

تأثیر مدیریت آبیاری با آب شور بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک ذرت ۷۰۴

فاطمه قهرمانی پیرسلامی^۱، افراسیاب راهنما^{۲*}، محمدرضا سیاهپوش^۳ و سعید برومند نسب^۴

۱، ۲ و ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز ۴، استاد دانشکده

مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۱ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۰۱)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سه روش آبیاری شامل سطحی (I_1)، بارانی (I_2) و بارانی همراه با شستشوی برگ‌ها (I_3)، و سطوح مختلف شوری معادل ۲/۹ (شاهد)، ۳/۵، ۴/۱ و ۴/۷ و ۵/۳ دسی‌زیمنس بر متر، بر عملکرد دانه و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک ذرت، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. برای اعمال شوری از روش آبیاری بارانی با ایجاد سطوح شوری کمینه و بیشینه روی دو خط لوله موازی در طرفین مزرعه استفاده شد، به طوری که هم‌پوشانی آبیاری منجر به ایجاد شیب خطی شوری شد. روش آبیاری I_3 و I_2 به ترتیب با ۴۷۵۰ و ۴۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشت. افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای، شاخص سبزینه (کلروفیل)، شاخص سطح برگ، غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ شد و مقادیر کاهش این صفات در آبیاری بارانی بیشتر بود. گیاهان تحت تیمار آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب با میانگین ۱۸/۲ و ۱۵/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک بیشترین و کمترین غلظت یون سدیم را داشتند. بر پایه یافته‌های این پژوهش، مقادیر آستانه شوری آب برای بیشتر صفات و در هر سه روش آبیاری در حدود ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر شناخته شد. لذا با توجه به محدودیت و شور و نیمه شور بودن منابع آبی کشور، شاید بتوان از روش آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ‌ها برای محصولات ردیفی مانند ذرت با حداقل کاهش عملکرد دانه استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، آبیاری سطحی، جذب برگ، سدیم، ذرت.

Effect of irrigation management with saline water on some agronomic and physiological traits of maize hybrid 704

Fatemeh Ghahramani Pirsalami^{1*}, Afrasyab Rahnema², Muhammad Reza Siahpoosh³ and Saeed Boromand Nasab⁴

1, 2 and 3, MSc student, Associate Professor and Assistant Professor of Agronomy, Department of Agronomy and plant breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz 4, Professor Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

(Received: April 21, 2017 - Accepted: July 23, 2017)

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of three irrigation methods including surface irrigation (I_1), daily sprinkler irrigation (I_2), post-irrigation sprinkling with fresh water (I_3), and different levels of salinity including 2.9 (control), 3.5, 4.1, 4.7 and 5.3 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ on agronomic and physiological traits of maize, a field experiment as factorial was carried out based on randomized complete block design with three replications during 2013-2014 in College of Irrigation science, Shahid Chamran University of Ahvaz. To apply salinity, a sprinkler irrigation system was used to establish minimum and maximum salinity levels on two parallel pipelines on both sides of field. Overlapping sprinklers led to establish a linear salinity gradient. Irrigation methods I_3 and I_2 with 4750 and 4160 kg h^{-1} had higher and lower amounts of grain yield, respectively. Water salinity significantly decreased stomatal conductance, chlorophyll index, leaf area index, K^+ concentration and ratio of potassium to sodium, and higher reductions in these traits was observed in sprinkler irrigation. Daily sprinkler irrigation and surface irrigation showed the higher and lower Na^+ concentration, 18.2 and 15.1 mg kg^{-1} , respectively. These findings showed that, the threshold value of salinity for most traits and all irrigation methods was found to be $\sim 4.1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. With the given water resources limitation and saline water resources in Iran, post-irrigation sprinkling with fresh water might be used for irrigating row crops such as maize with a lower yield loss.

Key words: Foliar absorption, Sprinkler irrigation, Surface irrigation, Sodium, maize.

* Corresponding author E-mail: a.rahnema@scu.ac.ir

مقدمه

بحران کمبود آب در کشاورزی جهان، نیاز به بهینه‌سازی مصرف آب با مدیریت کارآمد آبیاری وجود دارد (Pereira *et al.*, 2009). افزون بر این کاهش دسترسی به آب‌های مناسب برای کشاورزی تبدیل به یک چالش جهانی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است. چراکه در این مناطق، تأمین آب آبیاری به‌طور عمده از راه آب‌های زیرزمینی است (Chauhan *et al.*, 2008). در این شرایط بهره‌وری بالای آب ممکن است با به‌کارگیری روش وسامانه‌های آبیاری با کارایی بالا به دست آید (Pereira *et al.*, 2009). با این حال انتخاب مناسب‌ترین سامانه آبیاری به عامل‌های چندی از جمله زمان‌بندی آبیاری، وضعیت خاک مزرعه، کارایی سامانه آبیاری، هزینه‌های آبیاری و کارایی نظام‌های کشاورزی دارد (Rodrigues *et al.*, 2013). کشاورزان همواره به دلیل افزایش رقابت بر سر منابع آبی ناچار به استفاده از آب‌های کم کیفیت هستند (Tanji & Kielen, 2002) و به دلیل محدودیت منابع آبی دارای کیفیت مطلوب، استفاده از آب‌های شور برای آبیاری در بسیاری از مناطق جهان امری بدیهی شده است (Isla & Aragues, 2010). استفاده از آب‌های شور سبب افزایش شوری خاک می‌شود و در نتیجه گیاه را با تنش شوری روبه‌رو می‌سازد (Aroca *et al.*, 2012). امروزه، روش‌های آبیاری بارانی به دلیل کارایی بالای آبیاری، آسانگری کنترل آبیاری و کاهش هزینه آب و آبیاری و نیز نیروی انسانی روندی رو به رشد دارد. استفاده از روش‌های آبیاری بارانی می‌تواند در آبشویی نمک از سطح گیاه و خاک مؤثر باشد و محیطی مناسب را برای استقرار بذرهای حساس به شوری ایجاد کند. آب‌های شور و کم کیفیت در سامانه‌های آبیاری بارانی سبب حساسیت گیاه به جذب برگی یون‌ها و سمیت یونی به‌ویژه کلر و سدیم می‌شود و عملکرد را کاهش دهد (Isla & Aragues, 2010; Bernstein & Francois, 1975). به‌منظور کاهش این مشکلات، آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ‌ها با آب‌های غیرشور نسبت به آبیاری با آب‌شور به‌تنهایی به‌عنوان یک راهکار عملی

سودمند برای کاهش جذب و تجمع یون‌های سمی در برگ‌های گیاهان زراعی می‌تواند سودمند واقع شود. تولید ذرت نقش مهمی در زراعت جهانی دارد و در بسیاری از کشورها از نظر اهمیت پس از گندم و برنج در رتبه سوم قرار دارد. ذرت، یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی به نسبت حساس به شوری با آستانه شوری خاک در حدود ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر است (Maas & Hoffman, 1977). به‌منظور آبیاری ذرت از روش‌های مختلف آبیاری سطحی، قطره‌ای و بارانی استفاده می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده از استفاده از آب‌های غیرشور بی‌درنگ پس از مصرف آب شور برای آبشویی برگ‌ها و نیز شستشوی نمک خاک، گویای کارآمدی این روش از نظر شوری خاک، عملکرد و دیگر صفات رشدی گیاه زراعی در مقایسه با آبیاری بارانی با استفاده از آب‌های شور به‌تنهایی دارد. مدیریت آبیاری با استفاده از آب‌های غیر شور در تناوب با آب‌شور در روش آبیاری قطره‌ای نتایج مطلوبی بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی داشته است (Noshadi *et al.*, 2013). در یک آزمایش گلدانی فضای باز مشخص شد، شستشوی برگ‌های ذرت با آب غیر شور پس از آبیاری بارانی با آب‌شور سبب افزایش ۱/۸ و ۱۰ برابری به ترتیب غلظت سدیم و کلر برگ در مقایسه با افزایش ۲/۳ و ۱۷ برابری آن در آبیاری بارانی با آب‌شور و نیز سبب کاهش ۱۷ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با کاهش ۵۸ درصدی آن در آبیاری بارانی با آب‌شور در مقایسه با گیاهان شاهد شد. همچنین گزارش شد، آبیاری بارانی ذرت با آب دارای هدایت الکتریکی ۴/۲ دسی‌زیمنس بر متر در شرایط مزرعه‌ای منجر به افزایش ۲/۳ و ۱۷ برابری محتوای سدیم و کلر برگ در مقایسه با شرایط آبیاری سطحی شد، و عملکرد زیست‌توده رویشی در آبیاری بارانی ۱۴ درصد کمتر از گیاهان شاهد بود (Benes *et al.*, 1996). در نتایج آزمایشی نیز مشخص شد، هنگامی که بوته‌های ذرت به‌صورت بارانی با آب‌شور آبیاری شد، برگ‌ها دچار آسیب شدند، ولی کاهش عملکردی در این شرایط مشاهده نشد (Mass, 1985). ارزیابی تأثیر کوتاه‌مدت آبیاری بارانی با آب غیر شور بی‌درنگ پس

مزرعه و ساماندهی مدیریت آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با سه روش و سامانه آبیاری سطحی و بارانی با کیفیت مختلف آب در تابستان سال ۱۳۹۲ در دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. نیازهای کودی خاک با توجه به نتایج آزمون خاک و حدود بحرانی عنصرهای غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، تأمین شد (جدول ۱). برخی صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه ذرت دورگ ۷۰۴ در سطوح شوری آب آبیاری شامل هدایت الکتریکی معادل $2/9$ (S_1) به‌عنوان شاهد، $3/5$ (S_2)، $4/1$ (S_3)، $4/7$ (S_4) و $5/3$ (S_5) دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از سه روش آبیاری (I) شامل آبیاری سطحی (I_1)، آبیاری بارانی (I_2) و آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ‌ها (I_3) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شد.

از آبیاری با آب‌شور بر گیاهانی مانند پیاز و سیب‌زمینی نیز نشان داد، شستشوی برگ‌ها با آب غیر شور باعث افزایش ۳۰ درصدی عملکرد محصول شد (Stevens *et al.*, 2008). بنابراین، در روش آبیاری بارانی، شستشوی برگ‌ها با آب با کیفیت به‌عنوان یک راهکار برای کاهش جذب برگی نمک و آسیب به برگ‌ها به شمار می‌آید (Benes *et al.*, 1996).

با توجه به کیفیت پایین منابع آبی و شور شدن تدریجی بسیاری از آب‌های سطحی و زیرزمینی کشور به‌ویژه در مناطق دارای آب‌وهوای گرم خوزستان، برای استفاده مطلوب از آب‌های شور در کشاورزی این مناطق نیاز به بررسی روش‌های مختلف آبیاری با آب‌های شور بر ویژگی‌های خاک و گیاه است. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر سطوح شوری آب آبیاری و روش‌های مختلف آبیاری با آب‌های شور بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکردی دانه ذرت دورگ (هیبرید) ۷۰۴ در شرایط کنترل‌شده

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1. Results of physical and chemical characteristics of the soil

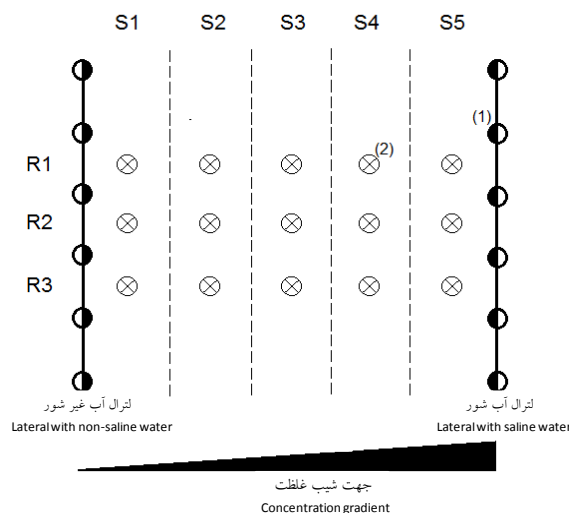
Soil texture	pH	N (%)	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	K ₂ O (mg kg ⁻¹)
Loam	7.5	27%	11.3	145

نوبت آبیاری برای یک آبپاش واحد، ارتفاع آب رسیده به سطح زمین با افزایش فاصله از آبپاش به‌تدریج کمتر می‌شد (شکل ۱). با برقراری جریان آب با دو شوری کمینه و بیشینه، سطوح شوری پیوسته‌ای از کمینه تا بیشینه در حفاصل دو خط موازی از آبپاش‌ها ایجاد شد. از آب رودخانه کارون با هدایت الکتریکی حدود $2/5$ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان شوری کمینه استفاده شد و شوری بیشینه، هدایت الکتریکی حدود $5/3$ دسی‌زیمنس بر متر داشت. شش عدد آبپاش با شعاع پراکنش ۱۵ متر و دبی $1/5$ لیتر در ثانیه به فاصله ۴ متر روی هر خط لوله مستقر شد. فاصله بین دو ردیف موازی آبپاش ۱۵ متر انتخاب شد. برای هر تیمار شوری سه تکرار در نظر گرفته شد. در تیمار آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ‌ها، بی‌درنگ پس از هر بار آبیاری نیز شستشوی برگ‌ها با استفاده از آب

پس از اندازه‌گیری و تعیین میزان و نوع نمک‌های آب رودخانه کارون و نسبت جذب سدیم (SAR) آن، میزان و نوع نمک‌های لازم برای تهیه محلول نمک با هدایت الکتریکی مورد نظر مشخص شد و محلول آب‌شور با نمک‌های کلرید سدیم، کلرید منیزیم و کلرید کلسیم آماده شد. آب‌شور در مخزنی با ظرفیت ۱۰۰۰ مترمکعب ذخیره و در زمان آبیاری به سمت لوله‌های فرعی هدایت شد. تیمارهای شوری آب برای آبیاری بارانی با استقرار آبپاش‌ها روی دو خط لوله موازی با شعاع پاشش یکسان در دو طرف مزرعه و همپوشانی آب غیر شور و شور از آبپاش‌های مقابل فراهم شد. ایجاد تیمارهای مختلف شوری بر پایه تغییر شدت پاشش آب از هر آبپاش نسبت به محل استقرار آن استوار بود، بدین ترتیب که با ترسیم منحنی تجمعی آب رسیده به سطح زمین در یک

مربوط به شوری در هر کرت اعمال شد. آبیاری با مخزن‌های مجاور کرت‌های مربوط به تیمارها انجام گرفت. اعمال تیمارهای شوری از مرحله چهار برگگی ذرت تا رسیدن کامل دانه با دور آبیاری هفت روزه انجام شد.

رودخانه کارون انجام شد. پس از آماده‌سازی زمین و نصب سامانه آبیاری، بذرها با فاصله جوی و پشته ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بذر روی ردیف ۱۸ سانتی‌متر کاشته شدند. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت و ابعاد هر کرت آزمایشی ۳×۶ متر بود. برای آبیاری به روش سطحی نیز پس از کرت بندی زمین، تیمارهای



شکل ۱. نحوه استقرار لوله‌های فرعی، آبیاش‌ها، قوطی‌ها، تیمارها و تکرارها در روش آبیاری بارانی. (۱) و (۲) به ترتیب آبیاش‌ها و قوطی‌های گردآوری آب هستند (S₁: ۲/۹ (شاهد)، S₂: ۳/۵، S₃: ۴/۱، S₄: ۴/۷، S₅: ۵/۳ دسی‌زیمنس بر متر و R: تکرار).

Fig 1. Lateral placement scheme, sprinklers, cans, treatments and replications in the sprinkler irrigation system. (1) and (2) are the sprinklers and cans for water collection, respectively (S₁: 2.9 (control), S₂: 3.5, S₃: 4.1, S₄: 4.7, S₅: 5.3 dS.m⁻¹ and R: replications).

برگ (LAI) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Gardner *et al.*, 1985).
رابطه (۱):

$$LAI = \frac{LA_1 + LA_2}{2} \cdot \frac{1}{GA}$$

که در این رابطه LA₁ و LA₂ سطح برگ در فاصله زمانی ۱۵ روز و GA سطح زمین نمونه برداری شده است. در پایان فصل رشد و پس از رسیدن فیزیولوژیکی دانه، با در نظر گرفتن اثر حاشیه، ۲۱ بوته از مساحت ۱/۵ × ۱/۵ مترمربع برداشت شد و پس از جدا کردن پوسته از بلال و خشکاندن در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت، میزان عملکرد دانه و وزن خشک کل زیست‌توده اندازه‌گیری شد. غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم برگ ششم نیز با استفاده از دستگاه نورسنج شعله‌ای (فلیم فتومتر

تغییرپذیری هدایت الکتریکی خاک در هر سه نوع مدیریت آبیاری نیز پیش از آزمایش و در پایان فصل رشد اندازه‌گیری و ثبت شد (جدول ۲). اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک شامل میزان سبزیگی برگ با استفاده از دستگاه سبزینه‌سنج (کلروفیل‌متر) دستی (SPAD-502, Minolta, Japan)، هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر (AP4 Delta-T Devices Ltd, Burwell, UK) بین ساعت ۱۰ صبح تا ۲ بعدازظهر، محتوای آب نسبی برگ به روش Ritchie *et al.* (1990) روی آخرین برگ توسعه‌یافته (برگ ششم) انجام شد. نمونه‌برداری‌ها روی سه بوته از هر واحد آزمایشی، دو ماه پس از نخستین آبیاری با آب شور انجام شد. اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ انجام و میزان شاخص سطح برگ (LAI) محاسبه شد. میزان شاخص سطح

استفاده از آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. همبستگی بین صفات با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه شد.

(Jenway, England) به روش Hamada *et al.* (1994) پس از برداشت محصول اندازه‌گیری شد. تجزیه داده‌ها در یک تجزیه واریانس دوطرفه و مقایسه میانگین‌ها با

جدول ۲. هدایت الکتریکی خاک در عمق ۰ تا ۴۰ سانتی‌متری

Table 2. Electrical conductivity of soil at 0-40 cm depth

		Electrical conductivity of soil (dS.m ⁻¹)				
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Surface irrigation	Before treatments application	2.0	2.5	3.3	3.6	3.7
	End of growth season	4.0	4.5	5.4	6.3	6.3
Daily sprinkler irrigation	Before treatments application	2.9	3.1	3.1	3.7	3.1
	End of growth season	3.7	5.1	6.2	6.8	7.5
Daily sprinkler irrigation with post fresh water	Before treatments application	2.3	2.4	3.1	3.3	3.4
	End of growth season	3.6	4.2	4.4	5.7	5.9

قرار گرفتند. بین سطوح شوری نیز از نظر همه صفات تفاوت معنی‌داری وجود داشت. برهمکنش سطوح شوری و روش آبیاری نیز برای عملکرد دانه و هدایت روزنه‌ای از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، به جز عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته، دیگر صفات مورفوفیزیولوژیک مورد بررسی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر روش آبیاری

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه ذرت دورگ ۷۰۴ در سطوح مختلف شوری و روش‌های آبیاری

Table 3. Analysis of variance for morpho-physiological traits and grain yield of maize hybrids 704 in different levels of salinity and irrigation methods

		Mean square							
	S.O.V.	Grain yield	Total dry weight	Stomatal conductance	Chlorophyll index	Leaf area index	Na ⁺ concentration	K ⁺ concentration	K ⁺ /Na ⁺ ratio
Irrigation method (I)	2	ns 0.35	1.76 ^{ns}	0.017 ^{**}	19.7 [*]	13.49 ^{**}	36 ^{**}	180 ^{**}	1.25 ^{**}
Salinity levels (S)	4	3.30 ^{**}	16.2 ^{**}	0.198 ^{**}	255 ^{**}	14.1 ^{**}	10.06 [*]	11.5 ^{**}	0.4 [*]
I×S	8	0.99	1.66 ^{ns}	0.007 ^{**}	12.8 ^{ns}	0.275 ^{ns}	4.20 ^{ns}	3.1 ^{ns}	0.04 ^{ns}
Error	30	0.29	1.6	0.002	9.6	0.161	4.7	1.86	0.19
Cv (%)	-	12.15	10.4	14.76	6.17	5.7	13.1	17	23

ns: Non-significant

ns: غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

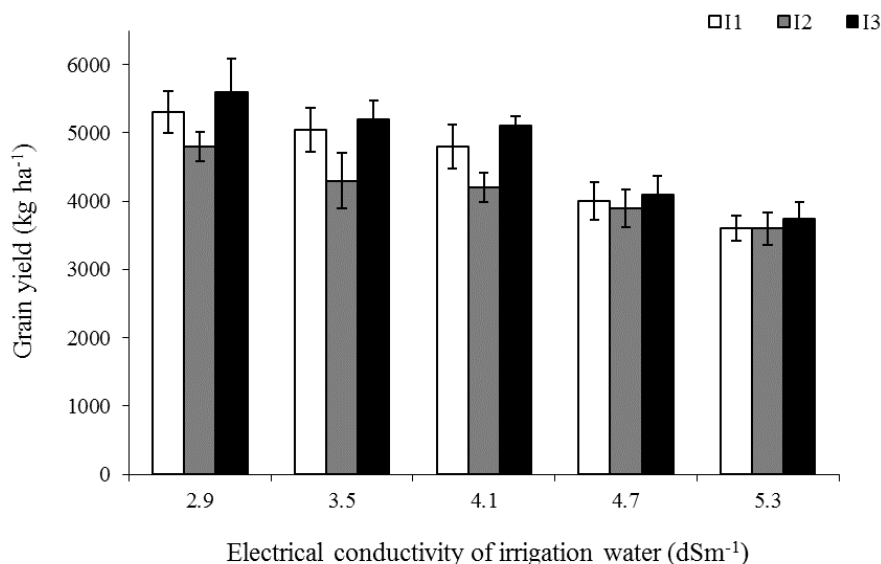
شوری، آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ بیشترین میزان و آبیاری بارانی و کمترین میزان عملکرد دانه را داشت. به‌طوری‌که، روش آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ، آبیاری به روش سطحی و

عملکرد دانه

با مقایسه میانگین بین سه روش آبیاری از نظر عملکرد دانه کاهش معنی‌داری بین سطوح شوری در روش‌های مختلف مشاهده شد. در بین همه سطوح

دسی‌زیمنس بر متر در هر سه روش آبیاری بود، اگرچه در سطوح شوری بیشتر از ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری بین روش‌های آبیاری وجود نداشت (شکل ۲).

آبیاری بارانی در روز به ترتیب دارای عملکرد دانه با میانگین‌های کل معادل ۴۵۳۰، ۴۴۷۰ و ۴۲۴۰ کیلوگرم در هکتار بودند. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار ۲/۹ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ و کمترین آن نیز در تیمار ۵/۳



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف شوری و روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه ذرت دورگ ۷۰۴ (نشانگرهای میله‌ای بیانگر مقادیر خطای معیار استاندارد میانگین سه تکرار است). I₁: آبیاری سطحی، I₂: آبیاری بارانی، I₃: آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ‌ها.

Fig 2. Effect of different salinity levels and irrigation methods on grain yield of maize hybrid 704 (indicator bars is the standard error of three replicates). I₁: Surface irrigation, I₂: Daily sprinkler irrigation, I₃: Daily sprinkler irrigation with post fresh water.

بوته‌های ذرت پیش از اینکه عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری قرار بگیرد، قادر به رویارویی بیشتر با غلظت‌های بالای کلر در مقایسه با غلظت‌های سدیم هستند (Isla & Aragues, 2010). غلظت بالای نمک موجود در برگ به‌ویژه سدیم از راه پیری زودرس برگ، کاهش فعالیت نورساختی (فتوسنتزی) و سطح نورساخت‌کننده منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود (Hussain et al., 2004; James et al., 2006).

وزن خشک کل بوته

برهمکنش شوری و روش آبیاری از نظر وزن خشک کل بوته تفاوت معنی‌داری نشان نداد. بیشترین وزن خشک کل بوته مربوط به تیمار شاهد (S₁) به میزان

بنا بر نتایج دیگر پژوهش‌های مزرعه‌ای (Isla & Aragues, 2010; Bernstein & Francois, 1975) و گلخانه‌ای (Shams al-Saeed & Farahbakhsh, 2005)، تنش شوری باعث کاهش عملکرد دانه و وزن خشک بوته ذرت شد. حساسیت بالای ذرت به آبیاری بارانی با آب‌شور می‌تواند به دلیل هر دو عامل جذب برگی و ریشه‌ای نمک‌ها و تجمع بالای یون‌های سمی سدیم و کلر باشد که در آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ مشکل جذب سطحی از برگ‌ها با شستشوی برگ‌ها با آب غیر شور برطرف خواهد شد، درحالی‌که در آبیاری سطحی تنها جذب ریشه‌ای نمک صورت می‌گیرد. اگرچه نتایج دیگر آزمایش‌ها درباره ارتباط بین محتوای یون‌های سدیم و کلر با عملکرد دانه ذرت در شرایط آبیاری بارانی با آب‌شور نشان داد،

بالتر از ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر وزن خشک بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اگرچه بین سطوح آبیاری در همه تیمارهای شوری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

۱۴۰۹۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار (S₅) به میزان ۱۰۶۸۰ کیلوگرم در هکتار در هکتار بود. همانند نتایج عملکرد دانه در سطوح بالای شوری در هر سه روش آبیاری با افزایش شوری به

جدول ۴. تأثیر سطوح مختلف شوری و روش‌های آبیاری بر برخی صفات فیزیولوژیک دورگ ذرت ۷۰۴

Table 4. Effect of different levels of salinity and irrigation methods on some physiological characteristics of maize hybrid 704

Means						Irrigation methods	
K ⁺ /Na ⁺ ratio	K ⁺ concentration (mg kg ⁻¹)	Na ⁺ concentration (mg kg ⁻¹)	Leaf area index	Chlorophyll index	Total dry weight (kg ha ⁻¹)		
1.95 ^a	29.6 ^a	15.1 ^b	6.8 ^b	48.3 ^b	12166 ^a	I ₁	
1.43 ^b	22.8 ^b	18.2 ^a	6.2 ^b	52.2 ^a	12460 ^a	I ₂	
1.5 ^b	23.7 ^b	16.2 ^b	8 ^a	52.5 ^a	12646 ^a	I ₃	
Salinity levels							
2.17 ^a	30.5 ^a	14.8 ^c	8.5 ^a	55.1 ^a	14096 ^{a†}		S ₁
1.74 ^{ab}	25.5 ^b	15 ^c	7.8 ^a	55.1 ^a	13398 ^a		S ₂
1.61 ^b	23.8 ^b	15.7 ^c	7.2 ^{ab}	51.2 ^a	12533 ^{ab}		S ₃
1.41 ^b	23 ^b	17.5 ^b	6.1 ^{bc}	47.4 ^b	11414 ^c		S ₄
1.23 ^b	24.2 ^b	19.5 ^a	5.4 ^c	46.9 ^b	10680 ^c		S ₅

† برای هر صفت میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون و در هر عامل آزمایشی با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means within a column followed by the same letter for each traits are not significantly different (P = 0.05), according to Least Significant Difference Test (LSD).

S₁:2.9, S₂:3.5, S₃:4.1, S₄:4.7, S₅:5.3 dS.m⁻¹

S₁:2.9, S₂:3.5, S₃:4.1, S₄:4.7, S₅:5.3 dS.m⁻¹

I₁: آبیاری سطحی، I₂: آبیاری بارانی، I₃: آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ‌ها

I₁: Surface irrigation, I₂: Daily sprinkler irrigation, I₃: Daily sprinkler irrigation with post fresh water

هدایت روزنه‌ای

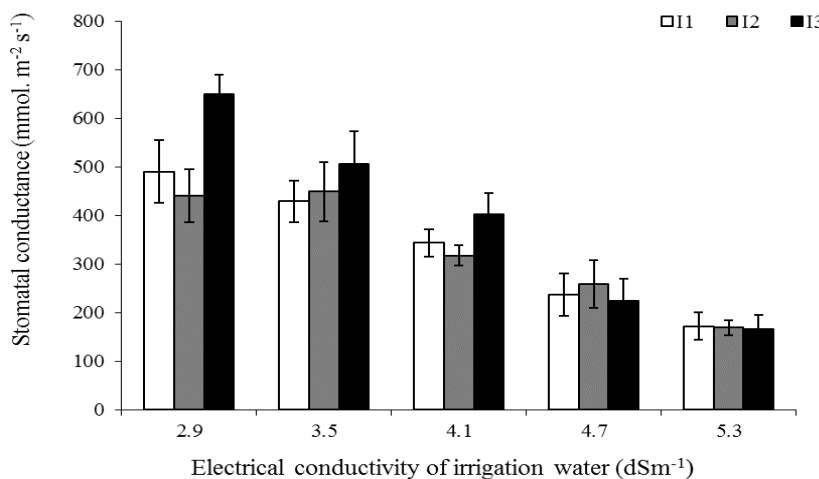
مقایسه میانگین‌های هدایت روزنه‌ای نشان داد، سطوح مختلف شوری سبب کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای در هر سه روش آبیاری شد. اگرچه بین شاهد و تیمار ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، ولی با افزایش شوری آب آبیاری میزان کاهش معنی‌داری بود. در سطوح بالای شوری بین روش‌های آبیاری تفاوت معنی‌داری از نظر هدایت روزنه‌ای وجود نداشت (جدول ۴). هدایت روزنه‌ای با شستشوی برگ-ها افزایش معنی‌داری در مقایسه با آبیاری بارانی با آب‌شور نشان داد. بالا بودن هدایت روزنه‌ای در تیمار آبیاری بارانی روزانه همراه با شستشوی برگ بیانگر برتری این تیمار نسبت به دیگر تیمارهای آبیاری است. هدایت روزنه‌ای می‌تواند به‌عنوان شاخصی

در بررسی‌های پیشین نیز نتایج مبنی بر تأثیر تنش شوری بر وزن خشک بوته در گیاه ذرت در شرایط مزرعه (Emdad & Fardad, 2000) گزارش شده است. در آبیاری همراه با شستشوی برگ، نمک باقی‌مانده بر سطح برگ شسته‌شده و آسیب‌های ناشی از سدیم در برگ کاهش می‌یابد که این امر باعث حفظ سطح برگ و سطح نورساخت‌کننده شده و عملکرد ماده خشک در مقایسه با آبیاری بارانی بهبود می‌یابد.

با توجه به نتایج همبستگی غلظت سدیم برگ و وزن خشک بوته ($r = -0.64^{**}$) به نظر می‌رسد، آسیب ناشی از تجمع یون سدیم با کاهش فعالیت نورساختی سبب کاهش رشد گیاه و کاهش ماده خشک شده است.

آب جلوگیری کند (Rahnama et al., 2010; James et al., 2008).

قابل اعتماد برای تعیین نورساخت و رشد به شمار آید و گیاه برای استفاده بهینه از میزان آب محدود در دسترس اقدام با بستن روزنه‌ها می‌کند تا از هدررفت



شکل ۳. اثر سطوح مختلف شوری و روش‌های مختلف آبیاری بر هدایت روزنه‌ای ذرت دورگ ۷۰۴ (نشانگرهای میله‌ای بیانگر مقادیر خطای معیار استاندارد میانگین سه تکرار است). I₁: آبیاری سطحی، I₂: آبیاری بارانی، I₃: آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ‌ها.

Fig 3. Effect of different salinity levels and irrigation methods stomatal conductance of maize hybrid 704 (indicator bars is the standard error of three replicates). I₁: Surface irrigation, I₂: Daily sprinkler irrigation, I₃: Daily sprinkler irrigation with post fresh water.

تنش شوری میزان هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد و سبب کاهش نورساخت در نتیجه کاهش تولید ماده خشک و عملکرد دانه می‌شود.

هدایت روزنه‌ای با وزن خشک بوته ($r=0.78^{**}$) و عملکرد دانه ($r=0.72^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (جدول ۵)، به عبارتی در نتیجه

جدول ۵- ضریب‌های همبستگی برخی صفات مورفوفیزیولوژیک ذرت دورگ ۷۰۴ در سطوح مختلف شوری و روش‌های آبیاری (n=21)
Table 5. Correlation coefficients between morphophysiological characteristics of maize in different levels of salinity and irrigation management (n=21)

No.	Traits	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Grain yield	1							
2	Total dry weight	0.78 ^{**}	1						
3	Stomatal conductance	0.72 ^{**}	0.61 ^{**}	1					
4	Chlorophyll index	0.51 ^{**}	0.49 ^{**}	0.74 ^{**}	1				
5	Leaf area index	0.63 ^{**}	0.69 ^{**}	0.81 ^{**}	0.56 ^{**}	1			
6	Na ⁺ concentration	-0.53 ^{**}	-0.64 ^{**}	-0.61 ^{**}	-0.32 ^{**}	-0.72 ^{**}	1		
7	K ⁺ concentration	0.34 ^{**}	0.39 [*]	0.44 ^{**}	0.09 ^{ns}	0.35 ^{**}	-0.57 ^{**}	1	
8	K ⁺ /Na ⁺ ratio	0.53 ^{**}	0.58 ^{**}	0.61 ^{**}	0.27 ^{ns}	0.52 ^{**}	-0.78 ^{**}	0.92 ^{**}	1

^{ns}, * and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ظرفیت نورساختی گیاهان می باشد، زیرا به‌طور مستقیم بر سرعت و میزان نورساخت و در نهایت تولید

شاخص سبزینه (کلروفیل) از مهم‌ترین عامل‌های مؤثر بر

به احتمال زیاد افزایش میزان آن با جلوگیری از سرعت رشد طولی برگ ذرت (Cramer & Quarrie, 2002) ارتباط دارد. همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص سطح برگ ($r=0/63^{**}$) نیز بیانگر کاهش سطح نورساخت‌کننده و سرعت رشد و در نهایت کاهش عملکرد دانه است.

غلظت سدیم برگ

بنا بر نتایج مقایسه میانگین غلظت یون سدیم برگ، روش آبیاری بارانی در روز با میانگین ۱۸/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین غلظت و تیمار آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ و آبیاری سطحی به ترتیب با میانگین‌های ۱۶/۲ و ۱۵/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک کمترین غلظت یون سدیم را داشتند. بین سطوح شوری آب آبیاری نیز از نظر غلظت یون سدیم تفاوت معنی‌داری وجود داشت. اگرچه غلظت این یون تا سطوح شوری آب آبیاری ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر، تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد (جدول ۴). همان‌طور که انتظار می‌رود در شرایط آبیاری بارانی با آب‌شور به دلیل جذب برگ و ریشه‌ای نمک‌ها، تجمع یون سدیم در مقایسه با دو روش دیگر افزایش یافته است، درحالی‌که در آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ میزان جذب سطحی از برگ‌ها با شستشوی برگ‌ها با آب غیر شور تا حدودی برطرف خواهد شد، ولی در آبیاری سطحی تنها جذب ریشه‌ای نمک صورت می‌گیرد. با توجه به رابطه مثبت بین افزایش شوری آب آبیاری با غلظت سدیم برگ به‌ویژه در آبیاری بارانی در روز به نظر می‌رسد که افزایش غلظت سدیم برگ اغلب ناشی از جذب ریشه‌ای و برگ‌هاست. نتایج همسانی نیز مبنی بر افزایش بیشتر جذب برگ سدیم در آبیاری ذرت با آبیاری بارانی با آب‌شور مشاهده شده است (Benes et al., 1996; Isla & Aragues, 2010). در بررسی‌های ارزیابی میزان جذب املاح در روش آبیاری بارانی با آب‌شور نیز مشخص شده که در صورت شستشوی برگ‌های ذرت با آب غیر شور پس از هر آبیاری با آب‌شور، میزان جذب یون‌های کلر و سدیم در برگ‌ها به میزان قابل‌توجهی

زیست‌توده مؤثر است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، آبیاری با آب‌شور به‌ویژه در سطوح شوری بالاتر از ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش معنی‌دار شاخص سبزینه شد. بیشترین میزان شاخص سبزینه در هر دو روش آبیاری بارانی مشاهده شد و به‌رغم انتظار، میزان شاخص سبزینه در آبیاری سطحی مقادیر کمتری داشت (جدول ۴).

در آبیاری بارانی، افزایش شوری منجر به تجمع املاح در سطح خاک و اطراف ریشه شده و با جذب ریشه‌ای و برگ‌ها آن پتانسیل اسمزی، اندازه و حجم یاخته‌ها و سطح برگ کاهش خواهد یافت و در نتیجه غلظت سبزینه در واحد سطح برگ در آغاز اعمال آبیاری با آب‌شور افزایش خواهد یافت. نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد، محتوای سبزینه در شرایط شوری احتمال دارد به دلیل کاهش سطح برگ، کاهش اندازه یاخته‌ها و تراکم بالاتر کلروپلاست در واحد سطح برگ و در نتیجه افزایش سبزینه در واحد سطح برگ افزایش یابد (Munns et al., 2006). با ادامه رشد گیاه در شرایط شور، فعالیت نورساختی گیاه احتمال دارد به دلیل تخریب کلروپلاست و در نتیجه کاهش میزان سبزینه برگ، کاهش یابد (Munns et al., 2006).

شاخص سطح برگ

مقایسه میانگین شاخص سطح برگ نشان داد، بین روش‌های آبیاری از نظر میزان سطح برگ تفاوت معنی‌داری وجود داشت و روش آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ بیشترین شاخص سطح برگ و تیمار آبیاری بارانی در روز و کمترین میزان آن را داشت. بین تیمارهای آبیاری بارانی در روز و آبیاری سطحی نیز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش میزان شوری آب آبیاری به‌ویژه در سطوح بالای شوری نیز میزان شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اگرچه در سطوح پائین شوری آب آبیاری ۳/۵ و ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد مشاهده نشد (جدول ۴). در شرایط شوری، اسید آسبسیک هدایت روزنه‌ای را کنترل می‌کند و

کاهش خواهد یافت (Benes *et al.*, 1996). همبستگی منفی بین غلظت سدیم برگ و عملکرد دانه ($r = -0.53^{**}$) بیانگر تأثیر نامطلوب تجمع این یون بر عملکرد دانه است (جدول ۵). به عبارتی، افزایش و تداوم تنش سبب اختلال در تعادل یونی، پیری زودرس برگ‌ها و در نتیجه کاهش سطح نورساخت‌کننده می‌شود. در همین راستا، در روش آبیاری بارانی نشانه‌های ظاهری سوختگی برگ نیز تا حدودی قابل‌مشاهده بود، که احتمال دارد به دلیل آسیب ناشی از جذب برگی املاح نمک در سطح برگ بوده باشد. افزایش غلظت سدیم اندام‌های هوایی با افزایش تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر در گیاه موجب آسیب به سبزینه و دیگر رنگدانه‌های نورساختی و درشت‌مولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها و چربی‌ها می‌شود (Ashraf & Ali, 2008; Zhao *et al.*, 2007).

غلظت پتاسیم

غلظت یون پتاسیم برگ در روش‌های مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری داشت، به‌گونه‌ای که در همه سطوح شوری بیشترین غلظت آن در روش آبیاری سطحی و کمترین میزان آن در دو روش آبیاری بارانی مشاهده شد. بین سطوح شوری آب آبیاری با تیمار شاهد نیز از نظر غلظت یون پتاسیم تفاوت معنی‌داری وجود داشت و حتی در سطوح پایین شوری نیز میزان پتاسیم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین غلظت سدیم و پتاسیم ($r = -0.57^{**}$) (جدول ۵) بیانگر یک رقابت مستقیم در مکان‌های جذب و انتقال این دو یون در غشای پلاسمایی است و افزایش جذب پتاسیم بازدارنده عبور سدیم از محلول خارجی به گیاه می‌شود (Epstein, 1966). کاهش غلظت پتاسیم اندام‌های هوایی گیاه در شرایط شوری در بررسی‌های چندی گزارش شده است (Wei *et al.*, 2003).

نسبت پتاسیم به سدیم

انتخاب پذیری پتاسیم به سدیم در بافت‌های گیاهی یکی از شاخص‌های مهم برای جداسازی گونه‌های متحمل از حساس به شوری است. در روش آبیاری

سطحی، نسبت پتاسیم بر سدیم تفاوت معنی‌داری با تیمارهای آبیاری بارانی در روز نشان داد. بین سطوح شوری آب آبیاری با تیمار شاهد نیز از نظر این نسبت تفاوت معنی‌داری وجود داشت و مقایسه میانگین‌ها نشان داد، با افزایش شوری آب آبیاری این نسبت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). نسبت بالای پتاسیم به سدیم بافت‌های گیاهی به‌عنوان یک سازوکار فیزیولوژیکی مهم تحمل شوری به شمار می‌آید (Rahnama *et al.*, 2011). در این پژوهش، با افزایش شوری آب آبیاری غلظت سدیم برگ افزایش یافت، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری در غلظت پتاسیم برگ مشاهده نشد، که این امر بیانگر کاهش مقادیر نسبت پتاسیم به سدیم است. به عبارتی، مقادیر این نسبت در تیمارهای شوری کاهش یافت و این به دلیل افزایش غلظت سدیم برگ بود (Francois & Clark, 1979). افزایش غلظت یون سدیم و کاهش پتاسیم به سدیم در پاسخ به تنش شوری توسط دیگر محققان گزارش شده است (Rahnama *et al.*, 2011). به دلیل انتخاب پذیری پتاسیم به سدیم در غالب گونه‌های گیاهی در شرایط شور، عملکرد به‌طور مثبت با نسبت پتاسیم به سدیم همبستگی داشت. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت پتاسیم به سدیم با وزن خشک کل ($r = 0.58^{**}$) و عملکرد دانه ($r = 0.52^*$) نیز به اهمیت جذب کمتر سدیم و نسبت بالای پتاسیم به سدیم در جهت دستیابی به عملکرد و ماده خشک بالاتر در شرایط شوری اشاره دارد (جدول ۵).

نتیجه‌گیری کلی

بر پایه یافته‌های این پژوهش، می‌توان گفت که هر سه روش مدیریت آبیاری سطحی و بارانی با آب‌شور با اختلال در اعمال فیزیولوژیکی گیاه مانند افزایش غلظت سدیم برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای، غلظت پتاسیم برگ، شاخص سبزینه برگ و کاهش سطح برگ، باعث کاهش تجمع ماده خشک و عملکرد دانه ذرت شد. اگرچه میزان تأثیر نامطلوب آبیاری بارانی با آب‌شور بیشتر از آبیاری سطحی و آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ با آب غیر شور بود و در روش

در کشاورزی، به‌رغم تأثیر نامطلوب و زیانبار شوری آب‌وخاک در آبیاری بارانی، شاید بتوان از روش آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ با آب غیر شور در راستای بهبود وضعیت عملکرد دانه در مناطق دارای آب‌وهوای گرم مستعد کشت ذرت بهره برد. برای دستیابی به مقادیر مطلوب عملکرد دانه در هر سه روش مدیریت آبیاری، مقادیر آستانه شوری آب در شرایط آبیاری بارانی در حدود ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر برای گریز از کاهش عملکرد، برتر از دیگر تیمارهای این آزمایش شناخته شد.

آبیاری بارانی همراه با شستشوی برگ عملکرد دانه بیشتری به دست آمد. به‌طوری‌که در سطح شوری ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه در این روش آبیاری در مقایسه با تیمار ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری بارانی در روز عملکرد بیشتری به دست آمد، که به نظر می‌رسد این بهبود وضعیت به علت شسته شدن نمک‌ها از سطح برگ و کاهش تأثیر ناشی از سوختگی برگ گیاه باشد. با این حال با توجه به شور و نیمه شور بودن بسیاری از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی کشور، به‌ویژه در مناطق دارای آب‌وهوای گرم خوزستان، برای استفاده مطلوب از آب‌های شور

REFERENCES

1. Aroca, R., Porcel, R. & Ruiz-Lozano, J. M. (2012). Regulation of root water uptake under abiotic stress conditions. *Journal of Experimental Botany*, 63, 43-57.
2. Ashraf, M. & Q. Ali. (2008). Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 63, 266-273.
3. Benes, S. E., Aragues, R., Grattan, S. R. & Austin, R. B. (1996). Foliar and root absorption of Na^+ and Cl^- in maize and barley: implications for salt tolerance screening and the use of saline sprinkler irrigation. *Plant and Soil*, 180 (1), 75-86.
4. Bernstein, L. & Francois, L. E. (1975). Effects of frequency of sprinkling with saline waters compared with daily drip irrigation. *Agronomy Journal*, 67, 185-190.
5. Chauhan, C. P. S., Singh, R. B. & Gupta, S. K. (2008). Supplemental irrigation of wheat with saline water. *Agricultural Water Management*, 95, 253-258.
6. Cramer, G. R. & Quarrie, S. A. (2002). Abscisic acid is correlated with the leaf growth inhibition of four genotypes of maize differing in their response to salinity. *Functional Plant Biology*, 29, 111-115.
7. Epstein, E. (1966). Dual pattern of ion absorption by plant cells and by plants. *Nature*, 212: 324-7.
8. Emdad, M. & Fardad, H. (2000). Effect of salinity and water stress on corn yield production. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 3, 654-641
9. Francois, L. E. & Clark, R. A. (1979). Accumulation of sodium and chloride in leaves of sprinkler-irrigated grapes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104, 11-13.
10. Gardner, F.P., Pearce, R. B. & Mitchell, R. I. (1985). Physiology of crop plant. Iowa State University Press, Ames.
11. Hamada, A. M. & EL- Enany, A. E. (1994). Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. *Biologia Plantarum*, 36, 75-81.
12. Hussain, A., Khan, Z. I., Ashraf, M., Rashid, M. H. & Akhtar, M. S. (2004). Effect of salt stress on some growth attributes of sugarcane cultivars CP-77-400 and Coj- 84. *International Journal of Agriculture and Biology*, 1, 188-191.
13. Isla, R., & Aragues, R. (2010). Yield and plant ion concentrations in maize (*Zea mays* L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. *Field Crops Research*, 116, 175-183.
14. James, R. A., Davenport, R. J. & Munns, R. (2006). Physiological characterization of two genes for Na^+ exclusion in durum wheat, Nax1 and Nax2. *Plant Physiology*, 142, 1537-1547.
15. James, R. A., Caemmerer, S. V., Condon, A. G., Zwart, A. B. & Munns, R. (2008). Genetic variation in tolerance to the osmotic stress component of salinity stress in durum wheat. *Functional Plant Biology*, 35, 111-123.
16. Maas, E.V. & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance-Current assessment. *ASCE J. Irrig. Drain. Div.* 103 (IR2), 115-134.
17. Maas, E.V. (1985). Crop tolerance to saline sprinkling water. *Plant and Soil*, 889, 273-284.
18. Munns, R., James, R. A. & Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57, 1025-1043.
19. Noshadi, M., Fahandej, S. & Sepaskhah, A. R. (2013). Effects of salinity and irrigation water management on soil and tomato in drip irrigation. *International Journal of Plant Production*, 7(2),

- 295-312.
20. Pereira, L. S., Cordery, I. & Iacovides, I. (2009). Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenges. Springer, Dordrecht, pp. 382.
 21. Rahnama, A., James, R.A., Poustini, K. & Munns, R. (2010). Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. *Functional Plant Biology*, 37: 255-269.
 22. Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., Ahmadi, A. & Alizadeh, H. (2011). Growth properties and ion distribution in different tissues of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) differing in salt tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 1971, 21-30.
 23. Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. & Haloday, A. S. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sciences*, 30, 105-111.
 24. Rodrigues, G. C., Paredes, P., Goncalves, J. M., Alves, I. & Pereira, L. S. (2013). Comparing sprinkler and drip irrigation systems for full and deficit irrigated maize using multicriteria analysis and simulation modelling: Ranking for water saving vs. farm economic returns. *Agricultural Water Management*, 126, 85-96.
 25. Shams al-Saeed, M. & Farahbakhsh, H. (2005). Effect of salinity on yield and agronomic and physiological traits of hybrid corn in the region of Kerman. *Journal of Agricultural Science*, 32 (1), 13-24.
 26. Stevens, R. M., Pech, J. M. & Grigson, G. J. (2008). Improving yield of vegetables grown with over-canopy, saline irrigation. *Acta Horticulturae*, 792: 639-646.
 27. Tanji, K. & Kielen, N. 2002. Agricultural water management in arid and semiarid areas. FAO irrigation and drainage paper no. 61, Rome.
 28. Zhao, G. Q., Ma, B. L. & Ren, C. Z. (2007). Growth, gas exchange chlorophyll fluorescence and Ion content of naked oat in response to salinity. *Crop Science*, 47, 123-131.
 29. Wei, W., Bilsborrow, P. E., Hooley, P., Fincham, D., Lombi, A. E. & Forster, B. P. (2003). Salinity induced differences in growth, ion distribution and partitioning in barley between the cultivar Maythorpe and its derived mutant Golden Promise. *Plant and Soil*, 250, 183-191.