

بررسی میزان مشارکت آب زیرزمینی کم عمق با شوری‌های مختلف در تأمین نیاز آبی و عملکرد گیاه ذرت

غلامحسین کریمی* و عبدعلی ناصری**

*نگارنده مسئول، نشانی: دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب، ص. پ.: ۴۳۳۱۱-۶۱۳۵۷، دورنگار: ۳۳۶۵۶۷۰(۰۶۱۱).

پیام‌نگار: karimi1925@gmail.com

** به ترتیب دانش آموخته دکترای آبیاری و زهکشی و دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران

اهواز

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۶

چکیده

به منظور بررسی سهم مشارکت آب زیرزمینی کم عمق در تأمین بخشی از نیاز آبی و تعیین عملکرد گیاه ذرت تابستانه، تحقیقی در لایسیمترهای استوانه‌ای شکل به قطر ۸/۰+ و ارتفاع ۱/۲ متر در استان خوزستان (اهواز) انجام شد. بیست و چهار لایسیمتر با مشخصات فوق‌الذکر به صورت مدفون در مزرعه آزمایشی کار گذاشته و از خاک همان مزرعه (که دارای بافت سیلت لوم بود) با رعایت نیمرخ طبیعی آن پر شدند. سطح آب زیرزمینی در لایسیمترها با استفاده از بطری ماریوت در عمق ۶/۰+ متر ثابت نگه داشته شد. تیمارهای مورد استفاده شامل سه سطح شوری آب زیرزمینی معادل ۵، ۲/۵، و ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر و دو سطح آبیاری معادل ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری محاسبه شده در نظر گرفته شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با ۳ تکرار اجرا شد. یک تیمار کشت ذرت بدون آب زیرزمینی با ۳ تکرار و با آبیاری کامل به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که میزان مشارکت آب زیرزمینی در سطح آبیاری معادل ۷۰ درصد، در شوری‌های فوق‌الذکر به ترتیب ۲۵/۰۰، ۲۲/۰۹، و ۱۹/۷۱ درصد، و با ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی، ۵/۲۸، ۴/۶۱، و ۳/۷۶ درصد است که این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. در سطح آبیاری ۷۰ درصد و در همان شوری‌ها، کاهش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۳/۶، ۲۸/۳، و ۳۰/۱ درصد و در مورد ماده خشک ۳۳/۲، ۳۵/۸، و ۳۶/۶ درصد است. با ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی نیز کاهش عملکرد دانه در شوری‌های مذکور به ترتیب ۱۹/۲، ۲۵/۶، و ۲۲/۲ درصد و در مورد ماده خشک ۲۵/۶، ۳۱/۲، و ۲۴/۵ درصد است. در حالت آبیاری کامل، با افزایش شوری آب زیرزمینی، مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی کم می‌شود و احتمالاً تبخیر کمتر از سطح خاک، تجمع کمتر نمک در ناحیه ریشه گیاه، و افزایش نسبی عملکرد را به دنبال داشته است.

واژه‌های کلیدی

آب زیرزمینی کم عمق و شور، ذرت، عملکرد، لایسیمتر استوانه‌ای شکل، مشارکت آب زیرزمینی

مقدمه

آبیاری استفاده شود (Ayars & Schoneman, 1986). در برنامه‌ریزی‌های آبیاری، مشارکت آب زیرزمینی در مصرف آب گیاه معمولاً به حساب نمی‌آید. این موضوع منجر به آبیاری بیش از نیاز و افزایش حجم زهکشی خواهد شد. از طرف دیگر، نواحی زراعی مناطق خشک و نیمه‌خشک

آب زیرزمینی کم عمق منبعی از آب است که به هنگام مدیریت آب در کشاورزی فاریاب، معمولاً از آن چشم‌پوشی می‌شود، در حالی که با مدیریت و شرایط صحیح می‌تواند به صورت درجا یا زه‌آب همراه با آب

منبع بالقوه آب قلمداد شود، آبیاری را می‌توان بدون خسارت به محصول کاهش داد (Patel & Joshi, 1985; Ayars & Hutmacher, 1994). کاهش آبیاری در حضور سطح ایستابی کم عمق، نه تنها به افزایش راندمان مصرف آب می‌انجامد بلکه خطر ایجاد حالت ماندابی و آبشویی نیترات از منطقه ریشه را کاهش می‌دهد (Pitts *et al.*, 1990). مقدار جریان رو به بالا و به تبع آن مقدار کاهش در آبیاری، بستگی به عمق سطح ایستابی، خصوصیات هیدرولیکی خاک و خصوصیات گیاهی، نظیر مجاورت ریشه‌ها به سطح ایستابی، دارد (Thorburn, 1997).

کیفیت آب موجود در لایه آبدار زیرزمینی، نخستین نگرانی است که در تعیین مناسب بودن آن برای مصرف گیاه و نیز جبران درصدی از تبخیر و تعرق گیاه مطرح است. به عبارت دیگر، آب زیرزمینی کم عمق زمانی با ارزش است که کیفیت آن اجازه تولید پایدار گیاهان سودمند را فراهم سازد. لذا اطلاعاتی در خصوص پاسخ گیاه به عمق و شوری آب زیرزمینی، جهت اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی نظیر انتخاب گیاه و گزینه‌های مدیریت آبیاری مورد نیاز خواهد بود. اندازه‌گیری‌های کمی از میزان مشارکت آب زیرزمینی کم عمق در تبخیر و تعرق گیاه در مورد برخی گیاهان در دسترس هست، اما اندازه‌گیری‌هایی که تأثیرات شوری آب زیرزمینی را نیز در بر گیرد بسیار محدود است (Hutmacher *et al.*, 1996). مطالعات نام‌کین و همکاران (Namken *et al.*, 1969)، گریمز و هندرسون (Grimes & Henderson, 1984)، کروزر و همکاران (Kruse *et al.*, 1985)، و گریسمر و همکاران (Grismer *et al.*, 1988) نشان می‌دهد که مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه به شدت متأثر از عمق و شوری آب زیرزمینی است، اما این محققان زمان‌بندی جذب آب زیرزمینی را تعیین نکردند. آیارز و شونمان (Ayars & Schoneman, 1986) و گریسمر و همکاران (Grismer *et al.*, 1988) نیز گزارش دادند که مشارکت

جهان که آب زیرزمینی کم عمق دارند، جهت دفع زه‌آب خود با محدودیت‌های زیادی مواجه‌اند بوده و ملزم به کنترل یا کاهش زه‌آب تولیدی خود هستند (Hutmacher *et al.*, 1996). به طور کلی از راه‌های زیر می‌توان حجم زه‌آب را به حداقل رساند: (۱) بهبود مدیریت آب آبیاری جهت به حداقل رساندن نفوذ عمقی، (۲) ایجاد شرایط مناسب برای گیاه به منظور مصرف مستقیم از آب زیرزمینی کم عمق و شور، و (۳) استفاده مجدد از زه‌آب در آبیاری (Ayars & Schoneman, 1986). در اثر محدودیت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی، کاهش آب آبیاری احتمالاً سودمندترین راه جهت کاهش دفع زه‌آب خواهد بود (Hutmacher *et al.*, 1996). استفاده درجا از آب زیرزمینی کم عمق نسبت به کاربرد سطحی به سامانه پیچیده‌تری نیاز دارد، زیرا از پتانسیل آب مصرفی گیاه و چگونگی دستیابی به حداکثر پتانسیل مصرف اطلاعات محدودی وجود دارد. بسته به نوع گیاه و کیفیت آب زیرزمینی کم عمق، هر یک از روش‌های فوق با درجاتی از موفقیت به کار گرفته می‌شود و در ارتباط با هر روش، چالش‌های مدیریتی نیز وجود دارد (Ayars *et al.*, 2006). در مواردی که مصرف گیاه و زهکشی طبیعی (زهکشی زیستی^۱) می‌تواند به مقدار کافی سطح آب را پایین ببرد، یک ظرفیت ذخیره اضافی آب ایجاد می‌شود که خروجی زهکشی را کاهش خواهد داد. کنترل جریان خروجی از سامانه زهکشی، توزیع مجدد آب زیرزمینی را بهبود خواهد بخشید و فرصت جذب آب را برای گیاهان ایجاد خواهد کرد (Ayars & Schoneman, 1986). از این رو برای کاستن از حجم زه‌آب تولیدی یکی از روش‌ها مدیریت آبیاری، زهکشی، و گیاه به گونه‌ای است که امکان جذب از آب زیرزمینی کم عمق فراهم آید (Meek *et al.*, 1984; 1980). با بالا رفتن جذب از آب زیرزمینی، نیاز آبیاری و مقدار زهکشی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، هر جا که سطح ایستابی بتواند

محصول یا پاسخ‌های رشدی گیاه به ترکیب شیمیایی آب آبیاری یا شوری متوسط ناحیه ریشه هستند (Maas & Hoffman, 1977). در نواحی با آب زیرزمینی کم عمق و شور، هنگامی که آب آبیاری با شوری کم به کار گرفته می‌شود، پیش‌بینی پاسخ گیاه مشکل خواهد بود، زیرا در طول زمان و در بخش‌های مختلف ریشه، آب با کیفیت‌های مختلف وجود دارد (Rhoades & Lovedy, 1990). اما جهت تصحیح مدیریت آبیاری تحت شرایط آب زیرزمینی کم عمق، تخمین مناسب از مشارکت آب زیرزمینی کم عمق در تأمین تبخیر و تعرق گیاه به صورت تابعی از مرحله رشد گیاه و شوری آب زیرزمینی مورد نیاز است (Hutmacher *et al.*, 1996).

بنابراین، مشارکت آب زیرزمینی یک جزء قابل توجه بیلان آب است و باید به عنوان فراهم کننده بخشی از آب مورد نیاز برای تبخیر و تعرق گیاه شناخته شود. این موضوع باعث صرفه‌جویی و ذخیره آب، انرژی، و نیروی کار می‌شود، خروجی زهکش را کاهش می‌دهد، و کمک خواهد کرد تا سطح ایستابی در عمقی مطلوب حفظ گردد (Kahlowan *et al.*, 2005). در ۵۰ سال گذشته و در تحقیقاتی گسترده، مصرف درجای گیاه از آب زیرزمینی کم عمق در انواع گسترده‌ای از گیاهان تشریح شده است، اما پتانسیل کامل این منبع تا کنون کمی نشده است. مصرف آبی گیاه از آب زیرزمینی کم عمق متأثر از خصوصیات هیدرولیکی خاک، عمق سطح ایستابی، کیفیت آب زیرزمینی، مدیریت، شیوه آبیاری، و مشخصات گیاه از جمله مشخصات ریشه گیاه، دوره رشد گیاه، و مقاومت گیاه به شوری است. این سطح از پیچیدگی، اجرای پژوهش‌هایی را ناممکن می‌سازد که در آنها همه عوامل یکجا پوشش داده می‌شوند. در این حالت پژوهش تنها بر یک جزء ساده متمرکز می‌شود؛ برای مثال مصرف آب در ارتباط با عمق ایستابی، یا کیفیت آب زیرزمینی، یا نوع خاک در نظر گرفته می‌شود (Ayars *et al.*, 2006).

آب زیرزمینی بسیار متغیر و پیش‌بینی یا تخمین آن مشکل است. برخی مطالعات به شرح زیر است:

- وان شیلفگارد و همکاران (Van Schilfgaarde *et al.*, 1974) می‌گویند که گیاهان قادرند از آب‌هایی با شوری بالاتر از آنچه در مطالعات مقاومت به شوری ذکر شده است استفاده کنند.

- والندر و همکاران (Wallender *et al.*, 1979) دریافتند که پنبه تا ۶۰ درصد تبخیر و تعرق خود را از آب زیرزمینی شور ۶ دسی‌زیمنس بر متر استخراج کرده است. - آیارز و شونمان (Ayars & Schoneman, 1986) دریافتند که در خاک لوم رسی، پنبه تا ۴۹ درصد تبخیر و تعرق خود را، بسته به مقدار آب غیر شور به کار رفته، از آب زیرزمینی شور ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر استخراج کرده است.

- کرووز و همکاران (Kruse *et al.*, 1993) میزان مشارکت آب زیرزمینی با شوری (۶-۰) دسی‌زیمنس بر متر را در تأمین تبخیر و تعرق ذرت در خاک لوم شنی ریز تا ۵۸ درصد گزارش داده‌اند.

- اماری و ایزونو (Omary & Izuno, 1995) محدوده تبخیر و تعرق نیشکر را که از طریق آبیاری زیر سطحی، صرفاً با نوسان سطح ایستابی بین ۰/۴ و ۱ متر تعیین شد، بین ۲۰ تا ۱۰۶ درصد مقدار تبخیر از تشت به دست آوردند.

- سپاسخواه و همکاران (Sepaskhah *et al.*, 2003) مشارکت آب زیرزمینی به عمق ۰/۶۸ متر و شوری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر را در تأمین آب مصرفی ذرت در خاک لوم رسی، تا ۴۶ درصد گزارش داده‌اند.

- بارگاهی و موسوی (Bargahi & Mousavi, 2007) میزان مشارکت آب زیرزمینی به عمق ۰/۵ متر را در تبخیر و تعرق گیاه گلرنگ، در شرایط گلخانه‌ای ۵۴ درصد برای آب زیرزمینی شور (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و ۸۲ درصد برای آب زیرزمینی شیرین (۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر) گزارش داده‌اند. اکثر داده‌های مقاومت به شوری، بر اساس

شبکه زهکشی مزرعه برای تهیه آب زیرزمینی با شوری‌های مورد نظر و پر کردن مخزن بطری ماریوت استفاده می‌شد. دور آبیاری در این تحقیق پس از استقرار گیاه و تکمیل مرحله ابتدایی رشد، هفتگی است و مقدار آن بر اساس مجموع تبخیر از تشت تبخیر کلاس A مستقر در ایستگاه هواشناسی مزرعه در هفته ما قبل آبیاری تخمین زده شد. برای مقدار آبیاری دو تیمار در نظر گرفته شد: یکی تیمار کم آبیاری معادل ۷۰ درصد و دیگری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. نوع و ترکیب شش تیمار اصلی طرح در جدول ۱ ذکر شده است. همچنین یک تیمار کشت ذرت با آبیاری کامل و بدون آب زیرزمینی، جهت مقایسه نتایج و محاسبه ضریب گیاهی پایه (Ayars & Hutmacher, 1994) در نظر گرفته شد.

تبخیر و تعرق گیاه مرجع چمن نیز از طریق یک تیمار جداگانه کشت چمن، با آبیاری کامل و بدون شرایط آب زیرزمینی تعیین شد (IRNCID, 2009). بنابراین، با احتساب تیمار کشت ذرت بدون آب زیرزمینی و تیمار کشت چمن، تعداد کل تیمارها ۸ مورد است و بدین ترتیب مجموعاً ۲۴ عدد لایسیمتر از جنس پلی‌اتیلن، به قطر ۸۰ و ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر (مطابق شکل ۱) به کار گرفته شد.

در تحقیق حاضر اهداف زیر دنبال شد: (۱) بررسی میزان مشارکت آب زیرزمینی کم عمق و شور در تأمین نیاز آبی کشت ذرت تابستانه در استان خوزستان، (۲) ارزیابی میزان استفاده گیاه ذرت از آب زیرزمینی کم عمق با شوری متفاوت و در مراحل مختلف رشد، و (۳) تعیین اثر شوری آب زیرزمینی کم عمق بر عملکرد گیاه در دو سطح آبیاری.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۸۸ و به صورت لایسیمتری در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. در این طرح با توجه به اجرای زهکش‌های زیرزمینی کم عمق در منطقه و نیز عمق فعال ریشه ذرت (Emam, 2004)، برای سطح ایستابی عمق ۰/۶ متر در نظر گرفته شد. شوری آب آبیاری که منبع آن رودخانه کارون است، در طول سال در محدوده ۱/۵ تا ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر متغیر است، لذا برای آب زیرزمینی سه تیمار شوری به میزان $S_1=2/5$ ، $S_2=5$ و $S_3=7/5$ دسی‌زیمنس بر متر که تقریباً معادل یک برابر، دو برابر، و سه برابر شوری آب آبیاری است و در محدوده تحمل ذرت نسبت به شوری هستند، اعمال گردید. در شوری یک برابر، انتظار کاهش محصول وجود ندارد (Maas, 1993). یادآوری می‌شود که از آب خروجی

جدول ۱- نوع و ترکیب تیمارهای اصلی طرح برای عمق ۰/۶ متر آب زیرزمینی

درصد آبیاری		شوری آب زیرزمینی (دسی‌زیمنس بر متر)
$I_2=70\%/ET$	$I_1=100\%/ET$	
$I_2 S_1$	$I_1 S_1$	$S_1 = 2/5$
$I_2 S_2$	$I_1 S_2$	$S_2 = 5$
$I_2 S_3$	$I_1 S_3$	$S_3 = 7/5$

لایسیمتر، حفر شد. دیواره ترانشه‌های مذکور نیز جهت جلوگیری از ریزش خاک اطراف لایسیمترها و ایجاد لایه عایق برای آنها با بلوک و سیمان دیوار چینی شد. لایسیمترها با رعایت نیمرخ طبیعی خاک مزرعه، تا رسیدن به تراکم طبیعی ۱/۴۵ گرم بر سانتی متر مکعب از همان خاک که دارای بافت سیلت لوم بود، پر شدند پس از آن به مدت ۴ روز به روش غرقاب آبشویی شدند. شوری زه‌آب خروجی از لایسیمترها از حدود ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر در ابتدای آبشویی کاهش یافت و به شوری تعادلی در پایان آن (حدود ۳ دسی‌زیمنس بر متر) رسید و سپس ثابت ماند. ویژگی‌های بافت خاک در جدول ۲ ارائه شده است که از عمق تا سطح تقریباً یکسان است.

در تیمارهای آبیاری کامل و نیز در آبیاری چمن (که هر دو روز یک‌بار انجام می‌شد)، برای حصول اطمینان از تأمین آب مورد نیاز گیاه، حدود ۵ تا ۱۰ درصد آب بیشتر از مقدار محاسبه شده به لایسیمترها داده می‌شد تا آب اضافی از زهکش لایسیمترها خارج شود و گیاه کمبودی از نظر آب آبیاری نداشته باشد. به کمک مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه مربوط به کشت چمن و تبخیر روزانه قرائت شده از تشت تبخیر، ضریب تشت تبخیر به دست آمد. لایسیمترها در سه ردیف ۸ تایی برای سه تکرار به صورت مدفون در خاک مزرعه کار گذاشته شدند. بین هر دو ردیف مجاور یک ترانشه به عرض ۱/۳ متر و عمق ۱/۵ متر جهت حرکت بین ردیف‌ها، نصب سامانه کنترل سطح آب زیرزمینی، و نصب ظروف جمع‌آوری زه‌آب مرتبط با هر

← ۰/۸ متر → ۰/۱۰ متر

شکل ۱- لایسیمترهای ستونی و سامانه کنترل سطح ایستابی (Kahlown et al., 2005) و (Gowing et al., 2009) بطری ماریوت

جدول ۲- ویژگی‌های بافت خاک درون لایسیمترهای مورد آزمایش

بافت خاک	شن (درصد)	مانومتر		عمق خاک (سانتی‌متر)
		سیلت (دوله زهکش د)	رس (درصد)	
Silt Loam	۲۸	۵۰	۲۲	۰-۳۰
Silt Loam	۲۷	۵۰	۲۳	۳۰-۶۰

گیاه باشد، مقدار اضافی آن از طریق لوله زهکش خارج و حجم آن از آب داده شده کسر می‌شد تا معادله توازن حجم رعایت شده باشد.

برای هر یک از لایسیمترها مطابق شکل ۱، یک بطری ماریوت با گنجایش ۳۰ لیتر در نظر گرفته شد که از طریق لوله رابط به زهکش هر لایسیمتر متصل است. عملکرد

مشترک لوله زهکش (جهت جمع‌آوری زه‌آب نفوذ عمقی) و لوله ماریوت (جهت تأمین آب زیرزمینی) موجب تثبیت سطح ایستابی در لایسیمترهاست. مقدار آب مصرف شده درون مخزن مدرج بطری ماریوت، همان مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه است که به صورت هفتگی ثبت می‌شد. هرگاه آب آبیاری بیش از نیاز آبی

جهت آماده‌سازی خاک درون لایسیمترها پس از آبشویی، به هر یک از آنها با توجه به نتایج حاصل از تجزیه خاک و توصیه کودی (Emam, 2004)، کود پایه فسفات و پتاس بر اساس ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار افزوده شد. پس از اختلاط کود با خاک سطحی لایسیمترها، یک پشته در وسط هر لایسیمتر ایجاد شد. در تاریخ اول مرداد ماه

ET_a = تبخیر و تعرق واقعی گیاه در شرایط تنش آبی یا وجود آب زیرزمینی کم عمق (میلی‌متر)؛ G_c = مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه، I = مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)، D = مقدار نفوذ عمقی از ناحیه ریشه (میلی‌متر)، ΔW = تغییرات رطوبت خاک در ناحیه ریشه (میلی‌متر)، و R_e = بارندگی مؤثر (میلی‌متر) است.

پس از استقرار گیاه و تکمیل مرحله ابتدایی رشد، در تاریخ بیست و نهم مرداد سال ۱۳۸۸ تیمارهای مورد نظر اجرا و عوامل رابطه ۱ در هر لایسیمتر به صورت هفتگی (معادل دور آبیاری) اندازه‌گیری و ET_a محاسبه شد. در رابطه مذکور، مشارکت آب زیرزمینی G_c ، از کاهش مقدار آب در مخزن بطری ماریوت قرائت شد. مقدار آب زهکشی شده D ، مقدار آبی است که در ظرف جمع‌آوری زه‌آب مربوط به هر لایسیمتر جمع‌آوری می‌گردید. چون تغییرات ΔW در فصل رشد در مقایسه با سایر عوامل ناچیز است (Bargahi & Mousavi, 2007)، از اندازه‌گیری آن چشم‌پوشی اما سایر عوامل سمت راست معادله اندازه‌گیری شد. جزء مشارکت آب زیرزمینی نیز از رابطه ۲ محاسبه شد (Sepaskhah *et al.*, 2003).

$$\text{درصد مشارکت آب زیرزمینی} = \frac{G_c}{ET_a} \times 100 \quad (2)$$

برای اندازه‌گیری شوری از دستگاه EC متر قابل

حمل مدل AZ8361 و پس از واسنجی کردن استفاده شد. همچنین با بهره‌گیری از نرم‌افزار MSTATC داده‌ها تجزیه و تحلیل آماری شدند.

سال ۱۳۸۸، بر اساس تراکم کشت معمول (۸۰ هزار بوته در هکتار)، و با تراکم چهار برابر، تعداد ۱۶ بذر ذرت ضد عفونی شده رقم SC704 در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری خاک طرفین پشته در هر لایسیمتر کاشته شد (Emam, 2004). مرحله اول کود نیتروژن‌دار نیز بر اساس ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، همراه با آب آبیاری اول در همان روز داده شد. پنج روز پس از کشت، تقریباً تمام بذرها جوانه زدند. تنک کردن در سه مرحله یعنی ۲۰، ۴۰، و ۵۰ روز پس از کشت اجرا شد (Emam, 2004) و تعداد بوته‌ها به ترتیب به ۵، ۸ و در نهایت به ۴ بوته در هر لایسیمتر کاهش یافت. باقیمانده کود نیتروژن‌دار نیز در دو قسط، یکی در مرحله ۴ برگگی (۲۰ روز پس از کشت) و دیگری در مرحله گلدهی (۶۵ روز پس از کشت) همراه آب آبیاری داده شد. یادآوری می‌شود که جهت به حداقل رساندن تأثیرات محیطی، در محیط پیرامون لایسیمترها نیز ذرت به صورت ردیفی کشت شد. در شکل ۲، نمای عمومی محوطه آزمایش و کشت اطراف لایسیمترها، و در شکل ۳، مرحله سوم تنک کردن بوته‌ها تا رسیدن به ۴ بوته در هر لایسیمتر نشان داده شده است. تبخیر و تعرق واقعی گیاه در هر لایسیمتر از رابطه توازن حجم تعیین شد که به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود (Sepaskhah *et al.*, 2003):

$$ET_a = I + R_e + G_c - D \pm \Delta W \quad (1)$$

که در آن،



شکل ۲- نمای عمومی محوطه آزمایش و کشت اطراف لایسیمترها.



شکل ۳- مرحله سوم تنک کردن بوته‌ها تا رسیدن به ۴ بوته در هر لایسیمتر.

مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه، میانگین وزن دانه خشک، و میانگین وزن ماده خشک بوته در هر لایسیمتر در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه آماری مربوط به تأثیر مقدار آبیاری، شوری آب زیرزمینی، و برهم کنش مقدار آبیاری و شوری آب زیرزمینی بر میزان

جدول ۳- میانگین مربعات صفات مورد بررسی متأثر از دو فاکتور شوری آب زیرزمینی و مقدار آبیاری

میانگین مربعات		مشارکت آب زیرزمینی	درجه آزادی	منابع خطا
میانگین وزن ماده خشک بوته	میانگین وزن دانه خشک بوته			
۹۸۶/۷۸۲**	۱۰۳/۳۸۴**	۰/۰۰۲ns	۲	تکرار
۱۱۵۷/۸۴۶**	۳۵/۷۹۲ns	۱۴۱۲/۴۶۱**	۱	مقدار آبیاری
۱۱۴/۴۷۷ns	۲۱/۵۲۸ns	۱۷/۴۳۹**	۲	شوری آب زیرزمینی
۶۳/۸۶۱ns	۱/۸۰۷ns	۵/۴۱۲**	۲	برهم کنش آبیاری و شوری
۱۰۲/۹۰۳	۱۳/۲۹۰	۰/۰۰۷	۱۰	خطا
-	-	-	۱۷	کل
۷/۲۹ درصد	۸/۲۵ درصد	۰/۶۳ درصد	-	ضریب تغییرات C.V.

* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ns نبود اختلاف معنی دار

درصد، برای سه سطح شوری ۲/۵، ۵ و ۷/۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۵/۲۸، ۴/۶۱ و ۳/۷۶ درصد و در سطح آبیاری ۷۰ درصد، ۲۵/۰۰، ۲۲/۰۹ و ۱۹/۷۱ درصد است. بیشترین مقدار مشارکت مربوط به تیمار I₂S₁ به میزان ۲۵/۰۰ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار I₁S₃ به میزان ۳/۷۶ درصد است.

مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه

درصد مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه برای شش ترکیب تیمار اصلی طرح و مقایسه آماری آن در جدول ۴ آورده شده است. درصدهای ارائه شده، از متوسط مقادیر آن در هر دور آبیاری در طول فصل رشد به دست آمد. میزان مشارکت آب زیرزمینی در سطح آبیاری ۱۰۰

جدول ۴- برهم کنش شوری و درصد آبیاری بر میزان مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه

درصد آبیاری		شوری آب زیرزمینی (دسی زیمنس بر متر)
I ₂ =۷۰٪ET	I ₁ =۱۰۰٪ET	
۲۵/۰۰a*	۵/۲۸d	S ₁ = ۲/۵
۲۲/۰۹b	۴/۶۱e	S ₂ = ۵
۱۹/۷۱c	۳/۷۶f	S ₃ = ۷/۵

* اعداد دارای حرف مشترک در هر ستون یا هر ردیف، طبق آزمون دانکن، در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

کمتر از مقدار واقعی برآورد شده است و چون آب آبیاری به طور کامل تأمین نشده، گیاه کمبود آب را از آب زیرزمینی تأمین کرده است، ۲- وجود آب در عمق ۰/۶ متر باعث خیز مویبندی شده و در دسترس بودن آب باعث افزایش تبخیر از سطح خاک و تعرق گیاه شده است. گیاه در چنین شرایطی هیچ گونه محدودیتی از نظر آب نداشته

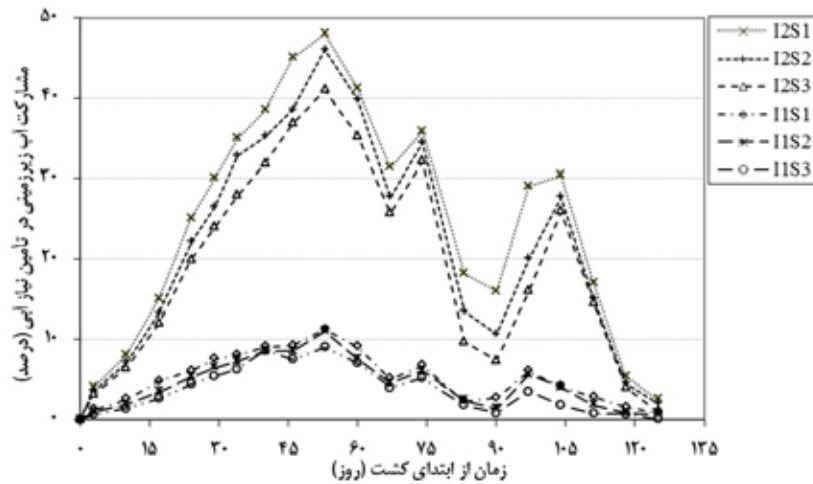
در آبیاری ۱۰۰ درصد، اگرچه نیاز آبی گیاه از طریق تشت تبخیر محاسبه شد و ۱۰۰ درصد آن در اختیار گیاه قرار گرفت، ولی باز هم گیاه از آب زیرزمینی با شوری های فوق الذکر، به ترتیب به میزان ۵/۲۸، ۴/۶۱ و ۳/۷۶ درصد استفاده کرد. برای این موضوع دو احتمال وجود دارد؛ ۱- نیاز آبی محاسبه شده از تشت تبخیر تقریبی بوده و

و در نتیجه، روزه‌های گیاه مجبور به بسته شدن نخواهند بود و گیاه بیش از محاسبات معمول آب مصرف می‌کند. با توجه به تحقیقات گذشته، احتمال دوم به واقعیت نزدیک‌تر است. برخی از محققان، مشارکت آب زیرزمینی به عمق ۵/۰ تا ۱ متر را در مصرف آب گیاه یونجه، به‌رغم آبیاری تا سطح ۱۳۰ درصد نیاز آبی، حدود ۲۳ درصد گزارش کرده‌اند (Ayars & Hutmacher, 1994). مطابق جدول ۴، با افزایش شوری آب زیرزمینی، میزان مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه در تمام موارد در سطح ۵ درصد به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. برهم‌کنش دو عامل مذکور نیز بر میزان مشارکت آب زیرزمینی تأثیر معنی‌دار دارد. می‌توان گفت افزایش شوری آب زیرزمینی از طریق کاهش پتانسیل (انرژی) اسمزی آب، باعث کاهش شیب پتانسیل بین آب زیرزمینی و ریشه گیاه می‌شود و حرکت آب را از سفره آب زیرزمینی به سمت ریشه کند خواهد کرد. افزایش مقدار آب آبیاری نیز پتانسیل آب در منطقه ریشه را افزایش داده و به طور مشابه، کاهش مشارکت آب زیرزمینی را به دنبال خواهد داشت. به عبارت دیگر، با کاهش سطح جایگزینی رطوبت، میزان مشارکت آب زیرزمینی افزایش می‌یابد. بالعکس، هنگامی که انرژی پتانسیل آب خاک در بخش‌هایی از منطقه ریشه گیاه در اثر افزایش شوری یا کاهش مقدار رطوبت کاهش یابد، تغییر فاز به سمت جذب بیشتر از آب زیرزمینی به وجود می‌آید، زیرا ممکن است پتانسیل آب در نزدیکی سطح ایستابی بیشتر باشد. در این حالت هرچه شوری آب زیرزمینی کمتر باشد، گیاه از آب زیرزمینی بیشتر استفاده می‌کند. بنابراین، ترکیب پتانسیل ماتریک و اسمزی آب خاک در منطقه ریشه می‌تواند مشارکت آب زیرزمینی را تحت تأثیر قرار دهد. عمده مصرف آبی گیاه از آب زیرزمینی کم عمق، مطابق مشاهدات هفتگی مخزن بطری ماریوت در انتهای دوره

آبیاری، درست قبل از آبیاری بعدی است. احتمالاً حداکثر شیب پتانسیل آب خاک در این زمان ایجاد می‌شود که منجر به بیشترین مشارکت آب زیرزمینی خواهد شد و بدان معنی است که اگر دوره آبیاری کوتاه شود یا رطوبت تخلیه شده خاک به طور کامل جایگزین گردد، فرصت کمتری برای گیاه وجود دارد تا از آب زیرزمینی استفاده کند. این نتایج با یافته‌های آیارز و همکاران (Ayars et al., 2006) مطابقت دارد که گفته‌اند تواتر بالا در آبیاری، پتانسیل جذب از آب زیرزمینی کم عمق را کاهش می‌دهد.

در شکل ۴، روند تغییرات مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه در طول فصل رشد برای شش تیمار اصلی طرح نشان داده شده است. مطابق شکل مذکور، در کلیه تیمارها همزمان با رشد و توسعه اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه، میزان مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه روند افزایشی دارد و با تکمیل مرحله رشد توسعه، به حداکثر خود می‌رسد. سپس با شروع مرحله میانی رشد گیاه و ظهور گل آذین، که مصادف با آغاز دوره شرعی (افزایش رطوبت و کاهش پتانسیل تبخیری اتمسفر) در اواخر شهریور و اوایل مهر ماه است، میزان مشارکت آب زیرزمینی کاهش می‌یابد و مجدداً با سپری شدن دوره شرعی و کاهش رطوبت نسبی حداقل (RH_{min})، بالا می‌رود و سرانجام در مرحله پایانی رشد تا هنگام برداشت محصول، به حدود ۱ تا ۲ درصد تنزل می‌یابد. روند تغییرات مشارکت آب زیرزمینی در طول فصل رشد در کلیه تیمارها مشابه هم است، اما مقدار آن در تیمارهای شش‌گانه با افزایش شوری و افزایش مقدار آبیاری کاسته می‌شود.

بیشترین اختلاف مشارکت آب زیرزمینی در بین تیمارها، در مرحله رشد و توسعه گیاه و نیز در اواخر دوره میانی رشد رخ داده است.



شکل ۴- تغییرات میزان مشارکت آب زیرزمینی برای ترکیب دو سطح آبیاری و سه سطح شوری آب زیرزمینی در طول فصل رشد.

عملکرد گیاه

به ترتیب ۵۸/۷۶ و ۲۰۲/۲۰ گرم در بوته است. مطابق جدول ۵، روند تغییرات وزن دانه خشک در هر سطح آبیاری از شوری کم به شوری زیاد متفاوت است و تغییرات مشابهی ندارد، به طوری که در حالت آبیاری کامل، مقدار دانه با افزایش شوری آب زیرزمینی، از ۲/۵ به ۵ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش و تا شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر، افزایش می‌یابد. اما در حالت کم آبیاری، مقدار دانه خشک با افزایش شوری آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. این تغییرات در تمام موارد در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. روند تغییرات ماده خشک در هر دو سطح آبیاری مشابه تغییرات دانه خشک است، و اختلاف مقادیر در هر دو حالت آبیاری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. برهم‌کنش دو عامل شوری آب زیرزمینی و مقدار آبیاری بر عملکرد دانه خشک معنی‌دار نیست اما بر عملکرد ماده خشک معنی‌دار است.

در جدول ۵، نتایج مربوط به عملکرد گیاه شامل میانگین وزن دانه خشک و میانگین وزن ماده خشک (اندام هوایی) تولیدی بوته در هر لایسیمتر، در دو سطح آبیاری و در حضور آب زیرزمینی کم عمق با سه سطح شوری ارائه شده است. در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد و در شوری‌های ۲/۵، ۵، و ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین وزن دانه خشک تولیدی بوته در هر لایسیمتر به ترتیب ۴۷/۵۱، ۴۳/۷۶، و ۴۵/۷۱ گرم و میانگین ماده خشک تولیدی بوته در هر لایسیمتر ۱۵۰/۳۵، ۱۳۹/۱۵، و ۱۵۲/۵۷ گرم است. با ۷۰ درصد تأمین نیاز آبی، مقدار دانه خشک تولیدی به ترتیب ۴۴/۹۴، ۴۲/۱۷، و ۴۱/۰۷ گرم در بوته و ماده خشک تولیدی ۱۳۵/۱۴، ۱۲۹/۸۹، و ۱۲۸/۲۷ گرم در بوته می‌رسد. مقدار دانه خشک و ماده خشک در تیمار بدون آب زیرزمینی و با آبیاری کامل نیز

جدول ۵- برهم‌کنش سه سطح شوری آب زیرزمینی و دو سطح آبیاری بر عملکرد دانه و ماده خشک ذرت

درصد آبیاری		شوری آب زیرزمینی (دسی‌زیمنس بر متر)	نوع عملکرد
$I_2=70\%/ET$	$I_1=100\%/ET$		
۴۴/۹۴a	۴۷/۵۱a*	$S_1 = 2/5$	میانگین وزن دانه خشک (گرم در بوته)
۴۲/۱۷a	۴۳/۷۶a	$S_2 = 5$	
۴۱/۰۷a	۴۵/۷۱a	$S_3 = 7/5$	

تیمار بدون آب زیرزمینی و آبیاری کامل			۵۸/۷۶
۱۳۵/۱۴ab	۱۵۰/۳۵a	$S_1 = 2/5$	
۱۲۹/۸۹b	۱۳۹/۱۵ab	$S_2 = 5$	میانگین وزن ماده خشک
۱۲۸/۲۷b	۱۵۲/۵۷a	$S_3 = 7/5$	(گرم در بوته)
تیمار بدون آب زیرزمینی و آبیاری کامل			۲۰۲/۲۰

* اعداد دارای حرف مشترک در هر ستون یا هر ردیف، طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در حالت کم آبیاری، مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه احتمالاً باعث بالا آمدن املاح در محدوده ریشه گیاه می‌شود و لذا با افزایش شوری آب زیرزمینی، عملکرد محصول کاهش بیشتری نشان می‌دهد. اما در حالت آبیاری کامل، مشارکت آب زیرزمینی در نیاز آبی گیاه کم است و این نیاز عمدتاً از طریق آب آبیاری تأمین شده است. در این حالت، با افزایش شوری آب زیرزمینی، مشارکت آب زیرزمینی کم می‌شود و احتمالاً تبخیر کمتر از سطح خاک، تجمع کمتر نمک در ناحیه ریشه گیاه، و افزایش نسبی عملکرد را به دنبال داشته است.

کاهش عملکرد تیمارهای شش‌گانه، نسبت به تیمار بدون آب زیرزمینی، در جدول ۶ ارائه شده است. مطابق این جدول، در سطح آبیاری ۷۰ درصد و در شوری‌های ۲/۵، ۵، و ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش عملکرد دانه خشک نسبت به تیمار کشت بدون آب زیرزمینی به ترتیب ۲۳/۶، ۲۸/۳، و ۳۰/۱ درصد و در مورد ماده خشک ۳۳/۲، ۳۵/۸، و ۳۶/۶ درصد است. با ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی نیز کاهش عملکرد دانه خشک در شوری‌های مذکور به ترتیب ۱۹/۲، ۲۵/۶، و ۲۲/۲ درصد و در مورد ماده خشک ۲۵/۶، ۳۱/۲، و ۲۴/۵ درصد است.

جدول ۶- درصد کاهش عملکرد تیمارهای شش‌گانه نسبت به تیمار بدون آب زیرزمینی

نوع عملکرد	شوری آب زیرزمینی (دسی‌زیمنس بر متر)		درصد آبیاری	
	$I_1=100\%/ET$	$I_2=70\%/ET$	$I_1=100\%/ET$	$I_2=70\%/ET$
میانگین وزن دانه خشک (درصد)	$S_1 = 2/5$	۱۹/۲	۲۳/۶	
	$S_2 = 5$	۲۵/۶	۲۸/۳	
	$S_3 = 7/5$	۲۲/۲	۳۰/۱	
میانگین وزن ماده خشک (درصد)	$S_1 = 2/5$	۲۵/۶	۳۳/۲	
	$S_2 = 5$	۳۱/۲	۳۵/۸	
	$S_3 = 7/5$	۲۴/۵	۳۶/۶	

مذکور در تمام موارد در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. می‌توان گفت ترکیب پتانسیل ماتریک و اسمزی آب خاک در منطقه ریشه، مشارکت آب زیرزمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد، اگرچه نیاز آبی گیاه از طریق تشت تبخیر محاسبه و ۱۰۰ درصد آن در اختیار گیاه قرار گرفت، ولی باز هم گیاه از آب زیرزمینی با

نتیجه‌گیری

در این پژوهش دیدیم که میزان مشارکت آب زیرزمینی در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد برای سه سطح شوری ۲/۵، ۵ و ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۵/۲۸، ۴/۶۱، و ۳/۷۶ درصد و با ۷۰ درصد تأمین نیاز آبی، ۲۵/۰۰، ۲۲/۰۹، و ۱۹/۷۱ درصد بوده و اختلاف مقادیر

کاهش بیشتری پیدا می‌کند. اما در حالت آبیاری کامل، مشارکت آب زیرزمینی در نیاز آبی گیاه کم است و این نیاز عمدتاً از طریق آب آبیاری تأمین می‌شود. در این حالت با افزایش شوری آب زیرزمینی، مشارکت آب زیرزمینی کم می‌شود و احتمالاً تبخیر کمتر از سطح خاک، تجمع کمتر نمک در ناحیه ریشه گیاه، و افزایش نسبی عملکرد را به دنبال دارد.

قردانی

بدین وسیله از دفتر تحقیقات و استانداردهای شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان و نیز قطب علمی مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز، به خاطر همکاری و تأمین بخش‌هایی از هزینه این طرح پژوهشی سپاسگزاری می‌شود.

شوری‌های فوق‌الذکر به ترتیب به میزان ۵/۲۸، ۴/۶۱، و ۳/۷۶ درصد استفاده کرده است. مطابق مشاهدات هفتگی، عمده مصرف آبی گیاه از آب زیرزمینی کم عمق، در انتهای دوره آبیاری و درست قبل از آبیاری بعدی است یعنی اینکه اگر دوره آبیاری کوتاه یا رطوبت تخلیه شده خاک به طور کامل جایگزین شود، فرصت کمتری برای گیاه وجود دارد تا از آب زیرزمینی استفاده کند. میزان مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه همزمان با رشد و توسعه اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه، روند افزایشی دارد و با تکمیل مرحله رشد و توسعه به حداکثر خود می‌رسد و در مرحله پایانی رشد تا هنگام برداشت محصول به حدود ۱ تا ۲ درصد تنزل می‌یابد. در حالت کم آبیاری، مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه احتمالاً باعث بالا آمدن املاح در محدوده ریشه گیاه می‌شود و با افزایش شوری آب زیرزمینی، عملکرد محصول

مراجع

- Anon. 2009. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements). Pub. NO.122. (in Farsi)
- Ayars, J.E. and Hutmacher, R.B. 1994. Crop coefficients for irrigation cotton in the presence of groundwater. *Irrig. Sci.* 15(1): 45-52.
- Ayars, J.E. and Schoneman, R.A. 1986. Use of saline water from a shallow water table by cotton. *Trans. ASAE.* 29, 1674-1678.
- Ayars, J.E., Christen, E.W., Soppe, R.W. and Meyer, W.S. 2006. The resource potential of in-situ shallow ground water use in irrigated agriculture: a review. *Irrig. Sci.* 24, 147-160.
- Bargahi, Kh. And Mousavi, A.A. 2007. Effects of shallow water table and groundwater salinity on groundwater contribution to the Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) evapotranspiration in greenhouse. *J. Sci. Technol. Agric. Nat. Res.* 10(3): 59-69. (in Farsi)
- Emam, Y. 2004. Cereal production. Shiraz University Press. Iran. (in Farsi)
- Gowing, J.W., Rose, D.A. and Ghamarnia, H. 2009. The effect of salinity on water productivity of wheat under deficit irrigation above shallow groundwater. *Agric. Water Manag.* 96, 517-524.
- Grimes, D.W. and Henderson, D.W. 1984. Developing the resource potential of a shallow groundwater. *California Water Resources Bulletin.* No. 188.
- Grismer, M.E., Gates, T.K. and Hanson, B.R. 1988. Irrigation and drainage strategies in salinity problem areas. *J. California. Agric.* 42(2): 23-24.

- Hutmacher, R.B., Ayars, J.E., Vail, S.S., Bravo, A.D., Dettinger, D. and Schoneman, R.A. 1996. Uptake of shallow groundwater by cotton: growth stage, groundwater salinity effects in column lysimeters. *Agric. Water Manag.* 31, 205-223.
- Kahlown, M.A., Ashraf, M. and Zia-ul-Haq. 2005. Effect of shallow groundwater table on crop water requirements and crop yields. *Agric. Water Manag.* 76, 24-35.
- Kruse, E.G., Champion, D.F., Cuevas, D.L., Yoder, R.L. and Young, D. 1993. Crop water use from shallow saline water tables. *Trans. ASAE.* 36, 696-707.
- Kruse, E.G., Young, D.A. and Champion, D.F. 1985. Effects of saline water table on corn irrigation. In: Keyes CG and Ward TJ (Eds) development and management aspects of irrigation and drainage systems [Proceedings of Specialty Conference ed.] ASCE. New York. 444-453.
- Maas, E.V. 1993. Guidelines for salt tolerance of plants. (Translated) Haghnia, Gh. H. Jihad University Press. Mashhad University. Iran. (in Farsi)
- Maas, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig. Drain. Div.* 103, 115-134.
- Meek, B.D., Owen-Bartlet, E.C., Stolzy, L.H. and Labanauskas, C.K. 1980. Cotton yield and nutrient uptake in relation to water table depth. *J. Soil Sci. Am.* 44, 301-305.
- Namken, L.N., Weigand, C.L. and Brown, R.O. 1969. Water use by cotton from low and moderately saline static water tables. *J. Agron.* 61, 305-310.
- Omary, M. and Izuno, F.T. 1995. Evaluation of sugarcane evapotranspiration from water table data in the everglades agricultural area. *Agric. Water Manag.* 27, 309-319.
- Patel, K.R. and Joshi, R.S. 1985. Response of sugarcane to different levels of irrigation under high water table conditions. *J. Madras Agric.* 72, 577-581.
- Pitts, D.J., Myhre, D.L., Shih, S.F. and Grimm, J.M. 1990. The effect of two water-table depths on sugarcane grown on a sandy soil. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceeding.* 49, 54-59.
- Rhoades, J.D. and Loveday, J. 1990. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart. B.A. and Nielsen. D.R. (Eds). *Irrigation of Agricultural Crops.* Agron. No. 17. Amer. Soc. Agron. Madison. WI. 1089-1142.
- Sepaskhah, A.R., Kanooni, A. and Ghasemi, M.M. 2003. Estimating water table contributions to corn and sorghum water use. *Agric. Water Manag.* 58, 67-79.
- Thorburn, P.J. 1997. Land management impacts on evaporation from shallow saline water tables. In: Taniguchi M. (Ed.) *Subsurface hydrological responses to land cover and land use changes.* Kluwer Academic Publ. Boston. 6-71.
- Van Schilfgaarde, J., Bernstin, L., Rhoads, J.D. and Rawlins, S.L. 1974. Irrigation management for salt control. *J. Irrig. Drain. Div.* 100(3): 321-338.
- Wallender, W.W., Grimes, D.W., Henderson, D.W. and Stromberg, L.K. 1979. Estimating the contribution of a perched water table to the seasonal evapotranspiration of cotton. *J. Agron.* 71, 1056-1060.

Effect of Groundwater Salinity on Maize Water Requirements and Yield

Gh. Karimi* and A. Naseri

* Corresponding Author: Graduate Student (PhD), respectively, Department of Irrigation and Drainage Engineering, College of Water Sciences Eng., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Khouzeestan Province, Iran, P. O. Box: 61357-43311, Fax: +986113365670. E-Mail: Karimi1925@yahoo.com

Received: 18 July 2011, Accepted: 17 December 2011

Lysimeter tests were conducted on shallow groundwater that supplies part of the maize water requirements to determine crop yield. Twenty-four 0.8 m diameter lysimeters were buried in the test field at a depth of 1.2 m. The lysimeters were filled with the field soil (silty loam) and planted with summer maize. The groundwater depth in the lysimeters was set at 0.6 m using Mariotte bottles. Three groundwater salinity levels (2.5, 5 and 7.5 dS/m) at deficit and full irrigation levels (70% and 100% of evaporation from pan class A before irrigation, respectively). The water was replenished on a weekly basis. A factorial experiment was used in a randomized complete block design with three replications. The control treatment was maize planted and watered with full irrigation and no ground water. The results indicated that the percent of groundwater contribution at full irrigation for the three salinity treatments were 5.28, 4.61 and 3.76, respectively. For deficit irrigation, the results were 25, 22.09 and 19.71, respectively. All differences were significant for the 0.05 Duncan multiple range test. For deficit irrigation, the grain yield was 23.6, 28.3 and 30.1 % less, respectively, than for the control for the three salinity treatments. Dry matter was 33.2, 35.8 and 36.6 % less, respectively, than for the control. At full irrigation, the grain yield was, respectively, 19.2, 25.6 and 22.2 % reduced and the dry matter was 25.6, 31.2 and 24.5 % less than for the control. At full irrigation, the groundwater contribution decreased as the groundwater salinity increased. Lower evaporation from the soil surface may cause decreased amounts of salt rising into the root zone, resulting in an increase in relative yield.

Keywords: Crop yield, Groundwater contribution, Lysimeter, Maize, Shallow saline groundwater