تاثير آبياري ناقص ريشه بر روند تغييرات زماني و مكاني دما و هدايت الكتريكي در محدوده ريشه ذرت

فاطمه كارانديش[۱]، علي شاهنظري[۲]* و سيدمجيد ميرلطيفي[۳]
[۱] دانشجوي دوره دكتري، [۳] دانشيار، دانشگاه تربيت مدرس [۲] استاديار، دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي ساري
(تاريخ دريافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۶- تاريخ تصويب: ۱۳۹۱/۲/۳)

چكيده

اين مطالعه در سال ۱۳۸۹ در قالب يک طرح كاملاً تصادفي با سه تيمار آبياري كامل (*FI*) و آبياري ناقص ريشه در دو سطح ۷۵% (PRD_{75}) و ۵۵% (PRD_{55}) و با سه تكرار جهت تعيين روند تغييرات *EC* و دما در محدوده ريشه گياه ذرت در مزرعه پژوهشي دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي ساري انجام شده است. نتايج حاكي از وجود يک رابطه خطي با ضريب همبستگي بالا بين ميزان *EC* و دماي خاک با تغييرات رطوبت و يک رابطه نمايي بين تغييرات *EC* و دماي خاک مي‌باشد. روند تغييرات *EC* و دماي خاک با عمق كاهشي بوده و ميزان تغييرات آنها در بخش مرطوب تيمار PRD_{75} در حدمعني‌داري بيشتر از *FI* مي‌باشد. بعلاوه مقدار كل نمک اضافه شده به محدوده ريشه گياه در تيمار PRD_{75}، ۲۷% كمتر از *FI* بوده و اعمال اين تيمار عليرغم ۲۵% صرفه‌جويي در مصرف آب، موجب تغيير معني‌دار عملكرد (۹/ ۶تن برهكتار) در مقايسه با FI (۷ تن برهكتار) نشده است. لذا در نظر گرفتن توام مسايل بحران آب، زيست محيطي و اقتصادي حاكي از آنست كه از تيمار PRD_{75} در منطقه مطالعاتي نتايج بهتري منتج خواهد شد.

واژه‌هاي كليدي: ضريب همبستگي، نمک كل، عملكرد.

مقدمه

در راستاي افزايش چشمگير جمعيت در جهان، اعمال آبياري به منظور تامين امنيت غذايي امري اجتناب ناپذير شده است. استفاده از آب هاي با كيفيت نامناسب در اين زمينه موجبات شور شدن خاک را در بسياري از اراضي دنيا فراهم آورده است. بيش از ۲۳% از اراضي كشاورزي دنيا در نتيجه شور شدن قابليت كشت خود را از دست داده‌اند (Szabolcs, 1989). شوري خاک بيش از حد آستانه تحمل گياه در نتيجه تجمع نمک اضافي در منطقه ريشه مي‌تواند خطري جدي براي رشد گياه محسوب شود (Seilsepour at al, 2008). در چنين شرايطي، حتي با وجود آب كافي در محدوده ريشه، امكان جذب آب توسط گياه به دليل كاهش آماس ريشه و تراكم آن (Morgan et al, 2001) و افزايش ميزان سديم قابل تبادل و پتانسيل اسمزي خاک (Halvorson and Heisler, 1981) به شدت كاهش پيدا مي‌كند (Sumner, 1993). كاهش شاخص هاي رشد گياه چون سطح برگ و پوشش گياهي (Skags et al, 2006) موجبات كاهش تبخير و تعرق (Tripler et al, 2007; Ben-Gal et al, 2008) و متعاقباً موجبات كاهش محصول به عنوان مهمترين هدف در كشاورزي آبي را فراهم مي‌آورد (Kaman et al, 2008; Sefi et al, 2010). از اين رو پايش زماني و مكاني شوري در راستاي نيل به كشاورزي پايدار اجتناب ناپذير است. لذا بسياري از محققين تلاش نموده‌اند تا با استفاده از تهيه نقشه هاي توزيع مكاني هدايت الكتريكي و بررسي روند تغييرات مكاني و زماني آن به استخراج خصوصيات مهم و تاثيرگذار در رشد گياه از جمله وضعيت شوري خاک در نقاط گوناگون پرداخته و اقدامات مديريتي لازم را در راستاي نيل به يک كشاورزي پايدار انجام دهند (Khojasteh et al, 2010; Adhikari et al, 2011).

هدايت الكتريكي خاک به عنوان معياري مناسب براي توصيف وضعيت شوري خاک و روند تغييرات آن (Adhikari et al, 2011) از مدت‌ها قبل مورد استفاده بسياري از محققان بوده است (Karl et al, 2001). وجود يک رابطه خطي بين ميزان كل نمک محلول در خاک و ميزان هدايت الكتريكي با ضريب همبستگي بالا در بسياري از تحقيقات گزارش شده است (Seilsepour and Rashidi, 2008; Doussan and Ruy, 2008) نتايج بسياري از مطالعات حاكي از آن است كه بين ميزان دماي خاک و ميزان هدايت الكتريكي ارتباط معني‌داري وجود دارد (Brevilk et al, 2004; Ma eta al, 2011). رژيم گرمايي خاک علاوه بر تاثير مستقيم روي ميزان هدايت الكتريكي، با تاثير بر بسياري ديگر از خواص فيزيكي، شيميايي و بيولوژيكي خاک اين پارامتر را به صورت غير مستقيم تحت تاثير خود قرار مي-دهد. تغييرات دما با مكانيزم‌هاي متفاوتي مي‌تواند رشد گياه را تحت تاثير خود قرار دهد. كاهش دماي خاک از يک سو به دليل

* نويسنده مسئول: aliponn@yahoo.com

کاهش نفوذپذیري ریشه (Lambers, 1998) و از سوي دیگر با افزایش گرانروي آب و کاهش سرعت حرکت آن در خاک (kozlowski et al, 1997) مي‌تواند جذب آب توسط گیاه را تحت تاثیر قرار دهد. افزایش بیش از حد دماي خاک نیز مي-تواند موجبات کاهش توانایي ریشه در جذب آب را فراهم آورد (Nainanayake et al, 2008). لذا نظر به اهمیت تغییرات دمایي در خاک، اطلاع از شرایط دمایي به منظور پیش‌بیني، کنترل و بهبود شرایط آن در راستاي رسیدن به بالاترین عملکرد لازم و ضروري مي‌باشد (Kasubuchi, 1982). با این وجود تحقیقاتي که روي توزیع زماني و مکاني دما در خاک باشد نادرند (Zhu et al, 2007; Abzhalimov, 2007; Li et al, 2009).

یکي از مهمترین عواملي که هر دو پارامتر هدایت الکتریکي و میزان دماي خاک را تحت تاثیر خود قرار مي‌دهد، میزان رطوبت موجود در خاک مي باشد (Kachanaski et al, 1988 and 1990; Morgan et al, 2001; Hlavinka et al, 2009) یکي از روش هاي نوین آبیاري که بر اساس روند تغییرات رطوبت در خاک در سالهاي اخیر ابداع شده است، روش آبیاري ناقص ریشه مي باشد (Dry et al, 2000) که در آن تنها نیمي از ریشه در هر بار آبیاري شده و نیم دیگر خشک باقي مي‌ماند. نظر به شرایط خاص رطوبتي در این روش آبیاري، روند تغییرات دمایي و میزان هدایت الکتریکي خاک به عنوان توابعي از رطوبت خاک نیز مي تواند متفاوت از سایر روش‌ها باشد. با این وجود بررسي تغییرات مکاني و زماني این دو عامل تحت آبیاري ناقص ریشه کمتر مورد توجه بوده است. Richards با بررسي روند تغییرات میزان هدایت الکتریکي در عمق هاي مختلف تحت تیمارهاي آبیاري کامل و آبیاري ناقص ریشه دریافتند که علیرغم بالاتر بودن نمک درلایه‌هاي سطحي در تمام تیمارها، میزان کل نمک وارد شده به خاک در تیمار آبیاري ناقص ریشه در مقایسه با آبیاري کامل در حد معني‌داري کمتر بوده است. Kaman et al. (2008)، نیز در مقایسه تیمارهاي آبیاري ناقص ریشه، آبیاري کامل و کم آبیاري معمول به نتایج مشابهي رسیده‌اند. لذا نظر به اهمیت مساله کنترل شرایط خاک به منظور نیل به بیشترین پتانسیل عملکرد و در عین حال حفظ قابلیت کشت آن، در این مطالعه، روند تغییرات مکاني و زماني دما در کشت ذرت و آبیاري قطره‌اي سطحي تحت تیمارهاي آبیاري ناقص ریشه در دو سطح ۷۵% (PRD_{75}) و ۵۵% (PRD_{55}) و آبیاري کامل در سطح مزرعه مورد بررسي قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

طرح مذکور در سال ۱۳۸۹ در سطح مزرعه و در زمیني به ابعاد ۴۹۵ متر مربع (۱۵m*۳۳m) واقع در مزرعه پژوهشي دانشگاه علوم کشاورزي و منابع طبیعي ساري روي گیاه ذرت تحت آبیاري قطره‌اي سطحي با فواصل قطره‌چکان ۴۰ سانتیمتر و دبي ۲ لیتر برساعت انجام شده است. بدین منظور رقم ذرت ۷۰۴ در اوایل اردیبهشت ۸۹ در عمق ۵ سانتیمتر از سطح خاک و با فواصل ۶۰ سانتیمتر بین ردیف و ۲۰ سانتیمتر بین داده ها کاشت شد. شرایط آب و هوایي منطقه بر اساس طبقه بندي اقلیمي در سیستم دومارتن مرطوب (*humid*) با متوسط بارندگي سالانه ۷۰۰ میلیمتر مي‌باشد. بافت خاک منطقه لوم شني بوده و ۳۰ سانتیمتر بالایي خاک داراي ۵۴% شن (۰,۰۲-۲mm)، ۲۸% سیلت (۰,۰۰۲-۰,۰۲ mm) و ۱۸% رس (<۰,۰۰۲ mm) و ۰,۷۷% مواد آلي مي باشد.

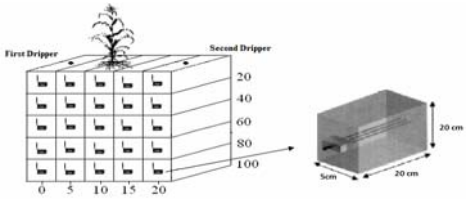
این مطالعه در قالب یک طرح کاملا تصادفي با سه تیمار آبیاري کامل (FI)، آبیاري ناقص ریشه در سطح ۷۵% (PRD_{75}) و ۵۵% (PRD_{55}) و با سه تکرار انجام شده است. آبیاري تیمار FI به صورت روزانه و با هدف رساندن میزان رطوبت خاک به حد طرفیت زراعي انجام و نیاز آبي گیاه در این تیمار با استفاده از رابطه ذیل محاسبه شد:

$$I_n = \sum_{i=1}^{m} ((\theta_{FCi} - \theta_{BIi}) \times D_i) \qquad (۱)$$

که در این رابطه θ_{FCi} درصد ظرفیت زراعي مزرعه، θ_{BIi} درصد رطوبت خاک قبل از آبیاري، D_i عمق خاک آبیاري شده به میلي‌متر I_n عمق خالص آبیاري به میلیمتر و i شماره هرلایه از خاک مي‌باشد. به منظور برآورد دقیق روند تغییرات رطوبتي در تمام لایه هاي خاک، شش سنسور *TDR* در حدفاصل بین قطره چکان و گیاه به صورت عمودي و با فاصله ۵ سانتیمتر از هم در اعماق (A) ۰-۵، (B) ۱۰-۳۰، (C) ۳۵-۴۰، (D) ۴۵-۶۵، (E) ۷۰-۷۵ و (F) ۸۰-۱۰۰ در سه تکرار آبیاري کامل نصب شدند. سنسورهاي A، C و E از نوع *5HS (Decagon, USA)* براي اندازه‌گیري دما، هدایت الکتریکي و رطوبت و سنسورهاي *B*، *D* و *F* از نوع *10TS* (*Decagon, USA*) بوده که تنها براي اندازه‌گیري رطوبت به کار برده مي‌شود. تیمارهاي PRD_{75} و PRD_{55} در هر نوبت آبیاري به ترتیب ۷۵ و ۵۵ درصد از عمق آب محاسبه شده در تیمار آبیاري کامل را در طول دوره اعمال تیمار در نیمي از ریشه دریافت نموده‌اند.

جهت تعیین توزیع دو بعدي دما و هدایت الکتریکي در منطقه توسعه ریشه، ابتدا بر اساس داده هاي مشاهده‌اي سنسورهاي *TDR*، رابطه دما و رطوبت و همچنین هدایت الکتریکي و رطوبت استخراج و در ادامه از داده‌هاي رطوبت و دماي سنسورهاي رطوبتي *IDRG SMS T-2* براي تعیین توزیع دوبعدي پارامترهاي مذکور استفاده شد. بدین منظور این سنسورها در عمق‌هاي ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰، ۹۰ سانتیمتر و به

صورت افقي در پنج فاصله محل قطره چکان اول، ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتیمتر بعد از قطره چکان اول و در محل قطره چکان دوم (۲۰ سانتیمتر بعداز قطره چکان اول) در خاک نصب (شکل ۱) و داده هاي دما و رطوبت به صورت روزانه و درطول دوره رشد گیاه یک ساعت قبل و بعد از آبیاري قرائت شد. علاوه بر اندازه‌گیري‌هاي معمول پارامترهاي دما، رطوبت و هدایت الکتریکي، به منظور بررسي انطباق بین داده هاي بدست آمده از سنسورهاي مختلف مقادیر این پارامترهادر یک بازه زماني ۱۰ روزه (۲۹ تیر لغایت ۷ مرداد ۸۹) در زمان‌هاي یک ساعت قبل از آبیاري، بلافاصله بعد، ۱، ۲، ٤، ٦ و ۸ ساعت بعد از آبیاري اندازه‌گیري شد.

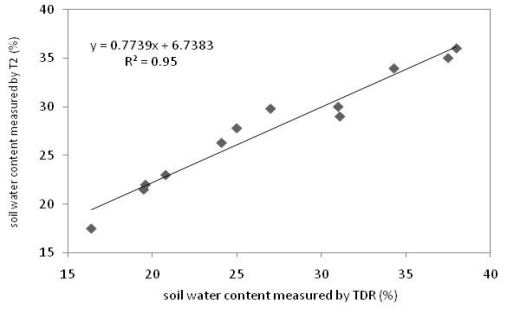


شکل ۱- محل استقرار سنسورهاي رطوبتي ***IDRG SMS T-2*** در محدوده ریشه گیاه.

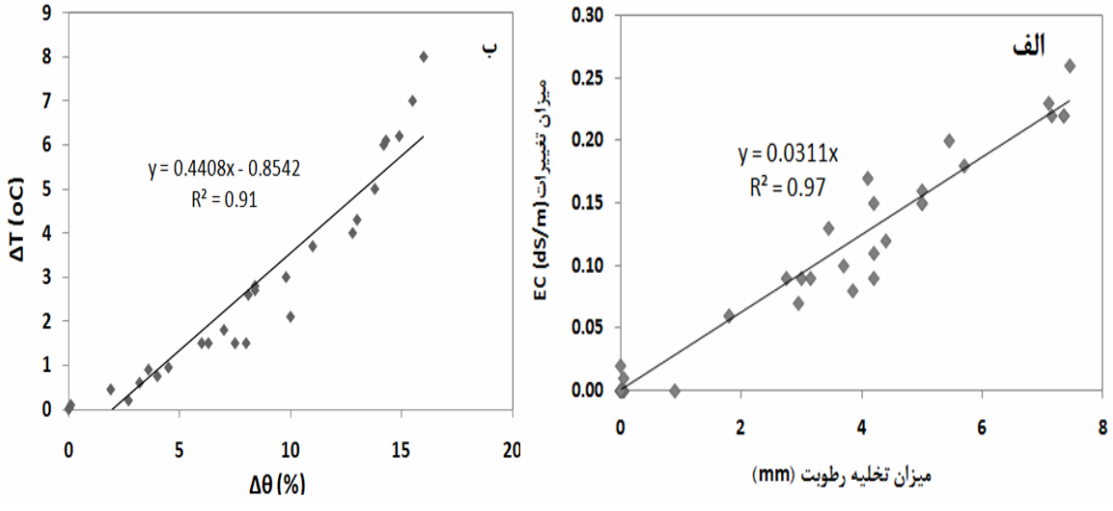
نتایج و بحث

مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیري شده رطوبت و دماي خاک با استفاده سنسورهاي *IDRG SMS T-2*، *5TE* و *10 HS* در زمان هاي یک ساعت قبل از آبیاري، بلافاصله بعد، ۱، ۲، ۴، و ۶ ساعت بعد از آبیاري در یک بازه زماني ۱۰ روزه در طول دوره اعمال تیمار حاکي از انطباق بین داده هاي بدست آمده با مجذور ضریب همبستگي ۹۵% مي‌باشد (شکل ۲).

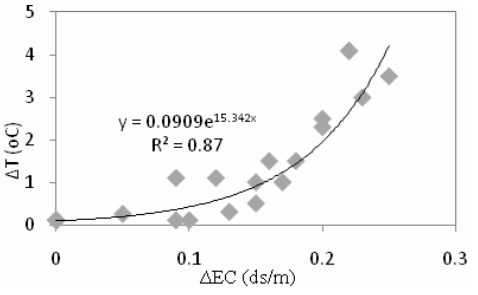
بررسي مقادیر مشاهده شده همزمان تغییرات رطوبت، دما و هدایت الکتریکي در زمان هاي یک ساعت قبل و بعد از آبیاري حاکي از وجود یک رابطه خطي با مجذور ضریب همبستگي ۹۱% بین تغییرات دما با تغییرات رطوبت و ۹۷% بین تغییرات هدایت الکتریکي با تغییرات رطوبت مي باشد (شکل ۳). این نتیجه با یافته هاي تحقیقات بسیاري مبني بر تغییرات خطي دما با تغییرات رطوبت (Note et al, 1999; Hlavinka et al, 2009) و تغییرات هدایت الکتریکي با تغییرات رطوبت (Rhoades et al, 1976; Kachanaski et al, 1988; Morgan et al, 2001) همخواني دارد. بعلاوه نتایج حاکي از وجود یک رابطه نمایي با مجذور ضریب همبستگي ۸۷% بین مقادیر تغییرات دما و تغییرات هدایت الکتریکي مي‌باشد (شکل ٤). نتایج بسیاري از مطالعات حاکي از آنست که بین میزان دماي خاک و هدایت الکتریکي ارتباط معني‌داري وجود دارد (Ma et al, 2011; Brevilk et al).



شکل ۲- همبستگي بین مقادیر اندازه‌گیري شده دما و رطوبت با استفاده از سنسورهاي ***IDRG SMS T-2*** و ***TDR*** (شامل ***10HS*** و***5TE***).



شکل ۳- رابطه بین الف) تغییرات دما (ΔT) و تغییرات رطوبت ($\Delta\theta$) ب) تغییرات هدایت الکتریکي (ΔEC)و تغییرات رطوبت ($\Delta\theta$)



شکل ۴- رابطه بین میزان تغییرات دما (ΔT) و تغییرات هدایت الکتریکی (ΔEC)

مقادیر متوسط تغییرات میزان رطوبت، دما و هدایت الکتریکي در نتیجه آبیاري در بازه زماني ۷۰ تا ۷۷ روز بعد از کاشت در جدول‌هاي (۱) تا (۳) ارایه شده است. مقایسه مقادیر جداول فوق گواه این مطلب است که صرفنظر از نوع تیمار، بیشترین تغییرات هدایت الکتریکي و دما یک ساعت بعد از آبیاري در نزدیک محل قطره چکان در حال تراوش اتفاق افتاده است. نگاهي به این جداول معلوم مي‌سازد که بخش عمده تغییرات دما و هدایت الکتریکي بعد از آبیاري در تیمارهاي آبیاري ناقص ریشه در حدفاصل قطره چکان دوم (قطره چکان در حال تراوش) تا ۱۰ سانتیمتر بعد از آن رخ داده و سایر فاصله ها دستخوش تغییرات ناچیزي شده است. به این ترتیب، با علم به ارتباط خطي بین تغییرات رطوبت، دما و EC دو محدوده خشک و مرطوب در تیمارهاي PRD_{75} و PRD_{55} مشهود است. این درحالي است که در تیمار آبیاري کامل، تغییرات دما و هدایت الکتریکي در تمام محدوده بین دو قطره چکان توزیع شده است.

بررسي مقادیر تغییرات دما و هدایت الکتریکي با تغییرات رطوبت در نتیجه آبیاري درطول دوره اعمال تیمار آبیاري ناقص ریشه حاکي از آنست که از دو هفته بعد از زمان اعمال تیمار تا انتهاي فصل رشد، مقدار تغییرات دما و EC در محدوده مرطوب تیمار PRD_{75} در هر یک از سلول هاي محاسباتي در حد معني-داري بیشتر از سلول مشابه در تیمار آبیاري کامل بوده است (جدول ۲ و ۳). همچنین نتایج نشان داد که در این سلول‌ها مقدار تغییرات رطوبت نیز در حدمعني داري نسبت به تیمار آبیاري کامل بیشتر بوده است که خود دلالت بر ارتباط مستقیم تغییرات دما و هدایت الکتریکي با تغییرات رطوبت دارد (جدول ۱). یافته هاي Spreer et al. (2001) و Kang et al. (2007) نیز بر افزایش میزان تغییرات رطوبت در نتیجه آبیاري مجدد بخش خشک ریشه را دارد. لذا این نتیجه مي‌تواند موید این باشد که فرضیات حاکم بر روش آبیاري ناقص ریشه مبني بر افزایش تراکم ریشه (Kang, and Zhang, 2004) و قابلیت جذب آب (Kang and Zhang, 1997; Kang et al, 1999, Ponie et al, 1992) در نتیجه متناوب خشک و آبیاري نمودن ریشه درست بوده است و تخلیه بیشتر رطوبت در محدوده مرطوب تیمار PRD_{75} منتج به تغییرات بیشتر رطوبت در این ناحیه پس از آبیاري و متعاقبا تغییرات بیشتر دما و هدایت الکتریکي شده است. این در حالي است که میزان تغییرات هدایت الکتریکي و دما در بخش مرطوب تیمار PRD_{55} و آبیاري کامل تفاوت معني‌داري با یکدیگر نداشته‌اند (جدول ۲ و۳). نظر به اینکه میزان تغییرات رطوبتي در این دو تیمار در منطقه مرطوب مشابه یکدیگر بوده است (جدول ۱)، لذا رفتار تغییرات دمایي آنها نیز از روندي مشابه پیروي نموده است.

بررسي روند تغییرات دما نسبت به عمق گواه این مطلب است که صرفنظر از نوع تیمار، این روند کاهشي بوده و دامنه تغییرات دماي حداقل و حداکثر با افزایش عمق کاهش مي‌یابد (شکل ۵). همچنین ملاحظه مي‌گردد که بخش عمده تغییرات دمایي در تمام تیمارها در محدوده ۵۰-۰ سانتیمتر اتفاق افتاده است. Nasser et al. (1984) نیز طي تحقیقي گزارش نموده‌اند که تغییرات بیشتر رطوبت در لایه‌هاي سطحي خاک موجب افزایش دامنه نوسانات دمایي در این محدوده مي‌گردد. با این وجود، در تیمار آبیاري کامل، رابطه تغییرات دما با عمق یک ساعت بعد از آبیاري به دلیل تغییرات محدودتر دمایي خطي بوده (شکل۵، ب) و این رابطه در تیمار آبیاري ناقص ریشه در سطح ۷۵% به دلیل تغییرات بیشتر دما در لایه‌هاي سطحي از یک روند منحني پیروي مي‌کند (شکل۵، الف). اگر چه در این تیمار نیز در اعماق بیشتر از ۵۰ سانتیمتر این روند به یک رابطه خطي گرایش پیدا مي‌کند.

جدول ۱- درصد تغییرات مکاني درصد رطوبت خاک بعد از آبیاري($\Delta\theta$) در تیمارهاي ***FI***، ***PRD_{75}*** و ***PRD_{55}***

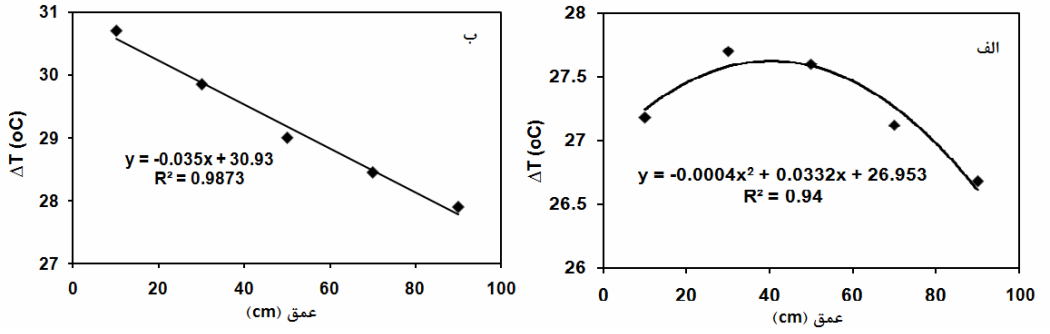
فاصله (cm)	0 (first dripper)			5			10			15			20 (second dripper)		
عمق (cm)	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75} $\Delta\theta$ (%)	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}
۰-۲۰	۱۰/۷	۰/۴۲	۰/۳۵	۷/۱۲	۰/۴۴	۰/۳۷	۵/۷۵	۳/۹	۲/۲	۶	۱۰/۲	۶/۹	۱۰	۱۴	۱۱
۲۰-۴۰	۷	۰/۵۱	۰/۴۲	۴	۰/۴۱	۰/۳۵	۳	۳/۷۵	۱/۸۶	۴	۶/۶	۴/۴	۷	۸/۰۵	۶/۹۳
۴۰-۶۰	۳	۰/۵۱	۰/۴۳	۲/۹۵	۰/۴۲	۰/۳۵	۲/۴۷	۲/۷۱	۱/۳۱	۲/۶۳	۳/۹۴	۲/۷۳	۳	۳/۷۵	۲/۹۴
۶۰-۸۰	۰/۸	۰/۴۷	۰/۳۹	۲	۰/۴۸	۰/۴۰	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۳۸	۱/۸۳	۲/۸۶	۱/۸۷	۰/۸	۱/۰۵	۰/۸
۸۰-۱۰۰	۱	۰/۴۶	۰/۳۸	۰/۵	۰/۵	۰/۴۲	۰/۵	۰/۵	۰/۰۷	۰/۶	۰/۷۵	۰/۶	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۲

جدول ۲- درصد تغییرات مکاني دما بعد از آبیاري(ΔT) در تیمارهاي ***FI***، ***PRD_{75}*** و ***PRD_{55}***

فاصله (cm)	۰ (محل اولین قطره‌چکان)			5			10			15			۲۰ (محل دومین قطره‌چکان)		
	Absolute ΔT (oC)														
عمق (cm)	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}
۰-۲۰	۲/۰۳	۰/۱	۰/۰۹	۱/۳٦	۰/۱۱	۰/۰۹	۱/۱	۰/۷٦	۰/٤٤	۱/۱۵	۱/۹٤	۱/۳۲	۱/۹	۲/٦۵	۲/۰۹
۲۰-٤۰	۱/۳٤	۰/۱۲	۰/۱	۰/۷۷	۰/۱	۰/۱۰۹	۰/۵۹	۰/۷۳	۰/۳۷	۰/۷۷	۱/۲٦	۰/۸۵	۱/۳٤	۱/۵۳	۱/۳۲
٤۰-٦۰	۰/۵۹	۰/۱۲	۰/۱	۰/۵۸	۰/۱۰۹	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۲۷	۰/۵۲	۰/۷٦	۰/۵٤	۰/۵۹	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۵۸
٦۰-۸۰	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱	۰/٤	۰/۱۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۳۷	۰/۵٦	۰/۳۷	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۷
۸۰-۱۰۰	۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۰٤	۰/۱٤	۰/۱۷	۰/۱٤	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷

جدول ۳- درصد تغییرات مکاني هدایت الکتریکي بعد از آبیاري(ΔEC) در تیمارهاي ***FI***، ***PRD_{75}*** و ***PRD_{55}***

فاصله (cm)	0			5			10			15			20		
	ΔEC (dS/m) × 10^{-3}														
عمق (cm)	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}	FI	PRD_{75}	PRD_{55}
۰-۲۰	۵۳/۷	۱/۲	۱/٤	٤٤/۸	۱/۹	۱/۹	۲٤/۹	۲۱/۱	۱۸/۷	٤۲/۹	٤۷/۲	۵۸/۵	۵٤/۷	۷٤/٦	۵۷/۵
۲۰-٤۰	۲۳	۰/۱	۰/۱	۱۷/٤	۰/۲	۰/٤	۱۳/۷	۱٤/۹	۱۳/۱	۱٦/۲	۱۷/۸	۲٦/۱	۲۳	۳۹/۸	۲۲/٦
٤۰-٦۰	۷/٤	۰/۱	۰/۱	۰/۷	۰/٤	۰/۲	۱/۲	٦/۲	۱/۹	۷/۵	۲۲/٤	۱۱/۸	۸/۱	۳۰/۵	۱۳/۱
٦۰-۸۰	۰/۹	۰	۰	۰/٦	۰/۱	۰/۲	۰/٤	۱/۱	۰/۱	۰/۷	۱/٦	۰/۸	۰/۷	۳/۱	۰/۷
۸۰-۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱	۰



شکل ۵- روند تغییرات دما با افزایش عمق در تیمار آبیاري کامل در بازه زماني ۷۰ تا ۷۷ روز پس از کاشت یک ساعت بعد از آبیاري در الف) محدوده مرطوب تیمار آبیاري ناقص ریشه در سطح ۷۵% ب) تیمار آبیاري کامل

به علاوه با نگاهي به شکل (۵) مي توان دریافت که میزان حداقل دما در منطقه مرطوب تیمار آبیاري ناقص ریشه به دلیل تغییرات رطوبتي بیشتر، کمتر از تیمار آبیاري کامل مي‌باشد. همچنین شکل (۵) موید این مطلب است که دامنه تغییرات دمایي در محدوده مرطوب تیمار PRD_{75} بیشتر از این دامنه در تیمار FI مي‌باشد. بیشتر بودن تغییرات دما در بخش مرطوب تیمار PRD_{75} درنتیجه تغییرات رطوبتي بیشتر در این بخش مي باشد. جلوگیري از افزایش بیش از حد دماي خاک و پایینتر بودن مقدار دماي حداقل در نتیجه آبیاري در مطالعات بسیاري به اثبات رسیده است (Nasser et al, 1984; Nainanayake et al, 2008; Roxy et al, 2010).

درصد تغییرات هدایت الکتریکي در لایه هاي مختلف خاک در محدوده ریشه گیاه ذرت تحت تیمارهاي اعمال شده در این مطالعه در جدول (٤) ارایه شده است. با نگاهي به این جدول معلوم مي‌گردد که بیشترین درصد افزایش نمک در تمام تیمارها در عمق ۰-۲۰ سانتیمتر خاک (محلي که بیشترین تغییرات رطوبت رخ داده است) میباشد و میزان افزایش نمک در عمق هاي بالاتر از ٦۰ سانتیمتر قابل اغماض است. نفوذ بیشتر آب به لایه هاي پایيني در تیمار PRD_{75} در مقایسه با تیمار شاهد موجبات تغییرات بیشتر نمک در لایه ٦۰-٤۰ را در این تیمار فراهم آورده است. این در حالي است که روند تغییرات نمک در بخش مرطوب تیمار PRD_{55} تقریبا مشابه تیمار شاهد مي باشد. در مجموع مشاهده مي شود که ارایه حجم آب کمتر در تیمار PRD_{55} باعث شده تا میزان افزایش نمک در محدوده عمق ۱۰۰-۰ سانتیمتر مقدار کمتري را نسبت به دو تیمار *FI* و PRD_{75} به خود اختصاص دهد.

جدول ۴- میزان افزایش نمک در لایه هاي مختلف خاک در محدوده ریشه تحت تیمارهاي **FI**، **PRD_{75}**، **PRD_{55}**

عمق (cm)	FI	PRD_{75}		PRD_{55}	
	درصد افزایش نمک (%)	درصد افزایش نمک (%)	درصد افزایش نمک نسبت به FI	درصد افزایش نمک (%)	درصد افزایش نمک نسبت به FI
۰-۲۰	٦٤/٥١	٥١/٧٣	۰/٧١	٦۰/٤٣	۰/۸۰
۲۰-٤۰	۲۷/۲۳	۲٦/۷۰	۰/۸۷	۲٥/۷۳	۰/٦٦
٤۰-٦۰	۷/۲۸	۱۹/٥۹	۲/۳۹	۱۲/۹٥	۰/٤٦
٦۰-۸۰	۰/۹۸	۱/۹٤	۱/۷٦	۰/۸۹	۰/۳۱
۸۰-۱۰۰	۰/۰۰	۰/۰٥	-	۰/۰۰	-
۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۰/۸۹	۱۰۰	۰/٦۹

بررسي مقادير هدايت الكتريكي در طول فصل رشد حاكي از آنست كه مقدار كل نمک اضافه شده در محدوده ريشه گياه در تيمار *FI* برابر ۱/۲ كيلوگرم بوده و در تيمارهاي PRD_{75} و PRD_{55} به ترتيب ۱/۰۲ و ۰/۸۷ كيلوگرم مي‌باشد. به اين ترتيب مقدار نمک اضافه شده در تيمارهاي PRD_{75} و PRD_{55} به ترتيب ۱۵ و ۲۷ درصد كمتر از تيمار شاهد در طول فصل رشد بوده است (جدول ۵). بررسي نتايج به دست آمده از اين تحقيق حاكي از اين است كه علي‌رغم ارايه حجم آب كمتر به تيمار آبياري ناقص ريشه در سطح ۷۵% نسبت به آبياري كامل، تفاوت معني‌داري بين عملكرد دانه در دو تيمار مذكور وجود ندارد. مقدار عملكرد دانه در تيمار آبياري كامل برابر ۷ تن در هكتار و در تيمار PRD_{75} برابر ٦/۹ تن در هكتار بدست آمده است. اين در حاليست كه ميزان عملكرد دانه در تيمار آبياري ناقص ريشه در سطح ۵۵% كمتر از آبياري كامل بوده است (جدول ۵). لذا در نظر گرفتن توام مسايل زيست محيطي و اقتصادي حاكي از آنست كه از تيمار PRD_{75} نتايج بهتري منتج خواهد شد.

نتيجه‌گيري كلي

اين مطالعه در قالب يک طرح كاملاً تصادفي با سه تيمار آبياري كامل (*FI*) و آبياري ناقص ريشه در دو سطح ۷۵ (PRD_{75}) و ۵۵ (PRD_{55}) درصد و با سه تكرار جهت تعيين روند تغييرات *EC* و دما در محدوده ريشه گياه ذرت انجام شده است. نتايج حاكي از وجود يک رابطه خطي با ضريب همبستگي بالا بين ميزان *EC* و دماي خاک با تغييرات رطوبت و همچنين يک رابطه نمايي بين تغييرات *EC* و دماي خاک مي‌باشد. همچنين نتايج نشان داد كه روند تغييرات *EC* و دماي خاک با عمق كاهشي بوده و ميزان تغييرات آنها در بخش مرطوب تيمار PRD_{75} در حد معني‌داري بيشتر از *FI* مي‌باشد. بعلاوه مقدار كل نمک اضافه شده به محدوده ريشه گياه در تيمار PRD_{75}، ۲۷% كمتر از *FI* بوده و اعمال اين تيمار عليرغم ۲۵% صرفه‌جويي در مصرف آب، موجب تغيير معني‌دار عملكرد نشده است. لذا در نظر گرفتن توام مسايل بحران آب، زيست محيطي و اقتصادي حاكي از آنست كه از تيمار PRD_{75} در منطقه مطالعاتي نتايج بهتري منتج خواهد شد.

جدول ۵- مقادير عمق آب آبياري (**AW**)، محصول (**ΔY**) نمک اضافه شده (**TS**) در تيمارهاي ***FI***، ***PRD_{55}***، ***PRD_{75}***

TS (kg)	ΔY(ton.ha^{-1})	AW(mm)	Treatment
۱/۲	۷a	٦۱۳	$FI_{\text{whole season}}$
۱/۰۲	٦/۹a	۵۲۰	$PRD_{75\ \text{whole season}}$
۰/۸۷	۳/۲۷b	٤٤۵	$PRD_{55\ \text{whole season}}$
۰/۷۳	-	۳۷۲	$FI_{\text{PRD Treatment}}$
۰/۵٤	-	۲۷۹	$PRD_{75\ \text{PRD Treatment}}$
۰/٤	-	۲۰٤	$PRD_{55\ \text{PRD Treatment}}$

سپاسگزاري

بدين وسيله از معاونت پژوهشي دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي ساري كه اين تحقيق با حمايت و پشتيباني آنها صورت گرفته است تشكر مي‌گردد.

REFERENCES

Abdel-Nasser, G. (1984). *Studies on soil temperature in relation with some agricultural practices under Assuit climatic conditions*. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture – Assuit University, 320p.

Abzhalimov, R. Sh., (2007). Calculation of the negative-temperature distribution of soils over the depth of frost. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 44(1), 31-37, DOI: 10.1007/s11204-007-0006-1.

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.

Ben-Gal, A., Ityel, E., Dudley, L., Cohen, S., Yermiyahu, U., Presnov, E., Zigmond, L., Shani, U., (2008). Effect of irrigation water salinity on transpiration and on leaching requirements: a case study for bell peppers. *Journal of Agricultural Water Management*, 95, 587–597.

Brevilk, B., Fenton, T. E., and R. Horton. (2004). Effect of Daily Soil Temperature Fluctuations on Soil Electrical Conductivity as Measured with the Geonics® EM-38. Earth *and Environmental Science Precision Agriculture*, 5 (2),145-152.

Doussan, C., and Ruy, S. (2008). Can we use electrical conductivity for predicting unsaturated soil hydraulic conductivity. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-04163.

Dry, P.R., Loveys, B.R., and, During, H., (2000). Partial drying of the rootzone of grape. 2. Changes in the patterns of root development. Vitis 39, 9–12.

Halverson, H. G., and, Heisler, G. M., (1981). Soil Temperatures under Urban Trees and Asphalt. Northeast. For. Exp. Stn., Broomall, PA. 6 P. (USDA For. Sew. Res. Pap, NE-481).

Hlavinka, P., Trnka, M., Balek, J., Zalud, Z., Hayes, M., Svoboda, M., and Eitzinger, J. (2009). Modeling of soil water content and soil temperature at selected U.S. and central European stations using *SoilClim model. Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11, EGU2009-11217.

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. *Canadian Journal of. Soil Science*, 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. *Candian Journal of Soil Science*, 70, 537–541.

Kaman, H., Çetin, M., and Kirda, C. (2008). Soil Salinity in a Drip and Furrow Irrigated Cotton Field under Influence of Different Deficit Irrigation Techniques. *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey*, 2008. p, 235-243.

Kang, S., Zhang, L., Xiaotao, H., Li, Z., and Jerie, P. (2001). An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. *Scientia Horticulturae* 89, 257–267.

Kang, S., and Zhang, J. (2004). Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*. 55(407), 2437–2446

Karl, A., Sonja, S., Helge, S., 2001. Influence of Soil Properties on Electrical Conductivity Under Humid Water Regimes. *Soil Science*. 166(6), 382-390.

Kasubuchi, T. (1982). Heat conduction of soil.

Khojasteh, N. D., Shorafa, M., Omid, M., and, Fazeli-Shaghani, M. (2010). Application of Artificial Neural Networks in Modeling Soil Solution Electrical Conductivity. *Soil Science*. 175 (9), 432-437.

Kang, S., Hu, X., Goodwin, I., and, Jerrie, P. (2002). Soil water distribution, water use, and yield response to partial root-zone drying under a shallow ground water table condition in pear orchard. *Scientia Horticulturae*. 92, 277–291.

Kozlowski, T.T. and, Pallardy, S.G. (1997). *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, San Diego. 2nd edition. ISBN 0-12-424162-X.

Lambers, H., Chapin, III F.S. and, Pons, T.L. (1998). Plant physiological ecology. *Springer, New York. ISBN* 0-387-98326-0.

Li, Sh., Yang, W., and, Zhang, X. (2009). Soil temperature distribution around a U-tube heat exchanger in a multi-function ground source heat pump system. *Applied Thermal Engineering*, 29 (17-18), 3679-3686.

Ma, R., McBratney, A., Whelan, B., Minasny, B., and M. Short. (2011). Comparing temperature correction models for soil electrical conductivity measurement. *Earth and Environmental Science Precision Agriculture*, 12(1), 55-66.

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.

Nainanayake, A., Ranasinghe, C. S., and, Tennakoon, N. A. (2008). Effects of drip irrigation on canopy and soil temperature, leaf gas exchange, flowering and nut setting of mature coconut (Cocos nucifera L.). *Journal of National Science foundation of Sri Lanka*, 36 (1), 43-50.

Neto, D. D., Timm, L. C., Oliveira, J. C. M., Reichardt, K., Reichardt, O. O. S., Tominaga, T. T., and Cássaro, F. A. M. (1999). State-Space approach for the analysis of soil water content and temperature in a sugarcane crop. *Scientia Agricola*, v.56, n.4, p.1215-1221, out./dez.

Poni, S., Tagliavini, M., Neri, D., Scudellari, D., and, Toselli, M. (1992). Influence of root pruning and water stress on growth and physiological factors of potted apple, grape, peach and pear trees. *Scientia Horticulturae*, 52, 223–226.

Rhoades JD, Raats PAC, and, Prather R. J. (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.

Richards L.A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. United States Department of Agriculture, Washington DC.

Roxy, M. S., Sumithranand, V. B., and Renuka, G., (2010). Variability of soil moisture and its relationship with surface albedo and soil thermal diffusivity at Astronomical Observatory, Thiruvananthapuram, south Kerala. *Journal of Earth System Science,* 119(4), 507–517.

Seifi, M. R., Alimardani, R., and, Sharifi, A. (2010). How Can Soil Electrical Conductivity Measurements Control Soil Pollution. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 2(4), 235-238.

Seilsepour, M., and, Rashidi. M. (2008). Modeling of soil sodium adsorption ratio based on soil

electrical conductivity. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*. 3(5&6), 27-31.

Skaggs, T. H., Poss, J. A., Shouse, P. J., and, Grieve, C. M. (2006). Irrigating forage crops with saline waters: 1. Volumetric lysimeter studies. *Vadose Zone Journal*, 5, 815–823.

Spreer, W., Nagle, M., Neidhart, S., Carle, R., Ongprasert, S., and, Muller, J. (2007). Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (Mangifera indica L., cv. 'Chok Anan'). *Agricultural Water Management*, 88, 173–180.

Sumner M. E. (1993). Sodic soils: new perspectives. *Australian Journal of Soil Research*, 31, 683-750.

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

Tripler, E., Ben-Gal, A., and, Shani, U. (2007). Consequence of salinity and excess boron on growth, evapotranspiration and ion uptake in date palm (Phoenix dactylifera L., cv. Medjool). *Plant Soil*, 297, 147–155.

Zhu JJ, Tan H, and, Li, F.Q. (2007). Microclimate regimes following gap formation in a montane secondary forest of eastern Liaoning Province, China. *Journal of Forestry Research,* 18, 167-173.