Archive of SID

مجله پژوهش در علوم کشاورزی، جلد پنجم،
شماره اول، تابستان ۱۳۸۸(صفحه ۱۹-۱۳)

تأثیر مصرف همزمان سوپر فسفات تریپل و پودر سنگ فسفات برعملکرد خشک و قابلیت جذب فسفر در یونجه همدانی

آرزو احمدزاده[1*]، احمد محمدی قهساره[2] و رامین ایرانی پور[3]

۱- عضو علمی دانشگاه پیام نور

۲- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

۳- استادیار پژوهش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۳

چکیده

به منظور تعیین اثرات اصلی و باقی‌مانده نسبت‌های مختلف سوپر فسفات تریپل و خاک فسفات غلیظ شده، آزمایشی در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از ٦ تیمار در ۳ تکرار به مدت ۲ سال بر روی محصول یونجه همدانی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی چهار تخته شهرکرد اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی عبارت بودند از:T1: سوپر فسفات تریپل(TSP)، T2: ۰/۸ سوپر فسفات تریپل + ۰/۲ خاک فسفات، T3: ۰/۵ سوپر فسفات تریپل + ۰/۵ خاک فسفات، T4: ۰/۲ سوپر فسفات تریپل + ۰/۸ خاک فسفات، T5: خاک فسفات (PR) و T6: شاهد. پس از برداشت محصول نسبت به تعیین وزن خشک و غلظت عناصر فسفر، روی و آهن در گیاه اقدام گردید. نتایج سال اول پژوهش(اثرات اصلی تیمارها) نشان داد تیمار T2 باعث افزایش عملکرد محصول خشک به میزان ۳۵ درصد و مقدار فسفر در گیاه به میزان ۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید. همچنین تیمار T3 باعث افزایش ۱۷/۳ درصد میزان آهن نسبت به تیمار T6 (شاهد) گردید. بیشترین درصد فسفر در گیاه به میزان ۰/۲۷ درصد مربوط به تیمار T2 بود که با تیمار T4 در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشت. نتایج همین بررسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارT2 با سایر تیمار ها وجود نداشت. در سال دوم پژوهش (اثرات باقی‌مانده) بیشترین درصد فسفر در گیاه به میزان ۰/۲۱ درصد مربوط به تیمار T1 و کمترین درصد فسفر به میزان ۰/۱۷ درصد مربوط به تیمار T3 می‌باشد. تیمار T3 باعث افزایش ٤/٤ درصد روی در سال اول و تیمار T4 باعث افزایش ۱۲ درصد در سال دوم گردید. در سال اول، تیمار T3 باعث افزایش ۱۷/۳ درصد آهن و در سال دوم، تیمار T2 باعث افزایش ۹۸ درصد آهن در گیاه نسبت به شاهد گردید. نتایج همچنین نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمار T2 با سایر تیمارها وجود نداشت.

کلمات کلیدی: **خاک فسفات غلیظ شده، سوپر فسفات تریپل، فسفرگیاه، فسفر قابل جذب، یونجه همدانی**

[*]نویسنده مسئول: Email:Arezoo _ Ahmadzasdeh2005@ yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با توجه به فراوانی نسبی برخی از عناصر غذایی مانند فسفر در خاک‌های آهکی، مقدار قابل جذب این عناصر در بسیاری از موارد کمتر از مقدار لازم برای تامین رشد مناسب گیاه است (به خصوص در مورد گیاهان علوفه‌ای چند ساله با ریشه عمیق). قابلیت جذب فسفر در خاک تحت تاثیر عوامل متعددی محدود می‌گردد که از جمله این عوامل می‌توان به واکنش قلیایی خاک، مقدار زیاد کربنات کلسیم (آهک)، مقدار اندک مواد آلی، وفورکاتیون‌های بازی و اثرات متقابل سایر عناصر اشاره نمود. نتایج تحقیقات انجام گرفته نشان داده است که مصرف کودهای فسفاتی طی سال‌های بعد از کشت برای گیاهان علوفه‌ای چند ساله به دلیل حرکت بسیار ناچیز کودهای فسفاتی در خاک و عمق نفوذ زیاد ریشه گیاهان علوفه‌ای چند ساله فاقد کارایی لازم می‌باشد(۱).

منبع اصلی تولید کودهای فسفاته، خاک فسفات (آپاتیت) است (۱۱). ذخایر سنگ فسفات دنیا، حدود ۱۲۹۸۰۰۰ میلیون تن تخمین زده شده که متوسط فسفر آن حدود ٤/٤ درصد است. منابع سنگ فسفات که درصد فسفر آن‌ها حدود ٪۱۲ باشد برای تولید کودهای فسفره اقتصادی می‌باشند (١٤). استفاده از سنگ فسفات با درصد فسفر پایین برای تولید کودهای فسفاته، موجب افزایش قیمت کودهای فسفاته در طی سال‌های آینده خواهد بود. این افزایش قیمت همراه با تقاضای روز افزون برای کودهای فسفره، سبب شده است تا بررسی‌های زیادی در خصوص امکان مصرف مستقیم این ماده صورت گیرد.

در سال‌های اخیر استفاده از خاک فسفات غلیظ شده به عنوان کود فسفاتی در برخی کشور ها به دلیل سرمایه گذاری اندک و مصرف انرژی ناچیز جهت فراوری آن مورد توجه قرار گرفته است (۳). کانسارهای خاک فسفات در چند ناحیه از جهان از جمله در شمال آفریقا، ایالات متحده و روسیه یافت می شوند. ترکیب فسفات در این کانسارها آپاتیت می‌باشد (۲). به دلیل پایین بودن فسفر قابل جذب در این ماده، همچنین به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن اکثر خاک‌ها وجود pH بالا، تنش خشکی، وجود بی‌کربنات فراوان در آب های آبیاری، کمبود مواد آلی در خاک‌های زراعی کشور، استفاده مستقیم از این ماده در خاک‌های آهکی رایج نمی‌باشد. ولی نتایج تحقیقات انجام شده توسط محققین مختلف نشان داده است که می‌توان با اعمال تدابیر و روش‌های علمی، قابلیت جذب فسفر را در این ماده افزایش داد (۱).

در مالزی، اندونزی و سریلانکا برای گیاه چای و درختانی نظیر نخل روغنی و در اروپا، نیوزلند، برزیل، شیلی و کلمبیا برای مزارع و مراتع دائمی از خاک فسفات غلیظ شده استفاده می‌گردد. نتایج آزمایش‌هایی که در مورد کاربرد مستقیم خاک فسفات غلیظ شده برای گیاهان یکساله و چند ساله انجام گرفته نشان داد که کارآیی خاک فسفات برای گیاهان یک ساله کمتر از گیاهان چند ساله می‌باشد.

آزمایش‌های دراز مدت انجام شده به وسیله‌ی چاین و همکاران (۵) نشان داده است که محصولات حاصل از واکنش انواع خاک فسفات غلیظ شده دارای همان اشکال فسفات آهن یا فسفات آلومینیوم ولی با ساختمان کریستالی ضعیف تر و ناپایدار تر در مقایسه با فسفات های آهن و آلومینیوم حاصل از انحلال سوپر فسفات تریپل که دارای ساختمان کریستالی مستحکم و پایدارتری هستند می باشند (۵). بنابر این عقیده بر آن است که اثرات باقیمانده حاصل از مصرف خاک فسفات غلیظ شده به دلیل ناپایداری بیشتر کریستال های فسفات آهن و آلومینیوم تشکیل شده ، بیش از اثرات باقیمانده حاصل از مصرف سوپر فسفات تریپل در خاک می‌باشد. تحقیقات مزرعه‌ی راجان (۱۲) نشان داده است که تیمارهای محتوی خاک فسفات دارای اثرات باقیمانده طولانی‌تری نسبت به تیمار مربوط به مصرف سوپر فسفات تریپل به تنهایی بوده‌اند.

چاین و همکاران (٤) نیز اثر خاک فسفات بر جذب فسفر بر عملکرد ذرت را در یک خاک اسیدی مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

قرار داده که نتایج نشان داد که با افزایش نسبت کود سوپر فسفات تریپل به خاک فسفات، عملکرد وزن خشک و جذب فسفر از خاک فسفات افزایش یافت. همچنین وقتی نسبت سوپر فسفات و سنگ فسفات ۱:۱ بود نتایج مشابه نتایج حاصل از سوپر فسفات تریپل بوده است.

در حال حاضر به منظور تامین فسفر مورد نیاز گیاهان در خاک از انواع مختلف کودهای شیمیایی فسفاتی استفاده می‌گردد ولی با توجه به کارایی اندک، افزایش قیمت جهانی و وارداتی بودن بخش عمده این ترکیبات و همچنین آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف این کودها (تجمع کادمیم در خاک)، تمایل به استفاده از دیگر منابع تامین کننده فسفرمورد نیاز گیاهان در حال گسترش است(٦).

با توجه به مسائل و مشکلات موجود، ضرورت انجام تحقیق در زمینه استفاده از دیگر منابع به منظور تامین فسفر مورد نیاز گیاه، کاهش آلودگی زیست محیطی و کاهش هزینه واردات کودهای شیمیایی فسفاتی انکار ناپذیر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

خاک مورد استفاده برای اجرای این آزمایش، از خاک‌های زراعی اطراف مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد انتخاب گردید سپس به منظور بررسی خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش، از افق‌های سطحی و عمقی خاک نمونه‌هایی به طور تصادفی انتخاب و پس از مخلوط نمودن آنها، نمونه مرکب در آزمایشگاه خاکشناسی بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی در جدول (۱) آورده شده است. این آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از ٦ تیمار در ۳ تکرار به مدت ۲ سال بر روی محصول یونجه همدانی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی چهار تخته شهرکرد اجرا گردید. در این آزمایش کود ازته به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار و به صورت استارتر از منبع اوره همزمان با عملیات آماده سازی زمین استفاده شد. منبع تامین فسفر سوپر فسفات تریپل و خاک فسفات است که فسفر قابل جذب با استفاده از محلول بیکربنات سدیم و دستگاه اسپکتوفتومتر محاسبه گردید. و تیمارهای مورد استفاده به صورت زیر می‌باشند.

جدول ۱- نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کلر (میلی اکی والان بر لیتر)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	کربن آلی (درصد)	مواد خنثی شده (درصد)	هدایت الکتریکی $dS.m^{-1}$	اسیدیته (pH)
۲۳	٤٨/٦	۲۸/٤	۰/۰۸	۲٤۸	٤/۲	۰/۵۲	۲۳/۸	۰/٦۸	۷/۸

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارهای مورد بررسی عبارتند از:
T1 = سوپر فسفات تریپل، T2 = ۰/۸ سوپر فسفات تریپل + ۰/۲ خاک فسفات، T3 = ۰/۵ سوپر فسفات تریپل +۰/۵ خاک فسفات، T4 = ۰/۲ سوپر فسفات تریپل + ۰/۸ خاک فسفات، T5 = خاک فسفات، T6 = شاهد.

در این مطالعه خاک فسفات از معدن آسفوردی یزد استخراج شده که ماده اولیه برای تولید کود فسفاته می‌باشد. همچنین از رقم یونجه همدانی *(Medicago sativa C.V)* استفاده شده که این رقم مخصوص مناطق سرد سیر می‌باشد. یونجه همدانی نسبت به سرما مقاوم بوده و دارای رشد کند می‌باشد و در سال بیش از ۳ تا ٤ چین نمی‌دهد. بذر یونجه توسط کارگر (با دست) در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه ۱۳۸٤ کشت گردیده و اولین آبیاری نیز همزمان با کشت صورت گرفت. تاریخ آبیاری‌های بعدی با توجه به اقلیم منطقه هر هفته یک بار انجام پذیرفت و بعد از آن به دلیل شروع یخبندان و باران‌های پاییزی آبیاری در پاییز انجام نشد و آخرین آبیاری در آبان ماه ۱۳۸٤ (زمانی که محصول سبز روی زمین وجود داشت صورت گرفت) مبارزه با علف‌های هرز نیز به صورت دستی (کارگر) انجام پذیرفت. نمونه برداری از اندام هوایی، زمانی که حداکثر ۱۰ درصد گل دهی گیاه یونجه در مزرعه موجود باشد انجام پذیرفت وسپس برای تهیه عصاره، گیاه با استفاده از اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه هضم گردید و پارامتر های زیر مورد تجزیه قرارگرفت.

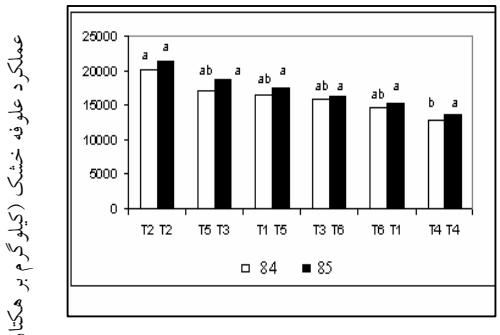
عملکرد علوفه خشک و درصد فسفر (کالریمتری)، درصد کلسیم (جذب اتمی)، مقدار روی و آهن (جذب اتمی) در اندام هوایی گیاه اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به روش آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار Costat و نمودارها به کمک نرم افزارExcel رسم گردید.

نتایج

بررسی اثر تیمارها بر عملکرد خشک در سال ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵

همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است بیشترین عملکرد خشک در سال ۱۳۸٤ به میزان ۲۰۰۱۸/۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار T2 (۰/۸ سوپر فسفات تریپل + ۰/۲ خاک فسفات) بود که با تیمار T4 (۰/۲ سوپر فسفات تریپل + ۰/۸ خاک فسفات) در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری دارد. نتایج همین بررسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمار T2 با سایر تیمارها وجود نداشت.

در سال ۱۳۸۵ بیشترین عملکرد خشک به میزان ۲۱٤٦۱/٤ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار T2 (۰/۸ سوپر فسفات تریپل + ۰/۲ خاک فسفات) بود. نتایج همین بررسی نشان داد که کمترین مقدار عملکرد خشک به میزان ۱۳٦۲۲/۱ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار T4 (۰/۲ سوپر فسفات تریپل + ۰/۸ خاک فسفات) می‌باشد.



عملکرد علوفه خشک (کیلوگرم بر هکتار)

تیمار

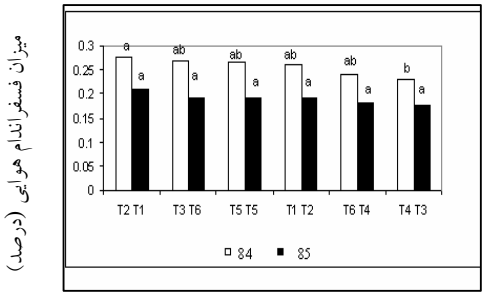
شکل ۱- اثر تیمارها بر عملکرد خشک در سال ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵

همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است در سال ۱۳۸٤ بیشترین درصد فسفر به میزان ۰/۲۷ درصد مربوط به تیمار T2 (۰/۸ سوپر فسفات تریپل + ۰/۲ خاک فسفات) بود که با تیمار T4 (۰/۲ سوپر فسفات تریپل + ۰/۸ خاک فسفات) در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری دارد. نتایج همین بررسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارT2 با سایر تیمارها وجود نداشت. در سال ۱۳۸۵ بیشترین درصد فسفر به میزان ۰/۲۱ درصد مربوط به تیمار T1 (سوپر فسفات تریپل) بود که با تیمارهای دیگر در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارد. و کمترین درصد فسفر به میزان ۰/۱۷ درصد مربوط به تیمار T3 (۰/۵سوپر فسفات تریپل + ۰/۵ خاک فسفات) می‌باشد (شکل۲). برتری نسبی تیمار T1 در سال ۱۳۸۵ در مقایسه با تیمارهای دیگر احتمالاً به دلیل حلالیت زیاد فسفر در کود سوپر فسفات تریپل می‌باشد که در اثر حلالیت زیاد فسفر از کود سوپر فسفات تریپل آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و بیشترین عملکر فسفر در گیاه زمان است که مقدار کود فسفره زیاد باشد.

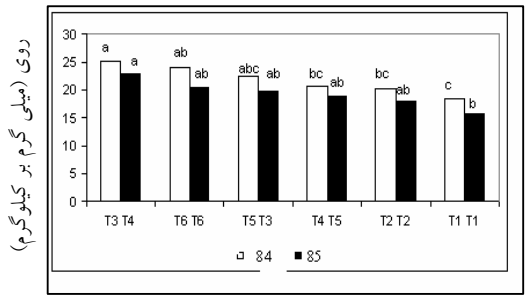


تیمار

شکل۲ – اثر تیمارها بر مقدار فسفر در گیاه در سال ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵

بررسی اثر تیمارها بر مقدار روی در سال ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵

همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است در سال ۱۳۸٤ بیشترین مقدار روی به میزان ۲۵/۱ میلی گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار T3 (۰/۵ سوپر فسفات تریپل + ۰/۵ خاک فسفات) بود که با تیمار T4 (۰/۲سوپر فسفات تریپل +۰/۸ خاک فسفات)، T2 (۰/۸سوپر فسفات تریپل +۰/۲ خاک فسفات) و T1 (سوپر فسفات تریپل) در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری دارد و کمترین میزان روی مربوط به تیمار T1 (سوپر فسفات تریپل) می‌باشد. در سال ۱۳۸۵ بیشترین مقدار روی به میزان ۲۳ میلی گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار T4 (۰/۲ سوپر فسفات تریپل + ۰/۸ خاک فسفات) بود که با تیمار T1 (سوپر فسفات تریپل) اختلاف معنی‌داری دارد و کمترین میزان روی مربوط به تیمار T1 می‌باشد. نتایج همین بررسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمار T4 با سایر تیمارها وجود نداشت (شکل ۳).



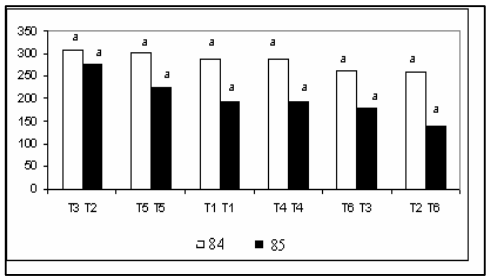
تیمار

شکل۳ – اثر تیمارها بر مقدار روی در گیاه در سال ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵

در سال ۱۳۸٤ بیشترین مقدار آهن به میزان ۳۰۷/۳٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار T3 (۰/۵ سوپر فسفات تریپل + ۰/۵ خاک فسفات) بود. نتایج همین بررسی نشان داد که کمترین مقدار آهن مربوط به تیمار T2 (۰/۸ سوپر فسفات تریپل + ۰/۲ خاک فسفات) می‌باشد (شکل ٤). در سال ۱۳۸۵ بیشترین مقدار آهن به میزان ۲۷۵/٤٦ میلی گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار T2 (۰/۸ سوپر فسفات تریپل+۰/۲ خاک فسفات) بود. کمترین مقدار آهن به میزان ۱۳۸/٦ میلی گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمارT6 (شاهد) می‌باشد (شکل ٤).

www.SID.ir

Archive of SID



تیمار

شکل ٤- اثر تیمارها بر مقدار آهن در گیاه در سال ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵

بحث

با توجه به شکل ۱ کاربرد (۰/۸ سوپر فسفات تریپل+ ۰/۲ خاک فسفات) باعث افزایش عملکرد خشک در سال‌های ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵ شده است. این امر می‌تواند به دلیل کاهش رسوب عناصر آهن و منگنز، در نتیجه انحلال ذرات سوپر فسفات تریپل و نیز اثرات باقی‌مانده بیشتر ذرات خاک فسفات در خصوص تامین فسفر مورد نیاز گیاه می‌باشد. چاین و همکاران (۵) در آزمایشات خود نشان دادند که محصولات حاصل از واکنش انواع خاک فسفات غلیظ شده دارای همان اشکال فسفات Al ولی با ساختمان کریستالی ضعیف تر و ناپایدارتر می‌باشد (در مقایسه با فسفات Al و Fe حاصل از انحلال سوپر فسفات تریپل).

در شکل ۲ نشان داده شده است که بیشترین درصد فسفر در سال ۱۳۸٤ مربوط به تیمار T2 می‌باشد این امر می‌تواند به دلیل وجود مقدار زیاد فسفر در کود سوپر فسفات تریپل همراه ۲۰ درصد خاک فسفات می‌باشد. ممکن است ریشه گیاهان موادی با وزن ملکولی کم به محیط اطراف خود تراوش کند این مواد عبارتند از قندها، اسیدهای آمینه و اسیدهای آلی که رها سازی مواد در اثر فتوسنتز توسط ریشه و تجزیه آن‌ها توسط میکروارگانیسم‌های محیط ریشه pH را تحت تاثیر قرار داده و روی جذب فسفر در محیط اطراف ریشه اثر می‌گذارد و در اثر افزایش فسفر در ریزوسفر میزان این عنصر در گیاه افزایش می‌یابد (۱۰).

نتایج حاصل از تحقیقات راجان (۱۲) نشان داده است که تیمارهای محتوی خاک فسفات و سوپر فسفات تریپل دارای اثرات باقیمانده طولانی تری نسبت به تیمار مربوط به مصرف سوپر فسفات تریپل به تنهایی بوده اند.

در شکل ۲ نیز نشان داده شده است که بیشترین درصد فسفر در سال ۱۳۸۵ مربوط به تیمار T1 می‌باشد به طور کلی استفاده از کودهای محلول فسفاته مانند سوپر فسفات تریپل در خاک‌های آهکی نسبت به کودهای دیگر ارجحیت دارد. اگر چه کودهای کم محلول مانند سنگ فسفات ممکن است به شکل محلول در آید ولی کندی سرعت حل شدن آن نسبت به تثبیت شدن، فسفر را تحت تاثیر قرار می‌دهد بدین منظورسرعت انحلال به مراتب کند تر از سرعت تثبیت و غیر قابل دسترس شدن آن برای گیاه می باشد (۷).

در شکل ۳ نشان داده شده است که بیشترین مقدار روی در سال ۱۳۸٤ مربوط به تیمار T3 می‌باشد بررسی نسبی تیمار T3 در مقایسه با تیمارهای دیگر احتمالاً به دلیل بر هم کنش منفی روی با فسفر در خاک، اثر رقت یا کاهش غلظت روی به علت رشد زیاد ناشی از مصرف فسفر زیاد، بدون این که تاثیر در جذب کل روی داشته می‌باشد.

همچنین در شکل ۳ نشان داده شده است که بیشترین مقدار روی در سال ۱۳۸۵ مربوط به تیمار T4 می‌باشد. بررسی نسبی تیمار T4 در مقایسه با تیمارهای دیگر احتمالاً به دلیل بر هم کنش منفی روی با فسفر در خاک، بی نظمی یا اختلال متابولیکی در سلول‌های گیاهی به علت عدم توازن بین نسبت فسفر و روی و اثر منفی فسفر در انتقال روی از ریشه به گیاه از طریق آوندهای چوبی صورت می گیرد ملتون و همکاران (۹) نشان دادند که ضریب انتشار روی در خاک های آهکی در مقایسه با خاک های اسیدی کمتر است (۸).

در شکل ٤ بیشترین مقدار آهن در سال ۱۳۸٤ مربوط به تیمار T3 می‌باشد، که احتمالاً به دلیل وجود ۵۰ درصد خاک فسفات همراه سوپر فسفات می‌باشد که زیادی فسفر خاک می‌تواند باعث غیر متحرک شدن آهن شده و از جذب

www.SID.ir

Archive of SID

آهن توسط ریشه‌ها جلوگیری کرده و در نتیجه مانع انتقال آهن از ریشه به اندام هوایی می شود. و بیشترین مقدار آهن در سال ۱۳۸۵ مربوط به تیمار T2 می‌باشد. جذب آهن به میزان زیادی تحت تاثیر کاتیون ها می باشد اثر رقابتی منگنز، مس و روی در جذب آهن مشاهده شده است و این قبیل اثرها روی جذب آهن، ممکن است به دلیل توانایی فلزات سنگین در ایجاد کمبود آهن در تعدادی از گونه‌های گیاهی باشد. فلزات سنگینی چون مس و روی می‌توانند جایگزین آهن در کمپلکس‌های کلیت شوند و تشکیل کلیت فلز سنگین را بدهند این امر می‌تواند در محدود ساختن جذب و مصرف آهن چه در اثر کاهش انتقال کلیت آهن به ریشه گیاه و چه در خود گیاه به علت تاثیر فلز سنگین بر مراکز فعالیت فیزیولوژیکی برای آهن مهم به شمار آید (۱۱).

منابع

۱. **ملکوتی م. ج.۱۳۷۸.** کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران، چاپ دوم، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران. ٤٦٠ صفحه.

۲. **ملکوتی م.ج.، س.ع. ریاضی همدانی.۱۳۷۰.** کود ها و حاصلخیزی خاک. تالیف تیسدل و نلسون، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ایران. ٤٦٠ صفحه.

3. Abd-Elmonem E.A. and A. Amberger. 2000. Studies on some factors affecting the solublization of P from rock phosphate. In: X International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition, eds. Wally Y. and Shehab X., pp. 6-7. National Research Centre (NRC). Cairo, Egypt.

4. Chien S.H., F. Adams, F.E. Khasawneh and K. Enao. 1987. Effects of combinations of triple superphosphate and reactive phosphate rock on yield and phosphorus uptake by corn. Soil Science Society of America Journal, 51:1656- 1658.

5. Chien S.H., R.G. Menon and K.S.Billingham. 1996. Phosphorus availability from phosphate rock as enhanced by water- soluble phosphorus. Soil Science Society of America Journal, 60:1173-1177.

6. Cifuentes F.R. and W.C. Lindemann. 1993. Organic matter stimulation of elemental sulfur oxidation in calcareous soil. Soil Science Society of America Journal, 57: 727-731.

7. Hagin J. and B. Tucker. 1982. Fertilization of Dryland and Irrigated Soils. Springer Verlag, New York, 186p.

8. Kochian L.V. 1991. Mechanisms of micronutrent uptake and translocation plants. In: Mortvedt J.J. et al.(Eds). Micronutrients in Agricuture. 2nd ed., Soil. Science Society of America, pp.229- 298.

9. Melton T.J.R., S.K. Mahtab and A.R. Swaboda. 1973. Diffusion of zinc in soils as a function of applied zinc, phosphorus and soil pH. Soil Science of America Proceeding, 37:379-381.

10. Mengel K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4th ed., International Potash Institute, Basel, Switzerland.

11. Najib L. A. and O. Ramli. 1996. Suggested maturing schedule of rubber plantation for timber production. Planter, 72:483-500.

12. Prasad R. and J.F. Power. 1997. Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. CRC Press, LTC.

13. Rajan S.S.S. 1982. Influence of phosphate rock reaction and granule size on the effectiveness of biosuper. Fertilizer Research, 3:3-12.

14. Tissdale S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.L. Halvine.1990. Soil Fertility and Fertilizer. 5 th ed., Macmillan, Publication Company, New York. 634p.

www.SID.ir