

تأثیر کم آبیاری و تنش شوری در تولید ارزن پادزه‌ری بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک

حمد رضا عشقی‌زاده^{۱*}، محمد کافی^۲، احمد نظامی^۲، امیر حسین خوشگفتارمنش^۱ و مصطفی کرمی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۶)

چکیده

این مطالعه به منظور ارزیابی تأثیر استقرار نظام شورزیست گیاه ارزن پادزه‌ری (*Panicum antidotale Retz*) با دو الگوی آبیاری (I_۱ به عنوان شاهد و I_۲ به عنوان تیمار تنش کمبود آب، به ترتیب آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از طشت تبخیر کلاس A طی دوره رشد) و چهار سطح شوری آب آبیاری (حدود ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر)، بر ویژگی‌های شیمیایی خاک در ایستگاه تحقیقات زهکشی و اصلاح اراضی رو داشت در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ انجام شد. در پایان هر سال ویژگی‌های شیمیایی لایه‌های مختلف ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در تیمارهای مختلف به طور میانگین، قابلیت هدایت الکتریکی (٪۱۹/۹)، پ-هاش (٪۱۹/۹)، غلظت یون سدیم (٪۲۰/۰)، کلر (٪۲۰/۱)، فسفر (٪۰/۵۷۹)، پتاسیم (٪۰/۵۰۰) و کلسیم (٪۰/۵/۷۹) در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول افزایش و ماده آلی خاک بدون تغییر بود. همچنین در اعمق ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک نیز روند مشابه مشاهده شد. در لایه‌های مختلف خاک به طور متوسط با افزایش شوری آب آبیاری از ۵ به ۳۰ دسی‌زیمنس در متر به ترتیب قابلیت هدایت الکتریکی ۱۱۰٪، غلظت یون سدیم ۲۶/۵٪، غلظت یون کلر ۱۴/۵٪، غلظت یون پتاسیم ۸/۱۶٪، غلظت فسفر ۲۴/۱٪ و غلظت کلسیم ۶۲/۵٪ در الگوی آبیاری I_۱ و به ترتیب ۷۰/۵٪، ٪۲۳/۳٪، ٪۹۶/۶٪، ٪۱۳/۴٪، ٪۴۱/۲٪ در الگوی آبیاری I_۲ تغییر یافت. همچنین به طور متوسط غلظت سدیم (r=-۰/۷۰***) و قابلیت هدایت الکتریکی (r=-۰/۴۷**) لایه‌های مختلف خاک بیشترین همبستگی منفی را با عملکرد ماده خشک ارزن پادزه‌ری در دو سال نشان دادند. بنابراین در استقرار نظام شورزیست ارزن پادزه‌ری در شرایط مشابه باستی از سازوکارهای مناسب جهت مدیریت بهینه خاک بهره برد.

کلمات کلیدی: ارزن پادزه‌ری، الگوی آبیاری، کشاورزی شورزیست، غلظت سدیم، قابلیت هدایت الکتریکی

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: hamid.eshghizadeh@gmail.com

مقدمه

بيان کردنند که تنش خشکی موجب کاهش شدید ماده خشک (ساقه، برگ، ریشه)، رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ گونه‌ها شده است ولی گونه‌های مورد مطالعه حساسیت زیادی به شوری‌های اعمال شده تا ۲۰۰ میلی مولار نشان ندادند. خان و همکاران (۲۵) نیز بیشترین عملکرد علوفه‌ی تر را در گیاه ارزن پادزه‌ری در روش بذر کاشت را حدود ۱۰/۸ تن در هکتار گزارش کردنند. شارما (۳۲) در مطالعه خود نشان داد که گیاه *Atriplex numularia* L. باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی، سدیم محلول، سدیم قابل تبادل و ماده آلی خاک‌های زیر کشت شده و تخریب قابل ملاحظه ساختمان خاک سطحی را در پی داشته است.

گیاه ارزن پادزه‌ری (*Panicum antidotale* Retz) گونه بومی مناطق معتدل و گرسنگی آسیا در خاورمیانه تا هند است (۲۰). ارزن پادزه‌ری متحمل به آب گرفتگی یا غرقاب شدن‌های موقت بوده و در تپه‌های شنی و بستر رودخانه‌های خشک شمال غربی پاکستان، در افغانستان و ایران رشد می‌کند (۱۸). این گیاه دارای سیستم ریشه‌ای خیلی عمیق بوده که استعداد دست‌یابی به رطوبت در بخش‌های عمقی خاک را دارد (۱۸). گیاه ارزن پادزه‌ری از گراس‌های پر محصول بوده که توان تولید ۱۵۰-۱۸۰ تن علوفه تر با کیفیت تغذیه‌ای مناسب و پرتوئین بین ۱۵-۱۸٪ در هر سال را دارد و به عنوان گراس علوفه‌ای با ارزش مطرح و در تغذیه گوسفندان و به‌ویژه گاوهای شیری مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۱ و ۲۸).

گیاه ارزن پادزه‌ری (*Panicum antidotale* Retz) گونه بومی مناطق معتدل و گرسنگی آسیا در خاورمیانه تا هند است (۱۴). ارزن پادزه‌ری گیاهی چندساله، از خانواده Poaceae و از هالوفیت‌ها است (۱۵). این گیاه دارای سیستم ریشه‌ای خیلی عمیق بوده که استعداد دست‌یابی به رطوبت در بخش‌های عمقی خاک را دارد (۱۸). این گیاه همچنین از تحمل بالایی به خشکی و شرایط کمبود رطوبت در مراتع مناطق بیابانی برخوردار است و به سرعت به تغییرات ناگهانی عوامل محیطی

وضعیت موجود کشور بیانگر محدودیت شدید منابع آبی است و از سوی دیگر افزایش تولید بیشتر نیز در گرو توسعه اراضی فاریاب می‌باشد، بنابراین باستی آب با کیفیت پایین به عنوان یک منبع آب آبیاری محسوب و در برنامه آینده توسعه زمین‌های فاریاب با اعمال روش‌های مدیریتی صحیح جهت تداوم پایداری کشاورزی و نیل به عملکرد معقول گنجانده شود (۷ و ۲۳). از سوی دیگر ایران کشوری در حال توسعه بوده و نرخ رشد جمعیت و افزایش تقاضا در آینده نه چندان دور نیاز به محصولات کشاورزی افزایش خواهد داد (۲۴). بنابراین با توجه به مهم‌ترین چالش‌های پیش رو در بخش کشاورزی کشور یعنی کمبود دسترسی به منابع آب غیر شور، تغییرات اقلیمی، افزایش شوری اراضی کشاورزی، افزایش شدت و طول مدت دوره‌های خشکسالی و نیاز روزافرون به فرآورده‌های گیاهی، کشاورزی شورزیست بیش از پیش مورد توجه قرار دارد (۲۳ و ۲۴).

در صورت وجود برنامه‌های زراعت گیاهان شورزیست می‌توان از آنها به نحو مطلوب بهره‌برداری نمود. اهلی سازی گیاهان شورپسند (هالوفیت‌ها) که در رویشگاه‌های طبیعی شور و خشک می‌رویند، آنها را به عنوان گیاهان زراعی جدیدی معرفی خواهد کرد که تحت تنش‌های محیطی ایجاد شده توسط شوری و خشکی محصول رضایت بخش‌تری تولید می‌کنند (۲۷). ایران یکی از غنی‌ترین کشورهای دنیا در مورد فلور گیاهی خود است و تا کنون بیش از ۶۲۰۰ گونه گیاهی در فلور آن شناسایی شده است (۱۴). از این تعداد ۳۵۴ گونه آن را هالوفیت‌ها تشکیل داده و روز به روز نیز با تکمیل مطالعات تعداد آنها افزایش می‌یابد (۹). موفقیت در برنامه اهلی سازی گیاهان شورپسند که در رویشگاه‌های طبیعی شور و خشک می‌رویند، نیازمند شناسایی عوامل تأثیر گذار در تولید آنها است (۲۷). زهتابیان و همکاران (۵) با ارزیابی اثر تنش خشکی و شوری بر روی سه گونه مرتعی *Agropyron intermedium* در شرایط گلخانه، *Panicum antidotale* و *Avena barbata*

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش

| پاتاسیم قابل دسترس (mg/kg) | فسفر قابل دسترس (mg/kg) | ماده آلی (درصد) | نیتروژن کل (%) | آهک (%) | قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m) | پ هاش | بافت خاک | رسی سیلتی |
|----------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|---------|------------------------------|-------|----------|-----------|
| ۲۸۵ | ۲۷/۵ | ۰/۱۴ | ۰/۰۷۵ | ۱۵ | ۸/۶ | ۷/۷ | | |

عمدتاً در اوآخر پاییز، زمستان و اوایل بهار اتفاق می‌افتد. درصد وزنی رطوبت در شرایط ظرفیت مزروعه ۲۴ درصد، در نقطه پژمردگی ۱۳ درصد و وزن مخصوص ظاهربی آن ۱/۵۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک سری زرندید در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. بذرهای گیاه ارزن پادزه‌ری از ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سبزوار واقع در استان خراسان رضوی، شرق ایران، تهیه شد. سپس نمونه‌ای از آن در داخل پتربی دیش‌های استریل شده و به مدت ۶ روز در دمای ثابت ۲۵ درجه سلسیوس در داخل اطاک رشد قرار داده شد. نتایج نشان داد که قوه نامیه بذرها حدود ۹۵٪ رشد زمین محل آزمایش در سال قبل آیش بود. براساس آزمایش خاک، نیتروژن به شکل اوره به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پایه و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز به صورت سرک پس از چین اول به هر کرت داده شد. برای تأمین فسفر مورد نیاز گیاه نیز ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار در مرحله آماده‌سازی زمین، به خاک اضافه شد.

عملیات تهیه زمین به ترتیب شامل شخم و دیسک بود. سپس کرت‌هایی با طول ۵ متر و عرض ۳ متر (مساحت حدود ۱۵ متر مربع) با فاصله‌های ردیف ۵۰ سانتی‌متر به صورت جوی و پشته آماده شد. بذرها در دو طرف هر پشته روی ردیف‌ها به صورت پیوسته و در عمق تقریبی ۱-۵/۰ سانتی‌متر کاشته و اولین آبیاری در تاریخ ۳۰ اردیبهشت ۱۳۸۹ به صورت نشستی انجام شد. سپس در مرحله ۳-۴ برگی گیاهچه‌های سبز شده با فاصله‌های ۱۶ سانتی‌متری تنک شد، تا تراکم نهایی حدود ۱۳ بوته در مترمربع حاصل شود. پس از پایان تنک کردن، دو الگوی آبیاری شامل آبیاری پس

پیش‌آمده در فصل تابستان پاسخ می‌دهد (۲۲). گیاهان شورزیست به طور تاریخی برای چرای دام و یا به عنوان بخشی از جیره دام مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اهلی‌سازی گیاهان شورزیست که در رویشگاه‌های طبیعی سور و خشک می‌رویند، آن‌ها را به عنوان گیاهان زراعی جدیدی معرفی خواهد کرد که تحت تنشی‌های محیطی ایجاد شده توسط سوری و خشکی، محصول رضایت‌بخش‌تری تولید کنند (۲۷). این گیاهان ممکن است جایگزین منطقی برای گیاهان زراعی معمول در بسیاری از کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران که دارای سطح وسیعی از اراضی خشک و نیمه‌خشک در معرض تهدید شور شدن است، به شمار آیند (۸). گیاه ارزن پادزه‌ری گیاهی علوفه‌ای و خوشخوارک به‌ویژه برای گاوهاشیری (۲۸) و گوسفندان است (۲۹). این گیاه می‌تواند به عنوان گزینه‌ای مطرح جهت تولید شورزیست در مناطق خشک و نیمه‌خشک که منابع آب و خاک سور دارند، مطرح شود. بنابراین با توجه به اهمیت کشاورزی شورزیست، و در راستای دستیابی به اهداف این پژوهش تأثیر استقرار نظامهای شورزیست مختلف گیاه ارزن پادزه‌ری بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقات زهکشی و اصلاح اراضی رودشت واقع در ۶۵ کیلومتری شرق اصفهان با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریای آزاد طراحی شد. میانگین دراز مدت بارش و دمای هوا به ترتیب حدود ۷۵ میلی‌متر و ۱۳/۵ درجه سیلسیوس در سال است، که نزولات



شکل ۱. گیاه ارزن پادزه‌های، (الف) ریشه و ریزوم، (ب) پنجه‌زنی و (ج) مرحله خوش‌دهی (عکس از مؤلف، تابستان ۱۳۸۹)

آمونیوم ($\text{NH}_4\text{-OAc}$) استخراج و به وسیله شعله‌سنجد تعیین شد. برای اندازه‌گیری درصد ماده آلی از روش سوزاندن تر استفاده شد. در این روش مواد آلی با بیکرومات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک اکسید شد. باقی‌مانده بیکرومات پتاسیم با افزودن فرو آمونیوم سولفات از طریق تیتراسیون در مجاورت ارتو فنانترونین اندازه‌گیری شده و مقدار ماده آلی خاک محاسبه شد. همچنین غلظت سدیم محلول با روش شعله‌سنجدی شد. همچنین رنگ‌سنجی و کلسیم به روش تیتراسیون کمپلکس‌متري رنگ‌سنجی و کلسیم به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد (۴).

داده‌های حاصل از آزمایش فاکتوریل (رژیم آبیاری و شوری آب آبیاری) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار با استفاده از نرم افزار SAS به صورت مرکب تجزیه و تحلیل آماری شد، میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از طشت تبخیر کلاس A_۱ به عنوان شاهد) و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی طی تمام دوره رشد I_۲ (به عنوان تیمار تنفس خشکی) و چهار سطح شوری آب آبیاری با قابلیت هدایت الکتریکی حدود ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر اعمال شد. پس از برداشت دوم در سال ۱۳۸۹ آبیاری قطع گردید و پس از گذراندن دوران زمستان در تاریخ ۱۳۹۰/۰۱/۱۵ بار دیگر مزرعه آبیاری شد. مقدار آب مصرفی تا برداشت اول ۶۵۴/۲ لیتر در مربع و تا برداشت دوم ۲۱۰/۴ لیتر در مترمربع بود (جدول ۲). در طی دو سال آزمایش گیاهان طی دو چین برداشت شدند (شکل ۱).

پس از برداشت دوم در هر دو سال، به منظور ارزیابی ویژگی‌های شیمیابی خاک از سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک هر کرت نمونه برداری انجام شد. سپس اسیدیته خاک با استفاده از pH متر و EC عصارة اشیاع خاک با استفاده از هدایت‌سنجد الکتریکی اندازه‌گیری شد. فسفر قابل دسترس خاک با NaHCO_3 استخراج و با روش رنگ‌سنجی مولیبدات تعیین شد. پتاسیم قابل دسترس خاک با استرات

جدول ۲. زمان برداشت و مقدار آب مصرفی در هر چین در گیاه ارزن پادزه‌ری تحت تیمارهای مختلف شوری
طی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰

| سال | تاریخ | | مقدار آب مصرفی (میلی‌متر) | |
|------|------------|------------|---------------------------|------------|
| | برداشت اول | برداشت دوم | برداشت اول | برداشت دوم |
| ۱۳۸۹ | ۱۳۸۹/۰۵/۲۹ | ۱۳۸۹/۰۷/۲۲ | ۶۴۵/۲ | ۲۱۰/۴ |
| ۱۳۹۰ | ۱۳۹۰/۰۲/۲۹ | ۱۳۹۰/۰۴/۱۷ | ۲۲۱/۴ | ۱۶۸/۳ |

جدول ۳. میانگین صفات در لایه‌های مختلف خاک در دو سال در نظام تولید شورزیست ارزن پادزه‌ری

| میانگین صفات | عمق خاک (سانتی‌متر) | | | | | | ٪ اختلاف | |
|--------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|----------|--|
| | ۰-۳۰ | | ۳۰-۶۰ | | ۶۰-۹۰ | | | |
| | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | | |
| EC(dS/m) | ۱۱/۱ | ۱۳/۳ | ٪۲۰ | ٪۲۰ | ٪۱۵ | ٪۱۵ | ٪۲۵ | |
| pH | ۷/۹۸ | ۹/۵۷ | ٪۲۰ | ٪۲۰ | ٪۱۵ | ٪۱۵ | ٪۲۵/۱ | |
| Na ⁺ (mg/l) | ۷۱ | ۸۵/۲ | ٪۲۰ | ٪۲۰ | ٪۱۵ | ٪۱۵ | ٪۲۵ | |
| C ^{۱-۱} (meq/l) | ۲۷۱/۸ | ۴۰/۱ | ٪۲۰ | ٪۲۰ | ٪۱۵ | ٪۱۵ | ٪۲۵ | |
| K ⁺ (mg/l) | ۱۱/۹ | ۲۸۵/۴ | ٪۵ | ٪۵ | ٪۱۵ | ٪۱۵ | ٪۵ | |
| P(mg/l) | ۱۲/۶ | ۱۲/۲ | ٪۵/۱۳ | ٪۵/۱۳ | ٪۱۵ | ٪۱۵ | ٪۵ | |
| Ca(mg/l) | ۷۸/۱ | ۹۳/۷ | ٪۲۰ | ٪۲۰ | ٪۱۵ | ٪۱۵ | ٪۲۵ | |
| OM(%) | ۰/۲۱ | ۰/۲۱ | - | - | ٪۱۵ | ٪۱۵ | - | |
| | ۰/۱۸ | ۰/۱۸ | - | - | ٪۱۵ | ٪۱۵ | ٪۱۵ | |

عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۳۰ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری به ترتیب بیشترین و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی خاک را به خود اختصاص داد. برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نیز نشان داد که

نتایج و بحث

قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های قابلیت هدایت الکتریکی لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر سال، آبیاری، شوری و نیز برهمکنش شوری در آبیاری از نظر آماری معنی دار شد. میانگین قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹ به ترتیب ۲۰، ۱۵ و ۲۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در

جدول ۴. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر قابلیت هدایت الکتریکی لایه‌های مختلف خاک
در نظام تولید شورزیست ارزن پادزه‌ری

| آبیاری | عمق خاک (سانتی‌متر) | | | | | | | | شوری آب (dSm ⁻¹) |
|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|
| | ۶۰-۹۰ | | ۳۰-۶۰ | | ۰-۳۰ | | میانگین | | |
| میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | I _۲ | I _۱ | |
| ۹/۰۲ ^d | ۹/۲۲ | ۸/۸۲ | ۱۱/۴ ^c | ۱۲/۴ | ۱۰/۴ | ۹/۶۵ ^c | ۱۰/۰ | ۹/۲۳ | ۵ |
| ۱۴/۴ ^c | ۱۳/۷ | ۱۵ | ۱۱/۹ ^{bc} | ۱۲/۹ | ۱۰/۹ | ۱۱/۶ ^b | ۹/۸۸ | ۱۳/۴ | ۱۰ |
| ۱۶/۱ ^b | ۱۹/۱ | ۱۳/۲ | ۱۲/۵ ^b | ۱۲/۹ | ۱۲ | ۱۲/۲ ^b | ۱۳/۲ | ۱۱/۱ | ۲۰ |
| ۱۷/۴ ^a | ۱۷/۳ | ۱۷/۶ | ۲۴/۲ ^a | ۲۳/۳ | ۲۵/۱ | ۱۵/۵ ^a | ۱۳/۶ | ۱۷/۵ | ۳۰ |
| | ۱۴/۸ ^A | ۱۳/۶ ^B | | ۱۵/۴ ^A | ۱۴/۶ ^A | | ۱۱/۷ ^B | ۱۲/۸ ^A | میانگین |
| | ۱/۵۳۱ | | | ۱/۵۴۱ | | | ۱/۱۹۷ | | LSD ۵% |

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند.
۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

جذب در خاک زیربوته‌ها افزایش معنی‌دار داشته و این افزایش در ارتباط با مرکز بخش‌های ضایعاتی گیاهان که توانایی پدیدآوردن تغییرات معنی‌دار در خواص شیمیایی خاک را دارند، می‌باشد.

تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۲۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی خاک را دارا بود (جدول ۴).

کشت این گیاه افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک را سبب شده است. با توجه به این‌که گیاه ارزن پادزه‌ری یک شورزیست بوده و نیز دارای سیستم ریشه‌ای بسیار عمیق می‌باشد، بنابراین این گیاه توانایی استفاده از آب‌های شور زیرزمینی را دارد از طرف دیگر شور بودن ذاتی مناطق کشت و همچنین آبیاری با آب شور و آب شویی عناصر به اعمق خاک باعث افزایش میزان قابلیت هدایت الکتریکی خاک با افزایش عمق خاک شده است. فرزانه (۶ نیز در مطالعه خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک تاغزارهای سبزوار افزایش میزان pH و قابلیت هدایت الکتریکی خاک را با افزایش عمق خاک گزارش کرد (۶). خلخالی و همکاران (۳) نیز در مطالعه اثرات کشت گونه گیاهی آتریپلکس کانسنس بر خصوصیات شمیایی خاک در دو منطقه متفاوت اقلیمی، داشلی برون ترشکلی و اختنآباد کرج اظهار داشتند، شوری، ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل

واکنش عصاره اشباع خاک

اثر سال و برهمکنش رژیم و شوری آب آبیاری بر pH عصاره اشباع لایه‌های مختلف خاک از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین میزان pH عصاره اشباع لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹ به ترتیب ۲۰، ۱۵ و ۲۵/۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۵ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان pH خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمار شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری بیشترین و تیمار ۵ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو اول و نیز تیمار ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم کمترین میزان pH خاک را دارا بودند. در عمق ۶۰-۹۰

جدول ۵. برهمکنش اثر شوری و الگوی آبیاری بر میزان pH لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزه‌ری

| آبیاری (dSm ⁻¹) | شوری آب | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|---------|--------------------------------|
| | عمق خاک (سانتی‌متر) | | | | | | | | | |
| | ۶۰-۹۰ | | ۳۰-۶۰ | | ۰-۳۰ | | ۰-۳۰ | | ۳۰-۶۰ | |
| میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | آبیاری (dSm ⁻¹) |
| ۸/۹۲ ^a | ۸/۹۵ | ۸/۸۹ | ۸/۵۹ ^b | ۸/۵۸ | ۸/۶۰ | ۹/۰۳ ^a | ۸/۹۲ | ۹/۱۵ | ۵ | |
| ۸/۹۷ ^a | ۸/۹۴ | ۹ | ۸/۵۳ ^b | ۸/۴۴ | ۸/۶۳ | ۸/۷۵ ^b | ۸/۷۳ | ۸/۷۷ | ۱۰ | |
| ۸/۹۵ ^a | ۸/۹۴ | ۸/۹۶ | ۸/۵۹ ^b | ۸/۶۰ | ۸/۵۹ | ۸/۷۵ ^b | ۸/۷۵ | ۸/۷۶ | ۲۰ | |
| ۸/۷۵ ^b | ۸/۷۸ | ۸/۷۲ | ۹/۱۷ ^a | ۹/۴۸ | ۸/۸۶ | ۸/۵۶ ^c | ۸/۵۲ | ۸/۶۱ | ۳۰ | |
| ۸/۹۰ ^A | ۸/۸۹ ^A | | ۸/۷۷ ^A | ۸/۶۷ ^B | | ۸/۷۳ ^B | ۸/۸۲ ^A | | میانگین | |
| ۰/۱۸۲ | | | ۰/۳۶۲ | | | ۰/۱۰۸ | | | LSD ۵% | |

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند.

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

آبیاری از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین غلظت سدیم لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشبع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، به ترتیب ۲۰، ۱۵ و ۰-۳۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۲۰ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت سدیم خاک را دارا بودند در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۲۰ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت سدیم خاک را دارا بودند. برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نیز نشان داد که تیمار شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر دره ر دو الگوی آبیاری اول و دوم بیشترین و تیمار شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و دوم کمترین میزان غلظت سدیم خاک را دارا بودند (جدول ۶).

غلظت کلر عصاره اشبع خاک (meq/L)
نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت کلر لایه‌های مختلف

سانتی‌متری نیز نشان داد که تیمارهای شوری ۱۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر دره ر دو الگوی آبیاری اول و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان pH خاک را دارا بود (جدول ۵). کشت شورزیست ارزن پادزه‌ری باعث افزایش pH خاک در سال دوم نسبت به سال اول شده است. افزایش pH در خاک می‌تواند هم به دلیل تجمع املاح حاصل از تجزیه بقاوی‌گیاهی و هم به دلیل افزایش املاح ناشی از آبیاری با آب شور باشد. شارما و تونی وی (۲۳) در مطالعات خود در منطقه کشت آتریپلکس در ارتباط با افزایش pH در عمق ۷/۵ سانتی‌متری سطح خاک ابراز می‌دارند، تجمع برگ‌ها و شاخه‌های محتوی نمک باعث افزایش pH و سدیم محلول، سدیم قابل تبادل، هدایت الکتریکی و ماده آلی در سطح خاک می‌شود. حاجکینسون و جانسون (۲۱) نیز در تحقیقی در منطقه آریزونا به وجود ارتباط مستقیم بین کشت آتریپلکس و میزان سدیم قابل تبادل، هدایت الکتریکی و اسیدیته اشاره داشتند.

غلظت سدیم عصاره اشبع خاک (mg/L)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت سدیم لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر سال، شوری و نیز برهمکنش شوری در

جدول ۶. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر غلظت سدیم لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزه‌ری

| عمق خاک (سانتی‌متر) | | | | | | | | | | شوری آب آبیاری |
|---------------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|---------|------------------------|
| ۶۰-۹۰ | | | | | ۳۰-۶۰ | | | ۰-۳۰ | | |
| میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | I _۷ | I _۱ | میانگین | LSD I ^{1S} ۵% |
| ۶۴ ^d | ۶۴ | ۶۴ | ۷۶/۴ ^b | ۷۶/۴ | ۷۶/۴ | ۷۰ ^c | ۷۲/۶ | ۶۷/۴ | ۵ | |
| ۷۹/۸ ^c | ۸۵/۷ | ۷۳/۹ | ۷۳/۱ ^c | ۷۷/۶ | ۶۸/۵ | ۷۶/۶ ^b | ۶۹/۱ | ۸۴/۱ | ۱۰ | |
| ۸۶ ^b | ۸۵/۷ | ۸۶/۴ | ۸۳/۴ ^a | ۸۱/۹ | ۸۵ | ۷۸/۵ ^b | ۸۶ | ۷۱ | ۲۰ | |
| ۹۱/۸ ^a | ۹۱/۸ | ۹۲/۰ | ۸۱/۱ ^a | ۸۲/۵ | ۷۹/۸ | ۸۷/۴ ^a | ۸۶ | ۸۸/۸ | ۳۰ | |
| ۸۱/۸ ^A | ۷۹ ^B | | ۷۹/۶ ^A | ۷۷/۴ ^B | | ۷۸/۴ ^A | ۷۷/۸ ^A | | میانگین | |
| ۶/۸۷۹ | | | ۶/۰۵۴ | | | ۷/۲۳۴ | | | | |

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند.

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

ییبانی فراوانی میزان سدیم و کلر آن‌هاست (۱۳). بالا بودن این دو یون به دلیل آبیاری با آب شور (اعمال تنفس شوری) و همچنین شور بودن ذاتی این مناطق نیز خود عامل موثر در افزایش میزان قابلیت هدایت الکتریکی خاک می‌باشد. با افزایش عمق خاک نیز میزان سدیم افزایش می‌یابد. به دلیل آشوبی یون سدیم از لایه‌های بالای خاک این امر غیر قابل اجتناب است. افزایش میزان یون‌های سدیم و کلر خاک در اثر کشت شورزیست ارزن پادزه‌ری باعث تخریب ساختمان خاک می‌شود. بالا بودن میزان سدیم یکی از عوامل پراکندگی کلوئیدهای رسی و انهدام ساختمان خاک و در نتیجه از بین رفتن تهويه و کاهش نفوذپذیری خاک است. این امر اختلال در عمل تنفس گیاه را به دنبال دارد (۱۱). یون سدیم و کلر، علاوه بر افزایش فشار اسمزی گیاه و اختلال در جذب آب توسط گیاه، می‌تواند باعث ایجاد محیطی مسموم در اطراف ریشه شود و از این نظر هم اثر منفی بر رشد گیاهان داشته باشد (۱).

غلظت پتانسیم عصاره اشباع خاک (mg/L)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت پتانسیم لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر سال، آبیاری، شوری و نیز برهمکنش

خاک نشان داد که اثر سال، شوری و نیز برهمکنش شوری در آبیاری از نظر آماری معنی دار شد. میانگین غلظت کلر لایه‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری عصاره اشباع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، به ترتیب ۲۰، ۱۵ و ۲۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمار شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت کلر خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۳۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت کلر خاک را دارا بودند. همچنین ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نشان داد که تیمارهای شوری ۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین نتایج برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نشان داد که تیمارهای شوری ۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت کلر خاک را دارا بود (جدول ۷).

با توجه به اعمال تیمارهای شوری افزایش میزان یون‌های سدیم و کلر در سال دوم نسبت به سال اول قابل پیش‌بینی است. از طرف دیگر یکی از خصوصیات خاک‌های مناطق

جدول ۷. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر غلظت کل لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزه‌ری

| عمق خاک (سانتی‌متر) | | | | | | | | | | شوری آب |
|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------------|---------|
| ۶۰-۹۰ | | | | | ۳۰-۶۰ | | | ۰-۳۰ | | آبیاری |
| میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | I _۲ | I _۱ | (dSm ^{-۱}) | |
| ۴۶ ^b | ۲۷ | ۶۵ | ۳۸/۶ ^b | ۳۱/۸ | ۴۵/۳ | ۴۷/۶ ^a | ۲۴/۳ | ۷۰/۹ | ۵ | |
| ۲۶/۸ ^c | ۳۹/۵ | ۳۴/۱ | ۳۲/۵ ^c | ۳۷/۸ | ۲۷/۲ | ۲۶ ^d | ۲۶ | ۲۶ | ۱۰ | |
| ۲۶/۱ ^d | ۳۰/۵ | ۲۱/۷ | ۲۵/۸ ^d | ۲۹/۷ | ۲۲ | ۲۹/۹ ^c | ۳۳ | ۲۶/۹ | ۲۰ | |
| ۵۱/۱ ^a | ۵۶/۸ | ۴۵/۵ | ۵۹/۷ ^a | ۶۱/۹ | ۵۷/۵ | ۴۳/۶ ^b | ۴۴/۹ | ۴۲/۳ | ۳۰ | |
| ۳۸/۴ ^B | ۴۱/۶ ^A | | ۴۰/۳ ^A | ۳۸ ^B | | ۳۲ ^B | ۴۱/۵ ^A | | میانگین | |
| ۶/۷۳۸ | | | ۷/۶۳۹ | | | ۶/۷۵۸ | | | LSD ۵% | |

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند.

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

نسبت به سال اول نشان‌دهنده تغییر مثبت خصوصیات خاک در نتیجه کشت این گیاه در منطقه می‌باشد زیرا وجود پتانسیم در خاک باعث سهولت در انتقال آب و مواد غذایی در خاک می‌شود، از این رو پتانسیم می‌تواند به عنوان یک ماده حاصل‌خیز کننده خاک به حساب آید (۲ و ۱۰). همچنین مقدار پتانسیم خاک با افزایش عمق کاهش نشان می‌دهد این ممکن است بدین دلیل باشد که میزان پتانسیم به شکل کود، لاشبرگ و یا تجزیه بقایای گیاهی سال‌های قبل در سطح خاک بیشتر بوده ولی با افزایش عمق خاک به دلیل آبیاری‌ها پتانسیم خاک از این منطقه طی فرآیند آبشویی خارج شده باشد و یا این‌که در این مناطق به دلیل بالا بودن آهک و مقدار کلسیم در اعماق نسبت به سطح خاک مقدار پتانسیم در این منطقه کاهش یابد (۱۲). زنگوا و همکاران (۳۴) نیز تکامل تدریجی ویژگی‌های خاک در شن‌زارهای ثبت شده صحرایی تنگو چین را بررسی کردند نتایج آنها نشان داد که ثبت شن باعث بهبود بافت خاک و تغییر مکانیکی خاک اولیه و افزایش مواد غذایی خاک به‌ویژه پتانسیم می‌شود و با توسعه گیاهان مواد آلی خاک نیز افزایش قابل توجهی می‌باید.

شوری در آبیاری از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین میزان غلظت پتانسیم لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشباع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، در هر سه عمق ۵٪ افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمار‌شوری ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پتانسیم خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۵ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۱۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پتانسیم خاک را دارا بودند. همچنین نتایج برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نشان داد که تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم بیشترین و تیمار شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم کمترین میزان پتانسیم خاک را دارا بودند (جدول ۸).

مطالعات متعددی در زمینه ارتباط پوشش گیاهی و خصوصیات خاک و بالعکس در مناطق خشک و نیمه‌خشک صورت گرفته است. افزایش مقدار پتانسیم خاک در سال دوم

جدول ۸ برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر غلظت پتاسمیم لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزه‌ری

| عمق خاک (سانتی‌متر) | | | | | | | | | | شوری آب |
|---------------------|------------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------|----------------------|---------|
| ۶۰-۹۰ | | | | | ۳۰-۶۰ | | | ۰-۳۰ | | آبیاری |
| میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | I _۲ | I _۱ | میانگین | I _۲ | I _۱ | (dSm ^{-۱}) | |
| ۲۰۴/۳ ^d | ۲۳۳/۸ | ۱۷۴/۹ | ۲۹۴/۱ ^a | ۲۶۷/۴ | ۳۲۰/۷ | ۳۵۰/۲ ^a | ۳۵۱/۶ | ۳۴۸/۸ | ۵ | |
| ۲۶۸/۸ ^a | ۳۰۱/۱ | ۲۳۶/۶ | ۳۰۶/۷ ^a | ۳۳۱/۹ | ۲۸۱/۴ | ۲۳۵/۲ ^c | ۲۳۳/۸ | ۲۳۶/۶ | ۱۰ | |
| ۲۱۶/۹ ^c | ۲۰۵/۷ | ۲۲۸/۱ | ۲۱۶/۹ ^c | ۱۷۷/۷ | ۲۵۶/۲ | ۲۹۱/۲ ^b | ۱۸۶/۱ | ۳۹۶/۴ | ۲۰ | |
| ۲۳۰/۹ ^b | ۲۲۵/۳ | ۲۳۶/۶ | ۲۴۵ ^b | ۲۴۲/۲ | ۲۴۷/۸ | ۲۲۸ ^c | ۲۵۶/۲ | ۲۱۹/۷ | ۳۰ | |
| ۲۴۱/۵ ^A | ۲۱۹ ^B | | ۲۵۴/۸ ^B | ۲۷۶/۵ ^A | | ۲۵۶/۹ ^B | ۳۰۰/۴ ^A | | میانگین | |
| ۲۱/۶ | | | ۲۷/۷ | | | ۳۱/۷ | | | LSD ۵% | |

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند.

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

همچنین برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰

سانتی‌متری نیز نشان داد که در الگوی آبیاری تیمار شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین و تیمارهای ۱۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر اول کمترین و در الگوی آبیاری دوم تیمارهای شوری ۵ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب بیشترین و کمترین میزان فسفر خاک را دارا بودند (جدول ۷).

غلظت فسفر عصاره اشباع خاک (mg/L)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت فسفر لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر سال، آبیاری، شوری و نیز برهمکنش شوری در آبیاری از نظر آماری معنی دار شد. میانگین غلظت فسفر لایه ۰-۳۰ سانتی‌متری ۵/۱۳ درصد و میانگین غلظت فسفر دو عمق ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشباع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹ ۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۱۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان فسفر خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۲۰ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۱۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان فسفر خاک را دارا بودند (جدول ۹). کاهش فعالیت فسفر محلول به دلیل افزایش قدرت یونی محلول و کاهش غلظت فسفر محلول خاک به دلیل ایجاد کانی‌های کلسیم فسفر از جمله دلایل کاهش جذب فسفر توسط گیاهان در شرایط شور می‌باشد (۱۹).

غلظت کلسیم عصاره اشباع خاک (mg/L)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت کلسیم لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر سال، شوری و نیز برهمکنش شوری در آبیاری از نظر آماری معنی دار شد. میانگین میزان غلظت کلسیم لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشباع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، به ترتیب ۲۰، ۱۵ و ۲۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۳۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در هر دو الگوی آبیاری اول و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان غلظت کلسیم خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمارهای شوری ۲۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای

جدول ۹. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر غلظت فسفر لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزه‌ری

| میانگین | عمق خاک (سانتی‌متر) | | | | شوری آب | | | | آبیاری (dSm ⁻¹) |
|-------------------|---------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|------|--------------------------------|
| | ۶۰-۹۰ | | ۳۰-۶۰ | | ۰-۳۰ | | ۱۰۰ | | |
| I _۲ | I _۱ | I _۲ | I _۱ | I _۲ | I _۱ | I _۲ | I _۱ | Mean | dSm ⁻¹ |
| ۱۹ ^a | ۱۸/۷ | ۱۹/۳ | ۱۱/۷ ^b | ۷/۸۴ | ۱۵/۶ | ۱۱/۵ ^c | ۶/۹۴ | ۱۶/۲ | ۵ |
| ۸/۲۹ ^c | ۹/۳۵ | ۷/۲۴ | ۱۱/۵ ^b | ۹/۷۷ | ۱۳/۳ | ۱۷/۴ ^a | ۱۳/۱ | ۲۱/۷ | ۱۰ |
| ۱۴/۶ ^b | ۱۱/۲ | ۱۷/۹ | ۱۶ ^a | ۵/۶۱ | ۲۶/۵ | ۶/۷۲ ^d | ۴/۴۰ | ۹/۰۵ | ۲۰ |
| ۲۵/۷ ^d | ۴۴/۳ | ۷/۲۴ | ۸/۳۸ ^c | ۳/۶۸ | ۱۳/ | ۱۳/۴ ^b | ۹/۵۲ | ۱۷/۳ | ۳۰ |
| ۲۰/۹ ^B | ۱۲/۹ ^A | | ۶/۷۲ ^B | ۱۷/۱ ^A | | ۸/۴۹ ^B | ۱۶ ^A | Mean | LSD _{5%} |
| ۰/۹۴۲ | | | ۱/۰۳۵ | | | ۲/۰۲۲ | | | |

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند.

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

جدول ۱۰. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر غلظت کلسیم لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزه‌ری

| میانگین | عمق خاک (سانتی‌متر) | | | | شوری آب | | | | آبیاری (dSm ⁻¹) |
|--------------------|---------------------|----------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|-------|--------------------------------|
| | ۶۰-۹۰ | | ۳۰-۶۰ | | ۰-۳۰ | | ۱۰۰ | | |
| I _۲ | I _۱ | I _۲ | I _۱ | I _۲ | I _۱ | I _۲ | I _۱ | Mean | dSm ⁻¹ |
| ۷۸/۸ ^b | ۷۲/۲ | ۸۰/۳ | ۸۱/۵ ^{bc} | ۹۵/۳ | ۶۷/۸ | ۶۱/۳ ^c | ۷۴/۹ | ۴۷/۸ | ۵ |
| ۸۴/۴ ^b | ۸۹ | ۷۹/۷ | ۷۷/۵ ^c | ۸۱/۷ | ۷۳/۳ | ۸۸/۱ ^b | ۷۹/۹ | ۹۶/۳ | ۱۰ |
| ۸۰/۴ ^b | ۹۴/۶ | ۶۶/۲ | ۹۴/۵ ^{ab} | ۷۹/۸ | ۱۰۹/۳ | ۸۵/۲ ^b | ۸۶/۲ | ۸۴/۲ | ۲۰ |
| ۱۰۷/۸ ^a | ۱۲۰/۹ | ۹۴/۸ | ۱۰۲/۸ ^a | ۱۰۸/۸ | ۹۶/۷ | ۱۰۹ ^a | ۱۰۶/۳ | ۱۱۱/۷ | ۳۰ |
| ۹۴/۲ ^A | ۸۱/۵ ^A | | ۹۱/۴ ^A | ۸۶/۸ ^A | | ۸۶/۸ ^A | ۸۵ ^A | Mean | LSD _{5%} |
| ۳۲/۳ | | | ۲۷ | | | ۲۵/۲ | | | |

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند.

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

دسى زيمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلسیم خاک را دارا بودند (جدول ۱۰). شوری خاک می‌تواند سبب تخریب ساختمان خاک و فشرده شدن خاک شود و این امر به دلیل پراکندگی ذرات رس ناشی از تعویض کلسیم و منیزیم توسط سدیم می‌باشد که در

شوری ۳۰ و ۲۰ دسى زيمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلسیم خاک را دارا بودند. همچنین برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نشان داد که تیمارهای شوری ۳۰ و ۲۰ دسى زيمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۳۰ و ۵

همبستگی عملکرد و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک

نتایج تجزیه و تحلیل ارتباط بین عملکرد ماده خشک تولیدی و برخی ویژگی‌های مهم شیمیایی خاک نشان داد که غلظت یون پتاسیم کمترین و سدیم بالاترین همبستگی منفی را با عملکرد ماده خشک ارزن پادزه‌ری در طی دو سال مطالعه داشت (جدول ۱۲). بدیهی است که با افزایش میزان سدیم خاک عملکرد ارزن پادزه‌ری کاهش می‌یابد. این کاهش عملکرد می‌تواند به این دلیل باشد که سدیم اثرات سوء بر خاک و گیاه دارد. یون سدیم وقتی در کنار یون کلر قرار بگیرد باعث افزایش شوری خاک می‌شود. محیط شور باعث منفی ترشدن پتانسیل اسمری محلول خاک می‌شود که این مسئله جذب آب را دشوارتر می‌کند. علاوه بر این جذب و انباستگی یون‌های سمی اثرات نامطلوبی بر بسیاری از فرآیندهای حیاتی گیاه دارد. پایین بودن همبستگی پتاسیم با عملکرد را می‌توان چنین توجیه نمود که در ابتدای تنش شوری، تنش خشکی که در اثر کاهش پتانسیل آب محیط ریشه حادث می‌شود، عامل اصلی کاهش رشد است. در واقع گیاه برای افزایش جذب آب و فائق آمدن بر پژمردگی خود ناگریز به جذب یون‌های سمی مانند سدیم و کلر می‌باشد. افزایش یون سدیم در محیط ریشه سبب کاهش میزان جذب یون پتاسیم، (۱۶) و پایین آمدن نسبت پتاسیم به سدیم می‌گردد. با توجه به نقش اساسی پتاسیم در فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه، کاهش این عنصر مانع از رشد و نمو طبیعی گیاه می‌شود (۲۶ و ۲۷).

به طور کلی می‌توان گفت که کشت شورزیست ارزن پادزه‌ری باعث افزایش معنی‌دار خصوصیات شیمیایی خاک در اعمق و سال‌های مختلف شده است. در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک، میانگین قابلیت هدایت الکتریکی (۸٪/۱۹٪)، پ-هاش (٪۱۹/۹)، غلظت یون سدیم (٪۰/۲۰)، کلر (٪۱/۲۰)، پتاسیم (٪۵/۰) و فسفر (٪۵/۷۹) و کلسیم (٪۱۹/۹) در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول افزایش و ماده آلی خاک بدون تغییر بود. همچنین در اعمق ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک نیز روندی مشابه مشاهده شد. در لایه‌های مختلف خاک به طور

نهایت سبب افزایش درصد سدیم تبادلی می‌شود که تأثیر نامطلوبی بر خواص فیزیکی خاک دارد.

درصد ماده آلی خاک (%)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های درصد ماده آلی لایه‌های مختلف خاک نشان داد که اثر آبیاری، شوری و نیز برهمکنش شوری در آبیاری از نظر آماری معنی‌دار شد. میانگین درصد ماده آلی لایه‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری عصاره اشبع خاک در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹، تغییری نشان نداد (جدول ۳). در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و نیز تیمارهای ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول به ترتیب بیشترین و کمترین و تیمارهای شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دارند. دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان ماده آلی خاک را دارا بودند. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تیمار شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم و تیمارهای ۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول به ترتیب بیشترین و کمترین درصد ماده آلی خاک را دارا بودند (جدول ۱۱). ساریق و همکاران (۳۰) گزارش کردند که در یک خاک لوم شنی، بر اثر آبیاری با آب شور (۵۰ میلی‌مولار) مقدار کرین آلی و نیتروژن کل کاهش یافت.

همچنین برهمکنش اثر شوری و آبیاری در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نشان داد که تیمارهای شوری ۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری اول و تیمارهای شوری ۱۰ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در الگوی آبیاری دوم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان ماده آلی خاک را دارا بودند (جدول ۹). مقدار ماده آلی خاک در سال دوم نسبت به سال اول اختلاف معنی‌داری نشان نداد. همچنین زیاد بودن ماده آلی خاک در سطح خاک نسبت به عمق‌های پایین‌تر می‌تواند به دلیل بقایای گیاهی و یا لاشبرگ‌های موجود در سطح خاک باشد.

جدول ۱۱. برهمکنش اثر شوری آب و الگوی آبیاری بر درصد ماده آلی لایه‌های مختلف خاک در نظام تولید شورزیست ارزن پادزه‌ری

| میانگین | عمق خاک (سانتی‌متر) | | | | | | شوری آب | | آبیاری (dSm ⁻¹) | |
|-------------------|---------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------------------------|--|
| | ۶۰-۹۰ | | ۳۰-۶۰ | | ۰-۳۰ | | I _۲ | I _۱ | | |
| | I _۲ | I _۱ | I _۲ | I _۱ | I _۲ | I _۱ | | | | |
| ۰/۱۸ ^b | ۰/۱۴ | ۰/۲۳ | ۰/۱۵ ^d | ۰/۱۸ | ۰/۱۳ | ۰/۲۴ ^a | ۰/۲۷ | ۰/۲۱ | ۵ | |
| ۰/۲۴ ^a | ۰/۲۹ | ۰/۲۰ | ۰/۱۸ ^c | ۰/۲۰ | ۰/۱۶ | ۰/۲۲ ^b | ۰/۱۹ | ۰/۲۵ | ۱۰ | |
| ۰/۱۳ ^c | ۰/۱۸ | ۰/۰۹ | ۰/۲۰ ^b | ۰/۲۷ | ۰/۱۴ | ۰/۲۰ ^b | ۰/۲۵ | ۰/۱۶ | ۲۰ | |
| ۰/۱۵ ^c | ۰/۱۷ | ۰/۱۳ | ۰/۲۳ ^a | ۰/۲۲ | ۰/۲۴ | ۰/۱۸ ^c | ۰/۲۰ | ۰/۱۶ | ۳۰ | |
| ۰/۱۹ ^A | ۰/۱۶ ^B | | ۰/۲۲ ^A | ۰/۱۶ ^B | | ۰/۲۲ ^A | ۰/۱۹ ^B | | میانگین | |
| ۰/۰۱۸ | | | ۰/۰۲۵ | | | ۰/۰۲۸ | | | LSD _{5%} | |

۱. در هر ستون و ردیف اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلافی با یکدیگر ندارند.

۲. مقادیر حداقل تفاوت معنی دار مربوط به برهمکنش شوری و الگوی آبیاری

جدول ۱۲. ضرایب همبستگی ساده قابلیت هدایت الکتریکی، غلظت یون سدیم، کلر و پتانسیم با میانگین عملکرد ماده خشک ارزن پادزه‌ری

| ویژگی‌های شیمیایی | | | | عمق خاک |
|-------------------|-----------------|-----------------|----------|---------|
| K ⁺ | Cl ⁻ | Na ⁺ | EC | (cm) |
| -۰/۰۵ ns | -۰/۱۱ ns | -۰/۵۹ ** | -۰/۴۹ ** | ۰-۳۰ |
| -۰/۱۸ ns | -۰/۳۲* | -۰/۷۹ ** | -۰/۴۴ ** | ۳۰-۶۰ |
| -۰/۱۶ ns | -۰/۲۲ ns | -۰/۷۱ ** | -۰/۴۹ ** | ۶۰-۹۰ |

*، ** و ***: اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ درصد ns: عدم وجود اختلاف معنی دار

در استقرار نظام شورزیست ارزن پادزه‌ری در مناطق مرکزی ایران با شرایط مشابه آب و هوایی بایستی از سازوکارهایی نظری تعییه زهکش در عمق مناسب و افزودن کربنات کلسیم به خاک جهت کاهش اثرات اختلال آفرین و مدیریت بهینه خاک بهره بردا. در صورت مدیریت چالش‌های مربوط به خاک، با توجه به نیاز آبی کم و عملکرد مناسب این گیاه در شرایط شور این گیاه کاندید مناسبی برای تولید علوفه در شرایط مشابه می‌باشد.

متوسط با افزایش شوری آب آبیاری از ۵ به ۳۰ دسی‌زیمنس در متر به ترتیب قابلیت هدایت الکتریکی ۱۱۰٪، غلظت یون سدیم ۲۶/۵٪، غلظت یون کلر ۱۴/۵٪، غلظت یون پتانسیم ۸/۱۶٪، غلظت فسفر ۲۴/۱٪ و غلظت کلسیم ۶۲/۵٪ در الگوی آبیاری I_۱ و به ترتیب I_۲ تغییر یافت. همچنین به طور متوسط غلظت سدیم (** r=-۰/۷۰) و قابلیت هدایت الکتریکی (r=-۰/۴۷**) لایه‌های مختلف خاک بیشترین همبستگی منفی را با عملکرد ماده خشک ارزن پادزه‌ری در طی دو سال نشان دادند. بنابراین

منابع مورد استفاده

۱. بی‌نام. ۱۳۷۸. بانک اطلاعات منابع طبیعی تجدید شونده استان اصفهان. انتشارات اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان.
۲. حشمتی، غ. ۱۳۸۲. بررسی آثار عوامل محیطی بر استقرار و گسترش گیاهان مرتعی با استفاده از آنالیز چند متغیره. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۶(۳): ۳۲۱-۳۰۹.
۳. خلخالی، ع.، م. گودرزی و م. جعفری. ۱۳۸۴. بررسی ارتباط متقابل خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و صفات گیاهی *Atriplex canescens* در دو منطقه متفاوت اقلیمی. مجله بیابان ۱۰(۲): ۴۴-۳۹.
۴. خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۶. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مدیریت بهینه کودی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
۵. زهتابیان، غ. ر.، ح. آذرنیوند و م. م. شریفی‌کاشان. ۱۳۸۰. بررسی اثر شوری و خشکی بر روی سه گونه مرتعی *Agropyron* و *Panicum antidotale* و *Avena barbata intermedium*. مجله منابع طبیعی ایران ۵۴(۴): ۴۲۱-۴۰۹.
۶. فرزانه، ح. ۱۳۸۲. بررسی برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و عمق آب زیرزمینی در عرصه تاغ زارهای سبزوار. مجموعه مقالات اولین همایش ملی تاغ و تاغ کاری در ایران. چاپ اول. دفتر ثبت شن و بیابان زدایی، سازمان جنگل‌ها و مرتع و آبخیزداری، صفحه ۴۲.
۷. کافی، م.، غ. ر. زمانی و م. پویان. ۱۳۸۹. مطالعه زراعی نمودن چهار گونه مرتعی شورپسند تحت آبیاری با آب‌های خیلی شور. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۷(۲): ۲۹۱-۲۷۶.
۸. کافی، م.، م. صالحی و ح. ر. عشقی‌زاده. ۱۳۸۹. کشاورزی شورزیست. راهبردهای مدیریت گیاه، آب و خاک (تالیف). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۹. کافی، م.، و م. مهدوی دامغانی. ۱۳۷۹. مکانیزم‌های مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاهان (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۰. محمودی، ش و م. حکیمیان. ۱۳۷۹. مبانی خاکشناسی. انتشارات دانشگاه تهران.
۱۱. میرداودی، ح. ۱۳۷۶. بررسی جوامع گیاهی، تنوع گونه‌ای، ارتباط آنها با برخی عوامل اکولوژیک و ترسیم نقشه جوامع گیاهی کویر میقان اراك. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
۱۲. هنری-د-فوت. ۱۳۷۷. مبانی خاکشناسی. ترجمه شهلا محمودی، مسعود حکیمیان، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۳. وهابی، م. ۱۳۸۴. تعیین شاخص‌های رویشگاهی مؤثر برای بهره‌برداری از دو گونه گون کتیرایی سفید و زرد در استان اصفهان. رساله دکتری، رشته علوم مرتضعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
14. Akhani, H. 2006. Biodiversity of halophytic and sabkha ecosystems in Iran. Tasks Vega. Scie. 71-88.
15. Bakhshwain, A. A., S. M. A Sallam and A. M. Allam. 2010. Nutritive value assessment of some Saudi Arabian foliages by gas production technique in vitro. Met., Env. Arid Land Agric. Sci. 21(1): 65-80.
16. Benlloch, M., M. A. Ojeda, J. Ramos and A. Rodriguesnavarro. 1994. Salt sensitivity and low discrimination between potassium and sodium in plants. Plant Soil. 166: 117-123.
17. Chauhan, R. P. S., C. P. S. Chauban and D. Kumar. 1980. Free proline accumulation in cereals in relation to salt tolerance. Plant Soil. 57: 167-175.
18. FAO. 2002. *Panicum antidotale* Retz. Grassland Index. Available online at Website: <http://www.fao.org/WAI/CENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/GBASE/data/pf000275.htm>.
19. Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1992. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in Saline environments. In: Pessarakli, M. (Ed). Handbook of plant and cold stress. pp. 203-226.
20. GRIN. 2000. GRIN Taxonomy. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, the Germplasm Resources Information Network (GRIN). Available online at Website: <http://www.ars-grin.gov/npgs/tax/index.html>.

21. Hajkinson, K. and S. Johnson. 1987. Relationship of saltbush species to soil chemical properties. *J. Range Manage.* 35: 353-362.
22. Halvorson, W. L. and P. Guertin. 2003. Factsheet for: *Panicum antidotale* Retz. Funded by: U.S. Geological Survey National Park Service. PP. 1-21.
23. Kafi, M. and M. A. Khan. 2008. Crop and forage production using saline waters. Daya Publishers, New Delhi, India.
24. Keshavarz, A., S. Ashrafi, N. Haydari, M. Pouran and E .Farzaneh. 2005. Water allocation and pricing in agriculture of Iran. Water Conservation, Reuse and Recycling: Proceedings of an Iranian-American Workshop, <http://www.nap.edu/catalog/11241.html>.
25. Khan, M. A. and M .Qaiser. 2006. Halophytes of Pakistan: characteristics distribution and potential economic usage. PP. 129-153. In: M.A. Khan, G.S. Kust, H.-J. Barth and B. Böer (Eds.), *Sabkha Ecosystems*. Springer. Printed in the Netherlands.
26. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London.
27. Masters, D. G., S. E. Benes and H. C. Norman. 2007. Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, Ecosys Environ.* 119: 234-248.
28. Ruyle, G. B. and D. J. Young. 1997. Arizona range grasses. Cooperative Extension, publication AZ97105, College of Agriculture, The University of Arizona, Tucson, Arizona. Available online at Website: <http://ag.arizona.edu/pubs/natresourses/az97105/>
29. Saini, M. L., P. Jain and U. N. Joshi. 2007. Morphological characteristics and nutritive value of some grass species in an arid ecosystem. *Grass Forage Sci.* 62: 104-108.
30. Sarigh, S., B. Emily, and K. Firestone. 1993. Microbial activity soil structure: Response to saline water irrigation. *Soil Biol. Biochem.* 25: 693-697.
- 31- Sarwar, M., M. Nisa, M. A. Khan, M. Mushtaque. 2006. Chemical composition, herbage yield and nutritive value of *Panicum antidotale* and *Pennisetum orientale* for Nili buffaloes at different clipping intervals. *Asian-Australasian J Animal Sci.* 19,176-180.
32. Sharma M. L. 1973. Soil physical and physical-chemical variability induced by *Artiplex numularia*. *J. Range Manage.* 26: 426-430.
33. Sharma, M. L. and D. J. Tunway. 1973. Plant induced soil salinity patterns in two salt bush (Atriplex) communities. *J. Rang Manage.* 26(2): 121-124.
34. Zhenghu, D., X. Hanglang, L. Xinrong, D. Zhibao and W. Gang. 2004 .Evolution of soil properties on stabilized sands in the Tengger Desert, China. *Geomorphology* 59: 237-240.