

## تغییرات مکانی شوری و بور قابل جذب در خاک‌های منطقه حسین آباد یزد

مریم مصلائی<sup>۱\*</sup>، حسین شیرانی<sup>۱</sup>، وحید مظفری<sup>۱</sup> و عیسی اسفندیارپور<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۹/۸)

### چکیده

شوری و سمیت یون‌ها یکی از مشکلات عمده‌ی اراضی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران می‌باشد. در منطقه‌ی حسین آباد که یکی از مناطق مهم کشاورزی شهرستان یزد می‌باشد، علاوه بر مشکل شوری، علائمی شبیه سمیت بور در محصولات مشاهده شده‌اند. لذا این تحقیق با هدف ارزیابی و تحلیل تغییرات مکانی شوری خاک به‌عنوان یکی از جنبه‌های تخریب خاک و تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش مکانی شوری و بور قابل جذب خاک انجام شد. الگوی نمونه‌برداری به‌صورت شبکه‌ای منظم با فاصله ۱۵۰ متر بود. شوری و بور قابل جذب در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شدند. در مجموع، تعداد ۱۰۴ نمونه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. پس از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و بررسی وضعیت توزیع آن‌ها، به‌منظور پهنه‌بندی متغیرهای مزبور از تخمینگر کریجینگ استفاده گردید. نتایج نشان داد که منطقه، دارای مشکل شوری و فاقد سمیت بور می‌باشد. با توجه به‌نسبت اثر قطعه‌ای به سقف، وابستگی مکانی بین تمامی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به جز بور و pH، قوی بود. شوری در نواحی کشت‌شده به‌علت انجام فرایند آبیویی، کمترین مقدار را دارا بود. میزان بور خاک، بین ۰/۰۷ تا ۱/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. لذا نه تنها مشکل سمیت بور مشاهده نشد، بلکه در بعضی نواحی می‌توان کمبود بور را مشاهده نمود. شوری و بور خاک در سطح اطمینان ۹۹ درصد، دارای همبستگی معنی‌داری بودند. براساس آزمون اسپیرمن و پیرسون، بین نسبت جذب سطحی سدیم و شوری همبستگی مثبتی در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد که نشان می‌دهد املاح منطقه، بیشتر از نوع سدیم‌دار هستند. هم‌چنین pH منطقه، مشکلی برای رشد محصولات ندارد.

واژه‌های کلیدی: بور، تغییرات مکانی، زمین‌آمار، شوری

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر(عج)، رفسنجان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mmosalaei@yahoo.com

## مقدمه

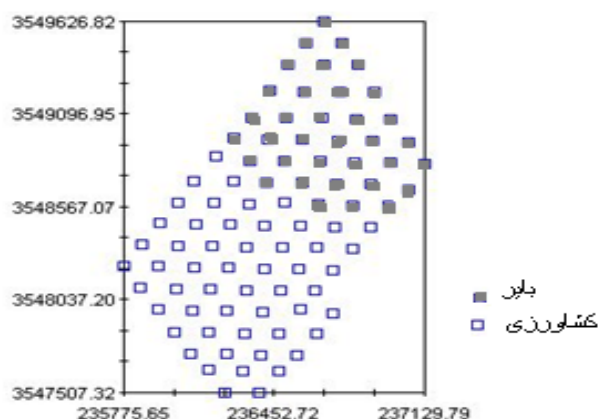
در بخش وسیعی از جهان به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک، شوری آب و خاک از عوامل محدودکننده رشد گیاه به شمار می آید. طبق تخمین سازمان محیط زیست ایالات متحده آمریکا، حدود ۲۰ درصد از زمین های کشاورزی جهان، تحت تنش شوری است و شوری خاک، محدودیت بزرگی برای استفاده از زمین های قابل کشت محسوب می شود (۹). به علت مدیریت ضعیف خاک و آب در نواحی آبیاری شده، مسئله شوری اهمیت زیادی برای تولیدات کشاورزی در این مناطق دارد (۱۳). تنش شوری که خود از تنش های غیرزنده محسوب می شود، یکی از عوامل کاهش قابلیت اراضی در تولید محصولات کشاورزی می باشد (۱۹). بخش وسیعی از کشور ایران را نیز مناطق خشک و نیمه خشک دربرگرفته و در این مناطق، خاک ها به علت تبخیر فراوان و بارندگی کم، روزبه روز شورتر می گردند و چه بسا هکتارها از زمین های قابل کشت و کار، بر اثر تجمع بیش از حد نمک ها غیر قابل کشت می شوند.

بور (B) در ارتباط با نمک های دیگر است (۱۲). غلظت های زیاد بور در خاک، مربوط به خاک های شور و آب چاه های شور است، زیرا بور احتمالاً خیلی آهسته تر از آنیون های دیگر در طی آبشویی جابه جا می شود (۷). مشکلات سمیت بور در نواحی خشک جهان گزارش شده است (۱۲).

استان یزد با حدود ۱۳۱۵۷۵ کیلومتر مربع وسعت، چهارمین استان وسیع کشور است که در قسمت مرکزی فلات ایران در حاشیه دشت کویر لوت قرار دارد. با توجه به آب و هوای خشک و هم چنین کمبود آب، شوری خاک یکی از مشکلات اساسی کشاورزی این استان می باشد و احتمال سمیت بور نیز وجود دارد. اخیراً علائمی (در برخی محصولات به صورت نوک سوختگی و لب سوختگی مشاهده می شود و در برخی محصولات علائم سمیت بور به صورت مرگ سرشاخه ها در اندام های هوایی جوان، چسبندگی زیاد در زاویه سطح فوقانی دمبرگ با ساقه و زخم های قهوه ای و چوب پنبه ای در طول ساقه و دمبرگ). به طوری که، بسیاری از کارشناسان این

زخم های قهوه ای و چوب پنبه ای در طول ساقه و دمبرگ دیده می شود) در محصولات (زراعی و باغی) کشاورزی منطقه دیده شده است که برخی متخصصان کشاورزی آن را احتمالاً مربوط به سمیت بور می دانند، ولی تاکنون تحقیقی در زمینه تغییرات مکانی مقدار بور در خاک و حتی شوری خاک در این منطقه انجام نشده است. با توجه به اهمیت کشاورزی در اقتصاد استان یزد، بررسی وضعیت شوری و بور در خاک می تواند در مدیریت صحیح این اراضی برای تولید محصول مناسب کمک نماید. پهنه بندی شوری و بور با استفاده از علم زمین آمار، یکی از راه کارهای بسیار مفید برای توصیف وضعیت شوری و بور در منطقه است که به وسیله آن می توان تغییرات این دو ویژگی مهم را بررسی نمود و مناطق دارای وضعیت نامناسب را تشخیص داد. این علم با استفاده از اطلاعات حاصل از نقاط نمونه برداری شده، قادر به ارائه ی مجموعه ی وسیعی از تخمین گره های آماری به منظور برآورد خصوصیت مورد نظر در نقاط نمونه برداری نشده می باشد (۶). این علم، یکی از دقیق ترین روش هایی است که علاوه بر توصیف تغییرات زمانی و مکانی داده ها، قادر به تهیه نقشه های پراکندگی ویژگی های خاک (از قبیل شوری و بور) با حداقل واریانس ممکن می باشد (۶).

یکی از تکنیک های درون یابی زمین آماری، کریجینگ نامیده می شود و کریجینگ یک تخمین گر زمین آماری می باشد که ماترون به افتخار کریج این نام را بر آن نهاد. این تخمین گر، بهترین تخمین گر خطی ناریب (در مفهوم حداقل پراکندگی و واریانس) می باشد (۳). در منطقه ی حسین آباد یزد که یکی از مناطق مهم کشاورزی شهرستان یزد می باشد، علاوه بر مشکل شوری، علائمی شبیه سمیت بور در محصولات مشاهده می شود (نوک سوختگی و لب سوختگی و در برخی محصولات علائم به صورت مرگ سرشاخه ها در اندام های هوایی جوان، چسبندگی زیاد در زاویه سطح فوقانی دمبرگ با ساقه و زخم های قهوه ای و چوب پنبه ای در طول ساقه و دمبرگ). به طوری که، بسیاری از کارشناسان این



شکل ۱. شمایی از نحوه نمونه‌برداری منطقه‌ی مورد مطالعه، علامت □ نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد (X و Y بیان‌گر موقعیت منطقه در سامانه UTM)

ارتفاع بیشتری نسبت به سایر نواحی می‌باشد (تپه‌ماهور) که غیر زراعی و بایر است. سایر نقاط، زیر کشت و دارای کاربری‌های متفاوت (باغی و زراعی) و نزدیک به هم می‌باشند (کرت‌های کوچک) (شکل ۱). در شمال منطقه، خانه‌های اهالی این روستا واقع شده‌اند. رده‌ی خاک منطقه اریدیسول تا انتی‌سول می‌باشد.

#### مطالعات صحرائی، آزمایشگاهی و آماری

در این پژوهش از روی نقشه‌ی توپوگرافی منطقه (با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) و با توجه به فواصل نمونه‌برداری (۱۵۰ متر)، شبکه‌بندی روی نقشه انجام گردید و نمونه‌برداری در محل برخورد خطوط شبکه انجام شد. مساحت منطقه حدود ۵۰۰ هکتار می‌باشد. با توجه به موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری روی نقشه و تعیین محل آنها با استفاده از GPS در روی زمین، نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری گرفته شدند. در مجموع، ۱۰۴ نمونه‌ی خاک از منطقه برداشت شد که پس از هواخشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، به منظور تجزیه‌های آزمایشگاهی، به آزمایشگاه منتقل شدند. برخی از ویژگی‌های

علایم را ناشی از وجود بور قابل جذب زیاد در خاک می‌دانستند. لذا این پژوهش به منظور بررسی وضعیت شوری در خاک و همچنین بررسی علمی صحت نظر کارشناسان مبنی بر وجود بور در حد سمیت در خاک انجام گرفت.

#### مواد و روش‌ها

##### معرفی منطقه

استان یزد با مساحتی در حدود ۱۳۱۵۷۵ کیلومتر مربع، از نظر بزرگی و وسعت، چهارمین استان کشور محسوب می‌شود و از نظر پستی و بلندی متنوع است. محدوده‌ی این استان، جزئی از فلات مرکزی ایران است که کویرهای ایران نیز عمدتاً در این فلات جای دارند. آب و هوای استان عمدتاً گرم و خشک و میزان بارندگی بین ۵۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر در سال است. مابین عرض‌های ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ واقع شده است. منطقه‌ی مورد مطالعه (حسین‌آباد)، در شمال غربی استان واقع شده است. شمال و شمال شرقی منطقه‌ی مورد بررسی (حسین‌آباد)، دارای

جدول ۱. خصوصیات آماری پارامترهای مورد مطالعه

متغیر	میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	درصد ضریب تغییرات	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
شوری (dS/m)	۶۲/۸۱	۴۷/۹۵	۲	۴۰۲	۱۱۰/۶	۶۹/۵	۲/۴	۸/۵۲
بور	۰/۳۹	۰/۳۳	۰/۰۷	۱/۶	۶۵/۷	۰/۲۵	۲/۳۴	۷/۳۲
واکنش خاک	۷/۵۴	۷/۵۶	۶/۹	۸/۳۹	۴/۷	۰/۳۵	۰/۰۰۳	-۰/۸
نسبت جذب سدیم (mmol/l) <sup>۱/۲</sup>	۱۱۳	۷۱/۰۶	۱/۸۳	۶۳۸	۱۰۸	۱۲۳	۱/۸۱	۳/۸۴

جدول ۱ ارائه شده‌اند.

در مورد شوری، با توجه به شکل واریوگرام (شکل ۲)، و فاصله‌ی نمونه‌برداری در این تحقیق که ۱۵۰ متر است، می‌توان گفت احتمالاً و براساس تخمین زمین‌آماری تا فاصله‌ی ۳۴۱ متری می‌توان فاصله‌ی نمونه‌برداری را افزایش داد و شکل واریوگرام تغییری نخواهد داشت که بیان‌گر یک نمونه‌برداری بهینه برای این ده است و در زمان و هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌شود. هم‌چنین شکل ۲ نشان می‌دهد که تا حدود ۸۰۰ متری تغییرات ثابت بوده، ولی از ۸۰۰ متر به بعد، مقدار واریوگرام رو به افزایش است که نشان‌دهنده‌ی وجود روند در واریوگرام است و کریجینگ معمولی در این خصوص نمی‌تواند واقعیت منطقه را نشان دهد. با توجه به این‌که در منطقه، بعضی ویژگی‌ها به‌خصوص شوری در نواحی بایر و کشاورزی خیلی متفاوت بودند، کریجینگ معمولی، به‌خصوص در برآورد نقاط مرزی، دچار خطای زیادی است و استفاده از روش‌های دیگر کریجینگ مثل کریجینگ جامع، پیشنهاد داده می‌شود. در مقایسه کارایی برخی روش‌های زمین‌آمار برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک، اسکویی و همکاران (۱) در تحقیقی بیان کردند که هر دو روش کریجینگ و کوکریجینگ قابلیت کاربرد برای برآورد داده‌های مکانی اندازه‌گیری نشده شوری در منطقه را دارند ولی در مقایسه، روش کوکریجینگ گرچه انحراف برآورد کمتری دارد از خطای بیشتری برخوردار است ولی این دو روش زمین

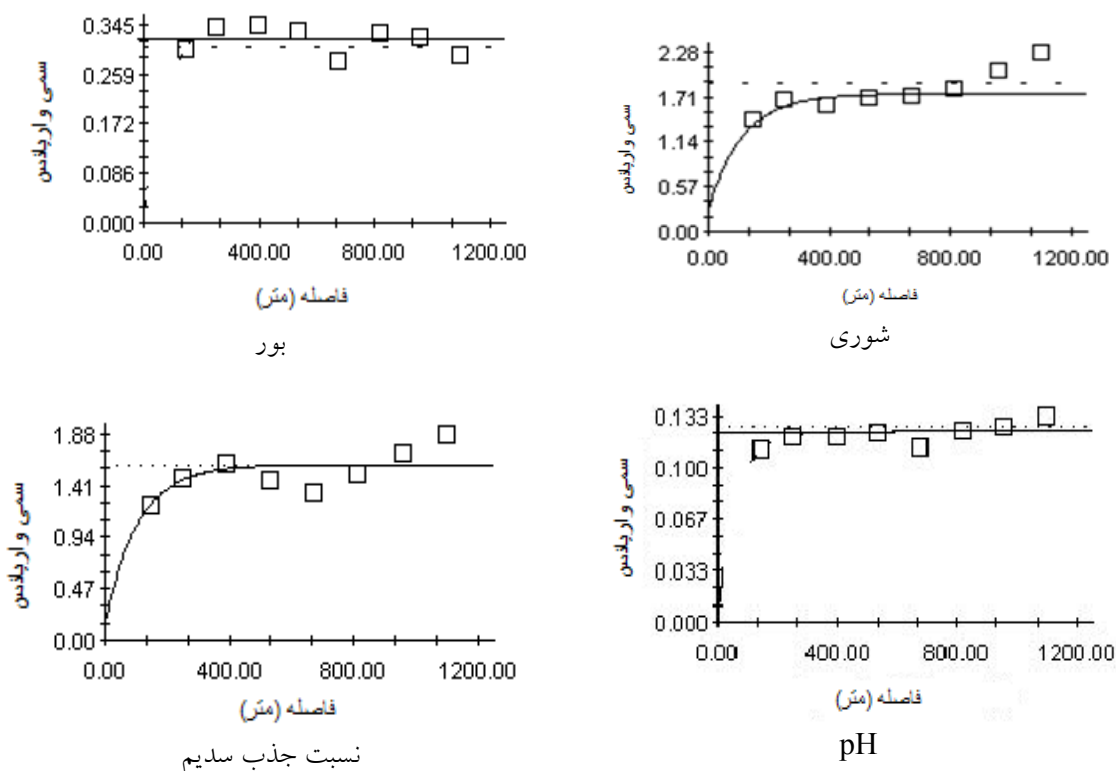
شیمیایی خاک، از جمله pH به‌وسیله‌ی الکتروود شیشه‌ای (۱۸)، شوری یا قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک توسط EC متر، بور قابل جذب به‌روش آزومتین-اچ (۵) تعیین گردیدند. هم‌چنین ویژگی نسبت جذب سدیم (SAR) محاسبه و بررسی شد. در این پژوهش، ویژگی‌های آماری (تعداد، حداکثر، حداقل، میانگین، میانه، چولگی، انحراف معیار و واریانس) توسط نرم‌افزار SPSS محاسبه و بررسی گردیدند. هم‌چنین، توزیع داده‌ها به سه روش هیستوگرام، بررسی چولگی و کشیدگی و آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنف مورد بررسی قرار گرفت و در صورت نرمال نبودن توزیع داده‌ها از تبدیل لگاریتمی استفاده گردید (یکی از شروط استفاده از زمین‌آمار نرمال بودن داده‌ها است که در این تحقیق شوری و بور نرمال نبوده که پس از تبدیل لگاریتمی داده‌ها نرمال شده و نمودارهای مربوطه توسط  $GS^+$  رسم شدند). در خصوص تجزیه و تحلیل زمین‌آماری نیز واریوگرام‌های ویژگی‌های مورد نظر رسم و اجزای آن توصیف گردیدند و سپس با استفاده از کریجینگ معمولی، نقشه‌های پهنه‌بندی شوری، بور و SAR در منطقه رسم شدند. در این پژوهش برای بررسی‌های زمین‌آماری، از نرم‌افزار Variowin برای رسم واریوگرام‌ها و مدل‌ها و از  $GS^+$  برای کریجینگ معمولی، استفاده گردید.

## نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های آماری خصوصیات خاک در منطقه، در

جدول ۲. مدل واریوگرام‌ها و پارامترهای آن برای ویژگی‌های مختلف خاک

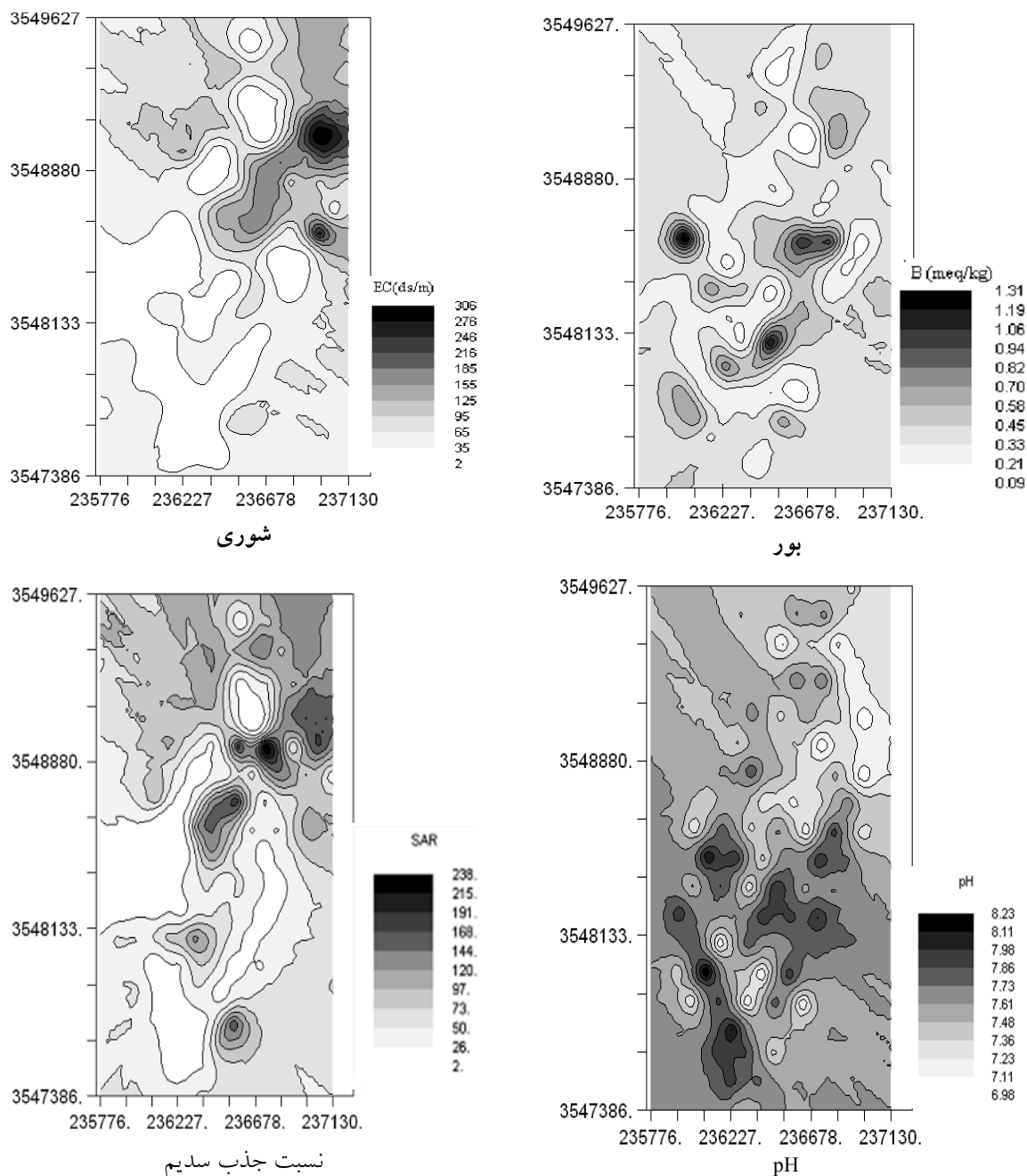
MSE	نسبت اثر قطعه‌ای به سقف	دامنه	سقف	اثر قطعه‌ای	مدل	متغیر
۱۳/۴	۰/۱۶	۳۴۱	۱/۷۵	۰/۲۸	نمایی	شوری
۰/۰۰۷	۱۰۰	۱۸۲	۰/۳۲	۰/۳۲	اثر قطعه‌ای محض	بور
۰/۰۰۰۷	۱۰۰	۱۹۲	۰/۱۲	۰/۱۲	اثر قطعه‌ای محض	واکنش خاک
۴/۲۹	۰/۰۹۷	۳۱۸	۱/۶۰	۰/۱۵	نمایی	نسبت جذب سدیم



شکل ۲. واریوگرام‌های همه جهته

داده‌ها است که میزان کمتر از ۰/۲۵، بیان‌گر وابستگی مکانی قوی، ۰/۲۵ تا ۰/۷۵، وابستگی مکانی متوسط و بیشتر از ۰/۷۵، وابستگی مکانی ضعیفی را نشان می‌دهد (۸). در مورد شوری، این نسبت برابر ۰/۱۶ است (جدول ۲). در جدول ۲.

آماري در مقایسه با میانگین متحرک وزن‌دار، تخمین‌های بهتری از شوری به دست دادند هم‌چنین در این تحقیق مدل گوسی مدل مناسب انتخاب شد. نسبت اثر قطعه‌ای به سقف، یکی از فاکتورهای مهم در سنجش میزان وابستگی مکانی



شکل ۳. نقشه‌ی کریجینگ دوبعدی پارامترهای خاک

نقشه‌ی دوبعدی کریجینگ شوری خاک، نشان می‌دهد که در قسمت شمال و شمال شرق محل نمونه‌برداری، یعنی محل‌های مرتفع و بایر، بیشترین مقدار شوری مشاهده می‌شود.

پارامترهای واریوگرام و هم‌چنین مربع خطای تخمین آورده شده‌اند که کمترین خطای تخمین مربوط به داده‌های بور و pH است.

جدول ۳. ضریب همبستگی بین شوری و نسبت جذب سدیم توسط آزمون‌های اسپیرمن و پیرسون

N=۹۰	SAR	LogSAR
EC ضریب همبستگی اسپیرمن	۰/۷۷**	
LogEC ضریب همبستگی پیرسون	۰/۸۰۵**	

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۴. ضریب همبستگی بین بور و شوری، بور و رس توسط آزمون‌های اسپیرمن و پیرسون.

N=۹۰	EC	LogEC	CLAY	LogCLAY
B ضریب همبستگی اسپیرمن	۰/۴۱۶**		۰/۴**	
LogB ضریب همبستگی پیرسون	۰/۳۹۶**		۰/۲۴*	

\*: معنی‌دار در سطح ۱ درصد. \*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد.

برای دو پارامتر بور و pH، مدل اثر قطعه‌ای محض (pure Nugget) است که بیان‌گر وابستگی مکانی ضعیف برای این دو پارامتر است که نشان می‌دهد فاصله نمونه‌برداری زیاد بوده و تغییرپذیری را نشان نمی‌دهد بنابراین باید در مطالعات آبی فواصل کمتری را انتخاب نمود تا روند تغییرات نشان داده شوند.

بر اساس آزمون اسپیرمن و پیرسون بین نسبت جذب سدیم و شوری همبستگی مثبتی وجود داشته (در سطح ۱ درصد معنی‌دار) که بیان‌گر این است که املاح بیشتر سدیم‌دار هستند (جدول ۳).

نتایج شوری نشان دادند که خاک‌های منطقه‌ی مورد بررسی از نظر شوری، دارای تغییرپذیری زیادی می‌باشند. قانعی مطلق و همکاران (۲)، پژوهشی را به منظور تهیه‌ی نقشه‌ی شوری منطقه‌ی زراعی شمال شرقی دشت آق‌قلا انجام دادند و گزارش کردند که خاک‌های مورد مطالعه، دارای تغییرپذیری زیاد مکانی از لحاظ مقدار شوری هستند. لیش و همکاران (۱۴)، در تهیه‌ی نقشه‌ی شوری ۱۳ هکتار از اراضی کشاورزی آمریکا، گزارش نمودند که این ویژگی، تغییرپذیری مکانی زیادی در منطقه دارد. جیمز و همکاران (۱۱) نیز تغییرپذیری مکانی زیادی را در مورد شوری خاک‌های بریتانیا گزارش کردند.

دامنه‌ی تغییرات بور قابل جذب، ۰/۰۷ تا ۱/۶ میلی‌گرم بر

در نقاط با ارتفاع کمتر، به علت کشت و کار و آبیاری محصولات، نمک شسته‌شده و به اعماق می‌رود، در نتیجه در عمق مورد بررسی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)، شوری کمتر است. در کل، شوری منطقه‌ی مورد بررسی زیاد می‌باشد. نتایج نشان داد که خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر شوری، دارای تغییرپذیری زیادی می‌باشند. احتمالاً تغییر کاربری اراضی در نقاط مختلف منطقه، باعث ایجاد این تغییرپذیری زیاد در شوری شده است.

نقشه‌ی کریجینگ دوبعدی بور نشان می‌دهد که در کل، مقدار بور قابل جذب منطقه‌ی زیاد نیست و مشکل سمیت بور در منطقه وجود ندارد. حتی می‌توان کمبود بور را در برخی نواحی به صورت لکه‌ای مشاهده نمود. در نتیجه، علائم مشاهده شده که شبیه به سمیت بور بوده، مربوط به سمیت بور نیست و باید علت آنها را در عوامل دیگری جستجو نمود. همان‌طور که در نقشه‌ی کریجینگ دوبعدی pH خاک مشاهده می‌شود، بیشترین pH در نواحی تحت کشت است که ممکن است آبیاری و شست و شوی املاح و کاهش شوری خاک، موجب افزایش pH در نقاط زیر کشت باشد. اغلب گیاهان در محدوده‌ی pH خاک بین ۶ تا ۸ به خوبی رشد می‌کنند. بنابراین از نظر pH، برای رشد گیاهان مشکلی جدی وجود ندارد. با توجه به جدول ۲، مدل مناسب

که با افزایش شوری خاک، مقدار بور قابل جذب به حد قابل توجهی افزایش یافت. ملکوتی و کشاورز (۴) گزارش کردند که شوری، موجب حلالیت بور نامحلول خاک شده و احتمالاً موجب مسمومیت بور در محصولات زراعی که در این شرایط رشد می‌کنند، خواهد شد. آزمون همبستگی پیرسون و اسپیرمن، معنی‌دار بودن همبستگی بین EC و مقدار بور را در سطح یک درصد در نواحی تحت کشت نشان دادند (جدول ۴).

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به وجود اراضی بایر و کشاورزی در منطقه‌ی مورد بررسی، برای برآورد دقیق‌تر نقاط مرزی، بهتر است از روش‌های دیگر کریجینگ مثل کریجینگ جامع که دقت بالاتری دارند استفاده کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که مشکل شوری در منطقه نسبتاً زیاد بوده و کشت محصولات مقاوم به شوری ارجح می‌باشد. همچنین نتیجه‌ی مهمی که در این پژوهش به دست آمد، مربوط به نبود وجود بور در حد سمیت در خاک می‌باشد. بنابراین، ذهنیت موجود در خصوص سمیت بور به‌ویژه در میان کارشناسان کشاورزی، به احتمال قوی صحیح نیست. البته بایستی وضعیت بور در گیاه و آب آبیاری نیز برای نتیجه‌گیری دقیق‌تر بررسی شود.

### تشکر و قدردانی

از حوزه‌ی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، به دلیل حمایت‌های مالی در انجام این پژوهش قدردانی می‌گردد.

کیلوگرم است. منگل و کرکیسی (۱۵)؛ پاور و ویلر (۱۷) گزارش کردند که کمبود و سمیت بور زمانی پدید می‌آید که غلظت آن، به ترتیب، کمتر از یک و بیش از پنج میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد. بنابراین، در منطقه‌ی مورد مطالعه، مشکل سمیت بور وجود ندارد. ملکوتی و کشاورز (۴) گزارش کردند که عواملی مانند نوع مواد مادری، بافت خاک، غلظت نمک‌های محلول، رطوبت خاک، pH خاک، دمای خاک و غیره، بر غلظت بور در خاک مؤثر هستند. گلوئیگ و گلدبرگ (۱۰) گزارش کردند که بین میزان بور محلول و بور جذب سطحی شده در خاک با pH خاک، همبستگی معنی‌داری وجود دارد و میزان بور محلول و جذب سطحی بور با افزایش pH خاک در محدوده‌ی ۳ تا ۹، افزایش و در دامنه‌ی ۱۰ تا ۱۱/۵ دوباره کاهش می‌یابد. رسم نقشه‌ی کریجینگ دوبعدی در این تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین مقدار بور در مرکز منطقه است، ولی همبستگی بور و pH در آزمون پیرسون و اسپیرمن معنی‌دار نبود. دلیل آن احتمالاً مربوط به تغییرات کم pH در منطقه است که بین حدود ۷ تا ۸/۳ بود. بافت‌های متوسط و درشت خاک، غالباً دارای بور کمتری نسبت به بافت‌های ریز و رسی هستند. در پژوهش‌های انجام شده، موآپوریان و شولا (۱۶) گزارش کردند که بین رس خاک و میزان بور همبستگی مثبتی وجود دارد.

در این مطالعه، همبستگی بین بور و رس در آزمون اسپیرمن، در سطح ۱ درصد و در آزمون پیرسون، در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

میزان بور محلول در خاک با افزایش میزان قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک زیاد می‌شود. نتایج حاصل از تحقیق بر روی دو نوع خاک در پنجاب هندوستان، نشان داد

## منابع مورد استفاده

۱. سکوتی اسکوتی، ر. م.، ح. مهدیان، ش. محمودی و ا. قهرمانی. ۱۳۸۵. مقایسه کارایی برخی روش‌های زمین‌آماری برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک، مطالعه موردی دشت ارومیه. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۴: ۲۵-۴۰.
۲. قانعی مطلق، غ. ر.، ع. پاشایی اول، ف. خرمالی و الف. مساعدی. ۱۳۸۷. تهیه نقشه شوری خاک به منظور مدیریت ویژه خاک‌های شور (مطالعه موردی: بخشی از اراضی زراعی شمال‌شرقی دشت آق‌قلا). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵(۶): ۸۲-۷۵.
۳. کردوانی، پ. ۱۳۸۱. حفاظت خاک، چاپ ششم. انتشارات دانشگاه تهران. تهران. ۲۸۸ صفحه.
۴. ملکوتی، م. ج. و پ. کشاورز. ۱۳۸۱. نگرشی بر حاصلخیزی خاک‌های ایران (شناسایی و بهره‌برداری). وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا. تهران. ۲۷۴ صفحه.
۵. منطقی، ن. ۱۳۵۶. گزارش نهایی تشریح روش‌ها و بررسی‌های آزمایشگاهی روی نمونه‌های خاک و آب. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

نشریه ۱۶۸: ۱۵۲-۱۵۳

6. Adriano, D.C. 1986. Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-verlag, New York, Springer-verlag. (Ed.), pp. 533.
7. Alpaslan, M. and A. Gunes. 2001. Interactive effects of boron and salinity stress on the growth, membrane permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants. Plant Soil 236: 123-128.
8. Cambardella, C.A., T.B. Moorman, J.M. Nowak, T.B. Parkin, D.L Karlen, R.F. Turco, and A.E. Konopka. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci Soc. Am. J. 58: 1501- 1511.
9. Flowers, T. J., M. A. Hajibagheri and N. J. W. Clipson. 1986. Halophytes. Annu. Rev. Biol, 61:313-337.
10. Goldberg, S. and R. A. Glaubig. 1986. Boron adsorption on California soils. Soil Sci. Soc. of Am. J. (SSSA Journal), 50: 1176- 1183.
11. James, I.T., T.W. Waine, R.I. Bradley, J.C. Taylor and R.J Godwin. 2003. Determination of Soil Type Boundaries using Electromagnetic Induction Scanning Techniques. Biosystems Eng., 86: 4. 421-430.
12. Kent, G., J. Apostol, Z. wiazek and D. Michael. 2002. NACL and NA2SO4 alter responses of Jack pine (*Pinus banksiana*) seedlings to boron. Plant Soil, 240: 321-329.
13. Khosravinejad, F., R. Heydari and T. Farboodnia. 2008. Effects of salinity on photosynthetic pigments, respiration, and water content in two barley varieties. J. Biol. Sci. 11(20): 2438-2442.
14. Lesch, S.M., D.L. Corwin and D.A. Robinson. 2005. Apparent soil electrical conductivity mapping as an agricultural management tool in arid zone soils. Computers and Electronics in Agriculture. Elsevier 46: 351-378.
15. Mengle, K. and E. A. Kirekby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4<sup>th</sup> (Ed.), International potash Institute, Bern, Switzerland, P: 559-572.
16. Moa fpourian, G. R. and L. M. Shula. 2002. Status of available boron in major soil series of Delhi. Ann. Agric. Res. New series, 23(4): 554-557.
17. Power, I. L., D. M. Wheeler. 1995. Compare of plant uptake and plant toxicity of various ions in wheat. Plant Soil. 172:167-173.
18. Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. D. A. Handbook., Washington, DC. (Ed.), USA. p. 60.
19. Satti, S. M. E. and M. Lopez. 1993. Salinity induced in vegetative and reproductive growth in tomatoes. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25:5-6.