

تأثیر کربنات کلسیم و گچ بر عملکرد، اجزای عملکرد، جذب آهن، مس و روی ذرت (*Zea mays*) در دو بافت خاک

مهدی انصاری عزآبادی^۱، حسین شیرانی^{۱*}، حسین دشتی^۲ و احمد تاج آبادی پور^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۲۴)

چکیده

خاک‌های آهکی و گچی، عواملی محدودکننده برای جذب برخی عناصر غذایی توسط گیاه و تولید محصول هستند. اغلب خاک در ایران آهکی و گچی می‌باشند. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر کربنات کلسیم و گچ بر قابلیت جذب برخی عناصر غذایی و رشد گیاه ذرت بود. این مطالعه در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان انجام شد. تیمارها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اعمال شدند. تیمارها شامل کربنات کلسیم در سه سطح (صفر، ۲۰ و ۴۰ گرم در صد گرم خاک)، گچ در سه سطح (صفر، ۱۵ و ۳۰ گرم در صد گرم خاک) و بافت خاک در دو سطح (شن و لوم رسی سیلتی) بود. نتایج نشان داد که افزایش مقدار کربنات کلسیم به هر دو نوع بافت خاک در بالاترین سطح موجب کاهش معنی‌دار سطح برگ (۸۰ و ۱۵ درصد کاهش به ترتیب برای بافت شنی و لوم رسی سیلتی)، وزن خشک (۷۰ و ۱۴ درصد کاهش به ترتیب برای بافت شنی و لوم رسی سیلتی)، ارتفاع گیاه (شیب ۰/۷- برای خاک شنی و ۰/۱۵- برای خاک ریزبافت)، جذب آهن (شیب ۹/۶۷- برای خاک شنی و ۱۱/۳- برای خاک ریزبافت) و روی (شیب ۰/۲۴- برای خاک شنی و ۱- برای خاک ریزبافت) اندام هوایی شد، ولی تأثیر معنی‌داری بر جذب مس اندام هوایی نداشت. افزایش مقدار گچ به خاک شنی، باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ (۸۰ درصد کاهش)، وزن خشک (۶۲ درصد کاهش) و جذب مس اندام هوایی (شیب ۱/۹۳-) شد، ولی اثر معنی‌داری بر ارتفاع و جذب روی اندام هوایی نداشت. کاربرد گچ، جذب آهن اندام هوایی در خاک ریزبافت را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (شیب ۲۴/۸۶-)، در صورتی که بر جذب آن در خاک درشت بافت اثر معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: کربنات کلسیم، گچ، بافت خاک، عناصر غذایی، ذرت

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۲. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shirani379@yahoo.com

مقدمه

خاک یک سیستم پیچیده و پویاست که از اجزا و ترکیبات گوناگونی تشکیل شده است. از جمله این ترکیبات، کربنات کلسیم و گچ هستند که می‌توانند بر جذب عناصر ضروری، توسط گیاه تأثیر داشته باشند. از طرفی قسمت اعظم خاک‌های ایران را خاک‌های آهکی و گچی تشکیل می‌دهند (۵) که مقدار آهک در بسیاری از مناطق کشور، از ۵۰ درصد و مقدار گچ آن از ۳۰ درصد تجاوز می‌کند (۴). ذرت یکی از محصولات پرمصرف و درآمدزای کشور است که در زمینه‌های گوناگون از جمله صنعتی، تغذیه و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. وجود کربنات کلسیم و گچ زیاد در خاک بر جذب برخی عناصر غذایی توسط گیاه از جمله ذرت اثر می‌گذارد. بیش از ۶۰ درصد از اراضی زراعی ایران به درجات مختلفی، آهکی هستند. گیاهان کشت شده در چنین خاک‌هایی بسته به میزان آهک خاک، دچار کمبود عناصری مانند مس، روی، منگنز و خصوصاً آهن می‌گردند.

به طور کلی pH خاک‌های گچی - آهکی کمتر از خاک‌های آهکی است. بنابراین، فراهمی عناصر غذایی به ویژه عناصر کم نیاز در خاک‌های گچی - آهکی نسبت به خاک‌های آهکی خیلی بیشتر است (۱). لات و چیپا (۱۵) معتقدند که در شرایط آهکی و گچی، جذب عناصر غذایی در واریته‌های مختلف ذرت کاهش می‌یابد و برای جبران این کمبود باید مقادیر بیشتری از حد معمولی مصرف این عناصر در اختیار گیاه قرار گیرد. تاندون (۲۷) در تحقیقی در مورد عملکرد ذرت در خاک‌های آهکی هند گزارش داد که با مصرف آهن، روی و مس عملکرد ذرت در حدود دو برابر افزایش یافت. ماس و همکاران (۱۸) گزارش کردند که رشد رویشی ارقام مختلف ذرت در صورت آبیاری با آب حاوی بی‌کربنات کاهش می‌یابد. این پژوهشگران توصیه نمودند که مصرف کودهای پرمصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم و به خصوص، عناصر کم‌مصرف در شرایط آهکی باید بیشتر از شرایط معمولی باشد. شمیما (۲۳) طی آزمایشی تأثیر آهک بر جذب عناصر روی و منگنز در گیاه ذرت را بررسی

کرد و گزارش نمود که افزایش سطوح آهک تا سطح ۴۵ درصد به خاک، غلظت عنصر روی و منگنز را به ترتیب ۷۴ و ۴۸ درصد کاهش داد. کریستنسن و همکاران (۱۱) طی آزمایشی گزارش نمودند که با افزایش کربنات کلسیم در خاک، جذب عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی، تا حد قابل توجهی محدود می‌شود. آنها دلیل این امر را pH بالا و تشکیل ترکیبات نامحلول روی در خاک بیان کردند. این نتایج با گزارش‌های دیگر محققان نیز مطابقت دارد (۳، ۶ و ۲۶). در چهل سال گذشته، آزمایش‌های زیادی در رابطه با نقش و اهمیت عنصر آهن بر عملکرد محصولات کشاورزی در خاک‌های آهکی بسیاری از نقاط دنیا انجام شده است و کماکان، بررسی‌ها درباره ارزیابی منابع این عنصر و مبارزه با کمبود آن در این خاک‌ها ادامه دارد (۱۲). حسینی و کریمیان (۲) نیز طی آزمایشی تأثیر افزایش گچ به خاک را بر غلظت برخی عناصر غذایی بررسی کردند و گزارش نمودند که افزایش مقدار گچ به خاک، باعث کاهش معنی‌دار غلظت آهن در گیاه ذرت شد. اسپراگ (۲۵) گزارش داد که افزودن گچ به خاک، غلظت مس اندام هوایی ذرت را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. وی بیان کرد در خاک‌هایی با مقدار گچ زیاد، باید به تغذیه گیاه از نظر عناصر ریزمغذی توجه شود. ولش و همکاران (۲۹) با استفاده از روش‌های مختلف مصرف سولفات مس در ارقام مختلف ذرت در یک خاک آهکی، نتیجه گرفتند که مصرف سولفات مس، نه تنها عملکرد گیاه را به‌میزان قابل توجهی افزایش داد، بلکه غلظت این عنصر در دانه ذرت هم فزونی یافت. چنین نتایجی توسط دیگر پژوهشگران نیز بیان شده است (۱۹).

اغلب مناطق کشور ما جزء مناطق خشک محسوب می‌شوند که گسترش خاک‌های آهکی و گچی در آنها زیاد است. بنابراین، انجام تحقیقاتی در خصوص آثار آهک و گچ بر جذب عناصر غذایی و رشد محصول، از نظر مدیریت کشاورزی و کوددهی می‌تواند سودمند باشد. به‌همین منظور، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کربنات کلسیم، گچ و آثار

(صفر، ۱۵ و ۳۰ گرم در صد گرم خاک) و بافت خاک در دو سطح (شنی و لوم رسی سیلتی) بود. کربنات کلسیم با فرمول CaCO_3 و خلوص ۹۲ درصد، و گچ با فرمول $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ و خلوص ۹۰ درصد، ساخت کارخانه کوئیلاب (Quelab) کانادا تهیه شد. لازم به ذکر است که برای تعیین مقدار لازم از هر سطح کربنات کلسیم و گچ به منظور افزودن به خاک، درصد ناخالصی آنها محاسبه و مد نظر قرار گرفت. مقدار ۱۲۰۰ گرم خاک، داخل کیسه‌های پلاستیکی ۲ کیلویی ریخته شد و سطوح مختلف گچ و کربنات کلسیم اضافه گردیدند. عناصر غذایی بر اساس آزمون خاک به صورت محلول به خاک افزوده شدند. به این ترتیب که از منبع اوره (۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، فسفر و پتاسیم از منبع پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، روی، مس و آهن به ترتیب از منابع سولفات روی، سولفات مس و کلات آهن (۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) تأمین و قبل از کشت به خاک اضافه گردیدند. خاک‌های تیمار شده موجود در ترکیب، به‌خوبی مخلوط و به داخل گلدان‌های پلاستیکی منتقل و در مجموع در این پژوهش تعداد ۵۴ گلدان حاوی تیمارهای مورد نظر آماده شد. لازم به ذکر است که قبل از انجام آزمایش اصلی، به‌منظور اطمینان از تأثیرگذاری کربنات کلسیم و گچ بر برخی خواص خاک‌ها، به‌عنوان شاهد، ۱۲۰۰ گرم خاک و تیمارهای کربنات کلسیم و گچ مربوط به آن، به‌تعداد ۱۸ گلدان اضافه و پس از حدود ۴۰ روز مقدار pH خاک‌ها اندازه‌گیری شدند که میزان آنها در خاک با مقدار مورد انتظار، مطابقت داشتند. بدین معنی که در تیمارهای کربنات کلسیم، pH بین ۸ تا ۸/۵ و در تیمارهای بدون کربنات کلسیم بین ۶/۴ تا ۷ بود. بذره‌های ذرت استریل شده واریته سینگل کراس ۷۰۴ که از مرکز خدمات کشاورزی تهیه شده بود، به تعداد ۵ عدد در گلدان‌ها در عمق ۳ سانتی‌متری کشت و با آب مقطر آبیاری شدند و رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی نگه‌داری شد. پس از پانزده روز تعداد بذره‌های جوانه‌زده، به سه عدد تقلیل داده شد. آبیاری گلدان‌ها با

متقابل آنها بر وزن خشک، سطح ویژه برگ، ارتفاع اندام هوایی گیاه ذرت (*Zea mays*) و نیز جذب برخی عناصر غذایی، شامل آهن، مس و روی توسط این گیاه در دو نوع بافت خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

ابتدا خاک کافی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر توسط مته دستی، از مناطق مختلف استان گیلان (خاک شنی از شهرستان رشت، منطقه‌ی سیاه رود، سد تاریک فومن و خاک لوم رسی سیلتی از شهرستان رشت، بخش سراوان، جنگل گلسرک) با دو نوع بافت درشت و ریز که مقدار گچ و کربنات کلسیم آنها ناچیز بود، تهیه شد. بدین صورت که ابتدا برای هر نوع بافت، نمونه‌ها از ۵ نقطه برداشت و سپس با هم مخلوط و در کل دو نمونه مرکب از دو نوع بافت خاک به دست آمد و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از خشک کردن خاک‌ها در هوا و عبور از الک ۲ میلی‌متری، بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت خاک به روش هیدرومتر (۹)، کربن آلی به روش جکسون (۱۴)، کربنات کلسیم معادل به روش خشتی‌سازی با اسیدکلریدریک (۸)، گچ به روش استون (۲۲)، pH در خمیر اشباع به‌وسیله الکتروود شیشه‌ای و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه EC متر (۲۲)، فسفر قابل استفاده با عصاره‌گیری به روش اولسن و اندازه‌گیری با روش اسید آسکوربیک (۲۰)، آهن، مس و روی عصاره‌گیری شده با DTPA (۱۶) توسط دستگاه جذب اتمی، پتاسیم عصاره‌گیری شده به روش استات آمونیوم توسط دستگاه شعله‌سنجی، تعیین شدند (جدول ۱). رده‌بندی خاک تا حد زیرگروه با زدن پروفیل در مناطق نمونه‌برداری تعیین گردید. خاک ریزبافت از نظر رده‌بندی در زیرگروه Typic Hapludolls و خاک درشت‌بافت در زیرگروه Typic Dystrudepts قرار دارد. آزمایش در شرایط گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل کربنات کلسیم در سه سطح (صفر، ۲۰ و ۴۰ گرم در صد گرم خاک)، گچ در سه سطح

جدول ۱. برخی ویژگی اولیه خاک‌های مورد آزمایش

مقدار	مقدار	خصوصیت
۴/۸	۳۲/۸	رس (درصد)
۳/۶	۴۷/۶	سیلت (درصد)
۹۱/۶	۱۹/۶	شن (درصد)
شنی	لوم رسی سیلتی	بافت
۱۰/۱	۲۴/۸	ظرفیت زراعی (درصد وزنی)
۱/۹	۱۲/۴	نقطه‌ی پژمردگی دائم (درصد وزنی)
صفر	صفر	کربنات کلسیم معادل (درصد)
صفر	صفر	سولفات کلسیم (درصد)
۶	۶/۵	pH
۱/۶	۱/۸	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
۱۰/۴	۲۲/۶	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بر کیلوگرم)
۰/۱	۳	ماده آلی (درصد)
۱۶/۴	۳۶/۵	سففر به روش اولسن (میلی گرم در کیلوگرم)
۲۴۷/۷	۲۷۶/۳	پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)
۱/۳	۱۴/۱	آهن عصاره‌گیری شده با DTPA (میکروگرم در گرم خاک)
۱/۲	۶/۲	روی عصاره‌گیری شده با DTPA (میکروگرم در گرم خاک)
۱/۸	۶/۹	مس عصاره‌گیری شده با DTPA (میکروگرم در گرم خاک)

است و عملکرد گیاهان در این دو نوع بافت، تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای داشتند، بنابراین به‌منظور خنثی کردن اثر رقت عناصر، میزان غلظت هر عنصر در عملکرد گیاه ضرب شد تا جذب کلی هر عنصر توسط گیاه مشخص شود. بنابراین در این تحقیق، میزان جذب عناصر توسط گیاه، به‌صورت میکروگرم در گلدان برای عناصر میکرو گزارش شده است. در پایان، نتایج و داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزارهای کامپیوتری مثل SPSS و MSTATC تحلیل آماری شده و نمودارهای مربوطه با استفاده از برنامه Excel رسم و نتایج مورد ارزیابی و تفسیر قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تجزیه آماری مربوط به پارامتر وزن خشک، سطح ویژه، ارتفاع اندام هوایی و غلظت عناصر غذایی گیاه تحت تأثیر بافت، آهک و گچ و برهم‌کنش بین آنها در جدول ۲ آورده شده است.

آب مقطر در حد ظرفیت زراعی تعیین شده با توزین روزانه آنها انجام گرفت. به این معنی که آب اضافه شده بر اساس رساندن رطوبت به ظرفیت زراعی افزوده شد و صرفاً به مصرف تبخیر و تعرق گلدان‌ها رسید و گلدان‌ها فاقد زه‌کش بودند. پس از پنجاه روز، گیاه برداشت و وزن خشک برگ، سطح برگ (توسط دستگاه Leaf area meter)، ارتفاع اندام هوایی اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها توسط آسیاب برقی پودر شدند و به‌منظور تهیه عصاره، یک گرم از نمونه‌های پودر شده اندام هوایی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به‌روش خشک‌سوزانی خاکستر شده و با استفاده از اسید کلریدریک به‌صورت محلول درآورده شدند. غلظت برخی عناصر ریزمغذی شامل آهن، مس و روی در گیاهان هر گلدان به‌وسیله دستگاه جذب اتمی مدل GBC AVANTA ساخت کشور استرالیا اندازه‌گیری شد. از آنجایی که در این تحقیق از دو نوع بافت خاک استفاده شده

جدول ۲. تجزیه واریانس پارامترهای رشد و غلظت برخی عناصر غذایی گیاه

میانگین مربعات							
منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک	سطح برگ	ارتفاع	آهن	مس	روی
بافت	۱	۱۴/۷*	۱۴۸۳۴۴/۲**	۲۸۹/۱**	۱۲۷۶۲۳/۷*	۲۷۶۹۹/۱**	۲۴۰۷/۰**
آهک	۲	۰/۵**	۵۰۴۵/۶**	۳۸/۸**	۲۱۱۵۸/۴ ^{ns}	۷۹۷/۱ ^{ns}	۷۶/۷ ^{ns}
گچ	۲	۲/۷**	۱۶۶۸۲/۷**	۲۰/۳**	۲۵۳۸۲/۰ ^{ns}	۴۵۶/۲ ^{ns}	۳۴/۶ ^{ns}
بافت × آهک	۲	۰/۸**	۸۰۴۲/۵**	۱۷/۵**	۱۳۸۳۲۸/۲*	۱۴۵۰/۶ ^{ns}	۳۱۵/۵*
بافت × گچ	۲	۰/۱ ^{ns}	۳/۴ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۱۱۴۶۳۹/۲*	۷۸۴۶/۲*	۱۶۷/۱ ^{ns}
آهک × گچ	۴	۰/۱ ^{ns}	۶۷۱/۰ ^{ns}	۲/۱ ^{ns}	۷۲۰۳۰/۸ ^{ns}	۲۳۹/۳ ^{ns}	۸۰/۸ ^{ns}
بافت × آهک × گچ	۳	۰/۵**	۲۴۰۹/۴*	۱/۸ ^{ns}	۵۷۴۹۲/۹ ^{ns}	۱۴۹/۱ ^{ns}	۱۱۴/۹ ^{ns}
خطا	۳۴	۰/۱	۷۰۱/۲	۱/۰	۲۸۲۰۲/۲	۴۷۲/۸	۸۰/۵

* و **: به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی دار است. ns: از لحاظ آماری معنی دار نمی باشد.

به طور کلی، تیمارهای بافت، کربنات کلسیم و گچ و آثار متقابل کربنات کلسیم و بافت بر ویژگی های مورد نظر اثر معنی داری داشتند. اثرات متقابل بافت و گچ فقط بر غلظت آهن و مس معنی دار بود.

وزن خشک اندام هوایی

نتایج مربوط به اثر کربنات کلسیم و گچ، بر وزن خشک اندام هوایی در دو نوع بافت خاک در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که به طور کلی، وزن خشک اندام هوایی گیاه در خاک ریزبافت، به طور معنی داری بیشتر از خاک درشت بافت بود. در خاک درشت بافت و سطح صفر آهک، افزایش مقدار گچ، باعث کاهش معنی دار وزن خشک اندام هوایی شد و در سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد آهک، مقادیر مختلف گچ اثر معنی داری بر وزن خشک اندام هوایی نداشتند. احتمالاً در خاک شنی، به علت تأثیر بسیار نامطلوب تر آهک بر رشد گیاه در سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد، افزودن گچ اثر معنی داری بر رشد گیاه نداشته و تأثیر منفی آن در حضور کربنات کلسیم، قابل ملاحظه نبوده است. زیرا کربنات کلسیم تأثیری به مراتب منفی تر بر رشد گیاه داشته است. از طرفی در خاک ریزبافت، افزایش مقدار گچ در تمام سطوح کربنات کلسیم، موجب کاهش معنی دار وزن

خشک اندام هوایی گردید، به طوری که کمترین مقدار در بالاترین سطح گچ و کربنات کلسیم دیده شد. به طور کلی، در خاک شنی و تمامی سطوح گچ، افزایش کربنات کلسیم در خاک، وزن خشک اندام هوایی را کاهش داد که فقط در بالاترین سطح گچ (۳۰ درصد) این کاهش معنی دار نبود (جدول ۳). وجود کربنات کلسیم زیاد در خاک، سبب می شود مقدار بی کربنات و pH خاک افزایش یابد که این امر باعث کاهش قابلیت جذب عناصر کم مصرف می شود و بنابراین می تواند رشد گیاه را کاهش دهد (۲۸). در خاک لوم رسی سیلتی نیز با افزایش مقدار کربنات کلسیم، وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت که شدت آن کمتر از خاک شنی بود و فقط بین تیمار صفر و ۴۰ درصد آهک از نظر وزن خشک، اختلاف معنی داری وجود داشت. در خاک ریزبافت به دلیل CEC و ماده آلی بیشتر (جدول ۱)، شدت تأثیر نامطلوب کربنات کلسیم بر جذب عناصر غذایی کمتر بوده و فقط بالاترین مقدار آن، سبب کاهش معنی دار وزن خشک شده است. ملکوتی (۶) گزارش داد، کاهش عملکرد گیاهان زراعی در خاک های ایران به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن خاک های زراعی، وجود آنیون بی کربنات در آب های آبیاری، غلظت زیاد کلسیم و کمبود مواد آلی، بسیار شایع است.

جدول ۳. اثر تیمارهای مختلف بافت، کربنات کلسیم و گچ بر وزن خشک اندام هوایی گیاه (گرم در گلدان)

بافت	آهک (درصد)		گچ (درصد)		
	۰	۱۵	۳۰	۱۵	۳۰
شنی	۰	۲/۱ ^{bcd}	۰/۸ ^g	۱/۴ ^f	۱/۴ ^c
	۲۰	۰/۸ ^g	۰/۷ ^g	۰/۸ ^g	۰/۸ ^d
	۴۰	-	۰/۳ ^g	۰/۵ ^g	۰/۴ ^e
لوم رسی سیلتی	۰	۲/۸ ^a	۱/۵ ^{ef}	۲/۲ ^{bc}	۲/۱ ^a
	۲۰	۲/۳ ^b	۱/۷ ^{cdef}	۲/۱ ^{bed}	۲/۰ ^{ab}
	۴۰	۱/۹ ^{bcde}	۱/۷ ^{def}	۱/۹ ^{bcde}	۱/۸ ^b

سطح برگ

نتایج مربوط به اثر کربنات کلسیم و گچ بر سطح برگ در دو نوع بافت خاک در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که به طور کلی، گیاه در خاک ریزبافت، سطح برگ بیشتری نسبت به خاک درشت بافت داشت. در خاک شنی، افزایش مقدار گچ در سطوح مختلف کربنات کلسیم، موجب کاهش سطح برگ شد که این کاهش، فقط در سطح صفر کربنات کلسیم معنی دار بود (جدول ۴). احتمالاً در خاک شنی، به علت تأثیر بسیار نامطلوب تر کربنات کلسیم بر رشد گیاه در سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد، افزودن گچ اثر معنی داری بر رشد گیاه نداشته است و تأثیر منفی آن در حضور کربنات کلسیم، قابل ملاحظه نیست، زیرا کربنات کلسیم تأثیری به مراتب منفی تر بر رشد گیاه داشته است. در خاک شنی، افزایش مقدار کربنات کلسیم از سطح صفر به ۲۰ درصد، در سطوح صفر و ۱۵ درصد گچ و نیز از سطح صفر به ۴۰ درصد، در سطح ۳۰ درصد گچ، موجب کاهش معنی دار سطح برگ شد. افزایش مقدار گچ به خاک درشت بافت، باعث افزایش مقدار یون کلسیم در خاک شده و این امر، موجب رقابت بین یون کلسیم و دیگر عناصر غذایی در جذب توسط گیاه شده است. در خاک لوم رسی سیلتی با افزایش مقدار گچ در سطح صفر کربنات کلسیم، سطح برگ کاهش یافت، ولی این کاهش معنی دار نبود. در سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد کربنات کلسیم، افزایش مقدار گچ از سطح صفر به ۳۰

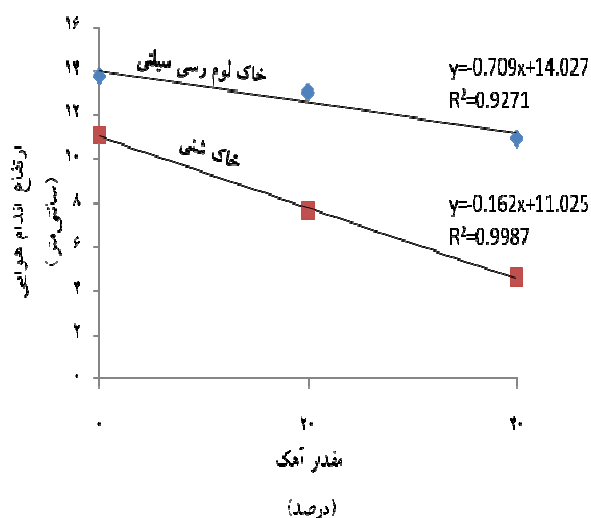
درصد، موجب کاهش معنی دار سطح برگ شد، ولی در سطح ۱۵ درصد گچ، این کاهش معنی دار نبود. هرچند خاک لوم رسی سیلتی به علت CEC و pH بیشتر، اثرپذیری کمتری از آثار نامطلوب کربنات کلسیم نسبت به خاک شنی داشته است، اما به طور کلی به نظر می رسد، افزایش مقدار کربنات کلسیم به دلیل افزایش pH و بی کربنات در خاک، آثار نامطلوبی بر جذب عناصر غذایی و در نتیجه بر سطح برگ داشته است. گیاهان کشت شده در شرایط آهکی، عمدتاً دچار کمبود عناصر غذایی و کاهش رشد می شوند (۷). برخی از پژوهشگران نیز کاهش جذب عناصر غذایی را با افزایش pH گزارش نموده اند (۱، ۷ و ۲۴).

ارتفاع اندام هوایی

نتایج مربوط به اثر کربنات کلسیم، بر ارتفاع اندام هوایی ذرت در دو نوع بافت خاک در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد، هرچند شدت کاهش ارتفاع اندام هوایی با افزایش مقدار کربنات کلسیم در خاک شنی بیشتر از خاک لوم رسی سیلتی بود، ولی ارتفاع اندام هوایی گیاه در خاک لوم رسی سیلتی نسبت به خاک شنی بیشتر بود. به نظر می رسد، افزایش مقدار کربنات کلسیم به خاک درشت بافت اثرات نامطلوب بیشتری نسبت به خاک ریزبافت بر ارتفاع اندام هوایی داشته است. افزایش مقدار کربنات کلسیم به هر دو نوع بافت خاک، باعث افزایش pH و بی کربنات شده (pH تمام خاک های حاوی

جدول ۴. اثر تیمارهای مختلف بافت، کربنات کلسیم و گچ بر سطح برگ گیاه (سانتی متر مربع در گلدان)

بافت	آهک (درصد)	گچ (درصد)			میانگین	
		۰	۱۵	۳۰	میانگین بین سطوح آهک	میانگین بین سطوح بافت
شنی	۰	۱۸۱/۴ ^{bc}	۱۲۲/۱ ^d	۷۴/۱ ^e	۱۲۵/۸ ^c	۷۲/۲ ^B
	۲۰	۷۰/۶ ^e	۷۵/۳ ^e	۵۰/۳ ^{ef}	۶۵/۴ ^d	
	۴۰	-	۳۶/۹ ^{ef}	۱۴/۲ ^f	۲۵/۵ ^e	
لوم رسی سیلتی	۰	۲۰۵/۹ ^{ab}	۲۰۰/۴ ^{ab}	۱۶۲/۱ ^{bcd}	۱۸۹/۴ ^a	۱۸۱/۴ ^A
	۲۰	۲۳۶/۴ ^a	۱۹۹/۱ ^{ab}	۱۴۷/۸ ^{cd}	۱۹۴/۴ ^a	
	۴۰	۱۷۶/۲ ^{bc}	۱۸۳/۲ ^{bc}	۱۲۲ ^d	۱۶۰/۴ ^b	



شکل ۱. اثر مقادیر مختلف کربنات کلسیم بر ارتفاع کل اندام هوایی ذرت در دو نوع بافت خاک (هر نقطه میانگین ۹ داده است).

کاهش می‌یابد. از طرفی، خاک لوم رسی سیلتی به خاطر میزان بیشتر سایت‌های تبادلی نسبت به خاک شنی، عناصر غذایی بیشتری، حتی در شرایط یکسان از نظر مقدار کربنات کلسیم، در اختیار گیاه قرار داده است. مس و همکاران (۱۸) گزارش کردند که رشد رویشی ارقام مختلف ذرت در صورت آبیاری با آب حاوی بی‌کربنات کاهش یافت. این پژوهشگران توصیه نمودند که مصرف کودهای پرمصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم و به‌خصوص عناصر کم‌مصرف در شرایط آهکی باید بیشتر از

کربنات کلسیم از ۸ بیشتر شد). این امر جذب عناصر ضروری مانند عناصر میکرو توسط گیاه را کاهش داده است (۳ و ۲۸). هم‌چنین، کلسیم آزاد شده از منابع گچ و کربنات کلسیم می‌تواند موجب کاهش جذب برخی عناصر ریزمغذی مانند آهن، روی و مس گردد و یا سولفات حاصل از گچ با این عناصر ترکیب شده و در نهایت با تبدیل این سولفات‌ها به ترکیبات نامحلول عناصر میکرو در شرایط pH بالا، باعث کاهش جذب این عناصر در گیاه شده و در نتیجه رشد گیاه

شرایط معمولی باشد.

ترکیب شده و سولفات آهن را به وجود آورد که این ترکیب در شرایط آهکی و pH بالا به ترکیبات غیر محلول آهن تبدیل می‌گردد (۲۸). این امر می‌تواند کاهش غلظت آهن اندام هوایی در سطوح بالای گچ در خاک را توجیه کند.

آهن اندام هوایی

نتایج مربوط به اثر کربنات کلسیم و گچ، بر جذب آهن کل اندام هوایی در دو نوع بافت خاک در شکل‌های ۲ و ۳ گزارش شده است. به‌طور کلی با افزایش کربنات کلسیم، غلظت کل آهن در اندام هوایی گیاه در هر دو نوع خاک کاهش یافت. محققان گزارش کرده‌اند که گیاهان کشت شده در شرایط آهکی، دچار کمبود عناصری مانند مس، روی، منگنز و خصوصاً آهن می‌شوند (۷ و ۲۸). شکل ۲ نشان می‌دهد در سطوح مختلف کربنات کلسیم، اندام هوایی گیاه در خاک لوم رسی سیلتی نسبت به خاک شنی، غلظت آهن کل بیشتری داشت. هم‌چنین شدت کاهش آهن کل اندام هوایی در خاک شنی بیشتر از خاک لوم رسی سیلتی بود که دلیل این امر احتمالاً به دلیل مقدار بیشتر سایت‌های تبادلی موجود در خاک ریزبافت نسبت به خاک درشت‌بافت است که عناصر غذایی بیشتری حتی در شرایط آهکی در اختیار گیاه قرار داده است. ضرورت مصرف کود آهن برای افزایش عملکرد ذرت در خاک‌های آهکی توسط تعدادی از پژوهشگران نیز به اثبات رسیده است (۶، ۱۷ و ۲۱). هم‌چنین در چهل سال گذشته آزمایش‌های زیادی در رابطه با نقش و اهمیت عنصر آهن بر عملکرد محصولات کشاورزی در خاک‌های آهکی بسیاری از نقاط دنیا صورت گرفته و بررسی‌ها درباره ارزیابی منابع این عنصر و مبارزه با کمبود آن در این خاک‌ها ادامه دارد (۱۲).

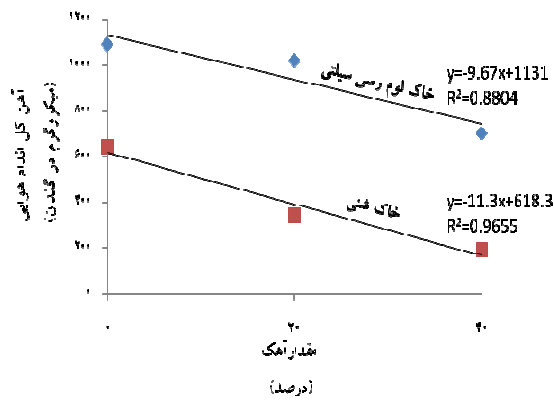
در شکل ۳ مشخص است که با توجه به معنی‌دار نشدن شیب خط خاک شنی، افزایش مقدار گچ به این خاک، اثر معنی‌داری بر آهن کل اندام هوایی نداشت، اما افزایش مقدار گچ به خاک لوم رسی سیلتی موجب کاهش معنی‌دار آهن کل اندام هوایی شد. احتمالاً افزایش مقدار گچ به خاک، غلظت یون کلسیم را افزایش داده و کلسیم با آهن برای جذب توسط گیاه رقابت کرده و جذب آهن کاهش یافته است. ضمن این‌که سولفات تولید شده در خاک در اثر کاربرد گچ، می‌تواند با آهن

مس اندام هوایی

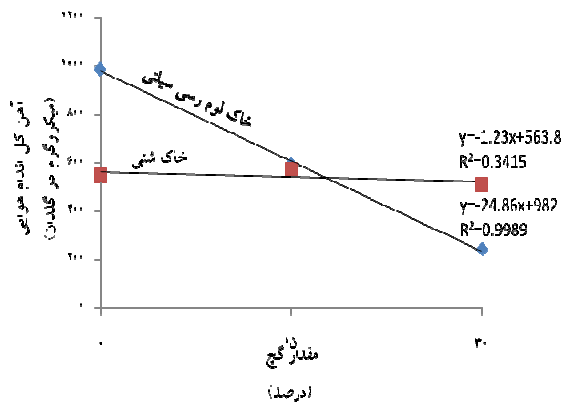
نتایج مربوط به اثر گچ، بر مس کل اندام هوایی در دو نوع بافت خاک در شکل ۴ نشان داده شده است. مس کل اندام هوایی در خاک شنی، بسیار بیشتر از خاک لوم رسی سیلتی بود، هرچند که شیب خطوط نشان می‌دهد که شدت کاهش مس کل اندام هوایی، با افزایش مقدار گچ در خاک لوم رسی سیلتی، بیشتر از شدت کاهش آن در خاک شنی بوده است. به‌دلیل این‌که مس، از آن دسته عناصر غذایی خاک است که توسط ماده آلی به‌شدت تثبیت می‌شود و قابلیت جذب آن توسط گیاه کاهش می‌یابد و نیز از آنجایی که خاک لوم رسی سیلتی مورد مطالعه در این تحقیق، حاوی مقدار زیادی ماده آلی بود، از این رو عنصر مس می‌تواند توسط ماده آلی خاک، به‌شدت تثبیت شده و به‌میزان بسیار کمی جذب گیاه گردد. به‌همین دلیل است که مس کل اندام هوایی در خاک شنی که ماده آلی آن بسیار کمتر از خاک لوم رسی سیلتی بوده، بیشتر است. از طرفی افزایش مقدار گچ به هر دو نوع بافت خاک و انحلال آن در خاک، موجب افزایش غلظت کلسیم و ایجاد رقابت بین یون‌های کلسیم و مس، برای جذب توسط گیاه شده و این امر غلظت مس اندام هوایی را کاهش داده است. چنان‌چنین نتایجی توسط دیگر پژوهشگران نیز بیان شده است (۱۰ و ۱۳).

روی اندام هوایی

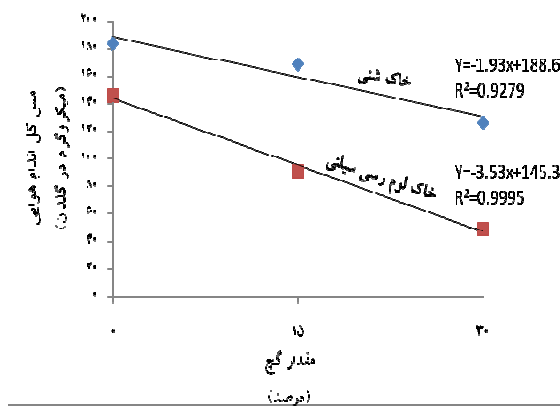
نتایج مربوط به اثر کربنات کلسیم، بر روی کل اندام هوایی در دو نوع بافت خاک در شکل ۵ نشان داده شده است. شکل ۵ نشان می‌دهد که در سطوح مختلف آهک، روی کل اندام هوایی گیاه در خاک لوم رسی سیلتی بیشتر از خاک شنی بود و نیز شدت کاهش غلظت روی اندام هوایی در خاک ریزبافت، بسیار



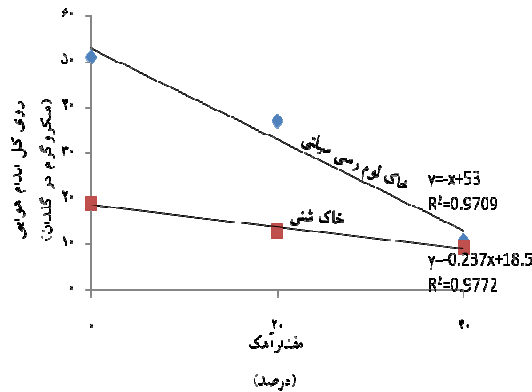
شکل ۲. اثر مقادیر مختلف کربنات کلسیم بر جذب آهن کل اندام هوایی توسط ذرت در دو نوع بافت خاک (هر نقطه میانگین ۹ داده است).



شکل ۳. اثر مقادیر مختلف گچ بر جذب آهن کل اندام هوایی توسط ذرت در دو نوع بافت خاک (هر نقطه میانگین ۹ داده است).



شکل ۴. اثر مقادیر مختلف گچ بر جذب مس کل اندام هوایی توسط ذرت در دو نوع بافت خاک (هر نقطه میانگین ۹ داده است).



شکل ۵. اثر مقادیر مختلف کربنات کلسیم بر جذب روی کل اندام هوایی توسط ذرت در دو نوع بافت خاک (هر نقطه میانگین ۹ داده است).

نتیجه گیری

پارامترهای رشد ذرت، تحت تأثیر مستقیم کربنات کلسیم و گچ خاک قرار گرفت و با افزایش کربنات کلسیم و گچ در خاک، ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ کاهش یافتند. هم‌چنین آثار متقابل تیمارها بر غلظت عناصر غذایی معنی‌دار بود و به‌طور کلی تأثیر منفی بر جذب عناصر کم‌مصرف داشتند. از بین عناصر کم‌مصرف، عنصر روی، کمترین جذب را تحت تیمارهای مختلف در ذرت داشت که این امر با توجه به قلیانیت، کربنات کلسیم و گچ زیاد خاک قابل توجیه است. عنصر آهن، بیشترین جذب را در گیاه ذرت نسبت به مس و روی داشته است، ولی به‌طور کلی کاهش جذب با افزایش مقادیر کربنات کلسیم و گچ در مورد همه عناصر مورد اندازه‌گیری دیده شد. به نظر می‌رسد در شرایط آهکی و گچی، مقادیر کوددهی در خصوص این عناصر باید بیشتر باشد.

بیشتر از خاک درشت‌بافت بود. به‌نظر می‌رسد با وجود شرایط یکسان از نظر مقدار کربنات کلسیم در هر دو نوع بافت خاک، خاک لوم رسی سیلتی به دلیل تعداد سایت‌های تبادل‌پذیر بیشتر نسبت به خاک شنی، روی بیشتری در اختیار گیاه قرار داده است. افزایش آهک به خاک، موجب افزایش pH و بی‌کربنات در خاک شده است و این امر، ترکیبات نامحلول کربنات روی و هیدروکسید روی را به‌وجود آورده و تا حد زیادی از جذب روی به‌صورت قابل استفاده برای گیاه جلوگیری کرده است. ملکوتی (۶) بیان نمود هنگامی که بی‌کربنات خاک زیاد باشد، رشد ریشه کم شده، سطح تماس ریشه با خاک و در نتیجه نفوذ عنصر روی به داخل ریشه کاهش می‌یابد. هم‌چنین، کاهش جذب روی در خاک‌های مذکور به دلیل عدم تحرک این عنصر در خاک، منجر به کاهش سرعت انتشار روی به‌طرف ریشه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. الیاس آذر، خ. ۱۳۸۳. اصلاح خاک‌های شور و سدیمی. انتشارات دانشگاه ارومیه.
۲. حسینی، م. و ن. ع. کریمیان. ۱۳۸۴. تأثیر گچ و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی ۱۵(۸): ۱۱-۲۱.
۳. خلدبرین، ب. و ط. اسلام‌زاده. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز.
۴. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات. ۱۳۸۵. آمارنامه کشاورزی. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۵. زرین کفش، م. ۱۳۸۳. مبانی علوم خاک در ارتباط با گیاه و محیط. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.
۶. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۵. مصرف کود در اراضی زراعی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۷. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
8. Alison, L. E. and C. D moodie. 1965. Carbonate. PP. 1379-1396. In: C. A. Black *et al.* (Ed.), Method of Soil Analysis. Part II, Amer. Soc. Agron., Madison, WI.
9. Bouyoucos, C. J. 1951. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54:464-465.
10. Campos, C. A. B., P. D. Fernandes and H. R. Gheyi. 2006. Yield and fruit quality of industrial corn under saline irrigation. Agric. Sci. 63:146-152.
11. Christensen, J. V., W. G. Legge, R. M. Depauw, A. M. F. Hennig, J. S. McKenzie, B. Siemens and J. B. Thomas. 1995. Effect of seeding date, nitrogen and phosphate fertilizer on growth, yield and quality of rapeseed in Northwest Alberta. Can. J. Plant Sci. 65:275-284.
12. Davies, F. S. and L. G. Albrigo. 2005. Citrus. CAB. Intl. Wallingford, England.
13. Foth, H. D. 2000. Fundamentals of Soil Science. 7th ed., John Wiley and Sons Pub., New York.
14. Jackson, M. L. 1975. Soil Chemical Analysis, Advance Course. Univ. Wisconsin, Pub., Madison, WI, USA.
15. Latt, P. and B. Chhipa. 1996. Effect of soil salinity on yield, yield attributes and nutrient uptake by different varieties of corn. Analesde Edafologiai Agrobiologia 44: 1681-1692.
16. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42:421-428.
17. Mahmood, M. M., A. H. Targ, A. Hossain, K. Farooq and K. A. Bajwa. 2005. Effect of micronutrient on the growth and yield of corn crop. Proc. of National Seminar Held at National Agricultural Research Conference (NARC). Islamabad.
18. Mass, E. V., G. L. Hoffman, G. D. Chaba, J. A. Poss and M. C. Shannon. 1983. Salt sensitivity of corn at various growth stages. Irrig. Sci. 4:45-57.
19. Mathers, A. C. 1970. Effect of ferrous sulfate and sulfuric acid on grain sorghum yield. Agron. J. 62:555-556
20. Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939, U.S. Gov. print. Office, Washington, D.C.
21. Raja, M. E. 2001. Chemical pools of iron in some soils as influenced by sources of applied zinc. J. Ind. Soc. Soil Sci. 34:97-105.
22. Richards, L. A. 1954. Diagnosis and imporvment of saline alkali soils. USDA Hand book, No. 60. Washington, D.C.
23. Shamima, N. 2002. Effect of sulphur fertilizer on yield and nutrient uptake of sunflower crop in an Albuquerque soil. Pak. J. Bio. Sci. 5:533-536.
24. Silberbush, M., J. Ben-Asher and S. H. Lips. 1991. Nutrient-salt interaction and peanut growth. Adv. Desert Arid Land Tech. Dev. 5:631- 645.
25. Sprauge, H. B. 2002. Hunger Signs in Crops, a Symposium. 3rd ed., David Mckay Co. Inc., USA.
26. Steer, B. T. and E. K. S. Harrigan. 1986. Rates of nitrogen supply durring differenty developmental stages affect yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Field Crop Res. 14:221-231.
27. Tandon, H. L. S. 2005. Micronutrient in soil, crops, and fertilizers. Fertilizer Development and Consultation Organization, New Delhi, India.
28. Tisdale, S. L., W. L. Nelson, J. D. Beaton and J. L. Halvin. 1990. Soil Fertility and Fertilizers. 5th ed., Macmillan Pub. Co., New York.
29. Welch, R. M., W. H. Allaway, W. A. House and J. Kubota. 1991. Geographic distribution of trace element problems. PP. 31-57. In: J. J. Mortvedt *et al.* (Ed.), Micronutrient in Agriculture. 2nd ed., SSSA, WI.