بررسی میزان محدودیت پتاسیم قابل استفاده برای گندم در یک خاک لسی

مهنا وفاخواه[۱*]، سید علیرضا موحدی نائینی[۱]، ابراهیم زینلی[۲]، امید قاسمی چپی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۱۶)

چکیده

به منظور بررسی تعیین عامل محدود کننده رشد گندم در خاک حاوی رس ایلیت و سطح ویژه بالا و مقادیر معتنابهی از پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم، تحقیقی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٦ تیمار در ۴ تکرار در سال زراعی ۸۹-۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان واقع در سید میران اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل گچ (۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کلسیم)، کلرور کلسیم (۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کلسیم)، مخلوط اوره (۹۳ کیلوگرم در هکتار ازت) + کلرور پتاسیم (۱۰۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم)، مخلوط گچ (۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کلسیم) + کلرور پتاسیم (۱۰۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم)، مخلوط کلرور کلسیم (۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کلسیم) + کلرور پتاسیم (۱۰۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم) و شاهد بود. در تاریخ ۸۸/۹/۱۸ گندم لاین N-۸۰-۱۹ در کرت‌های آزمایشی کشت شد. نتایج نشان داد مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گندم در محل آزمایش پتاسیم است. سطح ویژه زیاد خاک و لایه دوگانه پخشیده الکتریکی منقطع با کاهش نسبت سطح تماس لایه دوگانه الکتریکی با محلول خاک، موجب کاهش سرعت انتشار پتاسیم و قابلیت جذب آن برای گیاه می‌شود. تیمار اوره + کلرور پتاسیم بیشترین میزان عملکرد دانه و کاه و کلش را در بین تیمارها داشت که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر این تیمار بر غلظت پتاسیم گیاه و خاک نسبت به تیمارهای دیگر است. کود با افزایش اضافه بار پتاسیم، شیب غلظت و سرعت پخسیدگی پتاسیم از روی سطوح تبادلی به‌داخل محلول خاک (محیط ریشه) را افزایش می‌دهد. آمونیوم حاصل از اوره احتمالاً موجب کاهش سرعت تثبیت پتاسیم در لایه دوگانه پخشیده الکتریکی منقطع و افزایش جذب ریشه‌ای پتاسیم شد.

واژه‌های کلیدی: سطح ویژه زیاد، پخشیدگی پتاسیم، گندم

۱. گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ساری

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: vafakhah.mohanna@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر غذایی اصلی گیاه است، که در خاک به شکل‌های مختلف محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی وجود دارد. پتاسیم غیر تبادلی می‌تواند منبع مهم پتاسیم در خاک باشد. مطالعات نشان می‌دهد که رهاسازی پتاسیم غیر تبادلی از ذخایر نقش مهمی برای فراهم کردن پتاسیم گیاه دارد (۵ و ۸). برای تغذیه مطلوب گیاه، مقدار K^+ محلول خاک تحت تأثیر رهاسازی پتاسیم غیر تبادلی از کانی‌های رسی و ماده آلی می‌باشد (۱۲). در محل آزمایش قابلیت استفاده پتاسیم تحت تأثیر دو عامل سطح ویژه و وضعیت دانه‌بندی خاک کنترل می‌شود (۱). در این خاک‌ها با توجه به سطح ویژه زیاد با لایه دوگانه پخشیده منقطع و نسبت کم الکترولیت موجود در محلول خاک به الکترولیت موجود در در لایه دوگانه الکتریکی و بنابراین سرعت پخشیدگی کم پتاسیم از روی سایت‌های تبادلی به داخل محلول خاک، انتظار می‌رود سینتیک جابجایی پتاسیم تبادلی به داخل محلول از سینتیک رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی کندتر و عامل کنترل غلظت پتاسیم در محلول خاک و قابلیت جذب آن باشد (۱).

طالبی‌زاده و همکاران (۱۶) با بررسی اثر تیمارهای کودی روی عملکرد گندم در خاک پردیس دانشگاه کشاورزی گرگان (خاک لسی با رس غالب ایلیت) نشان دادند که مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گندم دیم در محل آزمایش، پتاسیم می‌باشد. سبطی و همکاران (۱۳) در تحقیقی در یک خاک لسی با سطح ویژه بالا در محل پردیس به این نتیجه رسید که 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. کاربرد توام کود پتاسه با کودهای عناصر رقیب مثل کودهای آمونیومی و کلسیمی، موجب افزایش غلظت این عناصر در لایه دو گانه پخشیده و افزایش سرعت پخشیدگی پتاسیم به محیط ریشه می‌گردد (۱۰).

هدف

بسیاری از خاک‌های با رس غالب ایلایت، خاک‌هایی با قدرت بالا برای جذب پتاسیم می‌باشند. کود پتاسیم با این رس‌ها تثبیت می‌شود ولی جذب پتاسیم و عملکرد گیاه تغییر نمی‌کند. هدف از این تحقیق تعیین مهم‌ترین عنصر محدود کننده رشد گیاه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در محل سید میران و بررسی تأثیر کاربرد کودهای آمونیومی و کلسیمی بر جذب پتاسیم و عملکرد گندم در خاک‌های با سطح ویژه بالا و رس غالب ایلایت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۹-۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان واقع در سید میران با طول جغرافیایی ″۵۶ ′۱۹ °۵۴ شرقی و عرض جغرافیایی ″۴۹ ′۴۷ °۳۶ اجرا گردید. بافت خاک رسی سیلتی که رس غالب در این منطقه ایلایت و سطح ویژه خاک حدود ۱۳۰ متر مربع بر گرم می‌باشد. این منطقه با توجه به قرار گرفتن در اقلیم شهرستان گرگان از آب و هوای معتدل کوهستانی و مدیترانه‌ای برخوردار است. پس از انتخاب قطعه زمین مورد نظر، قبل از کشت، یک نمونه مرکب از خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی متری تهیه و آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی روی آن انجام شد (جداول ۱ و ۲). هم‌چنین برای کوددهی کل زمین از کودهای پایه اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار معادل ۹۳ کیلوگرم در هکتار ازت)، سولفات پتاسیم (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار معادل ۸۳ کیلوگرم در هکتار پتاسیم)، فسفات دی‌آمونیوم (۲۵۰کیلوگرم در هکتار معادل ۵۰ کیلوگرم فسفر) استفاده شد. یک سوم کود اوره (۶۶ کیلوگرم در هکتار) به همراه دو کود دیگر (سولفات پتاسیم و فسفات دی آمونیوم) قبل از کشت با خاک مخلوط شد و دو سوم باقی مانده کود اوره در دو مرحله (۶۶ کیلوگرم در هکتار موقع پنجه‌زنی، و ۶۶ کیلوگرم در هکتار قبل از ظهور سنبله) به صورت کود سرک به خاک اضافه گردید. تیمارهای آزمایشی شامل گچ (۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کلسیم)، کلرور کلسیم

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. نتایج تجزیه شیمیایی خاک

میلی‌گرم بر کیلوگرم					
ازت آمونیومی	ازت نیتراتی	فسفر قابل جذب خاک	پتاسیم قابل جذب خاک	کلسیم محلول و قابل جذب خاک	منیزیم محلول و قابل جذب خاک
۱/۶۲	۷/۸۴	۱۱/۴	۴۶۹/۷۳	۲۴۰۰	۴۸۶

جدول ۲. نتایج تجزیه فیزیکی خاک

درصد				دسی زیمنس بر متر	سانتی مول بر کیلوگرم
شن	سیلت	رس	واکنش گل اشباع	هدایت الکتریکی عصاره اشباع	ظرفیت تبادل کاتیونی
۰/۸۲	۵۹/۱۸	۴۰	۷/۳	۱/۸۱	۱۷/۸۳

(۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کلسیم)، مخلوط اوره (۹۳ کیلوگرم در هکتار ازت) و کلرور پتاسیم (۱۰۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم)، مخلوط گچ (۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کلسیم) و کلرور پتاسیم (۱۰۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم)، مخلوط کلرور کلسیم (۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کلسیم) و کلرور پتاسیم (۱۰۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم) و شاهد بود. تیمارهای کلسیم و مخلوط کلسیم با سایر کودها ۲ ماه قبل از کشت در تاریخ ۸۸/۷/۲ اعمال شد تا از احتمال اثر آنتاگونیستی و کاهش محصول جلوگیری شود. یک سوم تیمار اوره در زمان کشت اعمال شد و دو سوم دیگر آن به صورت سرک در دو مرحله (پنجه‌زنی و قبل از ظهور سنبله) اضافه شد. تیمارها تا عمق ۲۰ سانتی‌متری توسط دیسک با خاک مخلوط شد. در تاریخ ۸۸/۹/۱۸ گندم لاین N-۸۰-۱۹ در کرت‌های آزمایشی کشت شد. تیپ رشد این رقم بهاره و زمان کاشت آن اواسط آذر ماه است و در مقابل بیماری‌های زنگ قهوه‌ای و زنگ سیاه گندم مقاوم، فوزاریوم سنبله و سپتوریوز برگ نیمه حساس و سفیدک پودری نیمه مقاوم است. هم‌چنین، نسبت به خوابیدگی (ورس) متحمل است. اندازه کرت‌ها ۶×۳، فاصله کرت‌ها ۱ متر، فاصله بین بلوک‌ها ۳ متر، فاصله ردیف‌های کشت ۱۵ سانتی متر و فاصله بین بذرها در هر ردیف ۲/۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. مقدار بذر مصرفی ۱۶۲ کیلوگرم در هکتار بود. در طی فصل کشت میزان بارندگی ۳۱۶ میلی‌متر و میانگین دما ۱۴/۸۱ درجه سانتی‌گراد بود. در مرحله قبل از ظهور سنبله، ۴۰ بوته گندم از هر کرت به طور تصادفی نمونه برداری شد و پس از جدا کردن ۴ برگ بالایی، برگ‌ها را در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک کرده و پس از آسیاب کردن و عصاره‌گیری، مقدار عناصر ازت کل به روش کجلدال (۲)، پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر (۲)، فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتری (۲) و کلسیم و منیزیم با دستگاه جذب اتمی (۲) اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین در مرحله قبل از ظهور سنبله، نمونه خاک از هر کرت گرفته شد و مقدار نیترات به روش ولتامتری (۱۱)، آمونیوم به روش رنگ‌سنجی (۱۱)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (۱۱)، پتاسیم قابل جذب با سه روش استات آمونیوم (۱۱)، تترافنیل بران سدیم (۵) و اضافه بار (۴)، کلسیم و منیزیم تبادلی قابل جذب در عصاره استات آمونیوم (۱۱) اندازه‌گیری شدند. در مرحله برداشت برای تعیین عملکرد در سطح ۱×۱ متر نمونه برداری انجام شد و پس از جدا شدن دانه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شدند و عملکرد در واحد سطح تعیین شد. تجزیه وتحلیل آماری بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تیمار در ۴ تکرار انجام گرفت و برای مطالعه همبستگی،

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها از نرم افزار SAS استفاده شد (۱۲).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. در این جدول مقادیر ازت، پتاسیم، فسفر، کلسیم، منیزیم، بافت خاک، ماده آلی، واکنش خاک، هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی نشان داده شده است. جداول ۱ و ۲ غیر از محدودیت ازت محدودیت دیگری با کشت گندم نشان نمی‌دهند که بعداً با کاربرد کودهای پایه سعی در رفع این محدودیت گردید. علی‌رغم میزان بالای پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم به‌دلیل سطح ویژه بالای خاک (۱۳۰ متر مربع بر گرم) و سرعت کم انتشار پتاسیم بین فاز محلول و تبادلی، پتاسیم قابل استفاده گیاه این خاک‌ها محدود است (۷، ۱۰و ۱۳).

نتایج نشان داد که اثر تیمارها بر عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه به تیمار اوره + کلرور پتاسیم مربوط بود که در گروه آماری a قرار گرفت و از نظر آماری با تیمار گچ + کلرور پتاسیم اختلاف معنی‌داری نشان نداد. و نیز کمترین میزان عملکرد دانه در تیمارهای شاهد و کلرور کلسیم حاصل شد که بین این تیمارها و تیمار گچ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). هم‌چنین، بیشترین میزان عملکرد کاه و کلش به تیمار اوره + کلرور پتاسیم مربوط بود که این تیمار با سایر تیمارها در سطح ۵ در صد اختلاف معنی‌داری نشان داد. کمترین عملکرد کاه و کلش در تیمار شاهد به دست آمد که با تیمار کلرور کلسیم اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در بافت چهار برگ بالایی گیاه در مرحله قبل از ظهور سنبله گندم نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر غلظت پتاسیم، ازت، فسفر،کلسیم و منیزیم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). غلظت عناصر غذایی در بافت چهار برگ بالایی چهل گیاه گندم از هر پلات آزمایشی در مرحله قبل از ظهور سنبله گندم دارای همبستگی نزدیکی با عملکرد نهایی گندم است (۷).

نتایج نشان داد که تیمار اوره + کلرور پتاسیم بیشترین غلظت فسفر را دارا بود که این تیمار کودی در گروه آماری a قرار گرفت و با سایر تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان داد. کمترین غلظت فسفر مربوط به تیمار کلرور کلسیم بود که با تیمار گچ در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان نداد. غلظت فسفر در چهار برگ بالایی عامل تعیین عملکرد دانه و کاه گندم نیست زیرا غلظت فسفر چهار برگ بالایی در دو تیمار گچ + کلرور پتاسیم و شاهد یکسان بوده است، در صورتی که عملکرد تیمار گچ + کلرور پتاسیم نسبت به شاهد به میزان معنی‌داری بیشتر بود. هم‌چنین تیمار کودی کلرور کلسیم دارای بیشترین غلظت کلسیم در چهار برگ بالایی در گیاه گندم بود که این تیمار با تیمارهای کلرور کلسیم + کلرور پتاسیم و گچ اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین غلظت کلسیم مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمار کودی اوره + کلرور پتاسیم و گچ + کلرور پتاسیم اختلاف معنی‌داری نشان نداد. عدم هماهنگی بین روند تغییرات غلظت کلسیم در چهار برگ بالایی با تغییرات عملکرد دانه و کاه گندم برای تیمارهای مختلف (جدول ۴) مؤید این است که محدودیت کلسیم عامل تعیین عملکرد نهایی دانه و کاه گندم نیست. زیرا غلظت کلسیم چهار برگ بالایی در دو تیمار اوره + کلرور پتاسیم و شاهد یکسان بود، در صورتی که عملکرد تیمار اوره + کلرور پتاسیم نسبت به شاهد به میزان معنی‌داری بیشتر بود. بالاترین غلظت منیزیم به تیمار کودی گچ مربوط بود که از نظر آماری با تیمار شاهد در سطح ۵ در صد اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین غلظت منیزیم مربوط به تیمار کودی کلرور کلسیم + کلرور پتاسیم بود که از نظر آماری با تیمار اوره + کلرور پتاسیم اختلاف معنی‌داری نشان نداد. منیزیم نیز مانند کلسیم عامل محدود کننده عملکرد نهایی کاه و گندم نیست. در غلظت فسفر، کلسیم و منیزیم گیاه بین تیمارهای کلرور کلسیم و شاهد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد گندم و غلظت عناصر غذایی در گیاه در مرحله قبل از ظهور سنبله

		میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد کاه	پتاسیم	ازت	فسفر	کلسیم	منیزیم
بلوک	۳	۰/۷^{ns}	۰/۸^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۱*	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
تیمار	۵	۱۸/۸**	۳۴/۵**	۰/۰۳**	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۸**	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۰۶**
خطا	۱۵	۰/۱	۰/۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
CV خطا (درصد)		۶/۳	۴/۰۶	۲/۱	۲/۴	۳/۳	۱۱/۶	۸/۴

^{ns} اختلاف معنی‌دار وجود ندارد *: در سطح ۵ درصد معنی‌دار است **: در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد گندم و غلظت عناصر غذایی در گیاه در مرحله قبل از ظهور سنبله (درصد)

	کیلوگرم در هکتار		درصد				
تیمار	عملکرد دانه	عملکرد کاه	پتاسیم	ازت	فسفر	کلسیم	منیزیم
کلرور کلسیم	۳۴۵۴^{d}	۵۲۴۷^{de}	۱/۳۴^{d}	۲/۱۰^{cd}	۰/۳۵۴^{e}	۰/۳۶^{a}	۰/۲۳۴^{c}
گچ	۳۶۸۰^{cd}	۵۶۴۹^{cd}	۱/۳۶^{cd}	۲/۰۸^{d}	۰/۳۶۲^{de}	۰/۳۳^{ab}	۰/۲۵۲^{a}
اوره + کلرور پتاسیم	۴۷۷۶^{a}	۷۱۸۹^{a}	۱/۵۵^{a}	۲/۲۳^{a}	۰/۳۹۵^{a}	۰/۳۰^{d}	۰/۲۲۹^{cd}
کلرور کلسیم + کلرور پتاسیم	۴۰۷۰^{bc}	۶۰۷۵^{bc}	۱/۴۰^{c}	۲/۲۱^{b}	۰/۳۶۵^{cd}	۰/۳۴^{ab}	۰/۲۱۸^{d}
گچ + کلرور پتاسیم	۴۴۴۶^{ab}	۶۴۷۱^{b}	۱/۵۰^{b}	۲/۱۸^{bc}	۰/۳۷۸^{bc}	۰/۳۱^{cd}	۰/۲۴۱^{b}
شاهد	۳۲۸۰^{d}	۴۹۶۰^{e}	۱/۳۳^{d}	۲/۱۷^{c}	۰/۳۷۰^{bc}	۰/۲۹^{d}	۰/۲۴۷^{ab}

- میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در خاک در مرحله قبل از ظهور سنبله گندم

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	ازت آمونیومی	ازت نیتراتی	ازت آمونیومی + نیتراتی	فسفر	کلسیم	منیزیم	پتاسیم (استات آمونیوم)	پتاسیم (تترافنیل بران)	پتاسیم (اضافه بار)
بلوک	۳	۰/۲ ns	۰/۷ ns	۱ ns	۵ ns	۲۷۱۷۷۹۴ ns	۱۷۵۱۶ *	۱۹۸ ns	۳۱۵ ns	۱۸۵۵ ns
تیمار	۵	۲ **	۳۹ **	۵۶ **	۴۸ **	۸۱۵۰۸۳ **	۱۳۷۴۹۷ **	۴۲۶۴ **	۱۳۷۹۲ **	۷۵۸۷ **
خطا	۱۵	۰/۱	۰/۶	۰/۷	۴۶	۵۳۹۶۵	۴۶۲۴	۵۷۸	۱۰۴۱	۶۶۳
CV خطا (درصد)		۱۹/۶	۱۱/۹	۹/۹	۱۹/۱	۶/۵	۱۱/۵	۵/۲	۸/۴	۷/۸

ns اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۶. مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی در خاک در مرحله قبل از ظهور سنبله گندم (میلی گرم بر کیلوگرم)

	میلی گرم بر کیلوگرم							
تیمار	ازت آمونیومی	ازت نیتراتی	ازت آمونیومی + نیتراتی	فسفر	کلسیم	منیزیم	پتاسیم (استات آمونیوم)	پتاسیم (تترا فنیل بران)	پتاسیم (اضافه بار)
کلرور کلسیم	۱/۵ de	۴ cde	۶ de	۵ d	۴۲۶۱ a	۶۴۶ bc	۴۴۵ cd	۳۳۵ de	۲۹۰ cd
گچ	۱/۶ cde	۳ e	۵ e	۶ bcd	۳۸۶۱ ab	۷۰۹ b	۴۵۱ c	۳۵۴ cd	۳۱۵ cd
اوره + کلرور پتاسیم	۳/۳ a	۱۲ a	۱۵ a	۱۴ a	۳۰۴۴ e	۳۵۸ d	۵۰۱ a	۴۸۱ a	۳۹۸ a
کلرور کلسیم + کلرور پتاسیم	۱/۷ bc	۷ b	۹ b	۶ bc	۳۶۴۸ bc	۴۵۶ cd	۴۵۶ b	۳۷۳ bc	۳۲۷ bc
گچ + کلرور پتاسیم	۲ b	۵ cd	۷ cd	۸ b	۳۴۱۱ cd	۸۶۴ a	۴۸۰ ab	۴۲۰ b	۳۶۲ ab
شاهد	۱/۲ e	۶ bc	۷ c	۸ b	۳۱۸۵ de	۵۰۱ c	۴۰۵ d	۳۲۸ e	۲۸۶ d

- میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

اختلاف معنی‌داری وجود داشت، در صورتی که نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه و کاه و کلش بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری نشان نداد. تیمارهای اوره + کلرور پتاسیم بیشترین ازت گیاه را داشت که با سایر تیمارها در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد و کمترین مقدار ازت مربوط به تیمار گچ بود که با تیمار کلرور کلسیم اختلاف معنی‌داری نداشت. در غلظت ازت گیاه بین دو تیمار گچ + کلرور پتاسیم و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما عملکرد نهایی بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). تیمار اوره + کلرور پتاسیم بیشترین میزان غلظت پتاسیم را داشت و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. کمترین غلظت پتاسیم مربوط به تیمارهای شاهد و کلرور کلسیم بود که با تیمار گچ اختلاف معنی‌داری نداشتند. هماهنگی تغییرات غلظت پتاسیم در چهار برگ بالایی با عملکرد دانه و کاه گندم مبین این است که عملکرد نهایی از طریق میزان محدودیت پتاسیم کنترل می‌شود.

بررسی نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر در گیاه و خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی (جداول ۴ و ۶) نشان‌دهنده این مطلب است که به دلیل تطابق بین غلظت پتاسیم گیاه و خاک با میزان عملکرد دانه و کاه و کلش و هم‌چنین عدم تطابق سایر عناصر در گیاه و خاک با میزان عملکرد نهایی، پتاسیم می‌تواند مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گیاه و در واقع تعیین کننده عملکرد نهایی در این اراضی (حاوی رس ایلیت و سطح ویژه بالا) باشد.

نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی خاک در مرحله قبل از ظهور سنبله گندم نشان داد اثر تیمارها بر غلظت آمونیوم، نیترات، فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم (عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم، تترافنیل بران سدیم و روش اضافه بار) در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

تیمار اوره + کلرور پتاسیم دارای بیشترین غلظت آمونیوم بود که این تیمار از نظر آماری با سایر تیمارهای کودی اعمال شده اختلاف معنی‌داری نشان داد. هم‌چنین تیمار شاهد دارای کمترین غلظت آمونیوم بود که بین این تیمار و تیمارهای کلرور کلسیم و گچ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

تیمار اوره + کلرور پتاسیم بیشترین و تیمار گچ کمترین غلظت نیترات را داشتند که بین تیمار گچ و تیمار کلرور کلسیم از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تیمار کودی اوره + کلرور پتاسیم دارای بیشترین غلظت فسفر قابل جذب خاک بود که با سایر تیمارها از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد. ممکن است اوره با افزایش فعالیت میکروبی موجب افزایش سرعت تجزیه مواد آلی و رهاسازی فسفر شده باشد. تیمار کلرور کلسیم دارای کمترین غلظت فسفر قابل جذب خاک بود که با تیمار کودی گچ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان نداد. احتمالاً در این دو تیمار کلسیم باعث تثبیت و رسوب فسفر به فرم‌های منو کلسیم فسفات و دی کلسیم فسفات شده است. در خاک های حاوی رسوبات آهکی افزایش غلظت کلسیم محلول خاک باعث رسوب فسفر به اشکال اکتا کلسیم فسفات و هیدروکس آپاتایت می شود (۳، ۴و ۱۴). با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار بین عملکردهای دانه و کاه تیمارهای شاهد و کلرور کلسیم، اختلاف معنی‌دار در فسفر خاک در مرحله قبل از ظهور سنبله نشان داد که احتمالاً فسفر خاک تعیین کننده عملکرد نهایی نیست. تیمار کلرور کلسیم دارای بیشترین غلظت کلسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم بود، که از نظر آماری با تیمار گچ اختلاف معنی‌داری نشان نداد. تیمارهای اوره + کلرور پتاسیم و شاهد کمترین غلظت کلسیم را دارا بودند. تیمار گچ + کلرور پتاسیم دارای بیشترین غلظت منیزیم بود که از نظر آماری با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. بالاتر بودن میزان منیزیم در دو تیمار گچ و گچ + کلرور پتاسیم نسبت به تیمارهای دیگر به دلیل وجود منیزیم در ساختار گچ می‌باشد. کمترین غلظت منیزیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم مربوط به تیمار کودی اوره + کلرور پتاسیم بود که با تیمار کودی کلرور کلسیم + کلرور پتاسیم اختلاف معنی‌داری نداشت. تیمار اوره + کلرور پتاسیم دارای بالاترین میزان ازت آمونیومی و ازت

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷. ضرایب هم‌بستگی عناصر غذایی در چهار برگ بالایی گیاه در مرحله قبل از ظهور سنبله گندم

عناصر	عملکرد دانه	عملکرد کاه و کلش
ازت	۰/۶۱**	۰/۵۶**
پتاسیم	۰/۹۷**	۰/۹۴**
فسفر	۰/۵۵**	۰/۵۳**
کلسیم	۰/۳۹**	۰/۳۷**
منیزیم	۰/۴۷**	۰/۴۳**

**: در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

نیتراتی بود و در گروه آماری a قرار گرفت و کمترین این میزان مربوط به تیمار گچ بود که با تیمار کلرور کلسیم اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶).

هم‌چنین، بالاترین غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم مربوط به تیمار کودی اوره و کلرور پتاسیم بود که با تیمار گچ + کلرور پتاسیم از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کمترین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک مربوط به تیمار شاهد بود که از نظر آماری با تیمار کلرور کلسیم اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بالاترین غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده با تترا فنیل بران سدیم مربوط به تیمار کودی اوره و کلرور پتاسیم بود، که با سایر تیمارها در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند و تیمارهای شاهد و کلرور کلسیم دارای کمترین غلظت پتاسیم بودند. و نیز تیمار اوره + کلرور پتاسیم بیشترین میزان پتاسیم اندازه‌گیری شده با روش اضافه بار را داشت که با تیمار گچ + کلرور پتاسیم اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کمترین این میزان مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمارهای کلرور کلسیم و گچ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. با هر سه روش اندازه‌گیری پتاسیم در خاک، تیمار اوره + کلرور پتاسیم بیشترین میزان پتاسیم قابل جذب را داشت. یون‌های آمونیوم حاصل از اوره از لحاظ اندازه با پتاسیم یکسان می‌باشند و توانایی تبادلی خوبی با پتاسیم دارند. بار، اندازه و انرژی آبگیری پتاسیم و آمونیوم مشابه است، اما قدرت پلاریزه آمونیوم بیشتر از پتاسیم می‌باشد، لذا در تبادل توانایی خروج پتاسیم را دارا می‌باشد (۶). چنانکه در جدول ۶ ملاحظه می‌شود حداقل پتاسیم قابل عصاره‌گیری این خاک‌ها با استات آمونیوم از ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم بیشتر است ولی با توجه به نتایج فوق برای جذب و عملکرد گندم محدودیت وجود دارد که با کود پتاسیم و افزایش عناصر رقیب آمونیوم و کلسیم این محدودیت کاهش و عملکرد افزایش می‌یابد. بر اساس هولین (۷)، حد کفایت پتاسیم خاک برای گندم (با عصاره‌گیری با استات آمونیوم) در اغلب خاک‌ها ۱۶۰ میلی گرم بر کیلو گرم است. در خاک‌های با سطح ویژه بالا و لایه دو گانه منقطع پخشیده، قسمت اعظم نمک‌ها و عناصر خاک، از جمله پتاسیم، در لایه دو گانه پخشیده الکتریکی موجود می‌باشند و بنابراین نسبت عناصر موجود در لایه دو گانه الکتریکی به عناصر موجود در خلل و فرج خاک بسیار زیاد و به دلیل نسبت کم آب موجود در خلل و فرج به آب موجود در لایه دو گانه پخشیده الکتریکی سطح تماس برای مبادله عناصر تحت تاثیر پخشیدگی کم است و پتاسیم موجود در لایه دو گانه با سرعت کافی برای جذب و رشد گیاه فراهم نیست (۱۰). قابلیت استفاده پتاسیم علاوه بر کمیت آن روی سطوح تبادلی (قابلیت عصاره‌گیری با استات آمونیوم) به سرعت پخشیدگی آن بین سطوح تبادلی و محلول خاک نیز بستگی دارد (۷). بر اساس نتایج تحقیق حاضر سرعت کم پخشیدگی پتاسیم بین سطوح

Archive of SID

www.SID.ir

تبادلی و محلول خاک را می‌توان با کود پتاسیم (افزایش اضافه بار پتاسیم در جدول ۶) و افزایش شیب غلظت پتاسیم بین سطوح تبادلی و محلول خاک و یا استفاده از عناصر رقیب قابل تبادل با پتاسیم افزایش داد.

هم‌چنین مقایسه ضرایب همبستگی عناصر غذایی در چهار برگ بالایی گیاه در مرحله قبل از خوشه‌دهی با عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش نشان دهنده این مطلب است که در خاک‌های با سطح ویژه بالا در اراضی کشاورزی سید میران، پتاسیم مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه است(جدول ۷).

نتیجه‌گیری

حدود کفایت تعیین شده برای قابلیت استفاده پتاسیم خاک‌ها با عصاره‌گیر استات آمونیوم در خاک‌هایی که سرعت پخشیدگی پتاسیم محدود است قابل استفاده نیست زیرا برای ایجاد شیب غلظت کافی بین پتاسیم تبادلی و محلول، غلظت بالایی از پتاسیم روی سطوح تبادلی لازم است و بنابراین در این خاک‌ها (مثل خاک‌های با سطح ویژه بالا) حدود کفایت افزایش می‌یابند. میزان مصرف کود پایه در این تحقیق که حاوی میزان زیادی پتاسیم است برای تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه و تولید عملکرد بالا کافی نبود، به‌طوری‌که با افزایش بیشتر پتاسیم علاوه بر کود پایه با سه تیمار کلرور کلسیم + کلرور پتاسیم، سولفات کلسیم + کلرور پتاسیم و اوره + کلرور پتاسیم هنوز عملکرد گندم افزایش یافت. بیشترین میزان عملکرد دانه و کاه و کلش با تیمار کودی اوره + کلرور پتاسیم حاصل شد. به نظر می‌رسد کاتیون همراه آمونیوم حتی با میزان مصرف کمتر نسبت به کلسیم، بر افزایش جذب پتاسیم و عملکرد گندم بیشتر مؤثر باشد. در این تیمارها بالا بودن همبستگی میزان پتاسیم در چهار برگ بالایی گیاه با عملکرد دانه و کاه نشان می‌دهد مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گندم در خاک مزرعه دانشگاه با مقادیر معتنابه پتاسیم قابل عصاره گیری با استات آمونیوم، پتاسیم است.

منابع مورد استفاده

1. Alaedin, M. Z. 2011. The effective parameters of physical and chemical on absorbable potassium in some soils of Golestan and Tehran provinces. MSc thesis, Soil Science Department. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran. (In Farsi).
2. Ali Ehyaei, M. 1997. Methods of chemical analysis. Agricultural Institute for Research, Instruction and Extension. Technical Publication No. 1024. Tehran. (In Farsi).
3. Bohn, H. L., B. L. McNeal and G. A. O'Conner. 1985. Soil Chemistry. 2nd. ed., Wiley Pub., New York.
4. Bolt, G. H., M. G. M. Bruggenwert, F. A. M. De Haan, A. Kamphorst, I. Novozamsky, N. Van Bremen, R. Brinkman and P. J. Zwerman. 1976. Soil Chemistry, Part A. Basic Elements. Elsevier Scientific Pub. Co., Amsterdam. 281 p.
5. Cox, A.E., B. C. Joern and C. B. Roth. 1996. Non-exchangeable ammonium and potassium determination in soils with modified sodium tetraphenylboron method. *Soil Science* 60: 114–120.
6. Dhillon, S.K., P.S. Sidhu and R.C. Bansal. 1989. Release of potassium from same benchmark soils of India. *Indian Journal of Soil Science*. 40: 783-797.
7. Havlin, J. L., J. D. Bbeaton, S. L. Tisdale and W. L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. Prentice& Hall Pub., USA. 513p.
8. Mengel, K. and R. Busch. 1982. The importance of the potassium buffer power on the critical potassium level in soil. *Soil Science* 133: 27– 32.
9. Mengel, K. and L. Uhlenbecker. 1993. Determination of available interlayer potassium and its uptake by ryegrass. *Soil Science* 57: 561–566
10. Movahedi Naeini, S. A. R. and M. Rezaei. 2009. Physics Soil. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Iran. 474 p. (In Farsi).
11. Page, A.L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. Method of soil Analysis. Part 2, chemical and microbiological properties, Secound Edition, No. 9. American Society of Agron. Madison, Wisconsin, USA.
12. SAS Institute, SAS Software, version 8. 1999. SAS Institute, Cary, NC, USA.
13. Sebti, M., S. A. R. Movahedi Naeini, R. Ghorbani Nasrabadi, GH. Roshani, GH. Shahriari and M. Movahedi. 2009. A suitable soil plant available potassium extractant for a loess soil with illite dominance in clay fraction and the

Archive of SID

www.SID.ir

effects of Azotobacter and vermicompost on wheat yield, potassium uptake and tissue concentration. *Journal of Plant Production* 16: 59-76. (In Farsi).

14. Sposito, G. 2008. The Chemistry of Soils. 2nded., Oxford University Press Inc., New York, 329 p.
15. Steffens, D. and D. L. Sparks. 1997. Kinetics of none changeable ammonium release from soils. *Soil Science* 61: 455– 462.
16. Talebizadeh, E., S. A. R. Movahedi Naeini, M. H. Pahlavani and E. Zeinali. 2009. The effects of different potassium mixed fertilizer on grain yield and potassium uptake in a soil with a high specific surface. PP. 759-761. *In*: Proc. 11th Iran Cong. of Soil Sci., Gorgan, Iran. (In Farsi).

Archive of SID

www.SID.ir