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 تاج‌آبادی‌پور[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 به‌صورت 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 به‌ترتیب برای بافت شنی و لوم رسی سیلتی)، وزن خشک (۷۰ و ۱۴ درصد کاهش به‌ترتیب 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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]

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 به‌خصوص، 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 ریز مغذی 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 عنملکرد 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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]

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 به‌دست 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 خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک (۸)، گچ به روش استون (۲۲)، pH در خمیر اشباع به‌وسیله الکترود شیشه‌ای و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه EC متر (۲۲)، فسفر قابل استفاده با عصاره‌گیری به‌روش اولسن و اندازه‌گیری با روش اسید آسکوربیک (۲۰)، آهن، مس و روی عصاره‌گیری شده با DTPA (۱۶) توسط دستگاه جذب اتمی، پتاسیم عصاره‌گیری شده به‌روش 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 (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 $CaSO_4.2H_2O$ و خلوص ۹۰ درصد، ساخت کارخانه کوئیلب (Quelab) کانادا تهیه شد. لازم به‌ذکر است که برای تعیین مقدار لازم از هر سطح کربنات کلسیم و گچ به‌منظور 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 به‌صورت محلول به خاک افزوده شدند. به این ترتیب که ازت 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 به‌ترتیب 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 به‌ذکر است که قبل از انجام آزمایش اصلی، به‌منظور اطمینان از تأثیرگزاری 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. بذرهای 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 بذرهای جوانه‌زده، به سه عدد تقلیل داده شد. آبیاری گلدان‌ها با

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]

جدول ۱. برخی ویژگی اولیه خاک‌های مورد آزمایش

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

آب مقطر در حد ظرفیت زراعی تعیین شده با توزین روزانه آنها انجام گرفت. به این معنی‌که 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 آن‌جایی‌که در این تحقیق از دو نوع بافت خاک استفاده شده 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.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]

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

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		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	۷۶/۷ns
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	۰/۱ns	۳/۴ns	۰/۱ ns	۱۱۴۶۳۹/۲ *	۷۸۴۶/۲ *	۱۶۷/۱ ns
آهک × گچ	۴	۰/۱ns	۶۷۱/۰ns	۲/۱ns	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 **: به‌ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار است. ns : از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

به‌طور کلی، تیمارهای بافت، کربنات کلسیم و گچ و آثار متقابل کربنات کلسیم و بافت بر ویژگی‌های مورد نظر اثر معنی‌داری داشتند. اثرات متقابل بافت و گچ فقط بر غلظت آهن و مس معنی‌دار 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 به‌طور کلی، وزن خشک اندام هوایی گیاه در خاک ریزبافت، به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک درشت‌بافت بود. در خاک درشت‌بافت و سطح صفر آهک، افزایش مقدار گچ، باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی شد و در سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد آهک، مقادیر مختلف گچ اثر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی نداشتند. احتمالاً در خاک شنی، به‌علت تأثیر بسیار نامطلوب‌تر آهک بر رشد گیاه در سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد، افزودن گچ اثر معنی‌داری بر رشد گیاه نداشته و تأثیر منفی آن در حضور کربنات کلسیم، قابل ملاحظه نبوده است. زیرا کربنات کلسیم تأثیری به‌مراتب منفی‌تر بر رشد گیاه داشته است. از طرفی در خاک ریزبافت، افزایش مقدار گچ در تمام سطوح کربنات کلسیم ، موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی گردید، به‌طوری‌که کمترین مقدار در بالاترین سطح گچ و کربنات کلسیم دیده شد. به‌طور 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 معنی‌دار نبود (جدول۳). وجود کربنات کلسیم زیاد در خاک، سبب می‌شود مقدار بی‌کربنات و pH خاک افزایش یابد که این امر باعث کاهش قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف می‌شود و بنابراین می‌تواند 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 معنی‌داری وجود داشت. در خاک ریزبافت به‌دلیل 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 معنی‌دار وزن خشک شده است. ملکوتی (۶) گزارش داد، کاهش عملکرد گیاهان زراعی در خاک‌های ایران به‌دلایل متعددی از جمله آهکی بودن خاک‌های زراعی، وجود آنیون بی‌کربنات در آب‌های آبیاری، غلظت زیاد کلسیم و کمبود مواد آلی، بسیار شایع است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]

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

بافت	آهک (درصد)	گچ (درصد)			میانگین	
		۰	۱۵	۳۰	میانگین بین سطوح آهک	میانگین بین دو بافت
شنی	۰	۲/۱ bcd	۱/۴ f	۰/۸ g	۱/۴ c	۰/۹ B
	۲۰	۰/۸ g	۰/۸ g	۰/۷ g	۰/۸ d	
	۴۰	–	۰/۵ g	۰/۳ g	۰/۴ e	
لوم رسی سیلتی	۰	۲/۸ a	۲/۲ bc	۱/۵ ef	۲/۱ a	۲/۰ A
	۲۰	۲/۳ b	۲/۱ bcd	۱/۷ cdef	۲/۰ ab	
	۴۰	۱/۹ bcde	۱/۹ bcde	۱/۷ def	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 به‌طور کلی، گیاه در خاک ریزبافت، سطح برگ بیشتری نسبت به خاک درشت‌بافت 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 معنی‌دار بود (جدول۴). احتمالاً در خاک شنی، به علت تأثیر بسیار نامطلوب‌تر کربنات کلسیم بر رشد گیاه در سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد، افزودن گچ اثر معنی‌داری بر رشد گیاه نداشته است و تأثیر منفی آن در حضور کربنات کلسیم، قابل ملاحظه نیست، زیرا کربنات کلسیم تأثیری به مراتب منفی‌تر 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 معنی‌دار سطح برگ شد. افزایش مقدار گچ به خاک درشت‌بافت، 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 معنی‌دار نبود. در سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد کربنات کلسیم، افزایش مقدار گچ از سطح صفر به ۳۰ درصد، موجب کاهش معنی‌دار سطح برگ شد، ولی در سطح ۱۵ درصد گچ، این کاهش معنی‌دار نبود. هرچند خاک لوم رسی سیلتی به‌علت CEC و pH بیشتر، اثرپذیری کمتری از آثار نامطلوب کربنات کلسیم نسبت به خاک شنی داشته است، اما به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد، افزایش مقدار کربنات کلسیم به‌دلیل افزایش pH و بی‌کربنات 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 می‌شوند (۷). برخی از پژوهشگران نیز کاهش جذب عناصر غذایی را با افزایش pH گزارش نموده‌اند (۱، ۷ و ۲۴).

ارتفاع اندام هوایی

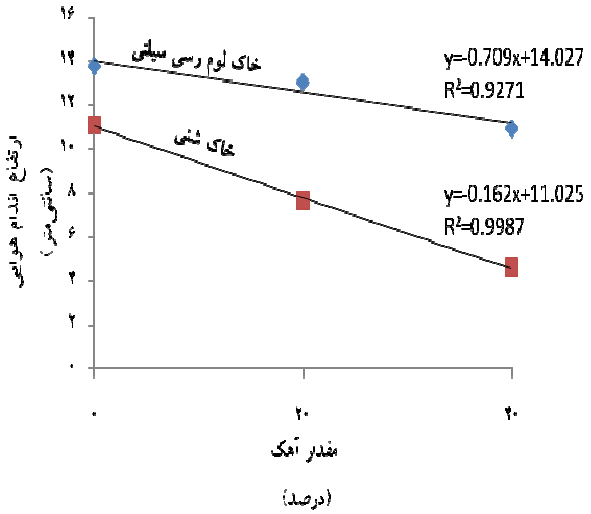
نتایج مربوط به اثر کربنات کلسیم، بر ارتفاع اندام هوایی ذرت در دو نوع بافت خاک در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد، هرچند شدت کاهش ارتفاع اندام هوایی با افزایش مقدار کربنات کلسیم در خاک شنی بیشتر از خاک لوم رسی سیلتی بود، ولی ارتفاع اندام هوایی گیاه در خاک لوم رسی سیلتی نسبت به خاک شنی بیشتر بود. به نظر می‌رسد، افزایش مقدار کربنات کلسیم به خاک درشت‌بافت 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 بی‌کربنات شده (pH تمام خاک‌های حاوی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]

جدول ۴. اثر تیمارهای مختلف بافت، کربنات کلسیم و گچ بر سطح برگ گیاه (سانتی‌متر 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).

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 کاهش می‌یابد. از طرفی، خاک لوم رسی سیلتی به‌خاطر 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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]

شرایط معمولی باشد.

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 به‌دلیل 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 این که سولفات تولید شده در خاک در اثر کاربرد گچ، می‌تواند با آهن ترکیب شده و سولفات آهن را به‌وجود 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.

مس اندام هوایی

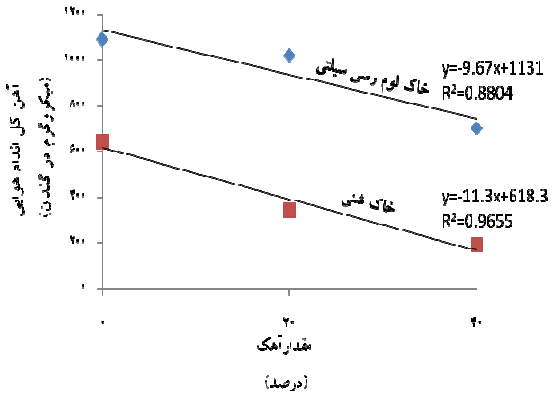
نتایج مربوط به اثر گچ، بر مس کل اندام هوایی در دو نوع بافت خاک در شکل ۴ نشان داده شده است. مس کل اندام هوایی در خاک شنی، بسیار بیشتر از خاک لوم رسی سیلتی بود، هرچند که شیب خطوط نشان می‌دهد که شدت کاهش مس کل اندام هوایی، با افزایش مقدار گچ در خاک لوم رسی سیلتی، بیشتر از شدت کاهش آن در خاک شنی بوده است. 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 آن‌جایی‌که 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. چنین نتایجی توسط دیگر پژوهشگران نیز بیان شده است (۱۰ و ۱۳).

روی اندام هوایی

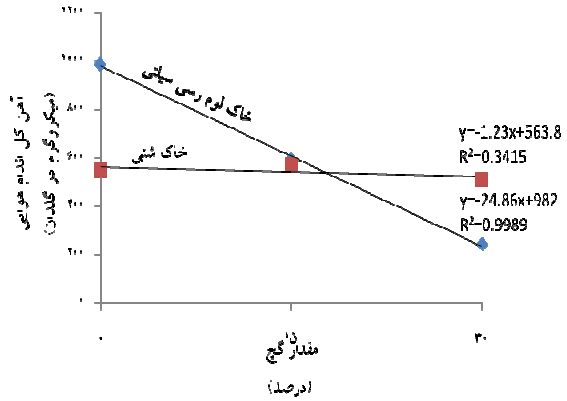
نتایج مربوط به اثر کربنات کلسیم، بر روی کل اندام هوایی در دو نوع بافت خاک در شکل ۵ نشان داده شده است. شکل ۵ نشان می‌دهد که در سطوح مختلف آهک، روی کل اندام هوایی گیاه در خاک لوم رسی سیلتی بیشتر از خاک شنی بود و نیز شدت کاهش غلظت روی اندام هوایی در خاک ریزبافت، بسیار

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

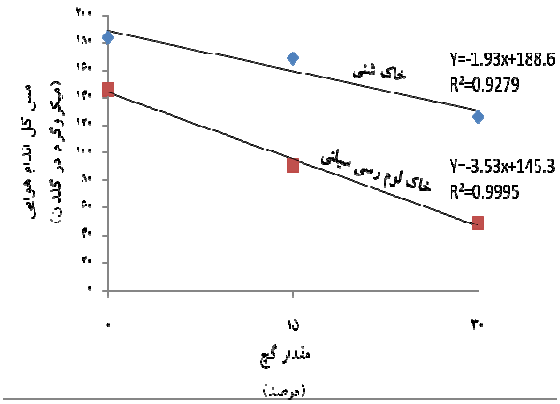
[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]



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).



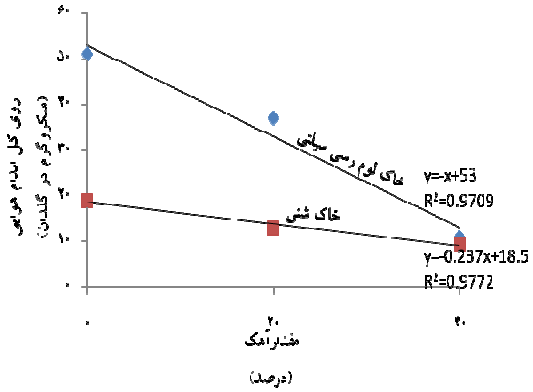
شکل ۳. اثر مقادیر مختلف گچ بر جذب آهن کل اندام هوایی توسط ذرت در دو نوع بافت خاک (هر نقطه میانگین ۹ داده است).



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).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]



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).

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 به‌دلیل تعداد سایت‌های تبادلی 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 هنگامی‌که 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 به‌دلیل عدم تحرک این عنصر در خاک، منجر به کاهش سرعت انتشار روی به‌طرف ریشه می‌شود.

نتیجه‌گیری

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 قلیائیت، 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.

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.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]

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 Edafologiay 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 Albaquept 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.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.12.4]