اثر متقابل نیتروژن و بور بر رشد و غلظت نیتروژن و بور در برنج

هادی کوهکن[۱*]، منوچهر مفتون[۱] و یحیی امام[۲]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۱۲/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۵/۹)

چکیده

نیتروژن معمولاً در زمین‌های زراعی و غیرزراعی ایران به‌علت نبود ماده آلی کافی در خاک کم است. از طرف دیگر سمیت بور عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک این کشور جایی که خاک‌ها یا آب‌های آبیاری حاوی میزان نسبتاً بالایی از این عنصر هستند، شایع است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که افزودن برخی عناصر مانند نیتروژن تأثیر سوء سطوح بالای بور را کاهش می‌دهد. جهت بررسی برهمکنش بور و نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج آزمایش گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا" تصادفی با شش سطح بور (صفر، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به‌صورت اسید بوریک) و چهار سطح نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به‌صورت اوره) با سه تکرار در یک خاک آهکی انجام شد. کاربرد بور سبب کاهش وزن خشک قسمت هوایی گردید و با مصرف نیتروژن سمیت بور به‌ویژه در سطوح پایین آن کاهش یافت. به‌علاوه افزودن بور غلظت بور و نیتروژن را در قسمت هوایی برنج افزایش داد. مصرف نیتروژن غلظت نیتروژن را افزایش ولی غلظت بور در گیاه کاهش داد. غلظت نیتروژن و غلظت کلروفیل اندازه‌گیری شده به روش شیمیایی با افزایش قرائت کلروفیل‌متر سیر صعودی دارند. غلظت کلروفیل با افزایش سطح بور کاهش یافت. افزودن نیتروژن غلظت کلروفیل را افزایش و تأثیر سوء سطوح بالای بور بر این پارامتر را کاهش داد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در خاک‌های با بور بالا، کاربرد نیتروژن با کاهش اثرات سوء سمیت بور رشد برنج را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن، سمیت بور، برنج ، نسبت کلسیم به بور و پتاسیم به بور

مقدمه

نیتروژن یکی از عناصر پر مصرف گیاه بوده که میزان مصرف آن بسیار بالا است لذا کمبود آن حتی در برخی خاک‌های با ماده آلی بالا مشاهده می‌شود (۱۷). غلظت نیتروژن لازم برای رشد مطلوب براساس جنس گیاه، مرحله رشد و اندام گیاه بین ۲ تا ۵ درصد وزن خشک گیاه متغیر می باشد(۲۲).

بور در محلول خاک به شکل H_3BO_3 وجود دارد. شکل قابل جذب آن برای ریشه گیاهان H_3BO_3 و آنیون‌های بور است. معمولا" اگر غلظت بور در ماده خشک گیاه کمتر از ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، کمبود و اگر بیشتر از۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد مسمومیت آن برای اغلب گیاهان محتمل است (۱۵). براتی و همکاران (۶) گزارش کردند که کاربرد نیتروژن تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه را افزایش دهد. هاری و همکاران (۱۶) مشاهده کردند که مصرف ۲۰۰

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲. استاد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Koohkan_7001@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]

کیلوگرم نیتروژن در هکتار با افزایش وزن دانه و تعداد خوشه‌های برنج در واحد سطح همراه بوده و عملکرد دانه را تا ۱۳۲ درصد افزایش داده است.

گوپتا و همکاران (۱۳) با مطالعه در یک خاک اسیدی نشان دادند حداکثر عملکرد جو و گندم به‌ترتیب در سطح ۱۰۰و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک بدون توجه به سطوح بور به‌دست آمده است. آنها گزارش کردند اگر غلظت بور در مرحله غلاف رفتن در اندام هوایی جو و گندم به ترتیب بیشتر از ۱۴ و ۱۶ میلی‌گرم بور در کیلوگرم شود گیاهان دچار برگ سوختگی در نوک برگ‌ها شده و اضافه کردن حداقل ۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک سمیت بور را کاهش داد.

سپاسخواه و مفتون (۳۰) گزارش کردند که سمیت بور در پسته بادامی و کله‌قوچی به‌ترتیب با مصرف ۵۰ و ۱۰۰ میکروگرم نیتروژن در گرم خاک کاهش می‌یابد. چاپمن و وانسلو (۸) نشان دادند کاربرد نیتروژن در کنترل سمیت بور در مرکبات موثر است. هم‌چنین گوپتا و همکاران (۱۴) نتیجه گرفتند که کاربرد زیاد نیتروژن، شدت سمیت بور در غلات را کاهش می‌دهد و تأثیر فسفر و پتاسیم در این راستا کمتر از نیتروژن است.

سمیت بور در گیاه ممکن است معلول یکی از حالت‌های زیر باشد: (۱) خاک‌هایی که به‌طور ذاتی دارای بور بالایی هستند،(۲) استفاده مستمر و زیاد از کودهای با بور بالا و در نهایت (۳) به خاطر استفاده از آب‌های آبیاری حاوی بور بالا که باعث تجمع بور در خاک می‌شوند (۱۵).

برای مقابله با سمیت بور، راه‌های متفاوتی از جمله آبشویی خاک‌های با غلظت زیاد بور، پیشنهاد شده که سبب می‌گردد مقدار قابل توجهی از این عنصر از خاک خارج گردد. اما این روش نیاز به مقدار قابل توجهی آب با غلظت نسبتاً کمتر بور دارد و چندان عملی و اقتصادی نیست (۱۸). راه دیگر انتخاب ارقام و ژنوتیپ‌هایی است که از مقاومت نسبی بالایی نسبت به غلظت زیاد بور در خاک برخوردار می‌باشند (۲۵) و روش سوم که اخیراً مورد توجه قرار گرفته کاهش سمیت بور در گیاهان با مصرف بعضی از عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن و روی می‌باشد (۱۵).

از آنجا که علایم سمیت بور در بسیاری از مناطق کشور از جمله میناب، جیرفت، یزد، جهرم، کرمان، رفسنجان و قم مشاهده شده‌است (۳). لذا مطالعه راه‌هایی عملی که بتوان مقاومت نسبی برنج را به سمیت بور افزایش داد با توجه به اهمیت اقتصادی آن، از الویت خاصی برخوردار است. این پژوهش با هدف: ارزیابی تأثیر نیتروژن بر افزایش تحمل نسبی برنج به تنش ناشی از سمیت بور انجام شد.

مواد و روش‌ها

خاک مورد آزمایش از افق سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متر) سری رامجردی واقع در ایستگاه زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز جمع‌اوری گردید. این خاک جزء خاک‌های قهوه‌ای(Brown soils) بوده و مترادف آن در تاکسونومی خاک (fine, mixed, mesic, Fluventic Haploxerepts) می باشد (۲). پس از خشک کردن خاک در هوا و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱). جهت بررسی تأثیر بور و نیتروژن بر پارامترهای رشد رویشی برنج از شش سطح بور (۰ ، ۲/۵ ، ۵ ، ۱۰ ، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به‌صورت اسید بوریک و چهار مقدار نیتروژن (۰ ، ۷۵ ، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) به‌صورت اوره استفاده شد، به‌طوری که نیتروژن در دو نوبت به گلدان‌ها اضافه گردید. نصفی از سطوح نیتروژن قبل از کشت بذر و نصف دیگر چهار هفته پس از کشت به‌صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل۴×۶ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. مقادیر مورد نیاز فسفر، آهن، منگنز، روی و مس براساس آزمون خاک تعیین شده و قبل از کاشت به‌صورت محلول به ترتیب از منابع مونوفسفات پتاسیم، کلات آهن (Fe-EDDHA) و سولفات‌های منگنز، روی و مس به‌طور یکنواخت به تمام گلدان‌ها داده شد. تعداد ۱۵ عدد بذر برنج رقم قصرالدشتی در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متری خاک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]

جدول۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

ویژگی خاک	مقادیر
رس (درصد)	۲۴
سیلت(درصد)	۴۴
pH (در خمیر اشباع)	۷/۳
قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)	۰/۴۵
ماده آلی (درصد)	۰/۵۵
نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۵۱
کربنات کلسیم معادل (درصد)	۶۲
ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بار برگرم خاک)	۱۱
بور استخراج شده با آب داغ (میکروگرم درگرم خاک)	۰/۳۳
فسفر استخراج شده به‌وسیله بی‌کربنات سدیم (میکروگرم درگرم خاک)	۹/۴
پتاسیم قابل استخراج به‌وسیله استات آمونیوم(میکروگرم درگرم خاک)	۳۹۱
آهن استخراج شده به‌وسیله دی-تی-پی-ا(میکروگرم درگرم خاک)	۴/۵
منگنز استخراج شده به‌وسیله دی-تی-پی-ا(میکروگرم درگرم خاک)	۵/۰
روی استخراج شده به‌وسیله دی-تی-پی-ا(میکروگرم درگرم خاک)	۰/۶
مس استخراج شده به‌وسیله دی-تی-پی-ا(میکروگرم درگرم خاک)	۲/۳

کاشته شد و دو هفته پس از کاشت تعداد بوته‌ها به ۵ عدد در هر گلدان تقلیل یافت. سپس گلدان‌ها را غرقاب کرده به‌طوری‌که تا پایان دوره رشد، ارتفاع آب از سطح خاک تقریباً ۳ سانتی‌متر باقی بماند.

حدود دو ماه پس از کاشت، ۳ بوته برنج از هر گلدان از محل طوقه قطع شده و پس از شستشو با آب مقطر به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰-۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. ضمناً قبل از برداشت، به‌وسیله کلروفیل‌متر (SPAD-502) از برگ‌های جوان دوم، سوم و چهارم هر بوته اعداد کلروفیل متر قرائت شد و از هر برگ سه قرائت صورت گرفت. هم‌چنین جهت اندازه‌گیری غلظت کلروفیل به روش آرنون (۴)، برگ تازه گیاه را در استن ۸۰ درصد به خوبی سائیده و سپس سانتریفوژ می‌کنیم و محلول زلال رویی را جدا کرده و میزان جذب طول موج‌ها ۶۴۵ و ۶۶۳ توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت می‌کنیم و سپس میزان کلروفیل کل را محاسبه می‌کنیم. یک گرم از نمونه گیاهی به مدت ۴ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به خاکستر تبدیل و سپس به‌وسیله اسید کلریدریک ۲ نرمال عصاره‌گیری شد. نیتروژن کل به روش میکروکلدال (۷) و غلظت بور به روش آزومتین H (۹) تعیین گردید.

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از برنامه MSTATC و با به‌کارگیری آزمون F و نیز معادله‌های رگرسیون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم و نتایج تفسیر و توصیه‌های لازم ارائه شد.

نتایج و بحث

وزن خشک شاخسار برنج

اثرات اصلی و متقابل بور و نیتروژن بر وزن خشک شاخسار برنج

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]

در جدول ۲ ارائه گردیده است. با افزایش بور، وزن خشک شاخسار کاهش یافت. حال آن‌که در تمام سطوح نیتروژن، کاربرد بور وزن خشک شاخسار برنج را کاهش داده است. همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود کمترین وزن خشک در تیمار صفر نیتروژن و مصرف ۴۰ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک (N_0B_{40}) به‌دست آمدکه برابر با ۰/۵۷ گرم در گلدان می باشد. کاربرد نیتروژن با مصرف و بدون مصرف بور، وزن خشک شاخسار را افزایش داد و بیشترین وزن خشک در غیاب بور و کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک ($N_{150}B_0$) مشاهده شد که حدود ۴ برابر شاهد می باشد. در این پژوهش، در سطوح پایین بور (تا سطح ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، مصرف نیتروژن از تأثیر سوء بور بر وزن خشک جلوگیری نمود. اما این نقش مثبت نیتروژن در سطوح بالای بور (۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک) چندان چشم‌گیر نیست.

گارگ و همکاران (۱۰) مشاهده کردند که در کشت‌های شنی با محلول غذایی حاوی ۰، ۱، ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم بور در لیتر، عملکرد برنج در سطوح پایین بور (۱ و ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر) افزایش و در سطوح بالای بور (۵ میلی‌گرم در لیتر) کاهش یافت. آنها نتیجه گرفتند که افزایش عملکرد در سطوح پایین بور به‌دلیل نقش این عنصر در بقای گرده، نقل و انتقال قند و مواد حاصله از فتوسنتز و افزایش فعالیت آنزیمی بوده و آثار منفی غلظت بالای بور به‌علت تشدید تنفس، کاهش فعالیت آنزیمی در سلول و صدمه به پرتوپلاسم می‌باشد که بدین ترتیب بر انتقال و قابلیت استفاده قندها و مواد حاصل از فتوسنتز تأثیر دارد.

کومار و همکاران (۱۹) نشان دادند که وزن خشک برنج در تیمار ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۴۱ درصد به‌علت افزایش سنتز کلروفیل، پروتئین و قند نسبت به شاهد افزایش نشان داده‌است. گوپتا و همکاران (۱۳) در یک مطالعه گلخانه‌ای در دو گیاه گندم و جو در یک خاک اسیدی مشاهده کردند که کاربرد ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک به ترتیب عملکرد گندم و جو را کاهش داده است. افزودن ۵۰ میلی‌گرم یا بیشتر نیتروژن در کیلوگرم خاک عملکرد گیاه افزایش اما جذب و سمیت بور کاهش داده است. این پژوهشگران بیان کردند که مصرف نیتروژن در کاهش سمیت بور مفید بوده است.

غلظت و جذب بور

مصرف نیتروژن در غیاب بور، با افزایش غلظت بور در شاخسار برنج همراه شده‌است. نتیجه مشابه توسط نلیوبوا و مولها (۲۶) گزارش شده است. کاربرد نیتروژن در سایر سطوح بور، سبب کاهش غلظت بور گردیده است. همان‌طور که در جدول ۳ دیده می‌شود غلظت بور در غیاب مصرف نیتروژن بیشترین افزایش را داشته است. از طرفی با افزایش مصرف بور غلظت بور در گیاه افزایش نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال در بالاترین سطح بور و نیتروژن، غلظت بور نسبت به شاهد ۱۱/۵ برابر می‌باشد. در حالی که بدون مصرف نیتروژن، کاربرد ۴۰ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک، غلظت بور نسبت به شاهد ۲۴ برابر شده‌است. به عبارتی دیگر، نیتروژن به‌طور مؤثری از افزایش غلظت بور در شاخسار برنج جلوگیری کرده‌است. که دلیل آن مربوط به افزایش وزن خشک شاخساره بر اثر تیمار نیتروژن و در نتیجه کاهش غلظت بور در بافت گیاهی است. کمترین غلظت بور (۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار صفر بور و نیتروژن (N_0B_0) و بیشترین(۷۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار صفر نیتروژن و ۴۰ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک (N_0B_{40}) می‌باشد (جدول۳).

مصرف بور، جذب این عنصر را توسط گیاه تا سطح ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک افزایش داده که علت آن مربوط به افزایش وزن شاخسار برنج می‌باشد و در بقیه سطوح نیتروژن (۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) جذب بور کاهش یافت که می‌تواند مربوط به تأثیر سطوح بالای نیتروژن بر کاهش غلظت بور باشد. در میانگین جذب بور با کاربرد نیتروژن نیز مشابه چنین روندی مشاهده شد. جذب بور در هر سطح نیتروژن با مصرف بور سیر صعودی دارد که می‌تواند مربوط به افزایش غلظت بور در گیاه باشد. طوری که بیشترین جذب (۱/۵۷ میلی‌گرم در گلدان) با مصرف توأم ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]

جدول۲. تأثیر بور و نیتروژن بر وزن خشک شاخساره برنج

نیتروژن(میلی‌گرم در کیلوگرم)	بور(میلی‌گرم در کیلوگرم)						
	۰	۲/۵	۵	۱۰	۲۰	۴۰	میانگین
۰	۳/۰۸	۲/۸۵	۲/۸۶	۲/۷۳	۲/۴۴	۰/۵۷	۲/۴۲
۷۵	۱۰/۱۸	۷/۵	۶/۳۵	۶/۶	۴/۸۸	۱/۰۴	۶/۰۹
۱۵۰	۱۲/۲۲	۹/۹۶	۸/۹۸	۷/۰۳	۵/۲۷	۲/۱۵	۷/۶۰
۳۰۰	۵/۷۶	۴/۲۷	۲/۸۴	۴/۰۹	۲/۵۴	۰/۹۷	۳/۴۱
میانگین	۷/۸۱	۵/۷۴	۵/۲۵	۵/۱۱	۳/۷۹	۱/۱۸	

	LSD(۰/۰۵)
N	۰/۲۸
B	۰/۳۴
B×N	۰/۶۸

در کیلوگرم خاک و ۱۰ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک به‌دست آمد.

گوپتا و همکاران (۱۳) مشاهده کردند که کاربرد ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک به ترتیب عملکرد گندم و جو را کاهش داده است و با افزودن ۵۰ میلی‌گرم یا بیشتر نیتروژن در کیلوگرم خاک غلظت بور کاهش یافت. در این تحقیق، با افزودن ۷۵ میلی‌گرم یا بیشتر نیتروژن در کیلوگرم خاک غلظت بور کاهش پیدا کرد. گریو و پس (۱۲) بیان کردند که زمانی که غلظت بور کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک است نشانه‌های سمیت بور مشاهده نمی‌شود اما زمانی که به ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌رسد این نشانه‌ها ظاهر می‌شود.

غلظت و جذب نیتروژن

در تمامی سطوح بور، کاربرد نیتروژن موجب افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن در گیاه گردیده است. در غیاب نیتروژن، مصرف ۴۰ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک غلظت نیتروژن شاخسار برنج را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است و این احتمالاً به‌دلیل اثر غلظت می باشد. دلیل افزایش غلظت نیتروژن می‌تواند به‌علت کاهش وزن خشک شاخسار برنج بر اثر سمیت بور باشد. بیشترین غلظت نیتروژن با مصرف ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۵ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک ($N_{300}B_5$) مشاهده شد که برابر ۳/۷۶ درصد است و حداقل ۰/۶۹ درصد، مربوط به تیمار صفر بور و نیتروژن (N_0B_0)می‌باشد (جدول۴). در تیمار صفر بور، مصرف ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک غلظت نیتروژن را ۴/۶۷ برابر شاهد افزایش داد. گوپتا و همکاران (۱۳) ملاحظه کرد که غلظت نیتروژن در شاخسار گندم و جو با افزودن بور افزایش می‌یابد و دلیل آن را کاهش عملکرد به‌علت مصرف بور و اثر غلظت بیان کردند.

جذب نیتروژن در هر سطح نیتروژن با افزایش مصرف بور کاهش یافت که آن به‌علت کاهش عملکرد گیاه به سبب سمیت بور می‌باشد. به‌نحوی‌که در تیمار صفر نیتروژن و ۴۰ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک جذب نیتروژن ۷۱ درصد نسبت به شاهد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]

جدول۳. تأثیر بور و نیتروژن بر غلظت و جذب بور توسط شاخسار برنج

نیتروژن(میلی‌گرم در کیلوگرم)	بور مصرفی(میلی‌گرم در کیلوگرم)						
	۰	۲/۵	۵	۱۰	۲۰	۴۰	میانگین
	غلظت (میلی‌گرم در کیلوگرم)						
۰	۳۱	۱۲۲	۱۷۷	۲۷۷	۳۹۹	۷۴۲	۲۹۱
۷۵	۳۵	۹۱	۱۴۴	۲۲۱	۲۹۶	۵۶۲	۲۲۵
۱۵۰	۵۵	۷۵	۱۱۰	۲۲۳	۲۶۰	۳۸۷	۱۸۵
۳۰۰	۴۸	۶۹	۱۰۲	۲۱۶	۲۲۸	۳۵۷	۱۷۰
میانگین	۴۲	۸۹	۱۳۳	۲۳۴	۲۹۶	۵۱۲	
LSD(۰/۰۵)							
N	۹/۹۴						
B	۱۲/۱۷						
N×B	۲۴/۳۴						
	جذب (میلی گرم در گلدان)						
۰	۰/۱۰	۰/۳۵	۰/۵۱	۰/۷۶	۰/۹۷	۰/۴۲	۰/۵۲
۷۵	۰/۳۵	۰/۶۸	۰/۹۱	۱/۴۶	۱/۴۴	۰/۵۸	۰/۹۰
۱۵۰	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۹۸	۱/۵۷	۱/۳۷	۰/۸۳	۱/۰۳
۳۰۰	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۸۸	۰/۵۸	۰/۳۴	۰/۴۵
میانگین	۰/۳۵	۰/۵۲	۰/۶۷	۱/۱۷	۱/۱۰	۰/۵۴	
LSD(۰/۰۵)							
N	۰/۰۷						
B	/۰۹						
N×B	۰/۱۷						

کاهش یافت و چنین روندی در میانگین‌ها هم مشاهده شد.

در هر سطح بور، با کاربرد نیتروژن جذب این عنصر توسط گیاه زیاد شد. افزایش جذب نیتروژن احتمالاً به‌دلیل افزایش وزن خشک گیاه و غلظت نیتروژن می باشد. بیشترین جذب نیتروژن با مصرف توأم ۲/۵ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک و ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک ($N_{300}B_{2.5}$) مشاهده می‌شود. در همین ارتباط بالی و همکاران (۵) مشاهده کردند که مصرف ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب افزایش غلظت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]

جدول ۴. تأثیر بور و نیتروژن بر غلظت و جذب نیتروژن توسط شاخسار برنج

نیتروژن(میلی‌گرم در کیلوگرم)	بور مصرفی (میلی‌گرم در کیلوگرم)						
	۰	۲/۵	۵	۱۰	۲۰	۴۰	میانگین
	غلظت (درصد)						
۰	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۹۰	۱/۰۷	۰/۸۲
۷۵	۱/۰۸	۰/۹۹	۰/۹۵	۱/۱۴	۱/۲۱	۱/۵۷	۱/۱۶
۱۵۰	۱/۵۶	۲/۰۹	۱/۹۷	۲/۱۵	۱/۸۱	۱/۹۲	۱/۹۲
۳۰۰	۳/۲۲	۳/۴۰	۳/۷۶	۳/۵۲	۳/۳۷	۳/۲۹	۳/۴۳
میانگین	۱/۶۴	۱/۷۹	۱/۸۶	۱/۸۹	۱/۸۲	۱/۹۶	
LSD(۰/۰۵)							
N	۰/۱۱						
B	۰/۱۴						
N×B	۰/۲۹						
	جذب (میلی گرم در گلدان)						
۰	۲۱/۲	۲۰/۲	۲۱/۱	۲۱/۹	۲۱/۹	۶/۱	۱۸/۷
۷۵	۱۱۰	۷۴/۳	۶۰/۳	۷۵/۲	۵۹/۰	۱۶/۳	۶۵/۸
۱۵۰	۱۹۱	۲۰۸	۱۷۷	۱۵۱	۹۵/۳	۴۱/۳	۱۴۴
۳۰۰	۱۸۵	۱۴۵	۱۰۷	۱۴۴	۸۵/۸	۳۲/۰	۱۱۷
میانگین	۱۲۷	۱۱۲	۹۱/۴	۹۸/۰	۶۵/۵	۲۴/۰	
LSD(۰/۰۵)							
N	۱۰/۶۳						
B	۱۰/۶۳						
N×B	۲۶/۲۱						

نیتروژن در شاخسار برنج شده است.

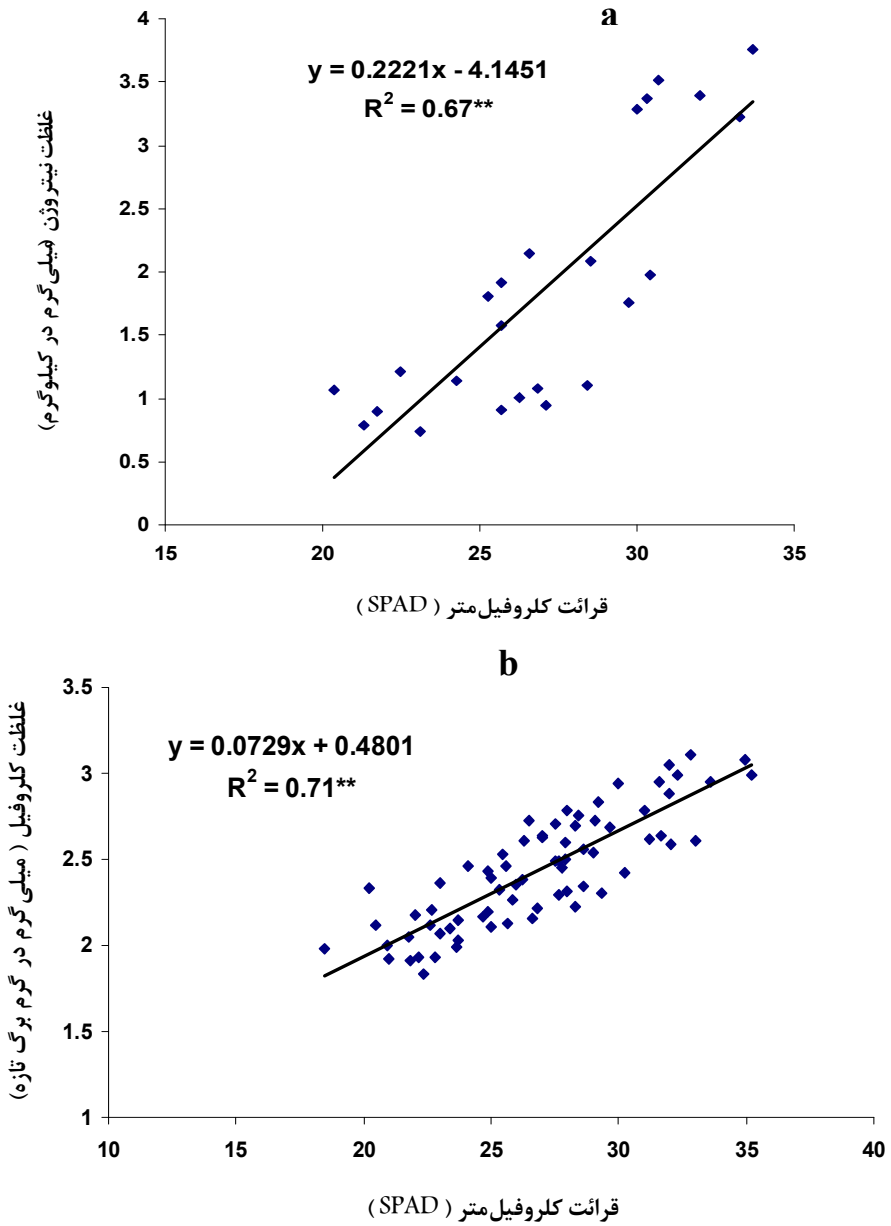
رابطه قرائت کلروفیل‌متر دستی با غلظت نیتروژن و غلظت کلروفیل در برگ تازه

قرائت کلروفیل می‌تواند روش مناسبی جهت ارزیابی برنامه مدیریتی نیتروژن به‌حساب آید. نیتروژن بیشترین تأثیر را بر رشد سبزینه‌ای برگ گیاهان دارد که مربوط به تأثیر آن بر کلروفیل برگ می‌باشد(۲۸). به‌منظور پیش‌بینی غلظت نیتروژن در گیاه از طریق قرائت کلروفیل معادله ارائه شده در شکل ۱a به خوبی هم‌بستگی بین قرائت کلروفیل و غلظت نیتروژن در گیاه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش قرائت، غلظت نیتروژن نیز افزایش می‌یابد. رابطه قرائت کلروفیل و غلظت کلروفیل در برگ برنج در شکل ۱b نشان داده شده‌است. با افزایش قرائت کلروفیل، غلظت کلروفیل در برگ افزایش می‌یابد. هم‌چنین این روابط نشان می‌دهد که مصرف نیتروژن بر غلظت کلروفیل و قرائت کلروفیل‌متر مؤثر و مفید می‌باشد.

در سلول برگ‌های سبز تا ۷۵ درصد کل نیتروژن آلی در درون کلروپلاست عمدتاً به‌صورت آنزیم قرار دارند. بنابراین، کمبود عناصر غذایی از جمله نیتروژن به‌طور مستقیم در ساختن پروتئین و کلروفیل دخالت دارد. افزایش نیتروژن با افزایش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]



شکل ۱. رابطه بین قرائت کلروفیل‌متر دستی با غلظت نیتروژن (a) و غلظت کلروفیل در برگ تازه برنج (b)

ساخت پروتئین و تشکیل کلروپلاست و اجزای کلروپلاست سبب افزایش غلظت کلروفیل می‌شود (۲۱).

پیکلیک و فکس (۲۹) در یک آزمایش صحرایی نشان دادند که نیتروژن بر غلظت کلروفیل و اعداد خوانده شده توسط کلروفیل‌متر تأثیر مثبت دارد. محمد و همکاران (۲۴) نشان دادند که کلروفیل برگ گندم تا سطح ۴۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک افزایش یافته است.

در این پژوهش، غلظت کلروفیل با مصرف بور به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که حداقل میانگین غلظت کلروفیل در سطح ۴۰ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک به‌دست آمده که ۲۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان می‌دهد (جدول۵). غلظت بالای بور سبب آسیب کلروپلاست در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]

جدول۵. تأثیر بور و نیتروژن بر غلظت کلروفیل (میلی‌گرم در گرم برگ تازه برنج)

نیتروژن(میلی‌گرم در کیلوگرم)	بور(میلی‌گرم در کیلوگرم)						
	۰	۲/۵	۵	۱۰	۲۰	۴۰	میانگین
۰	۲/۵۹	۲/۲۵	۲/۳۰	۲/۱۹	۱/۸۹	۲/۰۰	۲/۲۱
۷۵	۲/۸۳	۲/۵۱	۲/۲۸	۲/۷۳	۱/۹۹	۲/۰۱	۲/۳۹
۱۵۰	۲/۹۸	۲/۸۱	۲/۴۶	۲/۳۷	۲/۳۹	۲/۱۱	۲/۵۲
۳۰۰	۳/۱۱	۲/۷۶	۲/۹۸	۲/۵۸	۲/۵۷	۲/۲۳	۲/۷۱
میانگین	۲/۸۸	۲/۵۸	۲/۵۱	۲/۴۷	۲/۲۱	۲/۰۹	

LSD(۰/۰۵)	
N	۰/۰۸
B	۰/۱
N×B	۰/۱۹

سلول‌های مزوفیل برگ می‌شود و به این دلیل غلظت کلروفیل در نتیجه مصرف بور کاهش می‌یابد (۲۵). کاربرد نیتروژن در هر سطح بور غلظت کلروفیل را افزایش داد (جدول ۵). افزودن نیتروژن نه تنها به نحو مؤثری تأثیر سوء بور بر غلظت کلروفیل را از بین برده، بلکه موجب تأثیر مثبت بر غلظت کلروفیل شده‌است.

حسینی و همکاران (۱) کاهش غلظت کلروفیل در نتیجه افزایش غلظت بور در برنج را گزارش کرده‌است. پاپاداکیس و همکاران (۲۷) مشاهده کردند که بور سبب کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل در برگ لیمو ترش شده است.

نسبت کلسیم و پتاسیم به بور

نسبت کلسیم به بور به‌عنوان شاخص مناسبی برای بررسی عکس العمل محصولات به بور پیشنهاد شده است. جذب بور به‌وسیله گیاهان به‌طور عمده تحت تأثیر حضور عناصر غذایی از جمله کلسیم و نیتروژن است (۱۵).

در این پژوهش کاربرد بور سبب کاهش معنی‌دار در میانگین نسبت کلسیم به بور در شاخسار برنج شده است که علت آن مربوط به افزایش غلظت بور با کاربرد تیمارهای بور می باشد. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود این نسبت با مصرف نیتروژن، در تمام سطوح بور، سیر صعودی دارد که علت آن مربوط به افزایش حلالیت کلسیم در محیط اطراف ریشه به سبب افزودن نیتروژن به خاک باشد (۲۱) . هم‌چنین غلظت بور در شاخسار برنج با مصرف نیتروژن کاهش یافت (جدول ۳). در نتیجه نسبت کلسیم به بور کاهش می یابد. بالاترین میانگین نسبت کلسیم به بور در تیمار صفر بور و کمترین آن در تیمار ۴۰ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک مشاهده شد. بهترین میانگین مقدار این نسبت برای حصول حداکثر وزن خشک شاخسار برنج ۲۰۹ است.

گلاکیا و پاتل (۱۱) در یک خاک آهکی با پ‌هاش برابر ۷/۴ و میزان بور محلول در آب داغ برابر ۰/۶۶ نشان دادند که نسبت کلسیم به بور در بادام زمینی و غلاف آن با مصرف بور به‌طور معنی‌داری کاهش یافته‌است. آنها هم‌چنین نسبت کلسیم به بور را

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]

جدول۶. تأثیر بور و نیتروژن بر نسبت کلسیم به بور در شاخسار برنج

نیتروژن(میلی‌گرم در کیلوگرم)	بورمصرفی (میلی‌گرم در کیلوگرم)						
	۰	۲/۵	۵	۱۰	۲۰	۴۰	میانگین
۰	۱۷۱	۱۲۲	۸۱/۴۷	۵۲/۶	۴۶/۲	۹/۳۰	۸۰/۴
۷۵	۱۲۹	۱۲۳	۶۱/۲۰	۵۹/۶	۲۷/۲	۱۶/۶۳	۷۰
۱۵۰	۱۷۸	۱۲۴	۷۲/۸	۹۷/۱	۵۲/۲	۱۸/۰	۹۰/۳۵
۳۰۰	۳۵۶	۱۲۶	۱۱۰	۱۲۶	۶۰/۰	۲۹/۱۲	۱۳۵
میانگین	۲۰۹	۱۱۴	۸۱/۳۶	۸۴	۴۶	۱۸	

LSD(۰/۰۵)	
N	۴/۱۰
B	۵/۰۳
N×B	۱۰/۰۵

جدول۷. تأثیر بور و نیتروژن بر نسبت پتاسیم به بور در شاخسار برنج

نیتروژن(میلی‌گرم در کیلوگرم)	بور(میلی‌گرم در کیلوگرم)						
	۰	۲/۵	۵	۱۰	۲۰	۴۰	میانگین
۰	۹۷۸	۳۳۳	۲۳۵	۱۹۰	۱۱۶	۷۰/۷	۳۲۱
۷۵	۷۷۰	۳۱۸	۲۰۳	۱۳۱	۱۲۹	۹۲/۴	۲۷۴
۱۵۰	۵۰۵	۳۶۱	۳۱۰	۱۵۲	۱۴۰	۱۲۸	۲۶۷
۳۰۰	۷۰۳	۵۷۵	۳۹۷	۱۷۲	۱۸۲	۱۴۷	۳۶۳
میانگین	۷۳۹	۳۹۷	۲۸۷	۱۶۲	۱۴۲	۱۱۰	

LSD(۰/۰۵)	
N	۴۰/۵
B	۴۹/۶
B×N	۹۹/۲

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]

به‌منظور حصول به عملکرد بهینه بین ۲۱۸ تا ۲۲۴ گزارش کردند. معذالک در این تحقیق، نشانه‌های سمیت بور در برگ برنج در نسبت کلسیم به بور کمتر از ۱۱۴ مشاهده شد.

همان‌طوری‌که در جدول ۷ مشاهده می‌شود در هر سطح نیتروژن با افزایش کاربرد بور، نسبت پتاسیم به بور کاهش می‌یابد. هر چند افزودن بور به خاک سبب افزایش غلظت پتاسیم در گیاه شد ولی مقدار افزایش بور بیشتر از افزایش پتاسیم است. نشانه‌های سمیت بور به‌صورت برگ سوختگی و نکروز در نوک و حاشیه برگ در بوته‌هایی که نسبت پتاسیم به بور کمتر از ۲۸۶ بود مشاهده شد ولی در نسبت‌های بالاتر این علائم دیده نشد.

کومار و همکاران (۲۰) نشان دادند که با افزایش مقدار بور، غلظت پتاسیم در شاخسار برنج افزایش یافته است. به عقیده آنان بور سبب کاهش جذب کلسیم و درنتیجه جذب پتاسیم می‌شود. مصرف نیتروژن میانگین غلظت پتاسیم را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد و علت آن تأثیر نیتروژن بر وزن خشک و اثر رقت است. مک‌لین و همکاران (۲۳) کاهش جذب پتاسیم با کاربرد نیتروژن را گزارش کردند و دلیل این امر معلول افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی ریشه گیاه و جذب ترجیحی یون‌های دو ظرفیتی در مقایسه با یک ظرفیتی می‌دانند.

نتیجه‌گیری

غلظت بور در بافت گیاهی برنج در سطوح بالای مصرف بور در حد سمیت بود به‌طوری‌که عملکرد ماده خشک به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت و این کاهش در غیاب نیتروژن شدیدتر می‌باشد و با کاربرد نیتروژن عملکرد ماده خشک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. غلظت بور در گیاه با کاربرد بور افزایش و مصرف نیتروژن سبب کاهش غلظت بور می‌شود، پس نیتروژن در کاهش سمیت بور مفید می‌باشد. غلظت و جذب نیتروژن با کاربرد نیتروژن افزایش و با مصرف بور غلظت نیتروژن افزایش و جذب آن کاهش یافت. نیتروژن به نحو مؤثری از تأثیر سوء بور بر غلظت کلروفیل در برگ گیاه جلوگیری کرد و سبب افزایش آن شد.

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که مصرف نیتروژن می‌تواند به‌عنوان راه حل مناسبی جهت مقابله با مشکل سمیت بور مورد استفاده قرار گیرد. پس در خاک‌هایی که سمیت این عنصر وجود دارد با مصرف مقدار بیشتری نیتروژن می‌توان اثرات مضر بور را تا حدی کاهش و عملکرد گیاه را افزایش داد. پس، تحقیقات بیشتری جهت فهم کامل و بهتر افزایش تحمل گیاهان به مقدار زیاد بور در نواحی خشک به‌وسیله کودهای نیتروژن نیاز است. هم‌چنین بررسی تأثیر سایر منابع کودی بور و نیتروژن، ارقام مختلف گیاهی به ویژه در قالب آزمایش‌های صحرایی جهت تأیید نتایج این آزمایش و یافتن مقدار بهینه مصرف نیتروژن که سبب کاهش مؤثر سمیت بور می‌شود، مفید است.

منابع مورد استفاده

۱. حسینی، س. م.، م. مفتون، ن. ع. کریمیان، ع. م. رونقی و ی. امام. ۱۳۸۳. تأثیر سولفات روی بر مقاومت به سمیت بور در ذرت. مجله علوم خاک و آب ۱۸: ۱۳۳-۱۲۵.

۲. صلحی، م. ۱۳۶۷. مطالعه ژنتیکی، مورفولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و طبقه بندی خاک‌های باجگاه، استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

۳. ملکوتی، م. ج. و ب. متشرع زاده. ۱۳۷۸. نقش بور در افزایش کمّی و بهبود کیفی تولیدات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، کرج.

4. Arnon, D. I. 1956. Photosynthesis by isolated chloroplast. IV. General concept and comparison of three

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]

photochemical reactions. Biochem. Biophysiol. Acta 20:440-461.
5. Bali, A. S., K. N. Singh and A. S. Ali. 1996. Response of rice genotypes to N fertilization under temperature condition of Kashmir valley. Int. Rice Res. Notes 21:27.
6. Barati, V., Y. Emam and M. Maftoun. 2006. Responses of two lowland: rice cultivars to the different sources and levels of nitrogen. Agrochimica 1: 158-164.
7. Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. PP.1148-1158. *In*: C. A. Black et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Am. Soc. Agron., Madison,WI.
8. Chapman, H. D. and A. P. Vanselow. 1955. Boron deficiency and excesss. Calif. Citrog. 40: 92-94.
9. Ferran, J., A. Bonvalet and E. Casassas. 1987. New masking agents in the azomethine-H method for boron determination in plant tissues. Agrochimica 32:171.
10. Garg, O. K., A. N. Sharma and G. S. S. Kona. 1979. Effect of boron on the pollen vitality and yield of rice plants (*Oryza sativa* L. Var. Jaya). Plant Soil 52: 591-594.
11. Golakiya, B. A. and M. S. Patel. 1988. Effect of Ca/B ratio on yield attributes and yield of groundnut. J. Indian Soc. Soil Sci. 36: 287-290.
12. Grieve, C. M. and J. A. Poss. 2000. Wheat response to interactive effects of boron and salinity. J. Plant Nutr. 23: 1217-1226.
13. Gupta, U. C., J. A. Macleod and J. D. E. Sterling. 1976. Effects of boron and nitrogen on grain yield and boron and nitrogen concentrations of barley and wheat. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 723-726.
14. Gupta, U. C., J. D. E. Sterlinga and H. G. Nass. 1973. Influence of various rates of compost and nitrogen on the boron toxicity symptoms in barley and wheat. Can. J. Plant Sci. 53: 451-456.
15. Gupta, U. C., Y. W. Jame, C. A. Campbell, A. J. Leyshon and W. Nicholaichuk.1985. Boron toxicity and deficiency: A review. Can. J. Soil Sci. 65: 381-409.
16. Hari, O. M., S. K. Katyal and S. D. Himan. 2000. Response of two rice (*Oryza sativa* L.) hybrids to graded levels of nitrogen. Indian J. Agric. Sci. 70: 140-142.
17. Havlin, J. L., J. D. Beaton. S. L. Tisdale and W. L. Nelson. 1999. Soil fertility and fertilizer. 6th ed., Prentice-Hall Inc. Upeer Saddle Rive, New Jersey. 499 p.
18. Keren, R. and F. T. Bingham. 1985. Boron in water, soil, and plants. Adv. Soil Sci. 1: 230-276.
19. Kumar, D., A. Swarup and V. Kumar. 1996. Influence of levels and methods of N application on the yield and nutrition of rice in a sodic soil. J. Indian Soc. Soil Sci. 44: 259-263.
20. Kumar, S. B., R. Arora and H. S. Hundal. 1981. Potassium- boron synergism in the nutrition of rice (*Oryza sativa*). J. Indian Soc. Soil Sci. 29: 563-564.
21. Lunin, M., M. H. Gallatin and A. R. Batchelder. 1965. Salinity fertility interaction in relation to the growth and composition of bean. I. Effect of N, P and K. II. Varying levels of N and P. Agron. J. 59: 339-348.
22. Marschner, H. 1995. Minenal Nutrition of Higher Plants. 2th ed., Academic Press, London.
23. Mclean, E., O. Adam and R. Frankia. 1956. Cation exchange capacities of plant roots as related to their nitrogen content. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20: 345-347.
24. Mohamed, A. A., I. H. El Sokkary and T. C. Tucker. 1987. Growth and chlorophyll, mineral, and total amino acid composition of tomato and wheat plants in relation to nitrogen and iron nutrition. Growth and nutrient uptake. J. Plant Nutr. 10: 699-712.
25. Nable, R. O., G. S. Banuelos and J. G. Paull. 1997. Boron toxicity. Plant Soil 193: 181-198.
26. Nelyubova, G. L. and N. A. Mulha.1972. Uptake of boron and nitrogen by sunflower as a function of their level in the medium. Dokl Tskha. 176: 145-148.
27. Papadakis, I. E., K. Dimassi, A. M. Bosabalidis, I. N. Therios, A. Patakas and A. Giannakoula. 2004. Boron toxicity in Clementine mandarin plants grafted on two rootstocks. Plant Sci. 166: 539-547.
28. Piekielek, W. P. and R. H. E. Fox. 1992. Use of chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirement for maize. Agron. J. 3: 59-65.
29. Piekielek, W. P., R. H. E. Fox, D. J. Toth and K. E. Macneal. 1995. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. Agron. J. 87: 404-408.
30. Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 1994. Seedling growth and chemical composition of two pistachio cultivars as affected by boron and nitrogen application. J. Plant Nutr.17: 155-171.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.13.3]