تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.3503.1870

مقاله پژوهشی

اثر رژیم‌های آبیاری بر توزیع رطوبت و شوری اطراف ریشه ذرت در شرایط آبیاری قطره‌ای

پرنیان مجیدی چهارمحالی[۱]، حیدرعلی کشکولی[۱]، داود خدادادی دهکردی[۱*]، علی مختاران[۲]، اصلان اگدرنژاد[۱]

۱. گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
آبیاری قطره‌ای نواری
تیپ
توزیع شوری و رطوبت
دور آبیاری
رژیم آبیاری

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۴/۱۴

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۰۵/۲۸

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۱

۱۵(۱): ۱۹۹-۲۱۳

چکیده

در پژوهش حاضر به‌منظور بررسی کارایی آبیاری قطره‌ای نواری و همچنین تأثیر این سامانه آبیاری بر شوری خاک، در خاک‌های ریزبافت مستعد به شوری و سدیمی استان خوزستان، اقدام به کشت گیاه ذرت تابستانه گردید. آبیاری قطره‌ای نواری با سه دور آبیاری دو، سه و چهارروزه بر اساس نیاز آبی گیاه تعیین شد و در قالب کرت نواری در بلوک کامل تصادفی اجرا گردید. برای پایش رطوبت و شوری در هر مرحله از رشد گیاه نمونه‌های خاک در لایه‌های ۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ سانتی‌متری در محدوده ریشه گیاه برداشت شد. این نمونه‌گیری‌ها در دو سال زراعی انجام شدند تعیین میزان رطوبت خاک به روش وزنی انجام شد. در تیمار ۲ روزه لایه رطوبت ۰ تا ۲۵ سانتی‌متری خاک قبل از آبیاری حدود ۱۶٪ وزنی بوده و بعد از آبیاری به ۱۸٪ وزنی و در تیمارهای ۳ و ۴ روزه به ۲۳٪ وزنی رسیده است. به‌طورکلی درصد رطوبت در تمام طول فصل زراعی در ناحیه ریشه گیاه در حد ظرفیت مزرعه نگه داشته شد. نتایج حاصل از شوری خاک نشان داد که در سال اول کشت شوری خاک در طی دوران رشد و پس از اتمام فصل کشت روند افزایشی داشته است برخلاف آن پس از سال دوم کشت شوری خاک به یک‌چهارم شوری اولیه رسیده است. این روند در آبیاری سطحی نیز مشاهده شد. حرکت شوری از رژیم آبیاری دوروزه به چهارروزه، روندی افزایشی داشته است. بررسی توزیع شوری در اعماق مختلف ریشه گیاه، بهترین عمق خاک را عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری در آبیاری دوروزه و با شوری ۲/۹ دسی‌زیمنس بر متر به نسبت شوری در آبیاری سه و چهارروزه معرفی می‌کند. با توجه به بررسی توزیع رطوبت، شوری و عملکرد در هر سه رژیم آبیاری می‌توان رژیم آبیاری ۲روزه را مناسب‌ترین رژیم آبیاری برای استفاده از آبیاری نواری تیپ در خاک‌های سنگین خوزستان معرفی نمود.

مقدمه

پرمصرف‌ترین نوار آبیاری تیپ ازلحاظ فاصله بین روزنه‌ها، نوارهای ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر می‌باشند. در ایران اولین بار در سال ۱۳۷۶، این نوارها به کشاورزان معرفی و در ابتدا در مزارع کوچک و گلخانه‌ها مورداستفاده قرار گرفتند؛ اما به دلیل مزایای فراوان استفاده از آن‌ها به‌سرعت گسترش یافتند. در حال حاضر استفاده از نوارهای آبیاری قطره‌ای در بسیاری از کشورهای دنیا و در بسیاری از محصولات نظیر جالیز، صیفی، گیاهان زراعی و صنعتی ازجمله نیشکر، پنبه، چغندرقند، ذرت، سیب‌زمینی، سیر، خیار و گوجه‌فرنگی رواج دارد. از نوارهای آبیاری قطره‌ای برای آبیاری کشت‌های ردیفی ازجمله ذرت نیز استفاده می‌شود (Varjavand et al., 2019). خوشرو و همکاران (Khoshro et al., 2007)، در تحقیقی به‌عنوان ارزیابی توزیع رطوبت در نیمرخ خاک در آبیاری قطره‌ای نواری محصول سویا، به بررسی تغییرات رطوبت خاک در آبیاری قطره‌ای نواری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان پرداختند. نتایج نشان داد که رطوبت برای سطح آبیاری ۷۵ درصد برای شرایط مزرعه مذکور و روش آبیاری معرفی‌شده نسبت به سطوح دیگر ازلحاظ صرفه‌جویی در مصرف آب و نیز ایجاد شرایط رطوبتی مناسب ریشه توصیه می‌شود. جعفری و همکاران (Jafari and Ashrafi, 2011)،

* نگارنده پاسخگو: داود خدادادی دهکردی. پست الکترونیک: davood_kh70@yahoo.com

با انجام پژوهشی اثرات سطوح مختلف آبیاری، تراکم و آرایش کشت را در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در گیاه ذرت موردبررسی قراردادند و نشان‌دادند که مقدار آب آبیاری و تراکم کشت در سطح ۱ درصد و اثرات متقابل آن‌ها و آرایش کاشت به ترتیب در سطح ۵ و ۱۰ درصد اختلاف معنی‌دار بر کارایی مصرف آب دارند. ۱ درصد با یکدیگر اختلاف داشتند. لیو و همکاران (Liu et al., 2013) گزارش کردند که آبیاری قطره‌ای به‌شدت بر توزیع و تغییرات نمک و آب در خاک تأثیر می‌گذارد. نمک‌ها در لایه ۰-۶۰ سانتی‌متر تجمع یافته‌اند مخصوصاً در لایه ۲۰-۶۰ سانتی‌متری درحالی‌که میزان نمک در لایه خاک ۶۰-۱۰۰ سانتی‌متر کمی متفاوت بود، هرچند که نمک‌های تجمع یافته در لایه ۰-۶۰ سانتی‌متری بعد از آبیاری زمستانی و ذوب برف‌ها در حدود ۱۵۰ میلی‌متر به لایه‌های عمیق‌تر خاک شسته می‌شوند. توزیع آب و نمک در خاک به مقدار آب آبیاری بستگی دارد. مقدار آبیاری بیشتر موجب کم شدن تجمع نمک‌ها می‌شود (Guan et al., 2013). توزیع رطوبت در آبیاری قطره‌ای تحت تأثیر فاصله قطره‌چکان‌ها است (Badr and Abuarab, 2013). همچنین توزیع و انتقال رطوبت و نمک در پروفیل خاک تحت تأثیر آرایش نوار تیپ است (Liu et al., 2012). آبیاری قطره‌ای خاک اطراف ریشه گیاه را مرطوب و ردیف‌های بین کشت را تقریباً خشک نگه می‌دارد. این رابطه خشکی و رطوبت تأثیر مثبتی در تنظیم شوری خاک و توزیع مجدد رطوبت و شوری دارد (Li et al., 2013; Wang et al., 2011). علاوه بر این توزیع شوری خاک در مناطق خشک تحت تأثیر عوامل بسیاری ازجمله سطح آب زیرزمینی (Ming et al., 2018)، شوری آب زیرزمینی (Abliz et al., 2016)، سیستم آبیاری (Lie et al., 2013; Zhang et al., 2017) و بافت خاک (Hu et al., 2011; Zhang et al., 2014) قرار می‌گیرد. تکنیک‌های آبیاری قطره‌ای اصلی‌ترین و اجرایی‌ترین روش باروری زمین‌های خشک هستند. بسیاری از محققین در دهه‌های اخیر طی دیدار با مردم محلی آبیاری قطره‌ای موضعی را بهترین روش برای تأمین نیاز غذایی در نظر گرفتند که درعین‌حال از منابع آب‌وخاک نیز محافظت می‌کند (Muller et al., 2016). علاوه بر این، این روش نفوذ عمقی، تبخیر و تعرق و هزینه‌های خاک‌ورزی را کاهش می‌دهد همچنین وضعیت رطوبت در خاک را کنترل می‌کند (Shirvastava et al., 1994; Kumar et al., 2016). میکسیان و همکاران (Meixian et al., 2013)، اثر رژیم در سیستم آبیاری قطره‌ای بر توزیع آب و نمک را موردمطالعه قرار دادند نتایج نشان داد که تعداد دفعات آبیاری و کیفیت آب تأثیر معناداری بر رطوبت خاک، شوری و میزان آب مصرفی گیاه داشت. پارامترهای سیستم آبیاری قطره‌ای نواری باید بهینه طراحی شوند که شامل دبی خروجی قطره‌چکان‌ها و فاصله آن‌ها بر روی نوار تیپ است تا منجر به اشباع شدند خاک نشود. تعیین میزان دبی خروجی و فاصله آن‌ها رابطه مستقیمی با شعاع جریان پایدار دارد (Chen et al., 2015). اساس تعیین زمان آبیاری به کنترل میزان رطوبت در خاک بستگی دارد اما تأثیر سایر خصوصیات خاک مانند شوری بر زمان آبیاری مشخص نیست (Nakayama and Bucks, 1986; Li and Kang, 2019). اکثر سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار (بارانی و قطره‌ای) در اراضی با بافت خاک سبک تا متوسط اجرا شده است که راندمان و بازده مناسبی داشته، اما استفاده از این سامانه‌ها در خاک‌های با بافت سنگین و مستعد به شوری و قلیایی (با توجه به استانداردهای موجود) کمتر موردتوجه بوده است. ارزیابی این سامانه‌ها در اراضی مذکور با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر و نتایج آن می‌تواند در اجرا یا عدم اجرای سامانه‌های آبیاری نوین در مناطق مرکزی و جنوبی خوزستان بسیار مفید و ارزشمند باشد. لذا استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار (بارانی و قطره‌ای) در اراضی مذکور با توجه به محدودیت منابع آب نیاز به انجام پژوهش بیشتری دارد (Varjavand et al., 2019). علاوه بر این با توجه به اینکه بررسی توزیع رطوبت و شوری و چگونگی جذب آن‌ها در خاک توسط ریشه کار بسیار پیچیده‌ای است پژوهش‌های بسیاری در این زمینه در کل جهان انجام شده است در تحقیق حاضر اثر رژیم‌های متفاوت آبیاری (آبیاری با دور ۳،۲و۴روزه)، بر توزیع شوری و رطوبت اطراف ریشه گیاه ذرت تابستانه بررسی شده است. این پژوهش طی دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در اراضی جنوب استان خوزستان که عمدتاً خاک‌هایی با بافت سنگین هستند موردمطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مشخصات مزرعه مورد آزمایش

در تحقیق حاضر از مزرعه آزمایشی به وسعت ۰/۵ هکتار واقع در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان استفاده شد. مشخصات عمومی این ایستگاه را می‌توان در جدول ۱ مشاهده نمود. این ایستگاه

در مختصات "۱۹/۴ '۱۸ °۳۱ عرض شمالی و "۱۰/۷ '۳۸ °۴۸ طول شرقی با ارتفاع ۱۵ متر از سطح دریا واقع شده است. بافت خاک مزارع آزمایشی ایستگاه عموماً رسی بوده و تراز سطح آب زیرزمینی با توجه به زهکشی‌های زیرزمینی تنبوشه‌ای، در عمق حدود ۱/۳۰ متر از سطح زمین قرار دارد.

تحقیق حاضر در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه اهواز واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان در تابستان سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸ اجرا شد. مزرعه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) با سطحی حدود ۰/۵ هکتار با طول ۱۰۰ متر و عرض ۵۰ متر دارای سیستم فیلتراسیون و تعداد ۶۷ لوله پلی‌اتیلن سایز ۱۶ میلی‌متر برای اتصال به نوار قطره‌ای (تیپ) که فاصله روزنه‌های آن ۱۰ سانتی‌متر است. همچنین مزرعه موردنظر دارای سامانه زهکشی زیرزمینی تنبوشه‌ای است که خروجی آن‌ها به زهکش جمع کننده روباز وارد می‌شود. به‌منظور مقایسه نتایج حاصل از تحقیق حاضر با روش کشت و آبیاری مرسوم در استان، بخشی از زمین به وسعت ۰/۲۵ هکتار برای روش آبیاری سطحی در نظر گرفته شد. آب مزارع مرکز با استفاده از یک کانال با پوشش سیمانی از ساحل راست رودخانه کارون به‌وسیله ایستگاه پمپاژ تأمین می‌گردد. در این شرایط کیفیت آب آبیاری کاملاً وابسته به کیفیت آب رودخانه کارون است. جدول ۲ پارامترهای کیفی آب-آبیاری را در دو فصل کشت را نشان می‌دهد. در سال اول کشت با توجه به کشت نشدن زمین در فصل قبل، نیاز به زدن شخم در سطح مزرعه وجود داشت، لذا مزرعه شخم زده شد. نمونه خاک به‌صورت مرکب از مزرعه برداشته شد و برای تعیین وضعیت بافت خاک منطقه موردمطالعه در اعماق مختلف و درصد رس، سیلت و شن و جرم مخصوص ظاهری به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج آن در جدول ۳ نمایش داده شده است.

عملیات آبیاری

در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری محاسبات مربوط به تعیین مقدار آب موردنیاز در هر نوبت آبیاری و با توجه به رژیم‌های متفاوت آبیاری با دور دو، سه و چهارروزه، بر اساس نیاز آبی، به تفکیک دوره رشد گیاه تعیین و برای هر تیمار مشخص شده است. با این کار می‌توان تفاوت ساعات آبیاری در رژیم‌های مختلف را کنترل کرد.

جدول ۱. مشخصات عمومی ایستگاه تحقیقاتی در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸

Table 1. General specifications of the research station in 2018-20

نوع شاخص Index	درجه حرارت Temperatures				میانگین رطوبت نسبی Mean moisture		بارندگی Rainfall	میانگین دوره Mean	
	میانگین Mean		مطلق Absolute						
	حداکثر Max	حداقل Min	حداکثر Max	حداقل Min	حداکثر Max	حداقل Min	میانگین Mean	تبخیر Evapo-rtation	سرعت باد Wind speed
	°C		°C		%		mm	mm	m/s
شاخص هواشناسی بلندمدت (سالانه) Long-term meteorological index (annual)	33.5	19.3	54	-7	62.2	23.5	218.7	856.7	2.9
شاخص هواشناسی فصل سال اول Meteorological index of the first year	39.2	20	49.4	8	62	16.3	0	941.8	4.5
شاخص هواشناسی فصل سال دوم Meteorological index of the second year	38.8	20.7	48.4	7.4	68.3	21.7	0	707.3	4

جدول ۲. کیفیت آب آبیاری **Table 2. Irrigation water quality**

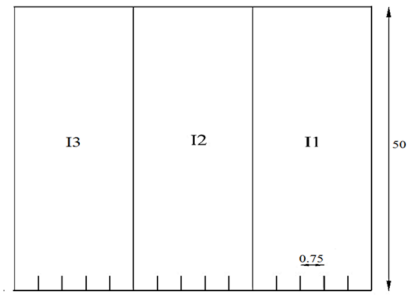
سال Year	هدایت الکتریکی EC	pH	غلظت املاح محلول TDS	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl	نسبت جذب سدیم SAR
	dS/m		mgr/L	----------meq/L----------				
1397	3.61	8.14	2441	24.08	5.65	5.03	24.58	10.40
1398	1.91	7.26	1268	11.91	2.72	3.05	12.47	7.02

جدول ۳. خصوصیات خاک **Table 3. Soil characteristics**

عمق خاک Soil deapth	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	بافت خاک Soil texture	رطوبت وزنی ظرفیت زراعی F.C	رطوبت وزنی پژمردگی P.W.P	چگالی ظاهری Density
cm	---------%---------				----------%----------		gr/cm^3
0-25	48	42	10	رسی Clay	24.5	11.8	1.35
25-50	47.5	36.5	16		24.2	11.8	1.44
50-75	49	35	16		24.2	11.8	1.54

محاسبات نیاز آبی با توجه به روش پنمن‌مانتیث فائو بر اساس داده‌های هواشناسی و با در نظر گرفتن میزان آبشویی ۱۶ درصد برای سامانه آبیاری سطحی و مقدار ۱۰ درصد برای سامانه آبیاری قطره‌ای نواری با عمق توسعه ریشه ۶۵ سانتی-متر و راندمان کاربرد آب ۹۲ درصد برای آبیاری قطره‌ای نواری و ۸۰ درصد برای آبیاری سطحی با در نظر گرفتن تلفات ناشی از انتقال آب تا ابتدای قطعه زراعی انجام شد. حجم آب موردنیاز در طول دوره رشد گیاه ذرت در سامانه آبیاری قطره-ای نواری ۷۵۹۲ مترمکعب در هکتار و همچنین میانگین حجم آب مصرفی در سامانه آبیاری سطحی به روش شیاری بدون رواناب سطحی، ۸۸۰۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. بذر مورداستفاده برای هر دو کشت ذرت از نوع هیبرید ۷۰۳ بود. فاصله خطوط کشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی هر خط کشت ۲۰ سانتی‌متر بود که به روش دستی انجام گرفت. محل کاشت بذرها در یک سمت پشته و در نزدیکی داغ‌آب در نظر گرفته شد تا حداقل اثر شوری بر روی آن دیده شود. آبیاری به‌تناسب روش‌های مختلف با توجه به اینکه گیاه در مرحله جوانه‌زنی بوده و شرایط خاک شور است، بخصوص در آبیاری اول، با عمق بیشتر از طراحی انجام گردید تا از جوانه‌زنی و استقرار گیاه اطمینان حاصل گردد. دور آبیاری از جوانه‌زنی تا چهار برگه شدن گیاه هر دو روز یک‌بار انجام شد؛ و بعدازآن رژیم‌های مختلف آبیاری اعمال شدند.

این طرح در قالب کرت نواری در بلوک کامل تصادفی اجرا شده است پلات‌های آزمایشی به طول ۵۰ متر و عرض ۳ متر برای هر تیمار در نظر گرفته شد. هر تیمار آبیاری شامل چهار نوار آبیاری (تیپ) به طول ۵۰ متر است که تیمارهای مختلف با شیرفلکه‌های به قطر ۱/۲ اینچ که بر روی ورودی نوارهای آبیاری نصب هستند، جدا شده‌اند. روزنه‌های خروجی آب بر روی هر نوار با فواصل ۱۰ سانتی‌متر از همدیگر می‌باشند و دبی هر روزنه ۲ لیتر بر ساعت است. در شکل ۱ نمای کلی سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) نشان داده شده است.

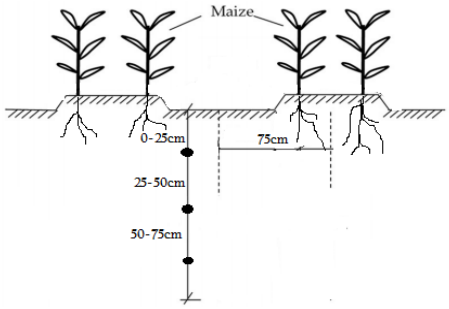


شکل ۱. نقشه اجرا شده آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ)
Fig. 1. Drip Irrigation plan implemented

جمع‌آوری داده‌ها

روش‌های نمونه‌گیری داده‌های شوری و رطوبت خاک در این پژوهش به‌این‌ترتیب است که برای تحلیل کیفی آب نمونه‌گیری قبل از هر آبیاری، در طی فصل رشد گیاه انجام شده است. با توجه به شکل شماره ۲ نمونه‌برداری از خاک مزرعه در چهار نوبت (قبل از کشت، مرحله جوانه‌زنی، مرحله میانی رشد و قبل از کشت) با هدف تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انجام شد. این نمونه‌ها برای پایش املاح در سه عمق ۲۵ -۰، ۵۰-۲۵ و ۷۵-۵۰ سانتی‌متری از سطح زمین در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از نوار تیپ به روش دستی و حفر

زمین توسط آگر (به قطر ۱۰ و عمق ۲۰ سانتی‌متر) انجام شده و به آزمایشگاه برده شده است. نمونه‌ها مورد آزمایش قرار گرفته و مقادیر سدیم، شوری و نسبت جذب سدیم آن‌ها تعیین گردید. همچنین رطوبت خاک به روش درصد وزنی به دست آمده است.



شکل ۲. نیمرخ افقی خاک

Fig. 2. Horizontal soil profile

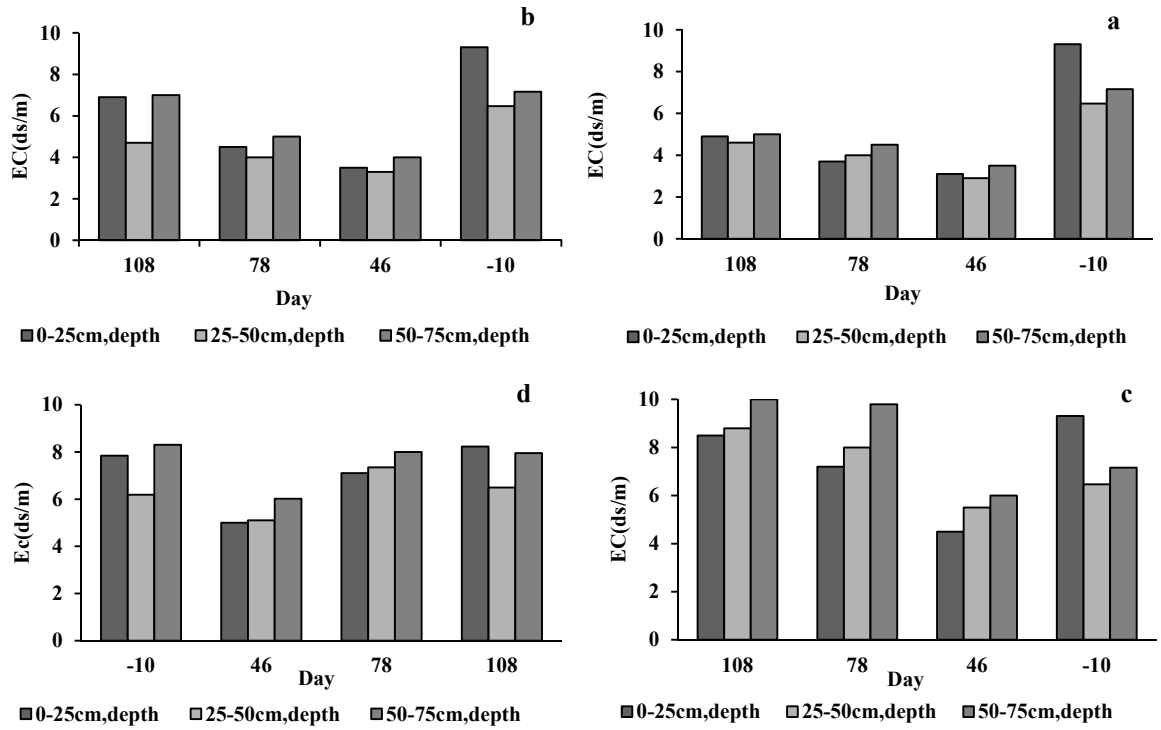
نتایج و بحث

بررسی املاح خاک در طول فصل کشت

به‌منظور بررسی املاح خاک در طول فصل کشت، ۳ سری نمونه‌برداری از سه عمق ۲۵-۰، ۵۰-۲۵ و ۷۵-۵۰ سانتی‌متر انجام شد. زمان اولین نمونه‌برداری قبل از کشت به‌عنوان مبدأ مختصات زمان (محور افقی در شکل‌ها) در نظر گرفته شده و اولین نمونه قبل از کشت با علامت منفی و باقیمانده نمونه‌ها با علامت مثبت با واحد روز و محور قائم تغییرات شوری را نشان می‌دهد. شکل‌های شماره ۳ و ۴، تغییرات شوری در طول دو فصل کشت به ترتیب برای نیم‌رخ‌های مختلف خاک در هر رژیم آبیاری تا عمق ۷۵ سانتی‌متر تحلیل شده است و تغییرات شوری را از قبل زمان کشت تا برداشت محصول بیان می‌کنند تا بتوان تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر روی خاک را مورد ارزیابی و پایش قرارداد. با توجه به شکل ۳ در ۴۵ روز اول آبیاری روند تغییرات شوری در تمامی رژیم‌های آبیاری کاهشی و سپس تا زمان برداشت محصول روندی افزایشی از خود نشان داد؛ که دلیل آن انطباق این دوره با زمان توسعه ذرت و حداکثر نیاز آبی این محصول است در انتهای کشت سال کاهش نسبت آب کاربردی به کمبود رطوبتی خاک، شوری خاک افزایش داشته است. در روش آبیاری سطحی، انجام عملیات آبیاری در طول کشت سال اول در ابتدا شوری را کاهش داده ولی با ادامه روند رشد گیاه از یک‌سو و از سوی دیگر کمبود آب کاربردی نسبت به نیاز آبی و آبشویی، شوری در لایه‌های میانی خاک رو به افزایش گذاشته است که این امر نشان از تجمع املاح در این لایه‌ها دارد.

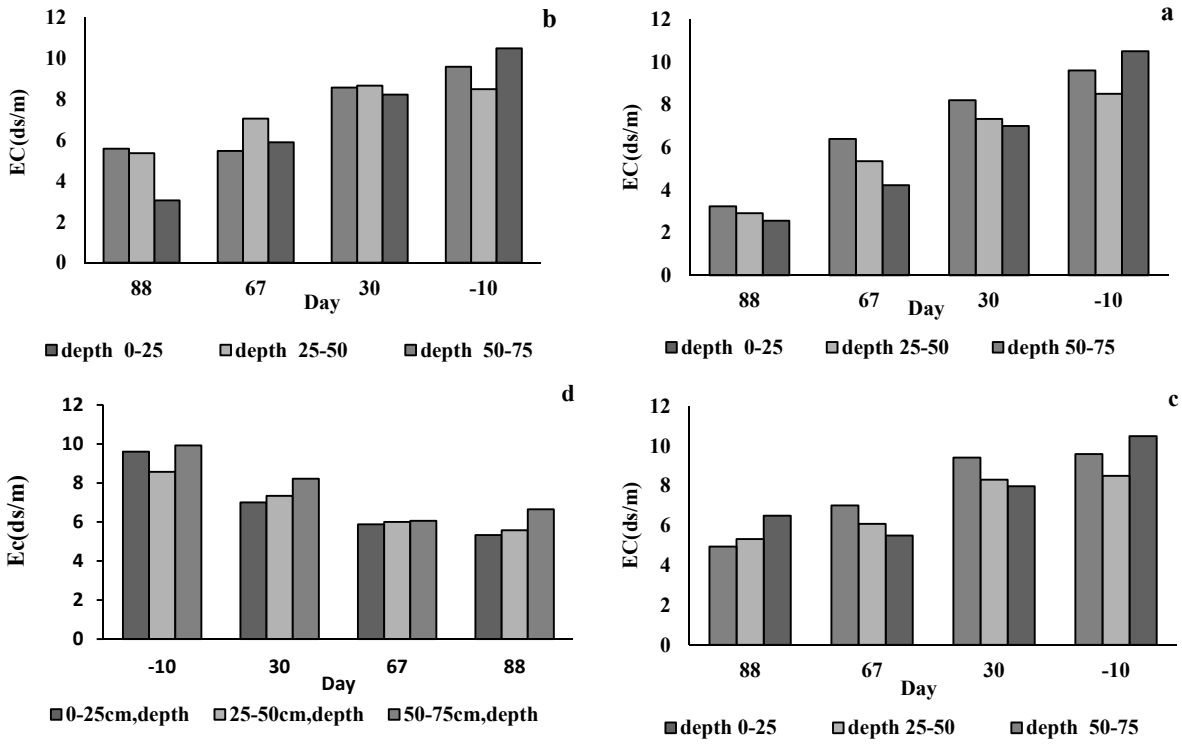
در روش آبیاری سطحی، انجام عملیات آبیاری در طول کشت سال اول در ابتدا شوری را کاهش داده ولی با ادامه روند رشد گیاه از یک‌سو و از سوی دیگر کمبود آب کاربردی نسبت به نیاز آبی و آبشویی، شوری در لایه‌های میانی خاک رو به افزایش گذاشته است که این امر نشان از تجمع املاح در این لایه‌ها دارد. افزایش روند شوری در رژیم آبیاری ۴ روزه به‌طور متوسط در تمامی اعماق نسبت به قبل از زمان کشت در حدود ۴۰ درصد بوده است؛ اما در رژیم آبیاری ۲ و ۳ روزه این روند نسبت به قبل از کشت محصول، کاهشی بود. این کاهش در هر دو رژیم ۲ و ۳ روزه به ترتیب ۶۰ و ۳۰ درصد بود. بعد از اتمام فصل اول کشت و قطع آبیاری، شوری خاک مخصوصاً در لایه ۰-۲۵ سانتی‌متری بیشتر شد. این افزایش به دلیل صعود کاپیلاری و تبخیر از سطح خاک و تجمع نمک به سمت لایه سطحی خاک بوده است. بعد از هر آبیاری، نمک‌های خاک شستشو شده و به لایه‌های عمیق منتقل می‌شوند. در زمان برداشت و با قطع آبیاری شوری خاک نمی‌تواند شسته شود و نمک‌ها از لایه‌هایِ زیرین به سمت لایه‌هایِ سطحی حرکت می‌کنند (He et al., 2017). علاوه بر این آب زیرزمینی از طریق تبخیر و تعرق و صعود کاپیلاری نمک را در شرایط قطع آبیاری قطره‌ای در دوره بدون کاشت به سطح زمین می‌آورد که منجر به تغییر شکل مجدد خاک می‌شود (Abliz et al., 2016; Wang et al., 2001). نبود آبشویی در آبیاری زمستان و بهار این پدیده را تشدید می‌کند (Ming et al., 2018).

با توجه به شکل ۴ رفتار تغییرات شوری در سال دوم کشت نسبت به سال اول کاملاً متفاوت است. دلیل این تفاوت کیفیت آب آبیاری بوده است. در تمامی رژیم‌های آبیاری شوری خاک بعد از کشت نسبت به شوری خاک قبل از کشت روند کاهشی داشته است. شوری آب کارون در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۷، ۳/۵-۳/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و در سال ۱۳۹۸، ۲/۵-۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. آبیاری سطحی نیز رفتاری مشابه با آبیاری قطره‌ای‌نواری از خود نشان می‌دهد. به‌طورکلی قبل از شروع آزمایش‌ها، به دلیل عدم انجام عملیات آبیاری و تبخیر و تعرق شدید از لایه سطحی خاک شوری خاک بسیار شدید بود.



شکل ۳. تغییرات شوری و املاح خاک در طول فصل زراعی در شرایط رژیم‌های مختلف آبیاری- سال ۱۳۹۷، (a) آبیاری دو روزه؛ (b) آبیاری سه روزه؛ (c) آبیاری چهار روزه؛ (d) آبیاری سطحی

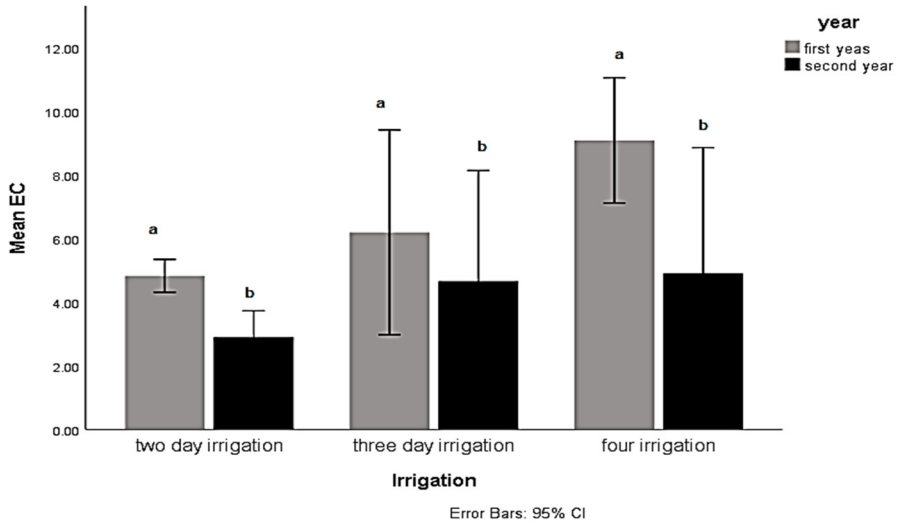
Fig. 3. Salinity changes and soil salts during the growing season under different regimes-2018 year. (a) two-day irrigation, (b) three-day irrigation, (c) four-day irrigation, 9d) surface irrigation



شکل ۴. تغییرات شوری و املاح خاک در طول فصل زراعی در شرایط رژیم‌های مختلف آبیاری - سال ۱۳۹۸. (a) آبیاری دو روزه؛ (b) آبیاری سه روزه؛ (c) آبیاری چهار روزه؛ (d) آبیاری سطحی

Fig. 4. Salinity changes and soil salts during the growing season under different regimes- 2019 year. (a) two-day irrigation, (b) three-day irrigation, (c) four-day irrigation, 9d) surface irrigation

با شروع آبیاری شوری خاک به‌طور ناگهانی به حدود یک‌دوم مقدار اولیه خود رسید. با گذشت زمان و انجام آبیاری‌های بعدی همچنان شوری روند کاهشی نشان داد. در آبیاری آخر، شوری خاک در قسمت آبیاری شده (با شوری ۲/۹ دسی‌زیمنس بر متر) به یک‌سوم مقدار اولیه ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر رسید. این کاهش برای آبیاری قطره‌ای-نواری در لایه سطحی خاک با نرخ بیشتری نسبت به لایه‌های پایین‌تر انجام شده که با توجه به عمق کم آبیاری در هر نوبت منطقی است. عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری به دلیل دارا بودن کمترین غلظت شوری به‌عنوان عمق عملکرد بهتر در بین اعماق اندازه‌گیری شده، به دست آمد. در شکل ۵ تفاوت میانگین شوری خاک بعد از آبیاری بین رژیم‌های آبیاری متفاوت در ۲ سال زراعی نشان داده شده است. نتیجه این میانگین‌ها با آزمون تی مستقل در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ نشان می‌دهد که شوری خاک بعد از آبیاری بین رژیم‌های آبیاری در طی دو سال تفاوت معنی‌داری باهم دارند و شوری آب آبیاری یک عمال مؤثر در این تفاوت است.



شکل ۵. نتایج حاصل از آزمون آماری تی مستقل در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ در طی دو سال زراعی

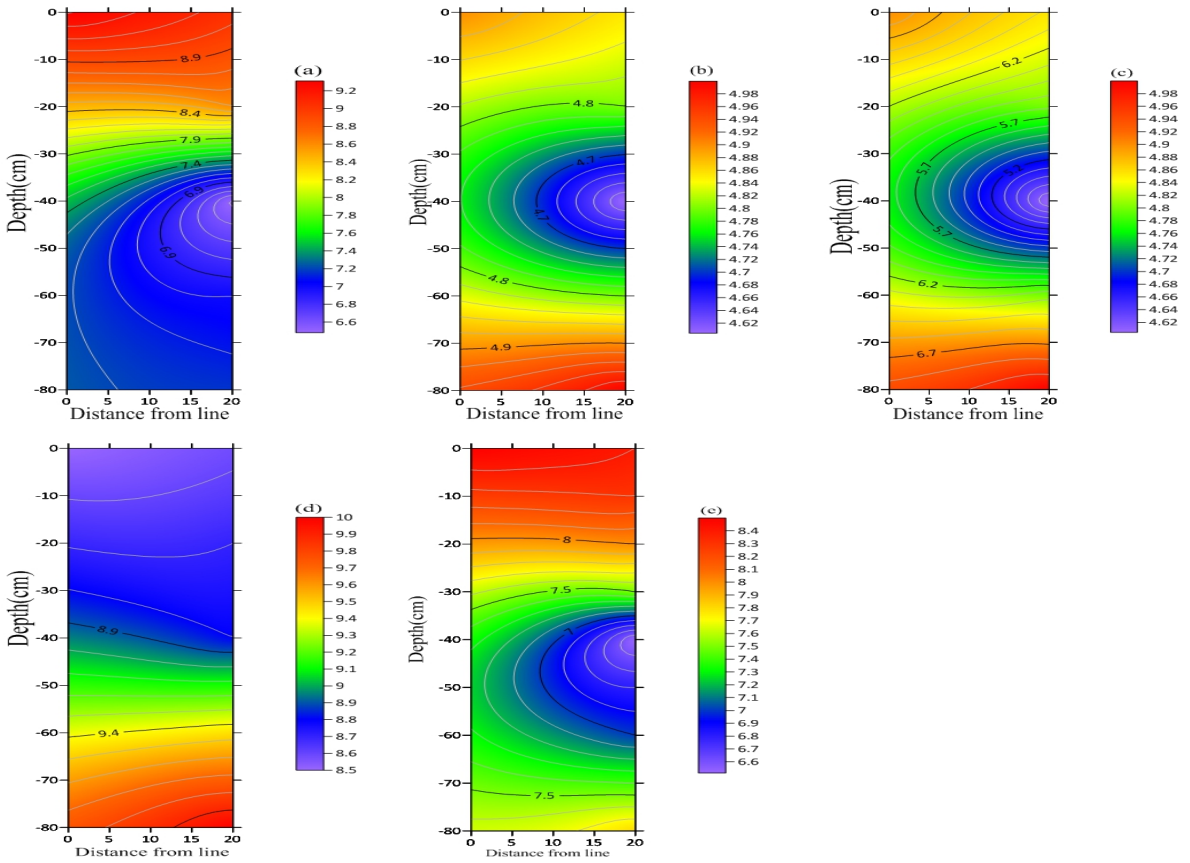
Fig. 5. Results of independent t-test at a significant level of 0.05 during two cropping years

پایش شوری در پروفیل عمق خاک

در فاصله صفر تا ۷۵ سانتی‌متری از سطح خاک، سه نمونه مرکب (هر نمونه معرف بازه ۲۵ سانتی‌متری از خاک است) برداشت شد. شکل (۶ تا ۷) تغییرات میزان شوری نسبت به عمق در هر دو سامانه آبیاری قطره‌ای نواری با رژیم‌های متفاوت و سطحی در طول دوره کشت را نشان می‌دهد.

یکی از اهداف آبیاری می‌تواند خارج کردن نمک از منطقه ریشه گیاه باشد. هرچند که مقدار آبیاری کم باشد اما ناحیه نمکی در زیر و اطراف نوار تیپ تشکیل می‌شود (Li et al., 2015; Ning et al., 2015). همان‌طور که در شکل‌ها مشخص شده هر چه دور آبیاری کوتاه‌تر باشد شوری در اطراف ریشه گیاه کم‌تر می‌شود و نمک‌ها به خارج از محدوده ریشه منتقل می‌شوند. به‌طوری‌که با بررسی رژیم‌های متفاوت آبیاری مشاهده می‌شود که روند کاهش شوری خاک رژیم آبیاری ۲ روزه نسبت به ۳ و ۴ روزه بیشتر است در سال دوم کشت شوری متوسط خاک از ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر به ۲/۹ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافته است. این نتایج با پژوهش کرمی و همکاران (Karami et al., 2015) مطابقت داشته است. با توجه به شکل مشاهده می‌شود در هر دو سال زراعی با انجام آبشویی، مقدار شوری در پروفیل خاک در دور آبیاری ۲ روزه کاهش داشته و همچنین با توجه به عمق آبشویی و زمان آن در دور آبیاری ۲ روزه (یک روز پس از آخرین آبیاری)، پروفیل خاک شسته شده و در مقدار شوری در عمق کاهش پیدا نموده است، ولی در آبیاری با دور ۳ و ۴ روزه، در لایه سطحی مقدار شوری افزایش نشان داده است. دلیل این افزایش باوجود آبشویی آن است که زمان انجام عملیات آبشویی در این دور آبیاری، ۳ یا ۴ روز پس از آخرین آبیاری بوده و با توجه به توسعه ریشه و همچنین مرحله

محصول‌دهی ذرت و نیاز آبی بالای آن، بیشتر حجم آبشویی صرف تأمین کمبود رطوبتی خاک شده، لذا تجمع نمک در لایه سطحی خاک مشاهده شد. در آبیاری سطحی نیز روند شور شدن خاک مشابه آبیاری ۳ و ۴ روزه است. در این خصوص باید مدیریت عملیات آبشویی و زمان انجام آن با توجه به کیفیت خاک، آب و دوره رشد نیاز آبی گیاه انجام گیرد. روند تغییرات شوری پروفیل خاک در آبیاری سطحی نیز مانند آبیاری ۴ روزه است. از سوی دیگر با مقایسه کیفیت پروفیل خاک قبل از آبیاری و بعد از آبیاری در سال دوم، تأثیر مثبت کیفیت آب آبیاری بر کیفیت خاک در تمامی روش‌های آبیاری مشخص شده است اما روند بهبود کیفیت خاک در روش آبیاری نواری ۲ روزه از همه تیمارهای آبیاری بیشتر است.



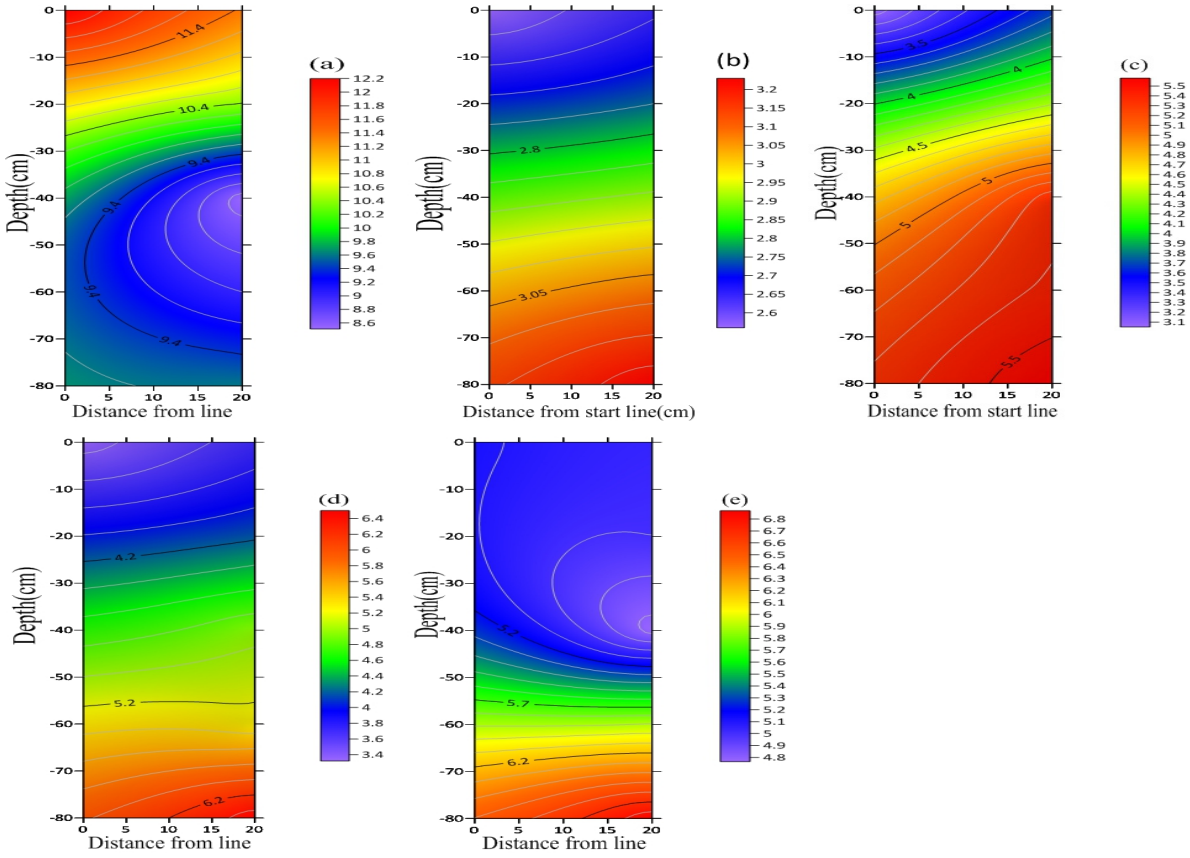
شکل ۶. تغییرات شوری در عمق خاک سال اول کشت ۱۳۹۷: (a) شوری خاک قبل از آبیاری، (b) شوری خاک در انتها فصل کشت در آبیاری ۲ روزه، (c) شوری خاک در انتها فصل کشت در آبیاری 3 روزه، (d) شوری خاک در انتها فصل کشت در آبیاری 4 روزه، (e) شوری خاک در انتها فصل کشت در آبیاری سطحی

Fig. 6. Salinity changes in soil depth in the first year of cultivation 2018: (a) Soil salinity before irrigation, (b) Soil salinity at the end of the growing season in 2-day irrigation, (c) Soil salinity at the end of the growing season in 3-day irrigation, (d) Soil salinity at the end of the growing season in 4-day irrigation, (e) Soil salinity at the end of the growing season in surface irrigation

بررسی روند تغییر کیفیت خاک در دو سامانه آبیاری قطره‌ای نواری و سطحی

جدول ۴ روند تغییرات شوری خاک در روش‌های مختلف آبیاری را قبل از کشت ذرت و اولین آبیاری و بعد از کشت ذرت و بعد از آخرین آبیاری نشان می‌دهد. داده‌های جدول به‌صورت میانگین از تمامی عمق‌های مختلف اندازه‌گیری شده است. بررسی نتایج موردنظر در سال اول کشت شوری آب آبیاری، موجب کاهش کیفیت خاک در طول فصل کشت شده است. به‌نحوی‌که خاک شور ابتدای پروژه پس از کشت، کاملاً شور شده و به سمت سدیمی شدن نیز حرکت کرده است؛ اما در سال دوم کشت با آب غیر شور، کیفیت خاک بهتر شده و

کیفیت خاک از حالت شور به حالت غیر شور و غیرسدیمی پیش رفته است. در این شرایط نیز مانند سال اول کشت در تیمار آبیاری دوروزه نسبت به دو تیمار دیگر کیفیت بهتری دارد. این نتایج نشان می‌دهند آبیاری قطره‌ای‌نواری عامل شور شدن و کاهش کیفیت خاک نیست و با مدیریت صحیح در این اراضی قابل‌اجرا هستند و با توجه به رژیم‌های مختلف آبیاری به کار گرفته شده برای کنترل شوری خاک بهترین رژیم آبیاری قطره‌ای نواری دوروزه است. همان‌طور که در شکل شماره ۵ مشخص شده است بین دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری در تمامی رژیم-های آبیاری در سطح ۰/۰۵ درصد وجود دارد. علاوه بر آن با استفاده از آزمون تی مستقل مقایسه‌ای بین رژیم‌های آبیاری به‌صورت دوبه‌دو در سطح ۰/۰۵ درصد انجام شد و نتیجه حاصل از آن مقایسه وجود اختلاف معنی‌دار بین رژیم‌های آبیاری ۲ و ۳ روزه و ۲ و ۴ روزه بود. فقط بین رژیم آبیاری ۳ و ۴ روزه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.



شکل ۷. تغییرات شوری در عمق خاک سال اول کشت ۱۳۹۸: (a) شوری خاک قبل از آبیاری،(b) شوری خاک در انتها فصل کشت در آبیاری ۲ روزه،(c) شوری خاک در انتها فصل کشت در آبیاری 3 روزه،(d) شوری خاک در انتها فصل کشت در آبیاری 4 روزه،(e) شوری خاک در انتها فصل کشت در آبیاری سطحی

Fig. 7. Salinity changes in soil depth in the first year of cultivation 2019: (a) Soil salinity before irrigation, (b) Soil salinity at the end of the growing season in 2-day irrigation, (c) Soil salinity at the end of the growing season in 3-day irrigation, (d) Soil salinity at the end of the growing season in 4-day irrigation, (e) Soil salinity at the end of the growing season in surface irrigation

بررسی پروفیل رطوبتی (پیاز رطوبتی) خاک در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری

برای بررسی پروفیل رطوبتی خاک، نمونه‌برداری در سه عمق ۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ سانتی‌متری مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌برداری در سه مرحله از کشت، قبل و پس از آبیاری، در ابتدا، وسط و انتهای نوار در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از قطره-چکان انجام شد. از مشاهده و بررسی شکل‌های شماره (۸) الی (۱۳) با مقایسه قبل و بعد از آبیاری در هر تیمار دیده‌شده

که روند افزایش رطوبت تا حد ظرفیت زراعی اطراف ریشه گیاه در تیمار آبیاری ۳ و ۴ روزه به نسبت آبیاری ۲ روزه به دلیل طولانی‌تر بودن زمان آبیاری بیشتر است. با توجه به توزیع روند رطوبتی خاک در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری از سطح خاک که دارای بیشترین دامنه تغییرات رطوبت نسبت به سایر لایه‌هاست مقدار رطوبت در بازه ۱۶/۶۵ تا ۲۴/۱۵ درصد وزنی متغیر است که نزدیک به حد ظرفیت مزرعه بوده و این مقدار تا قبل از آبیاری در حد ۵ درصد کاهش می‌یابد.

جدول ۴. روند تغییرات شوری خاک در روش‌های آبیاری مختلف

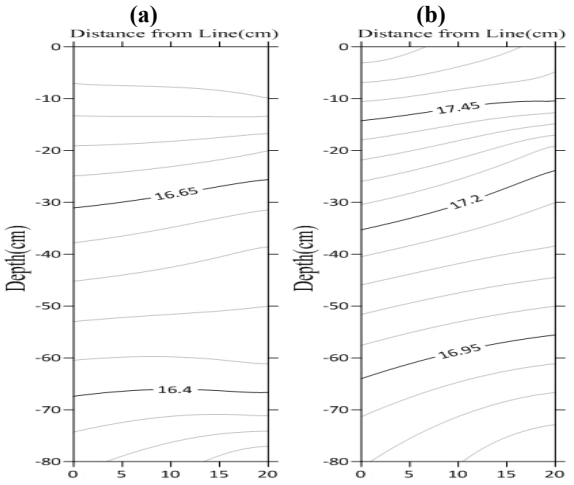
Table 4. The process of soil salinity changes in different irrigation methods

روش آبیاری Irrigation type	پارامتر parameter	قبل از کشت سال اول ۹۷ Before planting first year 2018	پس از کشت سال اول ۹۷ after planting first year 2018	قبل از کشت سال دوم ۹۸ Before planting first year 2019	پس از کشت سال دوم ۹۸ after planting first year 2019
آبیاری قطره‌ای نواری ۲ روزه Strip drip irrigation Two day	EC_e (ds/m)	7.64	4.83[a]	9.36	2.90[b]
	ESP	6.36	7.54	8.5	4.17
	نوع خاک Soil type	شور Saline	شور Saline	شور Saline	غیرشور-غیرسدیمی None saline-none sodium
آبیاری قطره‌ای نواری ۳ روزه Strip drip irrigation Three day	EC_e (ds/m)	7.64	6.2[a]	9.36	4.66[b]
	ESP	6.36	9.35	8.5	5.33
	نوع خاک Soil type	شور Saline	شور Saline	شور Saline	شور-غیرسدیمی saline-none sodium
آبیاری قطره‌ای نواری ۴ روزه Strip drip irrigation four day	EC_e (ds/m)	7.64	9.1a	9.36	4.92[b]
	ESP	6.36	12.29	8.5	4.47
	نوع خاک Soil type	شور Saline	شور Saline	شور Saline	شور-غیرسدیمی saline-none sodium
آبیاری سطحی Surface irrigation	EC_e (ds/m)	7.45	7.6[a]	9.06	5.53[b]
	ESP	7.5	15.05	13.21	8.46
	نوع خاک Soil type	شور Saline	شور-سدیمی Saline-sodium	شور Saline	شور Saline

a و b به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و عدم معنی‌دار

a, b Significant at the 5% level and non-significant, respectively

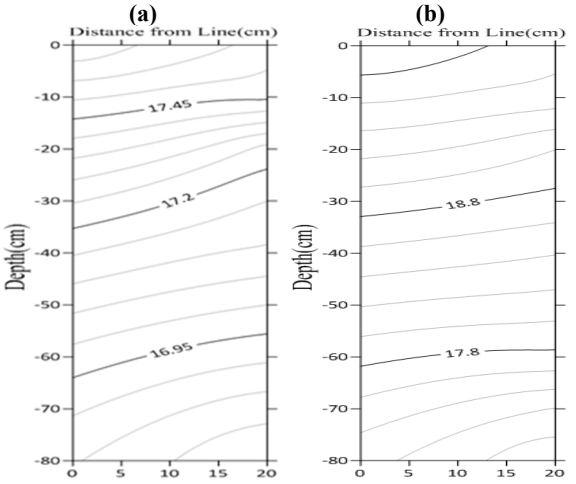
روند تغییرات رطوبت در عمق ۲۵-۵۰ و ۵۰-۷۵ سانتی-متری از سطح زمین در بازه ۱۶/۱۵ تا ۲۱/۷۰ درصد وزنی متغیر است که بازهم رطوبت لازم برای رشد گیاه را در این لایه تأمین می‌کند. همچنین اختلاف معنی‌داری بین تغییرات رطوبت در ابتدا و انتهای نوار در بازه زمانی بعد آبیاری وجود ندارد و این دلیل بر یکنواختی توزیع آب در طول نوار آبیاری و رسی بودن بافت خاک در تمامی لایه‌ها است. در تحلیل حرکت رطوبت در خاک از تأثیر وجود ریشه در پروفیل خاک نمی‌توان غافل بود. بلافاصله بعد از آبیاری رطوبت خاک در لایه ۰ تا ۲۵ سانتی‌متری به بالاترین مقدار خود رسیده است و سپس به دلیل جذب آب توسط ریشه و تبخیر تا آبیاری بعدی کاهش پیدا کرده است. می‌توان نتیجه گرفت که رطوبت بالا در این ناحیه به دلیل توسعه کامل ریشه منجر به کاهش سریع رطوبت بعد از آبیاری شده است. این نتایج با



شکل ۸. رژیم آبیاری ۲ روزه (۱۳۹۷)، (a) یک روز قبل از آبیاری، (b) یک روز بعد از آبیاری

Fig. 8. 2-day irrigation regime (2018), (a) one day before (b) 24 hours after irrigation

پژوهش ونمینگ و همکاران (Wenling et al., 2018) مطابقت دارد. عاملی که حرکت جانبی آب را نسبت به حرکت عمودی غالب ساخته است را می‌توان بالا بودن درصد رس خاک دانست. علاوه بر آن می‌توان دریافت که بافت رسی خاک باعث توزیع و همپوشانی مناسب رطوبت در اطراف گیاه شده است. توزیع مکانی رطوبت خاک واکنش واضحی به شرایط آبیاری، جذب آب توسط ریشه گیاه در منطقه توسعه ریشه و تبخیر و تعرق از قسمت‌های خالی از کشت است (Li et al., 2015; Li et al., 2016). در لایه‌های بالایی خاک مقادیر بالاتر رطوبت خاک به فواصل آبیاری بستگی دارد و به مقدار زیادی در شرایط تأثیر تبخیر به دلیل وجود اثر متقابل بین خاک و هوا قرار می‌گیرد درحالی‌که مقدار رطوبت در لایه‌های عمیق‌تر به مقدار آب آبیاری بستگی دارد. آبیاری با دور کوتاه‌تر، مقدار آب بیشتری را در لایه بالای نگه می‌دارد درحالی‌که با دور بیشتر آبیاری، آب بیشتری می‌تواند به لایه‌های عمیق‌تر نفوذ کند (Li et al., 2013).



شکل ۹. رژیم آبیاری ۲ روزه (۱۳۹۸)، (a)یک روز قبل از آبیاری، (b) یک روز بعد از آبیاری

Fig. 9. 2-day irrigation regime (2019), a) one day before b) 24 hours after irrigation

عملکرد دانه

نتایج به دست آمده از سال اول نشان داد با اعمال تیمار دو، سه و چهارروزه بر رقم سینگل کراس ۷۰۳ به ترتیب عملکرد دانه ۹/۱۹، ۸/۹۲ و ۸/۰۲ در سال دوم نیز به ترتیب۹/۳۱، ۹ و۸/۳۲ تن بر هکتار حاصل شده است. در جدول شماره ۵ نتایج حاصل از تجزیه مرکب بیان می‌دارد تنها اثر دور آبیاری در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بوده است و اثر تیمارهای سال و برهم‌کنش سال و دور آبیاری معنی‌دار نگردیده است. این نتیجه در برخی تحقیقات (Karimi et al., 2015; Azari et al., 2007) نیز مورد تائید قرار گرفته است.

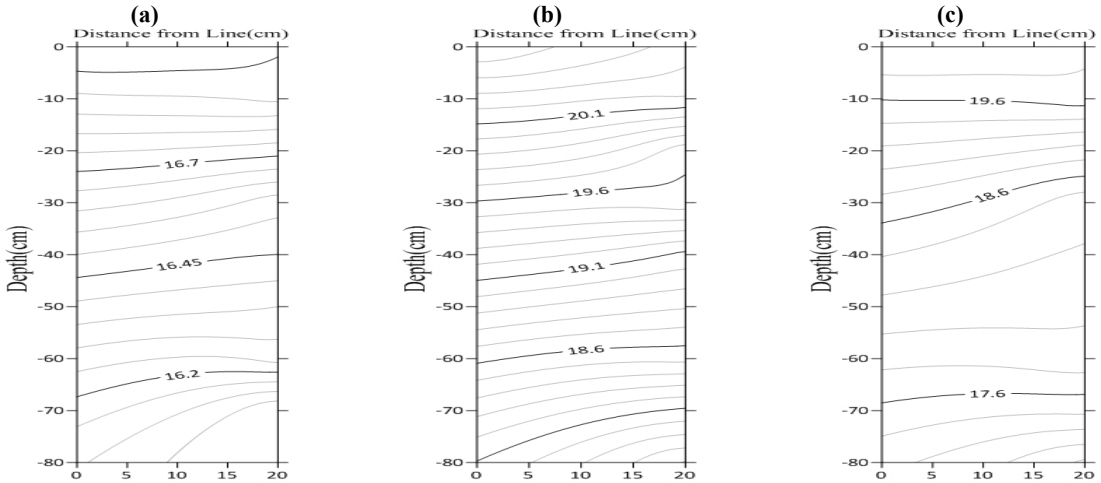
عملکرد ماده خشک اندام هوایی

ماده خشک اندام هوایی در سال اول آزمایش برای تیمارهای دو،سه و چهارروزه به ترتیب ۱۳/۳۱، ۱۲/۸۳ و ۱۲/۱۷ و برای سال دوم آزمایش برابر با ۱۳/۷۰، ۱۳/۲۱ و ۱۲/۹۳ تن بر هکتار بود. نتایج حاصل از تجزیه مرکب بیان می‌دارد هیچ‌یک از تیمارهای سال و برهم‌کنش سال و دور آبیاری معنی‌دار نشده است؛ و تفاوت معنی‌دار در دور آبیاری بوده است. درنتیجه اعمال تیمارهای دور آبیاری، شاید بتوان چنین گفت که با توجه به بافت سنگین خاک و یکسان بودن حجم آب کاربردی در هر سه تیمار دو، سه و چهارروزه در شرایط آبیاری هر دو روز یک‌بار، گیاه توانسته است به سبب تهویه بهتر در منطقه ریشه، استفاده مناسب‌تر از عناصر غذایی و کارایی بیشتر مصرف آب خاک، عملکرد دانه بیشتری نسبت به دور آبیاری هر دو روز یک‌بار داشته باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

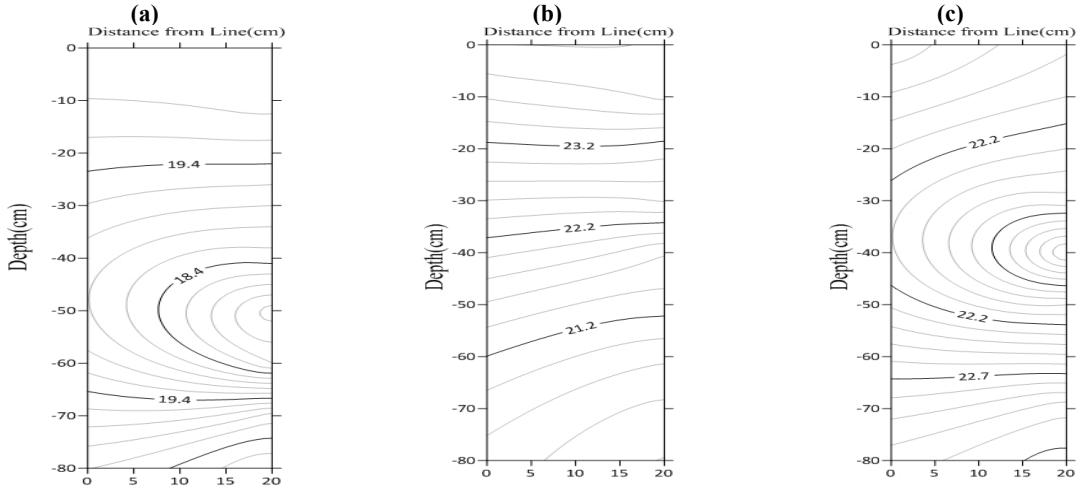
این مطالعه به‌منظور بررسی توزیع رطوبت و شوری در طول پروفیل خاک اطراف ریشه گیاه ذرت در رژیم‌های آبیاری متفاوت در منطقه خوزستان انجام گرفت. نتایج توزیع رطوبت حاصل از این پژوهش نشان داد که هر سه رژیم آبیاری (دو، سه و چهارروزه) می‌تواند میزان رطوبت در ناحیه ریشه را در حد ظرفیت زراعی نگه‌داشته و جریان عمودی را کند نموده و نهایتاً میزان نفوذ عمقی را به حداقل رساند. نتایج توزیع شوری خاک نشان داد با توجه به شرایط خاک در ابتدای فصل کشت، در روش آبیاری قطره‌ای نواری، مقدار شوری در کشت سال اول ابتدا کاهش و سپس رو به افزایش بوده است. برخلاف آن پس از فصل دوم کشت، مقدار شوری انتهای کشت برای دور آبیاری دو،سه و چهارروزه به ترتیب یک‌سوم و یک‌دوم برابر شوری در ابتدای کشت بوده است. این تغییر رفتار در دو فصل درنتیجه تأمین آب آبیاری با کیفیت‌های متفاوت بوده است. این روند نشان می‌دهد که حساسیت بهره‌برداری از سیستم آبیاری قطره‌ای‌نواری در خاک‌های مستعد به شور و سدیمی شدن بسیار بیشتر از شرایط عادی است و در این شرایط می‌باید بستر مناسب برای اطمینان از عملکرد مداوم و پایدار سیستم آبیاری فراهم شود. البته که هر سه رژیم آبیاری (دو،

سه و چهارروزه) میزان نمک را در اطراف ریشه گیاه کنترل نمودند اما بهترین آبشویی در تیمار آبیاری دوروزه یعنی با عمق آبیاری کمتر و دور آبیاری کوتاه‌تر صورت می‌گیرد. نتایج آنالیز عملکرد در دو سال نشان داد که سال تأثیر معنی‌داری بر روی عملکرد دانه و ماده خشک نداشته است. همچنین نتایج نشان داد که دور آبیاری بر روی عملکرد ماده خشک تأثیر معنی‌دار نداشته ولی بر روی عملکرد دانه در سطح ۵٪ معنی‌دار شده است.



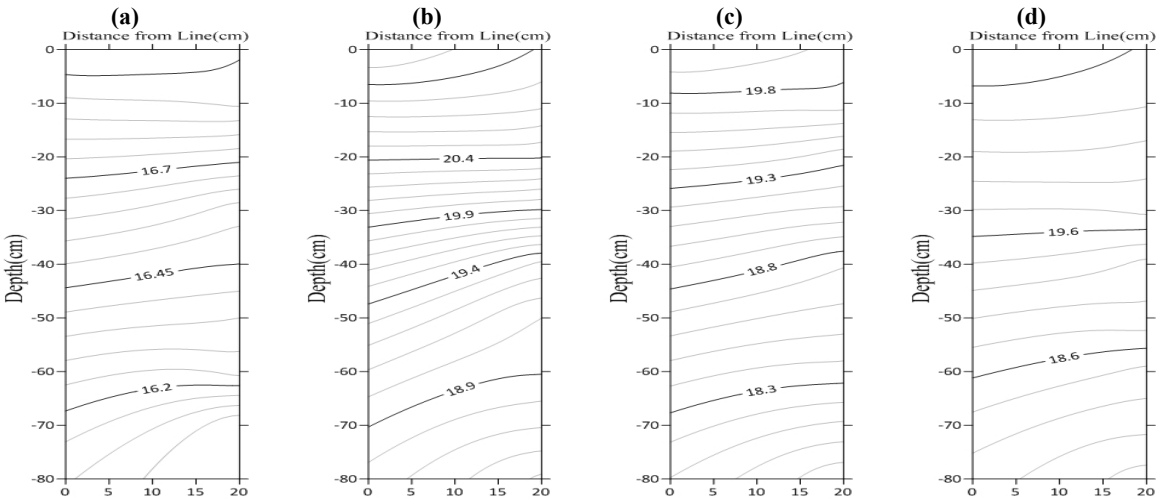
شکل ۱۰. رژیم آبیاری ۳ روزه (۱۳۹۷)، (a)یک روز قبل از آبیاری، (b) و (c) به‌ترتیب ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از آبیاری

Fig. 10. 3-day irrigation regime (2018), (a) one day before irrigation, (b) & (c) 24 and 48 hours after irrigation



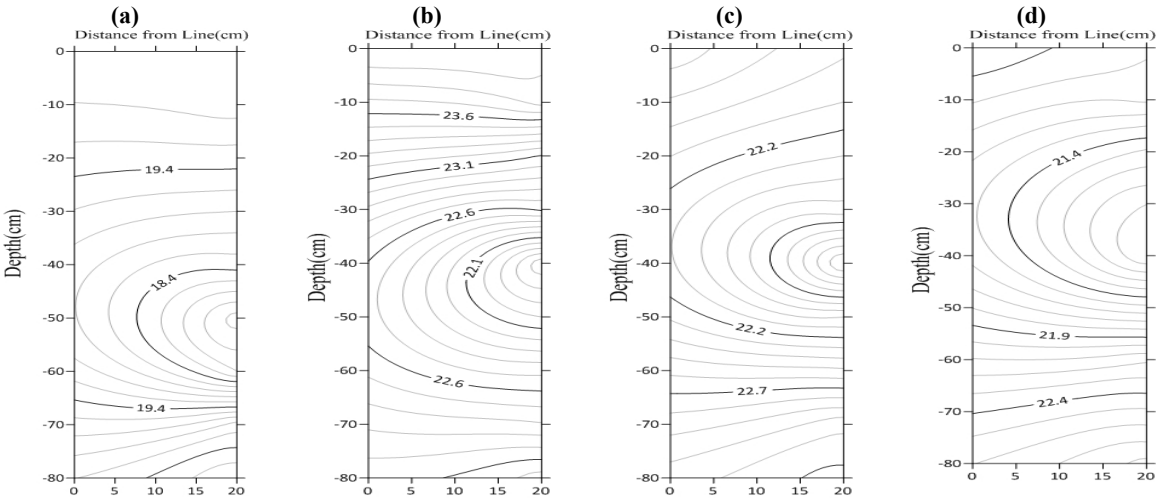
شکل ۱۱. رژیم آبیاری ۳ روزه (۱۳۹۸)، (a)یک روز قبل از آبیاری، (b) و (c) به‌ترتیب ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از آبیاری

Fig. 11. 3-day irrigation regime (2019), (a) one day before irrigation, (b) & (c) 24 and 48 hours after irrigation



شکل ۱۲. رژیم آبیاری ۴ روزه (۱۳۹۷)، (a)یک روز قبل از آبیاری، (b)، (c) و (d) به‌ترتیب ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از آبیاری

Fig. 12. 4-day irrigation regime (2018), (a) one day before irrigation, (b), (c) & (d) 24, 48 and 72 hours after irrigation



شکل ۱۳. رژیم آبیاری ۴ روزه (۱۳۹۷)،a) یک روز قبل از آبیاری ،b، c و d) ۲۴،۴۸و ۷۲ ساعت بعد از آبیاری

Fig. 13. 4-day irrigation regime (2019), a) one day before b, c & d) 24, 48 and72 hours after irrigation

جدول۵. نتایج آنالیز واریانس مرکب

Table 5. Results of composite analysis of variance

S.O.V	منبع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S	
			عملکرد دانه Seed yield	ماده خشک اندام‌های هوایی Dry matter of aerial parts
Year (Y)	سال	1	0.134 $^{n.s}$	0.992 $^{n.s}$
Irrigation regime (I)	دور آبیاری	2	3.575*	2.774*
Y * I	سال × دور آبیاری	2	0.018	0.990 $^{n.s}$

منابع

Abliz, A., Tiyip, T., Ghulam, A., Halik, Ü., Ding, J., Sawut, M., Zhang, F., Nurmemet, I., Abliz, A., 2016. Efects of shallow groundwater table and salinity on soil salt dynamics in the Keriya Oasis. Northwestern China. Environmental Earth Sciences. 75, 260.

Azari A., Bromandnasab S., Behzad M., Moayeri M., 2007. Study of yield of corn in drip irrigation (Tape) system. Journal of Agricultural Science. 30, 81-87.

Badr, A.E., Abuarab, M.E., 2013. Soil moisture distribution patterns under surface and subsurface drip irrigation systems in sandy soil using neutron scattering technique. Irrigation Science. 31, 317–332.

Chen, X.L., Kang, Y.H., Wan, S.Q., Chu, L.L. and Li, X.B., 2015. Simple method for determining the emitter discharge rate in the reclamation of coastal saline soil using drip irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 14.

Guan, H., Li, J., Li, Y., 2013. Effects of drip system uniformity and irrigation amount on water and salt distributions in soil under arid conditions. Journal of Integrative Agricultural. 12, 924–939.

He, Z., Shi, W., Yang, J., 2017. Water and salt transport and desalination effect of halophytes intercropped cotton field with drip irrigation under film. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 33, 129–138.

Hu, H., Tian, F., Hu, H., 2011. Soil particle size distribution and its relationship with soil water and salt under mulched drip irrigation in Xinjiang of China. Science China Technological Sciences. 54, 1568–1574.

Jafari, H., Ashrafi, S.H., 2011. Investigation of the effects of irrigation levels, Plant density and planting pattern in drip irrigation (Tape) on corn. Proceedings of the 1th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction, 7-9 Feb. 2011. Kerman, Iran. [In Persian].

Karami, M., Farasati, M., Maleki, R., 2015. Soil Leaching Simulation by Using HYDRUS-2D Software. Iranian Journal of Soil Research. 29, 49-57. [In Persian with English Summary].

Karimi, M., Baghbani, J., Jalini, M., 2015. Investigation of the effect of different levels of drip irrigation (type) on yield and yield components of maize. Journal of Water and SoiL. 29, 311-321. [In Persian with English Summary].

Kang, S. Z., Hao, X.M., Du, T.S., Tong, L., Su, X.L., Lu, H.N., Li, X.L., Huo, Z.L., Li, S.E., Ding, R.S., 2017. Improving agricultural water productivity to ensure food security in China under changing environment, from research to practice. Agricultural Water Management. 179, 5–17.

Khoshro, M., Kiani, A., Zakeri nia, M., Zabihi, a., 2007. Evaluation of moisture distribution in soil profile in drip irrigation (T-Tape) Soybean product. The 9th National Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction, 2007. Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. [In Persian].

Kumar, R., Trivedi, H., Yadav, R., Das, B., Bist, A.S., 2016. Effect of drip irrigation on yield and water use efficiency on brinjal (*Solanum melongena*) CV Pant Samra. International Journal of Engineering Sciences Research Technology. 5(10), 7-17.

Li, X.B., Kang, Y.H., 2019. Study on the salt leaching and response of Chinese rose (Rosa chinensis) root to reclamation on coastal saline soil using drip irrigation with brackish water. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 35, 112–121.

Li, X.W., Jin, M.G., Zhou, N.Q., Huang, J.O., Jiang, S.M., Telesphore, H., 2016. Evaluation of evapotranspiration and deep percolation under mulched drip irrigation in an oasis of Tarim basin. China. Journal of Hydrology. 538, 677–688.

Liu, M.X., Yang, J.S., Li, X.M., Liu, G.M., Yu, M., Wang, J., 2013. Distribution and dynamics of soil water and salt under different drip irrigation regimes in northwest China. Irrigation Science. 31, 675–688.

Liu, M., Yang, J., Li, X., Yu, M., Wang, J., 2012. Effects of irrigation water quality and drip tape arrangement on soil salinity, soil moisture distribution, and cotton yield (*Gossypium hirsutum* L.) under mulched drip irrigation in Xinjiang. China. Journal of Integrative Agriculture. 11, 502–511.

Li, X.W., Jin, M.G., Huang, J.O., Yuan, J.J. ,2015. The soil-water flow system beneath a cotton field in arid north-west China, serviced by mulched drip irrigation using brackish water. Hydrogeology Journal. 23, 35–46.

Ming, G., Tian, F., Hu, H., 2018. Effect of water table depth on soil water and salt dynamics and soil salt accumulation characteristics under mulched drip irrigation. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 34, 90–97.

Meixian, L., Jingsong, Y., Xiaoming, L., Guanming, L. Mei, Y., Wang, J., 2013. Distribiution and dynamics of soil water and salt under different drip irrigation regimes in northwest china. Irrigation Science. 31, 675-688.

Muller, T., Ranquet Bouleau, C., Perona, P., 2016. Optimizing drip irrigation for eggplant crops in semi-arid zones using evolving thresholds. Agricultural Water Management. 177, 54–65.

Nakayama, F.S., Bucks, D.A., 1986. Trickle Irrigation for Crop Production: Design, Operation and Management. Elsevier Science Publishers., USA, New York.

Ning, S.R., Shi, J.C., Zuo, Q., Wang, S., Ben-Gal, A., 2015. Generalization of the root length density distribution of cotton under film mulched drip irrigation. Field Crops Research. 177, 125–136.

Shrivastava, P.K., Parikh, M.M., Sawani, N.G., Raman, S., 1994. Effect of drip irrigation and mulching on tomato yield. Agricultural Water Management.25, 179–184.

Varjavand, P., Mokhtaran, A., Absalan, Sh., 2019. Evaluation of soil salinity variations in corn and wheat cultivations under drip-tape irrigation system in central regions of Khuzestan province. The 1st International and 4th National Congress on Iranian Irrigation & Drainage, 13-14 November. 2019. Urmia University, Urmia, Iran. [In Persian with English Summary].

Wang, Q., Wang, W., Wang, Z., Zhang, J., Zhang, J., Ding, X., Zhou, L., Mao, G., 2001. Analysis of features of soil salt in a drainage area. Acta Pedologics Sinica. 38, 271–276.

Wang, R.S., Kang, Y.H., Wan, S.Q., Hu, W., Liu, S.P., Liu, S.H., 2011. Salt distribution and the growth of cotton under different drip irrigation regimes in a saline area. Agricultural Water Management. 100, 58–69.

Wenling, Ch., Menggui, J., Ferre, T., Liu, Y., Xian, Y., Tianrui, S., Ping, X., 2018. Spatial distribution of soil moisture, soil salinity, and root density beneath a cotton field under mulched drip irrigation with brackish and fresh water. Field Crops Research. 215, 207-221.

Zhang, G., Liu, C., Xiao, C., Xie, R., Ming, B., Hou, P., Liu, G., Xu, W., Shen, D., Wang, K., 2017. Optimizing water use efficiency and economic return of super high yield spring maize under drip irrigation and plastic mulching in arid areas of China. Field Crops Research. 211, 137–146.

Zhang, Z., Hu, H., Tian, F., Hu, H., Yao, X., Zhong, R., 2014. Soil salt distribution under mulched drip irrigation in an arid area of northwestern China. Journal of Arid Environments. 104, 23–33