تأثیر نیتروژن و منگنز بر رشد و ترکیب شیمیایی اسفناج

عبدالمجید رونقی، یحیی پرویزی و نجف‌علی کریمیان[۱]

چکیده

معمولاً کمبود نیتروژن بیش از دیگر عناصر غذایی عامل محدود کننده رشد گیاهان زراعی است. کمبود منگنز نیز در برخی از خاک‌های آهکی ایران گزارش شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر نیتروژن، منگنز و برهم‌کنش آنها بر رشد و ترکیب شیمیایی اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) در شرایط گلخانه‌ای بود. آزمایش در یک خاک از سری چیتگر با نام تاکسونومی Fine-loamy, carbonatic, thermic, Typic Calcixerept، به صورت فاکتوریل در چارچوب طرح کاملاً تصادفی، شامل پنج سطح نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به صورت آمونیوم نیترات) و سه سطح منگنز (صفر، ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به صورت منگنز سولفات)، در چهار تکرار انجام شد. مدت رشد گیاهان در گلخانه ۶۰ روز بود، و در هنگام برداشت از یک کلروفیل‌متر دستی مدل SPAD-502 برای ارزیابی وضعیت کلروفیل برگ استفاده گردید.

کاربرد نیتروژن و منگنز وزن خشک اندام هوایی، غلظت و جذب کل نیتروژن، غلظت و جذب کل منگنز، نسبت Mn:Fe و اعداد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر دستی روی برگ را در گیاه اسفناج به طور معنی‌داری افزایش داد. کاربرد نیتروژن، غلظت و جذب کل روی، مس و جذب کل آهن را در گیاه به طور معنی‌داری افزایش، ولی غلظت آهن را کاهش داد. مصرف منگنز باعث کاهش غلظت آهن و روی، ولی افزایش معنی‌دار جذب کل آهن و مس در اسفناج گردید. هنگامی که حداکثر وزن ماده خشک به دست آمد، عدد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر در حدود ۴۰ بود. چنانچه نتایج حاصل از این پژوهش در شرایط مزرعه نیز تأیید گردد، می‌توان توصیه کودی مناسبی برای مصرف نیتروژن و منگنز در کشت اسفناج ارائه نمود.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن، منگنز، اسفناج، کلروفیل، کلروفیل‌متر دستی

مقدمه

مقدار نیتروژن در خاک‌های کشاورزی تحت تأثیر عوامل بسیاری، مانند میزان ماده آلی، آب و هوا، پوشش گیاهی، پستی و بلندی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و مدیریت مزرعه قرار دارد. غلظت بهینه نیتروژن ۲-۵ درصد وزن خشک گیاه بوده، و بسته به نوع گیاه و مرحلهٔ رشد متفاوت است (۱ و ۲).

۱. به ترتیب استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

عوامل مؤثر بر قابلیت استفاده منگنز برای گیاه، شامل pH خاک، مواد آلی، فعالیت میکروبی، و هم‌چنین میزان رطوبت خاک که شرایط اکسایش و کاهشی را کنترل می‌نماید (۲، ۵، ۱۶، ۳۴، ۳۵ و ۴۶)، می‌باشد. سطح بحرانی منگنز بین ۱۵ تا ۲۵ میکروگرم در گرم وزن خشک گیاهی گزارش شده است (۳ و ۳۶). دیلون و همکاران (۱۹) نشان دادند که با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد اسفناج از ۲۰/۴ در تیمار شاهد به ۴۱/۲ تن در هکتار رسید. با افزایش نیتروژن مقدار این عنصر در برگ افزایش، ولی میزان منگنز و آهن کاهش یافته، و بر مقدار فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی و مس در برگ اسفناج بی‌تأثیر بوده است. بایموند و همکاران (۱۱) دریافتند که با افزایش نیتروژن، وزن خشک و غلظت نیتروژن کل و غلظت نیترات در اسفناج افزایش پیدا کرد. احمد (۷) گزارش کرد که عدم کاربرد نیتروژن در اسفناج باعث کاهش عملکرد آن شده، ولی میزان فسفر، روی و فنل‌های محلول در ریشه را افزایش داده است. تاکب و همکاران (۵۰) اظهار داشتند که با افزودن نیتروژن، میزان نیترات در برگ اسفناج به مقدار چشم‌گیری افزایش یافت، حال آن که غلظت اسکوربیک اسید کل، گلوکز، ساکارز و اکسالیک اسید با مصرف نیتروژن کاهش نشان داد.

اتمن (۲۰) دریافت که کاربرد اوره به شکل تغذیه برگی و یا افزودن به خاک، عملکرد اسفناج را افزایش داده، هر چند که میزان افزایش عملکرد در تغذیه برگی بیشتر بوده است. مورسیا و همکاران (۳۹) افزایش معنی‌داری را در غلظت اغلب عناصر غذایی در اسفناج، در نتیجه کاربرد نیتروژن گزارش می‌کنند. آور و همکاران (۹) مشاهده کردند که انباشته شدن نیترات در برگ اسفناج در هنگام رشد و پس از برداشت، در گیاه تیمار شده با نیتروژن، نسبت به شاهد بیشتر بوده است. بوتریل و همکاران (۱۳) گزارش نمودند که از میان عناصر پرمصرف، کمبود نیتروژن و گوگرد، و در میان عناصر کم مصرف، کمبود منگنز بیش از دیگر عناصر باعث کاهش میزان تنفس، غلظت کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a به b، و نسبت وزن تر اندام هوایی به وزن تر ریشه گیاه اسفناج شده است.

غلامعلی‌زادهٔ آهنگر و همکاران (۲۳) گزارش کردند که مهم‌ترین ویژگی‌های خاک که در مقدار منگنز قابل عصاره‌گیری تأثیر دارد ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و مقدار کربنات کلسیم خاک است، و اظهار نمودند که رشد گیاه در شماری از خاک‌ها، حتی تا سطح ۳۰ میلی‌گرم منگنز افزوده شده به هر کیلوگرم خاک، افزایش چشم‌گیری داشته است. میزان منگنز بازیافت شده در بیشتر خاک‌های مورد بررسی کم بوده است، که می‌تواند معلول مقدار زیاد آهک و pH بالای این خاک‌ها باشد. کریمیان و غلامعلی‌زاده آهنگر (۳۱) دریافتند که بین میزان منگنز نگهداری شده در خاک و ویژگی‌های خاک مانند ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان مادهٔ آلی و کربنات کلسیم معادل رابطهٔ مثبت و معنی‌داری وجود دارد. آنان عقیده دارند که هم‌دماهای جذب سطحی لانگ‌مویر و فروندلیچ برای بیان میزان جذب منگنز توسط خاک کاملاً مناسب است. مودستوس (۳۸) مشاهده کرد که افزودن هم‌زمان منگنز و نیتروژن، جذب نیتروژن را به طور معنی‌داری افزایش داده است.

گلدبرگ و همکاران (۲۵) نشان دادند که افزودن نیتروژن، میزان منگنز قابل استفاده خاک را افزایش داد. ضمناً تأثیر سولفات آمونیوم در مقایسه با کود نیتراتی در جذب منگنز بیشتر بوده است. سینگ و کومار (۴۸) گزارش کردند که کاربرد توأم نیتروژن و منگنز در یک خاک لوم شنی سبک، جذب نیتروژن، پتاسیم و منگنز را افزایش داده، ولی در جذب فسفر تأثیر معنی‌داری نداشته است. هم‌چنین، کاربرد توأم این دو عنصر عملکرد محصول را بیشتر از کاربرد جداگانه این عناصر افزایش داده است.

هدف از پژوهش حاضر، مطالعه تأثیر نیتروژن و منگنز و برهم‌کنش این دو عنصر بر رشد و ترکیب شیمیایی اسفناج در یک خاک آهکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پس از گردآوری شماری نمونه از خاک‌های کشاورزی استان فارس، خاکی که دارای نیتروژن و منگنز قابل استفاده کمتری بود

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

برگزیده شد. خاک مورد نظر از سری چیتگر (Fine-loamy, carbonatic thermic, Typic Calcixerept)، واقـــــع در شهرستان سروستان (استان فارس) انتخاب گـردید (۶). مـقدار کافی خاک از افق سطحی ۰-۲۰ سانتی‌متری جمع‌آوری شد.

پس از خشک کردن خـاک در هـوا و گـذرانـدن از الک دو میلی‌متری، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن همچون بافت خاک به روش هیدرومتر (۱۷)، pH در خمیر اشباع، میزان کربن آلی به روش واکی و بلاک (۵۳)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی کردن با اسید کلریدریک (۸)، منگنز و سایر عناصر کم مصرف کاتیونی با عصاره‌گیر دی‌تی‌پی‌اِ و تعیین غلظت آنها به وسیله دستگاه جذب اتمی (۳۳)، میزان نیتروژن کل به روش کـلدال (۴ و ۱۵)، مـقدار نـیترات خـاک بـه روش فـنل دی سولفونیک اسید (۱۴)، فسفر قابل استفاده به روش اولسـن و همکاران (۴۲)، پتاسیم مـحلول در آمـونیوم اسـتات بـه روش شعله‌سنجی (۴۳)، و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با هدایت‌سنج الکتریکی تعیین گردید (جدول ۱).

آزمایش در شرایط گلخانه به صورت فاکتوریل در چارچوب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل پنج سـطح نـیتروژن (صـفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، از منبع آمونیوم نیترات) و سه سطح منگنز (صفر، ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک از منبع منگنز سولفات) بود. نیمی از نیتروژن در زمان کشت و نیم دیگر چهار هفته پس از کشت به گلدان‌ها افزوده شد. ضمناً، با توجه به نتایج آزمون خاک، فسفر و آهن به تمامی گلدان‌ها، به ترتیب به میزان ۵۰ و ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، و به ترتیب از منابع پتاسیم دی هیدروژن فسـفات و Fe-EDDHA[1] اضـافه گردید.

دو کیلوگرم خاک داخل کیسه‌های پلاستیکی چهار کیلوگرمی ریخته شد، و پس از رساندِن رطوبت خاک به حدود ظـرفیت مزرعه، خاک موجود در هر کیسه مخلوط گردیده و به گلدان‌های پـلاستیکی ســه کـیلوگرمی مـنتقل شـد. هشت بـذر اسـفناج (*Spinacia oleracea* L.) در عمق حدود یک سـانتی‌متری از سطح خاک کاشته شد. دو هفته پس از کاشت، شمار بوته‌ها در هر گلدان به سه عدد کاهش یافت. در طول دورهٔ رشد، با توزین گلدان‌ها، رطوبت خاک با استفاده از آب مقطر در حدود گنجایش مزرعه‌ای نگهداری شد.

پس از هشت هفته، گیاهان کمی بالاتر از طوقه قطع، و پس از شست‌شوی با آب مـقطر در آون ۶۵ درجـه سـانتی‌گراد، تـا هنگامی که وزن آنها ثابت ماند، خشک گردیدند. پس از توزین، نمونه‌ها به وسیله آسیاب برقی پودر شدند. یک گرم مادهٔ خشک گـیاهی در کـورهٔ الکـتریکی در دمـای ۵۵۰ درجـهٔ سـانتی‌گراد خاکستر، و سپس در پنج میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نـرمال حل شده، پس از صاف کردن با کاغذ صافی، با اسـتفاده از آب مقطر حجم نهایی به ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد.

غلظت منگنز، آهن، روی و مس به وسیلهٔ دستگاه جـذب اتمی اندازه‌گیری شد. غلظت نیتروژن در گیاه بـه روش کـلدال (۱۵) تعیین گردید. کلروفیل برگ گـیاهان نـیز هـنگام بـرداشت توسط دستگاه کلروفیل‌متر دستی (مـدل SPAD 502) قـرائت گردید. پاسخ‌های گیاهی شامل وزن خشک اندام هوایی، غلظت و جذب کل نیتروژن، منگنز، آهن، روی و مس در نظر گرفته شد.

نتایج تجزیه گیاه و وزن خشک اندام هوایی گیاه با استفاده از نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت، و میانگین‌های مربوط به اثر تـیمارها بـا آزمـون دانکـن مـقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

میانگین وزن خشک انـدام هـوایـی اسـفناج بـا مـصرف ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، ۱۶۰ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد (جـدول ۲). ولی در سـطح ۴۰۰ مـیلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، وزن ماده خشک کاهش یافته است، که می‌تواند در اثر بر هم خوردن تعادل مناسب مـیان عـناصر غذایی در گیاه باشد (۲۸ و ۳۵). تاکب و همکاران (۵۰) دلیل

1. Fe-Ethylen diamine dio-hydroxy-phenyl acetic acid

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

خصوصیات خاک	مقادیر
شن (%)	۳۰
سیلت (%)	۴۶
رس (%)	۲۴
بافت خاک	لوم
پ هاش (خمیر اشباع)	۷/۶
ماده آلی (%)	۱
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۹
ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بار (+) در کیلوگرم خاک)	۱۰/۱
کلسیم کربنات معادل (%)	۵۶/۵
نیتروژن کل (%)	۰/۰۷۵
فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۵/۵
پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۲۵۰
نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۱۲
منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۳/۶
آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۲/۲
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۰/۹۶
مس (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۰/۸۷

جدول ۲. تأثیر نیتروژن و منگنز بر وزن خشک اندام هوایی اسفناج (گرم در گلدان)

سطح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)					میانگین
	۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	
۰	۰/۹۴^{i}	۲/۱۹^{fg}	۲/۹۲^{d}	۲/۸۵^{d}	۲/۰۳^{g}	۲/۱۸^{C}
۱۵	۱/۴۶^{h}	۲/۵۶^{e}	۳/۲۹^{bc}	۳/۶۹^{a}	۲/۲۸^{efg}	۲/۶۶^{B}
۳۰	۱/۴۸^{h}	۳/۰۳^{cd}	۳/۴۲^{ab}	۳/۵۰^{ab}	۲/۴۸^{ef}	۲/۷۸^{A}
میانگین	۱/۲۹^{D}	۲/۵۹^{B}	۳/۲۱^{A}	۳/۳۵^{A}	۲/۲۶^{C}	

در هر ردیف یا ستون میانگین‌هایی که در یک حرف بزرگ یا کوچک مشترک می‌باشند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

افزایش وزن خشک اسفناج در نتیجه کاربرد نیتروژن را به ترکیب نیتروژن با مواد حاصل از فتوسنتز مانند گلوکز، ساکارز و اسکوربیک اسید، و تولید اسیدهای آمینه و سپس پروتئین نسبت داده‌اند. تامپسون و دورج (۵۱) نشان دادند که با کاربرد ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، وزن ماده خشک اسفناج به میزان ۲۶۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافته است. دیلون و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

همکاران (۱۹) گزارش نمودند که با افزودن نیتروژن عملکرد اسفناج از ۲۰/۴ در شاهد به ۴۱/۲ تن در هکتار افزایش یافت.

کاربرد ۳۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک عملکرد ماده خشک اسفناج را به میزان ۲۷/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۲). دیلون و همکاران (۱۸) وجود منگنز را برای انتقال و متابولیسم نیتروژن ضروری می‌دانند. آنان عقیده دارند که منگنز در انتقال نیتروژن از ریشه به اندام هوایی، و نیز در ساخت پروتئین، و سرانجام در رشد گیاه نقش کلیدی دارد. کریدمان و اندرسون (۳۲) تأثیر منگنز در رشد گیاه را به افزایش شدت فتوسنتز و تولید ماده خشک نسبت می‌دهند.

کاربرد نیتروژن در تمام سطوح، غلظت نیتروژن را در اندام هوایی گیاه افزایش داده است. بیشترین غلظت نیتروژن در گیاه در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۳۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک می‌باشد. به طور کلی، افزودن نیتروژن جذب کل نیتروژن را نیز افزایش داده است. ولی در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، جذب کل نیتروژن کاهش یافته است (جدول ۳). این کاهش جذب به دلیل کاهش در رشد اسفناج می‌باشد. مصرف ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک میانگین غلظت نیتروژن را به ترتیب ۵/۶ و ۷/۲ درصد و میانگین جذب کل نیتروژن را به ترتیب ۶۸ و ۷۶ درصد نسبت به شاهد افزود، هر چند که اختلاف غلظت میان دو سطح منگنز معنی‌دار نبود (جدول ۳). افزایش در جذب کل نیتروژن ناشی از تأثیر منگنز در افزایش وزن خشک اندام هوایی و غلظت نیتروژن است.

اونز و تراشیما (۲۱) گزارش کردند که در شرایط کمبود نیتروژن، میزان این عنصر در برگ اسفناج ۶۰ درصد کاهش یافته است. کانتتی و همکاران (۲۹) بیان داشتند که با کاربرد نیتروژن، غلظت آن در بافت گیاهی به صورت تابع درجهٔ ۲ افزایش می‌یابد. تامپسون و دورج (۵۱) نشان دادند که تا سطح ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، جذب کل نیتروژن ۳/۱ برابر تیمار شاهد افزایش یافته است. بوتریل و همکاران (۱۳) مشاهده کردند که در میان عناصر غذایی، کمبود منگنز و نیتروژن بیشترین تأثیر را در کاهش متابولیسم مواد حاصل از فتوسنتز گیاه دارند. فوهس و جانک (۲۲) عقیده دارند که افزودن نیتروژن طول و تراکم تارهای کشنده را در ریشه زیاد نموده، و در نتیجه جذب عناصر غذایی بیشتر می‌شود. دیلون و همکاران (۱۸) ضمن گزارش تأثیر مثبت منگنز بر افزایش غلظت و جذب نیتروژن، دلیل این امر را نقش منگنز در انتقال نیتروژن در داخل گیاه، از ریشه به شاخ و برگ، و نیز پلی‌مرکردن اسیدهای آمینه به زنجیرهای پروتئینی و در نتیجه مصرف نیتروژن آزاد موجود در گیاه ذکر نموده‌اند.

مقایسه میانگین غلظت منگنز در سطوح مختلف تیمارها (جدول ۴) نشان می‌دهد که کاربرد نیتروژن تا سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باعث افزایش غلظت منگنز در اسفناج شده است، و روند نسبتاً مشابهی نیز در جذب کل منگنز وجود دارد. با این تفاوت که در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، جذب کل منگنز به شدت کاهش یافته است. دلیل این امر کاهش وزن خشک در این سطح می‌باشد. حداکثر غلظت منگنز با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۳۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک به دست آمده، که افزایشی ۹۰ درصدی را نسبت به شاهد نشان می‌دهد.

تأثیر نیتروژن، منگنز و برهم‌کنش آنها در جذب کل منگنز نیز معنی‌دار بوده است، که روندی مشابه با غلظت منگنز را نشان می‌دهد. حداکثر جذب کل منگنز با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن همراه با ۳۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک حاصل شده است، که نشان دهندهٔ افزایشی معادل ۶/۹ برابر تیمار شاهد می‌باشد (جدول ۴).

دیلون و همکاران (۱۹) کاهش غلظت منگنز را در سطوح بالای کاربرد نیتروژن گزارش کرده‌اند. مورسیا و همکاران (۳۹) نشان دادند که با کاربرد نیتروژن، جذب کل منگنز در اسفناج به شکل معنی‌داری افزایش یافته است. گلدبرگ و همکاران (۲۵) تأثیر نیتروژن در افزایش غلظت منگنز را به دلیل تحریک رشد ریشه بر اثر مصرف نیتروژن، و نیز افزایش منگنز قابل استفاده خاک می‌دانند. آنان اظهار داشتند که مصرف نیتروژن باعث افزایش حجم ریشه و در نتیجه افزایش سطح تماس آن با خاک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

جدول ۳. تأثیر نیتروژن و منگنز بر غلظت و جذب کل نیتروژن در اسفناج

سطح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)					میانگین
	۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	
	غلظت نیتروژن (درصد)					
۰	۱/۸۶^{e}	۳/۵۵^{d}	۴/۳۳^{c}	۴/۲۹^{c}	۴/۷۴^{ab}	۳/۷۵^{B}
۱۵	۱/۹۹^{e}	۳/۶۰^{d}	۴/۵۵^{bc}	۴/۸۷^{a}	۴/۷۸^{ab}	۳/۹۶^{A}
۳۰	۲/۰۷^{e}	۳/۵۸^{d}	۴/۵۹^{b}	۴/۹۶^{a}	۴/۹۲^{a}	۴/۰۲^{A}
میانگین	۱/۹۷^{D}	۳/۵۸^{C}	۴/۴۹^{B}	۴/۷۱^{A}	۴/۸۱^{A}	
	جذب کل نیتروژن (میلی‌گرم در گلدان)					
۰	۱۷/۳۳^{h}	۷۷/۷۳^{g}	۱۲۶/۱^{c}	۱۲۲/۴^{cd}	۹۶/۳۵^{ef}	۸۷/۹۸^{C}
۱۵	۲۹/۰۶^{h}	۹۲/۰۲^{f}	۱۴۹/۲^{b}	۱۷۹/۶^{a}	۱۰۹/۳^{de}	۱۱۱/۸^{B}
۳۰	۳۰/۴۹^{h}	۱۰۸/۶^{de}	۱۵۷/۲^{b}	۱۷۳/۶^{a}	۱۲۷/۹^{cd}	۱۱۸/۴^{A}
میانگین	۲۵/۶۳^{E}	۹۲/۷۷^{D}	۱۴۴/۲^{B}	۱۵۸/۶^{A}	۱۰۹/۲^{C}	

در هر پاسخ گیاهی، میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف بزرگ یا کوچک مشترک می‌باشند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۴. تأثیر نیتروژن و منگنز بر غلظت و جذب کل منگنز در اسفناج

سطح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)					میانگین
	۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	
	غلظت منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن ماده خشک)					
۰	۲۰/۲۸^{g}	۲۷/۷۴^{f}	۲۸/۶۹^{f}	۲۸/۲۸^{ef}	۲۹/۷۰^{def}	۲۶/۹۴^{C}
۱۵	۲۸/۱۸^{ef}	۳۵/۶۸^{ab}	۳۲/۸۰^{bcd}	۳۲/۶^{bcd}	۳۲/۵^{bcd}	۳۲/۳۵^{B}
۳۰	۳۱/۵۱^{cde}	۳۵/۶۵^{ab}	۳۸/۵۳^{a}	۳۴/۶۳^{bc}	۳۲/۸^{bcd}	۳۴/۶۳^{A}
میانگین	۲۶/۶۶^{B}	۳۳/۰۲^{A}	۳۳/۳۳^{A}	۳۱/۸۳^{A}	۳۱/۶۸^{A}	
	جذب کل منگنز (میکروگرم در گلدان)					
۰	۱۹/۰۶^{h}	۶۰/۸۳^{f}	۸۳/۸۵^{de}	۸۱/۰۱^{de}	۶۰/۱۴^{f}	۶۰/۹۸^{C}
۱۵	۴۱/۱۵^{g}	۹۱/۲۴^{d}	۱۰۷/۹^{bc}	۱۱۹/۹^{abc}	۷۴/۱۵^{e}	۸۶/۸۷^{B}
۳۰	۴۶/۶۵^{g}	۱۰۷/۹^{c}	۱۳۱/۹^{a}	۱۲۱/۲^{ab}	۸۱/۶۳^{de}	۹۷/۸۷^{A}
میانگین	۳۵/۶۲^{D}	۸۶/۶۶^{B}	۱۰۷/۹^{A}	۱۰۷/۴^{A}	۷۱/۹۷^{C}	

در هر پاسخ گیاهی، میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف بزرگ یا کوچک مشترک می‌باشند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

می‌شود. هم‌چنین، با افزایش ترشح ترکیباتی از ریشه، باعث انحلال ترکیبات غیرمحلول منگنز می‌گردد.

مقایسه میانگین غلظت آهن در سطوح گوناگون تیمارها (جدول ۵) نشان می‌دهد که غلظت آهن در گیاه، با مقدار نیتروژن و منگنز مصرفی خاک رابطهٔ عکس دارد. کاهش غلظت آهن بر اثر کاربرد نیتروژن را می‌توان در اثر رقت ناشی از افزایش وزن خشک اسفناج دانست. ولی تأثیر منگنز در کاهش غلظت آهن را می‌توان به اثر رقابتی منگنز در جذب و انتقال آهن در گیاه، و وجود وظایف مشترک این دو عنصر در فرایندهای متابولیک گیاهی، و هم‌چنین رقابت این دو عنصر برای گرفتن محل‌های جذب در سطح ریشه و رفتار شیمیایی مشابه آنها نسبت داد (۳، ۳۵ و ۴۱).

دیلون و همکاران (۱۸) کاهش غلظت آهن در برگ اسفناج را بر اثر مصرف نیتروژن گزارش کردند، و آن را ناشی از اثر رقت می‌دانند. رومی‌زاده و کریمیان (۴۴)، ورما و مینهاس (۵۲) و باصر و سومانی (۱۰) نشان دادند که در گیاه سویا، برهم‌کنشی منفی میان آهن و منگنز وجود دارد، و افزایش غلظت یکی، کاهش غلظت دیگری را باعث می‌گردد. بلک (۱۲) عقیده دارد که در سطوح بالای نیتروژن مقدار اکسین (ایندول استیک اسید) در ریشه زیاد می‌شود، و این هورمون رشد ریشه را کاهش می‌دهد، و در نتیجه جذب عناصر را کم می‌کند.

حداکثر جذب کل آهن با مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱۵ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک حاصل شده است، که افزایشی برابر ۱۷۹ درصد را نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد (جدول ۵). البته در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، جذب کل آهن به مقدار چشم‌گیری کاهش یافته است. دلیل این امر کاهش رشد اسفناج و نیز کمی غلظت آهن در این سطح می‌باشد. به کار بردن منگنز در کلیه سطوح، جذب کل آهن را زیاد کرده، که دلیل آن تأثیر منگنز در افزایش وزن خشک اسفناج است (جدول ۵).

کانسال و همکاران (۲۸) نشان دادند که جذب کل آهن در اسفناج تا سطح ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت. آنان این افزایش را ناشی از ازدیاد رشد اسفناج می‌دانند. مورسیا و همکاران (۳۹)، و حسین و همکاران (۲۷) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

مصرف ۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک باعث افزایش معنی‌دار غلظت روی نسبت به شاهد شده است. ولی کاربرد منگنز، غلظت روی را به گونه‌ای معنی‌دار کاهش داده است (جدول ۶). میانگین جذب کل روی تا سطح ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک افزایش یافته، ولی کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک آن را کاهش داده است (جدول ۶). دلیل آن کم شدن وزن خشک اندام هوایی و نیز کمی نسبی غلظت روی می‌باشد.

فوهس و جانک (۲۲) تأثیر نیتروژن را در افزایش جذب روی در اسفناج، به دلیل ازدیاد طول و تراکم تارهای کشندهٔ ریشه بر اثر کاربرد نیتروژن می‌دانند. کنسال و همکاران (۲۸) نشان دادند که حداکثر جذب کل روی با کاربرد ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمده است. مورسیا و همکاران (۳۹) نیز نتایج همانندی را گزارش کردند. اولسن (۴۱) افزایش غلظت روی را بر اثر کاربرد نیتروژن، به کاهش pH خاک بر اثر مصرف کودهای حامل نیتروژن نسبت می‌دهد. کریمیان (۳۰) افزایش غلظت روی را در اثر کاربرد نیتروژن، مربوط به کاهش اثر سمیت فسفر، و به سخنی کاهش نسبت P:Zn می‌داند. ساکال و همکاران (۴۵) اثر ناسازگاری میان روی و منگنز را در گیاه گزارش نموده، و دلیل آن را جلوگیری، و یا اثر منفی روی و منگنز در جذب و انتقال یکدیگر می‌دانند. گوپتا و سینگ (۲۶) تأثیر سوء منگنز در کاهش جذب روی را به رقابت یونی این دو عنصر برای جای‌گزینی در محل‌های جذب در سطح ریشه نسبت می‌دهند.

بلاک (۱۲) کاهش غلظت عناصر در سطوح بالای نیتروژن را به دلیل تولید اکسین ایندول استیک اسید زیاد در ریشه، در محیط غنی از نیتروژن می‌داند، که باعث کاهش رشد ریشه، و در نتیجه کاهش جذب عناصر می‌شود. در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، جذب کل مس کاهش معنی‌داری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

جدول ۵. تأثیر نیتروژن و منگنز بر غلظت و جذب کل آهن و نسبت Mn:Fe در اسفناج

سطح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) ۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	میانگین
غلظت آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن ماده خشک)						
۰	۲۱۴/۷^{a}	۱۷۱/۸^{bcde}	۱۸۱/۰^{bc}	۱۸۲/۰^{bc}	۱۴۷/۴^{f}	۱۷۹/۴^{A}
۱۵	۱۸۸/۹^{b}	۱۷۸/۴^{bcd}	۱۵۳/۲^{ef}	۱۵۲/۱^{ef}	۱۶۲/۳^{cdef}	۱۶۷/۰^{B}
۳۰	۱۶۳/۷^{cdef}	۱۵۶/۱^{def}	۱۵۴/۰^{ef}	۱۵۳/۴^{ef}	۱۶۲/۱^{cdef}	۱۵۷/۹^{C}
میانگین	۱۸۹/۱^{A}	۱۶۸/۸^{B}	۱۶۲/۸^{B}	۱۶۲/۵^{B}	۱۵۷/۳^{B}	
جذب کل آهن (میکروگرم در گلدان)						
۰	۲۰۰/۷^{g}	۳۷۵/۴^{d}	۵۳۳/۵^{ab}	۵۱۷/۲^{ab}	۲۹۸/۴^{ef}	۳۸۵/۱^{B}
۱۵	۲۷۶/۱^{fg}	۴۵۶/۴^{bc}	۵۰۲/۷^{ab}	۵۶۰/۲^{a}	۲۶۸/۳^{de}	۴۳۲/۷^{A}
۳۰	۲۴۲/۳^{fg}	۴۷۳/۵^{bc}	۵۲۷/۵^{ab}	۵۳۶/۹^{ab}	۳۹۸/۹^{cd}	۵۳۵/۸^{A}
میانگین	۲۳۹/۷^{D}	۴۳۵/۱^{B}	۵۲۱/۲^{A}	۵۳۸/۱^{A}	۳۵۵/۲^{C}	
نسبت Mn:Fe						
۰	۰/۰۹۴^{e}	۰/۱۶۳^{d}	۰/۱۶۲^{d}	۰/۱۵۶^{d}	۰/۲۰۲^{bc}	۰/۱۵۵^{C}
۱۵	۰/۱۴۹^{d}	۰/۲۰۰^{bc}	۰/۲۱۴^{bc}	۰/۲۱۵^{bc}	۰/۲۰۳^{bc}	۰/۱۹۶^{B}
۳۰	۰/۱۹۳^{c}	۰/۲۳۰^{ab}	۰/۲۵۰^{a}	۰/۲۲۶^{abc}	۰/۲۰۶^{bc}	۰/۲۲۱^{A}
میانگین	۰/۱۴۶^{C}	۰/۱۹۸^{B}	۰/۲۰۹^{A}	۰/۱۹۹^{B}	۰/۲۰۳^{AB}	

در هر پاسخ گیاهی، میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف بزرگ یا کوچک مشترک می‌باشند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۶. تأثیر نیتروژن و منگنز بر غلظت و جذب کل روی در اسفناج

سطح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) ۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	میانگین
غلظت روی (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن ماده خشک)						
۰	۴۶/۱۳^{abc}	۴۶/۹۰^{ab}	۵۰/۷۳^{a}	۴۷/۵۹^{ab}	۴۴/۲^{abcd}	۴۷/۱۰^{A}
۱۵	۳۵/۷۸^{e}	۴۸/۹۶^{ab}	۴۲/۳^{bcde}	۳۹/۶۰^{cde}	۳۸/۵۵^{de}	۴۱/۰۵^{B}
۳۰	۳۶/۹۸^{de}	۴۴/۳۴^{abcd}	۳۸/۷۰^{de}	۳۸/۷۰^{cde}	۳۹/۰۰^{cde}	۳۹/۵۴^{B}
میانگین	۳۹/۶۳^{C}	۴۶/۷۳^{A}	۴۳/۹۲^{AB}	۴۸/۹۷^{BC}	۴۰/۵۸^{BC}	
جذب کل روی (میکروگرم در گلدان)						
۰	۴۳/۳^{d}	۱۰۲/۵^{c}	۱۴۸/۴^{a}	۱۳۳/۹^{ab}	۹۰/۲^{c}	۱۰۳/۵^{A}
۱۵	۵۲/۳^{d}	۱۲۵/۳^{b}	۱۳۸/۹^{ab}	۱۴۶/۱^{a}	۸۸/۶^{c}	۱۱۰/۲^{A}
۳۰	۵۴/۷^{d}	۱۳۴/۲^{ab}	۱۳۲/۴^{ab}	۱۳۵/۵^{ab}	۹۶/۷^{c}	۱۱۰/۷^{A}
میانگین	۵۰/۱^{D}	۱۲۰/۷^{B}	۱۳۹/۶^{A}	۱۳۸/۵^{A}	۹۱/۸^{C}	

در هر پاسخ گیاهی، میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف بزرگ یا کوچک مشترک می‌باشند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

جدول ۷. تأثیر نیتروژن و منگنز بر غلظت و جذب کل مس در اسفناج

سطح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)					میانگین
	۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	
	غلظت مس (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن ماده خشک)					
۰	$۸/۴۹^{ab}$	$۸/۹۳^{ab}$	$۱۰/۳۹^{a}$	$۸/۹۴^{ab}$	$۹/۰۸^{ab}$	$۹/۱۶^{A}$
۱۵	$۶/۷۱^{b}$	$۱۰/۸۵^{a}$	$۸/۷۵^{ab}$	$۱۰/۱۱^{a}$	$۸/۵۳^{ab}$	$۸/۹۹^{A}$
۳۰	$۶/۲۵^{b}$	$۱۰/۲۱^{a}$	$۸/۸۳^{ab}$	$۱۰/۰۴^{a}$	$۸/۹۶^{ab}$	$۹/۰۶^{A}$
میانگین	$۷/۱۵^{B}$	$۱۰/۰۰^{A}$	$۹/۳۲^{A}$	$۱۰/۰۳^{A}$	$۸/۸۵^{A}$	
	جذب کل مس (میکروگرم در گلدان)					
۰	$۸/۰^{f}$	$۱۹/۶^{de}$	$۳۰/۴^{abc}$	$۲۵/۵^{cde}$	$۱۸/۷^{e}$	$۲۰/۴^{B}$
۱۵	$۹/۸^{f}$	$۲۷/۷^{cd}$	$۲۸/۷^{bc}$	$۳۷/۲^{ab}$	$۱۹/۶^{de}$	$۲۴/۶^{A}$
۳۰	$۹/۳^{f}$	$۲۱/۰^{abc}$	$۳۰/۲^{abc}$	$۳۸/۶^{a}$	$۲۲/۶^{cde}$	$۲۶/۳^{A}$
میانگین	$۹/۰^{D}$	$۲۶/۱^{B}$	$۲۹/۸^{AB}$	$۳۳/۸^{A}$	$۲۰/۳^{C}$	

در هر پاسخ گیاهی، میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف بزرگ یا کوچک مشترک می‌باشند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

یافته است. علت این امر کاهش وزن خشک اندام هوایی در این سطح می‌باشد. بالاترین میزان جذب کل مس در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۳۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک به دست آمده است (جدول ۷).

شیلا و گرگوری (۴۷) افزایش جذب مس بر اثر مصرف نیتروژن را به دلیل تأثیر کود نیتروژنه در کاهش pH خاک می‌دانند. سینگ و سوارپ (۴۹) نشان دادند که با کاربرد نیتروژن غلظت مس در گیاه زیاد شد. ایشان علل آن را افزایش قابلیت استفاده مس در خاک به علت خاصیت اسیدزایی کود نیتروژنه، افزایش حلالیت ترکیبات مس در اثر افزایش ترشحات ریشه، افزایش حجم ریشه و در نتیجه افزایش سطح تماس ریشه با خاک، و هم‌چنین افزایش سنتز ترکیباتی ذکر می‌کنند که می‌تواند حاملی مناسب برای جذب مس باشد. گلادستون و همکاران (۲۴) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

حداکثر عدد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر دستی ۴۰/۴ بود، که با مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن همراه با ۱۵ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک به دست آمد، که در مقایسه با شاهد، ۱۸/۳ واحد افزایش نشان می‌دهد. مصرف منگنز نیز عدد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر را به شکل معنی‌داری افزایش داده است (جدول ۸).

تأثیر منگنز و نیتروژن در افزایش کلروفیل گیاه توسط پژوهشگران دیگر نیز بررسی شده است. آنان دلیل این امر را نقش این دو عنصر در سنتز کلروفیل می‌دانند. ووی‌سیسکا (۵۴) نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل با مصرف ۱۸۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به دست آمده است. بوتریل و همکاران (۱۳) عقیده دارند که از میان عناصر پرمصرف نیتروژن، و از میان عناصر کم مصرف منگنز، بیشترین تأثیر را در ساخت کلروفیل در اسفناج دارد. آنان هم‌چنین بیان داشته‌اند که کمبود منگنز ۶۳ درصد کلروفیل کل اسفناج را کاهش داده است. اوهکی (۴۰) افزایش کلروفیل برگ در اثر به کار بردن منگنز را گزارش نموده است. او مرز بحرانی منگنز برای کلروفیل را در برگ گندم ۰/۱۵ میلی‌مول در کیلوگرم وزن خشک ذکر کرده است، و دلیل تأثیر منگنز را به تأثیر این عنصر در تولید کلروفیل، و نیز وجود منگنز در ساختمان کلروفیل نسبت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

جدول ۸. تأثیر نیتروژن و منگنز بر اعداد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر دستی در برگ اسفناج در هفته هشتم رشد

سطح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)					میانگین
	۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	
۰	۲۲/۱^{e}	۳۲/۵^{c}	۳۷/۹^{ab}	۳۹/۹^{a}	۳۵/۳^{bc}	۳۳/۵^{B}
۱۵	۲۴/۸^{de}	۳۳/۷^{c}	۳۹/۷^{a}	۴۰/۴^{a}	۳۷/۳^{ab}	۳۵/۲^{A}
۳۰	۲۵/۷^{d}	۳۵/۳^{bc}	۳۹/۵^{a}	۳۸/۷^{a}	۳۸/۳^{ab}	۳۵/۵^{A}
میانگین	۲۴/۲^{D}	۳۳/۸^{C}	۳۹/۰^{A}	۳۹/۷^{A}	۳۷/۰^{B}	

در هر پاسخ گیاهی، میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف بزرگ یا کوچک مشترک می‌باشند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

می‌دهد. مرسر و همکاران (۳۷) گزارش کردند که کمبود منگنز باعث کاهش کلروفیل در برگ اسفناج می‌شود، و علت آن را تخریب ساختمان، و بر هم خوردن نظم طبیعی کلروپلاست در اثر کمبود منگنز می‌دانند.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد نیتروژن و منگنز سبب افزایش وزن ماده خشک اسفناج شده است. حداکثر وزن خشک با مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱۵ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک به دست آمد، که افزایشی معادل ۲۹۳ درصد نسبت به شاهد نشان می‌دهد. کاربرد نیتروژن، غلظت و جذب کل نیتروژن، منگنز، روی، مس، نسبت Mn:Fe، و هم‌چنین جذب کل آهن را افزایش داد، ولی سبب کاهش غلظت آهن در گیاه شد. مصرف منگنز، غلظت و جذب کل منگنز، نیتروژن، نسبت Mn:Fe، و نیز جذب کل آهن و مس را در اسفناج افزایش داد، ولی سبب کاهش غلظت آهن و روی گردید، و بر غلظت مس و جذب کل روی تأثیری نداشت. کاربرد نیتروژن و منگنز، اعداد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر را به گونه‌ای معنی‌دار افزایش داد، و هنگامی که حداکثر وزن ماده خشک به دست آمد، عدد خوانده شده معادل ۴۰/۴ بود. به نظر می‌رسد، کلروفیل‌متر دستی وسیله مناسبی در ارزیابی سریع وضعیت نیتروژن و منگنز در اسفناج، بدون نیاز به نمونه‌برداری گیاه می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولان محترم دانشگاه شیراز، برای تأمین وسایل و امکانات و ایجاد تسهیلات لازم، و نیز از همکاران بخش خاک‌شناسی صمیمانه قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. حق‌پرست تنها، م. ر. (مترجم). ۱۳۷۱. *تغذیه و متابولیسم گیاهان*. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت.
۲. سالار دینی، ع. ا. ۱۳۶۶. *حاصلخیزی خاک*. انتشارات دانشگاه تهران.
۳. سالاردینی، ع. ا. و م. مجتهدی (مترجمان). ۱۳۶۷. *اصول تغذیه گیاه*. جلد دوم. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
۴. غازان‌شاهی، ج. ۱۳۷۶. *آنالیز خاک و گیاه*. چاپ هما، تهران.
۵. ملکوتی، م. ج. و س. ع. ریاضی همدانی. ۱۳۷۰. *کودها و حاصلخیزی خاک*. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
6. Abtahi, A. 1980. Soil genesis as affected by topography and time in highly calcareous parent material under semiarid condition in Iran. Soil. Sci. Soc. Am. J. 44: 329-336.
7. Ahmed, A. H. H. 1991. Physiological studies on the nitrogen and phosphorus deficiencies in spinach plants

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

(*Spinacia oleracea* L.): Chemical composition, distribution, rate of production and specific absorption, rate of different components. Faculty Agric. Univ. Cairo, Bull. 42: 589-610.

8. Allison, L. E. and C. D. Moodi. 1965. Carbonate. PP. 1379-1396. *In*: C. A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part II, Monograph No. 9. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
9. Aworh, O. C., J. R. Hicks, P. L. Minotti and C. Y. Lee. 1980. Effect of plant age and nitrogen fertilization on nitrate accumulation and post harvest nitrite accumulation in fresh spinach. J. Am. Soc. Hort. Sci. 105: 18-20.
10. Baser, S. N. and L. L. Somani. 1982. Effect of soil application of manganese on dry matter yield and uptake of manganese and iron by maize. Anales Edafologia Agrobiologia 41: 2211-2220.
11. Biemond, H., J. Vos and P. C. Struik. 1996. Effects of nitrogen on accumulation and partitioning of dry matter and nitrogen of vegetables. III: Spinach. Netherlands J. Agric. Sci. 44: 227-239.
12. Black, C. A. 1968. Soil-Plant Relationships. John Wiley and Sons, Inc., New York.
13. Bottril, D. E., J. V. Possigham and P. E. Kriedemann. 1970. The effect of nutrient deficiencies on photosynthesis and respiration on spinach. Plant Soil 33: 424-438.
14. Bremner, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. *In*: C. A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Monograph No. 9: 1179-1232. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
15. Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. *In*: C. A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Monograph No. 9: 1148-1158. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
16. Christensen, P. D., S. J. Toth and T. E. Bear. 1950. The status of soil manganese as influenced by moisture, organic matter, and pH. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 15: 279-282.
17. Day, P. R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. *In*: C. A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1, Monograph No. 9: 545-565. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
18. Dhillon, K. S., B. A. Yagodeen and V. A. Vernichenko. 1987. Micronutrients and nitrogen metabolism. 2. Effect of micronutrients on the assimilation of ammonium and nitrate ions by maize (*Zea mays* L.). Plant Soil 103: 51-55.
19. Dhillon, K. S., S. K. Dhillon, B. Singh and B. D. Kansal. 1987. Effect of different levels of nitrogen on yield and chemical composition of spinach (*Spinacea oleracea* L.). J. Res. Punjab Agric. 24: 31-36.
20. Etman, A. 1993. Response of spinach to soil and foliar urea fertilization. Ann. Agric. Sci. 38: 667-673.
21. Evans, J. R. and I. Terashima. 1987. Effects of nitrogen nutrition on electron transport components and photosynthesis in spinach. Aust. J. Plant Physiol. 14: 56-68.
22. Foehse, D. and A. Jungk. 1983. Influence of phosphate and nitrate supply on root hair formation of rape, spinach and tomato plants. Plant Soil 74: 359-368.
23. Gholamalizadeh Ahangar, A., N. Karimian, A. Abtahi, M. T. Assad and Y. Emam. 1995. Growth and manganese uptake by soybean in highly calcareous soil as affected by nine different extractants. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 26: 1441-1454.
24. Gladstone, J. S., J. F. Loneragan and W. J. Simmons. 1975. Mineral elements in temperate crop and pasture plants. III. Copper. Aust. J. Agric. Res. 26: 113-126.
25. Goldberg, S. P., K. A. Smith and J. C. Holmes. 1983. The effects of soil compaction, forms of nitrogen fertilizer, and fertilizer placement on the availability of manganese to barley. J. Sci. Food Agric. 34: 657-670.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

26. Gupta, V. K. and B. Singh. 1985. Residual effect of zinc and magnesium on maize crop. J. Indian Soc. Soil Sci. 33: 517-520.
27. Hussein, M. M., S. A. Ibrahim and M. I. Zietoon. 1984. Effect of nitrogen levels on growth, yield and mineral composition of wheat plants under different seed rates. Egyptian J. Soil Sci. 24: 7-18.
28. Kansal, B. D., B. Singh, L. Bajaj and G. Kaur. 1981. Effect of different levels of nitrogen and farmyard manure on yield and quality of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Plant Foods Human Nutr. 31: 163-170.
29. Kantety, R. V., V. S. Edzard, F. M. Woods and C. W. Wood. 1996. Chlorophyll meter predicts nitrogen status of tall fescue. J. Plant Nutr. 19: 881-899.
30. Karimian, N. 1995. Effect of nitrogen and phosphorus on zinc nutrition of corn in a calcareous soil. J. Plant Nutr. 18: 2261-2271.
31. Karimian, N. and A. Gholamalizadeh Ahangar. 1998. Manganese retention by selected calcareous soils as related to soil properties. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 1061-1070.
32. Kriedmann, P. E. and J. E. Anderson. 1988. Growth and photosynthetic response to Mn and Cu deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley grass (*Hordeome el.*). Aust. J. Plant Physiol. 15: 429-446.
33. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
34. Mann, P. J. G. and J. H. Quastel. 1946. Manganese metabolism in soils. Nature 158: 154-156.
35. Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
36. Mascagni, H. J. and F. R. Cox. 1985. Diagnosis and correction of manganese deficiency in corn. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15: 1323-1333.
37. Mercer, F. V., M. Nittin and J. V. Possingham. 1962. The effect of manganese deficiency on the structure of spinach chloroplasts. J. Cell Biol. 15: 379-381.
38. Modestus, W. V. 1990. Correction of manganese deficiency in wheat with chemical fertilizers South of Mt. Meru. *In*: 6th. Regional Wheat Workshop for Eastern, Central and Southern Africa 78-81.
39. Murcia, M. A., A. Vera, R. Ortiza and C. F. Garcia. 1995. Measurement of ion levels of spinach grown in different fertilizer regimes using ion chromatography. Food Chem. 52: 161-166.
40. Ohki, K. 1985. Manganese deficiency and toxicity effects on photosynthesis, chlorophyll, and transpiration in wheat. Crop Sci. 25: 187-192.
41. Olsen, S. R. 1972. Micronutrients interaction. PP. 243-264. *In*: J. J. Mortvedt et al. (Eds.), Micronutrients in Agriculture. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.
42. Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate, USDA. Circ. 939. U. S. Gover. Prin. Office, Washington, DC.
43. Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil. USDA. Handbook No. 60, Washington, DC.
44. Roomizadeh, S. and N. Karimian. 1996. Manganese-iron relationship in soybean grown in calcareous soils. J. Plant Nutr. 19: 397-406.
45. Sakal, R., H. Sinha, A. P. Singh and K. N. Thakur. 1981. Response of wheat to zinc, copper and manganese in calcareous soil. J. Indian Soc. Soil Sci. 29: 385-389.
46. Sauchelli, V. 1969. Trace Elements in Agriculture. Von Nostrand Reinhold Co., New York.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]

47. Sheila, M. M. and J. T. Gregory. 1989. The effects of pH and ammonium on the distribution of manganese in *Triticum aestivum* grown in solution culture. Can. J. Bot. 67: 3394-3400.

48. Singh, V. and N. Kumar. 1995. Yield and nutrients uptake by maize as influenced by manganese at different soil fertility levels. Annals Agric. Res. 16: 354-356.

49. Singh, D. V. and C. Swarup. 1982. Copper nutrition of wheat in relation to nitrogen and phosphorus fertilization. Plant Soil 65: 433-436.

50. Takebe, M., T. Ishihara, K. Matsuna, J. Fojimoto and T. Yoneyama. 1995. Effect of nitrogen application on the content of sugars, ascorbic acid, nitrate and oxalic acid in spinach (*Spinacia oleracea* L.) and komatsuna (*Nrasica compestris* L.). Jap. J. Soil Sci. Plant Nutr. 66: 238-246.

51. Thompson, T. L. and J. A. Doerge. 1995. Nitrogen and water rates for subsurface tricleirrigated collard, mustard, and spinach. HortSci. 30: 1382-1387.

52. Verma, J. S. and R. S. Minhas. 1989. Effect of iron and manganese interaction on paddy yield and iron and manganese in silicon-treated and untreated soils. Soil Sci. 147: 107-115.

53. Walkley, A. and T. A. Black. 1934. An examination of the deligaref method for determining organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

54. Wojsieska, U. 1994. The effect of nitrogen nutrition of wheat on plant growth and CO_2 exchange parameters. Acta Physiol. Plantarum 16: 269-272.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.4.6.7]