بررسی میزان رشد و تجمع برخی از یون‌ها در گونهٔ سیاه ناو (*Puccinellia distance* (jacq.) parl) تیمار شده با رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان در استان گلستان

احمد عبدل‌زاده[۱]، هادی شمس[۲] و پویان مهربان جوبنی[۳*]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۱۵ – تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۰

چکیده

گیاه سیاه ناو (*Puccinellia distance* (jacq.) parl) گیاهی چندساله و مرتعی از گندمیان است که به‌صورت طبیعی در زمین‌های غرقاب با شوری نسبتاً بالا رشد می‌کند. در این پژوهش رشد گیاه *P. distans* به‌صورت غرقاب شده با دو نوع آب شور طبیعی شامل رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان بررسی شد. طرح آزمایش به‌صورت کاملاً تصادفی بود و گیاهان در محلول‌های غذایی هوگلند تهیه شده از این آب به‌صورت کامل ۲ و ۴ بار رقیق شده کشت شدند. از آب شرب شهر گرگان به عنوان شاهد استفاده شد. گیاهان بعد از ۷۵ روز برداشت و صفات رشد و غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و آهن اندازه‌گیری شد. بالاترین میزان رشد گیاهان در رواناب دشت آق‌قلا چهار بار رقیق شده با ۹۲/۴ گرم وزن تر کل و ۶۰ گرم وزن خشک کل مشاهده شد. میزان انباشته شدن یون سدیم در گیاهان آبیاری شده با آب شرب گرگان کم (۱۱/۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) و در رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان به‌صورت کامل (به‌ترتیب ۳۶/۷ و ۳۴/۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) بیشتر بود. تیمارهای آب شور به‌صورت کامل سبب کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم گیاهان نسبت به تیمار آب شرب گرگان شد. رقیق نمودن آب سبب افزایش پتاسیم تا ۳۸/۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک اندام هوایی شد. همراه با رقیق نمودن تیمارهای آب شور کامل، غلظت آهن (حدود ۲۰ برابر در رواناب دشت آق‌قلا و ۷ برابر در آب خلیج گرگان) و کلسیم (حدود ۱/۵ برابر در رواناب دشت آق‌قلا و ۱/۱ برابر در آب خلیج گرگان) در اندام هوایی گیاه به صورت معنی‌داری زیاد شد. این نتایج نشان داد که کاهش رشد این گیاه تحت شوری به سمیت یونی و کاهش میزان پتاسیم، کلسیم و آهن ارتباط دارد. همچنین داده‌های این تحقیق بیانگر آن است که گیاه پوکسینلیا می‌تواند در سواحل و محل جمع‌شدن رواناب دشت آق‌قلا با شوری نسبتاً بالا کشت شود.

واژه‌های کلیدی: *Puccinellia distance*، شوری، رواناب دشت آق‌قلا، آب خلیج گرگان.

۱- دانشیار دانشکده علوم دانشگاه گلستان

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زیست شناسی، دانشکده علوم دانشگاه گلستان

۳- دانشجوی دکتری زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

*: نویسندهٔ مسئول: pooyan.mehraban@gmail.com

مقدمه

کمبود آب مناسب، یکی از مشکلات اساسی کشت گیاهان در دنیاست. در اراضی مجاور تالاب‌ها و کناره دریاها کمبود آب وجود ندارد، بلکه کیفیت آب به‌دلیل شوری زیاد پایین است. ضمن اینکه زهکشی نامناسب سبب می‌شود که حداقل در برخی فصول سال این زمین‌ها غرقآب شوند (۵). شیب ناچیز، نفوذپذیری اندک، عدم سیستم زهکشی مناسب، بالا بودن سطح ایستابی آب زیرزمینی و شرایط آب و هوای خشک و نیمه‌خشک مخصوصاً در طول تابستان، باعث تشکیل خاک‌های قلیایی و شور در این مناطق می‌شود. تبخیر آب در مناطق دارای سطح ایستابی آب زیرزمینی بالا سبب انتقال مجدد نمک‌ها از آب زیرزمینی به خاک می‌شود. استفاده از چنین زمین‌هایی مستلزم یافتن گیاهان مقاوم به شوری است که توانایی تحمل شوری بالا و گاهی اوقات غرقآب شدن را داشته و در صورت لزوم با آب شور آبیاری شوند. هالوفیت‌ها[1] گیاهان بومی مناطق شور هستند و می‌توانند در شرایط تنش شوری رشد کنند. از آن جایی‌که روز بروز بر جمعیت دنیا افزوده می‌شود، استفاده از تولیدات گیاهی زمین‌های شور اهمیت زیادی دارد. از این رو در عصر حاضر هالوفیت‌ها اهمیت روزافزونی پیدا کرده‌اند. رشد و نمو اندک گیاهان در خاک‌های شور مربوط به منفی بودن پتانسیل اسمزی ناشی از حضور یون‌های فراوان از جمله سدیم، کلرید، کلسیم و بی‌کربنات است که در نهایت منجر به کاهش قابلیت استفاده آب موجود برای گیاه می‌شود. همچنین سمیت مستقیم ناشی از حضور فراوان این یون‌ها بر گیاه اثر منفی گذاشته و به برهم خوردن تعادل میان عناصر در گیاه منجر می‌شود (۱۴).

گیاهان هالوفیت با روش‌های گوناگون از جمله دفع یون‌های سمی، بخش‌بندی آنها در واکوئل و تجمع اسمولیت‌ها[2] توانایی زندگی در شرایط شوری را کسب کرده‌اند. دشت آق‌قلا واقع در بخش شمالی استان گلستان در منطقه پست کناره خلیج گرگان واقع شده است و دارای رواناب سطحی فراوان با شوری نسبتاً بالا می‌باشد. بسیاری از گیاهان این منطقه هالوفیت هستند و یکی از گیاهان بومی این محل گیاه سیاه‌ناو می‌باشد.

گونهٔ سیاه ناو یا *Puccinellia distans* (jacq.) parl از جمله گندمیان چندساله می‌باشد که در مناطق شور قادر به رشد است. این گیاه از نظر رده‌بندی از تیره گندمیان Poaceae، زیرتیره Pooideae و تبار Festuceae می‌باشد. پوکسینلیا دیستنس از دسته گیاهان شوررست است که در بیشتر مناطق اروپا، آسیای معتدله، شمال غرب افریقا، شمال امریکا، مغولستان، سینا، سیبیری، پاکستان، غرب تبت و ترکمنستان پراکنش دارد (۱۳). این جنس در ایران ۹ گونه دارد و اغلب در شوره‌زارهای مرطوب یا چمنزارهای کوهستانی می‌روید. پراکنش جغرافیایی آن در ایران در نواحی گرگان، خراسان (بین مشهد و تربت حیدریه)، آذربایجان (کنار دریاچه ارومیه)، کرمان (پای کوه لاله‌زار) و سیستان و بلوچستان (بین زاهدان و خاش) می‌باشد (۱۰)، ولی اغلب در نتیجه چرای بی‌رویه نابود شده است. گونهٔ پوکسینلیا دیستنس یک گونه خوشخوراک و چندساله می‌باشد که برای علوفه دام‌ها و اصلاح مراتع مورد توجه قرار گرفته است. توانایی قابل توجه گیاه *P. distans* به رویش در زمین‌های شور تا هدایت الکتریکی حداکثر ۳۳ دسی‌زیمنس بر متر را گزارش کرده‌اند (۱). لذا؛ باتوجه به نیاز مبرم کشور به علوفه به‌ویژه در نواحی نسبتاً شور این امکان وجود دارد که این گیاه در مراتع نسبتاً شور کاشته شود و در صورت لزوم با آب نسبتاً شور آبیاری گردد. در صورت کشت این گیاه در این مناطق علاوه بر تأمین علوفه می‌تواند در حفاظت خاک و تعدیل شرایط اقلیمی مؤثر باشد. از طرف دیگر گیاهان اندکی قادربه تحمل شرایط غرقابی ناشی از بالا آمدن آب تالاب‌ها، دریا و عدم زهکشی خاک‌های شور می‌باشند که به نظر می‌رسد این گونه تحمل غرقاب شدن را داشته باشند. این گیاه در حاشیه تالاب‌ها و دریا و نیز شمال استان گلستان یافت می‌شود، هرچند که از وفور پوکسینلیا با چرای شدید به شدت کاسته شده است. با توجه به نکات فوق این پژوهش با هدف مطالعه اثر آب‌های شور طبیعی (آبیاری با رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان) بر رشد و میزان انباشتگی یون‌های سدیم، پتاسیم،

1- Halophytes
2- Osmolytes

کلسیم و آهن در گونه شورروی *P. distans* طرح‌ریزی شده است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری رواناب دشت آق‌قلا از بخش شمالی استان گلستان در حاشیه جنوب‌غربی بیابان قره‌قوم ترکمنستان و در محدوده بخش دشت گرگان به نام دشت آق‌قلا و نمونه‌برداری آب خلیج گرگان از ساحل بندر ترکمن انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده طبق روش‌های استاندارد تجزیه آب مؤسسه استاندارد ایران در آزمایشگاه شیمی آب اداره کل آبیاری استان گلستان مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. هدایت الکتریکی نمونه‌های آب با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج HACH CO-150 و مقدار عناصر نمونه‌های آب با استفاده از دستگاه فلم‌فتومتر Jenway مدل PFP7 اندازه‌گیری شد. بذر گونهٔ *P. distance* از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد. به‌منظور کشت این گیاه ابتدا بذرها به‌وسیله هیپوکلریت سدیم ۲/۵ درصد استریل سطحی و سپس به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد در مکان تاریک جهت جوانه‌زنی نگهداری شد. سپس دانه‌های جوانه‌زده شده به‌منظور کشت به محیط کشت شنی با شرایط غرقاب در گلخانه انتقال داده شدند.

بعد از ۱۵ روز دانه‌رست‌ها به محیط کشت شنی با محلول غذایی هوگلند کامل حاوی نمک‌های $Ca(NO_3)_2.4H_2O$، $MgSO_4.7H_2O$، KNO_3 و KH_2PO_4 برای عناصر پرمصرف و مواد معدنی Fe-EDTA، H_3BO_3، $MnSO_4.H_2O$، $CuSO_4.5H_2O$، Na_2MO_4 و $ZnSO_4$ برای عناصر کم مصرف انتقال داده شد (جدول ۱). طرح آزمایش به‌صورت بلوک‌های کاملاً تصادفی بود. تیمارهای آب، شامل آب کامل، ۲ بار رقیق شده و ۴ بار رقیق شده از رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان بود و از آب شرب گرگان به‌عنوان شاهد استفاده شد. محلول غذایی مورد استفاده برای گیاهان با استفاده از نمونه‌های این آب تهیه شد. محلول کشت هر هفته تعویض و اسیدیته محلول نیز هر روز روی ۰/۲± ۷ تنظیم شد. میانگین دمای گلخانه در طی دوره آزمایش ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی آن ۷۰ درصد بود. گیاهان بعد از گذشت ۷۵ روز برداشت شده و به‌منظور اندازه‌گیری عوامل رشد و میزان عناصر به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

جدول ۱- مقادیر مورد نیاز از عناصر پرمصرف و کم مصرف جهت تهیه محلول هوگلند

	عنصر معدنی	گرم بر لیتر
عناصر پرمصرف	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$ (نیترات کلسیم)	۰/۲۳۶
	$MgSO_4.7H_2O$ (سولفات منیزیم)	۰/۲۶۴
	KNO_3 (نیترات پتاسیم)	۰/۲۵۲
	KH_2PO_4 (فسفات پتاسیم)	۰/۱۲۰
عناصر کم مصرف	Fe-EDTA (شلات آهن)	۰/۰۱۰۳
	H_3BO_3 (اسید بوریک)	۰/۰۰۲۸۶
	$MnSO_4.H_2O$ (سولفات منگنز)	۰/۰۰۲۰۸
	$CuSO_4.5H_2O$ (سولفات مس)	۰/۰۰۰۰۸
	Na_2MO_4 (مولیبدات سدیم)	۰/۰۰۰۱۱
	$ZnSO_4$ (سولفات مس)	۰/۰۰۰۰۲

برای استخراج عنصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و آهن مقدار ۰/۱ گرم از وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان پودر شده را در داخل بوته چینی ریخته و به‌منظور حذف ترکیبات آلی در داخل کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت سوزانده شد. خاکستر به‌دست آمده در یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶ نرمال محلول و به مدت یک شبانه روز به حالت سکون رها شد. ترکیب به‌دست آمده با کاغذ صافی واتمن صاف و در

نهایت به‌وسیله آب مقطر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. اندازه‌گیری مقدار سدیم و پتاسیم بوسیله دستگاه فلم‌فتومتر Jenway مدل PFP7 انجام شد. برای استاندارد سدیم از کلرید سدیم و همچنین برای استاندارد پتاسیم از کلریدپتاسیم استفاده شد. اندازه‌گیری کلسیم و آهن با دستگاه جذب اتمی Shimadzu مدل 7000AA انجام شد. برای رسم منحنی استاندارد کلسیم و آهن به‌ترتیب از کربنات کلسیم و سولفات آهن استفاده شد. محلول‌های استاندارد تهیه‌شده برای منحنی تنظیم مقیاس کلسیم حاوی محلول لانتانوم یک درصد و برای منحنی تنظیم مقیاس آهن حاوی محلول کلسیم ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود.

به‌منظور ارزیابی و تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Excel و SAS استفاده شد. همچنین برای بررسی معنی‌دار بودن اختلاف میانگین داده‌ها از روش دانکن استفاده شد.

نتایج

تجزیهٔ شیمیایی نمونه‌های آب: تجزیهٔ شیمیایی نمونه‌های آب شرب گرگان، رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان در جدول (۱) ارائه شده است. در نمونه‌های مورد مطالعه، میزان هدایت الکتریکی در رواناب دشت آق‌قلا و خلیج گرگان به‌ترتیب ۳۸/۵ و ۱۸/۵۳ دسی‌زیمنس بر متر بود که نسبت به آب شرب گرگان بسیار بیشتر محاسبه شد. اسیدیته کلیه نمونه‌های آب بالاتر از ۷ بود. مقدار یون سدیم در آب شرب گرگان اندک بود، درحالی‌که در رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان به‌ترتیب به ۴۳۰۰ و ۲۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر رسید. تجزیه شیمیایی نمونه‌های رواناب دشت آق‌قلا و خلیج گرگان بیانگر شوری بسیار زیاد این آب بود و سدیم ترکیب یونی اصلی این مناطق است. نسبت پتاسیم به سدیم در آب خلیج گرگان در حدود دو برابر رواناب دشت آق‌قلا بود، درحالی‌که نسبت کلسیم به سدیم در رواناب دشت آق‌قلا بیشتر از آب خلیج گرگان بود. آب شرب گرگان دارای آمونیوم و مواد آلی قابل تشخیص با دستگاه نبوده و تنها دارای مقادیر اندکی نیترات و نیتریت بود. بالاترین مقادیر ترکیبات نیتروژنه (آمونیوم، نیترات و نیتریت) در رواناب دشت آق‌قلا مشاهده شد که مقدار آن ۶۰ برابر آب شرب گرگان بود که بخش اعظم آن مربوط به آمونیوم و نیترات بود. مقدار ترکیبات نیتروژنه در آب خلیج گرگان نیز نسبتاً کم بود. مقدار مواد آلی نیز در آب شرب گرگان غیر قابل سنجش و در رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان کم بود (جدول ۲).

الف- اثر آب‌های شور طبیعی در رشد: شکل (۱) مقایسهٔ اثر تیمارهای آب خلیج گرگان و رواناب دشت آق‌قلا را با آب شرب گرگان نشان می‌دهد. مقایسهٔ میانگین تیمارهای رواناب دشت آق‌قلا، آب خلیج گرگان و آب شرب گرگان بر روی رشد گیاه *P. distans* با آزمون دانکن نشان داد، گیاه *P. distans* تحت شرایط رواناب دشت آق‌قلا ۴ بار رقیق شده با هدایت الکتریکی ۹/۶ دسی‌زیمنس بر متر بهترین شرایط رشد را نسبت به تیمارهای آب‌های دیگر حتی نسبت به آب شرب گرگان داشتند. کمترین مقدار وزن تر و خشک گیاه نیز در تیمارهای آب خلیج گرگان و رواناب دشت آق‌قلا به‌صورت کامل دیده شد. رقیق نمودن رواناب دشت آق‌قلا نسبت به آب خلیج گرگان سبب افزایش بیشتر رشد شد (شکل ۲).

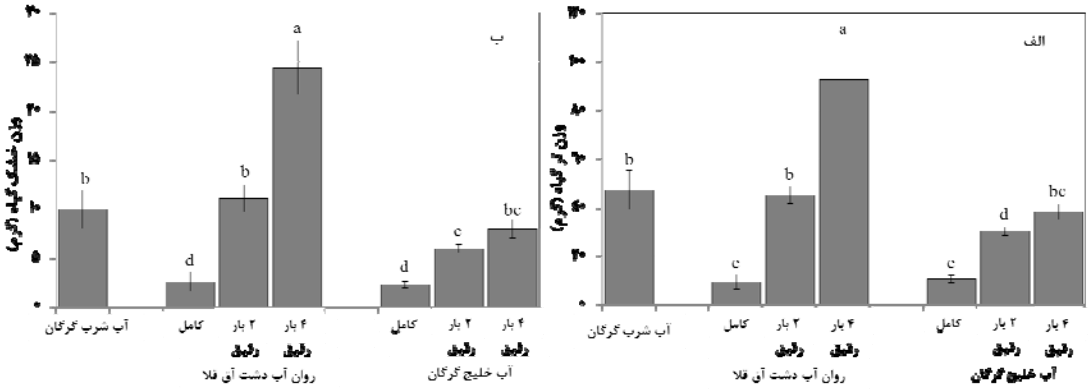
ب- اثر آب‌های شور طبیعی بر میزان عناصر گیاه: مقایسهٔ میانگین اثر آب‌های مختلف نشان داد که کمترین میزان انباشته‌شدن یون سدیم در گیاهان آبیاری شده با آب شرب گرگان بود، در حالی‌که بیشترین میزان انباشته شدن یون سدیم در ریشه و اندام هوایی گیاهان آبیاری شده با رواناب دشت آق‌قلا به‌صورت کامل دیده شد. افزایش رقت آب در تیمارهای آبیاری شده با آب خلیج گرگان و رواناب دشت آق‌قلا، موجب کاهش مقدار انباشته شدن یون سدیم در ریشه و اندام هوایی گیاهان شد. میزان انباشته‌شدن یون سدیم در گیاهان آبیاری شده با رواناب دشت آق‌قلا کامل حدود ۷ درصد در اندام هوایی و ۴ درصد در ریشه بیشتر از آب خلیج گرگان کامل بود (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیهٔ شیمیایی نمونه‌های رواناب دشت آق‌قلا، آب خلیج گرگان و آب شرب گرگان

محل نمونه‌برداری	هدایت‌الکتریکی	pH	کلسیم	سدیم	پتاسیم	ترکیبات‌نیتروژنه*	مواد آلی	نسبت پتاسیم به سدیم	نسبت کلسیم به سدیم
	دسی‌زیمنس بر متر		میلی‌گرم در لیتر						
آب شرب	۰/۷۴	۷/۸	۵۶	۲۴	۱/۱۵	۰/۰۵۳	-	۰/۰۴۷	۲/۳۳
رواناب‌دشت آق‌قلا	۳۸/۵	۸/۷	۹۴۰	۴۳۰۰	۶۱/۵۰	۳/۵۱۶	۰/۰۶۷	۰/۰۱۴	۰/۲۰
خلیج گرگان	۱۸/۵۳	۸/۲	۴۳۰	۲۸۰۰	۶۴/۶	۰/۶۹۹	۰/۰۱۱	۰/۰۲۳	۰/۱۴

* ترکیبات نیتروژنه مجموع نیترات، نیتریت و آمونیوم است.

شکل ۱- مقایسهٔ اثر تیمارهای آب خلیج گرگان کامل (۱)، ۲ بار (۲) و ۴ بار رقیق شده (۳) و رواناب دشت آق‌قلا کامل (۴)، ۲ بار (۵) و ۴ بار رقیق شده (۶) با آب شرب گرگان (۷)



شکل ۲- اثر تیمارهای آب رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان بر الف- وزن تر (گرم) و ب- وزن خشک (گرم) گیاه *P. distans* میله‌های روی هریک از ستون‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد است. ستون‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

مقایسهٔ میانگین تیمارهای رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان بر روی پتاسیم اندام‌های هوایی و ریشه گیاه نیز نشان داد که تیمارهای آب به‌صورت کامل سبب کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم هم در ریشه و هم در اندام هوایی نسبت به آب شرب گرگان شد. بیشترین مقدار پتاسیم در اندام هوایی گیاهان آبیاری شده با رواناب دشت

آق‌قلا ۴ بار رقیق شده دیده شد، به‌طوری‌که مقدار پتاسیم در اندام هوایی گیاهان آبیاری شده با رواناب دشت آق‌قلا ۴ بار رقیق شده حدود ۴۶ درصد و در بخش ریشه حدود ۲۷ درصد بیشتر از رواناب دشت آق‌قلا کامل شد. میزان پتاسیم در اندام هوایی گیاهان آبیاری شده با آب خلیج گرگان ۴ بار رقیق شده نیز، نسبت به تیمار آب خلیج گرگان به‌صورت کامل بیشتر شد. اما در محتوای پتاسیم ریشه بین تیمارهای مختلف آب خلیج گرگان تفاوت مشهودی دیده نشد (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین اثر آب‌های مختلف نشان داد که بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم در گیاهان آبیاری شده با آب شرب گرگان و کمترین این نسبت در تیمارهای کامل رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان مشاهده شد. رقیق نمودن آب در تیمارهای آبیاری شده با آب خلیج گرگان و رواناب دشت آق‌قلا، سبب افزایش نسبت پتاسیم به سدیم اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان شد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین تیمارهای رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان در مقدار یون کلسیم نشان داد که انباشتگی یون کلسیم در ریشه بین تیمارهای مختلف آب در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت. تیمارهای آب به‌صورت کامل سبب کاهش غلظت کلسیم در اندام هوایی به‌ویژه در گیاهان تیمار شده با آب خلیج گرگان شد. رقیق نمودن رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان به میزان چهار برابر سبب افزایش غلظت یون کلسیم اندام هوایی گردید (جدول ۳).

مقایسهٔ میانگین اثر آب‌های مختلف نشان داد که بیشترین نسبت کلسیم به سدیم در گیاهان آبیاری شده با آب شرب گرگان و کمترین این نسبت در تیمارهای کامل رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان مشاهده شد. رقیق نمودن آب در تیمارهای آبیاری شده با آب خلیج گرگان و روانابدشت آق‌قلا، سبب افزایش نسبت کلسیم به سدیم اندام هوایی گیاهان شد (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین تیمارهای رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان در مقدار آهن نشان داد که که انباشتگی آهن در اندام هوایی بین تیمارهای آب به‌صورت کامل در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت. رقیق نمودن رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان سبب افزایش غلظت میزان آهن اندام هوایی شد. میزان آهن ریشه در تیمارهای رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان در مقایسه با آب شرب گرگان ناچیز بود و رقیق‌نمودن نمونه‌های آب سبب افزایش غلظت آهن در ریشه گیاهان تیمار شده با رواناب دشت آق‌قلا به میزان بیشتر و در تیمار آب خلیج گرگان به میزان کمتر شد (جدول ۳).

جدول ۳- اثر تیمارهای رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان بر میزان عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم، آهن و نسبت پتاسیم به سدیم و نسبت کلسیم به سدیم در اندام هوایی و ریشه گونهٔ *P. distans* در مقایسهٔ با آب شرب گرگان

تیمار	بافت گیاه	میزان عناصر (میلی‌گرم در گرم بافت خشک)				نسبت پتاسیم	نسبت کلسیم
		سدیم	پتاسیم	کلسیم	آهن	به سدیم	به سدیم
آب شرب گرگان	اندام هوایی	۳/۸۵ ±۰/۷۶^{d}	۲۷/۰۱ ± ۲/۰۳^{b}	۱۳/۸۲ ±۰/۲۵^{b}	۶/۳۳ ±۰/۷۶^{a}	۷/۹۶ ±۲/۳۸^{a}	۴/۰۰ ±۱/۰۲^{a}
	ریشه	۷/۵۴ ±۱/۰۵^{d}	۲۳/۳۲ ± ۲/۲۱^{b}	۲۰/۹۵ ±۱/۰۹^{a}	۴/۱۳ ±۱/۱۱^{bc}	۳/۲۶ ±۰/۶۲^{a}	۲/۸۹ ±۰/۴۶^{a}
روانابدشت آق‌قلا کامل	اندام هوایی	۱۸/۶۷ ±۱/۲۱^{a}	۲۱/۴۲ ± ۱/۳۶^{cd}	۱۱/۷۲ ±۰/۶۹^{c}	۰/۳۷ ±۰/۰۸^{d}	۱/۱۶ ±۰/۱۴^{d}	۰/۶۳ ±۰/۰۹^{de}
	ریشه	۱۷/۷۳ ±۰/۵۶^{ab}	۲۰/۴۶ ±۱/۰۱^{c}	۲۰/۱۲ ±۱/۳۵^{ab}	۴/۴۹ ±۱/۴۳^{bc}	۱/۱۶ ±۰/۰۹^{d}	۱/۱۴ ±۰/۱۸^{b}
روانابدشت آق‌قلا ۲ بار رقیق شده	اندام هوایی	۱۸/۸۳ ±۰/۴۶^{a}	۲۳/۰۲ ± ۰/۶۷^{c}	۱۲/۵۱ ±۰/۲۲^{c}	۳/۴۲ ±۰/۵۹^{b}	۱/۲۲ ±۰/۰۵^{d}	۰/۶۶ ±۰/۰۲^{d}
	ریشه	۱۷/۹۷ ±۰/۰۷^{a}	۲۴/۱۹ ±۲/۳۵^{b}	۱۹/۷۷ ±۱/۴۴^{ab}	۷/۰۶ ±۰/۷۴^{a}	۱/۳۵ ±۰/۱۳^{cd}	۱/۱۰ ±۰/۲۳^{b}
روانابدشت آق‌قلا ۴ بار رقیق شده	اندام هوایی	۱۱/۲۴ ±۰/۰۴^{b}	۳۹/۸۹ ± ۳/۳۵^{a}	۱۶/۲۵ ±۰/۸۶^{a}	۷/۱۴ ±۰/۶۶^{a}	۳/۵۴ ±۰/۲۲^{b}	۱/۴۴ ±۰/۱۰^{b}
	ریشه	۱۷/۰۶ ±۰/۶۸^{b}	۲۸/۰۵ ±۱/۳۴^{a}	۲۰/۳۸ ±۰/۹۷^{ab}	۷/۷۷ ±۰/۵۲^{a}	۱/۶۵ ±۰/۱۰^{b}	۱/۲۰ ±۰/۱۵^{b}
آب خلیج گرگان کامل	اندام هوایی	۱۷/۴۰ ±۰/۹۳^{a}	۱۶/۱۸ ± ۱/۱۵^{e}	۹/۵۳ ±۰/۲۰^{e}	۰/۳۲ ±۰/۰۰۱^{d}	۰/۹۳ ±۰/۰۷^{e}	۰/۵۵ ±۰/۰۶^{e}
	ریشه	۱۶/۹۴ ±۰/۶۰^{b}	۲۴/۰۲ ±۰/۶۷^{b}	۱۹/۶۱ ±۱/۴۸^{ab}	۳/۷۵ ±۰/۸۳^{c}	۱/۴۲ ±۰/۰۷^{c}	۱/۱۷ ±۰/۲۷^{b}
آب خلیج گرگان ۲ بار رقیق شده	اندام هوایی	۱۰/۷۱ ±۰/۶۰^{b}	۱۸/۴۳ ± ۲/۲۱^{de}	۸/۹۳ ±۰/۴۰^{f}	۱/۸۰ ±۰/۵۳^{c}	۱/۷۴ ±۰/۲۴^{c}	۰/۸۴ ±۰/۰۸^{c}
	ریشه	۱۵/۵۹ ±۰/۵۱^{c}	۲۴/۵۹ ±۱/۶۳^{b}	۱۶/۶۷ ±۱/۴۸^{c}	۴/۷۶ ±۱/۲۱^{bc}	۱/۵۹ ±۰/۱۵^{bc}	۱/۰۷ ±۰/۲۸^{b}
آب خلیج گرگان ۴ بار رقیق شده	اندام هوایی	۷/۶۶ ±۲/۵۱^{c}	۱۹/۶۳ ±۰/۴۷^{d}	۱۰/۰۵ ±۰/۱۶^{d}	۲/۰۰ ±۰/۲۶^{e}	۳/۳۲ ±۱/۲۰^{b}	۱/۸۰ ±۰/۷۹^{b}
	ریشه	۱۴/۸۱ ±۰/۳۵^{c}	۲۳/۲۵ ±۱/۶۳^{b}	۱۹/۲۸ ±۰/۲۷^{b}	۴/۸۳ ±۰/۱۴^{b}	۱/۵۸ ±۰/۱۵^{bc}	۱/۳۰ ±۰/۰۶^{b}

میانگین‌های اندام‌هوایی و ریشه به‌طور جداگانه در هر ستون اگر دارای یک حرف مشترک باشند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. ± نشان‌دهنده خطای استاندارد با ۷ تکرار است.

بحث و نتیجه‌گیری

مناطق عمدهٔ شور در استان گلستان دشت‌های پستی هستند که از آق‌قلا تا مرز ترکمنستان وسعت دارند. شوری در نقاط پست که محل جمع شدن رسوبات آبرفتی و نمک است به حداکثر می‌رسد. علاوه بر این، در دشت آق‌قلا شیب زمین ناچیز، نفوذپذیری و زهکش داخلی خاک اندک و سطح ایستابی آب زیرزمینی بالا است. شرایط آب و هوای خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه در طول تابستان نیز شوری خاک و رواناب دشت آق‌قلا منطقه را افزایش می‌دهد. تجزیهٔ شیمیایی نمونه‌های آب رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان نشان داد که میزان هدایت الکتریکی در رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان به‌ترتیب ۳۸/۵ و ۱۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر است. محدودهٔ اسیدیته نمونه‌های آب نسبتاً قلیایی بود. بررسی ترکیب یونی در نمونه‌های رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان نشان داد که غلظت یون سدیم در نمونه‌های رواناب دشت آق‌قلا نسبت به آب خلیج گرگان حدود ۲ برابر بیشتر بود. ترکیبات شیمیایی اصلی دریاچه‌های شور، مستقل از فرآیندهای درونی دریاچه است و کلرید سدیم آب زیرزمینی، مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک معمولاً بخش زیادی از مواد محلول دریاچه را تأمین می‌کند (۳). غلظت بالای یون سدیم به سبب شستشوی مواد شور در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در بسیاری از این مناطق نمک‌های آب‌شویی شده از سطح در منطقه غیر اشباع بین سطح خاک و سطح ایستابی تجمع می‌یابد و با افزایش نفوذ آب، سطح آب زیرزمینی افزایش یافته و نمک‌ها در این ناحیه ممکن است به داخل آب زیرزمینی آبشویی شوند و سبب افزایش شوری در آب زیرزمینی گردند (۶).

گیاهان در محیط شور از دو مسئله رنج می برند؛ اول منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محلول خاک که جذب آب را دشوار می‌کند. دومین مسئله جذب و انباشتگی یون‌های سمی است (۱۲). گیاه برای افزایش جذب آب و فائق آمدن بر پژمردگی خود ناگزیر به جذب یون‌های سمی است که این امر انباشتگی سدیم و کلرید و سمیت این یون‌ها را به دنبال دارد. در این میان گیاهان مقاوم به شوری با تنظیم اسمزی توانایی جذب آب خود را بالا برده و با بخش‌بندی یون‌های سمی در واکوئل‌ها و یا دفع این یون‌ها به شوری مقاومت می‌کنند (۲، ۴، ۷، ۸، ۱۵، ۱۷).

آب شرب گرگان دارای ترکیبات نیتروژنه قابل تشخیص با دستگاه نبود. در آب خلیج گرگان، نیز ترکیبات نیتروژنه کمی مشاهده شد. بالاترین مقادیر ترکیبات نیتروژنه در رواناب دشت آق‌قلا مشاهده شد که مقدار آن بیش از ۶۶ برابر آب شرب گرگان و ۵ برابر آب خلیج گرگان بود. مقدار مواد آلی نیز در رواناب دشت آق‌قلا از آب خلیج گرگان بیشتر بود. نتایج کشت شنی گیاه *P. distans* در نمونه‌های آب نشان داد که هر چند رشد گیاهان در آب خلیج گرگان و رواناب دشت آق‌قلا به‌صورت کامل کم بود، به‌طوری‌که وزن تر گیاهان رشد یافته در آب شرب گرگان به ترتیب ۴/۵ و ۵ برابر گیاهان رشد یافته در آب خلیج گرگان و رواناب دشت آق‌قلا بود. با دو و چهار برابر رقیق نمودن نمونه‌های آب خلیج گرگان نسبت به نمونه آب کامل، رشد گیاهان ۲/۹ و ۳/۶ برابر زیاد شد، ولی این نسبت برای رواناب دشت آق‌قلا ۴/۸ و ۹/۹ بود و باعث شد حتی رشد گیاهان در رواناب دشت آق‌قلا چهار برابر رقیق شده بیشتر از آب شرب گرگان شود. به‌طوری‌که بیشترین مقدار وزن تر و خشک گیاه در تیمار آب رواناب دشت آق‌قلا چهار بار رقیق شده دیده شد.

میزان انباشته شدن یون سدیم در گیاهان آبیاری شده با آب شرب گرگان کم و رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان بیشتر بود. رقت آبیاری با آب خلیج گرگان و رواناب‌دشت آق‌قلا مقدار انباشته شدن یون سدیم را کاهش داد. این امر نشان می‌دهد که سمیت سدیم یکی از موارد کاهش رشد این گیاه تحت شوری است.

تیمارهای رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان به‌صورت کامل سبب کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم نسبت به آب شرب گرگان شد. رقیق نمودن آب سبب افزایش پتاسیم در اندام هوایی شد. تیمارهای آب کامل سبب کاهش غلظت کلسیم در اندام هوایی شد. رقیق نمودن رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان به میزان چهار برابر سبب افزایش غلظت یون کلسیم اندام هوایی شد (جدول ۲). این امر نشان می‌دهد که بخشی از کاهش

رشد نیز ممکن است به کاهش پتاسیم و کلسیم در گیاهان تحت شوری مربوط باشد.

گیاهان تیمارشده با رواناب دشت آق‌قلا و آب خلیج گرگان به‌صورت کامل و رقیق شده تفاوت زیادی در غلظت آهن ریشه نداشتند. اما در تیمارهای روانابدشت آق‌قلا کامل و آب خلیج گرگان کامل غلظت آهن اندام هوایی ناچیز بود و با رقیق نمودن نمونه آب غلظت آهن اندام هوایی تدریجاً و به صورت معنی‌داری زیاد شد. این امر نشان می‌دهد که شوری زیاد احتمالاً انتقال آهن به اندام هوایی را دچار اختلال نموده و این اندام در گیاه دچار کمبود آهن شده و کاهش رشد آن از این طریق نیز تشدید می‌گردد.

نسبت پتاسیم به سدیم در رواناب دشت آق‌قلا به‌صورت ۴ بار رقیق شده هم در ریشه و هم در بخش هوایی گیاه از همه تیمارها بیشتر بود. گزارش‌های بسیاری نشان می‌دهد که با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na) تحمل گیاه به شوری افزایش می‌یابد (۱۱، ۱۲، ۱۶). گیاه با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم مقدار جذب پتاسیم را در حد بهینه نگاه می‌دارد و اثرات مضر جذب سدیم را کاهش می‌دهد. در شرایط شور نسبت بالای پتاسیم به سدیم پایداری گیاهان را بهبود می‌بخشد. این نسبت که به‌وسیله ریشه‌ها نگهداری می‌شود، نشان‌دهنده جذب و بارگیری بیشتر پتاسیم نسبت به سدیم در آوندهای چوبی است. هرچند مقدار نسبت کلسیم به سدیم در تیمار ۴ بار رقیق شده رواناب دشت آق‌قلا بیشتر بود، اما با تیمار ۴ بار رقیق شده آب خلیج گرگان تفاوتی نداشت (جدول ۲). شاخص نسبت کلسیم به سدیم نیز به مانند نسبت پتاسیم به سدیم از اهمیت بالایی برخوردار است. افزایش کلسیم همراه با پتاسیم در نفوذ پذیری، آبگیری و حفظ نظام سلولی مؤثر است. همچنین کلسیم به‌طور غیر مستقیم در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی مانند آمیلاز و ATPase نقش دارد و با کمک به تنظیم تنفس به عرضه ازت تثبیت شده در اندام‌های گیاه کمک می‌کند (۹).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که گونهٔ *P. distans* مقاومت قابل توجهی نسبت به شوری دارد و می‌توان آن را در سواحل و محل جمع‌شدن رواناب‌های سطحی کشت کرد. شوری منجر به کاهش رشد این گیاه شد که این کاهش رشد را می‌توان به سمیت یونی، کاهش نسبت پتاسیم به سدیم و کمبود آب در گیاه نسبت داد، اما گیاه بدون هیچگونه علائم آسیب قادر به زنده ماندن بود. علیرغم شرایط بهتر سدیم و پتاسیم آب خلیج گرگان به نظر می‌رسد گیاهان رشد یافته در رواناب دشت آق‌قلا به دلیل مقدار بالای ترکیبات نیتروژنه از رشد بهتری برخوردار بودند. همچنین احتمال آن است که آب خلیج گرگان دارای آلاینده‌های خانگی و صنعتی زیادی باشد که لازم است در بررسی‌های آینده مقدار فلزات سنگین و ترکیبات شیمیایی آب خلیج گرگان مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به اهمیت استفاده از کشت گیاهان مرتعی برای چرای دام، گونهٔ *P. distans* به‌دلیل مقاومت بالا به شوری و غرقابی می‌تواند در اصلاح مراتع دشت آق قلا که زهکشی فقیر و سطح ایستابی بالا دارند، استفاده شده و با رواناب‌های دشت آق‌قلا به‌صورت رقیق شده (با آب تالاب آلاگل) آبیاری شود. بررسی‌های بیشتر در زمین و کشت به‌صورت پایلوت برای تائید نتایج ضروری است.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه گلستان و ریاست محترم دانشکده علوم برای فراهم آوردن امکانات پژوهشی و بودجه لازم برای طرح پژوهشی مربوط سپاسگزاری می‌شود. همچنین نویسندگان از زحمات جناب آقای دکتر مصطفی رقیمی و جناب آقای مهندس محسن قلی‌پور برای مساعدت در فراهم آوردن نمونه‌های آب و کارهای آزمایشگاهی مربوط به تجزیه آب تشکر می‌کنند.

References

1- Akhzari, D., A. Sepehry, M. Pessarakli & H. Barani, 2012. Studying the Effects of Salinity Stress on the Growth of Various Halophytic Plant Species (*Agropyron elongatum, Kochia prostrata and Puccinellia distans*). World Applied Sciences Journal, 16: 998-1003.

2- Benlloch, M., M.A. Ojeda, J. Ramos & A. Rodríguez-Navarro, 1994. Salt sensitivity and low discrimination between potassium and sodium in bean plants. Plant and Soil, 166: 117-123.

3- Dietz, R.D., 2003. Formation and organization of Australian Athalassic salt lakes. Biomes of Australia, 18 p.

4- Essa, T.A., 2002. Effect of salinity stress on growth on nutrient composition of three soybean (Glycine max L. merrill) cultivars. Journal Agronomy & Crop Science, 188: 86-93.

5- Famori, j., & M.L. Divan, 1979. Soils of Iran. Research Institute of water and soil publications, 383p.

6- Jolley, M.W., H.G. Smith & N.B. Stward, 2000. Water quality and source of pollution. CSIRO, Australia. Report, 48: 69pp.

7- Lacan, D. & M. Durand, 1995. Na^+ and K^+ transport in excised soybean roots. Physiology of Plantarum, 93: 132-138.

8- Maathuis, F.J.M., & D. Sanders, 1996. Mechanisms of potassium absorption by higher plant root. Physiology of Plantarum, 96:158–168.

9- Marchner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition Academic. Press. 890p. New York. Pp: 313-323.

10- Mobin, S., 1975. Flora of Iran, Tehran University Publications, 4th volume. (In Persian)

11- Munns, R., 2003. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment, 25: 239–250.

12- Munns, R., 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soil some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environmental, 2: 15-24.

13- Myers, B.A., & D.I. Couper, 1989. Effects of temperature and salinity on the germination of *Puccinellia ciliata* (Bor) cv. Menemen. Australian Journal of Agricultural Research, 40: 561-571.

14- Tester, M. & R. Devenport, 2003. Na^+ tolerance Na^+ transport in higher plants. Annals of Botany, 503 – 527.

15- Very, A.A. & H. Sentenac, 2003. Molecular mechanisms and regulation of K^+ transport in higher plant. Annuals Review, plant Biology, 54: 575-603.

16- Yuncai, H. & U. Schmidhalter, 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Plant Nutrition and Soil Science, 168: 541–549.

17- Zhu, K.J., 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. Current Opinion in Plant Biology, 6: 441-445.