنز و رنج $۰-۰/۴$ ، $۰/۶-۰/۴$ و $> ۰/۶$ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برای مس به ترتیب کم، نسبتاً کم و زیاد می‌باشند (هولین و همکاران، ۲۰۰۵).

ورمی‌کمپوست استفاده شده در این آزمایش حاصل بقایای گندم بود که در اثر فعالیت کرم‌خاکی در بستر کاه و کلش گندم به وجود آمده بود. نتایج آزمایش کانی‌شناسی نشان می‌دهد که کانی غالب این خاک میکا (ایلاتیت) می‌باشد و پس از آن کلرایت، اسمکتایت و کائولینایت قرار دارند. مقایسه تیمارهای کود میکرو + N، کود مخلوط (حاوی کود میکرو و N، P، K) و تیمار شاهد برای عملکرد دانه و کاه و کلش (جدول ۱) نشان می‌دهد که چون کود میکرو + N بر افزایش عملکرد نسبت به شاهد مؤثر نبوده است یکی از دو عنصر P یا K با تیمار کود مخلوط بر افزایش عملکرد مؤثر بوده‌اند. همبستگی بین غلظت نیترات موجود در خاک در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد دانه

(۱۴ درصد و $P > 0/05$) و عملکرد کاه (۱۰ درصد و $P > 0/05$) قابل توجه نبود. این همبستگی بین غلظت نیترات در مرحله برداشت گیاه با عملکرد دانه (منفی ۳۲ درصد و $P > 0/05$) و کاه نیز معنی‌دار نبود (منفی ۴۰ درصد و $P > 0/05$). همبستگی بین غلظت آمونیوم و عملکرد دانه و کاه در دو مرحله نیز قابل توجه نبود.

جدول ۱- عملکرد دانه و کاه و کلش و عملکرد گیاه در مرحله قبل خوشه‌دهی (کیلوگرم در هکتار).

تیمارها	عملکرد دانه	عملکرد کاه و کلش	عملکرد گیاه مرحله قبل خوشه‌دهی
کود میکرو N+(Fe, Zn, Mn)	۲۴۰۸/۸ ^{fg}	۵۳۷۹/۳ ^{fg}	۳۵۹۲/۷ ^d
ورمی کمپوست + N	۲۹۵۲/۳ ^e	۵۸۳۷/۷ ^{efg}	۳۳۷۸/۳ ^d
N	۲۷۴۰/۹ ^{ef}	۴۹۰۸/۷ ^g	۳۳۹۹ ^d
ورمی کمپوست	۲۹۸۳/۵ ^e	۶۰۰۰/۳ ^{def}	۳۴۵۶/۳ ^d
کود مخلوط (NPK, Fe, Zn, Mn)	۳۴۵۴/۲ ^{cd}	۶۱۵۷/۱ ^{cdef}	۳۴۹۱/۷ ^d
ورمی کمپوست + کود مخلوط	۳۵۷۷/۶ ^{cd}	۶۷۱۰/۹ ^{cde}	۳۸۰۲ ^{cd}
ازتوباکتر + N	۴۱۷۰ ^b	۶۷۷۶ ^{cd}	۳۸۰۹/۳ ^{cd}
کود مخلوط + ورمی کمپوست + ازتوباکتر	۳۷۴۷/۷ ^c	۶۷۳۶/۱ ^{cde}	۴۲۶۷/۷ ^{bc}
ازتوباکتر + کود مخلوط	۴۹۳۶/۴ ^a	۹۰۳۳ ^a	۳۴۷۵/۷ ^d
ازتوباکتر + ورمی کمپوست + N	۳۳۸۸/۷ ^{cd}	۷۰۱۶ ^{bc}	۵۰۶۳ ^a
ازتوباکتر	۳۶۵۹/۴ ^{cd}	۷۸۲۳/۴ ^b	۴۵۳۳ ^b
ورمی کمپوست + ازتوباکتر	۴۴۹۷/۷ ^b	۹۱۸۳/۴ ^a	۵۰۸۲ ^a
شاهد	۲۱۹۹/۶ ^g	۵۴۲۵/۵ ^{fg}	۱۹۱۶/۳ ^e

میانگین‌ها در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشابه هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار ندارند.

چون همبستگی فسفر خاک در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد دانه (۳۵ درصد و $P > 0/01$) و جذب (منفی ۵ درصد و $P > 0/05$) و غلظت فسفر در مرحله برداشت با عملکرد دانه (۱۰ درصد و $P > 0/05$) و جذب (۲۲ درصد و $P > 0/05$) غیرقابل توجه می‌باشند احتمالاً فقط کود پتاسیم موجود در کود مخلوط بر افزایش عملکرد دانه مؤثر بوده است. در مقام مقایسه، همبستگی پتاسیم خاک با عصاره‌گیر تترا فنیل بران سدیم در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد دانه (۷۱ درصد و $P > 0/01$) و جذب (۷۵ درصد و $P > 0/01$) و غلظت پتاسیم در مرحله برداشت با عملکرد دانه (۷۲ درصد و

$P > 0/01$) و جذب (۷۵ درصد و $P > 0/01$) کاملاً قابل توجه می‌باشند (برای رعایت اختصار جداول همبستگی ارائه نشده‌اند).

همبستگی فسفر خاک در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد کاه (۳۲ درصد و $P < 0/01$) و جذب (۲۸ درصد و $P > 0/05$) و غلظت فسفر در مرحله برداشت با عملکرد کاه (۲۶ درصد و $P > 0/05$) و جذب (۱۵ درصد و $P > 0/05$) غیرقابل توجه می‌باشند. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که همبستگی پتاسیم خاک با تترافیل بران سدیم در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد کاه (۶۱ درصد و $P < 0/01$) و جذب (۴۳ درصد و $P < 0/01$) و غلظت پتاسیم در مرحله برداشت با عملکرد کاه (۶۸ درصد و $P < 0/01$) و جذب (۷۰ درصد و $P < 0/01$) کاملاً قابل توجه می‌باشند. صرف‌نظر از پتاسیم، با مقایسه غلظت عناصر نیترات، آمونیوم، فسفر، کلسیم، منیزیوم، آهن، روی، مس و منگنز در مرحله قبل خوشه‌دهی در خاک، بیشترین همبستگی با عملکرد دانه (۴۴ درصد و $P < 0/01$) و کاه (۲۷ درصد و $P > 0/05$) با عنصر روی ملاحظه شد و در مرحله برداشت بیشترین همبستگی با عملکرد دانه (۱۴ درصد و $P > 0/05$) با عنصر روی و با عملکرد کاه (۲۶ درصد و $P > 0/05$) با فسفر بود که از همبستگی‌های یاد شده با پتاسیم خیلی کمتر است. مطالعه نسبت مولی پتاسیم به کلسیم و منیزیوم در خاک و گیاه (بخش هوایی و در مرحله برداشت، دانه و کاه)، در مراحل قبل خوشه‌دهی و مرحله برداشت نشان داد که این نسبت تعیین‌کننده عملکرد نمی‌باشد (برای رعایت اختصار جداول همبستگی ارائه نشده‌اند).

بنابراین فقط کود پتاسیم موجود در کود مخلوط بر افزایش عملکرد کاه مؤثر بوده است. براساس سابقه تحقیق در خاک محل آزمایش، غلظت فسفر این خاک‌ها بر عملکرد گندم مؤثر نیست (فائزینیا، ۲۰۰۴؛ امینی، ۲۰۰۷). احتمالاً افزایش جزئی عملکرد دانه با تیمار N نسبت به شاهد (جدول ۱)، اثر کود از ته به صورت یک کود استارتر است که با افزایش رشد اولیه گیاه و ریشه در مراحل قبل از خوشه‌دهی و افزایش جذب عنصر محدودکننده رشد گیاه (پتاسیم) موجب افزایش عملکرد می‌گردد. بنابراین تیمار کود مخلوط از طریق ارائه پتاسیم در معیت اوره موجب افزایش عملکرد شده است. آمونیوم حاصل از اوره موجب کاهش سرعت تثبیت پتاسیم با ایلات می‌شود (امینی، ۲۰۰۷). براساس پژوهش‌های امینی (۲۰۰۷) در محل آزمایش، تیمار N+K+P (تیماری مشابه با تیمار کود مخلوط در این پژوهش)، نسبت به تیمار N+K موجب کاهش عملکرد گندم شده است. بنابراین احتمالاً کلسیم همراه کود سوپرفسفات، موجب کاهش نسبت K/Ca در محلول خاک و کاهش جذب ریشه‌ای K

می‌گردد. در صورتی که به‌جای کود مخلوط از N+K استفاده شده بود، انتظار افزایش عملکرد بیشتری نسبت به تیمار کود مخلوط وجود داشت.

اختلاف ورمی‌کمپوست با خاک موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید (جدول ۱). معمولاً استفاده از کمپوست به‌صورت مالچ موجب افزایش عملکرد بیشتری نسبت به شاهد شده است (موحدی و کوک، ۲۰۰۰؛ جودی، ۲۰۰۴). شاید پتاسیم آزاد شده از مالچ در معرض تثبیت کمتری نسبت به اختلاط کمپوست با خاک قرار داشته باشد (امینی، ۲۰۰۷). در این پژوهش بیش‌ترین عملکرد دانه و کاه با تیمار ورمی‌کمپوست + ازتوباکتر و ازتوباکتر + کود مخلوط حاصل گردید. عملکرد دانه و کاه با ورمی‌کمپوست + ازتوباکتر + N و ازتوباکتر + ورمی‌کمپوست + کود مخلوط نسبت به دو تیمار یاد شده کمتر بود که شاید به‌دلیل تأثیر مضاعف کود ازته اضافه شده با این تیمارها بر کاهش فعالیت ازتوباکتر از نوع استرین اضافه شده، باشد. ورمی‌کمپوست این کودها خود حاوی ازت است.

در تیمارهایی که بیش‌ترین عملکرد را داشته‌اند مقدار جذب K نیز افزایش یافته به‌طوری‌که بیش‌ترین همبستگی بین جذب عناصر و عملکرد دانه با عنصر غذایی پتاسیم دیده می‌شود (۹۳ درصد و $P < 0/01$). بیش‌ترین جذب پتاسیم در دانه و کاه (کیلوگرم بر هکتار) نسبت به سایر تیمارها نیز با همین دو تیمار صورت گرفته است (جهت رعایت اختصار، جداول اطلاعات ارایه نشده‌اند). مقدار پتاسیم قابل جذب گیاه در خاک با استات آمونیوم (۵۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اغواکننده می‌باشد زیرا این مقدار پتاسیم خیلی زیاد (بیش از ۱۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) ارزیابی می‌گردد در صورتی‌که مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گندم، پتاسیم است.

همبستگی زیادی بین عملکرد دانه با تعداد خوشه در مترمربع (۸۴ درصد و $P < 0/01$) و عملکرد کاه و کلش (۷۹ درصد و $P < 0/01$) وجود دارد. همبستگی عملکرد دانه با وزن هزاردانه ۳۳ درصد ($P < 0/01$)، تعداد دانه در سنبله ۴۱ درصد ($P < 0/01$)، طول خوشه ۷۳ درصد ($P < 0/01$)، طول ساقه ۷۳ درصد ($P < 0/01$) و عملکرد کاه ۸۰ درصد ($P < 0/01$) بود. همبستگی عملکرد کاه با وزن هزاردانه ۲۰ درصد ($P > 0/05$)، تعداد دانه در سنبله ۲۷ درصد ($P > 0/05$)، طول خوشه ۶۱ درصد ($P < 0/01$) و طول ساقه ۵۱ درصد ($P > 0/05$) بود. به‌نظر می‌رسد میزان عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش بیشتر تحت تأثیر تعداد خوشه در مترمربع بوده است و بنابراین تیمارهایی که بر افزایش عملکرد مؤثر بوده‌اند موجب افزایش تعداد خوشه گندم در واحد سطح شده‌اند. بنابراین این تیمارها به‌طور عمده در مرحله

خوشه‌دهی اثر خود را القاء کرده‌اند. رفع کمبود مهم‌ترین عامل محدودکننده در مرحله خوشه‌دهی موجب افزایش تعداد خوشه در واحد سطح شده است.

همبستگی بالایی بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر تترا فینیل بران سدیم و عملکرد دانه (۷۱ درصد و $P < 0/01$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (۷۲ درصد و $P < 0/01$) و عملکرد کاه (۶۱ درصد و $P < 0/01$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۷۰ درصد و $P < 0/01$) در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز با عملکرد دانه (۷۲ درصد و $P < 0/01$) و برداشت پتاسیم توسط دانه (۷۵ درصد و $P < 0/01$) و عملکرد کاه (۶۸ درصد و $P < 0/01$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۷۰ درصد و $P < 0/01$) در مرحله برداشت نشان می‌دهد که عصاره‌گیر تترا فینیل بران سدیم، عصاره‌گیر مناسبی برای خاک لسی محل مطالعه است.

همبستگی بالایی بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر تترا فینیل بران سدیم در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد قسمت هوایی (۶۱ درصد و $P < 0/01$) ملاحظه می‌گردد. بین تعداد خوشه در واحد سطح و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر تترا فینیل بران سدیم در مرحله قبل خوشه‌دهی (۷۴ درصد و $P < 0/01$) و مرحله برداشت (۶۹ درصد و $P < 0/01$) نیز همبستگی بالایی وجود دارد.

همبستگی ضعیف بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر استات آمونیوم با عملکرد دانه (۲۰ درصد و $P < 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (۳۶ درصد و $P < 0/05$) و عملکرد کاه (۲۱ درصد و $P < 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۲۴ درصد و $P < 0/05$) در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز با عملکرد دانه (۲۴- درصد و $P < 0/05$) و برداشت پتاسیم توسط دانه (۱۷- درصد و $P < 0/05$) و عملکرد کاه (۵- درصد و $P < 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۴- درصد و $P < 0/05$) در مرحله برداشت نشان می‌دهد که عصاره‌گیر استات آمونیوم عصاره‌گیر مناسبی برای خاک لسی محل مطالعه نیست.

همبستگی بالایی بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر استات آمونیوم در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد قسمت هوایی (۵۱ درصد و $P < 0/01$) ملاحظه نمی‌گردد. بین تعداد خوشه در واحد سطح و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر استات آمونیوم در مرحله قبل خوشه‌دهی (۳۱ درصد و $P < 0/05$) و مرحله برداشت (منفی ۱۲ درصد و $P < 0/05$) نیز همبستگی بالایی وجود ندارد.

همبستگی ضعیف بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر مخلوط الکل با عملکرد دانه (۱۰ درصد و $P < 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (۲- درصد و $P < 0/05$) و عملکرد کاه (۱ درصد و $P < 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۸- درصد و $P < 0/05$) در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز با

عملکرد دانه (۲۱ درصد و $P > 0/05$) و برداشت پتاسیم توسط دانه (۳۱ درصد و $P < 0/05$) و عملکرد کاه (۴۶ درصد و $P < 0/01$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۴۵ درصد و $P < 0/01$) در مرحله برداشت نشان می‌دهد که عصاره‌گیر مخلوط الکل عصاره‌گیر مناسبی برای خاک لسی محل مطالعه نیست.

همبستگی بالایی بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر مخلوط الکل در مرحله قبل خوشه‌دهی و عملکرد قسمت هوایی (۲۷ درصد و $P > 0/05$) ملاحظه نمی‌گردد. بین تعداد خوشه در واحد سطح و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر مخلوط الکل در مرحله قبل خوشه‌دهی (۱۰ درصد و $P > 0/05$) و مرحله برداشت (۲۷ درصد و $P > 0/05$) نیز همبستگی بالایی وجود ندارد.

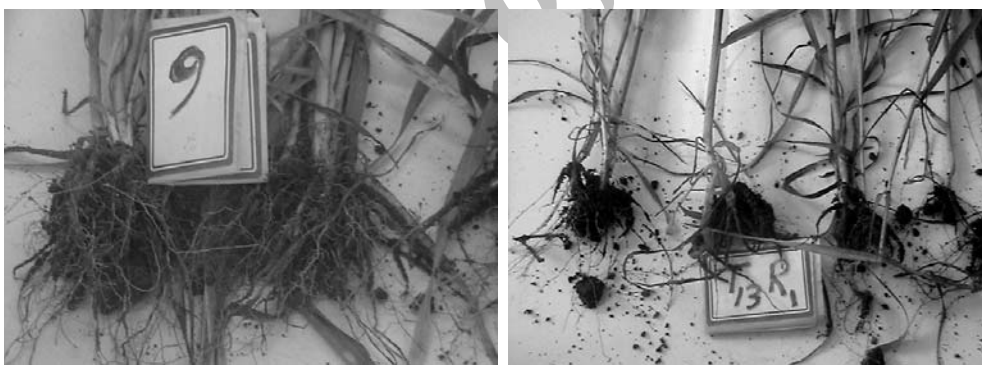
همبستگی ضعیف بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر نیترات آمونیوم و عملکرد دانه (۳ درصد و $P > 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (۱ درصد و $P > 0/05$) و عملکرد کاه (۸ درصد و $P > 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۱۴ درصد و $P > 0/05$) در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز با عملکرد دانه (۱ درصد و $P > 0/05$) و برداشت پتاسیم توسط دانه (۳ درصد و $P > 0/05$) و عملکرد کاه (۲۶ درصد و $P > 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۲۰ درصد و $P > 0/05$) در مرحله برداشت نشان می‌دهد که عصاره‌گیر نیترات آمونیوم عصاره‌گیر مناسبی برای خاک لسی محل مطالعه نیست.

همبستگی بالایی بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر نیترات آمونیوم در مرحله قبل خوشه‌دهی و عملکرد قسمت هوایی (۳۱ درصد و $P < 0/05$) ملاحظه نمی‌گردد. بین تعداد خوشه در واحد سطح و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر نیترات آمونیوم در مرحله قبل خوشه‌دهی (۱۷ درصد و $P > 0/05$) و مرحله برداشت (۱۳ درصد و $P > 0/05$) نیز همبستگی بالایی وجود ندارد.

همبستگی ضعیف بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر کلرید کلسیم با عملکرد دانه (۱ درصد و $P > 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (۱۱ درصد و $P > 0/05$) و عملکرد کاه (۲۴ درصد و $P > 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۲۲ درصد و $P > 0/05$) در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز با عملکرد دانه (۴ درصد و $P > 0/05$) و برداشت پتاسیم توسط دانه (۱۸ درصد و $P > 0/05$) و عملکرد کاه (۲۸ درصد و $P > 0/05$) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۳۴ درصد و $P < 0/05$) در مرحله برداشت نشان می‌دهد که عصاره‌گیر کلرید کلسیم عصاره‌گیر مناسبی برای خاک لسی محل مطالعه نیست.

همبستگی بالایی بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر کلرید کلسیم در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد قسمت هوایی (۲۴ درصد و $P > 0/05$) ملاحظه نمی‌گردد. بین تعداد خوشه در

واحد سطح و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر کلرید کلسیم در مرحله قبل خوشه‌دهی (۲۷ درصد و $P > 0.05$) و مرحله برداشت (۲۹ درصد و $P > 0.05$) نیز همبستگی بالایی وجود ندارد. با توجه به همبستگی بالا بین برداشت پتاسیم و غلظت پتاسیم در خاک با استفاده از عصاره‌گیر تترا فینیل بران سدیم، ازتوباکتر علاوه بر افزایش تراکم ریشه (شکل ۱) باعث افزایش غلظت پتاسیم قابل جذب خاک می‌گردد که ممکن است به دلیل افزایش غلظت یون هیدروژن هیدراته (هیدرونیوم) در محیط ریزوسفری باشد که با شعاع هیدراته مشابهی با پتاسیم هیدراته، موجب آزادسازی آن و یا کاهش جذب آن روی سطح رس‌ها گردیده است. ضریب انتخاب‌پذیری^۱ برای مبادله یون هیدرونیوم و پتاسیم هیدراته برابر واحد است. میکا با جذب یون هیدرونیوم و آزادسازی پتاسیم به میکای هیدراته تبدیل می‌شود بنابراین یون هیدروژن در خاک‌های با رس غالب ایلایت ممکن است در رهاسازی پتاسیم مؤثر باشد. چنان‌که در بالا یاد شد در مورد سایر عصاره‌گیرها همبستگی بالایی در این دو مرحله رشد گیاه گندم دیده نشد.



شکل ۱- مقایسه حجم و تراکم ریشه در دو تیمار شاهد (شکل سمت چپ) با تیمار ازتوباکتر + کود مخلوط (شکل سمت راست).

همان‌گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود تلقیح ازتوباکتر در مرحله قبل از خوشه‌دهی موجب افزایش تعداد ازتوباکتر خاک به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها گردیده است. در مراحل خمیری شدن دانه و برداشت، تعداد کل ازتوباکتر (مجموع ازتوباکتر بومی + تلقیح شده) با تیمار شاهد از سایر

1. Selectivity Coefficient

تیمارها کمتر بوده است. احتمالاً آسترین ازتوباکتر تلقیح شده، در تمام مراحل رشد در تیمارهای حاوی ازتوباکتر بیشتر بوده است.

در مرحله قبل خوشه‌دهی تعداد باکتری ازتوباکتر با تیمارهای حاوی ازتوباکتر بیشتر بود، بنابراین ازتوباکتر در رفع کمبود مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه، مؤثر بوده است. دلیل این‌که در مرحله آخر این همبستگی وجود ندارد این است که احتمالاً تعداد ازتوباکترهای غیرمفید کم شده‌اند و در نهایت مقدار کل ازتوباکتر که شامل ازتوباکترهای مفید (که بر رشد ریشه مؤثرند (مثل ازتوباکتر مصرفی)) و غیرمفید است برای تیمارهای مختلف در مراحل آخر رشد یکسان شده است. روند معنی‌داری از تنفس میکروبی (میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن بر گرم خاک بر روز) با تیمارهای ازتوباکتر، ورمی‌کمپوست و کود معدنی مشاهده نشد. هیچ‌یک از تیمارها از جمله تیمارهای اختلاط ورمی‌کمپوست با خاک تأثیری بر افزایش رطوبت حجمی خاک در اعماق نمونه‌برداری نداشتند. تأثیر مالچ بر کنترل تبخیر نسبت به اختلاط ورمی‌کمپوست با خاک بیشتر است (جودی، ۲۰۰۴؛ تابان و موحدی، ۲۰۰۶).

نتیجه‌گیری

استفاده از ازتوباکتر در خاک مورد مطالعه که از نوع لس با درصد بالای رس ایلایت است با افزایش تراکم ریشه موجب افزایش غلظت پتاسیم در ناحیه ریزوسفری و جذب این عنصر و افزایش تعداد خوشه در واحد سطح و عملکرد می‌گردد. ورمی‌کمپوست نیز موجب افزایش عملکرد معنی‌داری نسبت به شاهد شد ولی تأثیر آن از اثر ازتوباکتر بر افزایش عملکرد کمتر است. غلظت پتاسیم موجود در ورمی‌کمپوست نسبت به خاک بیشتر است که موجب افزایش غلظت آن در خاک می‌گردد. استفاده توأم ورمی‌کمپوست و ازتوباکتر موجب افزایش عملکرد بیشتری نسبت به اثر مجزای این کودها شد.

بیش‌ترین میزان عملکرد با تیمار کود مخلوط (Mn, Zn, Fe, K, P, N) + ازتوباکتر حاصل شد. با توجه به اثر نامطلوب کودهای سوپرفسفات (با بنیان کلسیم) بر جذب ریشه‌ای پتاسیم پیشنهاد می‌شود تأثیر کود، K+N + ازتوباکتر و نیز K+N + ازتوباکتر + کودهای فسفر با بنیانی غیر از کلسیم مثل آمونیوم که با پتاسیم برای جذب ریشه‌ای رقابت نمی‌کنند ولی برای جذب روی سطوح خاک با این عنصر رقابت می‌کنند در یک پژوهش جداگانه بررسی شود.

تیمار ازتوباکتر + N عملکرد بالایی را موجب شد که ممکن است میزان مناسب ازت این تیمار موجب افزایش تعداد ازتوباکتر از نوع آسترین القایی شده باشد.

چون مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گندم در محل آزمایش پتاسیم است بنابراین هر نوع تیمار کودی (معدنی، آلی و یا میکروبی)، مدیریت زراعی، مدیریت آبیاری و اصلاح خاک که موجب افزایش عملکرد گیاه گردد از طریق کاهش محدودیت جذب پتاسیم است. این مطلب بیانگر اهمیت تعیین عصاره‌گیر مناسب در پژوهش‌های کشاورزی است.

در آزمایش‌های معمول از استات آمونیوم برای عصاره‌گیری پتاسیم قابل استفاده خاک استفاده می‌شود. علاوه بر همبستگی بسیار پایین با جذب پتاسیم توسط گیاه، مقادیر بسیار بالایی از پتاسیم با استات آمونیوم عصاره‌گیری می‌شود که مقداری اغواکننده و بیش از مقدار کافی برای تولید صد درصد پتانسیل عملکرد است. همبستگی بسیار بالایی بین جذب پتاسیم و عملکرد گندم و پتاسیم عصاره‌گیری شده با تترا فینیل بران سدیم به دست آمد که بیانگر تناسب این عصاره‌گیر در خاک است. پیشنهاد می‌شود به منظور توصیه کودی حدود کفایت پتاسیم در خاک‌های لسی غیرشور توسط محققان با عصاره‌گیر تترا فینیل بران سدیم تعیین گردد.

جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد باکتری از توپاکتر در خاک مرطوب (معادل ۱۰ گرم خاک خشک) در مراحل پنجه‌زنی، قبل خوشه‌دهی، خوشه‌دهی، خمیری شدن دانه و برداشت گندم.

تیمار	پنجه‌زنی	قبل خوشه‌دهی	خوشه‌دهی	خمیری شدن دانه	برداشت
کود میکرو N+(Fe, Zn, Mn)	۳۶۶۶۶ ^c	۲۵۶۶۶۶ ^c	۲۷۰۰۰۰ ^f	۳۶۰۰۰۰ ^{de}	۲۷۶۶۶۶ ^{cd}
ورمی کمپوست + N	۳۹۰۰۰۰ ^b	۲۵۳۳۳۳ ^e	۳۱۶۶۶۶ ^{cde}	۳۷۰۰۰۰ ^d	۳۴۰۰۰۰ ^b
N	۳۱۶۶۶۶ ^{de}	۲۹۶۶۶۶ ^{de}	۳۲۶۶۶۶ ^{bcd}	۲۵۳۳۳۳ ^f	۲۶۰۰۰۰ ^{de}
ورمی کمپوست	۲۶۳۳۳۳ ^g	۳۱۰۰۰۰ ^{de}	۳۶۰۰۰۰ ^{ab}	۳۵۳۳۳۳ ^{de}	۲۷۳۳۳۳ ^{cd}
کود مخلوط (NPK, Fe, Zn, Mn)	۲۹۶۶۶۶ ^f	۴۰۳۳۳۳ ^c	۳۶۰۰۰۰ ^{ab}	۳۸۳۳۳۳ ^{cd}	۲۵۶۶۶۶ ^{de}
ورمی کمپوست + کود مخلوط	۴۲۳۳۳۳ ^a	۳۷۰۰۰۰ ^{cd}	۳۸۶۶۶۶ ^a	۳۷۶۶۶۶ ^d	۲۸۳۳۳۳ ^c
از توپاکتر + N	۳۰۳۳۳۳ ^{ef}	۲۵۶۶۶۶ ^{ab}	۲۹۰۰۰۰ ^{ef}	۵۹۰۰۰۰ ^b	۲۵۶۶۶۶ ^{de}
کود مخلوط	۲۶۰۰۰۰ ^g	۲۵۶۶۶۶ ^{ab}	۳۳۳۳۳۳ ^{bcd}	۵۷۰۰۰۰ ^b	۲۸۶۶۶۶ ^c
+ورمی کمپوست + از توپاکتر	۴۱۰۰۰۰ ^a	۲۵۳۳۳۳ ^b	۳۴۳۳۳۳ ^{bc}	۴۲۳۳۳۳ ^c	۲۶۶۶۶۶ ^{cde}
از توپاکتر + کود مخلوط	۳۱۶۶۶۶ ^{de}	۲۵۰۰۰۰ ^b	۳۳۶۶۶۶ ^{bc}	۷۱۶۶۶۶ ^a	۲۶۶۶۶۶ ^{cde}
از توپاکتر + ورمی کمپوست + N	۲۵۳۳۳۳ ^g	۲۶۳۳۳۳ ^a	۲۹۳۳۳۳ ^{def}	۳۲۶۶۶۶ ^e	۳۶۶۶۶۶ ^a
از توپاکتر	۳۲۳۳۳۳ ^d	۲۵۳۳۳۳ ^b	۳۲۶۶۶۶ ^{bcd}	۲۸۳۳۳۳ ^f	۲۷۰۰۰۰ ^{cde}
ورمی کمپوست + از توپاکتر	۲۵۶۶۶۶ ^g	۲۷۰۰۰۰ ^e	۲۸۶۶۶۶ ^{ef}	۲۵۶۶۶۶ ^f	۲۵۰۰۰۰ ^e
شاهد					

میانگین‌ها در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشابه هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی دار ندارند.

منابع

1. Ajuodanzadeh, M., Glchin, A., and Lameei Harawani, J. 1999. The effects of organic matter quality and quantity and mineral nitrogen levels and their interaction effects on potato yield. 6th Iranian Congress of Soil Science, September, Iran. (In Persian)
2. Amini, S. 2007. The effects of paper-mill sludge amendment on soil productivity and wheat growth. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan. Iran. (In Persian)
3. Bolt, G.H. and Bruggenwert, M.G.M. 1976. Soil chemistry, Part A. Basic Elements. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 281p.
4. Broughton, W.J. and Ouler, S. 1986. Nitrogen fixation, volume 4: Molecular biology. Clarendon press, oxford.
5. Bybordi, A., and Malakouti, M.J. 1999. The effects of organic matter from different sources on the quantity and quality of onion. 6th Iranian Congress of Soil Science, September, Iran. (In Persian)
6. Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1961. Methods of Analysis for soils, plants and waters. University of California. Division of Agricultural Sciences.
7. Cox, A.E., Joern, B.C., and Roth, B.C. 1996. Nonexchangeable Ammonium and Potassium Determination in Soils with a Modified Sodium Tetraphenylboron Method. WI: Soil. Sci. Soc. Am. J., Vol. 60.
8. Faeznia, F. 2004. The effects of compost as a mulch and incorporated to the topsoil, zeolite and light expanded clay aggregates on soil fertility and wheat growth. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
9. Havlin, J.L., Bbeaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 2005. Soil fertility and fertilizers. Prentice, Hall. U.S.A. 517p.
10. Jackson. M.L. 1967. Soil chemical Analysis, prentice-Hall of India private limited, New Delhi.
11. Joudi, Z. 2004. The effects of zeolite, light expanded clay aggregates, compost as a mulch and incorporated to the topsoil on soil physical properties, rain-fed wheat growth in field and their effects on pot soil evaporation. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
12. Malakouti, M.J., and Homaei, M. 1993. Dry lands soil fertility. Tarbiat Modarres University Press. (In Persian)
13. Malakouti, M.J., and Gheibi, M. 1997. Critical nutrient levels for strategic plants for a justified fertilizer recommendation throughout country. Karaj Agricultural Education Extension Press, Iran. (In Persian)
14. Malakouti, M.J., Shahabi, A.A., and Bazargan, K. 2005. Potassium in Agriculture. Sana Press, 292p.

15. Mojallali, H. 1987. Soil Chemistry. Markaz Nashr Daneshgahi press, Iran. First Edition, 343p. (Translated to Persian)
16. Movahedi Naeini, S.A.R., and Cook, H.F. 2000. Influence of Municipal Compost On Temperature, Water, Nutrient Status and Yield of Maize in a Temperate Soil, *Soil Use and Management*, 16: 215-221.
17. Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Method of soil Analysis. Part 2, chemical and microbiological properties, Second Edition, No. 9.
18. Perkin Elmer, 1982. Analytical methods for Atomic Absorption.
19. Polemeo, M., and Rhoades, J.D. 1977. Determining cation exchange capacity: A new procedure for calcareous and gypsumiferous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 524-528.
20. Rajaei, S., Reisi, F., Ali Khani, H., and Givi, J. 2005. Auxin hormone production and phosphorous solubilization potential with some indigenous *Azotobacter Chrococum* isolates in Bakhtiari Chahar Mehal-Iran. 9th Iranian Congress of Soil Science, September, Iran. (In Persian)
21. Russell, E.W. 1973. Soil conditions and plant growth, Williams Clowes & Sons, Limited, London, Beccles And Colchester, 991.
22. SAS. 1989. SAS/STAT user's Guide Version 6., SAS Institute Inc. Cary, NC, U.S.A., 638.
23. Taban, M., and Movahedi Naeini, S.A.R. 2006. Effect of Aquasorb and Organic Compost Amendments on Soil Water Retention and Evaporation With Different Evaporation Potentials and Soil Textures. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 13814. 2031-2055.
24. Waling, I., Vark, W., Houba, V.J.G. and Van der lee, J.J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7, plant Analysis procedures. Wageningen Agriculture University.
25. Wani, S.P., Chandrapalaiah, S., Zambre M.A., and Lee, K.K. 1988. Association between nitrogen-fixing bacteria and pearl millet plants, responses mechanisms and resistance. *Plant and Soil*, 110: 284-302.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Plant Production, Vol. 16(4), 2009
www.gau.ac.ir/journals

A suitable soil plant available potassium extractant for a loess soil with illite dominance in clay fraction and the effects of Azotobacter and vermicompost on wheat yield, potassium uptake and tissue concentration

**M. Sebti¹, *S.A. Movahedi Naeini², R. Ghorbani Nasrabadi³,
Gh. Roshani⁴, Gh. Shahriari⁵ and M. Movahedi⁶**

¹Former M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Instructor, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴Assistant Prof., Gorgan Soil Research Institute, ⁵Assistant Prof., Dept. of Natural Resources and Environment Engineering, Payam Noor University, ⁶Instructor, Dept. of Physic, Golestan University

Abstract

The effects of an Azotobacter Chrococum isolate (strain Ag11) and vermicompost and their combined effects on a rain-fed winter wheat (var. Zagros) nutrient uptake and growth and soil water content were investigated with a farm trial. The dry matter yield was determined in 5 occasions. Gravimetric soil water content, soil microbial respiration and the number of Azotobacter were determined at same occasions. Grain yield and yield components were measured at harvest. Soil nitrate and ammonium, potassium, phosphorous, calcium, magnesium, iron, zinc, copper, manganese and cadmium were determined before heading and at harvest. Total nitrogen, potassium, phosphorous, calcium, magnesium, iron, zinc, copper and manganese were also determined for plant tissues before heading and at harvest and also for a representative vermicompost sample. Treatments with Azotobacter inoculation improved dry matter yield before heading, spikes per square meter, grain yield and straw. Azotobacter increased root density and potassium availability in rhizosphere. Vermicompost also increased grain yield. In addition to a low correlation with potassium uptake a high quantity of potassium is extracted by ammonium acetate relative to preset sufficiency levels which are misleading. Maximum correlation with potassium uptake and yield were obtained by extraction with sodium tetra phenyl boron. Soil water contents were not affected by any treatment.

Keywords: Azotobacter, Vermicompost, Plant available soil potassium, Soil potassium extractants, Wheat

* Corresponding Author; Email: salirezam@yahoo.com