

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 به علت 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 به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش سطح بور (صفر، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به صورت اسید بوریک) و چهار سطح نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به صورت 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 کلروفیل متر 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

قابل جذب آن برای ریشه گیاهان H_3BO_3 و آنیون‌های بور است. معمولاً اگر غلظت بور در ماده خشک گیاه کمتر از ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، کمبود و اگر بیشتر از ۲۰۰ 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

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 می‌باشد (۲۲).

بور در محلول خاک به شکل H_3BO_3 وجود دارد. شکل

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

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 به ترتیب در سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک بدون توجه به سطوح بور به دست 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 به ترتیب 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 شده است (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 (۰-۳۰ سانتی‌متر) سری رامجردی واقع در ایستگاه زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز جمع‌آوری گردید. این خاک جزء خاک‌های قهوه‌ای (Brown soils) بوده و مترادف آن در تاکسونومی خاک (fine, mixed, mesic, Fluventic Haploxerepts) می‌باشد (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 ریشی برنج از شش سطح بور (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به صورت اسید بوریک و چهار مقدار نیتروژن (۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) به صورت اوره استفاده شد، به طوری 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 به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل ۶×۴ 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 به صورت 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

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

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

محاسبه می‌کنیم. یک گرم از نمونه گیاهی به مدت ۴ ساعت در دمای ۵۵° درجه سانتی‌گراد به خاکستر تبدیل و سپس به وسیله 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 به کارگیری 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

کاشته شد و دو هفته پس از کاشت تعداد بوته‌ها به ۵ عدد در هر گلدان تقلیل یافت. سپس گلدان‌ها را غرقاب کرده به طوری که 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 ۷۵-۸۰° درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. ضمناً قبل از برداشت، به وسیله کلروفیل‌متر (SPAD-502) از برگ‌های جوان دوم، سوم و چهارم هر بوته اعداد کلروفیل‌متر 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

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 شده است. نتیجه مشابه توسط نلیوبوا و مولها (۲۶) گزارش شده است. کاربرد نیتروژن در سایر سطوح بور، سبب کاهش غلظت بور گردیده است. همان طور که در جدول ۳ دیده می شود غلظت بور در غیاب مصرف نیتروژن بیشترین افزایش را داشته است. از طرفی با افزایش مصرف بور غلظت بور در گیاه افزایش نشان می دهد. به عنوان مثال در بالاترین سطح بور و نیتروژن، غلظت بور نسبت به شاهد ۱۱/۵ برابر می باشد. در حالی که بدون مصرف نیتروژن، کاربرد ۴۰ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک، غلظت بور نسبت به شاهد ۲۴ برابر شده است. به عبارتی دیگر، نیتروژن به طور مؤثری از افزایش غلظت بور در شاخسار برنج جلوگیری کرده است. 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 میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار صفر بور و نیتروژن (N_0B_0) و بیشترین (۷۴۲ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار صفر نیتروژن و ۴۰ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک (N_0B_{40}) می باشد (جدول ۳).

مصرف بور، جذب این عنصر را توسط گیاه تا سطح ۱۵۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک افزایش داده که علت آن مربوط به افزایش وزن شاخسار برنج می باشد و در بقیه سطوح نیتروژن (۳۰۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) جذب بور کاهش یافت که می تواند 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 می تواند مربوط به افزایش غلظت بور در گیاه باشد. طوری که بیشترین جذب (۱/۵۷ میلی گرم در گلدان) با مصرف توأم ۱۵۰ میلی گرم نیتروژن

در جدول ۲ ارائه گردیده است. با افزایش بور، وزن خشک شاخسار کاهش یافت. حال آن که در تمام سطوح نیتروژن، کاربرد بور وزن خشک شاخسار برنج را کاهش داده است. همان طور که در جدول ۲ دیده می شود کمترین وزن خشک در تیمار صفر نیتروژن و مصرف ۴۰ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک (N_0B_{40}) به دست آمد که برابر با 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 میلی گرم 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 میلی گرم 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 میلی گرم بور در کیلوگرم خاک) چندان چشم گیر نیست.

گارگ و همکاران (۱۰) مشاهده کردند که در کشت های شنی با محلول غذایی حاوی ۰، ۱، ۲/۵ و ۵ میلی گرم بور در لیتر، عملکرد برنج در سطوح پایین بور (۱ و ۲/۵ میلی گرم در لیتر) افزایش و در سطوح بالای بور (۵ میلی گرم در لیتر) کاهش یافت. آنها نتیجه گرفتند که افزایش عملکرد در سطوح پایین بور به دلیل 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 به علت تشدید تنفس، کاهش فعالیت آنزیمی در سلول و صدمه به پرتوپلاسم می باشد 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 به علت افزایش سنتز کلروفیل، پروتئین و قند نسبت به شاهد افزایش نشان داده است. گوپتا و همکاران (۱۳) در یک مطالعه گلخانه ای در دو گیاه گندم و جو در یک خاک اسیدی مشاهده کردند که کاربرد ۵/۰ و ۱ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک به ترتیب عملکرد گندم و جو را کاهش داده است. افزودن ۵۰ میلی گرم یا بیشتر نیتروژن در کیلوگرم خاک عملکرد گیاه افزایش اما جذب و سمیت بور

جدول ۲. تأثیر بور و نیتروژن بر وزن خشک شاخساره برنج

| میانگین | بور (میلی گرم در کیلوگرم) | | | | | | نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) |
|---------|---------------------------|------|------|------|------|-------|-------------------------------|
| | ۴۰ | ۲۰ | ۱۰ | ۵ | ۲/۵ | ۰ | |
| ۲/۴۲ | ۰/۵۷ | ۲/۴۴ | ۲/۷۳ | ۲/۸۶ | ۲/۸۵ | ۳/۰۸ | ۰ |
| ۶/۰۹ | ۱/۰۴ | ۴/۸۸ | ۶/۶ | ۶/۳۵ | ۷/۵ | ۱۰/۱۸ | ۷۵ |
| ۷/۶۰ | ۲/۱۵ | ۵/۲۷ | ۷/۰۳ | ۸/۹۸ | ۹/۹۶ | ۱۲/۲۲ | ۱۵۰ |
| ۳/۴۱ | ۰/۹۷ | ۲/۵۴ | ۴/۰۹ | ۲/۸۴ | ۴/۲۷ | ۵/۷۶ | ۳۰۰ |
| | ۱/۱۸ | ۳/۷۹ | ۵/۱۱ | ۵/۲۵ | ۵/۷۴ | ۷/۸۱ | میانگین |
| | | | | | | | LSD(۰/۰۵) |
| | | | | | | | ۰/۲۸ N |
| | | | | | | | ۰/۳۴ B |
| | | | | | | | ۰/۶۸ B×N |

را به طور معنی داری افزایش داده است و این احتمالاً به دلیل اثر غلظت می باشد. دلیل افزایش غلظت نیتروژن می تواند به علت کاهش وزن خشک شاخسار برنج بر اثر سمیت بور باشد. بیشترین غلظت نیتروژن با مصرف ۳۰۰ میلی گرم نیتروژن و ۵ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک (N₃₀₀B₅) مشاهده شد که برابر ۳/۷۶ درصد است و حداقل ۰/۶۹ درصد، مربوط به تیمار صفر بور و نیتروژن (N₀B₀) می باشد (جدول ۴). در تیمار صفر بور، مصرف ۳۰۰ میلی گرم 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 می یابد و دلیل آن را کاهش عملکرد به علت مصرف بور و اثر غلظت بیان کردند.

جذب نیتروژن در هر سطح نیتروژن با افزایش مصرف بور کاهش یافت که آن به علت کاهش عملکرد گیاه به سبب سمیت بور می باشد. به نحوی که در تیمار صفر نیتروژن و ۴۰ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک جذب نیتروژن ۷۱ درصد نسبت به شاهد

در کیلوگرم خاک و ۱۰ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک به دست آمد.

گوپتا و همکاران (۱۳) مشاهده کردند که کاربرد ۰/۵ و ۱ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک به ترتیب عملکرد گندم و جو را کاهش داده است و با افزودن ۵۰ میلی گرم یا بیشتر نیتروژن در کیلوگرم خاک غلظت بور کاهش یافت. در این تحقیق، با افزودن ۷۵ میلی گرم 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 میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک است نشانه های سمیت بور مشاهده نمی شود اما زمانی که به ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم می رسد این نشانه ها ظاهر می شود.

غلظت و جذب نیتروژن

در تمامی سطوح بور، کاربرد نیتروژن موجب افزایش معنی دار غلظت نیتروژن در گیاه گردیده است. در غیاب نیتروژن، مصرف ۴۰ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک غلظت نیتروژن شاخسار برنج

جدول ۳. تأثیر بور و نیتروژن بر غلظت و جذب بور توسط شاخسار برنج

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

با مصرف توأم ۲/۵ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک و ۱۵۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک (N₃₀₀B_{2.5}) مشاهده می شود. در همین ارتباط بالی و همکاران (۵) مشاهده کردند که مصرف ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب افزایش غلظت

کاهش یافت و چنین روندی در میانگین ها هم مشاهده شد. در هر سطح بور، با کاربرد نیتروژن جذب این عنصر توسط گیاه زیاد شد. افزایش جذب نیتروژن احتمالاً به دلیل افزایش وزن خشک گیاه و غلظت نیتروژن می باشد. بیشترین جذب نیتروژن

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

| میانگین | بور مصرفی (میلی گرم در کیلوگرم) | | | | | | نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) |
|---------|---------------------------------|------|------|------|------|------|-------------------------------|
| | ۴۰ | ۲۰ | ۱۰ | ۵ | ۲/۵ | ۰ | |
| | غلظت (درصد) | | | | | | |
| ۰/۸۲ | ۱/۰۷ | ۰/۹۰ | ۰/۷۹ | ۰/۷۴ | ۰/۷۱ | ۰/۶۹ | ۰ |
| ۱/۱۶ | ۱/۵۷ | ۱/۲۱ | ۱/۱۴ | ۰/۹۵ | ۰/۹۹ | ۱/۰۸ | ۷۵ |
| ۱/۹۲ | ۱/۹۲ | ۱/۸۱ | ۲/۱۵ | ۱/۹۷ | ۲/۰۹ | ۱/۵۶ | ۱۵۰ |
| ۳/۴۳ | ۳/۲۹ | ۳/۳۷ | ۳/۵۲ | ۳/۷۶ | ۳/۴۰ | ۳/۲۲ | ۳۰۰ |
| | ۱/۹۶ | ۱/۸۲ | ۱/۸۹ | ۱/۸۶ | ۱/۷۹ | ۱/۶۴ | میانگین |
| | | | | | | | LSD(۰/۰۵) |
| | | | | | | | ۰/۱۱ N |
| | | | | | | | ۰/۱۴ B |
| | | | | | | | ۰/۲۹ NxB |
| | جذب (میلی گرم در گلدان) | | | | | | |
| ۱۸۷ | ۶/۱ | ۲۱/۹ | ۲۱/۹ | ۲۱/۱ | ۲۰/۲ | ۲۱/۲ | ۰ |
| ۶۵/۸ | ۱۶/۳ | ۵۹/۰ | ۷۵/۲ | ۶۰/۳ | ۷۴/۳ | ۱۱۰ | ۷۵ |
| ۱۴۴ | ۴۱/۳ | ۹۵/۳ | ۱۵۱ | ۱۷۷ | ۲۰۸ | ۱۹۱ | ۱۵۰ |
| ۱۱۷ | ۳۲/۰ | ۸۵/۸ | ۱۴۴ | ۱۰۷ | ۱۴۵ | ۱۸۵ | ۳۰۰ |
| | ۲۴/۰ | ۶۵/۵ | ۹۸/۰ | ۹۱/۴ | ۱۱۲ | ۱۲۷ | میانگین |
| | | | | | | | LSD(۰/۰۵) |
| | | | | | | | ۱۰/۶۳ N |
| | | | | | | | B |
| | | | | | | | ۱۰/۶۳ NxB |
| | | | | | | | ۲۶/۲۱ |

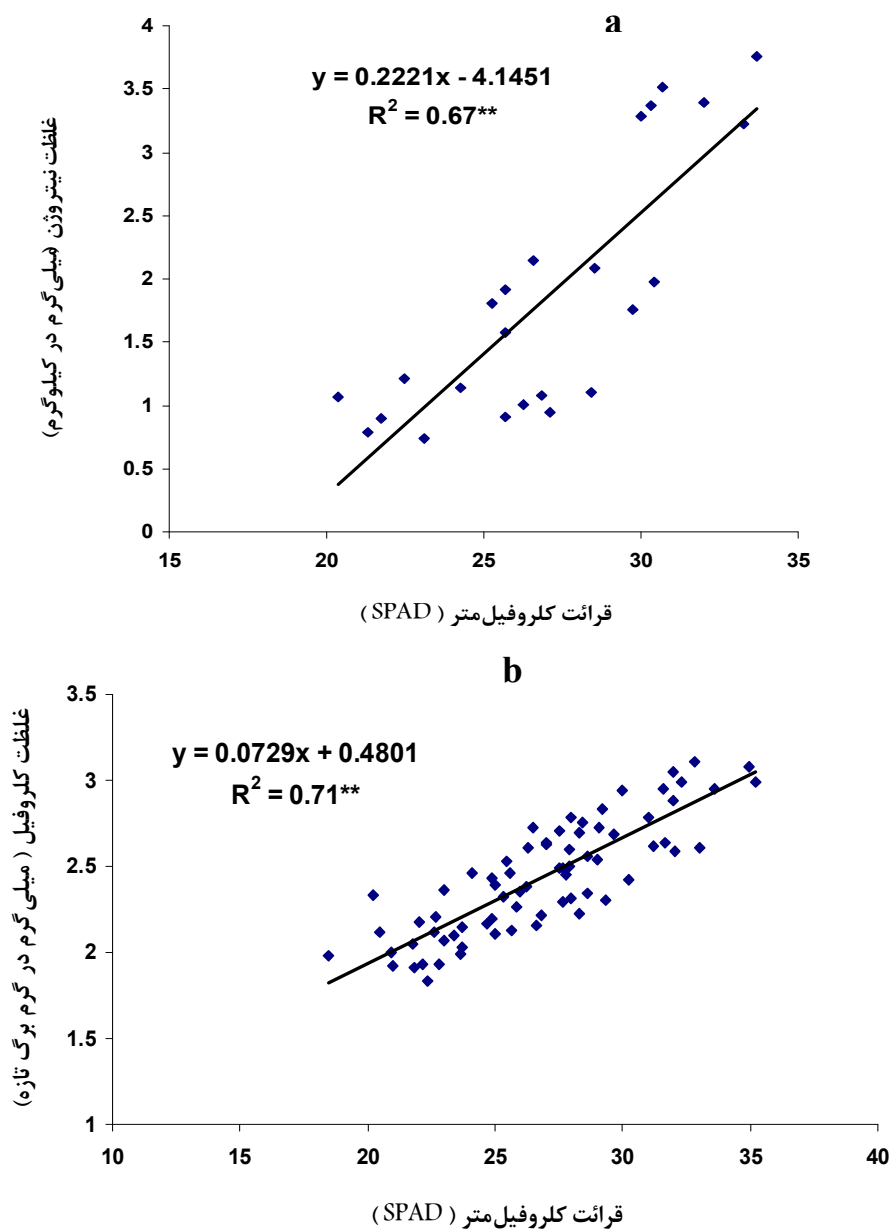
نیتروژن در شاخسار برنج شده است.

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 شده است. با افزایش قرائت کلروفیل، غلظت کلروفیل در برگ افزایش می‌یابد. هم‌چنین این روابط نشان می‌دهد که مصرف نیتروژن بر غلظت کلروفیل و قرائت کلروفیل متر مؤثر و مفید می‌باشد.

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

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

قرائت کلروفیل می‌تواند روش مناسبی جهت ارزیابی برنامه مدیریتی نیتروژن به حساب 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.



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

کیلوگرم خاک افزایش یافته است.

در این پژوهش، غلظت کلروفیل با مصرف بور به طور معنی داری کاهش می یابد. به طوری که حداقل میانگین غلظت کلروفیل در سطح ۴۰ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک به دست آمده که ۲۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان می دهد (جدول ۵). غلظت بالای بور سبب آسیب کلروپلاست در

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

پیکلیک و فکس (۲۹) در یک آزمایش صحرایی نشان دادند که نیتروژن بر غلظت کلروفیل و اعداد خوانده شده توسط کلروفیل متر تأثیر مثبت دارد. محمد و همکاران (۲۴) نشان دادند که کلروفیل برگ گندم تا سطح ۴۰۰ میلی گرم نیتروژن در

جدول ۵. تأثیر بور و نیتروژن بر غلظت کلروفیل (میلی گرم در گرم برگ تازه برنج)

| میانگین | بور (میلی گرم در کیلوگرم) | | | | | | نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) |
|---------|---------------------------|------|------|------|------|------|-------------------------------|
| | ۴۰ | ۲۰ | ۱۰ | ۵ | ۲/۵ | ۰ | |
| ۲/۲۱ | ۲/۰۰ | ۱/۸۹ | ۲/۱۹ | ۲/۳۰ | ۲/۲۵ | ۲/۵۹ | ۰ |
| ۲/۳۹ | ۲/۰۱ | ۱/۹۹ | ۲/۷۳ | ۲/۲۸ | ۲/۵۱ | ۲/۸۳ | ۷۵ |
| ۲/۵۲ | ۲/۱۱ | ۲/۳۹ | ۲/۳۷ | ۲/۴۶ | ۲/۸۱ | ۲/۹۸ | ۱۵۰ |
| ۲/۷۱ | ۲/۲۳ | ۲/۵۷ | ۲/۵۸ | ۲/۹۸ | ۲/۷۶ | ۳/۱۱ | ۳۰۰ |
| | ۲/۰۹ | ۲/۲۱ | ۲/۴۷ | ۲/۵۱ | ۲/۵۸ | ۲/۸۸ | میانگین |
| | | | | | | | LSD(۰/۰۵) |
| | | | | | | | ۰/۰۸ N |
| | | | | | | | ۰/۱ B |
| | | | | | | | ۰/۱۹ N×B |

نسبت کلسیم به بور در شاخسار برنج شده است که علت آن مربوط به افزایش غلظت بور با کاربرد تیمارهای بور می باشد. همان طور که در جدول ۶ مشاهده می شود 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). هم چنین 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 میلی گرم 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 پ هاش 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 به طور معنی داری کاهش یافته است. آنها هم چنین نسبت کلسیم به بور را

سلول های مزوفیل برگ می شود و به این دلیل غلظت کلروفیل در نتیجه مصرف بور کاهش می یابد (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 شده است. حسینی و همکاران (۱) کاهش غلظت کلروفیل در نتیجه افزایش غلظت بور در برنج را گزارش کرده است. پاپاداکیس و همکاران (۲۷) مشاهده کردند که بور سبب کاهش معنی دار مقدار کلروفیل در برگ لیمو ترش شده است.

نسبت کلسیم و پتاسیم به بور

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

در این پژوهش کاربرد بور سبب کاهش معنی دار در میانگین

جدول ۶. تأثیر بور و نیتروژن بر نسبت کلسیم به بور در شاخسار برنج

| میانگین | بور مصرفی (میلی گرم در کیلوگرم) | | | | | | نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) |
|---------|---------------------------------|------|------|-------|-----|-----|-------------------------------|
| | ۴۰ | ۲۰ | ۱۰ | ۵ | ۲/۵ | ۰ | |
| ۸۰/۴ | ۹/۳۰ | ۴۶/۲ | ۵۲/۶ | ۸۱/۴۷ | ۱۲۲ | ۱۷۱ | ۰ |
| ۷۰ | ۱۶/۶۳ | ۲۷/۲ | ۵۹/۶ | ۶۱/۲۰ | ۱۲۳ | ۱۲۹ | ۷۵ |
| ۹۰/۳۵ | ۱۸/۰ | ۵۲/۲ | ۹۷/۱ | ۷۲/۸ | ۱۲۴ | ۱۷۸ | ۱۵۰ |
| ۱۳۵ | ۲۹/۱۲ | ۶۰/۰ | ۱۲۶ | ۱۱۰ | ۱۲۶ | ۳۵۶ | ۳۰۰ |
| | ۱۸ | ۴۶ | ۸۴ | ۸۱/۳۶ | ۱۱۴ | ۲۰۹ | میانگین |
| | | | | | | | LSD(۰/۰۵) |
| | | | | | | | ۴/۱۰ N |
| | | | | | | | ۵/۰۳ B |
| | | | | | | | ۱۰/۰۵ N×B |

جدول ۷. تأثیر بور و نیتروژن بر نسبت پتاسیم به بور در شاخسار برنج

| میانگین | بور (میلی گرم در کیلوگرم) | | | | | | نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) |
|---------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------|
| | ۴۰ | ۲۰ | ۱۰ | ۵ | ۲/۵ | ۰ | |
| ۳۲۱ | ۷۰/۷ | ۱۱۶ | ۱۹۰ | ۲۳۵ | ۳۳۳ | ۹۷۸ | ۰ |
| ۲۷۴ | ۹۲/۴ | ۱۲۹ | ۱۳۱ | ۲۰۳ | ۳۱۸ | ۷۷۰ | ۷۵ |
| ۲۶۷ | ۱۲۸ | ۱۴۰ | ۱۵۲ | ۳۱۰ | ۳۶۱ | ۵۰۵ | ۱۵۰ |
| ۳۶۳ | ۱۴۷ | ۱۸۲ | ۱۷۲ | ۳۹۷ | ۵۷۵ | ۷۰۳ | ۳۰۰ |
| | ۱۱۰ | ۱۴۲ | ۱۶۲ | ۲۸۷ | ۳۹۷ | ۷۳۹ | میانگین |
| | | | | | | | LSD(۰/۰۵) |
| | | | | | | | ۴۰/۵ N |
| | | | | | | | ۴۹/۶ B |
| | | | | | | | ۹۹/۲ B×N |

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

همان طوری که 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 به صورت 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 در نتیجه جذب پتاسیم می‌شود. مصرف نیتروژن میانگین غلظت پتاسیم را به طور 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 به طوری که عملکرد ماده خشک به طور قابل

منابع مورد استفاده

۱. حسینی، س. 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، فیزیوشیمیایی 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 کمی 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

- 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 excesses. *Calif. Citogr.* 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. Sterlina 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. *Mineral 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.