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 ایلایت و تأثیر ازتوباکتر و ورمی‌کمپوست بر غلظت و میزان پتاسیم قابل جذب و عملکرد گندم دیم

مریم سبطی[۱]، *سیدعلیرضا موحدی‌نائینی[۲]، رضا قربانی‌نصرآبادی[۳]، قربانعلی روشنی[۴]، قربان شهریاری[۵] و منصور موحدی[۶]

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

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

چکیده

اثر ازتوباکتر کروکوکوم (سویه Ago_{11}) و کود آلی ورمی‌کمپوست و اثر توام آنها بر عملکرد و رشد گندم رقم زاگرس به‌صورت 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 نیتراته 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 بافت گیاه در دو مرحله و در نمونه ورمی‌کمپوست 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. ورمی‌کمپوست نیز موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد گردید. علاوه‌بر همبستگی بسیار پایین با جذب پتاسیم توسط گیاه در این خاک با رس غالب ایلایت، 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 ترافنیل‌بران سدیم به‌دست آمد که بیانگر تناسب این عصاره‌گیر در این خاک است. هیچ‌یک از تیمارها از جمله تیمارهای اختلاط ورمی‌کمپوست با خاک تأثیری بر افزایش رطوبت خاک نداشتند.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، ورمی‌کمپوست، 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، ٢٠٠٥). همچنین ازتوباکتر قادر به سنتز ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و تولید هورمون‌های محرک رشد است. هورمون‌های رشد، تراکم ریشه و ریشه‌های مویین را زیاد کرده و از این طریق بر جذب بیشتر عناصر غذایی به‌خصوص عناصر ماکرو مانند فسفر و پتاسیم اثر می‌گذارد (بروگتون و اولر، ١٩٨٦). طول، تعداد و رشد ریشه‌ها و عملکرد دانه گندم با تلقیح ازتوباکتر به بذر افزایش می‌یابد (وانی و همکاران، ١٩٨٨).

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 ٦٠ درصد خاک‌های ایران کمتر از ١ 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 ورمی‌کمپوست می‌باشد (آجودان‌زاده و همکاران، ١٩٩٩). ورمی‌کمپوست 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 (بای‌بوردی 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، به‌مقدار بسیار زیادی جهت فعال کردن بسیاری از آنزیم‌ها و خنثی کردن آنیون‌ها و گروه‌های آنیونی ملکول‌های آلی بزرگ‌تر در مقدار بسیار زیاد مورد نیاز است و به این‌ترتیب 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 ایلایت 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 ایلایت به حداکثر می‌رسد. یون‌های پتاسیم، آمونیوم، روبیدیوم و سزیم که قطری نزدیک به ۲/۸ آنگستروم دارند، می‌توانند به آسانی تثبیت شوند (بولت و بروکنورت، ۱۹۷٦).

تاکنون روش مناسبی برای عصاره‌گیری پتاسیم قابل استفاده خاک در این منطقه که رس غالب آن ایلایت 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، ۱۹۹٦). اهداف این تحقیق عبارتند از:

- برآورد میزان تأثیر ورمی‌کمپوست 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 ١٣ تیمار و در ٣ تکرار طی سال زراعی ٨٥-٨٤ در اراضی زراعی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در طول جغرافیایی ٥٤ و ٣٠ شرقی و عرض جغرافیایی ٣٧ و ٤٥ درجه شمالی اجرا گردید. خاک مزرعه تیپیک هپلوزرالز[1] 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 ٨٤/٩/٧ یک نمونه خاک مرکب از عمق ٣٠ سانتی‌متری تهیه و آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی برروی آن انجام شد. همچنین آزمایش‌های شیمیایی برروی 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 به‌وجود آمده بود. خاک مزرعه در سال قبل از انجام این پژوهش زیر کشت گوجه‌فرنگی بود.

تیمارهای آزمایشی شامل تیمار کود میکرو (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 ٨٤/٩/٢١، اختلاط ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی با دیسک تا عمق ریشه گندم حدود ٢٠ سانتی‌متر صورت گرفت. میزان ورمی‌کمپوست به‌کار برده شده در کرت‌های آزمایش که در آنها ورمی‌کمپوست به‌کار برده شده بود به‌میزان ٥ تن در هکتار براساس وزن خشک بود که معادل ١٠/٥ کیلوگرم در هر کرت آزمایشی بود. طول هر کرت آزمایشی ٥ متر و عرض آن ٣ متر در نظر گرفته شد. در تاریخ ٨٤/٩/٢١ گندم رقم زاگرس در کرت‌های آزمایشی کشت گردید. فاصله ردیف‌های کاشت ٢٠ سانتی‌متر و فاصله بین بذرها در ردیف ١/٥ سانتی‌متر و مقدار بذر مصرفی معادل ١٦٠ کیلوگرم در هکتار بود (معادل ٣٣٣ بوته در مترمربع). بذور قبل از کاشت به قارچ‌کش کاربوکسین تیرام آغشته شد. در تیمارهایی که ازتوباکتر به‌کار برده شده بود تلقیح بذر با ازتوباکتر به‌میزان ٣ کیلوگرم در هکتار انجام شد که ابتدا بذر مصرفی با محلول ٢٠ 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 Ago_{11} بود

1. Typic Haploxerols

که از مرکز تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شد. کشت گندم به‌صورت 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، ۱٤۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مصرف گردید که $\frac{۱}{۳}$ آن موقع کاشت با خاک مخلوط شد و $\frac{۲}{۳}$ باقی‌مانده به‌صورت کود سرک بدون مخلوط کردن با خاک قبل از ساقه رفتن مصرف گردید. ۳۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات‌تریپل، ۳۵ کیلوگرم سولفات روی، ۳۵ کیلوگرم سولفات منگنز و ۵۰ کیلوگرم سولفات آهن در هر کرت به خاک به‌صورت پخش سطحی قبل از کشت به خاک اضافه شد و سپس به‌وسیله دیسک تا عمق ریشه گندم با خاک مخلوط گردید.

در طول دوره رشد در ۵ مرحله در تاریخ‌های ۱۱ بهمن (پنجه‌زنی)، ۱٦ فروردین (قبل خوشه‌دهی)، ۵ اردیبهشت (خوشه‌دهی)، ۲۹ اردیبهشت (خمیری شدن دانه) و ۲۵ خرداد (مرحله برداشت گندم) اقدام به نمونه‌برداری گیاه به‌صورت 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 تکانده 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 ٤ مرحله اول به‌صورت خطی انجام شد به این صورت که در هر مرحله در هر کرت، خطی از کشت به‌طور 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 به‌عنوان 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 تصاعد دی‌اکسیدکربن 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 ٢٠ 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، ١٩٨٩؛ چاپمن و پرآت، ١٩٦١؛ جکسون، ١٩٦٧؛ پرکین، ١٩٨٢). در مرحله قبل خوشه‌دهی به‌علت این‌که 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، ٤ 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 (پیج و همکاران، ١٩٨٢) اندازه‌گیری شدند. پتاسیم قابل جذب به روش‌های عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال (پیج و همکاران، ١٩٨٢)، نیترات آمونیوم یک نرمال (هاولین و همکاران، ٢٠٠٥)، کلرید کلسیم ٠/٠٢ نرمال، مخلوط الکل (حاوی ٥٤٤/٣٢ گرم استات سدیم دارای سه آب مولکولی + ٥٨/٤٤ گرم کلرور سدیم + ٦ لیتر اتانول که با آب مقطر به حجم ١٠ لیتر رسانده شد) (پولمیو و رودس، ١٩٧٦) و تترا فینیل بران سدیم (٠/٢ مولار تترا فینیل بران سدیم + ١/٧ مولار کلرید کلسیم و ٠/٠١ مولار EDTA) (کاکس، ١٩٩٦) اندازه‌گیری گردید. کلسیم و منیزیم محلول و تبادلی با استفاده از روش کمپلکسومتری (پیج و همکاران، ١٩٨٢)، آهن، روی، مس، منگنز و کادمیم به روش عصاره‌گیری با محلول DTPA (پیج و همکاران، ١٩٨٢) 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 به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و روش آماری ANOVA و همبستگی بین داده‌ها تجزیه گردید (SAS، ١٩٨٩).

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، <٤٠، ٨٠-٤١، ١٢٠-٨١، ١٦٠-١٢١ و بیشتر از ١٦٠ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل جذب خاک به‌ترتیب بیانگر مقادیر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌باشد)، فسفر قابل جذب خاک ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در حد متوسط (محدوده <٣، ٧-٤، ١١-٨، ٢٠-١٢ و >٢٠ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب خاک که به‌ترتیب 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 ٧/٦٤ 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 ٣/٦ دسی‌زیمنس بر متر بوده و واکنش آن ٧/٦٦ در حدود خنثی است. میزان کلسیم و منیزیم در خاک به‌ترتیب برابر ٣/٦ و ٦ 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 خیلی‌زیاد، 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 ٢/٥-٠، ٤/٥-٢/٥ و ٤/٥< میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برای آهن، رنج ٠/٥-٠، ١-٠/٦ و ١< میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برای روی، رنج ١> و ١< میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برای منگنز و رنج ٠/٤-٠، ٠/٦- ٠/٤ و ٠/٦< میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برای مس به‌ترتیب کم، نسبتاً کم و زیاد می‌باشند (هولین و همکاران، ۲۰۰۵).

ورمی‌کمپوست استفاده شده در این آزمایش حاصل بقایای گندم بود که در اثر فعالیت کرم خاکی در بستر کاه و کلش گندم به‌وجود آمده بود. نتایج آزمایش کانی‌شناسی نشان می‌دهد که کانی غالب این خاک میکا (ایلایت) 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

(١٤ درصد و P>٠/٠٥) و عملکرد کاه (١٠ درصد و P>٠/٠٥) قابل توجه نبـود. ایـن همبـستگی بـین غلظت نیترات در مرحله برداشت گیاه با عملکرد دانه (منفی ٣٢ درصد و P>٠/٠٥) و کاه نیز معنـی‌دار نبود (منفی ٤٠ درصد و P>٠/٠٥). همبستگی بین غلظت آمونیوم و عملکرد دانه و کـاه در دو مرحلـه نیز قابل‌توجه نبود.

جدول ١- 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)	٢٤٠٨/٨^{fg}	٥٣٧٩/٣^{fg}	٣٥٩٢/٧^{d}
ورمی‌کمپوست + N	٢٩٥٢/٣^{e}	٥٨٣٧/٧^{efg}	٣٣٧٨/٣^{d}
N	٢٧٤٠/٩^{ef}	٤٩٠٨/٧^{g}	٣٣٩٩^{d}
ورمی‌کمپوست	٢٩٨٣/٥^{e}	٦٠٠٠/٣^{def}	٣٤٥٦/٣^{d}
کود مخلوط (NPK, Fe, Zn, Mn)	٣٤٥٤/٢^{cd}	٦١٥٧/١^{cdef}	٣٤٩١/٧^{d}
ورمی‌کمپوست + کود مخلوط	٣٥٧٧/٦^{cd}	٦٧١٠/٩^{cde}	٣٨٠٢^{cd}
ازتوباکتر + N	٤١٧٠^{b}	٦٧٧٦^{cd}	٣٨٠٩/٣^{cd}
کود مخلوط + ورمی‌کمپوست + ازتوباکتر	٣٧٤٧/٧^{c}	٦٧٣٦/١^{cde}	٤٢٦٧/٧^{bc}
ازتوباکتر + کود مخلوط	٤٩٣٦/٤^{a}	٩٠٣٣^{a}	٣٤٧٥/٧^{d}
ازتوباکتر + ورمی‌کمپوست + N	٣٣٨٨/٧^{cd}	٧٠١٦^{bc}	٥٠٦٣^{a}
ازتوباکتر	٣٦٥٩/٤^{cd}	٧٨٢٣/٤^{b}	٤٥٣٣^{b}
ورمی‌کمپوست + ازتوباکتر	٤٤٩٧/٧^{b}	٩١٨٣/٤^{a}	٥٠٨٢^{a}
شاهد	٢١٩٩/٦^{g}	٥٤٢٥/٥^{fg}	١٩١٦/٣^{e}

میانگین‌ها در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشابه هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ٠/٠٥ اختلاف معنی‌دار ندارند.

چون همبستگی فسفر خاک در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد دانه (٣٥ درصد و P>٠/٠١) و جذب (منفی ٥ درصد و P>٠/٠٥) و غلظت فسفر در مرحله برداشت با عملکرد دانه (١٠ درصد و P>٠/٠٥) و جذب (٢٢ درصد و P>٠/٠٥) غیرقابل‌توجه 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 (٧١ درصد و P>٠/٠١) و جذب (٧٥ درصد و P>٠/٠١) و غلظت پتاسیم در مرحله برداشت با عملکرد دانه (٧٢ درصد و

(P>۰/۰۱) و جذب (۷۵ درصد و P>۰/۰۱) کاملاً قابل‌توجه می‌باشند (برای رعایت اختصار جداول همبستگی ارایه نشده‌اند).

همبستگی فسفر خاک در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد کاه (۳۲ درصد و P<۰/۰۱) و جذب (۲۸ درصد و P>۰/۰۵) و غلظت فسفر در مرحله برداشت با عملکرد کاه (۲٦ درصد و P>۰/۰۵) و جذب (۱۵ درصد و P>۰/۰۵) غیرقابل‌توجه می‌باشند. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که همبستگی پتاسیم خاک با تترافنیل بران سدیم در مرحله قبل خوشه‌دهی با عملکرد کاه (٦۱ درصد و P<۰/۰۱) و جذب (٤۳ درصد و P<۰/۰۱) و غلظت پتاسیم در مرحله برداشت با عملکرد کاه (٦۸ درصد و P<۰/۰۱) و جذب (۷۰ درصد و P<۰/۰۱) کاملاً قابل‌توجه 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 (٤٤ درصد و P<۰/۰۱) و کاه (۲۷ درصد و P>۰/۰۵) با عنصر روی ملاحظه شد و در مرحله برداشت بیشترین همبستگی با عملکرد دانه (۱٤ درصد و P>۰/۰۵) با عنصر روی و با عملکرد کاه (۲٦ درصد و P>۰/۰۵) 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 ارایه 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 (فائزنیا، ۲۰۰٤؛ امینی، ۲۰۰۷). احتمالاً افزایش جزئی عملکرد دانه با تیمار N نسبت به شاهد (جدول ۱)، اثر کود ازته به‌صورت 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 ارایه پتاسیم در معیت اوره موجب افزایش عملکرد شده است. آمونیوم حاصل از اوره موجب کاهش سرعت تثبیت پتاسیم با ایلایت 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 صورتی‌که به‌جای کود مخلوط از N+K استفاده شده بود، انتظار افزایش عملکرد بیشتری نسبت به تیمار کود مخلوط وجود داشت.

اختلاط ورمی‌کمپوست با خاک موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید (جدول ١). معمولاً استفاده از کمپوست به‌صورت مالچ موجب افزایش عملکرد بیشتری نسبت به شاهد شده است (موحدی و کوک، ٢٠٠٠؛ جودی، ٢٠٠٤). شاید پتاسیم آزاد شده از مالچ در معرض تثبیت کمتری نسبت به اختلاط کمپوست با خاک قرار داشته باشد (امینی، ٢٠٠٧). 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 (٩٣ درصد و P<٠/٠١). 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 (٥٨٢ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اغواکننده می‌باشد زیرا این مقدار پتاسیم خیلی زیاد (بیش از ١٦٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم) ارزیابی می‌گردد در صورتی‌که مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گندم، پتاسیم است.

همبستگی زیادی بین عملکرد دانه با تعداد خوشه در مترمربع (٨٤ درصد و P<٠/٠١) و عملکرد کاه و کلش (٧٩ درصد و P<٠/٠١) وجود دارد. همبستگی عملکرد دانه با وزن هزاردانه ٣٣ درصد (P<٠/٠١)، تعداد دانه در سنبله ٤١ درصد (P<٠/٠١)، طول خوشه ٧٣ درصد (P<٠/٠١)، طول ساقه ٧٣ درصد (P<٠/٠١) و عملکرد کاه ٨٠ درصد (P<٠/٠١) بود. همبستگی عملکرد کاه با وزن هزاردانه ٢٠ درصد (P>٠/٠٥)، تعداد دانه در سنبله ٢٧ درصد (P>٠/٠٥)، طول خوشه ٦١ درصد (P<٠/٠١) و طول ساقه ٥١ درصد (P>٠/٠٥) بود. به‌نظر می‌رسد میزان عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش بیشتر تحت‌تأثیر 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 بالای بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره گیر تترا فینیل بران سدیم و عملکرد دانه (۷۱ درصد و P<۰/۰۱) و برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (۷۲ درصد و P<۰/۰۱) و عملکرد کاه (٦١ درصد و P<۰/۰۱) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۷۰ درصد و P<۰/۰۱) در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز با عملکرد دانه (۷۲ درصد و P<۰/۰۱) و برداشت پتاسیم توسط دانه (۷۵ درصد و P<۰/۰۱) و عملکرد کاه (٦٨ درصد و P<۰/۰۱) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۷۰ درصد و P<۰/۰۱) 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 (٦١ درصد و P<۰/۰۱) ملاحظه می‌گردد. بین تعداد خوشه در واحد سطح و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر تترا فنیل بران سدیم در مرحله قبل خوشه‌دهی (٧٤ درصد و P<۰/۰۱) و مرحله برداشت (٦٩ درصد و P<۰/۰۱) نیز همبستگی بالایی وجود دارد.

همبستگی ضعیف بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر استات آمونیوم با عملکرد دانه (۲۰ درصد و P<۰/۰۵) و برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (٣٦ درصد و P<۰/۰۵) و عملکرد کاه (۲۱ درصد و P<۰/۰۵) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (٢٤ درصد و P<۰/۰۵) در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز با عملکرد دانه (٢٤- درصد و P<۰/۰۵) و برداشت پتاسیم توسط دانه (۱۷- درصد و P<۰/۰۵) و عملکرد کاه (۵- درصد و P<۰/۰۵) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (٤- درصد و P<۰/۰۵) 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<۰/۰۱) ملاحطه نمی‌گردد. بین تعداد خوشه در واحد سطح و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر استات آمونیوم در مرحله قبل خوشه‌دهی (۳۱ درصد و P<۰/۰۵) و مرحله برداشت (منفی ۱۲ درصد و P<۰/۰۵) نیز همبستگی بالایی وجود ندارد.

همبستگی ضعیف بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر مخلوط الکل با عملکرد دانه (۱۰ درصد و P<۰/۰۵) و برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (۲- درصد و P<۰/۰۵) و عملکرد کاه (۱ درصد و P<۰/۰۵) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (۸- درصد و P<۰/۰۵) در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز با

عملکرد دانه (٢١ درصد و P>٠/٠٥) و برداشت پتاسیم توسط دانه (٣١ درصد و P<٠/٠٥) و عملکرد کاه (٤٦ درصد و P<٠/٠١) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (٤٥ درصد و P<٠/٠١) 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 (٢٧ درصد و P>٠/٠٥) ملاحظه نمی‌گردد. بین تعداد خوشه در واحد سطح و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر مخلوط الکل در مرحله قبل خوشه‌دهی (١٠ درصد و P>٠/٠٥) و مرحله برداشت (٢٧ درصد و P>٠/٠٥) نیز همبستگی بالایی وجود ندارد.

همبستگی ضعیف بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر نیترات آمونیوم و عملکرد دانه (٣ درصد و P>٠/٠٥) و برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (١ درصد و P>٠/٠٥) و عملکرد کاه (٨ درصد و P>٠/٠٥) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (١٤ درصد و P>٠/٠٥) در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز با عملکرد دانه (١ درصد و P>٠/٠٥) و برداشت پتاسیم توسط دانه (٣ درصد و P>٠/٠٥) و عملکرد کاه (٢٦ درصد و P>٠/٠٥) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (٢٠ درصد و P>٠/٠٥) در مرحله برداشت نشان می‌دهد که عصاره‌گیر نیترات آمونیوم عصاره‌گیر مناسبی برای خاک لسی محل مطالعه نیست.

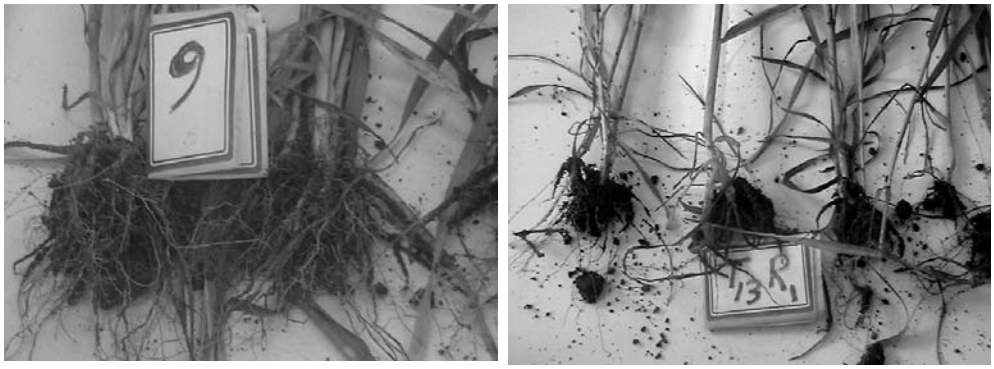
همبستگی بالایی بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر نیترات آمونیوم در مرحله قبل خوشه‌دهی و عملکرد قسمت هوایی (٣١ درصد و P<٠/٠٥) ملاحظه نمی‌گردد. بین تعداد خوشه در واحد سطح و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر نیترات آمونیوم در مرحله قبل خوشه‌دهی (١٧ درصد و P>٠/٠٥) و مرحله برداشت (١٣ درصد و P>٠/٠٥) نیز همبستگی بالایی وجود ندارد.

همبستگی ضعیف بین غلظت پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر کلرید کلسیم با عملکرد دانه (١ درصد و P>٠/٠٥) و برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (١١ درصد و P>٠/٠٥) و عملکرد کاه (٢٤ درصد و P>٠/٠٥) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (٢٢ درصد و P>٠/٠٥) در مرحله قبل خوشه‌دهی و نیز با عملکرد دانه (٤ درصد و P>٠/٠٥) و برداشت پتاسیم توسط دانه (١٨ درصد و P>٠/٠٥) و عملکرد کاه (٢٨ درصد و P>٠/٠٥) و برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (٣٤ درصد و P<٠/٠٥) 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 (٢٤ درصد و P>٠/٠٥) ملاحظه نمی‌گردد. بین تعداد خوشه در

واحد سطح و پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیر کلرید کلسیم در مرحله قبل خوشه‌دهی (۲۷ درصد و $P>۰/۰۵$) و مرحله برداشت (۲۹ درصد و $P>۰/۰۵$) 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 علاوه‌بر افزایش تراکم ریشه (شکل ۱) باعث افزایش غلظت پتاسیم قابل جذب خاک می‌گردد که ممکن است به‌دلیل 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[1] 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 به‌طور 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 استرین 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، ٢٠٠٤؛ تابان و موحدی، ٢٠٠٦).

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 استرین 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. علاوه‌بر 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 به‌دست آمد که بیانگر تناسب این عصاره‌گیر در خاک است. پیشنهاد می‌شود به‌منظور 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 ازتوباکتردر 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)	۳٦٦٦٦۷^{c}	۲٥٦٦٦٦۷^{e}	۲۷۰۰۰۰۰^{f}	۳٦۰۰۰۰۰^{de}	۲۷٦٦٦٦۷^{cd}
ورمی‌کمپوست + N	۳۹۰۰۰۰۰^{b}	۲٥۳۳۳۳۳^{e}	۳۱٦٦٦٦۷^{cde}	۳۷۰۰۰۰۰^{d}	۳٤۰۰۰۰۰^{b}
N	۳۱٦٦٦٦۷^{de}	۲۹٦٦٦٦۷^{de}	۳۲٦٦٦٦۷^{bcde}	۲٥۳۳۳۳۳^{f}	۲٦۰۰۰۰۰^{de}
ورمی‌کمپوست	۲٦۳۳۳۳۳^{g}	۳۱۰۰۰۰۰^{de}	۳٦۰۰۰۰۰^{ab}	۳٥۳۳۳۳۳^{de}	۲۷۳۳۳۳۳^{cd}
کود مخلوط (NPK, Fe, Zn, Mn)	۲۹٦٦٦٦۷^{f}	٤۰۳۳۳۳۳^{c}	۳٦۰۰۰۰۰^{ab}	۳۸۳۳۳۳۳^{cd}	۲٥٦٦٦٦۷^{de}
ورمی‌کمپوست + کود مخلوط	٤۲۳۳۳۳۳^{a}	۳۷۰۰۰۰۰^{cd}	۳۸٦٦٦٦۷^{a}	۳۷٦٦٦٦۷^{d}	۲۸۳۳۳۳۳^{c}
ازتوباکتر + N	۳۰۳۳۳۳۳^{ef}	۲٥٦٦٦٦٦۷^{ab}	۲۹۰۰۰۰۰^{ef}	٥۹۰۰۰۰۰^{b}	۲٥٦٦٦٦۷^{de}
کود مخلوط +ورمی‌کمپوست+ازتوباکتر	۲٦۰۰۰۰۰^{g}	۲٥٦٦٦٦٦۷^{ab}	۳۳۳۳۳۳۳^{bcd}	٥۷۰۰۰۰۰^{b}	۲۸٦٦٦٦۷^{c}
ازتوباکتر+ کود مخلوط	٤۱۰۰۰۰۰^{a}	۲٥۳۳۳۳۳^{b}	۳٤۳۳۳۳۳^{bc}	٤۲۳۳۳۳۳^{c}	۲٦٦٦٦٦۷^{cde}
ازتوباکتر+ ورمی‌کمپوست +N	۳۱٦٦٦٦۷^{de}	۲٥۰۰۰۰۰۰^{b}	۳۳٦٦٦٦۷^{bc}	۷۱٦٦٦٦۷^{a}	۲٦٦٦٦٦۷^{cde}
ازتوباکتر	۲٥۳۳۳۳۳^{g}	۲٦۳۳۳۳۳۳^{a}	۲۹۳۳۳۳۳^{def}	۳۲٦٦٦٦۷^{e}	۳٦٦٦٦٦۷^{a}
ورمی‌کمپوست + ازتوباکتر	۳۲۳۳۳۳۳^{d}	۲٥۳۳۳۳۳^{b}	۳۲٦٦٦٦۷^{bcde}	۲۸۳۳۳۳۳^{f}	۲۷۰۰۰۰۰^{cde}
شاهد	۲٥٦٦٦٦۷^{g}	۲۷۰۰۰۰۰^{e}	۲۸٦٦٦٦۷^{ef}	۲٥٦٦٦٦۷^{f}	۲٥۰۰۰۰۰^{e}

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: Mollecular 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. (Treanslated 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, Secound 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 gypsiferous 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, Wiliams 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 nitogen-fixing bacteria and pearlmillet plants, responses mechnisms 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. Sebti[1], *S.A. Movahedi Naeini[2], R. Ghorbani Nasrabadi[3], Gh. Roshani[4], Gh. Shahriari[5] and M. Movahedi[6]

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