





دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرمان
دانشکده علوم زراعی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی علوم خاک

تأثیر کلسیم بر رهاسازی پتاسیم در محیط ریشه و جذب توسط گندم در خاک حاوی رس ایلیت و سطح ویژه بالا

پژوهش و نگارش:

مهنا وفاخواه

استاد راهنما:

دکتر سیدعلیرضا موحدی نائینی

اساتید مشاور:

دکتر ابراهیم زینلی

مهندس امید قاسمی

زمستان ۱۳۸۹

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می شوند:

- ۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
- ۲) در انتشار نتایج پایان نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
- ۳) انتشار نتایج پایان نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب مهنا وفاخواه دانشجوی رشته مهندسی علوم خاک مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می شوم.

تقدیم بہ:

خطوط مبہم پشانی پدر خداکارم،

غزل ناب ہستی ام، استوارترین کویہ تاریخ بودم،

بہ رسم بوسہ ای بردستان باصفائش

تقدیم بہ:

سازہای بی دریغ مادر مہربانم، آن شکیبہ بی ادعا

زیباترین حکایت زندگی ام،

بہ شوق طنین روح انگیز دعای خیرش

تشکر و قدردانی

الهی ادای شکر تو را هیچ زبان نیست و دریای فضل تو را هیچ کران نیست و سر حقیقت تو بر هیچ کس عیان نیست. هدایت کن بر ما، رهی که بهتر از آن نیست. خداوند مهربان را سپاس می‌گویم که چراغ هدایت را پیش رویم نهاد و تاریکی راه زندگیم را با نور ربانیش روشن ساخت و رنج و مشقت سفر را برایم سهل نمود و فراز و نشیب راه را با لطف بی‌منت‌های خویش، برایم هموار ساخت. اکنون که به لطف خداوند مراحل انجام این پژوهش به پایان رسیده است، بر خود لازم می‌دانم تا قدردان زحمات تمام کسانی باشم که به نحوی مرا در اجرای این امر یاری نموده‌اند:

احترام، امتنان و سپاس قلبی خود را به استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر علیرضا موحدی نائینی تقدیم می‌کنم که در تمامی لحظات اجرای پایان‌نامه مرا رهین محبت‌ها و راهنمایی‌های خویش ساخته‌اند و اگر تلاش‌ها و زحمات ایشان نبود این کار به نتیجه نمی‌رسید. بی شک روحیه تحقیق، ایمان به امور علمی و تواضع علمی - اخلاقی این بزرگوار آموختنی است. خداوند توفیق را در تمام امور زندگی همراهشان گرداند.

از اساتید مشاور بزرگوارم جناب آقای دکتر ابراهیم زینلی و جناب آقای مهندس امید قاسمی که در نهایت لطف و سعه صدر در تمام مراحل اجرای پایان‌نامه اینجانب را ارشاد فرموده‌اند، کمال تشکر را دارم. از جناب آقای دکتر فرشاد کیانی و جناب آقای دکتر کامبیز مشایخی به‌خاطر تقبل زحمت داوری این تحقیق و از جناب آقای دکتر محمد قربانی که مدیریت برگزاری جلسه دفاعیه را به‌عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی بر عهده داشتند قدردانی می‌نمایم.

همچنین از دوستان خوبم خانم‌ها فاطمه شکوهی، نرگس ملک جانی، مهسا دادپور و سمیرا عشقی ستوده نهایت تشکر و قدردانی را دارم. بزرگوارانی که در پناه یاری آنها سخت‌ترین لحظات این راه، شیرین‌ترین خاطراتم شد.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاتیون همراه آمونیوم و کلسیم (از دو منبع کلرور کلسیم و سولفات کلسیم) بر جذب پتاسیم توسط گندم دیم و عملکرد، تیمارهای کلرور کلسیم (معادل ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کلسیم)، گچ (معادل 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 در چهار تکرار با یک طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه شماره ۱ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مقایسه شدند. کود پایه مخلوط پتاسیم و آمونیوم (اوره ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و فسفات دی آمونیوم ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) در همه تیمارها اعمال شد و منابع کودی کلسیم در تیمارهای فوق الذکر دو ماه قبل از کشت برای تیمارهای مربوطه اعمال شدند. با کاربرد کافی ازت، 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. خشکی خاک ممکن است باعث افزایش تثبیت پتاسیم با رس‌های ایلیت خاک شود. 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 بطوریکه 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. کاتیون همراه کلسیم از منبع سولفات کلسیم موجب افزایش جذب پتاسیم و عملکرد گندم شد ولی کلسیم از منبع کلرور کلسیم بر جذب پتاسیم و عملکرد گندم مؤثر نبود. تأثیر سینرژستیکی کلسیم بر قابلیت جذب پتاسیم در معیت یون سولفات از کلر بیشتر بود. به نظر می‌رسد کاتیون همراه آمونیوم حتی با میزان مصرف کمتر نسبت به کلسیم، بر افزایش جذب پتاسیم و عملکرد گندم بیشتر مؤثر باشد. بین میزان پتاسیم خاک (با تترافنیل بران سدیم و اضافه بار) و عملکرد در مراحل قبل خوشه‌دهی و برداشت ضرایب رگرسیون بسیار بیشتری نسبت به همبستگی پتاسیم خاک با استات آمونیوم ملاحظه شد. پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم معیار خوبی برای برآورد پتاسیم قابل استفاده خاک‌های محل آزمایش و تعیین حدود کفایت پتاسیم خاک برای تولید گندم نیست.

واژه‌های کلیدی: گندم دیم، اضافه بار پتاسیم، تترافنیل بران سدیم، کاتیون‌های همراه کلسیم و آمونیوم با کود

پتاسیم

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه.....
۲	۱-۱- کلیات.....
۳	۲-۱- بیان مسئله.....
۴	۳-۱- فرضیه.....
۵	۴-۱- هدف.....
۷	فصل دوم: بررسی منابع.....
۸	۱-۲- پتاسیم موجود در خاک.....
۸	۲-۲- اشکال پتاسیم در خاک.....
۹	۱-۲-۲- پتاسیم محلول.....
۱۰	۲-۲-۲- پتاسیم تبادلی.....
۱۳	۳-۲-۲- پتاسیم غیر تبادلی یا تثبیت شده.....
۱۴	۴-۲-۲- پتاسیم ساختمانی.....
۱۴	۳-۲- ایلیت.....
۱۵	۴-۲- ظرفیت آزادسازی پتاسیم ساختمانی.....
۱۵	۵-۲- تثبیت پتاسیم.....
۱۶	۶-۲- تأثیر عوامل موثر بر قابلیت جذب پتاسیم.....
۱۷	۷-۲- نقش پتاسیم در گیاه.....
۱۸	۸-۲- لایه دوگانه پخشیده منقطع.....
۱۹	۹-۲- نمونه‌ای از پژوهش‌های انجام شده.....
۱۹	۱-۹-۲- بررسی‌های انجام شده در مورد عصاره‌گیرهای پتاسیم.....
۲۱	۲-۹-۲- بررسی‌های انجام شده در مورد جذب ریشه‌ای پتاسیم در حضور کلسیم.....
۲۳	۳-۹-۲- بررسی‌های انجام شده در مورد بیوشیمی پتاسیم در خاک.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۷	فصل سوم: مواد و روش ها.....
۲۸	۱-۳- آماده سازی زمین، اعمال تیمارها و کشت بذر.....
۲۹	۲-۳- روش کار.....
۲۹	۱-۲-۳- اندازه گیری ظرفیت تبادل کاتیونی خاک.....
۳۰	۲-۲-۳- تعیین اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک.....
۳۰	۳-۲-۳- اندازه گیری بافت خاک.....
۳۰	۴-۲-۳- اندازه گیری درصد رطوبت اشباع.....
۳۰	۵-۲-۳- اندازه گیری آهک.....
۳۱	۶-۲-۳- اندازه گیری ماده آلی.....
۳۲	۷-۲-۳- اندازه گیری ازت آمونیاکی به روش رنگ سنجی.....
۳۲	۸-۲-۳- اندازه گیری ازت نیتراته به روش ولتامتری.....
۳۲	۹-۲-۳- اندازه گیری فسفر قابل جذب به روش اولسن.....
۳۳	۱۰-۲-۳- اندازه گیری پتاسیم قابل جذب با استات آمونیوم.....
۳۳	۱۱-۲-۳- اندازه گیری پتاسیم قابل جذب با تترافنیل بران سدیم.....
۳۴	۱۲-۲-۳- اندازه گیری پتاسیم قابل جذب با روش اضافه بار.....
۳۴	۱۳-۲-۳- اندازه گیری کلسیم و منیزیم محلول و قابل جذب خاک در عصاره استات آمونیوم.....
۳۴	۱۴-۲-۳- عصاره گیری گیاه.....
۳۴	۱۵-۲-۳- اندازه گیری فسفر کل گیاه.....
۳۵	۱۶-۲-۳- اندازه گیری پتاسیم کل گیاه.....
۳۵	۱۷-۲-۳- اندازه گیری کلسیم و منیزیم کل گیاه.....
۳۵	۱۸-۲-۳- اندازه گیری ازت کل گیاه به روش کجلدال.....
۳۵	۳-۳- طرح آماری.....

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل چهارم: نتایج و بحث.....	۳۷
۱-۴- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک قبل از کشت.....	۳۸
۲-۴- تأثیر تیمارها بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات زراعی.....	۳۹
۳-۴- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، اجزای عملکرد و برخی صفات زراعی.....	۴۲
۴-۴- تأثیر تیمارها بر درصد ماده خشک گندم در ۶ مرحله از رشد گیاه.....	۴۴
۱-۴-۴- مرحله پنجه زنی.....	۴۴
۲-۴-۴- اوایل مرحله ساقه روی.....	۴۴
۳-۴-۴- مرحله ظهور گل آذین.....	۴۴
۴-۴-۴- مرحله شیری شدن.....	۴۴
۵-۴-۴- مرحله خمیری شدن.....	۴۵
۶-۴-۴- مرحله برداشت گندم.....	۴۵
۵-۴-۴- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر غذایی در چهار برگ بالایی گیاه در مرحله قبل از خوشه دهی گندم.....	۴۶
۱-۵-۴- غلظت فسفر.....	۴۶
۲-۵-۴- غلظت پتاسیم.....	۴۷
۳-۵-۴- غلظت کلسیم.....	۴۷
۴-۵-۴- غلظت منیزیم.....	۴۷
۵-۵-۴- غلظت ازت.....	۴۷
۶-۴-۴- تأثیر تیمارها بر میلی اکری والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم گیاه در مرحله قبل از خوشه دهی.....	۴۸
۷-۴-۴- تأثیر تیمارها بر نسبت K/Ca ، K/Mg و $K/(Ca+Mg)$ در چهار برگ بالایی گیاه در مرحله قبل از خوشه دهی.....	۴۹
۸-۴-۴- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر غذایی در دانه گندم در مرحله برداشت.....	۵۱
۱-۸-۴- غلظت فسفر.....	۵۱

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵۲	۴-۸-۲- غلظت پتاسیم
۵۲	۴-۸-۳- غلظت کلسیم
۵۲	۴-۸-۴- غلظت منیزیم
۵۳	۴-۹-۱- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر غذایی در کاه و کلش گندم در مرحله برداشت
۵۳	۴-۹-۱-۱- غلظت فسفر
۵۳	۴-۹-۲- غلظت پتاسیم
۵۳	۴-۹-۳- غلظت کلسیم
۵۴	۴-۹-۴- غلظت منیزیم
۵۶	۴-۱۰-۱- تأثیر تیمارها بر میلی اکی والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم دانه گندم در مرحله برداشت
۵۶	۴-۱۱-۱- تأثیر تیمارها بر میلی اکی والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم کاه و کلش گندم در مرحله برداشت
۵۷	۴-۱۲-۱- تأثیر تیمارها بر نسبت K/Ca ، K/Mg و $K/(Ca+Mg)$ در دانه در مرحله برداشت گندم
۵۸	۴-۱۳-۱- تأثیر تیمارها بر نسبت K/Ca ، K/Mg و $K/(Ca+Mg)$ در کاه کلش در مرحله برداشت گندم
۶۰	۴-۱۴-۱- تأثیر تیمارها بر برداشت عناصر غذایی توسط دانه گیاه در مرحله برداشت گندم
۶۰	۴-۱۴-۱-۱- برداشت فسفر
۶۰	۴-۱۴-۲- برداشت پتاسیم
۶۱	۴-۱۴-۳- برداشت کلسیم
۶۱	۴-۱۴-۴- برداشت منیزیم
۶۲	۴-۱۵-۱- تأثیر تیمارها بر برداشت عناصر غذایی توسط کاه و کلش گیاه در مرحله برداشت گندم
۶۲	۴-۱۵-۱-۱- برداشت فسفر
۶۲	۴-۱۵-۲- برداشت پتاسیم
۶۲	۴-۱۵-۳- برداشت کلسیم
۶۳	۴-۱۵-۴- برداشت منیزیم
۶۴	۴-۱۶-۱- تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر غذایی در خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
..... غلظت آمونیوم. ۱-۱۶-۴	۶۴
..... غلظت نیترات. ۲-۱۶-۴	۶۴
..... غلظت فسفر قابل جذب خاک. ۳-۱۶-۴	۶۴
..... غلظت کلسیم در عصاره استات آمونیوم. ۴-۱۶-۴	۶۵
..... غلظت منیزیم در عصاره استات آمونیوم. ۵-۱۶-۴	۶۵
..... مجموع ازت آمونیومی و ازت نیتراتی. ۶-۱۶-۴	۶۵
..... غلظت پتاسیم قابل جذب خاک عصاره‌گیری شده با سه نوع عصاره‌گیر متفاوت. ۷-۱۶-۴	۶۵
..... غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم. ۱-۷-۱۶-۴	۶۵
..... غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده با تترا فنیل بران سدیم. ۲-۷-۱۶-۴	۶۶
..... غلظت پتاسیم اندازه‌گیری شده با روش اضافه بار. ۳-۷-۱۶-۴	۶۶
..... تأثیر تیمارها بر میلی اکی والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم. ۱۷-۴	۶۸
..... تأثیر تیمارها بر نسبت K/Ca و K/Mg در خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم. ۱۸-۴	۶۹
..... تأثیر تیمارها بر نسبت K/(Ca+Mg) در خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم. ۱۹-۴	۷۰
..... تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر غذایی در خاک در هنگام برداشت محصول. ۲۰-۴	۷۳
..... غلظت آمونیوم. ۱-۲۰-۴	۷۳
..... غلظت نیترات. ۲-۲۰-۴	۷۳
..... غلظت فسفر قابل جذب خاک. ۳-۲۰-۴	۷۳
..... غلظت کلسیم در عصاره استات آمونیوم. ۴-۲۰-۴	۷۳
..... غلظت منیزیم در عصاره استات آمونیوم. ۵-۲۰-۴	۷۴
..... مجموع ازت آمونیومی و ازت نیتراتی. ۶-۲۰-۴	۷۴
..... غلظت پتاسیم قابل جذب خاک عصاره‌گیری شده با سه نوع عصاره‌گیر متفاوت. ۷-۲۰-۴	۷۴
..... غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم. ۱-۷-۲۰-۴	۷۴
..... غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده با تترا فنیل بران سدیم. ۲-۷-۲۰-۴	۷۴

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۲۰-۷-۳- غلظت پتاسیم اندازه‌گیری با روش اضافه بار	۷۴
۴-۲۱- تأثیر تیمارها بر میلی‌اکی‌والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم خاک در مرحله برداشت.....	۷۶
۴-۲۲- تأثیر تیمارها بر نسبت‌های K/Ca و K/Mg در خاک در مرحله برداشت گندم	۷۷
۴-۲۳- تأثیر تیمارها بر نسبت K/(Ca+Mg) در خاک در مرحله برداشت گندم	۷۸
۴-۲۴- ضریب همبستگی بین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک با سه نوع عصاره‌گیر متفاوت در مراحل قبل از خوشه‌دهی و برداشت با برخی صفات زراعی در دو مرحله از رشد گندم	۸۱
۴-۲۵- ضریب همبستگی بین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک با سه نوع عصاره‌گیر متفاوت در مراحل قبل از خوشه‌دهی و برداشت با عملکرد دانه، کاه و کلش و غلظت پتاسیم در دانه و کاه و کلش گندم	۸۱
۴-۲۶- خطوط رگرسیون عملکرد دانه و کاه و کلش با پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم، تترافنیل بران سدیم و روش اضافه بار پتاسیم در مراحل قبل از خوشه‌دهی و برداشت گندم.....	۸۱
۴-۲۷- ضرایب همبستگی بین برداشت عناصر غذایی بوسیله دانه و کاه گندم با عملکرد دانه و کاه در مرحله برداشت	۸۲
فصل پنجم: نتیجه‌گیری	
۵-۱- نتیجه‌گیری کلی	۸۸
۵-۲- پیشنهادات	۹۲
فهرست منابع	۹۳
ضمائم	

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول ۱-۴	نتایج تجزیه شیمیایی خاک	۳۸
جدول ۲-۴	نتایج تجزیه فیزیکی خاک	۳۸
جدول ۳-۴	تجزیه واریانس اجزای عملکرد گندم	۴۱
جدول ۴-۴	مقایسه میانگین اجزای عملکرد گندم	۴۱
جدول ۵-۴	ضریب همبستگی بین اجزای عملکرد گندم در مرحله برداشت	۴۳
جدول ۶-۴	تجزیه واریانس درصد ماده خشک گندم در شش مرحله از رشد گندم	۴۵
جدول ۷-۴	مقایسه میانگین درصد ماده خشک گندم در شش مرحله از رشد گندم	۴۶
جدول ۸-۴	تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در گیاه در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم	۴۸
جدول ۹-۴	مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی در گیاه در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم (درصد)	۴۸
جدول ۱۰-۴	تجزیه واریانس میلی اکری والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم گیاه در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم	۵۰
جدول ۱۱-۴	مقایسه میانگین میلی اکری والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم گیاه در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم	۵۰
جدول ۱۲-۴	تجزیه واریانس نسبت مولی عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاه در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم	۵۱
جدول ۱۳-۴	مقایسه میانگین نسبت مولی عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاه در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم	۵۱
جدول ۱۴-۴	تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در دانه در مرحله برداشت گندم	۵۲
جدول ۱۵-۴	تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در کاه و کلش در مرحله برداشت گندم	۵۴
جدول ۱۶-۴	مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی در کاه و کلش و دانه در مرحله برداشت گندم (درصد)	۵۵
جدول ۱۷-۴	تجزیه واریانس میلی اکری والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم گیاه در مرحله برداشت	۵۹

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۴-۱۸- مقایسه میانگین میلی اکری والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم گیاه در مرحله برداشت	۵۹
جدول ۴-۱۹- تجزیه واریانس نسبت مولی عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاه در مرحله برداشت	۵۹
جدول ۴-۲۰- مقایسه میانگین نسبت مولی عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاه در مرحله برداشت	۶۰
جدول ۴-۲۱- تجزیه واریانس برداشت عناصر غذایی بوسیله دانه در مرحله برداشت گندم	۶۱
جدول ۴-۲۲- تجزیه واریانس برداشت عناصر غذایی بوسیله کاه در مرحله برداشت گندم	۶۳
جدول ۴-۲۳- مقایسه میانگین برداشت عناصر غذایی در کاه و کلش و دانه گندم در مرحله برداشت (کیلوگرم در هکتار)	۶۳
جدول ۴-۲۴- تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم	۶۷
جدول ۴-۲۵- مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی در خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی گندم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۶۷
جدول ۴-۲۶- تجزیه واریانس میلی اکری والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی	۷۱
جدول ۴-۲۷- مقایسه میانگین میلی اکری والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی	۷۱
جدول ۴-۲۸- تجزیه واریانس نسبت مولی عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی	۷۲
جدول ۴-۲۹- مقایسه میانگین نسبت مولی عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی	۷۲
جدول ۴-۳۰- تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی در خاک در مرحله برداشت گندم	۷۵
جدول ۴-۳۱- مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی در خاک در مرحله برداشت گندم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۷۵

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول ۴-۳۲- تجزیه واریانس میلی اکی والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم خاک در مرحله برداشت	۷۹
جدول ۴-۳۳- مقایسه میانگین میلی اکی والان عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم خاک در مرحله برداشت	۷۹
جدول ۴-۳۴- تجزیه واریانس نسبت مولی عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم خاک در مرحله برداشت	۸۰
جدول ۴-۳۵- مقایسه میانگین نسبت مولی عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ۱۰۰ گرم خاک در مرحله برداشت	۸۰
جدول ۴-۳۶- ضریب همبستگی بین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک با سه نوع عصاره‌گیر متفاوت با برخی صفات زراعی در دو مرحله از رشد گندم	۸۳
جدول ۴-۳۷- ضریب همبستگی بین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک با سه نوع عصاره‌گیر متفاوت با عملکرد دانه، کاه و غلظت پتاسیم در دانه و کاه	۸۴
جدول ۴-۳۸- ضریب همبستگی بین برداشت عناصر غذایی به وسیله دانه و کاه و کلش گندم با عملکرد دانه و کاه گندم	۸۵

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۲- اشکال پتاسیم در خاک..... ۹
- شکل ۲-۲- موقعیت‌های جذبی پتاسیم بر روی کانی‌های رسی..... ۱۱
- شکل ۳-۲- مدلی از سیلیکات‌های ورقه‌ای ۲:۱ با مکان‌های تبادل پتاسیم..... ۱۲
- شکل ۴-۲- توزیع غلظت در یک لایه دوگانه قطع شده..... ۱۹

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کلیات

خاک در اصطلاح، به قشر بسیار نازک و سطحی گفته می‌شود که در اثر متلاشی شدن سنگ‌ها در زمانی بسیار دراز و تحت تأثیر عوامل طبیعی تشکیل شده است. خاک حاوی موجودات زنده و مواد آلی است و بستر طبیعی برای تغذیه و رشد و نمو گیاهان می‌باشد. خاک اساس و زیر بنای کشاورزی بوده و ادامه حیات و بقای انسان، حیوانات و گیاهان بدون آن ممکن نیست (روزی‌طلب، ۱۳۶۹).

گندم در اکثر جوامع بشری به عنوان یک محصول راهبردی، منبع اصلی تامین کننده فیبر و کالری مورد نیاز است. در ایران حدود نیمی از سطح زیر کشت محصولات به گندم اختصاص دارد (کشاورز و همکاران، ۱۳۸۰). پتاسیم از یک طرف به دلیل وظایف فیزیولوژیکی گسترده‌ای که در گیاه به عهده دارد و از طرف دیگر به دلیل ایجاد استحکام ساقه و مقاومت آن در مقابل خوابیدگی، افزایش کارایی مصرف و جذب ازت و ایجاد مقاومت در برابر آفات و امراض، نقش کلیدی در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت دانه گندم دارد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۷۶). اگرچه مقدار برداشت پتاسیم توسط دانه در مقایسه با کاه کمتر است ولی عموماً کلش گندم بعد از برداشت به منظور مصارف دام و غیره از مزرعه خارج می‌شود، لذا کشت مداوم گندم و کود پذیری بالای ارقام جدید، عدم رعایت تناوب زراعی، برنگرداندن بقایای گیاهی به خاک و عدم مصرف کودهای پتاسیمی سبب تخلیه خاک از پتاسیم گردیده و این امر سبب بروز کمبود پتاسیم در گیاه و در نهایت کاهش عملکرد آن می‌گردد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۷۶).

بخش عمده عناصر ضروری مورد نیاز گیاه (مانند K ، Ca و Mg) در فاز جامد خاک نگهداری می‌شود. پتاسیم یکی از عناصر غذایی اصلی گیاه است، که در خاک به شکل‌های مختلف محلول، تبادل‌ی، غیرتبادل‌ی و ساختمانی وجود دارد. تعادل میان شکل‌های پتاسیم محلول و تبادل‌ی، می‌تواند نشان دهنده وضعیت قابلیت استفاده پتاسیم در خاک باشد. مطالعات نشان دادند که رفتار پتاسیم با عوامل متعدد خاک و محیط همبستگی دارد. نوع کانی رسی، رژیم رطوبتی، سابقه کشت و کوددهی، دمای خشک شدن و هوازگی از این عوامل هستند (عبدالحنان، ۲۰۰۸). در محل آزمایش قابلیت استفاده پتاسیم تحت تأثیر دو عامل سطح ویژه و وضعیت دانه‌بندی خاک کنترل می‌شود (علاءالدین، ۱۳۸۹).

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 (منگل و بوسچ، ۱۹۸۲).

منگل و بکر (۱۹۹۳). برای تغذیه مطلوب گیاه، مقدار K^+ محلول خاک تحت تأثیر رهاسازی پتاسیم غیر تبدلی از کانی‌های رسی و ماده آلی می‌باشد. تثبیت و رهاسازی به مقدار K^+ در محلول خاک و نوع کانی رسی که در خاک وجود دارد، بستگی دارد (استفان و اسپارکس، ۱۹۹۷). در خاک محل آزمایش با توجه به سطح ویژه زیاد، لایه دوگانه پخشیده منقطع، نسبت بیشتر پتاسیم موجود در لایه دوگانه الکتریکی به محلول خاک و سرعت پخشیدگی کم پتاسیم از روی CEC به داخل محلول خاک، انتظار می‌رود سینتیک جابجایی پتاسیم تبدلی به داخل محلول از سینتیک رهاسازی پتاسیم غیرتبدلی کندتر و عامل کنترل غلظت پتاسیم در محلول خاک و قابلیت جذب آن باشد (علاءالدین، ۱۳۸۹).

اغلب مشاهده شده است که در محیط ریشه گونه‌های مختلف گیاهان، مقدار متفاوتی از کاتیون‌های غذایی تجمع می‌یابد. این خصوصاً در مورد جذب کاتیون‌های تک ظرفیتی و دو ظرفیتی در گندمیان مرتعی و بقولات چشمگیر است. مقدار پتاسیمی که گیاه جذب می‌کند نه تنها به گونه و غلظت یون در محیط ریشه بستگی دارد بلکه مربوط به مقدار کلسیم و منیزیم هم می‌شود. یک فاکتور پیچیده در تجمع پتاسیم اثر سریع کلسیم و به مقدار کمتر منیزیم و یون‌های دو ظرفیتی و سه ظرفیتی دیگر روی جذب پتاسیم و یون‌های همراه است (کان و هانسن، ۱۹۵۷). در خاک محل آزمایش، کاتیون همراه آمونیوم و کلسیم در الکترولیت، موجب حرکت بیشتر پتاسیم گردید (فرهنگی، ۱۳۸۹).

در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک حضور کاتیون کلسیم به مقدار زیاد در سیستم تعادلی خاک (محلول و تبدلی)، همواره واکنش‌های شیمیایی فاز محلول و تبدلی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد که می‌تواند پاسخگوی بسیاری از مسائل در شیمی حاصلخیزی خاک و قابلیت استفاده این عناصر به ویژه پتاسیم باشد. پدیده تبادل از جمله این واکنش‌های شیمیایی است که تأثیر کاتیون دو ظرفیتی کلسیم در آن بسیار مهم می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع، تحقیقات زیادی در خاک‌های آهکی کشور در این زمینه انجام نشده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

۱-۲- بیان مسئله

در خاک مزرعه شماره ۱، با سطح ویژه بالا با تغذیه کافی ازت، مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گندم، پتاسیم خاک است. اضافه کردن کلسیم به خاک ممکن است از طریق مکانیزم‌های زیر موجب کاهش جذب پتاسیم توسط گیاه گردد:

- کلسیم ممکن است باعث بسته شدن رس ایلیت خاک و کاهش دسترسی ریشه به پتاسیم گردد (بولت، ۱۹۷۶).
- ممکن است افزایش غلظت کلسیم در محیط ریشه موجب افزایش رقابت و کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه گردد (وایلد، ۱۹۸۸) و نیز ممکن است کلسیم در داخل گیاه با جایگزینی به جای پتاسیم در فرایندهای متابولیکی موجب کاهش عملکرد گردد.
- و ممکن است از طریق مکانیزم‌های زیر موجب افزایش جذب پتاسیم توسط ریشه گندم گردد:
 - در خاک‌های با سطح ویژه بالا و لایه دوگانه منقطع پخشیده ممکن است مقادیر معتدلی پتاسیم در لایه دوگانه موجود باشد ولی به دلیل نسبت کم آب موجود در خلل و فرج به آب موجود در لایه دوگانه پخشیده و پخشیدگی کند، این پتاسیم با سرعت کافی برای جذب و رشد گیاه مهیا نباشد. افزایش پتاسیم به همراه عناصر رقیب مثل آمونیوم و کلسیم ممکن است بتواند موجب کاهش تثبیت پتاسیم، افزایش غلظت پتاسیم در DDL، افزایش اضافه بار پتاسیم و افزایش سرعت پخشیدگی پتاسیم به محیط ریشه گردد.
 - در خاک‌های با لایه دوگانه منقطع پخشیده (سطح ویژه زیاد)، تجمع کلسیم در فواصل نزدیک سطح کلوئید، ممکن است موجب رانده شدن پتاسیم یک ظرفیتی به فواصل دورتر و افزایش قابلیت استفاده پتاسیم برای ریشه گردد. حتی ممکن است میزان تثبیت پتاسیم در بین لایه‌های رس ایلیت با خشک شدن خاک با حضور کلسیم کاهش یابد.
 - در بالانس مکانیزم‌های فوق‌الذکر، مقدار جذب پتاسیم به مکانیزم غالب در بین آن‌ها بستگی دارد. در صورتیکه در مزرعه شماره ۱ مکانیزم‌هایی که جذب پتاسیم را افزایش می‌دهند غالب باشند، با افزایش کلسیم به خاک، عملکرد گندم افزایش می‌یابد و می‌توان در خاک‌های مشابه از افزایش کلسیم برای افزایش جذب پتاسیم و عملکرد گندم استفاده نمود.

۱-۳- فرضیه

اگرچه، کاربرد کلسیم ممکن است تثبیت پتاسیم موجود بین لایه‌های ایلیت را افزایش یا جذب پتاسیم بوسیله ریشه‌ها را به دلیل اثرات آنتاگونیستی کاهش دهد اما ممکن است با کاهش ورود پتاسیم به داخل لایه دوگانه منقطع پخشیده و کاهش تثبیت پتاسیم در بین لایه‌های رس ایلیت (با خشک