تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۴ (ص ۱۰-۱)

بررسی راهکارهای مختلف آبیاری یک‌درمیان با استفاده از آب شور- غیر شور در عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در آبیاری قطره‌ای

علی‌رضا کیانی*[1]، افشین مساوات[2]

۱. دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

۲. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۹- تاریخ تصویب: ۹۳/۷/۱۲)

چکیده

در این پژوهش استفاده از آب شور و کم‌آبیاری در قالب هفت تیمار به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو فصل زراعی با حضور ذرت بررسی شد. تیمارها عبارت بودند از آبیاری کامل همهٔ شیارها با آب غیر شور (T_1)، آبیاری همهٔ شیارها با ۵۰ درصد آبیاری کامل (T_2)، آبیاری یک‌درمیان شیارها با آب شور- غیر شور به صورت متناوب (T_3) و ثابت (T_4)، آبیاری یک‌درمیان شیارها فقط با آب غیر شور به صورت ثابت (T_5) و متغیر (T_6)، و آبیاری کامل با آب شور (T_7). شوری آب در تیمارهای شور و غیر شور به ترتیب ۸ و ۱/۵ dS/m بود. نتایج این پژوهش نشان داد به جای کم‌آبیاری با آبیاری یک‌درمیان شیارها در صورتی که شیارهای آبیاری‌نشده با آب شور آبیاری شوند، نسبت به کم‌آبیاری، اثربخش‌تر خواهند بود. در تیمارهای کم‌آبیاری در سال‌های اول و دوم به ترتیب ۲۹ و ۳۶ درصد و در تیمارهای T_3 و T_4 در حدود ۵۰ درصد از آب غیر شور صرفه‌جویی شد. متوسط عملکرد در تیمارهای کم‌آبیاری (T_2، T_5، T_6) نسبت به تیمار T_3 و T_4 به ترتیب ۱۹ و ۲۴ درصد کاهش معنادار داشت. از نظر کارایی مصرف آب، نتایج نشان داد در صورتی که ارزش آب شور و غیر شور یکسان در نظر گرفته شود، تیمارهای کم‌آبیاری، بیشترین بهره‌وری آب را دارند و از نظر آماری اختلاف معناداری با تیمار آبیاری کامل بدون تنش ندارند. اگر بهره‌وری آب بر اساس آب غیر شور در هر تیمار مبنای محاسبه قرار گیرد، تیمارهای T_3 و T_4 از نظر این شاخص هم بالاتر قرار می‌گیرند و گزینه‌های برتر خواهند بود.

کلیدواژگان: آب شور، آبیاری قطره‌ای، آبیاری یک‌درمیان، کم‌آبیاری، ذرت.

مقدمه

ذرت سومین گیاه مهم غله‌ای دنیا پس از گندم و برنج و مهم‌ترین منبع تولید غذا برای انسان‌ها و حیوانات است و در اکثر کشورها بیش از دیگر گیاهان کاشته می‌شود. سالیانه، به طور متوسط، ۱۶۰ میلیون هکتار اراضی تحت کشت ذرت قرار می‌گیرد و حدود ۸۱۷ میلیون تن ذرت دانه‌ای تولید می‌شود. امریکا و چین و برزیل، سه کشور بزرگ تولیدکنندهٔ ذرت در جهان، حدود ۶۸ درصد کل ذرت دنیا را تولید می‌کنند. در ایران نیز سالیانه حدود ۲۱۰ هزار هکتار ذرت کاشته می‌شود که از این مساحت حدود ۱/۸ میلیون تن ذرت به دست می‌آید (USDA[1], 2010).

آبیاری قطره‌ای، به دلیل وارد کردن آب با دبی کم و با فراوانی زیاد، قادر است پتانسیل ماتریک خاک را در منطقهٔ ریشهٔ گیاه بالا نگه دارد و از افزایش پتانسیل اسمزی خاک در اثر آبیاری با آب شور جلوگیری کند. به همین دلیل این روش در استفاده از آب شور، نسبت به روش‌های دیگر، سودمندتر است (Shalhevet, 1994). ذرت به شوری حساس است. آستانهٔ خسارت آن در اثر شوری آب آبیاری حدود ۱/۷ dS/m برآورد شده است (Maas and Hoffman, 1977). استفاده از آب شور (۱/۷ تا ۱۰/۹ dS/m) در آبیاری قطره‌ای گیاه ذرت نشان داد آبیاری با آبی که شوری کمتر از ۱۰/۹ dS/m دارد اثری معنادار بر درصد سبز ذرت نمی‌گذارد. ولی ارتفاع و وزن تر و خشک گیاه به ازای هر واحد افزایش شوری آب آبیاری حدود ۲ درصد کاهش می‌یابد (Kang *et al*, 2010). استفاده از آب شور زهکش (۱۲/۵ تا ۱۵/۵ dS/m) در سراسر فصل رویش گندم عملکرد آن را حدود ۲۶ درصد، نسبت به پتانسیل، کاهش می‌دهد و جایگزین‌کردن آبیاری اول در دورهٔ ابتدایی رشد، که گندم در آن مرحله به شوری حساس‌تر است، با آب غیر شور، عملکرد آن را حدود ۱۶ درصد کاهش می‌دهد (Sharma *et al*, 1994). مدیریت‌های مختلف کاربرد آب شور بر عملکرد گندم را Naresh *et al* (1993) بررسی کردند. نتیجهٔ تحقیقات آن‌ها نشان داد در

* نویسندهٔ مسئول: akiani71@yahoo.com

1. United State Department of Agriculture

Archive of SID

www.SID.ir

صورتی که در سراسر فصل رشد فقط از آب شور (۱۲ dS/m) استفاده شود، عملکرد حدود ۴۰ درصد و در صورتی که اولین آبیاری با آب غیر شور (۰/۴ dS/m) انجام شود، عملکرد حدود ۲۲ درصد، نسبت به پتانسیل، کاهش می‌یابد. همچنین در تیماری که دو آبیاری اول آن با آب غیر شور و دو آبیاری بعدی با آب شور انجام شد عملکرد حدود ۷ درصد، در تیماری که به صورت یک‌درمیان با آب غیر شور و شور آبیاری شد عملکرد حدود ۳ درصد، و در تیماری که آبیاری آن با اختلاط دو نوع آب انجام شد عملکرد حدود ۴ درصد نسبت به پتانسیل کاهش یافت. استفادهٔ متناوب از آب شور- غیر شور برای گیاه حساس به نمک، مانند ذرت، نسبت به روش اختلاط دو نوع آب مناسب‌تر است؛ در حالی که برای گیاه مقاوم به نمک، مانند پنبه، دو روش کاربرد اشاره‌شده مزیتی بر هم ندارند (Bradford and Letey, 1993). شیوه‌های آبیاری جویچه‌ای معمولی و جویچه‌ای یک‌درمیان روی عملکرد سویا تأثیری نداشت؛ ولی در روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان حدود ۴۶ درصد نسبت به روش جویچه ای معمولی آب کمتری مصرف شد. بهره‌وری آب[1] (WP) در تیمارهای جویچه ای معمولی و یک‌درمیان به ترتیب ۵/۵ و ۶/۱ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی است (Graterol *et al*, 1993). روش‌های مختلف تلفیق آب شور (۷/۳ dS/m) و غیر شور (۰/۷ dS/m) بر عملکرد ذرت و توزیع و غلظت نمک در منطقهٔ ریشه، در شرایط لایسیمتری، بررسی و مشخص شد میانگین عملکرد دانهٔ ذرت در تیمارهای شاهد، متناوب نیم‌درمیان (نیمی از آب آبیاری با آب شور و نیمی دیگر بلافاصله پس از نفوذ آب شور با آب شیرین تکمیل شد)، اختلاط دو نوع آب، و متناوب یک‌درمیان آب شور- شیرین به ترتیب ۰/۶۲، ۰/۴۶، ۰/۳۸، و ۰/۳۶ کیلوگرم در هر متر مربع است. نتایج نشان داد در تیمار تلفیق متناوب نیم‌درمیان نسبت به تیمارهای تلفیق متناوب یک‌درمیان و مخلوط شوری عصارهٔ اشباع خاک کمتر و در تیمارهای تلفیق متناوب یک‌درمیان و مخلوط تقریباً برابر است (Liaghat and Esmaili, 2003). روش‌های مختلف مدیریتی برای کاربرد آب شور در کشاورزی شامل روش های اختلاط دو نوع آب با کیفیت متفاوت، کاربرد متناوب آب شور- غیر شور، کاربرد آب شور برای گیاهان با تحمل های مختلف در تناوب یک‌دیگر، استفاده از مواد شیمیایی، و کاربرد روش مناسب آبیاری بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده روندی امیدبخش را جهت استفاده از آب‌های با کیفیت پایین برای تولید گیاه، بدون تنزل کیفی خاک، نشان می‌دهد (kiani and Kochekzadeh, 2002). بررسی بهره‌وری آب گندم تحت شرایط شوری نشان داد با افزایش شوری، بهره‌وری آب کاهش می‌یابد؛ به طوری که در شوری‌های ۱۴ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر این شاخص به ترتیب حدود ۱۳ و ۷ درصد کاهش پیدا می‌کند. تحلیل نتایج نشان می‌دهد استفاده از آب شور در سطوح اشاره شده و صرفه جویی در آب غیر شور و افزایش مساحت تحت آبیاری در نهایت به نفع تولید و درآمد زارع است (Kiani and Mirlatifi, 2012; Kiani *et al*, 2005).

بهره‌وری آب ذرت تحت تأثیر سه روش آبیاری شیاری (مرسوم و یک‌درمیان ثابت و متناوب) بررسی شد و نتایج نشان داد اختلاف دو روش آبیاری یک‌درمیان ثابت و متناوب غیر معنادار است؛ ولی نسبت به روش مرسوم، از نظر مصرف آب، به ترتیب حدود ۲۶ و ۲۳ درصد و از نظر عملکرد به ترتیب حدود ۱۱ و ۱۳/۵ درصد کاهش دارد (Rafiee and Shakarami, 2010). بررسی کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و یک‌درمیان متناوب بر عملکرد ذرت دانه ای نشان داد کم‌آبیاری ذرت به روش جویچه‌ای تا زمان شروع گل‌دهی به کاهش معنادار در عملکرد منجر نمی‌شود؛ ضمن آنکه با کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک‌درمیان متناوب می‌توان تا ۳۰ درصد نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای کامل در مصرف آب صرفه‌جویی کرد (Khorramian, 2002). مقایسهٔ آبیاری کامل و یک‌درمیان ثابت و متناوب روی گوجه‌فرنگی حکایت از آن دارد که تیمارهای یک درمیان ثابت و متناوب، از نظر عملکرد، به ترتیب حدود ۱۱ و ۳۶ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش دارند؛ در حالی که از نظر کارایی مصرف آب نسبت به آبیاری کامل به ترتیب حدود ۱/۸ و ۱/۳ برابر افزایش دارند (Molavi *et al*, 2011).

به طور کلی تحقیقات متعددی در زمینهٔ کاربرد روش‌های کم‌آبیاری با استفاده از آبیاری یک‌درمیان شیارها یا استفادهٔ متناوب از آب شور- شیرین برای گیاهان مختلف انجام شده است. اما مطالعات در خصوص مقایسهٔ راهبرد آبیاری یک‌درمیان شیارها، که فقط با آب غیر شور انجام می‌شود، با آبیاری یک در میان شیارها به صورت شور- غیر شور بسیار اندک است. این شیوه، یک راهبرد نسبتاً جدید مدیریتی است و در پی پاسخ به این پرسش است که اگر بخشی از آب مورد نیاز گیاه در روش‌های کم‌آبیاری به وسیلهٔ آب‌های نامتعارف در ردیف‌های خشک جایگزین شود، اثربخشی بالاتری برای تولید و استفادهٔ بهینه از منابع آبی دارد یا خیر. این پژوهش با هدف مقایسهٔ راهبردهای مدیریتی اشاره‌شده بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت انجام شد.

1. Water Productivity

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

این طرح در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (طول ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقهٔ شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقهٔ شمالی) با ارتفاع ۵/۵ متر از سطح دریا و بارندگی سالیانه حدود ۴۰۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر در طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در زمینی به ابعاد ۴۰ متر در ۷۰ متر اجرا شد. قبل از آزمایش، برخی مشخصات فیزیکی خاک تعیین شد که در جدول ۱ می‌آید.

جدول ۱. برخی خواص فیزیکی خاک محل آزمایش در نیم‌رخ خاک

عمق خاک (cm)	وزنی رطوبت در حد FC (درصد)	وزنی رطوبت در حد PWP (درصد)	جرم مخصوص ظاهری $g.cm^{-3}$	سیلت (درصد)	رس (درصد)	شن (درصد)	بافت
۰-۳۰	۲۴	۱۱/۵	۱/۳	۴۶	۲۱/۲	۳۲/۸	لوم
۳۰-۶۰	۲۵	۱۲/۸	۱/۳۵	۵۶	۲۱/۲	۲۲/۸	لوم سیلتی
۶۰-۹۰	۲۴/۹	۱۱/۶	۱/۳	۴۸	۲۷/۲	۲۴/۸	لوم

سیستم آبیاری مزرعهٔ آزمایشی از نوع قطره‌ای- نواری (T-Tape) بود. نوارهای تیپ در هر ردیف ۲۰ متر بود و در هر ۲۰ سانتی‌متر یک روزنهٔ خروج آب با دبی اسمی ۲ لیتر در ساعت در فشار ۰/۸ اتمسفر تعبیه شد. بین همهٔ ردیف‌های ذرت یک نوار تیپ قرار داشت و برای قطع یا وصل کردن آب ورودی به هر شیار از شیرفلکه‌های ابتدای نوار استفاده می‌شد. برای ایجاد شوری مورد نظر (۸ dS/m) از اختلاط دو منبع آب شور (۲۰ تا ۳۵ dS/m) حاصل از زهکش‌های منطقه و آب چاه (حدود ۱/۵ dS/m) استفاده شد. برای سبزشدن در همهٔ تیمارها از آب غیر شور استفاده شد و تیمارهای آبیاری پس از سبزشدن گیاه انجام شد. ابعاد کرت‌ها ۳ متر (چهار ردیف ذرت به فواصل ۷۵ سانتی متر) در ۲۰ متر و فواصل بین کرت ها ۲ متر در نظر گرفته شد. ذرت در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ به ترتیب در تاریخ‌های ۱۳۹۱/۴/۱۱ و ۱۳۹۲/۴/۱۳ کاشته و در تاریخ های ۱۳۹۱/۸/۱۷ و ۱۳۹۲/۸/۱۸ برداشت شد. نقشهٔ شماتیک طرح در شکل ۱ می‌آید. در سال های اول و دوم پس از سبزشدن ذرت به ترتیب ۷ و ۹ بار آبیاری به فواصل تقریبی یک هفته، که تخلیهٔ رطوبت خاک در حد ۴۵ تا ۵۵ درصد آب قابل دسترس می‌رسید، انجام شد. میزان و زمان‌های آبیاری به تفکیک هر سال برای تیمارهای مختلف در جدول ۲ می‌آید.

تیمارهای آبیاری عبارت‌اند از T_1 (آبیاری کامل و بدون تنش)، T_2 (کم‌آبیاری با آب غیر شور در همهٔ ردیف‌های کشت به اندازهٔ ۵۰ درصد T_1)، T_3 و T_4 (آبیاری کامل با کاربرد یک درمیان آب غیر شور ـ شور در شیارهای مجاور به صورت متناوب (T_3) و ثابت (T_4))ـ مفهوم متناوب این است که ردیف‌های کشت به صورت یک‌درمیان با آب غیر شور و آب شور آبیاری و در آبیاری بعدی جابه‌جا می‌شوند، ولی در T_4 ردیف‌ها به صورت ثابت آبیاری می‌شوندـ T_5 و T_6 (کم‌آبیاری با آب غیر شور با استفاده از آبیاری یک‌درمیان شیارها به صورت ثابت (T_5) و متغیر (T_6))، و T_7 (آبیاری کامل با استفاده از آب شور). قالب آماری طرح به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در نظر گرفته شد (شکل ۱) و میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معناداری[1] (LSD) مقایسه شدند.

عمق آب آبیاری مزرعهٔ آزمایشی بر اساس اندازه‌گیری رطوبت خاک (جدول ۳) و محاسبهٔ کمبود رطوبت خاک در تیمار بدون تنش (T_1) به کمک رابطه‌های ۱ و ۲ برآورد شد:

$$In = \frac{SMD}{1-Lr} \quad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_i).Bd.Dr \quad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

In و SMD به ترتیب عمق خالص آبیاری و کمبود رطوبت خاک بر حسب میلی‌متر، Lr لزوم آب‌شویی بر حسب درصد که برای تیمار شور در نظر گرفته می‌شود، θ_{FC} و θ_i به ترتیب رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و قبل از آبیاری بر حسب درصد وزنی، Bd جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، و Dr عمق توسعهٔ ریشهٔ گیاه بر حسب میلی‌متر است.

به استناد داده‌های برداشت‌شده عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و مقدار بارش طی فصل مقادیر بهره‌وری آب بر مبنای آب کاربردی (مجموع باران و آب آبیاری) برآورد شد.

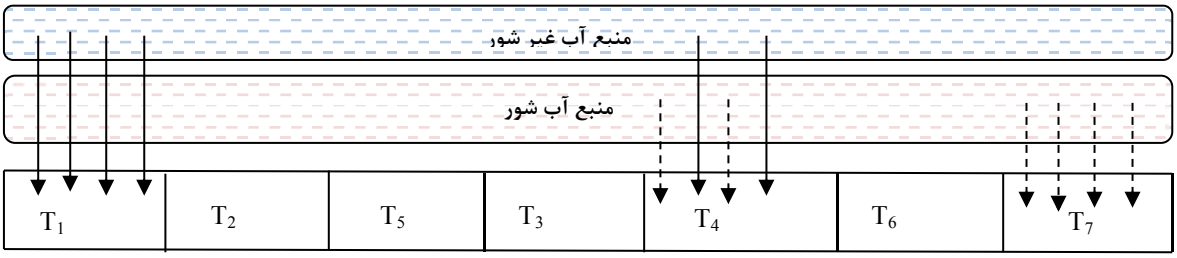
$$WP = \frac{Y}{I+P} \quad \text{(رابطهٔ ۳)}$$

WP بهره‌وری آب بر حسب کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر مصرف آب، Y عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار، I و P به ترتیب عمق آب آبیاری و باران بر حسب میلی‌متر است.

1. Least Significant Difference

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. نقشهٔ شماتیک اجرایی طرح برای یک تکرار

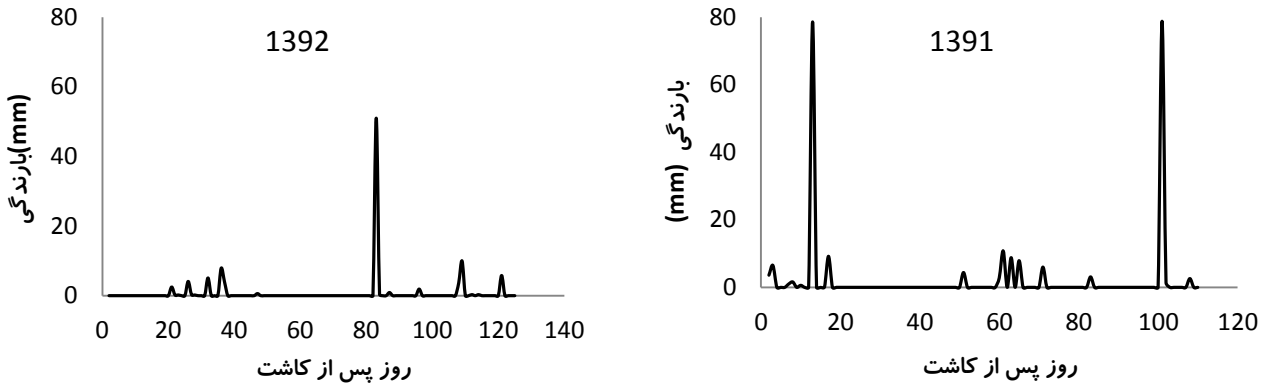
جدول ۲. مقادیر آب آبیاری (mm) به‌کاررفته طی فصل رشد ذرت به تفکیک تیمارهای مختلف و سال

تاریخ آبیاری	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7
				۱۳۹۱			
۱۳۹۱/۴/۱۶	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
۱۳۹۱/۵/۷	۲۵	۱۲	۲۷	۲۷	۱۲	۱۲	۳۰
۱۳۹۱/۵/۱۴	۲۸	۱۴	۳۱	۳۱	۱۴	۱۴	۳۴
۱۳۹۱/۵/۲۱	۳۳	۱۶	۳۶	۳۶	۱۶	۱۶	۴۰
۱۳۹۱/۵/۲۷	۳۹	۲۰	۴۵	۴۵	۲۰	۲۰	۵۰
۱۳۹۱/۶/۴	۴۴	۲۲	۵۰	۵۰	۲۲	۲۲	۵۵
۱۳۹۱/۶/۱۱	۵۰	۲۵	۵۸	۵۸	۲۵	۲۵	۶۳
۱۳۹۱/۶/۲۵	۵۵	۲۷	۶۳	۶۳	۲۷	۲۷	۷۰
فصل رشد	۲۸۴	۱۴۶	۳۲۰	۳۲۰	۱۴۶	۱۴۶	۳۵۲
				۱۳۹۲			
۱۳۹۲/۴/۲۲	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
۱۳۹۲/۵/۶	۳۰	۱۵	۳۲	۳۲	۱۵	۱۵	۳۵
۱۳۹۲/۵/۱۳	۳۰	۱۵	۳۲	۳۲	۱۵	۱۵	۳۵
۱۳۹۲/۵/۲۲	۳۰	۱۵	۳۲	۳۲	۱۵	۱۵	۳۵
۱۳۹۲/۵/۲۸	۵۰	۲۵	۵۳	۵۳	۲۵	۲۵	۵۷
۱۳۹۲/۶/۴	۵۰	۲۵	۵۳	۵۳	۲۵	۲۵	۵۷
۱۳۹۲/۶/۱۲	۴۵	۲۳	۴۸	۴۸	۲۳	۲۳	۵۲
۱۳۹۲/۶/۱۸	۴۰	۲۰	۴۳	۴۳	۲۰	۲۰	۴۶
۱۳۹۲/۶/۲۴	۴۰	۲۰	۴۳	۴۳	۲۰	۲۰	۴۶
۱۳۹۲/۷/۱	۴۰	۲۰	۴۳	۴۳	۲۰	۲۰	۴۶

در انتهای فصل عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت شامل تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، و وزن هزاردانه اندازه گیری و داده‌های جمع‌آوری‌شده با برنامهٔ SAS آنالیز آماری شدند.

طی فصل رویش ذرت در سال های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ به ترتیب ۱۹۵ و ۱۰۲ میلی‌متر بارندگی وجود داشت. توزیع بارش دو سال در شکل ۲ می‌آید. در سال ۱۳۹۱ دو پدیدهٔ قابل توجه بارندگی در دورهٔ رشد گیاه در حدود ۱۳ و ۱۰۰ روز پس از کاشت به میزان تقریبی ۸۰ میلی‌متر و در سال ۱۳۹۲ فقط یک پدیدهٔ بارندگی هشتاد روز پس از کاشت به میزان ۵۰ میلی‌متر اتفاق افتاد. بررسی منحنی تغییرات بارندگی دو سال نشان می‌دهد که سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۹۱ خشک‌تر بوده؛ به طوری که در مجموع فصل باران مؤثر در سال ۱۳۹۲، نسبت به سال ۱۳۹۱، ۴۷ درصد کاهش داشته است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲. توزیع بارش طی فصل رشد ذرت به تفکیک هر سال

جدول ۳. درصد وزنی رطوبت خاک در تیمار بدون تنش (T_1) طی فصل رشد ذرت به تفکیک هر سال

عمق خاک (cm)	تاریخ‌های نمونه‌برداری سال ۱۳۹۱								
	۱۳۹۱/۴/۲۱	۱۳۹۱/۵/۶	۱۳۹۱/۵/۱۲	۱۳۹۱/۵/۱۹	۱۳۹۱/۵/۲۶	۱۳۹۱/۶/۱	۱۳۹۱/۶/۸	۱۳۹۱/۶/۲۴	
۰-۳۰	۲۰/۱	۱۸/۷	۲۲/۵	۱۹/۷	۱۹/۱	۱۸/۷	۱۹/۷	۱۹/۸	
۳۰-۶۰	۲۳/۱	۲۲/۱	۲۴/۳	۲۲/۱	۱۹/۹	۲۰/۰	۲۰/۳	۱۹/۵	
۶۰-۹۰	۲۲/۴	۲۱/۲	۲۳/۷	۲۳/۴	۲۱/۷	۲۲/۵	۲۰/۳	۲۱/۴	
	تاریخ‌های نمونه‌برداری سال ۱۳۹۲								
	۱۳۹۲/۴/۱۹	۱۳۹۲/۵/۵	۱۳۹۲/۵/۱۲	۱۳۹۲/۵/۲۱	۱۳۹۲/۵/۲۷	۱۳۹۲/۶/۳	۱۳۹۲/۶/۱۱	۱۳۹۲/۶/۱۷	۱۳۹۲/۶/۲۳	۱۳۹۲/۷/۱
۰-۳۰	۲۰/۸	۱۸/۵	۱۸/۱	۱۸/۴	۱۷/۲	۱۸/۴	۱۷/۹	۱۸/۲	۱۹/۷	۱۸/۲
۳۰-۶۰	۱۹/۳	۱۸/۷	۲۰/۵	۲۱/۳	۱۷/۵	۱۹/۱	۱۹/۸	۲۲/۳	۲۰/۸	۲۲/۷
۶۰-۹۰	-	-	-	-	۱۸/۰	۱۹/۵	۱۹/۲	۲۰/۷	۱۹/۲	۲۰/۸

یافته‌ها و بحث

بررسی تغییرات عملکرد طی دو سال

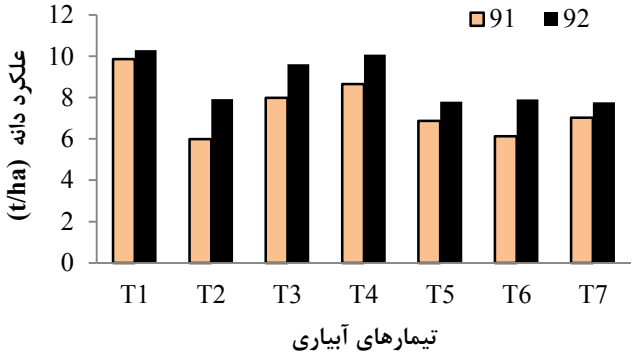
تغییرات عملکرد دانهٔ ذرت طی دو سال تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری در شکل ۳ می‌آید و تحلیل آماری نتایج بر مبنای ترکیب دو ساله در قسمت‌های بعد تشریح می‌شود. عملکرد در سال دوم نسبت به سال اول حدود ۱۲۷۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر بود. اگرچه مجموع شرایط آب‌وهوایی در سال دوم نسبت به سال اول خشک‌تر بود، تأمین آب و تعدد آبیاری در سال دوم (جدول ۲)، ضمن تعدیل شرایط خشکی داخل مزرعه و واکنش مناسب گیاه ذرت به آب، باعث افزایش عملکرد شد. به طور طبیعی در صورتی که عوامل کنترل‌ناپذیر اقلیمی و مؤثر در تولید، به‌ویژه بارندگی (شکل ۲)، کمتر باشد یا شدت آن کم باشد، می‌توان با اعمال مدیریت مناسب بر اساس شناخت گیاه به عملکرد پتانسیل نزدیک شد. نتایج بررسی دوساله نشان داد شیوه‌های مختلف کم‌آبیاری، اگرچه نسبت به آبیاری کامل عملکرد کمتری دارند، مزیتی بر هم ندارند. عملکرد دانهٔ ذرت در سال اول در تیمارهای T_2، T_5 و T_6 به ترتیب حدود ۶۰، ۷۰، و ۶۲ درصد و در سال دوم به ترتیب ۷۷، ۷۶، و ۷۷ درصد تیمار آبیاری کامل با آب غیر شور (T_1) بود. اختلاف اندک در عملکرد ذرت بین شیوه‌های مختلف کم‌آبیاری، که با ۵۰ درصد نیاز آبی آبیاری شدند، به دلیل ریزش باران در سال ۱۳۹۱ (۱۹۵ میلی‌متر) و در سال ۱۳۹۲ (۱۰۲ میلی‌متر) غیر طبیعی نیست (شکل ۲). به عبارت دیگر، اگرچه در زمان هر آبیاری تیمارهای ۵۰ درصد به اندازهٔ نصف تیمار آبیاری کامل آب دریافت کردند، مقایسهٔ مقدار کل آب کاربردی (مجموع آب آبیاری و بارندگی) بین سه تیمار کم‌آبیاری با تیمار آبیاری کامل نشان می‌دهد حجم آب دریافت‌شده در تیمارهای کم‌آبیاری نسبت به تیمار آبیاری کامل در سال اول حدود ۷۰ و در سال دوم حدود ۶۴ درصد است. میانگین دو سالهٔ تیمارهای شور، که همگی آب کامل دریافت کردند، نشان می‌دهد بیشترین عملکرد مربوط به تیمار T_4 (۹۳۳۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن مربوط به تیمار T_7 (۷۳۹۷ کیلوگرم در هکتار) است. عملکرد تیمارهای T_3، T_4 و T_7 نسبت به تیمار T_1 در سال اول به ترتیب حدود ۸۰، ۸۸، و ۷۱ درصد و در سال دوم به ترتیب حدود ۹۳، ۹۸، و ۷۵ درصد بود. به طور کلی، نتایج بر این نکته تأکید دارد که کاربرد آب شور در سطح ۸ dS/m برای گیاه ذرت، با شیوهٔ

Archive of SID
www.SID.ir

آبیاری یک‌درمیان شور- غیر شور، ضمن صرفه‌جویی حدود ۵۰ درصد از آب غیر شور، عملکرد را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. به عبارت دیگر، در مناطق کم‌آب که آب شور وجود دارد کاربرد آب شور- غیر شور به صورت آبیاری یک‌درمیان شیارها بر آبیاری یک‌درمیان شیارها فقط با آب غیر شور مزیت دارد. در یک نتیجه‌گیری کلی و با مقایسهٔ عملکرد در روش‌های کم آبیاری با آب غیر شور با تیمارهای شور می‌توان گفت در صورت کمبود منابع آب غیر شور با جایگزین‌کردن بخشی از آب مورد نیاز گیاه با آب شور امکان افزایش تولید وجود دارد؛ مثلاً در سال اول عملکرد تیماری که به صورت یک‌درمیان ثابت (T_5) با آب غیر شور آبیاری شد حدود ۷۰ درصد آبیاری کامل بود. اما اگر دو شیار دیگر در همان تیمار با آب شور آبیاری شود (T_4)، عملکرد نسبت به تیمار T_5 به میزان ۱۷۸۶ کیلوگرم در هکتار افزایش (۲۱٪) و نسبت به تیمار T_1 فقط ۱۲ درصد کاهش خواهد داشت. در سال دوم نیز تیمار T_5 نسبت به تیمار T_4 حدود ۲۹ درصد افزایش عملکرد نشان داد. در نتیجه تأمین بخشی از نیاز آبی ذرت با آب شور به صورت یک‌درمیان با آب غیر شور در شیارهای مجاور راهبردی مؤثر برای افزایش تولید در مناطق کم‌آب است.

تحلیل آماری ترکیب دوسالهٔ عملکرد و اجزای آن

نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب عملکرد و اجزای آن و مقایسهٔ میانگین عملکرد ذرت بین تیمارهای مختلف به ترتیب در جدول ۴ و شکل ۴ می‌آید. به طور کلی، نتایج تجزیهٔ مرکب نشان می‌دهد از نظر عملکرد و بهره‌وری آب اختلاف بین دو سال معنادار است و بقیهٔ اجزا معنادار نیست. همچنین نتایج جدول آنالیز واریانس مرکب نشان می‌دهد تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب معنادار است و بر اجزای عملکرد ذرت معنادار نیست.



شکل ۳. تغییرات میانگین عملکرد دانهٔ ذرت در تیمارهای مختلف آبیاری طی دو سال آزمایش

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس مرکب بر پایهٔ میانگین مربعات برخی صفات ذرت

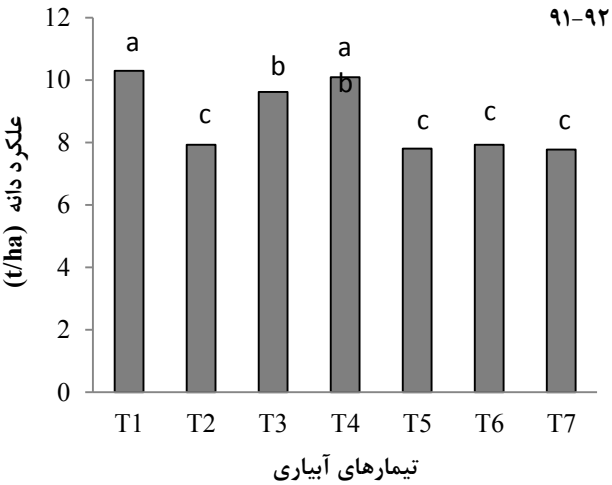
منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	تعداد ردیف دانه	تعداد دانه در ردیف	عمق دانه (mm)	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (kg/ha)	بهره‌وری آب (kg/ha/mm)
سال	۱	۴۸۲/۹^{ns}	۱۳/۰۶**	۱/۸۳^{ns}	۱۰۶۴۸۵^{ns}	۱۸۰۳۵۳۰۰**	۱۷۵ **
خطا	۴	۲/۸۵	۲۶/۳	۰/۳۶۱	۶۴۰	۱۰۷۵۲۷۰	۹/۵
تیمار	۶	۰/۷۶ ^{ns}	۱۵/۳۵^{ns}	۰/۴۱۵^{ns}	۴۸۶/۷^{ns}	۸۸۵۸۷۰۰**	۶۲/۴ **
تیمار*سال	۶	۰/۴۸۷ ^{ns}	۹/۳۳^{ns}	۰/۳۴۵ ^{ns}	۲۵۸/۰۲ ^{ns}	۶۲۸۵۲۰ ^{ns}	۱۲/۵ ^{ns}
خطا	۲۴	۱/۴۴	۱۲/۷۱	۰/۴۸۹	۶۱۸	۱/۵۲	۹/۱
CV		۳/۸	۱۳	۵/۸	۲۲	۱۲/۳	۱۵/۵

ns غیر معنادار و ** معنادار در سطح احتمال ۹۹ درصد

مقایسهٔ آماری میانگین‌ها بین سه تیمار کم‌آبیاری حکایت از آن دارد که اختلاف‌های مشاهده‌شده در سطح احتمال ۵ درصد معنادار نیست و همه در یک کلاس قرار دارند. نتایج محققان دیگر نشان داد با کاهش ۳۰ درصد از آب مورد نیاز گیاه ذرت عملکرد به طور معنادار کاهش می‌یابد؛ ولی شیوه‌های مختلف کم‌آبیاری در این سطح از کاهش آب در عملکردهای آن‌ها تأثیری ندارد. در پژوهش اشاره‌شده با آبیاری یک‌درمیان گیاه ذرت به صورت ثابت و متناوب، با صرفه‌جویی حدود ۲۴ درصد آب نسبت به تیمار مرسوم، عملکرد حدود ۱۲ درصد کاهش داشت (Rafiee and Shakarami, 2010). بنابراین، در شرایط آب‌وهوایی مشابه اعمال مدیریت‌های کم‌آبیاری مشخص شده در این پژوهش مزیتی بر هم ندارند. در شرایط کمبود منابع آبی و در صورتی که شاخص بهره‌وری آب نسبت به آبیاری کامل فزونی داشته باشد یا حداقل اختلافی معنادار با آبیاری کامل نداشته باشد، هر سه نوع مدیریت کم‌آبیاری در این پژوهش با اثربخشی مشابه قابل کاربردند (در این زمینه در قسمت بهره‌وری آب بحث خواهد شد). مقایسهٔ کمّی تیمارهای آبیاری کامل ولی شور (T_3، T_4، T_7) از نظر عملکرد در مقایسه

Archive of SID
www.SID.ir

با تیمار آبیاری کامل ولی غیر شور (T_1) نشان داد تیمارهای T_3 و T_4 بر تیمار T_1 مزیت دارند و ضمن صرفه‌جویی، حدود ۵۰ درصد آب غیر شور، امکان افزایش تولید را نیز فراهم می‌کنند. مقایسهٔ میانگین تیمارها نشان داد (شکل ۴) عملکرد تیمارهای کم‌آبیاری (T_2، T_5، T_6) از نظر آماری با تیمار T_7 در یک کلاس و با دو تیمار دیگر شوری (T_3 و T_4) در کلاس متفاوت قرار دارند. از نظر کمّی عملکرد تیمارهای کم‌آبیاری کمتر از تیمارهای شور، به‌ویژه در دو نوع مدیریت به‌کار رفته (T_3 و T_4)، است؛ به طوری که متوسط عملکرد در تیماهای کم‌آبیاری T_2، T_5، T_6 نسبت به تیمار T_3 و T_4 به ترتیب ۱۹ و ۲۴ درصد کاهش داشته و این مقدار کاهش به لحاظ آماری معنادار است. بنابراین، به استناد نتایج دو ساله، در شرایط کمبود آب برای تأمین نیاز آبی گیاه و دردسترس‌نبودن آب شور، کاربرد مدیریت‌های کم‌آبیاری مشابه این پژوهش، ضمن صرفه‌جویی در منابع آب غیر شور و افزایش اراضی آبی، افزایش تولید کل و درآمد زارعان را امکان‌پذیر می‌کند. هنگامی که منطقه‌ای با کمبود منابع آبی مواجه است و در مجاورت زمین‌های کشاورزی آب‌های شور وجود دارد، بهتر است با مدیریت آبیاری یک‌درمیان شیارها با آب شور- غیر شور کمبود نیاز آبی گیاه با آب شور تأمین شود. در این صورت تولید کل بیشتر از مدیریت کم‌آبیاری با آب غیر شور خواهد شد. استفاده از منابع آب شور برای برطرف‌کردن بخشی از آب مورد نیاز گیاه با روش‌های مختلف مدیریتی که نتایج رضایت‌بخش داشته‌اند در منابع متعدد مشاهده می‌شود (Kiani and Abbassi, 2009; Kiani and Mirlatifi, 2012; Naresh *et al*, 1993; Sharma *et al*, 1994).



شکل ۴. مقایسهٔ میانگین دو سالهٔ عملکرد دانهٔ ذرت در تیمارهای مختلف آبیاری (وجود حداقل یک حرف مشابه در هر ستون از گراف‌ها به منزلهٔ عدم معناداری بین آن‌هاست.)

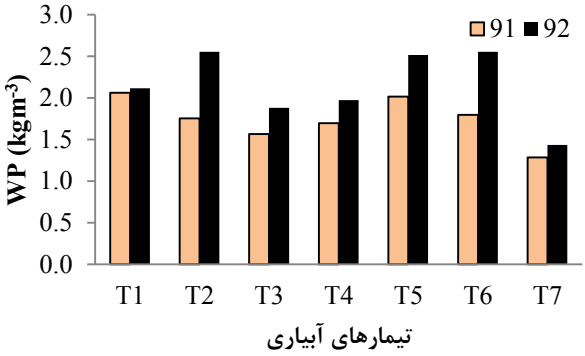
بهره‌وری آب

بهره‌وری آب بر اساس نسبت عملکرد دانهٔ ذرت به مجموع آب آبیاری و بارندگی برای همهٔ تیمارهای آبیاری به تفکیک هر سال برآورد شد. نتایج در شکل ۵ می‌آید. برآیند نتایج دو سال نشان می‌دهد در تیمارهای غیر شور با کاهش ۵۰ درصد از آب مورد نیاز گیاه (در هر سه شیوهٔ کم‌آبیاری) مقدار WP با آبیاری کامل قابل رقابت است و آبیاری کامل از نظر شاخص اشاره‌شده مزیتی بر کم‌آبیاری ندارد. عامل اصلی عدم کاهش WP تا حد ۵۰ درصد کاهش آب آبیاری وجود باران و اثربخشی آن در منطقه است. در سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ برای تیمار T_1 سهم بارش در کل آب مصرفی گیاه به ترتیب حدود ۴۱ و ۲۱ درصد و در سه تیمار کم‌آبیاری (T_2، T_5، T_6) این سهم معادل ۵۷ و ۳۳ درصد بود. طبیعی است که اثربخشی باران در تیمارهای کم‌آبیاری بیشتر از تیمار آبیاری کامل باشد. در یک جمع‌بندی نهایی از WP گیاه ذرت تحت تأثیر شیوه‌های مختلف کم‌آبیاری با آب غیر شور و با درنظرگرفتن واقعیت موجود (بارش) این نتیجه قابل حصول است که با کاهش ۳۰ درصد از آب مورد نیاز گیاه ذرت، اگرچه عملکرد به طور معنادار کاهش می‌یابد، بهره‌وری آب کاهش معناداری ندارد.

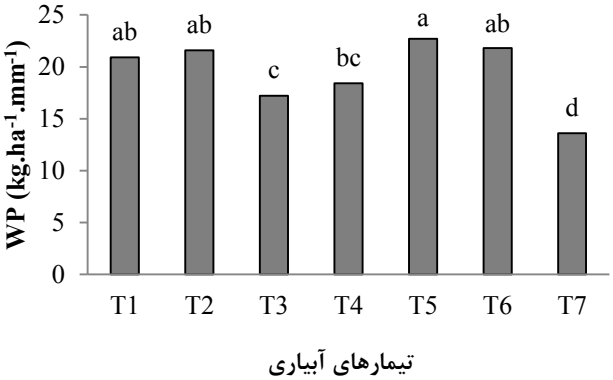
مقایسهٔ بهره‌وری آب بین تیمارهای شور و غیر شور در هر دو سال بیان‌کنندهٔ این نکته است که کاربرد آب شور (در حد ۸ dS/m) با مدیریت آبیاری یک‌در میان در مجاورت آب غیر شور (تیمارهای T_3 و T_4) نسبت به آبیاری یک‌درمیان شیارها با آب غیر شور (تیمارهای T_5 و T_6) نشان از برتری تیمارهای غیر شور دارد (شکل ۵). به عبارت دیگر، نتایج نشان می‌دهد استفاده از آب شور (۸ dS/m) و آب غیر شور، به صورت یک‌درمیان، برای گیاه ذرت از نظر بهره‌وری آب بر عدم آبیاری شیارها با آب شور مزیتی ندارد. بیان این نکتهٔ مهم نیز ضروری است که نتیجهٔ به دست‌آمده در شرایطی است که ارزش آب شور و غیر شور یکسان در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر، اگر فرض کنیم آب های شور، که در حال حاضر بی‌استفاده‌اند، ارزش اقتصادی ندارند و از مخرج کسر برای تیمارهای شور حذف شوند، مقدار بهره‌وری آب همانند عملکردها افزایشی قابل توجه خواهند یافت؛ مثلاً، در سال ۱۳۹۱ با حذف مقدار آب شور مورد استفاده و با درنظرگرفتن مجموع آب غیر شور و باران بهره‌وری در تیمار T_3 از ۱٫۵۶ $kg.m^{-3}$ (با درنظرگرفتن مقدار آب شور هم‌ارزش با آب غیر شور) به ۲٫۳۳ $kg.m^{-3}$ (بدون درنظرگرفتن آب شور) و در تیمار T_4 از ۱٫۶۹ $kg.m^{-3}$ به ۲٫۵۴ $kg.m^{-3}$ افزایش می‌یابد. نتایج مشابه برای سال ۱۳۹۲ نیز حاصل شد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵. مقایسهٔ میانگین بهره‌وری آب (WP) در تیمارهای مختلف آبیاری در دو سال



شکل ۶. مقایسهٔ میانگین دوسالهٔ بهره‌وری آب (WP) در تیمارهای مختلف آبیاری (وجود حداقل یک حرف مشابه در هر ستون از گراف‌ها به منزلهٔ نبود رابطهٔ معنادار بین آن‌هاست.)

ترکیب دوسالهٔ بهره‌وری آب

نتایج مقایسهٔ میانگین دوسالهٔ بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف در شکل ۶ می‌آید. نتایج ترکیبی آنالیز واریانس شاخص بهره‌وری آب (جدول ۴) نشان داد بین تیمارها در سطح احتمال ۹۹ درصد ($P < ۰/۰۱$) اختلاف معنادار وجود دارد. تیمارهای کم‌آبیاری بالاترین بهره‌وری آب را دارند و از نظر آماری با تیمار آبیاری کامل بدون تنش شوری اختلاف معنادار ندارند. اگرچه در مقایسهٔ تیمارهای مختلف، از نظر شاخص بهره‌وری آب، تیمارهای کم‌آبیاری (T_2، T_5، T_6)، به دلیل مصرف کمترِ آب و عملکرد مناسب، به منزلهٔ تیمارهای با مزیت نسبی بالاتر انتخاب شدند، تیمارهای با مدیریت یک‌درمیان شور- غیر شور (T_3 و T_4) از نظر تولید و عملکرد نسبت به بقیهٔ تیمارها مزیت بالاتری داشتند؛ به طوری که میانگین عملکرد دوساله در تیمارهای T_3 و T_4 به ترتیب برابر ۸۷۹۱ و ۹۳۷۴ کیلوگرم در هکتار بود و در یک کلاس آماری قرار داشتند. ولی تیمارهای کم‌آبیاری T_2، T_5، T_6 به ترتیب معادل ۷۱۸۱، ۷۳۳۳، ۷۰۲۳ کیلوگرم در هکتار در یک کلاس آماری قرار داشتند و با دو تیمار T_3 و T_4 متفاوت بودند. عامل اصلی کاهش بهره‌وری آب در تیمارهای T_3 و T_4 نسبت به تیمارهای کم‌آبیاری مقدار آب مصرفی است؛ به طوری که تیمارهای شور آب کامل، ولی تیمارهای کم‌آبیاری با احتساب باران با میانگین حدود ۶۷ درصد تیمار آبیاری کامل آب دریافت کردند.

مشابه نتایج سالیانه، که پیش‌تر آمد، ترکیب دوسالهٔ بهره‌وری آب نیز نشان می‌دهد در صورتی که ارزش آب برای تیمارهای مورد بحث یکسان باشد، از نظر کمّی، به نفع تیمارهای کم‌آبیاری است و آن‌ها به منزلهٔ گزینهٔ برتر انتخاب می‌شوند. واضح است که آب شور هم‌ارزش با آب غیر شور نیست. در نتیجه، اگر بهره‌وری آب بر اساس آب غیر شور در هر تیمار مبنای محاسبه قرار گیرد، تیمارهای شور با مدیریت یک‌درمیان آب شور- غیر شور از نظر شاخص بهره‌وری آب به لحاظ کمّی نیز بالاتر قرار می‌گیرند و به منزلهٔ گزینه‌های برتر انتخاب می‌شوند. بهره‌وری آب در تیمارهای T_3 و T_4، که نیاز آبی گیاه را به صورت کامل با نیمی از آب شور و نیمی از آب غیر شور تأمین کردند، در شرایطی که ارزش دو نوع آب یکسان در نظر گرفته شوند، به ترتیب برابر ۱/۷۲ و ۱/۸۴ کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب مصرف آب و در تیمارهای T_5 و T_6 به ترتیب معادل ۲/۳ و ۲/۲ کیلوگرم دانهٔ ذرت به ازای هر متر مکعب مصرف آب به دست آمد. اما، در صورتی که آب‌های شور، همانند شرایطی که اتفاق می‌افتد، بی‌ارزش و بی‌استفاده در نظر گرفته شوند، بهره‌وری آب در تیمارهای T_3 و T_4 به ترتیب از ۱/۷۲ و ۱/۸۴ به ۲/۷۲ و ۲/۹ کیلوگرم دانهٔ ذرت به ازای هر متر مکعب مصرف آب افزایش می‌یابد و بالاتر از تیمارهای کم‌آبیاری T_5 و T_6 قرار می‌گیرند. بررسی شیوه‌های آبیاری یک‌درمیان ثابت و متناوب از نظر بهره‌وری آب روی ذرت (Rafiee and Shakarami, 2010) و گوجه‌فرنگی (Molavi *et al*, 2011) نشان داد اختلاف بین آن‌ها از نظر آماری معنادار نیست و با وجود کاهش عملکرد نسبت به آبیاری کامل بهره‌وری آب گیاهان افزایش داشت. بررسی توزیع شوری در نیم‌رخ خاک طی دو سال رشد تدریجی شوری عصارهٔ اشباع خاک را، به‌ویژه در لایهٔ عمیق‌تر خاک، نشان داد. به طور کلی، دو سال کاربرد آب با شوری ۸ dS/m برای گیاه ذرت در استان گلستان نشان داد اگرچه در منطقه، خارج از فصل ذرت، بارندگی وجود دارد، آب شویی کامل انجام نمی‌شود و نمک‌های شسته‌شده از لایهٔ بالایی به سمت لایهٔ پایینی هدایت می‌شوند. در نتیجه، برای حفظ پایداری تولید ضروری است به ازای هر دو سال استفادهٔ مداوم از روش‌های پیشنهادی پایش شوری در نیم‌رخ خاک با هدف بررسی چگونگی رشد و تجمع نمک صورت پذیرد. به استناد این

Archive
www.SID.ir

اندازه‌گیری، به‌ویژه در ابتدای فصل رشد، می‌توان در خصوص برنامه‌ریزی برای آب‌شویی نیم‌رخ خاک تصمیم گرفت. بررسی نتایج نشان می‌دهد پس از دو سال آبیاری با آب شور (۸ dS/m) برای گیاه ذرت در استان گلستان، امکان کاربرد آب شور، به ویژه با مدیریت‌های به‌کاررفته برای تیمارهای T_3 و T_4، به طوری که به تولید بیشتر بینجامد و با تمهیداتی ساده پایداری نیز حفظ شود، وجود دارد.

نتیجه‌گیری

در شرایط مشابه استان گلستان، که باران یکی از پدیده‌های گریزناپذیر منطقه است، اعمال شیوه‌های مختلف کم‌آبیاری روی گیاه ذرت، مانند کاهش مقدار مشخصی از کل آب مورد نیاز گیاه (T_2)، با آبیاری یک‌درمیان شیارها ولی با همان مقدار کاهش آب (T_5 و T_6) مزیتی بر یک‌دیگر ندارند. در تیمارهای کم‌آبیاری در سال‌های اول و دوم به ترتیب ۲۹ و ۳۶ درصد از آب غیر شور صرفه‌جویی شد. شیوهٔ دیگر مدیریت آبیاری در این پژوهش کامل‌کردن آبیاری در تیمارهای کم‌آبیاری با استفاده از آب با شوری ۸ dS/m به صورت آبیاری یک‌درمیان شیارها با آب شور- غیر شور (T_3 و T_4) بود. کاربرد تیمارهای آبیاری در شیارها به صورت شور- غیر شور (ثابت یا متغیر) از نظر عملکرد اختلاف معناداری با هم ندارند؛ ولی نسبت به تیمارهای کم آبیاری (T_2، T_5، T_6) و تیماری که هر چهار شیار آن به وسیلهٔ آب شور آبیاری شده بود (T_7)، افزایشی معنادار دارند. بنابراین، به استناد نتایج دوساله در شرایطی که کمبود آب برای تأمین نیاز آبی گیاه وجود داشته باشد و آب شور در دسترس نباشد، کاربرد مدیریت‌های کم‌آبیاری مشابه این پژوهش، ضمن صرفه‌جویی در منابع آب، باعث افزایش تولید می‌شود. در شرایطی که منطقه‌ای با کمبود منابع آبی مواجه است و در مجاورت زمین‌های کشاورزی آب‌های شور وجود دارد، بهتر است با مدیریت آبیاری یک‌درمیان شیارها با آب شور- غیر شور کمبود نیاز آبی گیاه را با آب شور تأمین کرد. در این صورت تولید کل بیشتر از مدیریت کم‌آبیاری با آب غیر شور خواهد بود. از نظر بهره‌وری آب، نتایج نشان می‌دهد در صورتی که ارزش آب شور و غیر شور یکسان در نظر گرفته شود، تیمارهای کم‌آبیاری دارای بالاترین بهره‌وری آب هستند و از نظر آماری اختلافی معنادار با تیمار آبیاری کامل بدون تنش ندارند. اما واضح است که آب‌های شور با آب‌های غیر شور هم‌ارزش نیستند. نتایج این پژوهش نشان داد به جای کم‌آبیاری با مدیریت آبیاری یک‌درمیان شیارها، در صورتی که شیارهای آبیاری‌نشده با آب شور غیر قابل استفاده آبیاری شوند، نسبت به کم‌آبیاری اثربخش‌تر است. در نتیجه، اگر بهره‌وری آب بر اساس آب غیر شور در هر تیمار مبنای محاسبه قرار گیرد، تیمارهای شور با مدیریت یک‌درمیان آب شور- غیر شور از نظر این شاخص هم بالاتر قرار می‌گیرند و به منزلهٔ گزینه‌های برتر انتخاب می‌شوند.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله از صندوق حمایت از پژوهشگران کشور به سبب حمایت مالی و از آقایان مهندس رحیم طبرسا و مهدی ادیبی به دلیل همکاری در اجرای این پژوهش قدردانی می‌کنند.

REFERENCES

Bradford, S. and Letey, J. (1993). Cyclic and blending strategies for using saline and non-saline water for irrigation.*Irrigation Science*, 13, 123-128.

Graterol, Y. E., Elisenhauer, D. E., and Elmore, R. W. (1993). Alternate-Furrow irrigation for soybean production, *AgricultralWater Management,* 24(2), 133-145.

Kang, S., Z. Liang, Y. Pan., P. Shi., and Zhang, J. (2010). Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. *Agricultural Water Management*, 45(3), 267-274.

Khorramian, M. (2002). The effect of deficit irrigation using alternate furrow irrigation on yield of corn in north of Khuzestan.*Journal of Agricultural Engineering Research,* 11, 91-109. (In farsi).

Kiani, A. R. and Abbasi, F. (2009). Assessment of the water-salinity crop production function of wheat using experimental data of the Golestan province, Iran. *Irrigation and Drainage,* 58, 445-455.

Kiani, A. R. and Mirlatifi, S. M. (2012). Effect of different quantities of supplemental irrigation and its salinity on yield and water use by winter wheat (Triticumaestivum).*Irrigation and Drainage*, Vol 61, 89-98.

Kiani A. R., Mirlatifi, M., Homaee, M., and Cheraghi, A. (2005). Water use efficiency of wheat under salinity and water stress conditions. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 24(6), 47-63.(In Farsi).

kiani, A. R. and Kocheckzadeh, M. (2002). Application and management strategies use of saline water in irrigation.First National Conference on "Water Crisis Mitigation Strategies" Zabol University, Zabol, Iran.469-491. (In Farsi).

Liaghat, A. M. and Esmaili, Sh. (2003). The effect of fresh and saline water conjunction on corn yield and salt concentration in the root zone: *Journal of Agricultural Science and Nature Resources*, 10(2), 159-170. (In Farsi)

Maas, E. V. and Hoffman, G. J. (1977). Crop salt

Archive of SID
www.SID.ir

tolerance current assessment. Irrigation and Drainage, 103,115-134.

Molavi, H., Mohammadi, M., and Liaghat, A. M. (2011). Effect of full irrigation and alternative furrow irrigation on yield, yield components and water use efficiency of tomato (Super Strain B). *Water and Soil Science*, 3(21), 115-126. (In Farsi).

Naresh, R. K., Minhas, P. S., Goyal, A. K., Chauhan, C. P. S., and Gupta, R. K. (1993). Conjunctive use of saline and non-saline waters. II. Field comparisons of cyclic uses and mixing for wheat. *Agricultural Water Management,* 23, 139-148.

Rafiee, M. and Shakarami, Gh. (2010). Water use efficiency of corn as affected by every other furrow irrigation and planting density. *World Applied Sciences Journal*, 11(7), 826-829.

Shalhevet, J. (1994). Using water of marginal quality for crop production: major issues.*Agricultural Water Management*, 25, 233–269.

Sharma, D. P., Rao, K. V. G., Singh, K. N., Kumbhare, P. S., and Oasterbaan, R. J. (1994). Conjunctive use of saline and non-saline irrigation waters in semi-arid regions. *Irrigation Science*, 15, 25-33.

USDA, (2010).World agricultural production.Foreign agricultural service.Office of global analyses.

Archive of SID

www.SID.ir