



پهنه بندی میزان کل نمک در محدوده ریشه گیاه ذرت تحت تیمار آبیاری ناقص ریشه با استفاده از زمین آمار

فاطمه کاراندیش

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس، Karandish_h@yahoo.com

سید مجید میرلطیفی^۱، علی شاهنظری^۲، نصیر روشناس^۳، لیلا هدایتی^۴

۱-دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس ۲-استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی

ساری، ۳، ۴- دانشجویان کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده:

در این مطالعه، به منظور مقایسه روند تغییرات میزان کل نمک در نتیجه آبیاری در محدوده ریشه گیاه ذرت تحت تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۷۵٪ (PRD75) و ۵۵٪ (PRD55)، به ارزیابی روش های زمین آمار میانگین متحرک وزنی، کریجینگ و کوکریجینگ با استفاده از شاخص هدایت الکتریکی پرداخته شد. بررسی های انجام شده در این تحقیق مناسب بودن رطوبت و دما به عنوان متغیر کمکی در برآورد نقشه توزیع دوبعدی هدایت الکتریکی با استفاده از روش کوکریجینگ را به دلیل همبستگی بالای ۶۲٪ بین این دو پارامتر را به اثبات می رساند. نتایج ارزیابی روش های زمین آمار در این تحقیق گواه این مطلب است که میزان خطای تخمین در هر سه تیمار با استفاده از روش میانگین متحرک وزنی مقدار کمتری را به خود اختصاص می دهد. بعلاوه بررسی خصوصیات واریوگرام های هدایت الکتریکی و واریوگرام های متقابل هدایت الکتریکی با دو متغیر کمکی دما و رطوبت حاکی از این است که در دو تیمار آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۵۵ و ۷۵ درصد، دامنه تاثیر در روش کوکریجینگ با متغیر کمکی دما بالاتر است که حاکی از وجود یک ساختار مکانی بالاتر در نتیجه اعمال این روش می باشد. این در حالیست که ساختار مکانی واریوگرام هدایت الکتریکی در تیمار آبیاری کامل بالاتر از دو واریوگرام دیگر می باشد. با این وجود تفاوت روش کوکریجینگ و کریجینگ در برآورد نقشه های دو بعدی توزیع مکانی هدایت الکتریکی در هر سه تیمار محسوس نبوده و می توان هر دو روش را در این مطالعه کارا قلمداد نمود. مقایسه نقشه های تغییرات مکانی هدایت الکتریکی قبل و بعد از آبیاری حاکی از آن است که برخلاف تیمار FI، در تیمارهای PRD75 و PRD55 تغییرات هدایت الکتریکی تنها در بخشی از فاصله بین دو قطره چکان رخ داده است. بعلاوه میزان تغییرات هدایت الکتریکی در تیمار PRD75 بیشتر از تیمار FI بوده است که با استناد به رابطه بالای تغییرات رطوبت و هدایت الکتریکی، این نتیجه دلیلی بر اثبات فرضیه های حاکم بر روش آبیاری ناقص ریشه مبنی بر افزایش توانایی ریشه در جذب رطوبت از خاک خواهد بود.

واژگان کلیدی: آبیاری ناقص ریشه، تغییرات مکانی هدایت الکتریکی، زمین آمار، کریجینگ، کوکریجینگ، میانگین متحرک وزنی.



مقدمه

بیش از ۲۳٪ از اراضی کشاورزی دنیا در نتیجه شور شدن قابلیت کشت خود را از دست داده‌اند (Szabolcs, 1989). نتایج تحقیقات Lamsal و همکاران، ۱۹۹۹ گواه این مطلب است که سالانه حدود ۴۰۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی دنیا در نتیجه عدم مدیریت صحیح و کنترل نمک شور شده و قابلیت کشت خود را از دست می‌دهند. این در حالیست که وسعت اراضی شور در نتیجه کشاورزی آبی در ایران در سالهای اخیر به ۴۴,۵ میلیون هکتار افزایش پیدا کرده است (Banaei et al, 2005). شوری خاک بیش از حد آستانه تحمل گیاه در نتیجه تجمع نمک اضافی در منطقه ریشه می‌تواند خطری جدی برای رشد گیاه محسوب شود (Seilsepour et al, 2008).

هدایت الکتریکی خاک به عنوان معیاری مناسب برای توصیف وضعیت شوری خاک و روند تغییرات آن (Adhikari et al, 2011) از مدت‌ها قبل مورد استفاده بسیاری از محققان بوده است.

نتایج بسیاری از تحقیقات نشان می‌دهد که رابطه معنی‌داری بین میزان تغییرات رطوبت خاک در نتیجه آبیاری، بارندگی و یا جذب آب توسط گیاه و مقدار هدایت الکتریکی (Rhoades et al, 1976; Kachanaski et al, 1988; Kachanaski et al, 1990; Morgan et al, 2001) وجود دارد. در بسیاری از مطالعات گزارش شده است که میزان هدایت الکتریکی در نتیجه افزایش میزان رطوبت افزایش می‌یابد.

نظر به اهمیت مساله کنترل شرایط خاک به منظور نیل به بیشترین پتانسیل عملکرد و کارایی مصرف آب و در عین حال حفظ قابلیت کشت آن، در این مطالعه، روند تغییرات مکانی و زمانی دما در کشت ذرت و آبیاری قطره‌ای سطحی تحت تیمارهای آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۷۵٪ (PRD75) و ۵۵٪ (PRD55) و آبیاری کامل در سطح مزرعه مورد بررسی قرار گرفته است.

موارد و روش‌ها

۱ - منطقه مطالعاتی و روند استخراج داده‌ها

طرح مذکور در فصل زراعی ۸۹ در سطح مزرعه و در زمینی به ابعاد 495 متر مربع (33 در ۱۵) متر واقع در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری روی گیاه ذرت انجام شده است. ذرت کشت شده در سطح مزرعه، رقم دیررس ۷۰۴ و زمان کشت آن اوایل اردیبهشت ۸۹ با فواصل کشت ۲۰ در ۶۰ سانتیمتر و دوره رشد آن تا زمان رسیدن دانه‌ها، به مدت تقریبی ۴ ماه بوده است. خصوصیات خاک منطقه مطالعاتی تا عمق ۳۰ سانتیمتر در جدول ۱ خلاصه شده است.



جدول (۱): خصوصیات خاک منطقه مطالعاتی

بافت خاک	عناصر میکرو (mg/kg)				عناصر ماکرو (meq/lit)			NPK (p/p/m)			OC%	OM%	PH	EC
	Mn	Zn	Cu	Fe	Na	Mg	Ca	K	P	N				
لوم رسی	14/82	2/66	6/04	23/35	2/63	6/60	6/67	116/67	3/77	0/48	0/45	0/77	7/54	1/09

در این مطالعه، ۳ تیمار آبیاری کامل (FI) و آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۷۵ رص (PRD75) و ۵۵ درصد (PRD55) تحت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار روی گیاه ذرت اعمال شد که مساحت هر تیمار با تکرارهایش معادل ۱۶۵ متر مربع بوده است. در آبیاری کامل، تمام نیاز آبی گیاه در محاسبات وارد شد. این در حالیست که تیمارهای PRD75 و PRD55 در هر نوبت آبیاری به ترتیب ۷۵ و ۵۵ درصد از حجم آب اعمال شده در آبیاری کامل را دریافت می‌دارند. روش آبیاری در این تحقیق، آبیاری قطره‌ای سطحی با فواصل قطره چکان ۴۰ سانتیمتر و دبی ۲ لیتر بر ساعت بوده است. جهت تعیین توزیع دو بعدی میزان هدایت الکتریکی و رابطه تغییرات رطوبت و تغییرات هدایت الکتریکی در منطقه توسعه ریشه، از سنسورهای رطوبت سنج الکترومغناطیس که قادر به اندازه‌گیری همزمان هدایت الکتریکی، دما و رطوبت می‌باشد، استفاده شد. قرائت‌ها به صورت روزانه و در زمان‌های یک ساعت قبل و بعد از آبیاری صورت گرفت.

پهنه‌بندی میزان هدایت الکتریکی در محدوده توسعه ریشه ذرت در هر تیمار بر اساس روش‌های زمین آمار و با استفاده از برنامه Geostatistics در محیط GIS صورت گرفت. بدین منظور، از روش‌های میانگین متحرک وزنی، کریجینگ و کوکریجینگ با دو متغیر کمکی تغییرات رطوبت و تغییرات دما استفاده شد.

۱- درون یابی

روش‌های درون یابی اغلب به دو دسته کلی روش‌های دقیق و روش‌های تخمینی تقسیم می‌شوند. به عنوان مثال روش WMA روش دقیق و روش‌های TPSS و کریجینگ تخمینی می‌باشند. روش‌های زمین آمار بر اساس اینکه چگونه چطور ضرایب معادله ذیل را برآورد می‌کنند به دسته‌های مختلف تقسیم می‌شوند:

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (1)$$

که در آن $Z^*(x)$ مقدار تخمین زده شده متغیر در نقطه x ، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده ای متغیر در نقطه x_i ، n تعداد نقاط و λ وزن می‌باشد. این ضرایب در روش WMA بر اساس فاصله بین نقاط با استفاده از رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$\lambda_i = \frac{D_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^n D_i^{-\alpha}} \quad (2)$$



۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی

که در آن D_i فاصله بین نقاط مشاهده ای و هدف، α توان و n تعداد نقاط می باشد. همبستگی مکانی و تابع Smoothing به ترتیب برای تخمین اوزان در روش کریجینگ به کار می روند ([8]، [16]). در روش کریجینگ معمولی، این اوزان با استفاده از رابطه خطی زیر قابل محاسبه هستند ([8]):

$$[C][\lambda] = [D] \quad (3)$$

که در آن $[c]$ ماتریس کوواریانس بین نقاط مشاهده ای و $[D]$ ماتریس کوواریانس بین نقاط جفت نقاط مشاهده ای و هدف می باشند. برای حل معادله مذکور باید تحلیل نیم تغییر نما صورت گیرد. روش کوکریجینگ از روش کریجینگ مشتق شده است که در آن از یک متغیر کمکی مثل ارتفاع نیز استفاده می شود.

۱- تحلیل تغییر نما

در آمار کلاسیک نمونه‌ها مستقل از یکدیگر می باشند. این در حالیست که در زمین آمار مقادیر نمونه‌ها به موقعیت آنها وابسته می باشد. نیم تغییر نما معیار است که همبستگی مکانی داده‌ها را نشان می دهد. نیم تغییر نمای تجربی (γ) به صورت ذیل محاسبه می شود ([3]، [8]):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2.n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (5)$$

که در آن: $n(h)$ زوج نقاط تعیین شده بر اساس فاصله h مقدار متغیر اندازه گیری شده در موقعیت x_i و $Z(x_i + h)$ مقدار متغیر اندازه گیری شده در فاصله h از موقعیت x_i می باشد. فاصله ای که در آن مقدار نیم تغییر نما به حد ثابتی که همان آستانه نیم تغییر نما می باشد، می رسد دامنه تاثیر R مقدار نیم تغییر نما در $h=0$ اثر قطعه ای (C_0) نام دارد. مقدار نیم تغییر نما در روش کریجینگ برای محاسبه اوزان مورد استفاده قرار می گیرد.

۲- معیارهای ارزیابی

برای بررسی دقت هر روش و یا انتخاب پارامتر مناسب در آنها از روش Cross-Validation استفاده شد. در این روش مقایسه ای میان نقاط اندازه گیری شده و مقادیر تخمینی توسط روشهای مورد استفاده، صورت می گیرد. برای ارزیابی میزان خطا و مقایسه مقادیر واقعی و تخمینی، از دو معیار میانگین خطای مطلق (MAE)^۱ و میانگین خطای انحراف (MBE)^۲ به شرح روابط زیر استفاده شد.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)| \quad (1)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z^*(x_i) - Z(x_i)) \quad (2)$$

¹ . Mean Absolute Error

² . Mean Bias Error



۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی

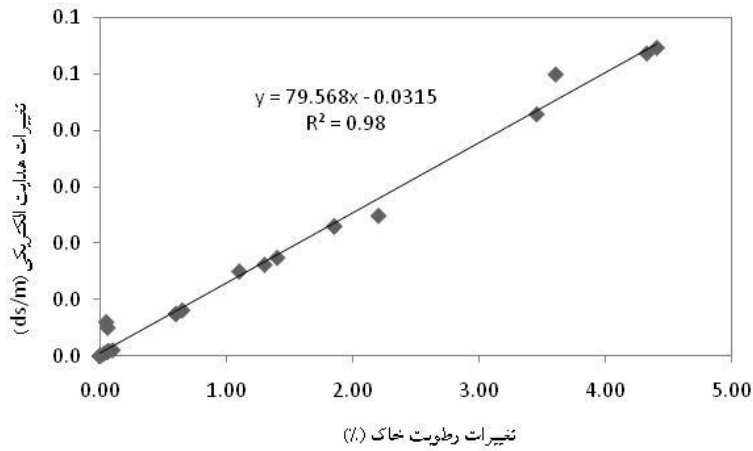
که در آنها: MAE، میانگین قدر مطلق خطا، MBE، میانگین خطای انحراف، $Z(x_i)$ ، مقدار بارش مشاهده‌ای و $Z^*(x_i)$: مقدار بارش برآورد شده می‌باشد. هر قدر این دو معیار به صفر نزدیک تر باشند نشان دهنده اختلاف کمتر مقادیر برآورده شده نسبت به مقادیر مشاهده‌ای است.

نتایج

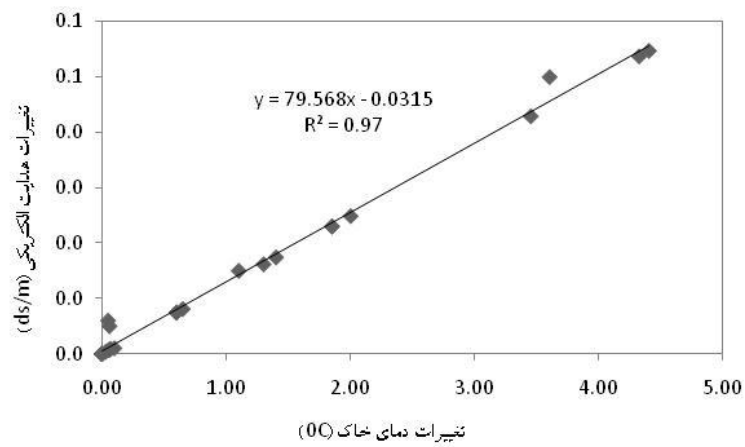
بررسی داده‌های مشاهده‌ای حاکی از نرمال بودن داده‌های هدایت الکتریکی در تمام روزهای مورد بررسی می‌باشد. بررسی داده‌های قرائت شده همزمان میزان هدایت الکتریکی، دما و رطوبت خاک توسط سنسورهای رطوبت سنج الکترومغناطیس TDR در زمان‌های یک ساعت قبل و بعد از آبیاری حاکی از وجود یک رابطه خطی با مجذورضرب همبستگی (۰,۹۷) بین میزان هدایت الکتریکی با تغییرات دما و مجذورضرب همبستگی (۰,۹۸) بین میزان این پارامتر و تغییرات رطوبت حین آبیاری می‌باشد (شکل های ۱ و ۲). لذا در روش کوکریجینگ از دو متغیر کمکی تغییرات دما و تغییرات رطوبت استفاده شد.

پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها و تعیین متغیر کمکی در روش کوکریجینگ، ارزیابی روش‌های میانگین متحرک وزنی (WMA)، کریجینگ (Kriging) و کوکریجینگ (CoKriging) برای تعیین نقشه دوبعدی توزیع هدایت الکتریکی در خاک پس از آبیاری با استفاده از معیارهای ارزیابی صورت گرفت (جدول ۲). نتایج نشان می‌دهد که در هر سه تیمار، روش میانگین متحرک وزنی دارای خطای تخمین کمتری در برآورد نقشه‌های مذکور می‌باشد. این در حالیست که روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در تمام تیمارها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند. لذا مقایسه دقیق‌تری بین روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در هر سه تیمار با تحلیل و مقایسه واریوگرام هدایت الکتریکی و واریوگرام متقابل هدایت الکتریکی با تغییرات دما و رطوبت صورت گرفت. در این تحقیق به منظور تحلیل تغییرناهما از برنامه Geostatistics در محیط GIS استفاده شد. بررسی واریوگرام‌ها در راستاهای مختلف، وجود ناهم‌سنگردی در داده‌ها را به اثبات می‌رساند. به همین دلیل از واریوگرام همه جانبه جهت ارزیابی روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ استفاده شد. واریوگرام‌های مذکور در تیمار آبیاری ناقص ریشه در سطح ۷۵٪ (PRD₇₅) در روز ۱۵/۵/۸۹ در شکل‌های ۴ و ۵ و خصوصیات آنها در هر سه تیمار در جدول ۳ به عنوان نمونه ارائه شده است. نتایج بررسی واریوگرام‌ها نشان می‌دهد که دامنه واریوگرام متقابل دما و هدایت الکتریکی در هر دو تیمار آبیاری ناقص ریشه بیشتر از دامنه واریوگرام هدایت الکتریکی و واریوگرام متقابل رطوبت و هدایت الکتریکی می‌باشد، اما در تیمار آبیاری کامل دامنه واریوگرام هدایت الکتریکی وسیعتر از سایر واریوگرام‌هاست.

۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی



شکل (۱): رابطه بین تغییرات هدایت الکتریکی و تغییرات رطوبت در طول دوره اعمال تیمار



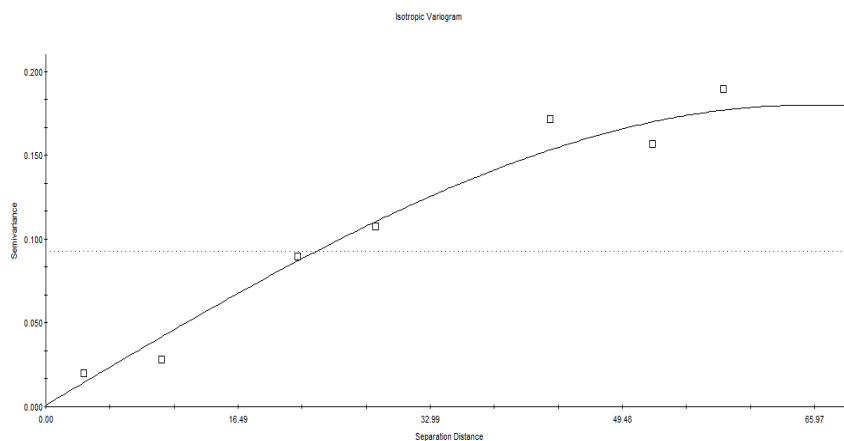
شکل (۲): رابطه بین تغییرات هدایت الکتریکی و تغییرات دما در طول دوره اعمال تیمار

جدول (۲): ارزیابی روش های زمین آمار با استفاده از معیارهای ارزیابی در تیمارهای آبیاری کامل (FI)، آبیاری ناقص ریشه در سطح ۷۵٪ (PRD₇₅) و ۵۵٪ (PRD₅₅)

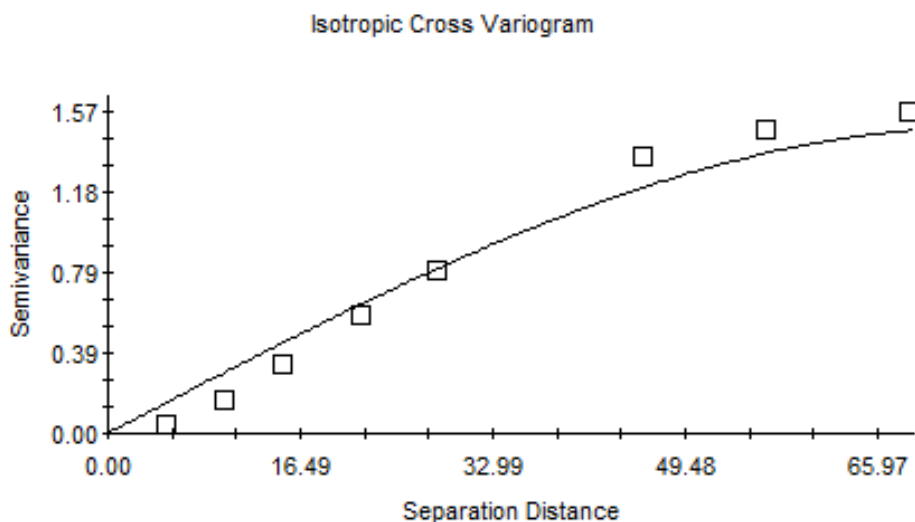
معیارهای ارزیابی			روش	تیمار
MAE	MBE	R ²		
0.0036	-0.0012	0.9800	WMA	FI
0.0068	-0.0012	0.9600	Kriging	
0.0076	-0.0020	0.9400	CoKriging	
0.0076	-0.0020	0.9400	CoKriging	
0.0060	-0.0036	0.9420	WMA	PRD ₇₅

۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی

0.0104	-0.0032	0.8700	Kriging	PRD ₅₅
0.0104	-0.0040	0.8600	CoKriging	
0.0104	-0.0040	0.8600	CoKriging	
0.0064	-0.0064	0.95	WMA	
0.01	-0.006	0.89	Kriging	
0.0092	-0.0068	0.88	CoKriging	
0.0092	-0.0068	0.88	CoKriging	



شکل (۳): واریوگرام همه-جانبه هدایت الکتریکی در تیمار آبیاری ناقص ریشه در سطح ۷۵٪ (PRD₇₅) در ۸۹/۵/۱۵



شکل (۴): واریوگرام متقابل همه-جانبه هدایت الکتریکی و رطوبت در تیمار آبیاری ناقص ریشه در سطح ۷۵٪ (PRD₇₅) در

۸۹/۵/۱۵

پس از بررسی های انجام شده، نقشه توزیع دوبعدی هدایت الکتریکی در محدوده ریشه قبل و بعد از آبیاری در هر سه تیمار FI، PRD75 و PRD55، با استفاده از روش های میانگین متحرک وزنی در محیط GIS تهیه شد. شکل های ۷ این نقشه ها را برای نمونه در سه تیمار مذکور در روز ۸۹/۵/۱۵ نشان می دهد. در این روز در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه، دومین قطره چکان (۲۰) در حال تراوش بوده و محل اولین قطره چکان (۰) خشک می باشد. با نگاهی به این شکل ها می توان دریافت که در تیمار آبیاری ناقص ریشه، تمام محدوده بین دو قطره چکان در نتیجه آبیاری دستخوش تغییرات هدایت الکتریکی میشود، این در حالیست که در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه، تغییرات هدایت الکتریکی تنها در محل قطره چکان در حال تراوش تا فاصله کمتر از ۱۵ سانتیمتری بعد از آن بوده و تغییرات هدایت الکتریکی در بخشی از فاصله بین دو قطره چکان که در نتیجه آبیاری خشک باقی می ماند قابل صرف نظر کردن است. بعلاوه بررسی نقشه های بدست آمده حاکی از آن است که دامنه تغییرات هدایت الکتریکی در بخش مرطوب تیمار آبیاری ناقص ریشه در سطح ۷۵٪ بیشتر از تیمار آبیاری کامل است. این در حالیست که این دامنه در تیمارهای آبیاری کامل و بخش مرطوب آبیاری ناقص ریشه در سطح ۵۵٪ تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. نظر به رابطه بالای تغییرات رطوبت و تغییرات هدایت الکتریکی در منطقه مطالعاتی میتوان اینگونه استنباط نمود که در نتیجه اعمال آبیاری ناقص ریشه دو منطقه خشک و تر قابل شناسایی خواهد بود. بعلاوه بالاتر بودن دامنه تغییرات هدایت الکتریکی در نتیجه اعمال تیمار آبیاری ناقص ریشه در سطح ۷۵٪ موید بالاتر بودن دامنه تغییرات رطوبت در تیمار مذکور می باشد.

جدول (۳): خصوصیات واریوگرام های دما و تغییرنمای متقابل رطوبت و دما در تیمارهای آبیاری کامل (FI) و آبیاری ناقص ریشه در سطح

۷۵٪ (PRD75) و ۵۵٪ (PRD55) در روز ۸۹/۵/۱۵

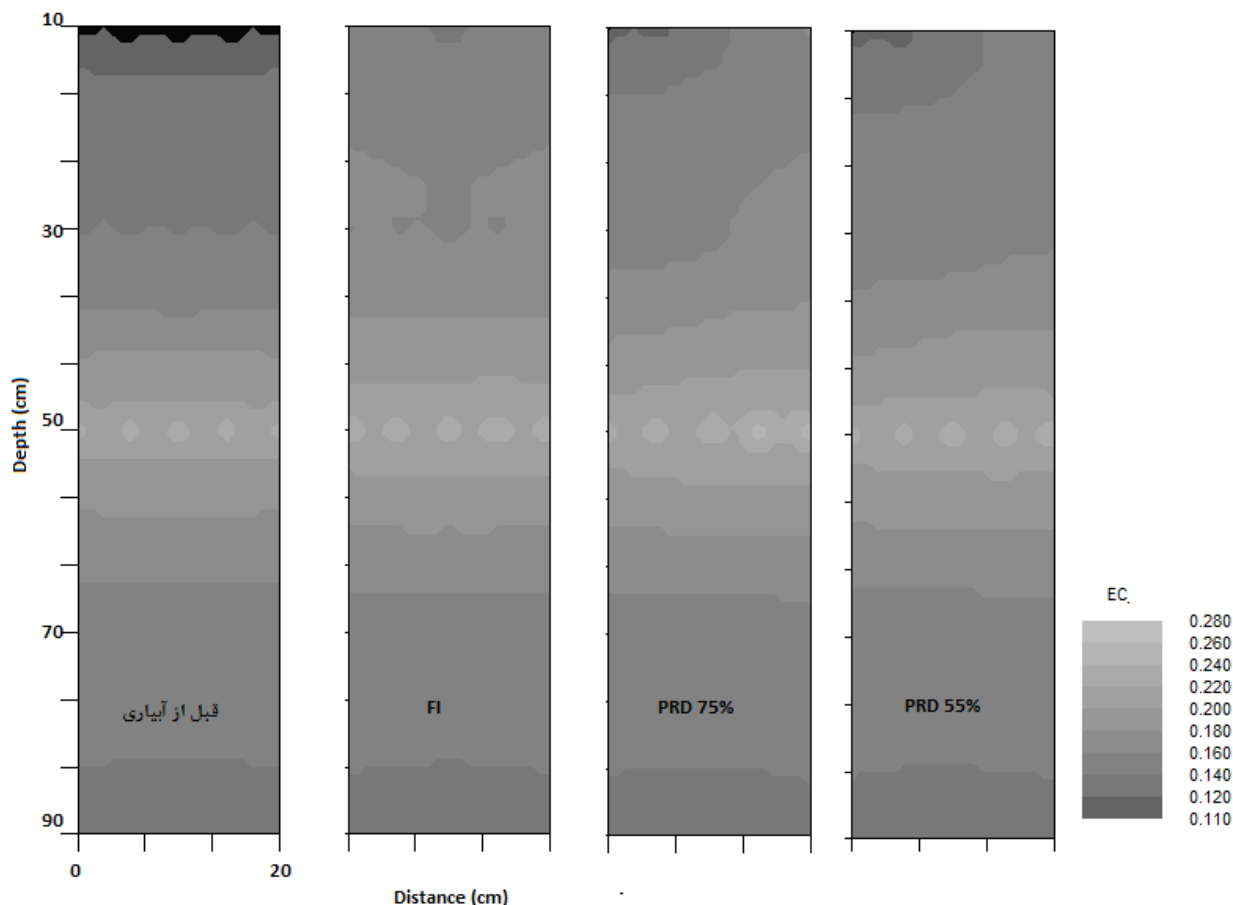
تیمار	واریوگرام	مدل	اثر قطعه ای	آستانه	شعاع تاثیر (cm)
FI	هدایت الکتریکی	گوسی	0.001	0.19	34
	متقابل تغییرات رطوبت و هدایت الکتریکی	کروی	-0.001	-0.25	35
	متقابل تغییرات دما و هدایت الکتریکی	گوسی	0.001	1.2	33
PRD75	هدایت الکتریکی	کروی	0.001	0.18	65
	متقابل تغییرات رطوبت و هدایت الکتریکی	کروی	0.001	0.35	30
	متقابل تغییرات دما و هدایت الکتریکی	کروی	0.001	1.5	75
PRD55	هدایت الکتریکی	گوسی	0.004	0.21	34
	متقابل تغییرات رطوبت و هدایت الکتریکی	کروی	0.001	0.21	20
	متقابل تغییرات دما و هدایت الکتریکی	گوسی	0.001	1.65	35



بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه، به منظور مقایسه روند تغییرات میزان کل نمک در نتیجه آبیاری در محدوده ریشه گیاه ذرت تحت تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۷۵٪ (PRD75) و ۵۵٪ (PRD55)، به ارزیابی روش های زمین آمار میانگین متحرک وزنی، کریجینگ و کوکریجینگ با استفاده از شاخص هدایت الکتریکی پرداخته شد. بررسی های انجام شده در این تحقیق مناسب بودن رطوبت و دما به عنوان متغیر کمکی در برآورد نقشه توزیع دوبعدی هدایت الکتریکی با استفاده از روش کوکریجینگ را به دلیل همبستگی بالای ۶۲٪ بین این دو پارامتر را به اثبات می رساند. نتایج ارزیابی روش های زمین آمار در این تحقیق گواه این مطلب است که میزان خطای تخمین در هر سه تیمار با استفاده از روش میانگین متحرک وزنی مقدار کمتری را به خود اختصاص می دهد. بعلاوه بررسی خصوصیات واریوگرام های هدایت الکتریکی و واریوگرام های متقابل هدایت الکتریکی با دو متغیر کمکی دما و رطوبت حاکی از این است که در دو تیمار آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۷۵ و ۵۵ درصد، دامنه تاثیر در روش کوکریجینگ با متغیر کمکی دما بالاتر است که حاکی از وجود یک ساختار مکانی بالاتر در نتیجه اعمال این روش می باشد. این در حالیست که ساختار مکانی واریوگرام هدایت الکتریکی در تیمار آبیاری کامل بالاتر از دو واریوگرام دیگر می باشد. با این وجود تفاوت روش کوکریجینگ و کریجینگ در برآورد نقشه های دو بعدی توزیع مکانی هدایت الکتریکی در هر سه تیمار محسوس نبوده و می توان هر دو روش را در این مطالعه کارا قلمداد نمود. مقایسه نقشه های تغییرات مکانی هدایت الکتریکی قبل و بعد از آبیاری حاکی از آن است که برخلاف تیمار FI، در تیمارهای PRD75 و PRD55 تغییرات هدایت الکتریکی تنها در بخشی از فاصله بین دو قطره چکان رخ داده است. بعلاوه میزان تغییرات هدایت الکتریکی در تیمار PRD75 بیشتر از تیمار FI بوده است که با استناد به رابطه بالای تغییرات رطوبت و هدایت الکتریکی، این نتیجه دلیلی بر اثبات فرضیه های حاکم بر روش آبیاری ناقص ریشه مبنی بر افزایش توانایی ریشه در جذب رطوبت از خاک خواهد بود.

۱۱ و ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی



شکل (۷): نقشه دو بعدی توزیع هدایت الکتریکی در خاک با استفاده از روش میانگین متحرک وزنی قبل و بعد از آبیاری در هر سه تیمار آبیاری کامل (FI)، آبیاری ناقص ریشه در سطح ۰.۷۵ (PRD75) و ۰.۵۵ (PRD55). در روز ۸۹/۵/۱۵. صفر محل قطره چکان اول و ۲۰ محل قطره چکان دوم روی محور افقی را مشخص می کند.



تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری که این تحقیق با حمایت و پشتیبانی آنها صورت گرفته است تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

Adhikari, P., Shukla, M. K. and Mexal, J. G., 2011. Spatial Variability of Electrical Conductivity of Desert Soil Irrigated with Treated Wastewater: Implications for Irrigation Management. Applied and Environmental Soil Science Volume 2011, Article ID 504249, 11 pages. doi:10.1155/2011/504249.

Banaei M.H. Moameni A. Bybordi M. and Malakouti M.J. 2005. The soil of Iran: New Achievements in Perception, Management and Use. SANA Publishing, Tehran, Iran.

Kachanoski, R.G., E.G. Gregorich, and I.J. Van Wesenbeeck. 1988. Estimating spatial variations of soil water content using non-contacting electromagnetic inductive methods. Can. J. Soil Sci. 68:715-722.

Kachanoski, R.G., E. DeJong, and I.J. Van-Wesenbeeck. 1990. Field Scale Patterns of Soil Water Storage from Non-Contacting Measurements of Bulk Electrical Conductivity. Can. J. Soil Sci. 70:537-541.

Lamsal, K., G.N. Paudyal and M. Saeed. 1999. Model for assessing impact of salinity on soil water availability and crop yield. Agr. Water Manage. 41: 57-70.

Morgan, C.L.S., J.M. Norman, R.P. Wolkowski, B. Lowery, G.D. Morgan, and R. Schuler. 2001. Two Approaches to Mapping Plant Available Water: EM-38 Measurements and Inverse Yield Modeling [CD-ROM]. In: P.C. Robert et al. (ed.) Precision Agriculture. Proc. Int. Conf., 5th, Minneapolis, MN. 16-19 July 2000. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. Maggio, 2004.

Rhoades JD, Raats PAC, Prather RJ. 1976. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. Soil Science Society of America Journal 40, 651-655.

Seilsepour, M., and Majid Rashidi., 2008. Modeling of soil sodium adsorption ratio based on soil electrical conductivity. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. VOL. 3, NO. 5&6, pp; 27-31.

Szabolcs, I. 1989. Salt-affected soils. CRC Press, Inc. Boca Raton, Fla., 274 p.