در
پژوهش و سازندگی
زراعت و باغبانی شماره ۸۱ ، زمستان ۱۳۸۷

بررسی وضعیت بور در آب، خاک و گیاه پسته در مناطق پسته کاری کشور

• **سید جواد حسینی فرد**
اعضاء هیئت علمی موسسه تحقیقات پسته کشور
• **علی حیدری نژاد**
کارشناس بخش تحقیقات آبیاری و تغذیه موسسه تحقیقات پسته کشور
• **اکبر محمدی محمد آبادی**
اعضاء هیئت علمی موسسه تحقیقات پسته کشور
• **ناصر صداقتی**
اعضاء هیئت علمی موسسه تحقیقات پسته کشور
تاریخ دریافت: شهریور ماه ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: تیرماه ۱۳۸۷
Email: j-hosseinifard@pri.ir

چکیده

بـور یکـی از عناصر ضروری کم نیاز برای رشـد طبیعی گیاهان اسـت. سـمیت این عنصر در مناطق خشـک و نیمه خشـک، بـه دلیل مقادیر بالای آن در آب آبیـاری این مناطق اتفاق می افتد. این مطالعه بـرای تعیین وضعیت بور در آب آبیاری، خاک و برگ پسته در مناطق مختلف پسته کاری کشور انجام شد. نمونه برداری خاک از سه عمق ۴۰-۰، ۸۰-۴۰ و ۱۲۰-۸۰ سـانتی متری صورت گرفت و عصاره گیری بور در آنها به دو روش آب داغ و عصاره اشـباع انجام شد. نمونه برداری برگ در اواخر تیرماه از شاخه های بدون محصول انجام گرفت. نتایج نشان داد که مقادیر میانگین غلظت بور در آب آبیاری مناطق پسـته کاری رفسـنجان، زرند، سـیرجان، کرمان، خراسـان، سمنان، قزوین و یزد به ترتیب ۴/۱، ۲/۵، ۲، ۱/۸، ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۱ میلی گرم در لیتر می باشد. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که بین غلظـت بور برگ و غلظت بور عصاره گیری شـده به روش اشـباع در نمونه های دو عمـق تحتانی خاک در مناطق انار و نوق همبسـتگی مثبت و معنی داری وجود دارد. میانگین غلظت بور در برگ مناطق پسـته کاری رفسـنجان، زرند، سـیرجان، کرمان، خراسان، سـمنان، قزوین و یزد به ترتیب ۵۵۷، ۲۱۳، ۲۴۷، ۲۱۲، ۳۱۹، ۱۷۹، ۲۱۵، ۲۱۸ میکروگرم بر گرم ماده خشـک بود. هدایت الکتریکی عصاره اشـباع، در صد رس و درصد سیلت همبستگی مثبت و در صد شن همبسـتگی منفـی و معنی دار با غلظت بور خاک نشـان دادند. از نتایج دیگر اینکه غلظـت بور در آب آبیاری، خاک و برگ پسـته در مناطق زرند، سـیرجان، کرمان، خراسان، سمنان، قزوین و یزد نسـبت به مناطق مختلف رفسنجان پایین تر می باشـد. بالا بودن نسـبی مقادیر بور برگ در مناطق پسته کاری کشکوئیه، حومه شرقی و غربی رفسنجان نشـان می دهد که در این مناطق از نظر این عنصر به مدیریت مناسـبی برای تولید پایدار پسـته نیاز اسـت.

واژه های کلیدی: ایران، بور و پسـته

Pajouhesh & Sazandegi No:81 pp: 9-19

Survey on Boron position on water, soil and pistachio in pistachio growing area in Iran.

By: S.J. Hosseini fard, Sedaghat, N. Mohammadi Mohammad Abadi, A. and Heidarinejad A.

Boron (B) is an essential micro-nutrient for normal growth of plants. Toxicity of this nutrient occurs in arid and semi-arid areas because of high levels of its concentration in soil and irrigation waters. This study was conducted to determine the status of water, leaf and soil B concentration and compare its concentration in the main pistachio growing areas of Iran. Boron in three depth of soils (0-40, 40-80 and 80-120 cm) was determined using saturation and hot water extraction methods. Boron concentration was measured by a colorimetric procedure using the Azomethin-H reagent in soil, leaves extracts and irrigation water samples. The mean values for water B concentration in pistachio growing areas of Rafsanjan, Zarand, Sirjan, Kerman, Khorasan, Semnan, Ghazvin and Yazd were 4.2, 1.2, 2.5, 2, 1.8, 1.5, 2.5 and 3.1 mg L^{-1}, respectively. A significant positive correlation was obtained between leaf B concentration and boron in two subsurface depths by saturation extraction method in Anar and Nough areas. The mean values for leaf B concentration in Rafsanjan, Zarand, Sirjan, Kerman, Khorasan, Semnan, Ghazvin and Yazd were 557, 213, 247, 212, 319, 179, 215 and 218 Mg gr^{-1} D.M, respectively. EC, clay and silt had a significant positive correlation with soil boron concentration ($p\leq0.01$) whereas a negative significant correlation was observed for sand ($p\leq0.01$). Results indicate that saturation extraction method should be used to evaluate soil B concentration in Anar and Nough areas. Water, soil and leaf boron concentration in Zarand, Sirjan, Kerman, Khorasan, Semnan, Ghazvin and Yazd areas was lower than pistachio growing areas of Rafsanjan. Relatively high leaf B concentration especially in Koshkouieh and suburbs suggest a suitable management is needed to sustainable pistachio production.

Key words: Boron, Iran, Pistachio, Pistachio growing areas.

مقدمه

بـور از عناصرضـروری کـم نیـاز بـرای رشـد طبیعی گیاهان اسـت (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۸). نقش بور در گیاه در فرآیندهایی مثل متابولیسم اسیدهای نوکلئیک، تقسـیم سلولی، بیوسـنتز و انتقال قند می باشد. بور در گلدهی و میـوه دهی نیز نقش ایفا می نماید، گرچه چگونگی ایفای این نقش واضح و مشـخص نیسـت (۲). نیاز گیاهان به بور متفاوت است بطوریکه حتی امکان دارد سـطوح کمبود و سمیت بور بوسـیله یک گیاه در یک فصل نشان داده شـود (۵ ، ۶). کمبود بور در خاک های سبک مناطق مرطوب شایع است در حالیکه در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل سطوح بالای بور در خاک و آب آبیاری سـمیت آن بیشتر حائز اهمیت می باشد. فقدان زهکشی مناسب در خاک های شور، غلظت بالای بور را می تواند باعث شود. آبشویی بور خاک از آبشـویی سـدیم و کلرید به مراتب مشکل تر است. بور در محلول خاک به کندی حرکت می کند (۱) به طوری که در مقایسـه با کلرید یا شوری، برای زدودن یک هم ارز (اکی والان) آن به سـه برابر آب برای آبشـویی نیاز است (۱، ۵، ۶). بسـیاری از مشـاهدات مزرعه ای نشان می دهد که غلظت بور در عصاره اشـباع خاک بخش بالایی ناحیه ریشـه معمولاً بـه غلظت آن در آب آبیاری نزدیک اسـت. با کاربـرد مدیریت مطلوب آبیـاری باید بتوان غلظت بور در خاک ناحیه بالای ریشـه را کاهـش داد و در حدود غلظت آن در آب آبیاری کاربردی ثابت نگه داشـت (۱). بور در خاک تحت تاثیر واکنش های اکسـید و احیا و تصعید قرار نمی گیرد. اسید بوریک یک اسید خیلی ضعیف اسـت که به صورت یک اسـید لوئیـس رفتار می کند و بـا گرفتن یک یون هیدروکسیل (OH^-) به آنیون بورات تبدیل می شود. کانی های دارای بور در خاک یا خیلی نامحلول هستند مانند تورمالین یا اینکه مثل کانی های هیدراته بـور خیلـی محلول می باشـند. بنابراین حلالیت کانی هـای دارای بور کنترل کننده آن در محلول خاک نیسـت. غلظت بور در محلول خاک عموماً بوسـیله واکنش های جذب کنترل می شـود به طوریکه مقدار بور محلول در آب، برای گیاه قابل دسترس می باشد و گیاهان فقط به فعالیت بور در محلول خاک عکس العمل نشـان می دهند (۵). فاکتورهای موثر بر قابلیت دسترسـی بور و جذب آن در خاک ها شامل مینرالوژی رسها، pH، بافت، رطوبت و حرارت خاک می باشند. pH یکی از مهمترین فاکتورهای موثر بر قابلیت دسترسی بور در خاک اسـت. با افزایش pH محلول خاک، قابلیت دسترسی بور برای گیاهان کم می شـود (۵ ، ۶). در مطالعات جداگانه ای نشـان داده شده است که جذب بور در خاک با افزایش pH در دامنه (۵-۸/۵)=pH زیاد شـده و در (۸/۵-۱۰)=pH حداکثر مقدار را دارد و در دامنه (۱۰-۱۱/۵)=pH کاهش می یابد (۷).

خاک های درشـت بافـت اغلب بور قابل دسـترس کمتری نسـبت به خاک های ریزبافت دارند بنابراین مشـاهده کمبود بور در گیاهان کشت شده در خاک های شنی دور از انتظار نیست (۶). بور بومی خاک همبستگی مثبت معنی داری با میزان رس خاک دارد (۵). جذب بور بوسیله گیاهان در مقادیر مسـاوی بور محلول در آب، برای خاک درشـت بافت بیشـترین، برای خاک متوسط بافت (لومی) متوسط و برای خاک ریزبافت حداقل بوده است. مقدار بور جذب شده بوسیله خاک به بافت آن بستگی دارد و با افزایش میزان رس افزایش می یابد (۶). وجود آهک در خاک ها علاوه بر اثر آن بر pH، بعنوان یک سطح جذب کننده بور می‌تواند مهم باشد. جذب بور در خاک‌های دارای مقادیر زیاد آهک بیشتر می‌باشد. نگهداری بور روی کربنات کلسیم می‌تواند

در اثر تبادل با گروه‌های کربنات باشد (۵).

در بسیاری از گیاهان حساس موقعی که غلظت بور در پهنک برگ از ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم (بر مبنای وزن خشک) تجاوز کند نشانه مسمومیت مشاهده می شود، اما برخی از گیاهان با اینکه حساس هستند بور را در پهنک خود جمع نمی کنند. برای مثال میوه های هسته دار (هلو، آلو، بادام و غیره) و میوه های دانه دار (سیب، گلابی و غیره) با اینکه به آسانی در مقابل بور آسیب پذیرند، میزان انباشتگی این عنصردر بافتهای برگ آنها به میزانی که با تجزیه گیاه بتوان به نتایج آن اعتماد کرد، نمی رسد. در این گیاهان، مسئله بور باید با تجزیه آب و خاک و نشانه مسمومیت در گیاه و مشخصات رشد به اثبات برسد (۱). Maas (۱۹۸۴) گیاهان را از نظر تحمل نسبی در برابر بور به دسته های خیلی حساس، حساس، نسبتاً حساس، نسبتاً متحمل، متحمل و خیلی متحمل تقسیم بندی نمود و حداکثر غلظت های تحمل شده در سیستم آب- خاک بدون کاهش عملکرد یا کاهش رشد رویشی برای این دسته ها را به ترتیب کمتر از ۰/۵، ۱-۰/۵، ۲-۱، ۴-۲، ۶-۴، ۱۵-۶ میلی گرم در لیتر عنوان نمود و اضافه کرده است که حداکثر غلظت در آب آبیاری نیز مساوی یا قدری کمتر از این ارقام می تواند در نظر گرفته شود. در این دسته بندی درختان میوه و خشکبار در دسته های خیلی حساس و حساس قرار گرفته اند البته تحمل در مقابل بور بسته به اقلیم، شرایط خاک و واریته گیاهی فرق میکند (۱). بعضی منابع دیگرنیز از این درختان به عنوان گونه های حساس نسبت به غلظت های زیاد بور نام برده اند (۵ ، ۶) دراین منابع از درخت پسته نامی آورده نشده است. Ferguson (۴) سطوح بحرانی بور در آب آبیاری، خاک و برگ جهت پسته را پیشنهاد نموده است که این مقادیر از مقاومت نسبی این گیاه در مقابل مقادیر بالای بور حکایت می کند این سطوح در جدول ۱ خلاصه می گردد:

جدول ۱- سطوح بحرانی بور در آب، عصاره اشباع خاک و برگ پسته (اقتباس از فرگوسن،۲۰۰۳)

	درجه مسمومیت		
	زیاد	متوسط	کم
آب (mgL^{-1})	>۲۵	۱۰-۲۵	۱۰>
عصاره اشباع خاک (mgL^{-1})	۱۵<	۵-۱۵	۵>
بافت برگ (μgg^{-1} DM)	۸۰۰<	۱۲۰- ۸۰۰	۱۲۰>

این محقق عنوان کرده است که تجزیه خاک یا آب می‌تواند ما را در تشخیص احتمال مسمومیت بور قبل از آنکه در عمل اثری بر تولید بگذارد، کمک نماید (۴). پیشنهاد این محقق در خصوص غلظت‌های بحرانی بور در برگ با نظر Wallaceو Parsa (۱۰) که عنوان نموده‌اند غلظت ۳۰۰ میکروگرم برگرم بور در برگ‌های درختان پسته و ۸ میلی گرم در لیتر از این عنصر در آب آبیاری، هیچ کاهشی در رشد و وزن خشک گیاه ایجاد نمی‌نماید(۱۰) تا حدودی متفاوت است. Picchioni و همکاران طی ۹ ماه آزمایش بر روی نهال‌های پسته دریافتند که بور در آب آبیاری تا غلظت ۱۰/۷ میلی گرم در لیتر تاثیری در رشد نهال‌ها ندارد (۱۱). در مورد اثرات متقابل شوری و بور، براساس مطالعات محدودی که انجام شده است چنین به نظر می رسد بعضی گیاهان اثرات زیادی بور را در شرایط شور بهتر از غیر شور تحمل می کنند البته مکانیسم آن به طور دقیق مشخص نیست (۷ ، ۱۳).

Brown و همکاران کمبود بور در مناطق میوه کاری کالیفرنیا را در سطح وسیع گزارش نموده‌اند و از این عنصر بعنوان عنصر محدودکننده در مناطق پسته کاری دشت‌های مرکزی نام برده‌اند و با انجام تحقیقی در سال‌های ۱۹۹۲-۱۹۹۰ تیمار محلول‌پاشی بور به میزان ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر در اواخر دوره خواب بر روی درختان پسته را برای رفع کمبود بور پیشنهاد نموده‌اند (۲).

Hu و Brown درخصوص تحرک بور در گیاهان مختلف بیان نموده‌اند در گونه‌هایی که بور در آنها غیرمتحرک است (مانند پسته و فندق) بور با جریان تعرق به طرف برگ حرکت کرده و در آن تجمع می‌یابد این تجمع در قسمت‌های انتهایی رگبرگ‌های برگ بیشتر می‌باشد بطوریکه غلظت بور در قسمت‌های مختلف برگ به صورتی است که حاشیه و قسمت‌های انتهایی برگ غلظت بور بیشتری از قسمت‌های میانی برگ و دمبرگ دارند. از نظر قسمت‌های مختلف میوه نیز در شرایط عدم تحرک بور، غلظت در برگ بیشترین و در دانه کمترین می‌باشد. به عنوان مثال در پسته غلظت بور در برگ، پوست سبز، پوست استخوانی و مغز به ترتیب ۱۳۰، ۳۳، ۲ ، ۱ میکروگرم بر گرم ماده خشک گزارش شده است (۳).

در مورد وضعیت بور در مناطق پسته کاری ایران، اطلاعات مدونی در دسترس نیست. اغلب مناطق پسته کاری ایران در مناطق خشک و شور قرار گرفته و احتمال سمیت بور در این مناطق وجود دارد. از طرفی وجود آهک در خاک‌های این مناطق به دلیل جذب سطحی بور می تواند از قابلیت دسترسی آن بکاهد. چنین اثری احتمالاً به علت کمبود رطوبت ناشی از دور آبیاری بالا در این مناطق نیز قابل انتظار می‌باشد. بنابراین اطلاع از وضعیت بور در آب آبیاری، خاک و برگ می تواند به مدیریت پایدار و تعیین اولویت‌های موضوعی و منطقه‌ای پژوهش در مورد این عنصر کمک نماید.

هدف از این تحقیق بررسی وضعیت بور در آب آبیاری، اعماق مختلف خاک و برگ درختان و ارتباط آنها در مناطق پسته کاری ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری آب، خاک و برگ از مناطق عمده پسته کاری ایران شامل استان‌های کرمان، یزد، خراسان، سمنان و قزوین صورت گرفت. با توجه به سطح زیرکشت پسته در استان کرمان و شهرستان رفسنجان عمده نمونه ها از مناطق مختلف این شهرستان انتخاب شد. مناطق پسته کاری شهرستان رفسنجان به ۶ ناحیه تقسیم گردید این نواحی شامل انار و بیاض در شمال غرب، کشکوئیه در غرب، نوق در شمال، کبوترخان در جنوب شرق، حومه غربی و حومه شرقی می باشند. بیش از ۱۰۰۰ نمونه آب آبیاری، ۴۰۰ نمونه برگ و ۱۲۰۰ نمونه خاک از سه عمق ۴۰-۰، ۸۰-۴۰ و ۱۲۰-۸۰ سانتیمتری مورد تجزیه های مختلف از جمله

اندازه گیری بور قرار گرفتند. نمونه های خاک بعد از خشک شدن در هوای آزاد و کوبیدن، از الک دو میلیمتری عبور داده شـده و برای تجزیه آماده گردیدند. اندازه گیری EC به روش معمول و بافت به روش هیدرومتری انجام شـد. اندازه گیری بور در عصاره اشـباع و عصـاره آب داغ به روش آزومتین اچ (Azomethine H) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طـول موج ۴۳۰ نانومتر صـورت گرفت. عمدتـاً دو روش برای عصاره گیری بور خاک اسـتفاده میشود؛ عصاره اشباع و عصاره گیری با آب داغ. عصاره گیری خاک با آب داغ (در حال جوشـش به مدت پنج دقیقه) در سال ۱۹۳۹ پیشنهاد شده و هنوز هم برای تعیین بور قابل دسترس خاک استفاده می شود. بعضی مشکلات این روش عبارتست از اینکه این روش یک تجزیه معمول در آزمایشگاه‌ها نیست، یک روش وقت گیر است، نیاز بـه مراقبت‌های ویژه برای جلوگیری از آلودگـی نمونه‌ها دارد و علاوه بر اینها فقط یک روش اختصاصی برای اندازه‌گیری بور است و در عصاره به دست آمده عنصر دیگری قابل اندازه‌گیری نیست (۹).

نمونه‌های برگ پس از شستشـو و خشـک شـدن در هوای آزاد، در آون ۶۵ درجـه سـانتیگراد قرار گرفتند تا رطوبت گیری شـوند. سـپس نمونه های مذکور آسـیاب شده یک گرم از آنها به روش خاکستر خشک و حـل در اسـید کلریدریـک عصاره گیـری گردید. در عصـاره حاصل، اندازه گیری بور به روش آزومتین اچ و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومترانجام شد (۹). محاسبات آماری داده های بدست آمده از جمله تجزیه های همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تحقیق در چند بخش جداگانه ارائه می گردد. بخش‌های اصلی نتایـج مربوط به وضعیت بـور در آب آبیاری، اعماق مختلف خاک و برگ اسـت. در هر بخش نتایج مربوط به مناطق عمده پسـته کاری رفسنجان شـامل مناطق انار و بیاض، کشـکوئیه، نوق، کبوترخان، حومه شـرقی و حومه غربی و نتایج مربوط به سـایر مناطق کشـور شـامل کرمان، زرند، سیرجان، یزد، سمنان، خراسان و قزوین بطور جداگانه ذکر خواهد شد.

الف- وضعیت بور در آب آبیاری مناطق پسته کاری رفسنجان

بیش از صد هزار هکتار پسـته کاری شهرستان رفسنجان به مناطق انـار و بیاض، نـوق، کشـکوئیه، کبوترخان، حومه شـرقی و حومه غربی تقسـیم بندی شده و نتایج مربوط به غلظت بور در آب آبیاری به تفکیک هر منطقه در جدول شماره ۲ آمده است.

در بیـن این مناطق، کشـکوئیه و حومه غربی بـه ترتیب با میانگین غلظـت ۶/۳ و ۶/۸ میلی گرم در لیتر دارای میانگین بور بیشـتراز سـایر مناطق بوده و کبوترخان با میانگین ۲/۵ میلی گرم در لیتر،کمترین مقدار را دارد. به طور کلی این مناطق را از نظر غلظت بور آب آبیاری می توان به دو دسته تقسیم کرد؛ دسته اول مناطق دارای میزان بور بالاتر از میانگین کل)۴/۲ میلی گرم در لیتر(شام ل کشکوئیه و حومه غربی و دسته دوم مناطق دارای میزان بور پایین تر از میانگین کل شـامل حومه شرقی، انار و بیاض، نوق و کبوترخان.

جدول ۲- وضعیت بور در آب آبیاری مناطق پسته کاری رفسنجان

نام منطقه	تعداد نمونه	میانگین غلظت بور (میلی گرم در لیتر)	حداقل غلظت بور (میلی گرم در لیتر)	حداکثر غلظت بور (میلی گرم در لیتر)	انحراف معیار
انار و بیاض	۱۵۴	۳/۷	۱/۱	۱۷/۵	۲/۶
کشکوئیه	۸۵	۶/۳	۱/۲	۱۴/۱	۳
نوق	۲۷۵	۳/۴	۱/۸	۳۲/۳	۱/۶
کبوترخان	۳۳	۲/۵	۱/۴	۵/۶	۱/۲
حومه شرقی	۱۱۳	۳/۹	۱/۶	۶/۷	۰/۹
حومه غربی	۸۱	۶/۸	۱/۵	۲۳/۷	۳/۴
کل مناطق پسته کاری رفسنجان	۷۴۱	۴/۲	۱/۱	۳۲/۳	۲/۶

سایر مناطق پسته کاری کشور

نتایـج مربوط به میزان بور آب آبیاری در مناطق پسـته کاری زرند، سـیرجان، کرمان، یزد، خراسان، سمنان و قزوین در جدول شماره ۳ ذکر شده است:

جدول ۳- وضعیت بور در آب آبیاری سایر مناطق پسته کاری کشور

نام منطقه	تعداد نمونه	میانگین غلظت بور (میلی گرم در لیتر)	حداقل غلظت بور (میلی گرم در لیتر)	حداکثر غلظت بور (میلی گرم در لیتر)	انحراف معیار
زرند	۲۰	۱/۲	۰/۵	۵/۵	۲/۱۰
سیرجان	۱۷	۲/۵	۰/۴	۷/۲	۲/۵
کرمان	۱۵	۲/۰	۰/۴	۳/۵	۲/۲
خراسان	۱۴	۱/۸	۰/۲	۳/۱	۲/۰
سمنان	۱۳	۱/۵	۰/۲	۲/۷	۱/۷
قزوین	۱۵	۲/۵	۰/۲	۳/۰	۱/۹
یزد	۱۸	۳/۱	۰/۳	۱۰/۵	۲/۸

میانگیـــن غلظـــت بور در آب آبیاری همه مناطق پســـته کاری کشـــور از میانگین مناطق پســـته کاری رفســـنجان (۴/۲ میلی گرم در لیتر) کمتر بوده و در بین آنها یزد با میانگین غلظت ۳/۱ میلی گرم در لیتر بیشترین میزان بور را به خود اختصاص داده است.

رابطه غلظت بور با سایر خصوصیات آب آبیاری

ضرایب همبستگی بین غلظت بور (میلی‌گرم در لیتر) و سایر خصوصیات آب آبیاری در مناطق پسته کاری رفسنجان در جدول شماره ۴ مشخص شده اســـت. میزان بور در آب آبیاری اکثر مناطق پسته کاری رفسنجان با شوری (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR)، غلظت سدیم و غلظت کلر همبستگی مثبت و معنی دار دارد.

با توجه به همبستگی‌های ذکر شده بین غلظت بور و سایر خصوصیات کیفی آب آبیاری و از آنجا که اندازه‌گیری بور جزء اندازه‌گیری‌های معمول آزمایشـــگاهها نیست، با اســـتفاده از مدلهای خطی رگرســـیون چندگانه (Multiple Regression) و بـــه روش گام بـــه گام (Stepwise)، معادلاتـــی جهت بـــرآورد میزان بور موجود در آب آبیـــاری مناطق انار و بیاض، کبوترخان، حومه شرقی و حومه غربی به دست آمد که با استفاده از سایر خصوصیات آب آبیاری می‌توان غلظت بور آب را برآورد نمود. این معادلات به همراه ضریب تبیین و ضریب تبیین تصحیح شده مربوطه در جدول شماره ۵ آورده شده‌اند.

جدول ۴- وضعیت بور در آب آبیاری سایر مناطق پسته کاری کشور

	EC (dSm^{-1})	pH	SAR	Ca ($meqL^{-1}$)	Mg ($meqL^{-1}$)	Na ($meqL^{-1}$)	Cl ($meqL^{-1}$)	HCO_3 ($meqL^{-1}$)	SO_4 ($meqL^{-1}$)
انار و بیاض	۰/۵۶ **	-۰/۳۲ **	۰/۴۲ **	۰/۳۰ **	۰/۲۵**	۰/۷۰ **	۰/۵۱**	۰/۱۴ns	۰/۵۶**
کشکوئیه	۰/۳۴ **	-۰/۲۹ **	۰/۲۹ **	۰/۲۳ **	۰/۲۳**	۰/۲۹ **	۰/۳۰**	-۰/۱۱ ns	۰/۱۳ns
نوق	۰/۳۴ **	۰/۰۳ns	۰/۲۵ **	۰/۴۱ **	۰/۲۷**	۰/۳۱ **	۰/۳۴**	-۰/۱۶*	۰/۲۳ **
کبوترخان	-۰/۰۵ ns	۰/۳۳*	۰/۲۰ ns	-۰/۰۳ns	-۰/۱۲ ns	۰/۰۸ ns	-۰/۱۰ ns	۰/۶۷**	-۰/۰۸ ns
حومه شرقی	۰/۳۴ **	-۰/۲۱*	۰/۴۸ **	۰/۱۷*	۰/۱۴ns	۰/۴۱ **	۰/۲۰*	۰/۵۷**	۰/۲۵**
حومه غربی	۰/۸۰ **	-۰/۰۸ns	۰/۳۴ **	۰/۷۱ **	۰/۶۴**	۰/۷۸ **	۰/۷۴**	-۰/۰۰۶ns	۰/۵۷**

** و* به ترتیب معنی داری همبستگی را در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد نشان می دهد.

جدول ۵- مدلهای رگرسیون خطی جهت برآورد غلظت بور آب آبیاری در مناطق پسته کاری رفسنجان

منطقه	معادله مربوطه	ضریب تبیین R^2	ضریب تبیین تصحیح شده R^2
انار و بیاض		۰/۷۲	۰/۷۱
کبوترخان		۰/۵۶	۰/۵۵
حومه شرقی		۰/۷۲	۰/۷۱
حومه غربی		۰/۷۳	۰/۷۲
کشکوئیه	مدل رگرسیون خطی مناسب به دست نیامد	-	-
نوق	مدل رگرسیون خطی مناسب به دست نیامد	-	-

اختـلاف کم بین مقادیر ضریب تبییـن (R_c) و ضریب تبیین تصحیح شـده (R_a) برای مدلهای رگرسـیون خطی جهت بـرآورد غلظت بور آب آبیاری در مناطق انار و بیاض، کبوترخان، حومه شـرقی و حومه غربی یکی از شـاخص‌های صحت و درستی مدل است اما این به تنهایی کافی نبوده و صرفاً بالا بودن مقدار R_a حاکی از برازش خوب مدل نیست. تحلیل مانده‌ها روشی ساده و موثر برای روشن کردن کاستی‌های مدل در تجزیه رگرسیون می‌باشد. مانده به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود:

رابطه ۱- $e_i = Y_i - Y\hat{}i$

که در آن

e_i= مانده یا خطای برآورد

Y_i= مقدار واقعی یا اندازه گیری شده برای یک صفت

$Y\hat{}i$= مقدار برآورد شده به وسیله مدل برای همان صفت

که در اینجا صفت مورد نظر غلظت بور در آب آبیاری می باشد.

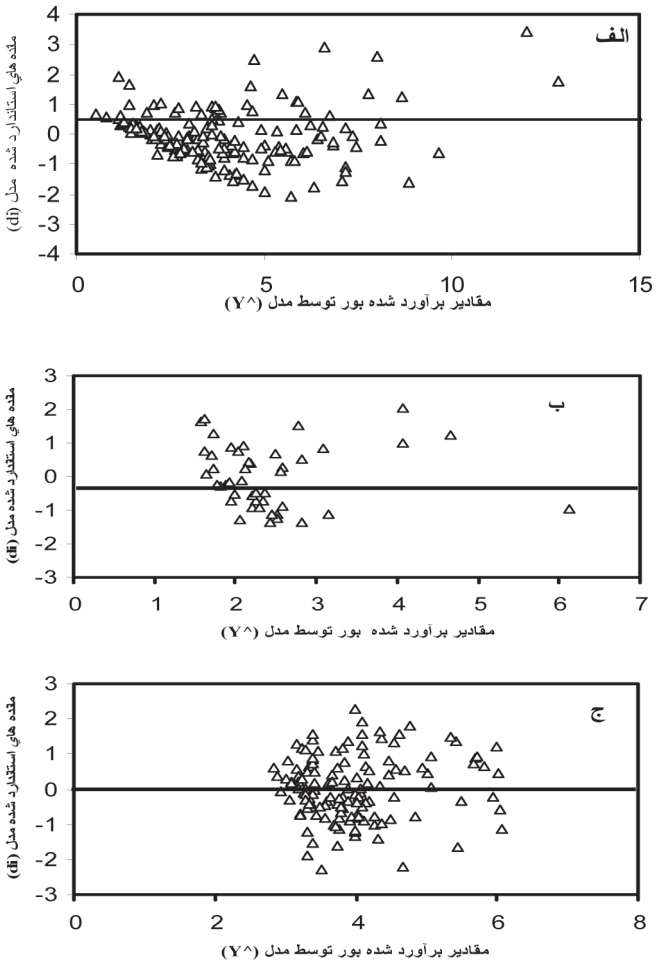
متناظر با هر e_i، مانده اسـتاندارد شـده (di) به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود:

رابطه ۲- $MSD/ei=(di)$ ۰/۵

کـه در آن MSD میانگیـن مربعـات مانده‌ها می‌باشـد. مانده‌های اسـتاندارد شـده (di) دارای میانگین صفر و انحراف معیار واحد هستند. مطالعه نمودارهای مانده‌ها یکی از روش‌های اصلی تحلیل آنهاست و یکی از این نوع نمودارها، نمودار پراکنش مانده‌های اسـتاندارد شـده در برابر مقادیر برآورد شده توسط مدل($\hat{Y}$) است.

در شـکل ۱ این نوع نمودار برای مدلهای ارائه شـده در جدول ۵ که مدل‌های رگرسـیون خطی جهت برآورد غلظت بور آب آبیاری در مناطق انارو بیاض، کبوترخان، حومه شـرقی و حومه غربی می باشند، رسم شده اسـت. به طور کلی در حالت اسـتفاده از مانده‌های استاندارد شده، مدل رگرسـیون در صورتی صحیح خواهد بود که مانده‌های اسـتاندارد شـده بیـن ۲ و۲- قرارگرفتـه و در اطـراف صفر به طور تصادفی توزیع شـده باشـند. نباید نمودارهای مانده‌ها الگوی پراکندگی مشخص داشته باشند کـه در این صورت کاسـتی قابـل توجهی در مدل وجود نـدارد. با دقت در نمودارهای شـکل ۱ می‌توان گفت که اکثر مانده‌های اسـتاندارد شده مدل‌های رگرسـیون خطی جدول ۵ بیـن ۲ و۲- قرارگرفته و در اطراف صفر به طور تصادفی توزیع شـده اند و الگوی پراکندگی مشخصی ندارند و بـه طور کلی مدل‌های به دسـت آمده تا حدود زیـادی قابل اطمینان هسـتند البته در مـورد مناطق انار و بیاض و حومـه غربی تعدادی نقاط مانده خارج از محدوده ۲ و ۲- وجود دارد که عمدتاً مربوط به غلظت‌های بالای بور می‌باشند.

بنابرایـن مدل‌هـای مربوط به ایـن مناطق برای غلظـت‌های بالای بورکارایی نسـبی کمتری داشـته و باید با احتیاط بیشتری مورد استفاده قرار گیرند. برای مناطق نوق و کشکوئیه معادلات با ضرائب تبیین مناسب به دست نیامد.



شکل ۱- پراکنش مانده ای استاندارد شده در برابر مقادیر برآورد شده بور در آب آبیاری توسط مدل رگرسیون خطی

الف- منطقه انار و بیاض ب- کبوترخان ج-حومه شرقی د- حومه غربی

ب- وضعیت بور در اعماق مختلف خاک و ارتباط آن با گیاه مناطق پسته کاری رفسنجان

مناطق پسـته کاری رفسـنجان: میزان بور در سـه عمق ۴۰-۰، ۸۰-۴۰ و ۱۲۰-۸۰ سـانتیمتری خاک به دو روش عصاره گیری آب داغ و اشـباع در مناطق مختلف پسـته کاری رفسـنجان تعیین شده اسـت که نتایج آن در جدول شماره ۶ آورده شده‌اند.

از نظر میانگین غلظت بور (روش عصاره اشباع) در سه عمق خاک، براساس حدود بحرانی جدول شـماره ۱ مناطق مختلف پسـته کاری رفسـنجان را می‌توان به دو گروه تقسیم بندی نمود:

۱- مناطق دارای میانگین پایین تر از حد بحرانی، که از نظر درجه مسمومیت خوب قلمداد می‌شوند، شامل انار و بیاض، کبوترخان و نوق.

۲- مناطق دارای میانگین بالاتر از حد بحرانی، که از نظر درجه مسـمومیت رو به زیاد قلمداد می‌شوند، شامل حومه غربی، حومه شرقی و کشکوئیه.

با نگاهی به جدول شماره ۲ می‌توان دریافت که مناطق دسته بندی شده در گروه دوم، به طورنسبی دارای غلظت بور بالاتری در آب آبیاری می باشند.

سایر مناطق پسته کاری کشور

نتایج میزان بور در دو عمق ۴۰-۰ و ۸۰-۴۰ سانتیمتری خاک به دو روش عصاره گیری آب داغ و اشباع در مناطق مختلف پسته کاری کشور در جدول شماره ۷ مشخص شده است. بر اساس استانداردهای موجود همه نمونه خاک‌های مناطق پسته کاری کشور که در جدول ۷ ذکر شده‌اند، میانگین غلظت بور کمتر از حدود بحرانی دارند. جدول شماره ۳ نشان می‌دهد که آب آبیاری این مناطق نیز چنین وضعیتی داشته و هیچکدام غلظت بور بالا تر از حد بحرانی ندارند. با این حال خراسان دارای میزان بور خاک بیشتری نسبت به سایر مناطق می‌باشد.

رابطه غلظت بور در اعماق مختلف خاک با سایر خصوصیات خاک

ضرایب همبستگی بین غلظت بور(میلی گرم درکیلوگرم خاک) عصاره‌گیری شده به روش‌های عصاره اشباع و آب داغ و برخی خصوصیات خاک در مناطق مهم پسته‌کاری رفسنجان در جداول ۸ و ۹ مشخص شده است.
براساس این جداول، صرف نظر از روش عصاره گیری، غلظت بور خاک با هدایت الکتریکی عصاره اشباع، درصد رس، درصد سیلت و درصد شن یا بافت خاک ارتباط و همبستگی دارد. برای سه منطقه عمده پسته کاری رفسنجان شامل انار و بیاض، نوق و کبوترخان، روابط همبستگی بین غلظت بور در برگ و غلظت آن با دو روش عصاره گیری در عمق‌های مختلف خاک محاسبه شد که در جداول ۸ و ۹ منعکس شده است.

ج- وضعیت بور در گیاه
مناطق پسته کاری رفسنجان

غلظت بور در برگ درختان پسته در مناطق مختلف پسته کاری رفسنجان به شرح جدول شماره ۶ می باشد. این مناطق از نظر میانگین غلظت بور در برگ، بطور نسبی به سه گروه قابل تفکیک هستند:
۱- مناطق دارای غلظت بور زیاد شامل کشکوئیه، حومه غربی و حومه شرقی به ترتیب دارای میانگین غلظت ۷۳۱، ۶۶۷ و ۶۶۶ میکروگرم بر گرم ماده خشک بور در برگ.
۲- مناطق دارای غلظت بور متوسط شامل کبوترخان و نوق به ترتیب دارای میانگین غلظت ۴۱۲ و ۴۰۳ میکرو گرم بر گرم ماده خشک بور در برگ.
۳- مناطق دارای غلظت بور کم شامل انار و بیاض دارای میانگین غلظت ۳۲۷ میکرو گرم بر گرم ماده خشک بور در برگ.

سایر مناطق پسته کاری کشور

غلظت بور برگ درختان پسته در سایر مناطق پسته کاری کشور

جدول ۶- وضعیت بور در اعماق مختلف خاک در مناطق پسته کاری رفسنجان با دو روش عصاره گیری

نام منطقه	عمق خاک (cm)	روش عصاره آب داغ				روش عصاره اشباع			
		میانگین غلظت	حداقل غلظت	حداکثر غلظت	انحراف معیار	میانگین غلظت	حداقل غلظت	حداکثر غلظت	انحراف معیار
انار و بیاض	۰-۴۰	۲/۷	۰/۸	۱۹	۳/۸	۴/۸	۰/۶	۹/۰	۲/۱
	۴۰-۸۰	۱/۹	۰/۸	۳/۹	۰/۸	۵/۲	۱/۸	۱۱/۶	۲/۸
	۸۰-۱۲۰	۲/۱	۰/۸	۴/۱	۰/۸	۵/۱	۱/۳	۱۴/۶	۳/۴
کشکوئیه	۰-۴۰	۱۴/۲	۹/۹	۱۶/۷	۳/۸	۱۶/۴	۱۳/۱	۱۸/۶	۲/۹
	۴۰-۸۰	۱۷/۲	۱۲/۶	۱۹/۹	۴/۰	۱۳/۵	۴/۳	۲۱/۷	۸/۷
	۸۰-۱۲۰	۱۴/۳	۱/۵	۲۵/۳	۱۲/۰	۲۲/۴	۱۶/۰	۲۹/۵	۶/۸
نوق	۰-۴۰	۲/۵	۱/۱	۵/۸	۱/۲	۵/۸	۱/۷	۱۵/۵	۳/۰
	۴۰-۸۰	۳/۳	۱/۱	۱۰/۱	۲/۲	۶/۳	۱/۵	۲۰/۳	۴/۷
	۸۰-۱۲۰	۳/۴	۱/۰	۱۰/۹	۲/۸	۶/۰	۱/۰	۲۱/۴	۴/۹
کبوترخان	۰-۴۰	۱/۸	۱/۲	۳/۱	۰/۶۴	۶/۶	۳/۱	۱۲/۶	۳/۶
	۴۰-۸۰	۳/۱	۱/۳	۴/۷	۱/۰۰	۹/۷	۳/۳	۲۵/۲	۶/۲
	۸۰-۱۲۰	۲/۸	۱/۷	۴/۵	۰/۸۷	۱۰/۰	۴/۶	۲۰/۳	۴/۵
حومه شرقی	۰-۴۰	۵/۵	۱/۸	۱۹/۸	۵/۳	۸/۲	۲/۸	۲۰/۹	۵/۱
	۴۰-۸۰	۱۰/۷	۳	۲۹/۳	۸/۶	۱۵/۶	۱/۵	۳۶/۸	۱۱/۶
	۸۰-۱۲۰	۱۱/۷	۵/۴	۲۵/۳	۷/۱	۱۶/۴	۵/۶	۲۵/۷	۶/۲
حومه غربی	۰-۴۰	۷/۴	۲/۶	۱۹/۸	۵/۰	۹/۹	۴/۳	۲۱/۱	۵/۸
	۴۰-۸۰	۶/۹	۲/۲	۲۲/۵	۶/۵	۸/۷	۴/۰	۲۰/۱	۵/۶
	۸۰-۱۲۰	۸/۷	۳/۳	۲۴/۴	۷/۰	۸/۷	۳/۸	۲۰/۶	۴/۷
کل مناطق پسته کاری رفسنجان	۰-۴۰	۳/۷	۰/۸	۱۹/۸	۴/۰	۶/۷	۰/۶	۲۱/۱	۴/۲
	۴۰-۸۰	۴/۶	۰/۸	۲۹/۳	۵/۱	۷/۹	۱/۵	۳۶/۸	۶/۵
	۸۰-۱۲۰	۴/۸	۰/۸	۲۵/۳	۵/۴	۸/۱	۱/۰	۲۹/۵	۶/۳

* غلظت بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم خاک می باشد.

جدول ۷- وضعیت بور در اعماق مختلف خاک در سایر مناطق پسته کاری کشور با دو روش عصاره گیری

نام منطقه	عمق خاک (cm)	روش عصاره آب داغ				روش عصاره اشباع			
		میانگین غلظت	حداقل غلظت	حداکثر غلظت	انحراف معیار	میانگین غلظت	حداقل غلظت	حداکثر غلظت	انحراف معیار
زرند	۰-۴۰	۱/۰	۰/۵	۲/۰	۰/۴	۱/۶	۰/۶	۳/۴	۰/۶
	۴۰-۸۰	۰/۹	۰/۸	۱/۳	۰/۲	۱/۴	۰/۶	۲/۳	۰/۵
سیرجان	۰-۴۰	۰/۸	۰/۶	۱/۲	۰/۷	۱/۵	۰/۶	۲/۱	۰/۶
	۴۰-۸۰	۱/۴	۰/۸	۲/۱	۰/۹	۲/۶	۱/۲	۳/۹	۰/۹
کرمان	۰-۴۰	۱/۰	۰/۸	۱/۲	۰/۸	۱/۴	۰/۹	۱/۸	۰/۴
	۴۰-۸۰	۰/۸	۰/۵	۱/۲	۰/۷	۱/۴	۰/۴	۲/۶	۰/۸
خراسان	۰-۴۰	۲/۵	۱/۱	۴/۴	۱/۵	۸/۶	۳/۶	۱۲/۸	۲/۷
	۴۰-۸۰	۳/۲	۱/۲	۷/۶	۱/۷	۴/۱	۱/۵	۱۰/۹	۲/۸
سمنان	۰-۴۰	۰/۷	۰/۶	۰/۹	۰/۱	۱/۰	۰/۸	۱/۲	۲/۱
	۴۰-۸۰	۱/۲	۰/۵	۴/۱	۰/۹	۲/۲	۰/۹	۶/۸	۱/۳
قزوین	۰-۴۰	۱/۴	۰/۴	۲/۲	۰/۵	۳/۳	۰/۹	۸/۲	۲/۲
	۴۰-۸۰	۱/۵	۰/۲	۲/۸	۰/۷	۲/۶	۰/۵	۶/۶	۱/۹
یزد	۰-۴۰	۲/۰	۰/۳	۵/۴	۱/۲	۲/۱	۰/۶	۵/۹	۱/۸
	۴۰-۸۰	۱/۹	۰/۳	۳/۹	۰/۹	۲/۴	۱/۴	۴/۴	۱/۰

*** غلظت بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم خاک می باشد.**

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین غلظت بور(میلی گرم درکیلوگرم خاک) عصاره گیری شده به روش عصاره اشباع و برخی خصوصیات خاک در مناطق مهم پسته کاری رفسنجان

منطقه	عمق(cm)	EC(dSm۱-)	pH	Clay ٪	Silt ٪	Sand ٪	B leaf(ppm)
انار و بیاض	۰-۴۰	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱	۰/۲۰ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	-۰/۰۶^{ns}
	۴۰-۸۰	۰/۶۳	-۰/۲۱^{ns}	۰/۶۱**	۰/۸۳**	-۰/۸۰**	۰/۵۲*
	۸۰-۱۲۰	۰/۱۳^{ns}	۰/۱۳^{ns}	-۰/۰۲	۰/۴۱ ^{ns}	-۰/۱۴^{ns}	۰/۴۸*
نوق	۰-۴۰	۰/۵۱ **	۰/۳۱*	۰/۲۸^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	-۰/۳۳*	۰/۳۱ ^{ns}
	۴۰-۸۰	۰/۶۴ **	۰/۰۵	۰/۴۶**	۰/۴۸**	-۰/۴۵**	۰/۵۷**
	۸۰-۱۲۰	۰/۵۰ **	۰/۰۹^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۴۹**	-۰/۴۹**	۰/۶۴**
کبوترخان	۰-۴۰	۰/۹۸ **	۰/۴۴*	۰/۶۶*	۰/۵۴*	-۰/۶۷*	۰/۰۲ ^{ns}
	۴۰-۸۰	۰/۵۶*	-۰/۲۵^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	-۰/۱۴^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}
	۸۰-۱۲۰	۰/۷۲ **	-۰/۲۵^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	-۰/۴۲*	۰/۱۸ ^{ns}

*** و** به ترتیب معنی داری همبستگی را در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد نشان می دهد.**

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین غلظت بور(میلی گرم در کیلو گرم خاک) عصاره گیری شده به روش عصاره آب داغ و برخی خصوصیات خاک در مناطق مهم پسته کاری رفسنجان

منطقه	عمق(cm)	EC(dSm^{-1})	pH	Clay ٪	Silt ٪	Sand ٪	B leaf(ppm)
انار و بیاض	۰-۴۰	۰/۵۰*	۰/۱۵ns	۰/۴۲ns	۰/۱۵ns	-۰/۳۷ns	۰/۳۵ns
	۴۰-۸۰	۰/۴۵*	-۰/۱۱ns	۰/۷۶**	۰/۸۱**	-۰/۸۳**	۰/۳۳ns
	۸۰-۱۲۰	۰/۲۶ns	-۰/۱۵ns	۰/۷۲**	۰/۴۱ns	-۰/۶۵**	۰/۳۸ns
نوق	۰-۴۰	۰/۲۲ns	۰/۳۲ns	۰/۳۱*	۰/۵۲**	-۰/۵۰**	۰/۱۹ns
	۴۰-۸۰	۰/۳۸*	-۰/۰۵ns	۰/۲۱ns	۰/۶۴**	-۰/۴۵**	۰/۶۰**
	۸۰-۱۲۰	۰/۳۰ns	۰/۰۲ns	۰/۴۰**	۰/۵۰**	-۰/۵۲**	۰/۲۵ns
کبوترخان	۰-۴۰	۰/۷۵*	-۰/۱۵ns	۰/۵۸*	۰/۸۷**	-۰/۸۳**	-۰/۰۴ns
	۴۰-۸۰	۰/۴۱ns	۰/۳۴ns	-۰/۱۱ns	-۰/۱۴ns	۰/۱۸ns	-۰/۰۴ns
	۸۰-۱۲۰	۰/۳۸ns	۰/۵۸ns	۰/۰۲ns	۰/۴۹ns	-۰/۳۹ns	-۰/۰۹ns

(غیر از منطقه رفسنجان) در جدول شماره ۱۱ آمده است. میانگین غلظت بور در این مناطق از همه مناطق پسته کاری رفسنجان کمتراست و در بین آنها خراسان با میانگین غلظت ۳۱۹ میکرو گرم بر گرم ماده خشک دارای بیشترین مقدار بور بوده که به حداقل میانگین مناطق پسته کاری رفسنجان یعنی ۳۲۷ میکرو گرم بر گرم ماده خشک در منطقه انار و بیاض، نزدیک می باشد.

نتایج و بحث

بر اساس نظر محققینی که درختان میوه و خشکبار را حساس‌ترین گونه‌ها نسبت به غلظت‌های زیاد بور می‌دانند (۵ ، ۶) آب آبیاری اکثر مناطق مورد بررسی برای گیاهان متحمل و خیلی متحمل مناسب می باشد و بر اساس سطوح بحرانی بور که Ferguson (۴) برای پسته در آب، خاک و برگ عنوان نموده است آب آبیاری همه مناطق پسته کاری از نظر میانگین غلظت بور برای این گیاه مطلوب است. چنین به نظر می‌رسد قبل از هر چیز باید تحقیقاتی در زمینه به دست آوردن حدود تحمل پایه‌ها و ارقام مختلف پسته به میزان بور موجود در آب آبیاری انجام پذیرد تا بتوان آب آبیاری مناطق مختلف را دسته بندی نموده ودر مورد مطلوب بودن و نبودن آنها از نظر میزان بور اظهار نظر کرد. با اطلاعاتی که از تجزیه آب آبیاری مناطق مختلف پسته کاری ایران به دست آمده می‌توان غلظت‌های مناسب آزمایشی را، حتی به تفکیک مناطق، انتخاب نمود و طرح‌های تحقیقاتی آینده را پایه‌ریزی کرد.

مقادیر غلظت بور خاک اندازه‌گیری شده به روش آب داغ در همه مناطق بیشتر از مقادیر روش عصاره اشباع است که قابل انتظار است چرا که در روش عصاره اشباع بیشتر بور محلول خاک استخراج می شود ولی در روش آب داغ بور از سایر منابع نظیر بور جذب سطحی شده روی کربنات کلسیم

جدول ۱۰- وضعیت بور برگ در مناطق پسته کاری رفسنجان

نام منطقه	* میانگین غلظت	حداقل غلظت	حداکثر غلظت	انحراف معیار
انار و بیاض	۳۲۷/۲	۱۰۹	۷۸۲	۱۱۳/۷
کشکوئیه	۷۳۱/۰	۱۰۲	۱۷۴۵	۳۲۸/۷
نوق	۴۰۳/۲	۱۸۳	۹۴۲	۱۶۵/۷
کبوترخان	۴۱۱/۶	۷۹	۷۲۰	۱۳۳/۰
حومه شرقی	۶۶۶/۰	۱۳۸	۱۰۹۲	۱۸۳/۴
حومه غربی	۶۶۷/۵	۳۵۶	۱۳۰۵	۱۷۸/۸
کل مناطق پسته کاری رفسنجان	۵۵۶/۷	۷۹	۱۷۴۵	۲۵۸/۹

* غلظت بور بر حسب میکروگرم بر گرم ماده خشک می باشد.

جدول ۱۱- وضعیت بور برگ در سایر مناطق پسته کاری کشور

نام منطقه	تعداد نمونه	میانگین غلظت *	حداقل غلظت	حداکثر غلظت	انحراف معیار
زرند	۳۵	۲۱۳/۱	۱۶۷	۲۵۵	۵۸/۰
سیرجان	۲۲	۲۴۶/۸	۱۸۷	۴۵۰	۱۱۹/۸
کرمان	۲۰	۲۱۲/۳	۱۸۰	۳۲۵	۹۸/۹
خراسان	۳۲	۳۱۸/۵	۱۹۹	۵۲۸	۱۲۵/۷
سمنان	۳۲	۱۷۹/۰	۱۴۴	۲۲۶	۷۵/۱
قزوین	۲۵	۲۱۴/۸	۱۱۲	۴۴۴	۱۳۸/۱
یزد	۳۵	۲۱۷/۸	۱۲۴	۳۶۳	۱۲۵/۰

* غلظت بور بر حسب میکروگرم بر گرم ماده خشک می باشد.

و بنیان‌های آلی نیز اســتخراج می‌گردد (۱۲). برای پاســخ به این سوال که کدام روش عصاره‌گیری مناســب‌تر اســت، باید به عکس العمل گیاه از نظر رشــد، عملکرد و غلظت بور در برگ، به ســطوح مختلف بور در عمق‌های مختلف خاک، توجه کرد (۱۲). در این مطالعه غلظت بور در برگ و ارتباط آن بــا غلظت این عنصر در عمــق‌های مختلف خاک به عنوان معیاری برای انتخاب عصاره گیری مناسب بین دو روش عصاره گیری با آب داغ و عصاره اشــباع، اســتفاده شــد. در منطقه کبوترخان بین غلظت بــور برگ و خاک در همــه عمق‌هــا و در هر دو روش عصاره گیری، همبســتگی وجود ندارد. کبوترخــان دارای خصوصیات خاک متفاوت از ســایر مناطق پســته کاری اســت به طوری که بیشتر باغ‌های این منطقه در سطح ژئومورفولوژی پلایا واقع شــده و دارای خاک با بافت ســنگین و شــوری اولیه بالاست. بنابراین چنین به نظر می رســد که خصوصیات خاص این منطقه باعث شــده است کــه حداقل در ایــن مطالعه، هیچ یک از دو روش عصــاره گیری بکار رفته برای بور با غلظت آن در برگ همبســتگی نداشــته و مناسب آزمون خاک نباشد و لازم است روش‌های دیگر عصاره‌گیری مورد مطالعه و آزمایش قرار گیــرد. در منطقه انار و بیاض غلظت بور اندازه گیری شــده به روش عصاره اشــباع در عمقهای ۸۰-۴۰ و ۱۲۰-۸۰ ســانتیمتری خاک و غلظت بور در برگ همبســتگی نســبتا قوی نشان داده و در ســطح احتمال پنج درصد ($P\leq$ ۰/۰۵) معنی دارهســتند در حالی کــه روش عصاره گیری با آب داغ روابط همبســتگی بالا و معنی داری را نشــان نمی دهنــد. در منطقه نوق نیز چنیــن وضعیتی وجود دارد با این تفاوت که ضرائب همبســتگی بالاتر بــوده ودر ســطح احتمال یک درصد ($P\leq$ ۰/۰۱) معنــی دارند و در روش عصاره گیری با آب داغ نیز، غلظت بور اندازه گیری شــده در عمق ۸۰-۴۰ سانیمتری خاک و غلظت بور در برگ همبستگی نسبتاً قوی نشان داده و در ســطح احتمال یک درصد ($P\leq$ ۰/۰۱) معنی داراست. پس به طورکلی درمناطق انار، بیاض و نوق روش عصاره اشــباع نســبت بــه آب داغ جهت عصاره گیری بور درخاک ارجح است. باید متذکر شد گرچه در منطقه نوق روش عصاره آب داغ هم می‌تواند مناســب باشد ولی با توجه به اینکه روش عصاره اشباع آسانتر، ارزان‌تر و سریع‌تر بوده ودر مرحله عصاره گیری نیاز به امکانات خاص ندارد، ترجیح داده می‌شود.

همبســتگی میزان بور خاک وشوری در مناطق عمده پسته کاری رفسنجان شــامل انار و بیاض، نوق وکبوترخان در روش عصاره گیری عصاره اشــباع، قــوی‌تــر بوده و در اکثــر اعماق در ســطح احتمال یک درصــد معنی دار می‌باشــد. همبســتگی غلظت بور بــا درصد رس و ســیلت در هر دو روش عصاره‌گیری و در همه مناطق مثبت و با در صد شــن منفی اســت که این نتایــج با نظرســایر محققین نیز هماهنگــی دارد (۵، ۶). بر طبق تحقیقات گذشــته بور بومی خاک همبســتگی مثبت معنی داری با میزان رس خاک دارد (۵). خاک‌های درشــت بافت اغلب بور قابل دسترس کمتری نسبت به خاک‌های ریزبافت دارند بنابراین مشاهده کمبود بور در گیاهان کشت شده در خاک های شــنی دور از انتظار نیســت (۶). جذب بور بوسیله گیاهان در مقادیر مســاوی بور محلول در آب، برای خاک درشت بافت بیشترین، برای خاک متوسط بافت (لومی) متوسط و برای خاک ریزبافت حداقل بوده است. مقدار بور جذب شــده بوســیله خاک به بافت آن بســتگی دارد و با افزایش میزان رس افزایش می‌یابد (۶).

برای ارزیابی وضعیت بور در برگ پسته از دو حد بحرانی گزارش شده توسط Wallaceو Parsa (۱۰) و Ferguson (۴) اســتفاده مــی‌گــردد. از نظر Wallaceو Parsa غلظت ۳۰۰ میکروگرم برگرم بور در برگهای درختان پســته هیچ کاهشــی در رشد و وزن خشک گیاه ایجاد نمی نماید (۱۰). بر این اســاس غلظت بور در برگ پسته تمامی مناطق پسته کاری رفسنجان از حد بحرانی بالاتر اســت. براساس جدول شــماره ۱ که Ferguson (۴) غلظت بورکمتر از ۱۲۰ میکروگرم برگرم ماده خشــک برگ پسته را خوب، ۸۰۰-۱۲۰ را رو بــه زیــاد تعریف نموده اســت، همه مناطق پســته کاری رفســنجان از نظر غلظت بور در برگ در گــروه رو به زیاد قرار می‌گیرند. بر اســاس نظر Wallaceو Parsa (۱۰) فقط میانگین غلظت بور در مناطق پســته کاری استان خراســان از حد بحرانی بیشتر است. بر اساس پیشنهاد Ferguson (۴) مناطق پسته کاری ذکر شده در جدول ۱۱ از نظر غلظت بور در برگ در گروه رو به زیاد قرار می‌گیرند.

به طور کلی در خصوص مناطق غیر از مناطق پســته کاری رفســنجان مطالعات وســیع‌تر و بیشــتر مورد نیاز اســت و بررســی حاضر دید کلی از وضعیــت بور در ایــن مناطق فراهم می کند و در بین مناطق پســته کاری مورد مطالعه، کشکوئیه و حومه شرقی و غربی رفسنجان از نظر سمیت بور، نیاز بیشتری به مدیریت برای تولید پایدار دارند.

نتیجه گیری

بــا توجه به اســتانداردهای موجــود، آب آبیاری همه مناطق پســته کاری از نظــر میانگیــن غلظت بور برای ایــن گیاه مطلوب اســت. چنین به نظر می‌رســد قبل از هر چیز باید تحقیقاتی در زمینه به دســت آوردن حدود تحمل پایه‌ها و ارقام مختلف پسته به میزان بور موجود در آب آبیاری انجام پذیرد تا بتوان آب آبیاری مناطق مختلف را دســته بندی نموده و در مورد مطلــوب بودن و نبــودن آنها از نظر میزان بور اظهــار نظر کرد. با اطلاعاتی که از تجزیه آب آبیاری مناطق مختلف پســته کاری ایران به دســت آمده می‌توان غلظت‌های مناســب آزمایشــی را، حتی به تفکیک مناطق، انتخاب نمود و طرح‌های تحقیقاتی آینده را پایه‌ریزی کرد. غلظت بور در برگ پسته اکثر مناطق پســته کاری رفســنجان از حد بحرانی بالاتر بوده و رو به زیاد قلمداد می‌شــود. براساس استانداردهای موجود و روش عصاره‌گیری اشباع، مقادیر میانگین غلظت بور در ســه عمق خاک در همه مناطق مورد مطالعه مطلوب است (کوچکتر از ۵). همانطور که ذکر شد با توجه به استانداردهای موجــود فقط غلظت بــور در برگ مناطق پســته کاری بالاتر از حد بحرانی می‌باشــد و غلظت این عنصر در آب و خاک این مناطق مطلوب اســت که این مســئله نشان دهنده عدم هم‌خوانی استانداردهای موجود در آب، خاک و گیاه می‌باشــد و لزوم تحقیقات بیشــتر در زمینه تعیین حدود بحرانی به اثبات می‌رســد. به طور کلی در خصوص مناطق غیر از مناطق پسته کاری رفســنجان مطالعات وسیع‌تر و بیشــتر مورد نیاز است و بررسی حاضر دید کلــی از وضعیــت بور در این مناطق فراهم می‌کند و در بین مناطق پســته کاری مــورد مطالعه، کشــکوئیه و حومه شــرقی و غربی رفســنجان از نظر سمیت بور، نیاز بیشتری به مدیریت برای تولید پایدار دارند.

پیشنهادات

با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهادات زیر مطرح می گردد:

۱- مناطق مختلف پســته کاری که از نظر غلظت بور در آب، خاک و برگ

دارای شرایط نامناسبتری نسبت به سایر مناطق هستند، در برنامه ریزیهای آتی اجرایی و تحقیقاتی مرتبط، در اولویت قرار گیرند.

۲- بـا توجه به اینکه مطالعـات کمی در خصوص حدود بحرانی بور در آب، خاک و گیاه پسته صورت گرفته است و منابع مختلف موجود در این زمینه اتفاق نظرنداشـته و همچنین دامنه حدود بحرانی پیشـنهاد شده در بعضی موارد خیلی وسـیع می‌باشد، تعیین حدود بحرانی بور در آب، خاک و برگ پسـته و مشـخص کردن میزان مقاومت ارقام و پایه‌های مختلف پسـته به میزان بور باید در برنامه های آتی تحقیقاتی مد نظر قرار گیرد.

۳- روش‌های عصاره‌گیری دیگری غیر از آنچه در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت برای تعیین ارتباط بور خاک با شاخص‌های گیاهی مورد بررسی قرار گیرد در این مورد بهتر اسـت از عصاره‌گیرهای چند منظوره اسـتفاده شـود. این کار در خصـوص منطقه کبوترخان که بـه دو عصاره گیر مورد استفاده در این تحقیق پاسخ مناسبی نداد، باید در اولویت قرار گیرد.

۴- برای درک بهتر وضعیت بور در مناطق مختلف پسته کاری از نظر مکانی و کنترل غلظت آن در زمان‌هـا و مدیریت‌های مختلف (Monitoring)، تهیه نقشـه های پیوسته (رسـتری) توزیع بور در آب و خاک مناطق پسته کاری امری لازم و ضروری به نظر می‌رسـد که با فراهم شـدن امکانات این امرازاطلاعات موجود نیز میسر است.

سپاسگزاری

بدین وسـیله از کلیه کسـانی که در تمـام مراحل این تحقیـق صمیمانه همـکاری نمودند خصوصاً آقایان مهندس حسـین فریور مهین، احمد آزاد، رضا عسـکری و خانـم‌ها مهندس مژده حیدری و فاطمه طالقانی تشـکر و قدردانی گردد.

منابع مورد استفاده

1- Ayers, R. S. and Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture, F.A.O.

2- Brown, P. H., Ferguson, L. and Picchioni, G. (1995). Boron boosts pistachio yields. Fluid Journal, 1-3.

3- Brown, P. H. and Hu, H. (1998). Boron mobility and consequent management in different crops. Better Crops, Vol. 82 (2): 28-31.

4- Ferguson, L. (2003). Pistachio production year book. UC, Davis, California, USA.

5- Goldberg, S. (1997). Reactions of boron with soils. Plant and Soil, 193: 35-48.

6- Goldberg, S. (1993). Chemistry and mineralogy of boron in soils. In: Boron and its role in crop production, Gupta, U C. (ed.), Chapter 2, CRC Press.

7- Grattan, S.R., M. C., Grieve, C. M., Poss, S. A., Suarez, D. L. and Francois, L. E.(1996). Interactive effects of salinity and boron on the performance and water use of eucalyptus. Acta Hort., 449:607-613.

8- Kang et al. (2002). Evaluating boron behavior in soil and water as a step toward achieving sustainable agriculture. 17th WCSS, 14-22 August, Thailand.

9- Keren, R. (1996). Boron. pp. 603-626. In D. L. Sparks et al., eds. Methods of Soil Analyses. Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series No. 5, Madison, WI.

10- Parsa, A. A. and Wallace, A. (1980). Differential partitioning of boron and calcium in shoots of seedlings of two pistachio (*Pistacia vera*) cultivars. Journal of Plant Nutrition. 2: 236-266.

11- Picchioni, G. A.; Miyamoto, S. and Storey, J. B. (1991). Boron uptake and effects on growth and carbohydrate partitioning of pistachio seedlings. Journal of the American Society for Horticultural Science. 116:706-711.

12- Shuman, L. M., Bandel, V.A., Donahue, S. J., Isaac, R. A., Lippert, R. M., Sims, J.T. and Tucker, M. R.(1992). Comparison of Mehlich 1 and Mehlich 3 extractable soil boron with hot-water extractable boron. Commun. Soil Sci. Plan Anal. 23:1-4.

13- Yaday, H. D., Yadav, 0. P., Dhankar, 0. P. and Oswal, M. C. (1989). Effect of chloride salinity and boron on germination, growth, and mineral composition of chickpea (*Cicer arietinum* L)". Ann. Arid Zone, 28: 63-67.