نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶
http://jopp.gau.ac.ir

اثر آب شور رقیق‌شده توسط پساب بر برخی خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی نهال انار، رقم ملس یزدی

ولی سلطانی گردفرامرزی[1*]، اعظم جعفری[2]، کاظم کمالی[3] و محمدرضا وظیفه‌شناس[4]

[1]دانشجوی علوم باغبانی دانشگاه اردکان و محقق مرکز ملی تحقیقات شوری کشور، یزد، ایران
[2]استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، ایران
[3]استادیار دانشگاه یزد، [4]عضو هیات‌علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۶

چکیده

سابقه و هدف: انار (*Punica granatum*)، از محصولات باغی با خواص دارویی است که می‌تواند با شرایط اقلیمی گرم و خشک سازگار شود. هر چند این درخت میوه مقاوم به کم‌آبی بوده، اما آبیاری منظم در افزایش مقدار و کیفیت محصول آن نقش مهمی دارد. با توجه به کمبود منابع آبی، شور شدن منابع آب زیرزمینی بدلیل کاهش نزولات جوی و همچنین وجود عناصر مغذی در پساب شاید بتوان با اختلاط آن با آب شور اثرات منفی ناشی از شوری را کاهش داد و تولید محصول را در این شرایط حفظ نمود. این پژوهش به منظور بررسی اثر آب شور رقیق‌شده توسط پساب بر نهال انار در مرکز ملی تحقیقات شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای استفاده از دو منبع آبی نامتعارف (آب شور و پساب) در تولید انار پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار در ۳ تکرار روی نهال‌های یکساله انار، رقم ملس یزدی، در مرکز ملی تحقیقات شوری کشور انجام گردید. دو نوع آب آبیاری در ۴ سطح شوری (شاهد، ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) با رقیق‌کردن آب شور توسط آب شهر (آب شور رقیق شده با آب غیرشور) و همچنین رقیق‌کردن آب شور توسط پساب (آب شور رقیق شده با پساب) تهیه و پس از تغییر رنگ برگ از قرمز به سبز به تدریج اعمال شدند. زمان آبیاری، زمان کاهش ۵۰ درصدی رطوبت خاک از ظرفیت مزرعه‌ای با توزین گلدان شاهد در نظر گرفته شد. در طول آزمایش نیز شوری منطقهٔ ریشه با قرائت شوری زهکش‌ها و اعمال کسر آبشویی کنترل گردید. پس از ۴ ماه اعمال تیمار در انتهای آزمایش صفات رویشی و برخی صفات فیزویولوژیکی نهال‌ها اندازه‌گیری و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و میانگین‌ها با روش LSD مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که پساب اثر منفی بر هدایت‌الکتریکی محلول خاک ندارد. همچنین نتایج نشان داد که پساب اثری بر صفات رویشی مانند ارتفاع، اندازهٔ تاج، سطح برگ، تعداد برگ و همچنین سبزینگی، دما، نشت یونی، پرولین، قند محلول و محتوای نسبی آب برگ نداشت، اما شوری باعث کاهش معنی‌دار این صفات شد.

نتیجه‌گیری: با توجه عدم تأثیر منفی معنی‌دار رقیق‌سازی آب شور توسط این پساب در سطوح شوری پایین‌تر از ۷ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری می‌توان از آن برای رقیق‌کردن آب شور استفاده نمود. به نظر می‌رسد نهال انار می‌تواند در شرایط شور با

*مسئول مکاتبه: valisoltani1355@gmail.com

کاهش سطح برگ (کاهش تعرق) و افزایش کوتیکول، عدم تغییر در قند محلول برگ، محتوای نسبی آب برگ را ثابت نگه‌داشته و بر اثر اولیه شوری (کاهش پتانسیل آب خاک) آب آبیاری، غلبه کند.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع نهال، پساب، پرولین، شوری، قند محلول.

مقدمه

درخت انار در مناطق حاشیهٔ کویر که دارای تابستان‌های گرم و خشک، آفتاب سوزان، زمستانی نسبتاً سرد و آب و خاک نسبتاً شور هستند، پرورش می‌یابد. درخت انار از این جهت که آب کمتری را در مقایسه با سایر درختان نیمه گرمسیری از طریق تعرق از دست می‌دهد، قابل کشت در مناطق خشک می‌باشد. بنابراین مقاوم به کم‌آبی بوده و در مکان‌هایی که بارندگی سالانه به‌طور متوسط ۵۰ میلی‌متر است خود را با شرایط آبیاری سازش می‌دهد (۱۶). شوری از سه راه رشد و عملکرد گیاه را محدود می‌کند: اولین اثر شوری کاهش پتانسیل آب خاک، کاهش پتانسیل آب گیاه و در نهایت کاهش رشد ظاهری می‌باشد. اثر دوم مربوط به وجود یون‌های خاص در محلول خاک بوده که هم باعث سمیت شده و هم جذب گیاه را مختل می‌کند و اثر سوم که در حقیقت زاییدهٔ اثر نوع دوم است، موجب بروز "عدم تعادل تغذیه‌ای" می‌شود (۱۱). بسیاری از درختان میوه حساس به شوری هستند. میوه‌های هسته‌دار، مرکبات، آووکادو حساسیت ویژه‌ای را برای تجمع کلراید و سدیم در برگ‌های خود نشان می‌دهند. خسارت سمیت کلرید در گونه‌های چوبی، نسبت به خسارت سمیت سدیم بیشتر است؛ اما ممکن است در گونه‌های چوبی کاهش رشد و عملکرد با فقدان یون‌های سمی ویژه‌ای اتفاق افتد (۲۱). محسنی (۲۰۱۰) حد آستانه تحمل به شوری انار را ۱/۸ دسی‌زیمنس آب آبیاری و شیب کاهش عملکرد ۹/۳ درصد گزارش کرده است. در تحقیقی اثر سطوح شوری ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری روی رقم‌های الک ترش، ملس ترش و ملس شیرین بصورت گلخانه‌ای بررسی و مشخص گردید، پاسخ رقم‌های انار به شوری متفاوت می‌باشد. افزایش شوری صفات رویشی در رقم‌های ملس ترش و الک ترش را کاهش داده است. هر چند افزایشی در رشد نسبی ملس شیرین تا شوری ۴۰ میلی‌مولار وجود دارد. شوری در این سه رقم انار باعث کاهش طول ساقهٔ اصلی، طول و تعداد میانگره‌ها و سطح برگ شد (۱۷). با افزایش شوری غلظت پرولین برگ دانهال‌های دورگه‌های بین گونه‌ای بادام رقم سهند افزایش یافت، اما دراین خصوص ژنوتیپ‌ها عکس‌العمل متفاوتی ازخود نشان دادند (۸). تنش شوری اثر متفاوتی بر محتوای کربوهیدرات دارد. برخی از محققان تجمع کربوهیدرات‌ها را تحت شرایط شوری در گیاهان مختلف گزارش کرده‌اند (۲). در سطوح شوری پایین و متوسط، قند و به دنبال آن کربوهیدرات کل در دو رقم ذرت کاهش پیدا کرد (۱۶). اعمال شوری موجب افزایش تدریجی مقدار قند احیاءکننده در ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته گردید به‌طوری‌که بیشترین مقدار قند احیاءکننده از اعمال بالاترین سطح شوری بدست آمد (۳). تجمع پرولین ممکن است بعنوان یک شاخص در انتخاب برای پایداری در برابر تنش شوری از طریق دخالت در تنظیم اسمزی استفاده شود (۲۴). گزارش شده که اثر اولیهٔ شوری یعنی کاهش پتانسیل آب خاک مشابه تنش خشکی می‌باشد و یکی از مهمترین تغییرات ناشی از تنش خشکی کاهش محتوای آب نسبی برگ است. این خصوصیت می‌تواند توانمندی گیاه را در مواجهه با تنش خشکی نشان دهد (۱۰). در سال‌های

اخیر، استفاده از فاضلاب در کشورهایی که محدودیت آب دارند، اهمیت زیادی پیدا کرده‌است به‌طوری‌که در ایالات کالیفرنیا ۱/۵ درصد از کل حجم آب مصرفی، ناشی از استفاده مجدد از پساب است (۶). پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شاهین شهر جهت آبیاری گیاه قره‌داغ بکار گرفته شد و نتایج نشان داد که کاربرد پساب در مقایسه با آب معمولی بر طول ساقه، وزن تر و خشک گیاه اثر مثبت دارد (۲۰).

پس از ارزیابی کیفی آب خروجی از حوضچه‌های اختیاری دوم تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد مشخص شد که می‌توان از پساب خروجی در بخش‌های کشاورزی جهت آبیاری غلات، گیاهان صنعتی، گیاهان علوفه‌ای و نیز آبیاری مراتع و درختان غیر مثمر استفاده کرد (۶).

کاهش بارندگی و برداشت غیر اصولی منابع آب زیرزمینی باعث کاهش کیفیت این منابع و از طرف دیگر افزایش روزافزون جمعیت و عدم الگوی مناسب مصرف آب باعث افزایش تولید فاضلاب شده است. بنابراین در این شرایط کمبود آب، دو منبع آب نامتعارف شور و پساب در دسترس می‌باشد که برنامه‌ریزی در خصوص استفادهٔ بهینه از آن‌ها می‌تواند کمک قابل توجهی به بحران کم‌آبی، کشاورزی پایدار بعنوان یکی ار ارکان مهم اقتصاد مقاومتی و همچنین رفع مشکلات زیست‌محیطی ناشی از انباشت فاضلاب باشد. می‌توان با رقیق‌سازی آب شور توسط پساب (فاضلاب تصفیه‌شده)، اثرات منفی شوری بر درختان را کاهش داده و از این دو منبع آبی استفاده کرد. با توجه به کاهش منابع آب و به منظور استفاده بهینه از پساب و آب شور، همچنین وجود مواد شوینده و ضدعفونی‌کننده در پساب، تحقیق مذکور جهت بررسی اثرات رقیق‌سازی آب شور توسط پساب تصفیه‌خانهٔ شهر یزد بر خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی نهال انار رقم ملس یزدی به منظور تولید نهال انجام شد.

مواد و روش ها

این آزمایش که در ۳ تکرار و ۸ تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در شهر یزد و در شرایط طبیعی (فضای باز) به‌مدت ۷ ماه (۴ ماه اعمال شوری) انجام شد. ابتدا گلدان‌های پلاستیکی از ۱۱۰ کیلوگرم خاک خشک با خصوصیات جدول (۲) و با زهکش مناسب پرشدند. داخل گلدان‌های هر تیمار لوله‌های رطوبت‌سنج (TDR) جهت قرائت رطوبت خاک نصب گردید. پس از آبشویی خاک جهت یکنواخت‌شدن آن‌ها، نهال‌های یکنواخت و یکساله انار رقم ملس یزدی کشت و جهت استقرار، با آب غیرشور آبیاری شدند. رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه‌ای (FC) توسط دستگاه صفحات فشاری تعیین گردید (۲۰/۳ درصد حجمی و ۱۴/۵ درصد وزنی). دو تیمار اختلاط آب آبیاری شامل آب شور چاه (با شوری ۱۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر) رقیق‌شده با آب غیرشور (آب شهر) و آب شور چاه رقیق‌شده با پساب تصفیه‌خانهٔ شهر یزد (با شوری اولیه ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر) ، هر کدام در ۴ سطح شوری (۱/۲= شاهد، S2=۴، S3=۷ و S4=۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) تهیه و پس از تغییر رنگ برگ‌های نهال‌ها از قرمز به سبز، به تدریج تیمارها اعمال گردید. تیمار شاهد آب رقیق‌شده با آب شهر، با سطح شوری برابر با شوری اولیه پساب (۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر) و سطوح شوری آب آبیاری بر اساس شوری غالب آب چاه‌های منطقه در نظر گرفته شد. زمانی که رطوبت خاک به ۵۰ درصد رطوبت آن در ظرفیت مزرعه می‌رسید، آبیاری انجام می‌شد (۲). وزن آب آبیاری بر اساس میزان آب کاهش یافته از رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای

خاک، محاسبه و با افزایش ۲۰ درصد جهت شستشوی نمک اضافی از خاک، توزین و آبیاری انجام می‌گرفت. در انتهای آزمایش، شوری عصارهٔ اشباع خاک گلدان‌ها، سطح برگ (با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ اسکنری)، ارتفاع، قطر و حجم تاج نهال، میزان پرولین (۵)، قند محلول (۱۵) و RWC برگ (۱۰) اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها نیز طبق آزمون LSD صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ شیمیایی تیمارهای آب شور رقیق‌شده با آب شهر و پساب و همچنین آب شور و پساب در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱: تجزیهٔ شیمیایی تیمارهای آب شور رقیق‌شده با آب غیرشور و پساب

Table 1. Chemical analyze of blended saline water by non-saline water and wastwater

تیمار آبی Treatment	هدایت‌الکتریکی EC	pH	کربنات CO_3^{2-}	بی‌کربنات HCO_3^-	کلر CL	سولفات SO_4^{2-}	کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	سدیم Na^+	پتاسیم K^+	SAR	نیترات NO_3^-	فسفر کل P
	دسی‌زیمنس بر متر dS/m	-	میلی‌اکی‌والان در لیتر Meq/li								-	میلی‌گرم در لیتر Mg/li	
آب شور رقیق‌شده با آب غیرشور blended saline water by non saline water	1.2	8.4	0.6	2.8	6.6	1.4	3.5	2.1	5.7	.1	2.7	4.4	.5
	4	8.3	0.6	2.4	30	8.9	5	7.5	29.2	.2	9.9	6.9	.3
	7	8	0	3.4	56.1	14	7.8	13.8	51.6	.3	13.5	7.7	.5
	10	8.3	1	2.7	83.5	19.3	10.2	20.1	75.8	.5	16.9	10.7	.8
آب شور رقیق‌شده با پساب blended saline water by wastewater	1.2	8	0	4.5	6	2.1	3.6	1.5	7	.4	3.3	5.5	1
	4	7.4	1	4	30	7.1	4.5	7	28.2	.4	9.4	5.5	2.8
	7	7.3	0	4.1	55.7	13.6	7.8	12.6	53	.7	14.2	8.4	4.2
	10	7.8	1	4.2	83.3	18.7	10.1	19.7	75.8	.7	17	10.8	1
آب شور saline water	14.9	8.7	.84	2.5	118	35.6	12.9	29.1	114.2	.7	21.8	13.9	1.3
پساب wastewater	2.8	8.1	1.6	4.2	21.2	5.2	4.9	4.3	22.9	.7	8.6	6.4	1.2

جدول ۲: خصوصیات خاک قبل از آزمایش

Table 2. Caractristics of soil before treatment apply

آهک (درصد) $CaCO_3$ (%)	گچ (درصد) $CaSO_4$ (%)	رطوبت وزنی در نقطهٔ پژمردگی (درصد) $\Theta_{pwp}(\%)$	رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه (درصد) $\Theta_{fc}(\%)$	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) $\rho b(g/Cm^3)$	بافت Texture
21.95		5.7	14.5	1.4	شنی‌لوم Loam sandy

جدول ۳: خصوصیات نهال انار در آغاز اعمال تیمار

Table 3. Caractristics of pomegranate at beginning of treatment apply

تعداد برگ Leaf number	تعداد شاخه Shoot number	قطر (سانتی‌متر) Diameter(cm)	ارتفاع (سانتی‌متر) Length(cm)	سن Old (Year)
350	4	38	73	1

با توجه به جدول (۱)، افزایش شوری مربوط به یون‌های کلر، سدیم، سولفات، کلسیم و منیزیم بوده و یون‌های دیگر اثر چندانی ندارند. کربنات و بیکربنات در پساب بالاتر از آب شور بوده بنابراین در تیمارهای آب شور رقیق شده با پساب، میزان کربنات بالاتر از آب شور رقیق شده با آب غیرشور می‌باشد. نسبت یون منیزیم به کلسیم در پساب کمتر از ۰/۸ و در آب شور ۲/۲ می‌باشد، بنابراین غلظت منیزیم در تیمارهای آب شور رقیق شده با پساب نسبت به آب شور رقیق شده با آب غیرشور کمتر بوده که این امتیاز مثبت پساب در کاهش منیزیم آب آبیاری در صورت اختلاط با آب شور می‌باشد.

شوری عصاره اشباع خاک: پساب بر شوری عصاره اشباع خاک اثر منفی نداشته‌است (جدول ۴). بنابراین می‌توان از این پساب بدون محدودیت اثرگذاری بر شوری خاک به‌منظور رقیق‌سازی آب شور جهت آبیاری نهال انار در خزانه استفاده نمود.

جدول ٤: جدول مقایسهٔ میانگین صفات رویشی اندازه‌گیری‌شده در نهال انار رقم ملس یزدی

Table 4. mean Comparison of measured vegetative traits in pomegranate *cv.* Malas-Yazdi

تیمار Treatment	شوری آب آبیاری ECiw ds/m	شوری‌عصارهٔ اشباع خاک ECe ds/m	ارتفاع تاج Height cm	قطر تاج Diameter of Canopy cm	حجم تاج Volume of Canopy cm^3	تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf area cm^2	طول میانگره Internode length cm
آب شور رقیق‌شده با آب غیرشور blended saline water by non saline water	1.2	6.7^{a}	108^{ab}	87^{ab}	656^{ab}	1005^{ab}	668^{a}	1.8^{a}
	4	18.5^{b}	102^{abc}	73^{bc}	534^{bc}	1180^{ab}	360^{bc}	1.6^{a}
	7	26.3^{c}	86^{cd}	62^{cd}	409^{cd}	956^{b}	339^{bc}	1.5^{a}
	10	34.1^{d}	85^{cd}	40^{e}	266^{e}	391^{e}	366^{bc}	1.8^{a}
آب شور رقیق‌شده با پساب blended saline water by wastewater	1.2	7.8^{a}	109^{a}	89^{a}	677^{a}	1145^{ab}	423^{bc}	2.3^{a}
	4	15.4^{b}	99^{abc}	81^{ab}	593^{ab}	1516^{ab}	432^{b}	1.9^{a}
	7	23.9^{c}	88^{bcd}	58^{cd}	393^{cd}	879^{bc}	348^{bc}	1.7^{a}
	10	34.4^{d}	76^{d}	51^{de}	320^{de}	360^{c}	313^{c}	2.2^{a}

اعداد موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

The numbers in each column if you have the same letters are not significant at the 5% level of confidence

صفات رویشی

ارتفاع: مقایسه میانگین‌های ارتفاع نهال (جدول ۴) در سطوح مختلف شوری نشان می‌دهد که بین شوری‌های ۱ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر، همچنین ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. اما در هر دو نوع آب آبیاری با افزایش شوری، ارتفاع نهال کاهش یافت که این نتایج با نتایج کریمی و حسن‌پور مطابقت دارد (۱۳). پساب بر ارتفاع نهایی نهال‌های انار تأثیر معنی‌داری نداشت که این نتایج بر خلاف نتایج بدست آمده از اثر پساب بر رشد گیاه قره‌داغ است که توسط شهریاری (۱۳۸۹)، گزارش شده است (۲۲).

قطر تاج نهال: همانند ارتفاع، میانگین قطر تاج در تیمار شاهد با شوری آب آبیاری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و نیز سطوح ۷ دسی زیمنس بر متر با ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری ندارد جدول

(۴). ولی با وجود عدم تفاوت معنی‌دار اثر پساب بر شوری، در شوری ۱۰ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر میانگین نهال‌هایی که با پساب شور شده آبیاری شدند، بالاتر بود. بیشترین میانگین قطر تاج (۸۹ سانتی‌متر) در تیمار اختلاط آب شور و پساب در سطح شوری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین میانگین (۴۰ سانتی‌متر) در تیمار آب شور رقیق شده با آب غیرشور در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (جدول ۴). اثر پساب بر قطر تاج معنی‌دار نبوده و این صفت تحت تأثیر شوری کاهش یافت.

حجم تاج نهال: با توجه با اینکه در محاسبه حجم تاج نهال‌ها از اعداد ارتفاع و قطر تاج استفاده شده است تغییرات این صفت نیز مشابه صفات قبلی می‌باشد. نتایج مقایسهٔ میانگین‌های حجم تاج (جدول ۴) نیز با نتایج میانگین‌های قطر یکسان است. شوری بر حجم تاج اثر کاهشی داشته‌است. حداقل حجم (۲۶۶ سانتی‌متر مکعب) در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر مترآب شور رقیق شده با آب غیرشور و حداکثر حجم (۶۷۷ سانتی‌متر مکعب) در شوری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر آب شور رقیق شده با پساب مشاهده شد. حجم تاج نهال در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد در هر دو تیمار آبی تفاوت معنی‌داری نداشت. هرچند اثر پساب در اختلاط با آب شور بر حجم تاج معنی‌دار نیست اما در اکثر سطوح شوری آب آبیاری میانگین حجم در تیمار آبی اختلاط آب شور با پساب افزایش جزئی نسبت به تیمار آب شور رقیق‌شده با آب غیرشور داشت. با افزایش شوری در هر دو تیمار حجم تاج کاهش یافته زیرا اثر اولیهٔ شوری خاک باعث کاهش پتانسیل آب خاک و سپس پتانسیل آب گیاه و بدنبال آن باعث کاهش و توقف رشد می‌شود (۱۰). با افزایش هر ۳ واحد شوری در آب آبیاری تیمار آب شور رقیق شده با آب غیرشور(۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد)، ۲۰ درصد کاهش رشد تاج نسبت به شاهد وجود دارد (۶/۷ درصد کاهش حجم تاج نهال به ازای هر واحد افزایش شوری آب آبیاری). اما در تیمار آب شور رقیق شده با پساب با افزایش هر ۳ واحد شوری آب آبیاری به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد کاهش حجم تاج (۵/۶ درصد کاهش حجم یه ازای هر واحد افزایش شوری آب آبیاری) مشاهده شده است. همچنین در شوری ۱/۲ دسی-زیمنس بر متر آب شور رقیق شده با پساب حجم تاج نهال ۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است. بنابراین میزان کاهش حجم تاج در تیمار آب شور رقیق شده با پساب نسبت به سطوح شوری مشابه در تیمار دیگر کمتر بوده‌است. این اختلافات نشان‌دهندهٔ اثر مثبت استفاده از پساب مورد استفاده جهت رقیق‌سازی آب شور می‌باشد.

تعداد شاخه: تعداد شاخه در نهال‌ها تحت تأثیر معنی‌دار شوری بوده و با افزایش شوری شاخه‌دهی کاهش می‌یابد (جدول ۴). در تیمار آب شور رقیق شده با پساب بین سطوح شوری ۱/۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نیست و کاهش معنی‌دار از شوری ۷ به بعد شروع می‌شود. کمترین تعداد شاخه در شوری آب آبیاری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین شاخه در تیمار شاهد مشاهده می‌شود. مقایسهٔ میانگین‌ها بین تیمارهای آبی در هر سطح شوری نیز نشان‌می‌دهد که پساب بر آن اثر منفی نداشته است و کاهش تعداد شاخه در سطوح مختلف شوری فقط تحت تأثیر معنی‌دار آب شور بوده است. بیشترین کاهش نیز در شوری آب آبیاری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده می‌شود.

طول میانگره: با توجه به جدول (۴) طول میانگره تحت تأثیر تیمارهای آبی قرار نگرفته و تغییرات در تیمارهای آب شور رقیق‌شده، مشابه بوده است. در نتایج مشابهی در بررسی اثر نمک کلرید سدیم بر سه رقم انار شامل ملس شیرین، ملس ترش و الک ترش

ابتدا افزایش طول میانگره فقط در رقم ملس شیرین و سپس کاهش آن را با افزایش شوری دراین رقم‌ها، گزارش شده‌است (۱۸).

سطح برگ: آب شور رقیق‌شده با پساب بر سطح برگ اثر معنی‌داری نداشت و سطح برگ تحت تأثیر شوری کاهش معنی‌دار در سطح ۵ درصد داشته‌است. بالاترین سطح برگ در تیمار شاهد (۷۶۶ سانتی‌متر مربع) و در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر تیمار آب شور رقیق شده با پساب کمترین میانگین سطح برگ (۳۱۳ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد (جدول ۴). با افزایش شوری بخصوص از تیمار ۴ دسی‌زیمنس بر متر به بعد سطح برگ کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشته است که این ناشی از تأثیر اثر اسمزی شوری، کاهش پتانسیل آب در خاک و سپس در برگ‌ها و بدنبال آن کاهش سطح برگ می‌باشد. اصولاً شوری باعث کاهش آغازش و گسترش برگ و همچنین کاهش رشد میانگره شده که با ریزش برگ تسریع می‌شود. کاهش جذب آب، سپس کاهش توسعه سلولی و کاهش رشد سلول و نیز کاهش تقسیم سلولی بخاطر تجمع سدیم و کلر می‌باشد (۲۶). نتایج این پژوهش با گزارش نائینی و همکاران (۲۰۰۶)، مطابقت دارد (۱۸).

تعداد برگ: شوری بر تعداد برگ نهال در سطح ۵ درصد اثر معنی‌دار داشته است و بین دو نوع تیمار آبی نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (جدول ۴). روند تغییرات در هر دو نوع تیمار آبی مشابه می‌باشد. با افزایش شوری آب آبیاری تا سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر تعداد برگ افزایش و سپس کاهش یافته‌است. به‌طوری‌که حداقل تعداد برگ در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار آبی اختلاط پساب با آب شور وجود دارد. این نتایج با نتایج نائینی و همکاران (۲۰۰۶) که افزایش تعداد میانگره در رقم ملس شیرین با افزایش شوری تا ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم را گزارش کرده بودند (۱۸) و همچنین نتایج دژمپور (۱۳۹۱) در بررسی اثر شوری بر نهال‌های بادام، مطابقت دارد (۸).

صفات فیزیولوژیکی در برگ: تجزیه واریانس داده‌های صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده، در جدول (۵) گزارش شده است.

جدول۵: جدول مقایسهٔ میانگین صفات فیزیولوژیکی اندازه‌گیری‌شده در برگ انار رقم ملس یزدی

Table 5: Mean comparison of measured physiological traits in leaf of pomegranate *cv.* Malas-Yazdi

تیمار Treatment	شوری آب آبیاری ECiw dS/m	سبزینگی SPAD	دما Temperature °c	محتوای نسبی آب RWC % برگ	قند محلول Soluble sugar mg/g	پرولین Prolin mg/g	نشت یونی Ion lekage %
آب شور رقیق‌شده با آب غیرشور blended saline water by non saline water	1.2	44.9^{c}	30.7^{c}	81.5^{b}	7.2^{a}	44^{c}	19.5^{c}
	4	50.7^{bc}	34^{ab}	81.5^{b}	6.8^{abc}	51.8^{bc}	24.5^{c}
	7	43.9^{c}	35.6^{a}	79.5^{b}	6.4^{bc}	59.1^{ab}	32.4^{bc}
	10	61.2^{a}	37.5^{a}	84.1^{ab}	6.3^{c}	59.9^{ab}	47^{ab}
آب شور رقیق‌شده با پساب blended saline water by wastewater	1.2	49.4^{bc}	31.7^{bc}	81.1^{b}	7^{ab}	43.3^{c}	18.5^{c}
	4	49.3^{bc}	35.7^{a}	78.8^{b}	6.9^{abc}	54.8^{abc}	24.7^{c}
	7	57.4^{ab}	36.7^{a}	84.1^{ab}	6.5^{abc}	66.1a	49.6^{a}
	10	49.6^{bc}	37.6^{bc}	89.5^{a}	6.8^{abc}	54.8^{abc}	61^{a}

اعداد موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

The numbers in each column if you have the same letters are not significant at the 5% level of confidence.

سبزینگی برگ: بیشترین میانگین (۶۱/۲) مربوط به آب شور ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین میانگین (۴۳/۹) در تیمار ۷ دسی‌زیمنس بر متر تیمار آب شور مشاهده شد. اما در تیمار اختلاط آب شور و پساب میزان نوسانات این صفت در سطوح مختلف شوری کمتر بوده و میانگین‌ها در این تیمار تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. این افزایش می‌تواند به‌دلیل افزایش غلظت نیترات در آب شور و نیز افزایش تراکم لایه‌های سلولی مزوفیل برگ بدلیل تنش ایجاد شده از افزایش سدیم در برگ باشد. کاهش سطح برگ نیز ممکن است در این تغییرات مؤثر باشد چرا که با افزایش شوری، سطح برگ کاهش یافته و تعداد کلروفیل در واحد سطح برگ افزایش و سبزینگی را افزایش می‌دهد. برگ گیاهانی که در خاک شور رشد می‌کنند، اغلب ضخیم‌تر و شاداب‌تر از گیاهان رشد کرده در خاک غیرشور هستند (۲۰). افزایش ضخامت برگ در پاسخ به شوری به افزایش در تعداد لایه‌های سلولی مزوفیل یا اندازهٔ سلول یا هر دو مربوط می‌شود. بنابراین میزان سبزینگی برگ گیاهان تحت تنش نیز می‌تواند شاخصی جهت مقایسهٔ بین ارقام جهت تحمل شوری باشد (۱۴).

دمای سطح برگ: با توجه به جدول (۵)، با افزایش شوری آب آبیاری میزان دمای سطح برگ به‌دلیل تنش شوری افزایش یافته و بیشترین و کمترین میانگین به ترتیب (۳۷/۶ و ۳۰/۷) مربوط به سطوح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر تیمار اختلاط با آب شور و شاهد می‌باشد. پساب اثر معنی‌داری بر این دمای سطح برگ نداشته‌است. مسیرهای متابولیکی مثل فتوسنتز و تنفس تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرند. غلظت‌های بالای شوری تنفس و به‌دنبال آن دمای برگ را افزایش می‌دهد و این افزایش در گونه‌های حساس به شوری بالاتر است (۲۱).

محتوای نسبی آب برگ: بر اساس جدول (۵)، بیشترین و کمترین میانگین محتوای نسبی آب برگ (۸۹/۴ و ۷۸/۷ درصد) به‌ترتیب در شوری ۱۰ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار آب شور رقیق‌شده با پساب مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد نهال انار در شرایطی که شوری عصاره اشباع خاک به حدود ۳۴ دسی‌زیمنس بر متر رسیده‌است به خوبی توانسته است محتوای نسبی آب برگ را حفظ کند (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد با افزایش شوری به‌خصوص به میزان ۷ دسی‌زیمنس بر متر، مقدار محتوای نسبی آب برگ نیز افزایش یافته‌است. این نتایج با آنچه که کریمی و حسن‌پور (۲۰۱۴)، در بررسی اثر شوری بر پایه‌های انار رقم گبری مبنی بر کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر شوری مطابقت ندارد (۱۳). اما با نتایج سهیل و همکاران (۲۰۰۹)، که افزایش معنی‌دار محتوای نسبی آب بافت‌های برگ و ریشه را تحت تأثیر افزایش شوری گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد (۲۳). با توجه به اینکه تحمل به خشکی انار بالاست به نظر می‌رسد یکی از راهبردهای تحمل به خشکی بالا نگهداشتن محتوای نسبی آب برگ باشد. گزارش شده که در انار رقم ملس ترش ساوه تحت تأثیر تیمار شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر ضخامت لایه کوتیکول در دو طرف برگ افزایش و از میزان تبخیر و تعرق کاسته می‌شود. همچنین تشکیل یاخته‌های پارانشیمی ذخیره آب، افزایش تعداد و تراکم بلورها در یاخته‌های پارانشیمی برگ و ریشه از جملهٔ تغییرات در انار است. در نتیجه کاهش تعرق و افزایش ساخت ترکیبات آلی در برگ انار دو عامل افزایش محتوای نسبی آب برگ در انار می‌باشد (۲۷).

قند محلول برگ: بر خلاف پساب اثر شوری بر قند محلول برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده‌است. قند محلول برگ در تیمارهای آب شور رقیق شده با آب غیرشور با افزایش شوری آب آبیاری تا ۷

دسی‌زیمنس بر متر، کاهش و از آن به بعد مقدار جزئی افزایش یافته و پساب مذکور اثر منفی بر میزان قند محلول برگ نداشته‌است. اما در تیمارهای آب شور رقیق شده با پساب این روند کاهشی، شیب کمتری داشته و با شیب بیشتری نیز افزایش یافته‌است. تنش شوری اثر متفاوتی بر میزان قند محلول برگ دارد. برخی محققان تجمع کربوهیدرات در گیاه را در اثر شوری گزارش کردند و از طرف دیگر گزارش شده‌است که در سطوح شوری پایین و متوسط، کربوهیدرات کل پایین می‌آید (۲۰).

پرولین برگ: افزایش پرولین برگ در اثر افزایش شوری، در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. غلظت پرولین در دو تیمار آبی تفاوت معنی‌داری نداشته است. بنابراین می‌توان نتجه گرفت که در تیمار آب شور رقیق شده با پساب، فقط تنش شوری ناشی از آب شور به گیاه وارد شده و تنش دیگری وجود نداشته است. با افزایش تنش شوری تا سطح ۷ دسی‌زیمنس بر متر، غلظت پرولین افزایش و سپس کاهش یافته است، به‌طوری‌که کمترین میانگین (۴۴ میلی‌گرم در گرم) در شاهد و بیشترین آن (۶۶/۱ میلی‌گرم در گرم) در تیمار ۷ دسی‌زیمنس بر متر آب شور رقیق شده با پساب دیده می‌شود. زمانی که شوری عصاره اشباع خاک در این آزمایش از ۲۶ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافته است، میزان پرولین برگ انار کاهش پیدا کرده است که شاید راهبرد مقاومت گیاه به‌هم خورده باشد و بالاتر از این میزان شوری خاک برای گیاه خطرناک است. تجمع پرولین ممکن است به‌عنوان یک شاخص در انتخاب برای پایداری در برابر تنش شوری از طریق دخالت در تنظیم اسمزی استفاده شود (۲۶).

نشت یونی: نشت یونی که شاخص تخریب سلولی در شرایط تنش می‌باشد تحت تأثیر معنی‌دار شوری در سطح ۵ درصد افزایش یافته‌است (جدول ۵). با افزایش شوری میزان تخریب نیز افزایش یافته‌است. به‌طوری‌که بیشترین میانگین نشت یونی (۶۰/۹ درصد) در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین میانگین (۱۸/۴ درصد) در تیمار ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر تیمار آب شور رقیق‌شده با پساب مشاهده می‌شود. اثر پساب بر نشت یونی معنی‌دار نیست (جدول ۵). تخریب سلولی رابطهٔ مثبت معنی‌داری با جذب سدیم و همبستگی منفی با کلسیم دارد (۲۰).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به عدم معنی‌داربودن اثرات پساب در رقیق‌سازی آب شور بر صفات اندازه‌گیری شده، می‌توان از پساب تصفیه‌خانهٔ شهر یزد در رقیق‌سازی آب شور به‌منظور افزایش حجم آب آبیاری و استفاده بهینه از این منابع آب نامتعارف برای تولید و آبیاری نهال‌های انار استفاده کرد. در این آزمایش اثرات شوری بین تیمارهای شاهد و ۴ دسی‌زیمنس بر متر اکثر صفات معنی‌دار نبود، بنابراین می‌توان جهت استفاده بهینه از آب شور، آنرا توسط پساب تا شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر رقیق نموده و بدون کاهش معنی‌داری در رشد نهال، برای آبیاری استفاده کرد.

منابع

1. Alizadeh, A. 1999. Relationship between water, soil and plant. Ferdowsi University of Mashhad. P.350. (In Persian)
2. Azooz, M.M., Shaddad, M.A. and Abdel-Latef, AA. 2004. The accumulation and compartmentation of proline in relation to salt tolerance of three sorghum cultivars. Indian J. Plant Physiol. 9(1): 1-8.
3. Banakar, M.H. 2007. Five pistachio resistance to salinity in the early stages of growth. Salinity National Research Center. 56. (In Persian)
4. Basiri, S.H., Farhoush, R., Shhidi, F., Kadkhodai, R. and Mortazavi, A. 2012. Study the efficiency of various extracts from pomegranate seeds and measured their antioxidant

properties. In: Pomegranate National Conference, 13-14 Oct. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)
5. Bates, L.S. 1973. Rapid determination of free proline for water studies. Journal of Plant and Soil. 39: 205-207.
6. Cheraghi, A.M. and Gholami M. 2010. Classification and assessment of water quality of the output of the second optional wastewater treatment plant of Yazd in connection with the application of agricultural and health aspects. Salinity National Research Center. 46. (In Persian)
7. Claussen W. 2005. Proline as measure of stress in tomato plants. Plant Sci. 168: 241-248.
8. DeJampor, J., Aliasgharzadeh, N., Grigorian, V. and Magidi, H. 2013. Evaluation of salt tolerance several interspecific hybrid genus prunus. J. Eugenic Plant Seed. 1(3): 339-351. (In Persian)
9. Gilbert, A.G., Gadush, M.V., Wilson, C. and Madore, M.A. 1998. Amino acid accumulation in sink and source tissues of Coleus blumei Benth. during salinity stress. J. Exp. bot. 49: 107–114
10. Hanson, A.D. and Hitz, W.D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. J. Ann. Rev. Plant Biol. 33: 163-203.
11. Homai, M. 2003. Plant response to salinity. National Committee of Irrigation and Drainage. (In Persian)
12. Kafi, M., Borzoee A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. 2010. Environmental stress in plant physiology. Jihad Daneshgahi of Mashhad Press. Pp.81-132. (In Persian)
13. Karimi, H.R. and Hasanpour, Z. 2014. Effects of salinity and water stress on growth and macro nutrients concentration of pomegranate (*punica granatum*). J. Plant Nut. 20-50.
14. Kozlowski, T.T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiol. Mono. 1(29).
15. Mccready, R.M., Guggolz, J., Silviera, V. and Owens, H.S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. J. Analy. Chem. 22: 11-56.
16. Mohseni A. 2010. Pomegranate production manual. Nashre –Akhar. P. 215. (In Persian)
17. Mostafa, D.M. 2004. Metabolic imbalance and salinity tolerance of two maize cultivars. M.Sc. Thesis. El-Minia University. Elminia. Egypt. 195.
18. Naeini M.R., Khoshgoftarmanesh, A.H. and Falahi, E. 2006. Partitioning of chlorine, sodium, and potassium and shoot growth of three pomegranate cultivars under different levels of salinity. J. Plant Nutr. 29: 1835–1843.
19. Nakhizadeh, M. and Gholamitoranposhti, M. 2013. Effect of priming wheat seed by salicylic acid on yield under drought stress conditions. J. Ecol. Agric. 6: 162-170. (In Persian)
20. Sabbagh, E., Lakzayi, M., Abbas Keshtehgar, A. and Rigi, K. 2014. The effect of salt stress on respiration, PSII function, chlorophyll, carbohydrate and nitrogen content in crop plants. J. Farm. Allied Sci. 3(9): 988-993.
21. Shahriari, A., Nori, S., Abedi, J. and Asaleh, F. 2011. The effect of irrigation with treated municipal wastewater on the Nitraraia plant growth under greenhouse conditions. Ecol. Sci. Technol. Greenhouse Culture. (In Persian)
22. Shannon, M.C., Grieve, C.M. and Francois, L.E. 1994. Whole-plantresponse to salinity. In Plant--Environment Interactions. Ed. R.E. Wilkinson. Marcel Dekker, New York. 199-244.
23. Sohail, M., Saied, A.S., Gebauer, J. and Buerkert, A. 2009. Effect of NaCl salinity on growth and mineral composition of *Ziziphus spina-christi* (L.) Will. J. ARTS. 110(2): 107–114.
24. Tabarahmadi, M. and Babaian, Z. 2003. Plant growth in saline lands and Bavaria. Mazandaran University. (In Persian)
25. Ueda, A., Yamamoto-Yamane, Y. and Takabe, T. 2007. Salt stress enhances proline utilization in the apical region of barley roots. J. Biochem. Biophys. 355(1): 61-66.
26. Zekri, M. 1991. Effects of NaCl on growth and physiology of sour orange and Cleopatra mandarin seedlings. J. Sci. Hortic. 47:305-315.
27. Zrrinkama, F. and Asmaa, A. 2006. Anatomical structure of leaves and roots and alkaloids production in the pomegranate tree. J. Rostniha. 6: 97-106. (In Persian)

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.