"مجله علوم زراعی ایران"
جلد هیجدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵

اثر آبیاری بارانی با آب شور بر صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.)

Effect of sprinkler irrigation with saline water on some morph-physiological traits and grain yield of maize (*Zea mays* L.)

فاطمه قهرمانی پیرسلامی[۱]، افراسیاب راهنما[۲]، محمدرضا سیاهپوش[۳] و سعید برومند نسب[۴]

چکیده

قهرمانی پیرسلامی، ف.، ا. راهنما، م. ر. سیاهپوش و س. برومند نسب. ۱۳۹۵. اثر آبیاری بارانی با آب شور بر صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۲): ۱٤٦-۱۳۵.**

ذرت گیاهی نسبتاً حساس به شوری است، ولی اطلاعات کمی در مورد واکنش‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه آن به آبیاری بارانی با آب‌های شور وجود دارد. به منظور بررسی اثر آبیاری بارانی با سطوح مختلف شوری شامل ۲/۹ (شاهد)، ۳/۵، ٤/۱ و ٤/۷ و ۵/۳ دسی زیمنس بر متر بر عملکرد دانه و صفات مورفوفیزیولوژیک ذرت هیبرید ۷۰٤، آزمایشی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان سال ۱۳۹۲ در دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید. برای اعمال شوری از روش آبیاری بارانی با ایجاد سطوح شوری حداقل و حداکثر روی دو خط لوله موازی در طرفین مزرعه استفاده شد و هم پوشانی آبپاش‌ها باعث ایجاد شیب خطی شوری شد. نتایج نشان داد که افزایش هدایت الکتریکی آب و شور شدن خاک، به ویژه سطوح شوری ٤/۷ و ۵/۳ دسی زیمنس بر متر، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه (به ترتیب ۱۷/۷۵ و ۲۵ درصد)، محتوی آب نسبی برگ (به ترتیب ۱۳ و ۱۷ درصد)، هدایت روزنه‌ای (به ترتیب ٤۱ و ٦۱ درصد)، میزان سبزینگی برگ (به ترتیب ۱۰ و ۱۰ درصد)، شاخص سطح برگ (به ترتیب ۲٦ و ۳۷ درصد) و نسبت پتاسیم به سدیم برگ (به ترتیب ٤۵ و ۳۹ درصد) در مقایسه با شاهد گردید و محتوای سدیم برگ در مقایسه با شاهد افزایش یافت (به ترتیب ۲۰ و ۲۸ درصد). به نظر می‌رسد که تجمع بیشتر سدیم در برگ به دلیل جذب برگی و ریشه‌ای نمک در روش آبیاری بارانی از طریق اختلال در اعمال فیزیولوژیکی گیاه، باعث کاهش ماده خشک و عملکرد دانه ذرت گردید. براساس یافته‌های این پژوهش، مقادیر آستانه شوری آب در آبیاری بارانی در حدود ٤/۱ دسی زیمنس بر متر شناخته شد. با توجه به شور و نیمه شور بودن بسیاری از منابع آبی کشور، به ویژه در مناطق گرم مانند خوزستان، به نظر می‌رسد که استفاده از این روش برای آبیاری محصولات ردیفی مانند ذرت مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، ذرت، محتوای آب نسبی برگ و هدایت الکتریکی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۸ این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده‌کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: a.rahnama@scu.ac.ir)
۳- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
۴- استاد دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]

مقدمه

شوری آب و خاک، از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود و کشاورزی پایدار را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Shelden *et al.*, 2013). کشاورزان اغلب به دلیل افزایش رقابت برای استفاده از منابع آبی مطلوب، مجبور به استفاده از آب‌های کم کیفیت هستند (Tanji and Kielen, 2002). شوری آب آبیاری باعث افزایش شوری خاک گردیده و در نتیجه گیاه را با تنش شوری مواجه می‌سازد (Aroca *et al.*, 2012). با افزایش شوری و طولانی شدن دوره تنش شوری، تعادل یونی گیاه برهم خورده و سبب کاهش هدایت روزنه‌ای، محتوای پروتئین، میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و در نهایت پیری زودرس برگ‌ها وکاهش سطح فتوسنتزکننده و ماده خشک گیاه می‌گردد (James *et al.*, 2008). در چنین شرایطی، شناخت ویژگی‌های آب و خاک (Manschadi *et al.*, 2006) و سازوکارهای تحمل به شوری گیاه برای دستیابی به عملکرد مطلوب ضروری است (Munns *et al.*, 2006).

ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی مناطق فاریاب و یک گیاه نسبتاً حساس به شوری است که آستانه شوری خاک برای آن حدود ۱/۷ دسی زیمنس بر متر است و به ازای هر واحد افزایش شوری از این حد، عملکرد دانه آن در حدود ۱۴ درصد کاهش می‌یابد (Maas and Hoffman, 1977). استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار می‌تواند در آبشویی نمک از سطح خاک و ایجاد محیطی مناسب برای استقرار بذرهای گیاهان حساس به شوری مؤثر باشد. این روش به دلیل راندمان بالای آبیاری، سهولت کنترل آبیاری و کاهش هزینه آب و نیروی انسانی روندی رو به رشد دارد، لیکن استفاده از آب‌های کم کیفیت در روش آبیاری بارانی، مشکلاتی مانند جذب برگی نمک، سمیت ویژه یونی (به ویژه یون‌های کلر و سدیم) و کاهش عملکرد را نیز بدنبال دارد (Bernstein and Francois, 1975). یکی از مشکلات آبیاری بارانی، استفاده از آب‌های شور است و در چنین شرایطی احتمال افزایش جذب برگی سدیم در آبیاری بارانی با آب شور وجود دارد (Isla *et al.*, 2010). گزارش شده است که آبیاری بارانی ذرت با آب دارای هدایت الکتریکی ۴/۲ دسی زیمنس بر متر در شرایط مزرعه‌ای منجر به افزایش ۲/۳ و ۱۷ برابری محتوای سدیم و کلر شیره سلولی در مقایسه با شرایط آبیاری سطحی گردید و عملکرد زیست توده در آبیاری بارانی ۱۴ درصد کمتر از گیاهان شاهد بود (Benes *et al.*, 1996). در آزمایشی نیز مشخص شد که وقتی بوته‌های ذرت به صورت بارانی با آب شور آبیاری شدند، برگ‌ها دچار خسارت شدند، ولی کاهش عملکردی مشاهده نشد (Maas, 1985).

با توجه به شور و نیمه‌شور بودن بسیاری از منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی کشور به ویژه در مناطق گرم مانند خوزستان، برای استفاده مطلوب از آب‌های شور در کشاورزی، نیاز به بررسی اثرات شوری آب آبیاری بر رشد و عملکرد گیاه می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی اثر سطوح شوری آب آبیاری به روش بارانی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه ذرت هیبرید ۷۰۴ در شرایط کنترل شده در مزرعه بود.

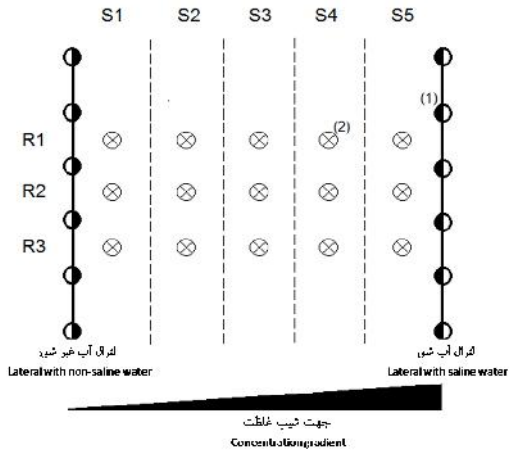
مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۲ در دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید. براساس نتایج آزمون خاک، بافت خاک مزرعه آزمایشی از نوع لومی و اسیدیته آن در حدود ۷/۵ بود. نیازهای کودی خاک با توجه به نتایج آزمون خاک و حدود بحرانی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، تامین شد. سطوح شوری آب آبیاری شامل هدایت الکتریکی ۲/۹ (S_1) (شاهد)، ۳/۵ (S_2)، ۴/۱ (S_3)، ۴/۷ (S_4) و ۵/۳ (S_5) دسی زیمنس بر متر، با استفاده از سیستم آبیاری بارانی بر صفات مورفوفیزیولوژیک و

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]

عملکرد دانه ذرت هیبرید ۷۰۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تهیه محلول نمک با هدایت الکتریکی مورد نظر، ابتدا شوری آب رودخانه کارون اندازه‌گیری شده و میزان و نوع نمک‌های آن مشخص گردید. سپس با تعیین نسبت جذب سدیم (SAR) آن، مقدار و نوع نمک‌های لازم برای تهیه آب شور مشخص گردید و محلول آب شور با نمک‌های کلرید سدیم، کلرید منیزیوم و کلرید کلسیم آماده شد. آب شور مورد نیاز آبیاری در مخزنی با ظرفیت ۱۰۰۰ متر مکعب ذخیره و به سمت لترال‌ها هدایت گردید. تیمارهای شوری آب برای آبیاری بارانی با استقرار آبپاش‌ها روی دو خط لوله موازی با شعاع پاشش مساوی در طرفین مزرعه و همپوشانی آب غیر شور و شور از آبپاش‌های مقابل فراهم شد. ایجاد تیمارهای مختلف شوری براساس 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 نوبت آبیاری برای یک آبپاش واحد، ارتفاع آب رسیده به سطح زمین با افزایش فاصله از آبپاش به تدریج کمتر می‌شد (شکل ۱). با برقراری جریان آب با دو شوری حداقل و حداکثر، سطوح شوری پیوسته‌ای از حداقل تا حداکثر در حد فاصل دو خط موازی از آبپاش‌ها ایجاد گردید. از آب رودخانه کارون با هدایت الکتریکی حدود ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان شوری حداقل استفاده شد و شوری حداکثر، دارای هدایت الکتریکی حدود ۵/۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. شش عدد آبپاش با شعاع پراکنش ۱۵ متر و دبی ۱/۵ لیتر در ثانیه به فاصله چهار متر بر 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. پس از مراحل آماده سازی زمین و نصب سیستم آبیاری، بذرها با فاصله جوی و پشته ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بذر روی ردیف ۱۸ سانتی متر کاشته شدند. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت و ابعاد هر کرت آزمایشی ۶×۳ متر بود. اعمال تیمارهای شوری از مرحلهٔ چهار برگی ذرت تا رسیدگی کامل با دور آبیاری هفت روزه انجام شد.



شکل ۱- نحوه استقرار لترال‌ها، آبپاش‌ها، قوطی‌ها، تیمارها و تکرارها در روش آبیاری بارانی. (۱) و (۲) به ترتیب آبپاش‌ها و قوطی‌های جمع‌آوری آب هستند (S_1: ۲/۹ (شاهد)، S_2: ۳/۵، S_3: ۴/۱ ، S_4: ۴/۷، S_5: ۵/۳ دسی زیمنس 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 (S_1: 2.9 (control), S_2: 3.5, S_3: 4.1, S_4: 4.7, S_5: 5.3 $dS.m^{-1}$ and R: replications)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]

تغییرات هدایت الکتریکی خاک نیز قبل از آزمایش و در انتهای فصل اندازه‌گیری و ثبت شد (جدول ۱).

جدول۱- هدایت الکتریکی خاک در عمق صفر تا ۴۰ سانتی متری

Table 1. Electrical conductivity of soil at 0-40 cm depth

		هدایت الکتریکی خاک Electrical conductivity of soil ($dS.m^{-1}$)				
		S_1	S_2	S_3	S_4	S_4
هدایت‌الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	قبل از اعمال تیمار Before treatments application	2.8	3.1	3.1	3.3	3.1
	پایان فصل رشد End of growth season	3.7	5.1	6.2	6.8	8.3

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک شامل میزان سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD-502, Minolta, Japan)، هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پورومتر (AP4 Delta-T Devices Ltd, Burwell, UK) بین ساعت ۱۰ صبح تا ۲ بعد از ظهر، محتوای آب نسبی برگ به روش ریچی و همکاران (Ritchie *et al.*, 1990) روی آخرین برگ توسعه یافته (برگ ششم) انجام شد. نمونه برداری‌ها روی سه بوته از هر واحد آزمایشی، دو ماه پس از اولین 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.

غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم برگ ششم نیز با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Jenway, England) به روش هامادا و همکاران (Hamada *et al.*, 1994) پس از برداشت محصول اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی دانه، با در نظر گرفتن اثر حاشیه، دو خط کشت در نظر گرفته شد. ۲۱ بوته از مساحت ۱/۵× ۱/۵ متر مربع 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 زیست توده اندازه‌گیری شد. تجزیه داده‌ها در یک آنالیز واریانس دو طرفه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. همبستگی بین صفات با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه شد.

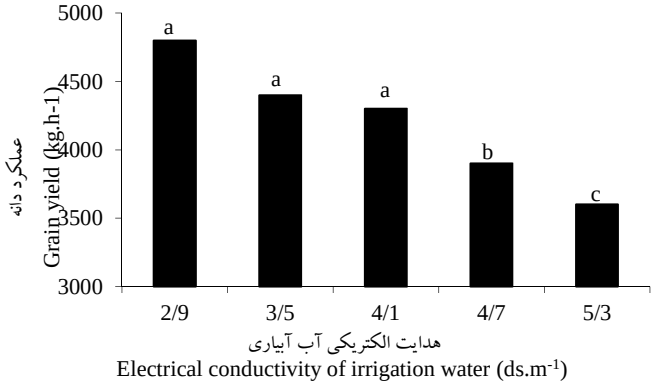
نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، بجز وزن خشک کل، کلیه خصوصیات مورفوفیزیولوژیک مورد ارزیابی شامل شاخص سطح برگ، محتوی آب نسبی برگ، هدایت روزنه‌ای، میزان سبزینگی برگ، میزان سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ و نیز عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح شوری آب آبیاری قرار گرفتند

افزایش هدایت الکتریکی آب و شور شدن خاک باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت گردید. تیمار شاهد با ۴۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه و تیمارهای ۴/۷ و ۵/۳ دسی زیمنس بر متر به ترتیب با عملکرد دانه ۳۹۰۰ و ۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار، با اختلاف معنی داری نسبت به سایر تیمارها، دارای کمترین مقدار عملکرد دانه بودند. تیمارهای ۳/۵ و ۴/۱ دسی زیمنس بر متر به ترتیب با عملکرد دانه ۴۳۰۰، ۴۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (شکل ۲). میزان کاهش عملکرد دانه در تیمارهای ۳/۵، ۴/۱، ۴/۷ و ۵/۳ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار شاهد ۸/۳، ۱۰/۴، ۱۸/۷ و ۲۵ درصد بود.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]

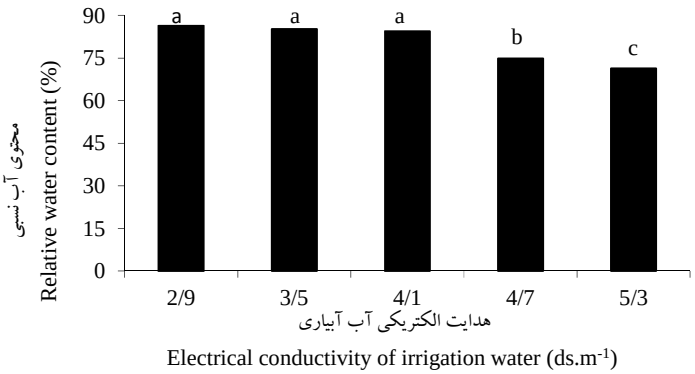


شکل۲- اثر سطوح شوری آب آبیاری بر عملکرد دانه ذرت

Fig. 2. Effect of salinity levels of irrigation water on grain yield of maize

حساسیت بالای ذرت به شوری در شرایط آبیاری بارانی می‌تواند تا حدودی به این دلیل باشد که در آبیاری بارانی تجمع یون‌های سدیم و کلر از هر دو طریق جذب برگی و جذب ریشه‌ای نمک‌ها صورت می‌گیرد، در حالی‌که در آبیاری سطحی تنها جذب ریشه‌ای نمک صورت می‌گیرد. نتایج سایر آزمایش‌ها درباره ارتباط بین محتوای یون‌های سدیم و کلر با عملکرد دانه ذرت در شرایط آبیاری بارانی با آب شور نشان داده است که بوته‌های ذرت قبل از این که عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری قرار بگیرد، قادر به مقابله با یون‌های کلر در مقایسه با یون‌های سدیم هستند (Isla *et al.*, 2010). غلظت بالای نمک موجود در برگ، به ویژه سدیم، از طریق پیری زودرس برگ، کاهش فعالیت فتوسنتزی و کاهش سطح فتوسنتز کننده، باعث کاهش عملکرد دانه و شاخص برداشت می‌گردد (James *et al.*, 2006; Hussain *et al.*, 2004).

بین سطوح مختلف شوری از نظر محتوی آب نسبی برگ تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). اگرچه با افزایش شوری آب آبیاری تا تیمار ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر در میزان محتوی آب نسبی برگ تفاوت قابل توجهی مشاهده نشد، ولی در تیمارهای شوری شدیدتر تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۳).



شکل۳- اثر سطوح شوری آب آبیاری بر محتوی آب نسبی برگ ذرت

Fig. 3. Effect of salinity levels of irrigation water on relative water content of leaf of maize

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]

در شرایط آبیاری بارانی تجمع بالای نمک به ویژه یون‌های سدیم و کلر در روی برگ و اطراف ریشه صورت می‌گیرد، بنابراین با افزایش غلظت نمک‌های محلول در خاک، پتانسیل آب اطراف ریشه کاهش می‌یابد و در نتیجه عبور آب و مواد غذایی محلول از میان غشای سلول‌های ریشه و انتقال به درون گیاه دشوارتر می‌گردد (Hoffman *et al.*, 1983)، در نتیجه به دلیل غلظت بالای نمک کلرید سدیم در محیط اطراف ریشه، محتوی آب نسبی برگ کاهش می‌یابد (Dadkhah, 2011). همبستگی مثبت بین محتوای آب نسبی برگ و عملکرد دانه (r=۰/۷۳**) (جدول ۳)، نشان دهنده اهمیت این شاخص از نظر تاثیر بر فتوسنتز و عملکرد دانه است (جدول ۳).

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات مورفوفیزیولوژیک ذرت در سطوح شوری آب آبیاری (n=15)

Table 2. Correlation coefficients between morphophysiological characteristics of maize in salinity levels of irrigation water (n=15)

ردیف No.	lant characteristics	صفات گیاهی	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Grain yield	عملکرد دانه	1							
2	Total dry weight	وزن خشک کل	0.78**	1						
3	Relative water content	محتوی آب نسبی	0.73**	0.48*	1					
4	Stomatal conductance	هدایت روزنه‌ای	0.57**	0.38*	0.15 ns	1				
5	SPAD value	میزان سبزینگی برگ	0.47*	0.26 ns	0.79**	0.83**	1			
6	Leaf area index	شاخص سطح برگ	0.63**	0.28 ns	0.83**	0.79**	0.78**	1		
7	Na^+ concentration	غلظت یون سدیم	-0.53**	-0.37*	-0.61**	-0.63**	-0.32*	-0.72**	1	
8	K^+/Na^+ ratio	نسبت پتاسیم به سدیم	0.51**	0.35*	0.45**	0.61**	0.27ns	0.52**	-0.78**	1

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

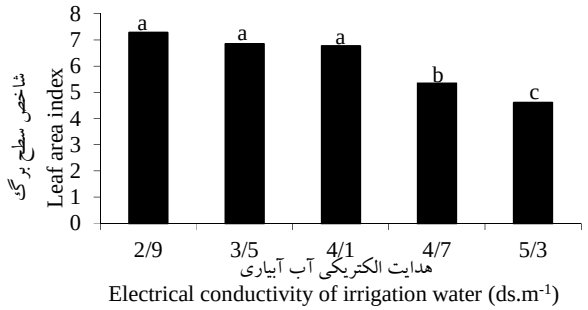
ns, * and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که آبیاری با آب شور، به ویژه در سطوح بالا، باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ گردید، ولی در سطوح پائین شوری آب آبیاری (۳/۵ و ۴/۱ دسی زیمنس بر متر) کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان نداد. بین سطوح ۴/۷ و ۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (شکل ۴). گزارش شده است که در شرایط شوری، اسید آبسیسیک هدایت روزنه‌ای را کنترل کرده و به احتمال زیاد افزایش میزان آن با جلوگیری از سرعت طویل شدن برگ ذرت (Cramer and Quarrie, 2002) ارتباط دارد. همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص سطح برگ (r=۰/۶۳**) نیز نشان دهنده کاهش سطح فتوسنتز کننده و سرعت رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد دانه است. نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Kiani and Abyar, 2000; Abdel-Samad, 1993).

نتایج نشان داد که سطوح شوری آب آبیاری باعث کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای گردید. بین شاهد و تیمار ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر از نظر هدایت روزنه‌ای تفاوت معنی داری مشاهده نگردید، ولی با افزایش شوری آب آبیاری، کاهش معنی‌داری در هدایت روزنه‌ای مشاهده شد (شکل ۵). هدایت روزنه‌ای می‌تواند به عنوان شاخصی قابل اعتماد برای تعیین فتوسنتز و رشد گیاه در نظر گرفته شود و عوامل کنترل کنندهٔ رشد در شرایط تنش احتمالاً به طور مشابهی هدایت روزنه‌ای را کنترل می‌کنند و در شرایط تنش به طور هماهنگ و یکسان کاهش می‌یابند. با وجود خشکی ناشی از تنش شوری، گیاه برای استفاده

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

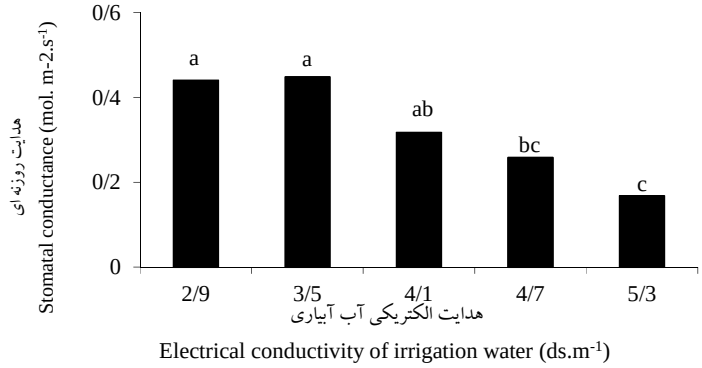
[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]



شکل ۴- اثر سطوح شوری آب آبیاری بر شاخص سطح برگ ذرت

Fig. 4. Effect of salinity levels of irrigation water on leaf area index of maize

بهینه از مقدار آب محدود در دسترس، اقدام به بستن روزنه‌ها می‌کند تا از هدر روی آب جلوگیری شود (James *et al.*, 2008). هدایت روزنه‌ای با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری ($r=۰/۵۷^{**}$) نشان داد (جدول ۲)، به عبارت دیگر با کاهش هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش شوری، فتوسنتز نیز کاهش یافته و باعث کاهش تولید مادهٔ خشک و عملکرد دانه می‌شود.



شکل۵- اثر سطوح شوری آب آبیاری بر هدایت روزنه‌ای ذرت

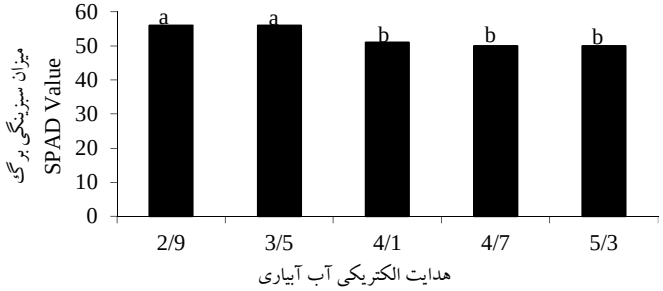
Fig. 5. Effect of salinity levels of irrigation water on stomatal conductance of maize

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که آبیاری با آب شور، به ویژه در سطوح بالای شوری، باعث کاهش معنی‌دار میزان سبزینگی برگ گردید. اگرچه بین تیمار شاهد و سطح شوری ۳/۵ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید، ولی با افزایش شوری میزان سبزینگی برگ کاهش یافت (شکل۶). اگرچه نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که محتوی کلروفیل در شرایط تنش خشکی و شوری احتمالاً به دلیل کاهش سطح برگ، افزایش اندازه سلول‌ها و تراکم بالاتر کلروپلاست در واحد سطح برگ و در نتیجه افزایش کلروفیل در واحد سطح برگ، افزایش می‌یابد (Munns *et al.*, 2006). مواجه شدن رشد گیاه با شوری باعث کاهش فعالیت فتوسنتری گیاه شده و در نتیجه میزان رشد، سطح برگ و محتوای کلروفیل آن کاهش می‌یابد. این کاهش به طور عمده در ارتباط با کاهش ظرفیت فتوسنتزی بوده که خود می‌تواند نتیجه کاهش

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]

محتوای کلروفیل باشد (Munns *et al.*, 2006). افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری منجر به تجمع املاح نمک در سطح خاک و اطراف ریشه می‌گردد و با جذب ریشه‌ای و نیز جذب املاح باقی‌مانده روی سطح برگ در آبیاری بارانی و کاهش پتانسیل اسمزی، اندازه و حجم سلول‌ها و سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ در ابتدای اعمال آبیاری با آب شور افزایش می‌یابد، ولی با ادامه اعمال تنش شوری، احتمالاً به علت تخریب کلروپلاست‌ها و اثرات سوء شوری بر کلروفیل، میزان سبزینگی برگ کاهش خواهد یافت. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش ابتدایی میزان سبزینگی برگ در گیاه نیشکر و سپس کاهش آن در ادامه اعمال شوری توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Hussain *et al.*, 2004).



شکل۶- اثر سطوح شوری آب آبیاری بر میزان سبزینگی برگ ذرت

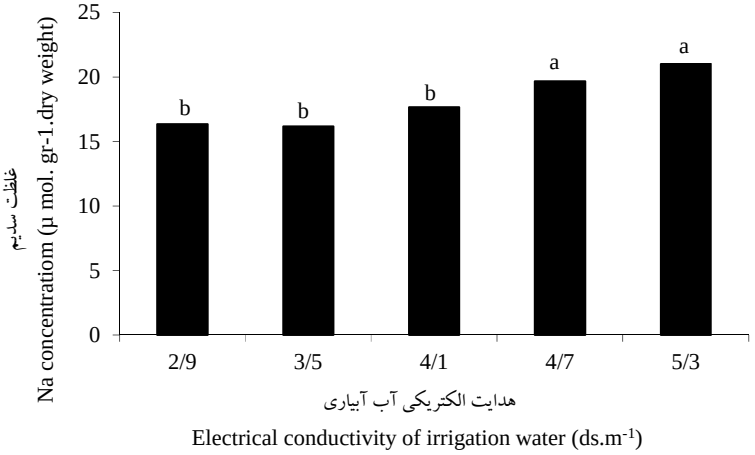
Fig. 6. Effect of salinity levels of irrigation water on SPAD value of maize

غلظت سدیم برگ با افزایش شوری آب آبیاری به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین محتوای سدیم برگ در سطوح شوری ۴/۷ و ۵/۲ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۷). با توجه رابطه مثبت بین افزایش شوری آب آبیاری با غلظت سدیم برگ به نظر می‌رسد که افزایش غلظت سدیم برگ غالباً ناشی از جذب ریشه‌ای و برگی سدیم باشد. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش بیشتر جذب برگی سدیم در آبیاری ذرت با آبیاری بارانی با آب شور گزارش شده است (Benes *et al.*, 1996; Isla *et al.*, 2010). وجود همبستگی منفی بین میزان سدیم برگ و عملکرد دانه (r=-۰/۵۳**) نشان می‌دهد که عملکرد دانه با میزان تجمع این یون در ارتباط است (جدول ۲). به عبارت دیگر با افزایش شوری و طولانی شدن دوره تنش، تعادل یونی برهم خورده و این موضوع باعث پیری زودرس برگ‌ها و کاهش سطح فتوسنتز کننده می‌شود. در این راستا در روش آبیاری بارانی علائم ظاهری سوختگی برگ نیز تا حدودی قابل مشاهده بود که احتمالا به علت خسارت ناشی از جذب برگی املاح نمک در سطح برگ بوده است. افزایش محتوای سدیم اندام‌های هوایی باعث تخریب کلروفیل و یا بازداری سنتز آن می‌گردد (Zhao *et al.*, 2007) و بعلاوه باعث افزایش تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر در گیاه شده و موجب خسارت به کلروفیل و سایر رنگدانه‌های فتوسنتزی و ماکرو مولکول‌هایی نظیر پروتئین و لیپیدها می‌گردد (Ashraf and Ali, 2008).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری نسبت پتاسیم به سدیم به طور معنی داری کاهش یافت. بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم در تیمار شاهد با نسبت حدود ۲ مشاهده شد (شکل ۸) که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت و با افزایش شوری آب آبیاری این نسبت کاهش یافت، ولی بین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

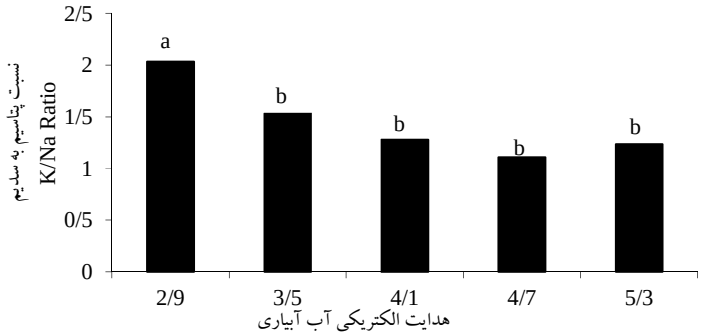
[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]



شکل ۷- اثر سطوح شوری آب آبیاری بر غلظت سدیم برگ ذرت

Fig. 7. Effect of salinity levels of irrigation water on leaf Na^+ concentrations of maize

تیمارها تفاوت قابل توجهی مشاهده نشد. نسبت بالای پتاسیم به سدیم بافت‌های گیاهی به عنوان یک سازوکار فیزیولوژیکی مهم در تحمل شوری محسوب می‌گردد (Rahnama *et al.*, 2011). در آزمایش حاضر با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری، غلظت سدیم برگ افزایش یافت، در حالی که تفاوت معنی‌داری در غلظت پتاسیم برگ مشاهده نگردید که این موضوع نشان دهنده ثابت ماندن میزان پتاسیم برگ در شرایط تنش شوری و کاهش مقادیر نسبت پتاسیم به سدیم می‌باشد. به عبارت دیگر مقادیر این نسبت در تیمارهای شوری کاهش یافت و این موضوع به دلیل افزایش غلظت سدیم برگ بود (Francois and Clark, 1979). افزایش غلظت یون سدیم و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در پاسخ به تنش شوری توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Schachtman and Munns, 1992; Rahnama *et al.*, 2011). به دلیل انتخاب پذیری نسبت پتاسیم به سدیم در غالب گونه‌های گیاهی در شرایط تنش شوری، عملکرد دانه با نسبت پتاسیم به سدیم همبستگی مثبت داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین نسبت پتاسیم به سدیم با وزن خشک کل



شکل ۸- اثر سطوح شوری آب آبیاری بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ ذرت

Fig. 6. Effect of salinity levels of irrigation water on leaf K^+/Na^+ ratio of maize

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]

(r= ۰/۳۵*) و عملکرد دانه (r= ۰/۵۱** نیز نشان دهنده اهمیت جذب کمتر سدیم و نسبت بالای پتاسیم به سدیم جهت دستیابی به عملکرد دانه و ماده خشک بالاتر در شرایط شوری است (جدول ۲). مقادیر آستانه ۴/۱ دسی زیمنس بر متر برای غلظت یون سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم، حداقل میزان شوری آب را برای اجتناب از کاهش عملکرد تحت شرایط آبیاری بارانی با آب شور نشان می‌دهد. حساسیت ذرت به غلظت بالای سدیم امری بدیهی است و گونه‌های گیاهی از نظر تحمل نسبی به سدیم متفاوت هستند (Munns and Tester, 2008).

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت که آبیاری بارانی با آب شور با اختلال در اعمال فیزیولوژیکی گیاه نظیر افزایش غلظت سدیم برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای، محتوای آب نسبی، میزان سبزینگی برگ و کاهش سطح برگ، باعث کاهش تجمع ماده خشک و عملکرد دانه ذرت گردید. با این حال با توجه به شور و نیمه شور بودن بسیاری از منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی کشور، به ویژه در مناطق دارای آب و هوای گرم خوزستان، برای استفاده مطلوب از آب‌های شور در کشاورزی، علیرغم اثرات نامطلوب شوری آب و خاک در آبیاری بارانی، شاید بتوان از این روش آبیاری در مناطق دارای آب و هوای گرم مستعد کشت ذرت بهره برد. جهت دستیابی به مقادیر مطلوب عملکرد دانه، مقادیر آستانه شوری آب در شرایط آبیاری بارانی در حدود ۴/۱ دسی زیمنس بر متر برای اجتناب از کاهش عملکرد، برتر از سایر تیمارهای این آزمایش شناخته شد.

منابع مورد استفاده

References

Abdel-Samad, H. M. 1993. Counteraction of NaCl with $CaCl_2$ or KCl on pigment, saccharide and mineral contents in wheat. Biol. Plant. 35 (4): 555-560.

Aroca, R., R. Porcel and J. M. Ruiz-Lozano. 2012. Regulation of root water uptake under abiotic stress conditions. J. Exp. Bot. 63: 43-57.

Ashraf, M. and Q. Ali. 2008. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Environ. Exp. Bot. 63: 266-273.

Benes, S. E., R. Aragues, S. R. Grattan and R. B. Austin. 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 Soil. 180 (1): 75-86.

Bernstein, L. and L. E. Francois. 1975. Effects of frequency of sprinkling with saline waters compared with daily drip irrigation. Agron. J. 67: 185-190.

Cramer, G. R. and S. A. Quarrie. 2002. Abscisic acid is correlated with the leaf growth inhibition of four genotypes of maize differing in their response to salinity. Funct. Plant Biol. 29: 111-115.

Dadkhah, A. 2011. Effect of salinity on growth and leaf photosynthesis of two sugar beet (Beta vulgaris L.) cultivars. J. Agr. Sci. Tech. 13: 1001-1012.

Francois, L. E. and R. A. Clark. 1979. Accumulation of sodium and chloride in leaves of sprinkler-irrigated grapes. J. Am. Soc. Hort. Sci. 104: 11-13.

Hamada, A. M. and A. E. EL- Enany. 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]

contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. Biol. Plant. 36: 75-81.

Hoffman, G. J., E. V. Maas., T. L. Prichard and J. L. Meyer. 1983. Salt tolerance of corn in the Sacramento-San Joaquin Delta of California. Irrig. Sci. 4: 31-44.

Hussain, A., Z. I. Khan., M. Ashraf, M. H. Rashid and M. S. Akhtar. 2004. Effect of salt stress on some growth attributes of sugarcane cultivars CP-77-400 and Coj- 84. Int. J. Agric. Biol. 1: 188-191.

Isla, R., A. Royo and R. Aragues. 2010. Yield and plant ion concentrations in maize (*Zea mays* L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. Field Crops Res. 116: 175-183.

James, R. A., S. V. Caemmerer., A. G. Condon, A. B. Zwart and R. Munns. 2008. Genetic variation in tolerance to the osmotic stress component of salinity stress in durum wheat. Funct. Plant Biol. 35: 111-123.

James, R. A., R. J. Davenport and R. Munns. 2006. Physiological characterization of two genes for Na^+ exclusion in durum wheat, *Nax1* and *Nax2*. Plant Physiol. 142: 1537-1547.

Kiani, A. and N. M. Abyar. 2000. Technical and economical evaluation and comparison of sprinkler and furrow irrigation methods on qualitative and quantitative properties of cotton. J. Agr. Sci. Tech. 5: 51-67

Manschadi, A. M., J. Christopher, P. Devoil and G. L. Hammer. 2006. The role of root architectural traits in adaptation of wheat to water-limited environments. Funct. Plant Biol. 33: 823–837.

Maas, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-Current assessment. ASCE J. Irrig. Drain. Div. 103 (IR2), 115-134.

Maas, E.V. 1985. Crop tolerance to saline sprinkling water. Plant Soil. 889: 273-284.

Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59: 651-81.

Munns, R., R. A. James and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot. 57: 1025-1043.

Rahnama, A., K. Poustini., R. Tavakkol-Afshari, A. Ahmadi and H. Alizadeh. 2011. Growth properties and ion distribution in different tissues of bread wheat genotypes (TRITICCUM AESTIVUM L.) differing in salt tolerance. J. Agron. Crop Sci. 1971: 21-30.

Ritchie, S. W., H. T. Nguyen and A. S. Haloday. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30:105-111.

Schachtman, D. P. and R. Munns. 1992. Sodium accumulation in leaves of *Triticum* species that differ in salt tolerance. Aust. J. Plant Physiol. 19(3): 331-340.

Shelden, M. C., U. Roessner, R. E. Sharp, M. Tester and A. Bacic. 2013. Genetic variation in the root growth response of barley genotypes to salinity stress. Funct. Plant Biol. 40(5): 516-530.

Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Ann. Bot. 91:503-207.

Tanji, K. and N. Kielen. 2002. Agricultural water management in arid and semiarid areas. FAO irrigation and drainage paper No. 61, Rome, Italy.

Zhao, G. Q., B. L. Ma and C. Z. Ren. 2007. Growth, gas exchange chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity. Crop Sci. 47: 123-131.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]

Effect of sprinkler irrigation with saline water on some morph-physiological traits and grain yield of maize (*Zea mays* L.)

Ghahramani Pirsalami, F.[1], A. Rahnama[2], M.R. Siahpoosh[3]and S. Boromand Nasab[4]

ABSTRACT

Ghahramani Pirsalami, F., A. Rahnama, M.R. Siahpoosh and S. Boromand Nasab. 2016. Effect of sprinkler irrigation with saline water on some morph-physiological traits and grain yield of maize (*Zea mays* L.)**. Iranian Journal of Crop Sciences. 18(2): 135-146. (In Persian).**

Maize is a moderately salt-sensitive crop, but there is little information about its morpho-physiological and grain yield responses to sprinkling irrigation with saline waters. To evaluate the effect of irrigation with saline water with different levels of electrical conductivity of 2.9 (control), 3.5, 4.1, 4.7 and 5.3 $dS.m^{-1}$ on grain yield and morpho-physiological traits of maize hybrid KSC704, a field experiment was carried out using randomized complete block design with three replications in Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran, in summer of 2013. To apply salinity levels, a sprinkler irrigation system was used to establish minimum and maximum salinity levels on two parallel pipelines on both sides of the field. Overlapping sprinklers led to establish a linear salinity gradient. Result showed that increasing the electrical conductivity of water and soil salinization, especially at 4.7 and 5.3 $dS.m^{-1}$ significantly decreased grain yield (17.75 and 25%, respectively), relative water content (13 and 17%, respectively), stomatal conductance (41 and 61%, respectively), chlorophyll index (10 and 10%, respectively), leaf area index (26 and 37%, respectively) and ratio of potassium to sodium (45 and 39%, respectively), and increased leaf sodium content (20 and 28%, respectively) when compared with the control. In sprinkler irrigation method, it seems that due to both root and foliar absorption of salt, via impairment in the physiological functions of the plant, it caused reduction in dry matter and grain yield. In conclusion, these findings showed that, in sprinkler irrigation the threshold of salinity was ~4.1 $dS.m^{-1}$. With regard to the saline water resources in Iran, especially in warm areas of Khuzestan, sprinkler irrigation may be beneficial in row crops, such as maize, production.

Key words: Electrical conductivity, Maize, Relative water content and Salt stress.

Received: October 2015 Accepted: May 2016

1-Former MSc. Student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2- Assistant Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Corresponding author) (Email: a.rahnama@scu.ac.ir)
3- Assistant Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4- Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.2.3.4]