مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد دهم، شماره اول، ۱۴۰۱
۷۰-۴۱
www.jcri.ir

# بررسی اثر محلول‌پاشی سولفات پتاسیم بر میزان عناصر بافت و عملکرد ژنوتیپ‌های پنبه تحت شرایط آبیاری با آب شور

**مجید جعفرآقایی**
[۱] مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۱۹

## چکیده

**سابقه و هدف:** شرایط شوری و به خصوص آبیاری با آب شور ممکن است جذب یونها توسط گیاه را با اختلال مواجه نموده و منجر به کاهش میزان عملکرد گیاه گردد. از طرفی کاربرد سولفات پتاسیم تحت این شرایط اثرات منفی تنش شوری را کاهش داده و منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. از این رو این مطالعه به منظور بررسی اثر آبیاری با آب شور بر روابط یونی و عملکرد وش پنبه طی یک آزمایش دو ساله در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت اصفهان اجرا شد.

**مواد و روش‌ها:** این آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش کرت‌های اصلی شامل تیمارهای آبیاری ۴ (شاهد)، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و کرت‌های فرعی شامل تلفیق فاکتوریل سه ژنوتیپ (ژنوتیپ موتانت ال ام ۱۶۷۳، ال ام ۱۳۰۳ و شایان) با محلول‌پاشی سه سطح سولفات پتاسیم به میزان ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر آب در هکتار و شاهد (آب) انتخاب شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد اثر اثر تیمار های شوری آب و رقم و همچنین اثر متقابل سال*شوری*رقم*محلول پاشی بر میزان کلسیم ساقه و برگ، کلر ساقه و برگ، پتاسیم ساقه و برگ، سدیم ساقه و برگ و عملکرد وش معنی دار شد. همچنین اثر ساده تیمار محلول پاشی سولفات پتاسیم بر صفات کلسیم ساقه، کلر برگ، پتاسیم ساقه و برگ، سدیم ساقه و برگ و عملکرد وش معنی دار شد. در دو سال آزمایش افزایش شوری آب آبیاری سبب افزایش مقدار عناصری از قبیل کلسیم، سدیم و کلر در ساقه و برگ شد ولی محتوای پتاسیم را کاهش داد. نتایج نشان داد در سال اول آزمایش بالاترین میزان کلسیم ساقه به میزان ۴/۱ میلی گرم بر گرم متعلق به تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر در ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ و محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود.

*نویسنده مسئول: majidjafaraghaei@yahoo.com

در سال دوم میزان کلسیم در بافت ساقه و برگ پنبه در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و رقم ال ام ۱۳۰۳ و به ترتیب در تیمار محلول پاشی ۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۳/۱۶ میلی گرم بر گرم) و محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۴/۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. در سال اول آزمایش بالاترین میزان کلر ساقه به مقدار ۴/۲۳ میلی گرم بر گرم در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و در رقم ال ام ۱۳۰۳ و با محلول پاشی ۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به دست آمد. در سال دوم محتوای کلر ساقه و برگ پنبه در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و رقم ال ام ۱۳۰۳ و به ترتیب در تیمار محلول پاشی ۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۳/۲۳ میلی گرم بر گرم) و محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۵/۹۲ میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. در هر دو سال نیز میزان پتاسیم ساقه و برگ با افزایش شوری آب آبیاری کاهش یافت در حالی که محلول پاشی سولفات پتاسیم منجر به کاهش آن گردید. در سال اول و دوم بیشترین میزان عملکرد وش به ترتیب به میزان ۳۹۱۸ و ۳۶۹۶ کیلوگرم در هکتار متعلق به ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. کاربرد برگی سولفات پتاسیم نیز میزان عملکرد وش را افزایش داد به طوری که بالاترین میزان عملکرد وش به مقدار ۳۰۱۶ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار کاربرد ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود.

**نتیجه‌گیری:** در کل نتایج این مطالعه نشان داد عملکرد وش در ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ تحت شرایط شور و غیر شور با محلول‌پاشی سولفات پتاسیم افزایش یافت. از این رو می‌توان بیان داشت که جهت بهبود روابط یونی در پنبه و رسیدن به بالاترین میزان عملکرد می‌توان در شرایط شور بودن آب منطقه از رقم ال ام ۱۳۰۳ و محلول پاشی سولفات پتاسیم بهره برد.

***واژه‌های کلیدی***: محلول‌پاشی، روابط یونی، شوری، عملکرد

**مقدمه**

شوری یکی از تنشهای غیرزیستی مهم است که عملکرد گیاهان را کاهش می‌دهد و حدود ۴۰ درصد از اراضی فاریاب تحت تأثیر شوری قرار دارند (ژو و همکاران، ۲۰۲۲). کشور ایران پس از هند و پاکستان با دارابودن ۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور در صدر کشورهای در معرض تهدید از نظر تنش شوری محسوب می‌شود (دوازده امامی و همکاران، ۱۴۰۰). اثرات منفی شوری بر رشد گیاه، به علت پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش اسمزی)، اثرهای ویژه یونی (تنش شوری)، عدم تعادل عناصر غذایی یا مجموعه این عوامل ایجاد می‌شود (خان و همکاران، ۲۰۰۹). شوری بر رشد، عملکرد و کیفیت نهایی فیبر پنبه اثر منفی دارد و در شوری زیاد عملکرد وش در این گیاه کاهش می یابد (پندی و ماهیوال، ۲۰۲۰). به‌طورکلی، فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان، عمدتا تابع میزان آب موجود در گیاه است و به طور غیرمستقیم، تحت تأثیر تنش شوری قرار دارد (سو و همکاران، ۲۰۱۳). رشد در

شرایط تنش شوری، نتیجه فرایندهای سازگاری مانند انتقال یون و جـایگزینی آنهـا، سـنتز محلولهـای اسمزی و تغییر و تبدیل پروتئینهـا بـرای حفـظ و بازسـازی سـلولها اسـت (دوازده امـامی و همکـاران، ۱۴۰۰). در شرایط شوری فتوسنتز گیاه با اختلال مواجه شده و در نهایت افت و توقف فتوسـنتز منجـر به کاهش نهایی عملکرد می گردد (ژو و همکاران، ۲۰۲۲). تنش شوری اثر فزاینده‌ای بر تجمع سـدیم و کلر در گیاه دارد (توران و همکاران، ۲۰۰۹). ال شرکاوی و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعـه ای روی گیـاه یونجه عنوان داشتند که شوری روی جذب عناصری از قبیل سدیم و پتاسـیم و همچنـین کلسـیم اثـر داشته و کاربرد سولفات پتاسیم در شرایط شوری وضعیت گیاه را از نظر دخالـت در جـذب عناصـر یـاد شده و عملکرد نهایی گیاه بهبود می بخشد. گولسوم و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه خود روی برخـی از گیاهان دارویی بیان داشتند که شوری منجر به افـزایش میـزان برخـی عناصـر از قبیـل سـدیم، کلـر و کلسیم شده و تا حدودی منجر به کاهش پتاسیم گردید. جدی حسینی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیـق خود بیان داشتند که با افزایش میزان شوری، مقدار سدیم و پتاسیم در برگ‌های پنبه نیز افزایش یافتـه است. آنها همچنین بیان داشتند که ژنوتیپ‌های متحمل پنبه مقدار سدیم کمتری را در برگ‌های خـود انباشته اند و میزان انباشته شدن سدیم در برگ‌های ژنوتیپ‌های حساس دو برابـر ژنوتیـپ‌هـای مقـاوم بوده است. در شرایط تنش شوری، ممکن است با وجود غلظت قابل توجه پتاسیم در خاک (بالاتر از حد بحرانی) شرایط جذب مهیا نبوده و یا پتاسیم جذب شده در ریشه‌ها تجمع یابد که نهایتاً کاهش پتاسیم در اندام‌های هوایی را به همراه خواهد داشت. نتایج کار اقدسی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد با افـزایش میزان شوری، مقدار یون سدیم در ارقام پنبه افزایش یافته ولی بین ارقام مختلف از ایـن نظـر اختلافـی مشاهده نشد. به عقیده گارسیا لایدن و همکاران (۱۹۹۸) شوری سبب افزایش جذب یون‌های سـدیم و کلر شده که به دنبال آن، جذب آب نیز کاهش می یابد و عدم توازن در جذب یون‌ها ایجاد می‌گردد که در نهایت سبب کاهش هدایت روزنه ای و جذب دی اکسید کربن می‌گردد. مانز و تسـتر (۲۰۰۸) بیـان داشتند که سمیت ناشی از شوری سبب کاهش توسعه برگ‌های جوان شده و چنانچه ایـن وضـع ادامـه یابد سبب پیری زودرس آنها می‌شود.

گیاهان در مواجهه با تنش از خود واکنش نشان می‌دهند ولـی همـه ژنوتیپ‌هـای گیـاهی واکـنش یکسانی به تنش شوری ندارند و احتمال می‌رود در میان ژنوتیپ‌های موجـود، برخـی تحمـل بیشـتری نسبت به تنش شوری داشته باشند (خلیلـی و همکـاران، ۱۳۹۹). پنبـه (*Gossypium hirsutum* L.) از گیاهانی است که در مواجه با شوری بیش از حد علائمی از قبیل کاهش رشد، علائم نکروتیک در برگهـا و اختلالات متابولیک نشان می دهد و حتی در شرایط حاد، شوری منجر به مرگ گیاه مـی‌شـود (گـو و همکاران، ۲۰۲۰). ساده‌ترین اقدام در اصلاح گیاهان برای تحمل به شوری یا تنشهای محیطـی دیگـر، ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف در مواجهه با تنش مورد نظر و انتخاب ژنوتیپ‌هایی با تحمـل بیشـتر اسـت

(خلیلی و همکاران، ۱۳۹۹). انتخاب ژنوتیپهای متحمل به شوری از طریق آزمایشهای مزرعه ای می‌تواند تا حدودی گیاه را در برابر تنش شوری محافظت نموده و عملکرد را نیز افزایش دهد (کویین و همکاران، ۲۰۰۹). گزینش برای تحمل به شوری می‌تواند بر اساس خصوصیات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی و همچنین محتوای یونی موجود در بافتهای مختلف صورت گیرد و می‌توان مقادیر یونهایی از قبیل سدیم و پتاسیم و نسبت آنها را ملاک عمل قرار داد (پندی و پنا، ۲۰۱۷).

پتاسیم یکی از عناصر غذایی ضروری بوده و یکی از مهمترین و فراوان ترین کاتیونها در گیاهان می‌باشد (ال شرکاوی و همکاران، ۲۰۱۷). پتاسیم نقش مهمی در رشد و متابولیسم گیاهان داشته و در شرایط تنشهای مختلف زیستی و غیرزیستی نقش مهمی در حیات گیاه بازی می نماید و این عنصر برای تولید و کیفیت گیاهان زراعی بسیار ضروری می باشد (شابالا و همکاران، ۲۰۱۰). کمبود پتاسیم در گیاه ممکن است در شرایط تنش شوری رخ دهد، زیرا تحت این شرایط غلظت بالای یون سدیم می‌تواند از فعالیت پتاسیم در محلول خاک جلوگیری نموده و در نهایت منجر به کاهش فراهمی پتاسیم گردد (ال شرکاوی و همکاران، ۲۰۱۷). میان و همکاران (۲۰۱۱) عنوان نمودند که افزایش فراهمی پتاسیم با افزایش تجمع پتاسیم در بافت گیاه همراه بوده که در نهایت روی نسبت سدیم به پتاسیم اثر مثبت دارد. ال شرکاوی و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود عنوان داشتند که در شرایط شوری غلظت عناصری از قبیل سدیم، کلسیم و کلر در بافتهای گیاه یونجه افزایش یافته و بنابراین میزان پتاسیم کاهش یافته و اثر منفی بر عملکرد نهایی یونجه دارد. همچنین تحت شرایط شوری کاربرد پتاسیم خارجی منجر به بهبود جذب عناصر توسط گیاه شده و با افزایش میزان پتاسیم جذب شده در گیاه، نسبت پتاسیم به سدیم نیز بهبود یافته و همین امر روی متابولیسم گیاه و در نهایت عملکرد نهایی آن اثر مثبت دارد. افزودن سولفات پتاسیم خارجی در گیاهان دارویی در شرایط تنش شوری منجر به کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری می‌شود. در این شرایط میزان عملکرد نیز افزایش یافته و در نهایت مقدار برخی از عناصر از قبیل کلر، سدیم و کلسیم نیز در داخل گیاه افزایش می یابد. کاربرد خارجی سولفات پتاسیم مقدار این عناصر را تعدیل می نماید (گولسوم و همکاران، ۲۰۱۸). در شرایط شور گیاهان یون پتاسیم بیشتری را خارج نموده و تمایل به حفظ یون سدیم دارند. البته کاهش یون پتاسیم با تنش شوری برای فرایندهای بیوشیمیایی سلول مضر است. پتاسیم پتانسیل اسمزی لازم برای جذب آب در سلولهای گیاهی را فراهم می‌کند، بنابراین جذب پتاسیم برای تورژسانس سلول و برقراری فرایندهای بیوشیمیایی در شرایط شوری ضروری است (کی دان و همکاران، ۲۰۱۷). از این رو هدف از این مطالعه بررسی اثر آبیاری با آب شور و محلول پاشی سولفات پتاسیم بر میزان تجمع یون‌ها در بافت‌ها و همچنین عملکرد سه ژنوتیپ پنبه می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر محلول پاشی سولفات پتاسیم بر محتوای عناصر بافت و عملکرد وش موتانت های پنبه پرتودهی شده (گاما) طی یک آزمایش دو ساله صورت گرفت. این آزمایش در ایستگاه تحقیقات شوری و اصلاح اراضی رودشت در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در قالب آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل و بر پایه‌ی طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آب آبیاری با شوری‌های ۴ (شاهد)، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر به عنوان کرت‌های اصلی و سه ژنوتیپ موتانت (ال-ام-۱۶۷۳، ال ام-۱۳۰۳) و شایان (شاهد ) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. برای هر تیمار ۴ خط کاشت به طول ۲ متر در نظر گرفته شد و فاصله بین خطوط ۷۰ سانتیمتر و فاصله بین بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد به طوری که مساحت هر کرت ۵/۶ متر مربع بود. بین تیمار های آبیاری به جهت حذف نفوذ جانبی یک ونیم متر فاصله در نظر گرفته شد.کشت در ۲۸ اردیبهشت ماه صورت گرفته و برداشت چین اول اواسط مهر ماه انجام شد. برای تهیه تیمارهای آبیاری از آب شور زهکش ایستگاه تحقیقات شوری رودشت با شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر (با مجموع آنیون‌های کربنات، بیکربنات، کلرید و سولفات به مقدار ۱۷۳میلی‌اکی والان در لیتر و مجموع کاتیون‌ها شامل کلسیم، سدیم و منیزیم به مقدار ۱۷۲ میلی‌اکی والان در لیتر) استفاده شد. برای اجرای طرح از آب رودخانه (۲ دسی زیمنس بر متر) استفاده گردید و پس از رساندن آب به شوری مورد نظر (تیمارهای آبیاری) بوسیله Ec متر توسط لوله به کرت‌های آزمایشی انتقال پیدا کرد. میزان کود مصرفی بر اساس آزمون خاک (جدول ۱ و ۲) توسط بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان تعیین گردید (۱۲۰P-۱۳۰K-۱۴۰N). عملیات داشت شامل کنترل علف‌های هرز به صورت مکانیکی در سه نوبت، و مبارزه با شته یک نوبت، وکرم غوزه درشهریور ماه یک نوبت انجام شد. خصوصیات شیمیایی خاک قبل از کاشت و پس از برداشت با استفاده از آزمون خاک اندازه‌گیری و ثبت شد (جدول ۱). خصوصیات فیزیکی خاک نیز قبل از کاشت مشخص شد (جدول ۲).

پس از اعمال تیمارهای آزمایش، نمونه‌برداری‌ها جهت اندازه‌گیری میزان عناصر در بافت برگ و ساقه پنبه صورت گرفت. برای اندازه‌گیری میزان کلسیم، ۲ گرم نمونه آسیاب شده گیاه در کروزه چینی به مدت ۲ ساعت درون کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. به هر نمونه حدود ۱۰ تا ۱۵ میلی‌لیتر محلول گرم اسید کلریدریک ۲ نرمال افزوده شد. پس از صاف کردن و رساندن به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر، از عصاره حاصل ۵ میلی‌لیتر برداشت نموده و پس از افزودن سود و آمونیوم پورپورات (موروکسید)، با استفاده از محلول ورسین (ادت آ) ۰/۰۱ نرمال تیتراسیون انجام شد و سپس میزان کلسیم کل گیاه اندازه گیری شد (طهماسبی و همکاران، ۱۳۸۹).

**جدول ۱: خصوصیات شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از کشت و پس از برداشت محصول**

| نمونه گیری قبل و بعد از کاشت در شوریهای مختلف خاک بر حسب دسی زیمنس بر متر | عمق (cm) | هدایت الکتریکی (µs.cm) | مجموع آنیونها (mequ/l) | مجموع کلسیم و منیزیم (mequ/l) | سدیم (mequ/l) | مجموع کاتیونها (mequ/l) | اسیدیته گل اشباع | ازت کل (%) | کربن آلی (%) | فسفر قابل جذب (mg/kg) | پتاسیم قابل جذب (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قبل ازکاشت (۴) | ۳۰-۰ | ۴/۵ | ۹۷/۷۸ | ۲۴ | ۶۷ | ۹۱ | ۷/۳ | ۰/۱۲۸ | ۱/۲۸ | ۱۲/۹ | ۲۷۰ |
| قبل ازکاشت (۴) | ۶۰-۳۰ | ۳/۲ | ۱۳۶/۶۴ | ۳۴ | ۹۶ | ۱۳۰ | ۷/۴۵ | ۰/۰۵۹ | ۰/۵۹ | ۹ | ۲۲۰ |
| بعد ازکاشت (۴) | ۳۰-۰ | ۸/۲ | ۱۵۴ | ۴۵ | ۱۰۵ | ۱۵۰ | ۷/۶۶ | ۰/۰۸۲ | ۰/۸۲ | ۱۱ | ۲۶۰ |
| بعد ازکاشت (۴) | ۶۰-۳۰ | ۶/۳ | ۱۱۵/۵۸ | ۳۲ | ۷۵ | ۱۰۷ | ۷/۵۹ | ۰/۰۳۵ | ۰/۳۵ | ۵/۴ | ۲۲۰ |
| بعد ازکاشت (۸) | ۳۰-۰ | ۱۲/۱ | ۱۲۱/۱۸ | ۳۳ | ۸۱ | ۱۱۴ | ۷/۶۶ | ۰/۰۸۲ | ۰/۸۲ | ۱۲/۲ | ۲۶۰ |
| بعد ازکاشت (۸) | ۶۰-۳۰ | ۹/۹ | ۱۳۷/۷۶ | ۳۶ | ۹۵ | ۱۳۱ | ۷/۶۲ | ۰/۰۵۵ | ۰/۵۵ | ۵ | ۲۹۰ |
| بعد ازکاشت (۱۲) | ۳۰-۰ | ۱۶/۲ | ۳۷۸/۵۶ | ۱۱۷ | ۲۷۰ | ۳۷۸ | ۷/۶۹ | ۰/۰۹ | ۰/۹ | ۱۴/۲ | ۲۹۰ |
| بعد ازکاشت (۱۲) | ۶۰-۳۰ | ۱۳/۱ | ۱۸۲/۵۶ | ۶۵ | ۱۱۲ | ۱۷۷ | ۷/۶۵ | ۰/۰۳ | ۰/۳ | ۵/۹ | ۳۰۰ |

برای اندازه‌گیری کلر، یک گرم نمونه را با ۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط کرده و پس از حرارت دادن، صاف نمودن و به حجم رساندن، ۲۵ میلی‌لیتر از آن با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب به اسیدیته ۷ رسانده شد. سپس یک میلی‌لیتر کرومات پتاسیم ۵ درصد به آن اضافه نموده تا رنگ محلول زرد شود. پس از آن با نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال تیتر شد تا رنگ آن از زرد به قرمز آجری تغییر یابد و در این زمان حجم نیترات نقره مصرفی یادداشت شد. برای همه نمونه‌ها و شاهد (آب مقطر) این مراحل را انجام داده و سپس مقدار کلر موجود بر حسب میلی‌گرم بر گرم تخمین زده شد (ساداسیوام و مانیکم، ۲۰۰۸).

برای اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم، ابتدا نمونه‌ها توسط آسیاب پودر شدند و ۲ گرم از ماده خشک گیاهی هر تیمار به دقت وزن شد و در یک کروزه چینی مخصوص احتراق ریخته شد و به مدت ۲ ساعت در کوره الکتریکی با حرارت ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت تا نمونه‌ها به خاکستر تبدیل شوند. سپس برای اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم از این خاکستر و اسید نیتریک یک مولار استفاده شد. اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Flame photometery) انجام شد (صمصام شریعت، ۱۳۸۶).

برای اندازه‌گیری میزان عملکرد وش نیز برداشت طی دو چین انجام شد. برای برداشت چین اول زمانی که ۵۰ درصد بوته‌های هر ژنوتیپ به مرحله رسیدگی کامل رسیدند، برداشت از بوته‌های موجود در دو ردیف میانی هر کرت انجام شد و پس از جدا کردن وش از غوزه‌ها، توسط ترازوی دیجیتالی عملکرد وش براساس وزن برداشت شده اندازه‌گیری شد. چین دوم حدوداً ۲۰ روز بعد از برداشت چین اول انجام شد. مجموع عملکرد دو چین به عنوان عملکرد کل وش در نظر گرفته شد. داده‌های به دست آمده از آزمایش توسط نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شد. برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد و رسم نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel انجام شد.

**جدول ۲؛ خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش قبل از کشت**

| عمق خاک (cm) | جرم مخصوص ظاهری ($gr/cm^3$) | رس | سیلت | شن | ظرفیت مزرعه | نقطه پژمردگی | بافت خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (%) | | | | | |
| ۰-۳۰ | ۱/۳۰ | ۳۹ | ۴۵ | ۱۶ | ۳۰ | ۱۴ | لومی رسی |
| ۳۰-۶۰ | ۱/۳۵ | ۳۷ | ۴۲ | ۲۱ | ۲۷ | ۱۴ | لومی رسی |

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد اثر سال بر صفات کلسیم ساقه و برگ، کلر برگ، پتاسیم ساقه و برگ، سدیم ساقه و برگ، و عملکرد وش در سطح احتمال یک درصد

معنی دار است. اثر تیمار های شوری آب و رقم بر صفاتی از قبیل کلسیم ساقه و برگ، کلر ساقه و برگ، پتاسیم ساقه و برگ، سدیم ساقه و برگ، و عملکرد وش در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. همچنین اثر ساده تیمار محلول پاشی سولفات پتاسیم بر صفات کلسیم ساقه، کلر برگ، پتاسیم ساقه و برگ، سدیم ساقه و برگ، و عملکرد وش در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. اثر متقابل سال*شوری*رقم*محلول پاشی نیز بر صفات کلسیم ساقه و برگ، کلر ساقه و برگ، پتاسیم ساقه و برگ، سدیم ساقه و برگ، و عملکرد وش معنی دار شد. این در حالی است که اثر متقابل سه گانه سال*شوری*رقم نیز بر صفات کلسیم ساقه و برگ، کلر ساقه و برگ، پتاسیم ساقه و برگ، سدیم ساقه و برگ، و عملکرد وش معنی دار شد.

**جدول ۳: تجزیه واریانس مرکب عناصر بافت ساقه و برگ و عملکرد ارقام پنبه تحت اثر آبیاری با آب شور و محلول‌پاشی سولفات پتاسیم**

| | درجه آزادی | کلسیم ساقه | کلسیم برگ | کلر ساقه | کلر برگ | پتاسیم ساقه | پتاسیم برگ | سدیم ساقه | سدیم برگ | عملکرد وش |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ۱ | ۱/۹** | ۲۰/۴** | ۰/۴۳ | ۱۷/۹** | ۳۰۶۶** | ۴۷۷۸** | ۱۱۱** | ۶۳۰** | ۱۸۳۵۵۷۶۸** |
| خطای a | ۴ | ۰/۰۵ | ۰/۰۹ | ۰/۲۶ | ۲/۶۹ | ۳۰/۴ | ۸/۳ | ۱/۵۲ | ۱/۱ | ۵۴۱۰۹۸ |
| شوری | ۲ | ۲۷/۵** | ۴۴/۳** | ۶۲** | ۳۱/۲** | ۱۰۳** | ۱۶۰** | ۲۳۸** | ۳۰۴** | ۳۴۰۶۳۶۱۸** |
| سال*شوری | ۲ | ۸/۷** | ۶/۶** | ۲۲/۸** | ۶۹/۵** | ۱۱۷** | ۳۴** | ۹۰/۸** | ۶۹/۹** | ۲۱۵۱۲۱۸** |
| خطای b | ۸ | ۴/۵ | ۱۰ | ۶/۷ | ۲۶/۳ | ۱۴/۲ | ۳۱/۳ | ۹/۲ | ۱۸/۱ | ۶۹۶۵۹۲ |
| رقم | ۲ | ۴/۳** | ۷/۸** | ۱/۳** | ۵/۱** | ۱۱۴۲** | ۱۳۵** | ۲۳/۴** | ۲۵** | ۱۸۰۸۱۱۸۳** |
| محلول‌پاشی | ۳ | ۰/۶۲** | ۰/۱۶ | ۰/۲ | ۱/۸** | ۱۰۲** | ۲۹** | ۴۶/۶** | ۳۰/۶** | ۱۱۹۷۷۶۱۴** |
| سال*رقم | ۲ | ۰/۷۲** | ۰/۳۹* | ۳/۲** | ۰/۳۵ | ۲۱۳** | ۶۵/۸** | ۱۷/۱** | ۴/۰۵ | ۳۷۶۵۷۵۴** |
| سال*محلول‌پاشی | ۳ | ۰/۴۱* | ۰/۹۵** | ۰/۲۷ | ۱۱/۲** | ۳/۱ | ۷۵/۷** | ۱۲/۳** | ۱۲/۷** | ۹۸۲۱۶۳** |
| شوری*رقم | ۴ | ۰/۳۲* | ۰/۴۲** | ۰/۱ | ۰/۷۵ | ۳۰/۷* | ۵/۷ | ۱۰/۴** | ۸/۷** | ۴۷۰۸۷۵** |
| شوری*محلول‌پاشی | ۶ | ۰/۱۳ | ۰/۳۷** | ۰/۱۶ | ۰/۷۲ | ۷/۳ | ۸/۸* | ۳/۵** | ۱۲/۱** | ۱۰۵۳۳۱ |
| شوری*رقم*محلول‌پاشی | ۱۸ | ۰/۲۳* | ۰/۶۶** | ۰/۱۷ | ۰/۷۹* | ۵/۶ | ۱۳/۱** | ۳/۷** | ۱۰** | ۵۲۴۳۵ |
| سال*شوری*رقم*محلول‌پاشی | ۱۸ | ۰/۲۱* | ۰/۲۳** | ۰/۴۷** | ۰/۸۸** | ۱۱/۵* | ۱۲/۷** | ۳/۶** | ۱۲/۷** | ۲۸۳۱۹ |
| سال*شوری*رقم | ۴ | ۰/۴۸** | ۰/۱۶ | ۰/۵۱* | ۰/۱** | ۱۲/۲ | ۱۷/۲** | ۱/۸* | ۴/۵* | ۳۶۹۰۲۷** |
| سال*شوری*محلول‌پاشی | ۶ | ۰/۲۶* | ۰/۷۲** | ۰/۲۱ | ۰/۸۹* | ۶/۶ | ۵/۶ | ۴/۳** | ۸/۱** | ۱۸۰۰۹ |
| ضریب تغییرات | | ۱۴ | ۱۰/۲۹ | ۱۹ | ۱۳/۹ | ۸/۶۹ | ۵/۷ | ۶/۷ | ۹/۲ | ۱۱/۱ |

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد

براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل داده های آزمایش مشخص شد که تیمارهای شوری آب آبیاری و همچنین محلول پاشی سولفات پتاسیم اثر مثبت بر افزایش میزان عناصر اندازه‌گیری شده در ساقه و برگ پنبه داشت. براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که در

سال اول آزمایش افزایش میزان شوری آب آبیاری منجر به افزایش میزان کلسیم، کلر، سدیم و پتاسیم در ساقه و برگ گیاه پنبه شد. کاربرد سولفات پتاسیم نیز منجر به افزایش صفات یاد شده گردید. براساس این نتایج مشخص شد بالاترین میزان کلسیم ساقه به میزان ۴/۱ میلی گرم بر گرم متعلق به تیمار شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر در ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ و محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود. همچنین رقم شایان و در سطح تیمار محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و در تیمار شوری ۴ دسی زیمنس بر متر کمترین میزان کلسیم ساقه به مقدار ۰/۹ گرم بر کیلوگرم را حاصل نمود (جدول ۴).

براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که در سال اول آزمایش میزان کلسیم برگ نیز در شرایط شوری بیشتر افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بالاترین میزان کلسیم برگ به میزان ۴/۷۳ میلی‌گرم بر گرم در شرایط آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و در رقم ال ام ۱۳۰۳ و با محلول پاشی ۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به دست آمد. کمترین میزان کلسیم برگ نیز به میزان ۱/۱۳ میلی گرم بر گرم در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۴ دسی زیمنس بر متر و در رقم شایان و محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم حاصل گردید (جدول ۴). در سال اول آزمایش میزان کلر ساقه و برگ پنبه نیز تحت تأثیر تیمارهای شوری و محلول پاشی سولفات پتاسیم قرار گرفت و بر اساس نتایج مشخص شد که بالاترین میزان کلر ساقه به مقدار ۴/۲۳ میلی گرم بر گرم در شرایط آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و در رقم ال ام ۱۳۰۳ و با محلول پاشی ۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به دست آمد، در حالی که کمترین میزان آن به مقدار ۰/۵۹ میلی گرم بر گرم در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۲ دسی زیمنس بر متر و در رقم شایان و محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم حاصل گردید. همچنین میزان کلر برگ در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و در رقم ال ام ۱۳۰۳ و با محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به میزان ۷/۰۴ میلی گرم بر گرم حاصل گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد افزایش میزان شوری آب آبیاری تا حدودی منجر به کاهش میزان پتاسیم برگ و ساقه پنبه گردید. بیشترین میزان پتاسیم ساقه و برگ در تیمار شوری ۴ دسی زیمنس بر متر (کمترین میزان شوری) و رقم ال ام ۱۳۰۳ و به ترتیب در تیمارهای محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار (۳۷/۴ میلی گرم بر گرم) و ۴ کیلوگرم در هکتار (۳۰/۹ میلی گرم بر گرم) سولفات پتاسیم حاصل گردید. این در حالی بود که کمترین میزان پتاسیم ساقه (۱۸/۶ میلی گرم بر گرم) و برگ (۲۰/۱ میلی گرم بر گرم) در تیمار شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر، رقم ال ام ۱۶۷۳ و عدم محلول پاشی سولفات پتاسیم به دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد میزان سدیم ساقه و برگ در تیمار شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و رقم ال ام

۱۳۰۳ و محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌ترتیب به میزان ۱۸/۸۶ و ۲۴/۶ میلی گرم بر گرم بالاتر از سایر تیمارهای آزمایش بود (جدول ۴).

نتایج آزمایش در سال دوم نیز نشان داد که افزایش میزان شوری و همچنین افزایش مقدار محلول پاشی سولفات پتاسیم منجر به افزایش میزان عناصر تجمع یافته در بافت پنبه گردید. مقدار کلسیم اندازه گیری شده در بافت پنبه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و براساس نتایج مشخص شد که بیشترین میزان کلسیم در بافت ساقه و برگ پنبه در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و رقم ال ام ۱۳۰۳ و به ترتیب در تیمار محلول پاشی ۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۳/۱۶ میلی گرم بر گرم) و محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۴/۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (جدول ۵). همچنین با توجه به اثر مثبت شوری و محلول پاشی سولفات پتاسیم بر میزان کلر بافت پنبه، نتایج نشان داد بیشترین میزان کلر ساقه و برگ پنبه در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و رقم ال ام ۱۳۰۳ و به ترتیب در تیمار محلول پاشی ۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۳/۲۳ میلی گرم بر گرم) و محلول پاشی ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۵/۹۲ میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (شکل ۵). در سال دوم آزمایش، مقدار پتاسیم موجود در بافت پنبه نیز تحت تأثیر مثبت کاربرد سولفات پتاسیم قرار گرفت و شوری آب آبیاری هم تأثیر مثبت بر میزان پتاسیم بافت های پنبه داشت. نتایج نشان داد در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۴ دسی زیمنس بر متر و رقم ال ام ۱۳۰۳ و محلول پاشی ۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بیشترین میزان پتاسیم ساقه و برگ به ترتیب به میزان ۳۹/۱ و ۴۱/۵ میلی گرم بر کیلوگرم حاصل گردید و افزایش میزان شوری منجر به کاهش پتاسیم ساقه و برگ شد (شکل ۵). همچنین نتایج نشان داد روند تغییرات در مقدار سدیم ساقه و برگ پنبه مشابه با روند تغییرات پتاسیم بود و بالاترین میزان سدیم ساقه و برگ به ترتیب به میزان ۱۵/۴ و ۱۶/۸ میلی‌گرم بر گرم در تیمار آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و رقم ال ام ۱۳۰۳ و محلول پاشی ۴ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به دست آمد (شکل ۵).

**جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه شوری*رقم*محلول‌پاشی بر میزان عناصر (بر حسب میلی‌گرم بر گرم) بافت پنبه در سال اول**

| تیمارها | | | کلسیم ساقه | کلسیم برگ | کلر ساقه | کلر برگ | پتاسیم ساقه | پتاسیم برگ | سدیم ساقه | سدیم برگ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | L3 | M1 | ۲/۰۶$^{b}$ | ۲/۲ $^{b}$ | ۱/۶۹$^{a}$ | ۳/۲۴$^{a}$ | ۲۲$^{b}$ | ۲۶/۴$^{b}$ | ۸/۸۶$^{b}$ | ۱۳$^{b}$ |
| | | M2 | ۲/۶۳$^{a}$ | ۱/۹۶$^{b}$ | ۱/۶۲$^{a}$ | ۳/۵۹$^{a}$ | ۲۳$^{ab}$ | ۲۷/۸$^{ab}$ | ۹/۹۳$^{b}$ | ۱۳/۱۳$^{b}$ |
| | | M3 | ۲/۳۳$^{ab}$ | ۲/۶۳$^{a}$ | ۱/۲۷$^{b}$ | ۲/۱۳$^{b}$ | ۲۳/۶$^{ab}$ | ۳۰/۳$^{a}$ | ۱۲/۷$^{a}$ | ۱۵/۷$^{a}$ |
| | | M4 | ۲/۰۶$^{b}$ | ۲/۶۶$^{a}$ | ۱/۵۳$^{ab}$ | ۴/۷۸$^{a}$ | ۲۴/۶$^{a}$ | ۲۸/۶$^{a}$ | ۱۲/۴$^{a}$ | ۱۵/۵$^{a}$ |
| S3 | L1 | M1 | ۲/۸۳$^{a}$ | ۲/۶۳$^{c}$ | ۳/۸۶$^{a}$ | ۶/۳۸$^{a}$ | ۱۸/۶$^{c}$ | ۲۰/۱$^{c}$ | ۱۴/۹۶$^{c}$ | ۱۹/۸۶$^{a}$ |
| | | M2 | ۲/۸۳$^{a}$ | ۳/۳۳$^{b}$ | ۳/۲$^{bc}$ | ۵/۸۵$^{b}$ | ۱۹/۹$^{b}$ | ۲۹/۲$^{a}$ | ۱۵/۵۶$^{bc}$ | ۱۵/۵۶$^{b}$ |
| | | M3 | ۲/۸۳$^{a}$ | ۴/۲$^{a}$ | ۳/۷$^{ab}$ | ۶/۱۷$^{a}$ | ۲۰/۷$^{b}$ | ۲۴/۵$^{b}$ | ۱۶/۳۶$^{b}$ | ۲۱/۱$^{a}$ |
| | | M4 | ۲/۵۳$^{b}$ | ۳/۱۶$^{b}$ | ۳/۰۷$^{c}$ | ۵/۵۲$^{b}$ | ۲۲/۴$^{a}$ | ۲۱/۷$^{c}$ | ۱۷/۹۳$^{a}$ | ۱۹/۹$^{a}$ |
| | L2 | M1 | ۴$^{a}$ | ۳/۶۳$^{c}$ | ۳/۷۳$^{a}$ | ۵/۹۶$^{b}$ | ۲۸/۳$^{b}$ | ۲۹$^{a}$ | ۱۴/۸۳$^{b}$ | ۱۸$^{c}$ |
| | | M2 | ۳/۷$^{a}$ | ۴/۱۳$^{b}$ | ۴$^{a}$ | ۵/۷۱$^{b}$ | ۲۹$^{ab}$ | ۲۵/۵$^{b}$ | ۱۴/۶۳$^{b}$ | ۱۸/۶۶$^{c}$ |
| | | M3 | ۳/۷۶$^{a}$ | ۴/۷۳$^{a}$ | ۴/۲۳$^{a}$ | ۶/۰۸$^{a}$ | ۲۹/۴$^{a}$ | ۲۲/۸$^{c}$ | ۱۷/۰۶$^{b}$ | ۲۱/۲۶$^{b}$ |
| | | M4 | ۴/۱$^{a}$ | ۴/۰۳$^{b}$ | ۳/۲۶$^{b}$ | ۷/۰۴$^{a}$ | ۳۰/۵$^{a}$ | ۲۶/۸$^{b}$ | ۱۸/۸۶$^{a}$ | ۲۴/۶$^{a}$ |
| | L3 | M1 | ۳/۱۶$^{b}$ | ۴/۲۳$^{a}$ | ۳/۰۵$^{b}$ | ۶/۳۵$^{a}$ | ۱۹$^{b}$ | ۲۶/۱$^{a}$ | ۱۴/۷۶$^{b}$ | ۱۸/۶۳$^{b}$ |
| | | M2 | ۳/۷۶$^{a}$ | ۳/۱$^{b}$ | ۳/۲۳$^{b}$ | ۶/۵۹$^{a}$ | ۱۹/۸$^{b}$ | ۲۲/۵$^{b}$ | ۱۲/۱۶$^{c}$ | ۱۸/۵۳$^{b}$ |
| | | M3 | ۳/۰۳$^{bc}$ | ۴/۴$^{a}$ | ۴$^{a}$ | ۵/۹۵$^{ab}$ | ۲۱/۲$^{a}$ | ۲۰/۷$^{b}$ | ۱۴/۷۶$^{b}$ | ۲۱/۱۳$^{a}$ |
| | | M4 | ۲/۷۳$^{c}$ | ۳/۷۶$^{ab}$ | ۲/۴۵$^{c}$ | ۵/۱۲$^{b}$ | ۲۲/۳$^{a}$ | ۲۷/۶$^{a}$ | ۱۵/۴۳$^{a}$ | ۱۸/۷$^{b}$ |

- میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند، در سطح آماری ۰/۰۵ تفاوت معنی‌داری ندارند

(S1= آبیاری با آب دارای شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر، S2= آبیاری با آب دارای شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، S3= آبیاری با آب دارای شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، L1=ژنوتیپ موتانت ۱۶۷۳، L2= ژنوتیپ موتانت ۱۳۰۳، L3= رقم شایان، M1= عدم محلول‌پاشی سولفات پتاسیم، M2 = محلول‌پاشی ۲ کیلوگرم در هزار لیتر آب سولفات پتاسیم، M3= محلول‌پاشی ۴ کیلوگرم در هزار لیتر آب سولفات پتاسیم و M4= محلول‌پاشی ۶ کیلوگرم در هزار لیتر آب سولفات پتاسیم)

**ادامه جدول ۴:**

| تیمارها | | | کلسیم ساقه | کلسیم برگ | کلر ساقه | کلر برگ | پتاسیم ساقه | پتاسیم برگ | سدیم ساقه | سدیم برگ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 | L1 | M1 | ۱/۵۶$^{a}$ | ۱/۷۳$^{ab}$ | ۰/۸۹$^{a}$ | ۴/۲۵$^{b}$ | ۲۲/۶$^{c}$ | ۲۸/۴$^{b}$ | ۱۱/۰۶$^{b}$ | ۱۸/۷$^{a}$ |
| | | M2 | ۱/۲۳$^{b}$ | ۱/۳۳$^{bc}$ | ۰/۷۱$^{a}$ | ۴/۰۴$^{b}$ | ۲۳/۸$^{b}$ | ۲۸/۸$^{b}$ | ۹/۲۳$^{c}$ | ۱۰$^{c}$ |
| | | M3 | ۱/۲۶$^{b}$ | ۱/۶۳$^{b}$ | ۰/۶۶$^{ab}$ | ۵/۳۵$^{a}$ | ۲۵/۶$^{a}$ | ۲۸/۲$^{b}$ | ۱۲/۷$^{a}$ | ۱۴/۲۶$^{b}$ |
| | | M4 | ۱/۱۳$^{b}$ | ۱/۸۶$^{a}$ | ۰/۷۱$^{a}$ | ۳/۶۲$^{b}$ | ۲۳/۴$^{b}$ | ۳۱/۶$^{a}$ | ۱۲/۹۶$^{a}$ | ۱۶/۲$^{ab}$ |
| | L2 | M1 | ۲/۲۶$^{a}$ | ۲/۳۶$^{a}$ | ۱/۷۵$^{a}$ | ۵/۹۲$^{a}$ | ۳۲/۶$^{c}$ | ۳۰/۲$^{a}$ | ۱۲$^{a}$ | ۱۴/۰۶$^{b}$ |
| | | M2 | ۱/۶۶$^{b}$ | ۱/۶۳$^{b}$ | ۱/۰۴$^{b}$ | ۴/۵۸$^{b}$ | ۳۵/۳$^{b}$ | ۳۰/۱$^{a}$ | ۸/۷۶$^{c}$ | ۱۶/۰۶$^{a}$ |
| | | M3 | ۲/۲۶$^{a}$ | ۲/۳۶$^{a}$ | ۱/۶۳$^{a}$ | ۵/۰۹$^{ab}$ | ۳۶/۵$^{ab}$ | ۳۰/۹$^{a}$ | ۱۰/۸۶$^{b}$ | ۱۶/۳۳$^{a}$ |
| | | M4 | ۱/۴$^{b}$ | ۲/۶۳$^{a}$ | ۱/۲۷$^{b}$ | ۴/۱۱$^{b}$ | ۳۷/۴$^{a}$ | ۲۴/۶$^{b}$ | ۸/۷$^{c}$ | ۱۰/۶۶$^{c}$ |
| | L1 | M1 | ۱/۴۶$^{a}$ | ۱/۳۶$^{b}$ | ۰/۸۶$^{a}$ | ۴/۳۷$^{b}$ | ۲۳/۹$^{b}$ | ۳۰/۲$^{a}$ | ۱۰$^{a}$ | ۱۰/۹۶$^{b}$ |
| | | M2 | ۱/۳$^{a}$ | ۱/۹۶$^{a}$ | ۰/۵۹$^{b}$ | ۶/۱۱$^{a}$ | ۲۳/۹$^{b}$ | ۳۰/۵$^{a}$ | ۱۱/۴$^{a}$ | ۱۶/۸۶$^{a}$ |
| | | M3 | ۱/۴۳$^{a}$ | ۱/۸۳$^{a}$ | ۰/۹۵$^{a}$ | ۴/۸۵$^{ab}$ | ۲۴/۶$^{ab}$ | ۲۶/۵$^{b}$ | ۱۰/۶۳$^{a}$ | ۱۶/۸۶$^{a}$ |
| | | M4 | ۰/۹$^{b}$ | ۱/۱۳$^{b}$ | ۰/۸۸$^{a}$ | ۴/۶۷$^{b}$ | ۲۵/۷$^{a}$ | ۲۵/۴۳$^{b}$ | ۸/۱۳$^{b}$ | ۱۰/۲$^{b}$ |
| | L2 | M1 | ۲/۰۳$^{a}$ | ۲/۸$^{a}$ | ۱/۰۷$^{c}$ | ۴/۸۲$^{a}$ | ۲۰/۶$^{b}$ | ۲۸/۱$^{a}$ | ۱۱/۴۳$^{a}$ | ۱۶/۲۶$^{a}$ |
| | | M2 | ۲/۱۳$^{a}$ | ۲/۵$^{a}$ | ۱/۴۳$^{b}$ | ۴/۶۱$^{a}$ | ۲۱/۳$^{ab}$ | ۲۳$^{c}$ | ۹$^{b}$ | ۱۳/۳۳$^{b}$ |
| | | M3 | ۱/۷۶$^{b}$ | ۱/۸$^{b}$ | ۱/۸$^{a}$ | ۳/۲۷$^{b}$ | ۲۲/۷$^{a}$ | ۲۴/۱$^{c}$ | ۸/۵۳$^{b}$ | ۱۳/۶$^{b}$ |
| | | M4 | ۱/۸$^{b}$ | ۲/۴۶$^{a}$ | ۱/۴۴$^{b}$ | ۲/۳۸$^{c}$ | ۲۳/۶$^{a}$ | ۲۶/۵$^{b}$ | ۱۱/۶۳$^{a}$ | ۱۴/۸۶$^{b}$ |
| | L3 | M1 | ۲/۳$^{a}$ | ۲/۸۶$^{ab}$ | ۲/۰۵$^{a}$ | ۳/۳۹$^{b}$ | ۳۰$^{c}$ | ۲۸/۵$^{a}$ | ۱۰/۳۳$^{b}$ | ۱۳/۸۳$^{c}$ |
| | | M2 | ۲/۲$^{ab}$ | ۳/۲$^{a}$ | ۱/۷۸$^{ab}$ | ۴/۶$^{a}$ | ۳۱/۲$^{bc}$ | ۲۶/۷$^{ab}$ | ۱۱/۶۶$^{a}$ | ۱۶/۰۶$^{a}$ |
| | | M3 | ۲/۵$^{a}$ | ۲/۵$^{b}$ | ۱/۶۳$^{b}$ | ۳/۹۸$^{a}$ | ۳۲$^{b}$ | ۲۵/۵$^{b}$ | ۹/۸۳$^{b}$ | ۱۲/۹$^{c}$ |
| | | M4 | ۱/۹۶$^{ab}$ | ۳/۳۶$^{a}$ | ۱/۸۸$^{a}$ | ۴/۲۵$^{a}$ | ۳۳/۸$^{a}$ | ۲۷/۴$^{a}$ | ۹/۸۶$^{b}$ | ۱۵/۰۳$^{b}$ |
| S1 | L3 | M1 | ۳/۱۶$^{a}$ | ۳/۵$^{a}$ | ۲/۵$^{a}$ | ۴/۱۶$^{b}$ | ۲۹/۴$^{b}$ | ۳۷/۱$^{a}$ | ۸/۵۶$^{c}$ | ۱۱/۴$^{c}$ |
| | | M2 | ۲/۶۶$^{b}$ | ۳/۵۶$^{a}$ | ۱/۸۵$^{c}$ | ۴/۶۹$^{ab}$ | ۳۰/۴$^{b}$ | ۳۴$^{b}$ | ۹/۸۳$^{b}$ | ۱۱$^{c}$ |
| | | M3 | ۲/۸۳$^{b}$ | ۳/۵$^{a}$ | ۲/۱۱$^{b}$ | ۴/۷۸$^{ab}$ | ۳۱/۸$^{b}$ | ۳۶/۴$^{a}$ | ۱۰/۹$^{b}$ | ۱۲/۱$^{b}$ |
| | | M4 | ۲/۸۶$^{b}$ | ۳/۴۶$^{a}$ | ۲/۰۱$^{b}$ | ۵/۸$^{a}$ | ۳۴/۹$^{a}$ | ۳۷/۴$^{a}$ | ۱۲$^{a}$ | ۱۳/۳$^{a}$ |
| | L1 | M1 | ۳/۴۳$^{a}$ | ۳/۲$^{b}$ | ۱/۷۴$^{b}$ | ۳/۳$^{c}$ | ۲۹/۳$^{c}$ | ۳۲/۸$^{c}$ | ۱۰/۴$^{c}$ | ۱۱/۱$^{c}$ |
| | | M2 | ۲/۴$^{b}$ | ۳/۷۳$^{ab}$ | ۲/۱۷$^{a}$ | ۳/۶۹$^{c}$ | ۳۰/۳$^{b}$ | ۳۴/۳$^{b}$ | ۱۱/۳$^{b}$ | ۱۲/۸$^{bc}$ |
| | | M3 | ۲/۲$^{b}$ | ۳/۳۳$^{b}$ | ۲/۳۲$^{a}$ | ۳/۹۸$^{b}$ | ۳۳/۵$^{a}$ | ۳۴/۷$^{b}$ | ۱۱/۳$^{b}$ | ۱۳/۳$^{b}$ |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | M4 | ۲/۲۳$^{b}$ | ۴/۰۳$^{a}$ | ۲/۰۲$^{a}$ | ۴/۶۶$^{a}$ | ۳۴/۱$^{a}$ | ۳۶/۸$^{a}$ | ۱۲/۵$^{a}$ | ۱۵/۷$^{a}$ |
| | L2 | M1 | ۲/۷۳$^{b}$ | ۴/۰۶$^{a}$ | ۲/۷۴$^{ab}$ | ۴/۷۲$^{bc}$ | ۳۴/۳$^{b}$ | ۳۴/۸$^{c}$ | ۱۰/۹$^{d}$ | ۱۵/۴$^{b}$ |
| | | M2 | ۲/۴۶$^{c}$ | ۴/۰۳$^{a}$ | ۲/۲۱$^{b}$ | ۴/۰۵$^{c}$ | ۳۵/۶$^{b}$ | ۳۶/۳$^{b}$ | ۱۲/۴$^{c}$ | ۱۵/۴$^{b}$ |
| | | M3 | ۳/۱۶$^{a}$ | ۳/۸۳$^{ab}$ | ۳/۲۳$^{a}$ | ۵/۳۱$^{b}$ | ۳۷/۳$^{a}$ | ۳۷/۴$^{b}$ | ۱۳/۳$^{b}$ | ۱۶/۱$^{a}$ |
| | | M4 | ۲/۷۶$^{b}$ | ۴/۳۳$^{a}$ | ۲/۳۵$^{b}$ | ۵/۹۳$^{a}$ | ۳۸/۴$^{a}$ | ۳۹$^{a}$ | ۱۵/۴$^{a}$ | ۱۶/۸$^{a}$ |
| | L3 | M1 | ۲/۵۳$^{ab}$ | ۴/۲$^{a}$ | ۲/۵۴$^{ab}$ | ۴$^{b}$ | ۳۰/۸$^{b}$ | ۳۱/۷$^{c}$ | ۸/۸۶$^{c}$ | ۱۱/۱$^{b}$ |
| | | M2 | ۲/۹۳$^{a}$ | ۳/۸$^{ab}$ | ۲/۶۳$^{a}$ | ۴/۲۲$^{b}$ | ۳۱/۲$^{b}$ | ۳۲/۵$^{c}$ | ۱۰/۴$^{b}$ | ۱۲/۴$^{b}$ |
| | | M3 | ۲/۷$^{a}$ | ۳/۲$^{b}$ | ۲/۴۳$^{ab}$ | ۴/۷۲$^{ab}$ | ۳۲/۵$^{a}$ | ۳۴/۵$^{b}$ | ۱۰/۲$^{b}$ | ۱۳/۴$^{a}$ |
| | | M4 | ۲/۵$^{ab}$ | ۳$^{b}$ | ۲/۸۰$^{a}$ | ۵/۱$^{a}$ | ۳۳/۹$^{a}$ | ۳۵/۹$^{a}$ | ۱۱/۹$^{a}$ | ۱۳/۷$^{a}$ |

**جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه شوری*رقم*محلول‌پاشی بر میزان عناصر (بر حسب میلی‌گرم بر گرم) بافت پنبه در سال دوم**

| تیمارها | | | کلسیم ساقه | کلسیم برگ | کلر ساقه | کلر برگ | پتاسیم ساقه | پتاسیم برگ | سدیم ساقه | سدیم برگ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 | L1 | M1 | ۱/۹۳$^{a}$ | ۲/۵۳$^{a}$ | ۱/۰۹$^{b}$ | ۲/۷۷$^{b}$ | ۳۰/۴$^{b}$ | ۳۱/۳$^{c}$ | ۸/۳$^{c}$ | ۱۰/۸$^{b}$ |
| | | M2 | ۱/۶۳$^{b}$ | ۲/۷ $^{a}$ | ۱/۰۲$^{b}$ | ۲/۹۲$^{b}$ | ۳۱/۴$^{b}$ | ۳۳/۹$^{b}$ | ۹/۳$^{b}$ | ۱۱/۸$^{a}$ |
| | | M3 | ۱/۶۲$^{b}$ | ۲/۵۳ $^{a}$ | ۱/۰۷$^{b}$ | ۳/۱۶$^{b}$ | ۳۳/۲$^{ab}$ | ۳۶/۱$^{a}$ | ۹/۹$^{b}$ | ۱۲$^{a}$ |
| | | M4 | ۱/۷۳$^{b}$ | ۱/۹$^{b}$ | ۱/۶$^{a}$ | ۳/۸$^{a}$ | ۳۴/۵$^{a}$ | ۳۷/۴$^{a}$ | ۱۱/۱$^{a}$ | ۱۱/۸$^{a}$ |
| | L2 | M1 | ۲/۳$^{a}$ | ۲/۷۶ $^{a}$ | ۰/۹۵$^{c}$ | ۲/۸۳$^{c}$ | ۳۶$^{ab}$ | ۳۹/۲$^{a}$ | ۱۰/۱$^{c}$ | ۱۱$^{c}$ |
| | | M2 | ۲/۳۶$^{a}$ | ۲/۹۶ $^{a}$ | ۱/۲۸$^{b}$ | ۳/۴۱$^{b}$ | ۳۶/۹$^{ab}$ | ۳۹/۸$^{a}$ | ۱۰/۴$^{c}$ | ۱۱/۶$^{b}$ |
| | | M3 | ۱/۹۶$^{b}$ | ۳/۱ $^{a}$ | ۰/۶۷$^{d}$ | ۳/۸۳$^{b}$ | ۳۸/۱$^{a}$ | ۳۹/۸$^{a}$ | ۱۱/۴$^{b}$ | ۱۲/۷$^{ab}$ |
| | | M4 | ۲/۱۰$^{b}$ | ۳/۶$^{a}$ | ۱/۳۹$^{a}$ | ۴/۵۴$^{a}$ | ۳۹/۱$^{a}$ | ۴۱/۵$^{a}$ | ۱۲/۴$^{a}$ | ۱۳/۳$^{a}$ |
| | L3 | M1 | ۲$^{b}$ | ۱/۷$^{d}$ | ۰/۸۳$^{c}$ | ۱/۳۹$^{c}$ | ۳۰/۴$^{a}$ | ۳۳/۳$^{b}$ | ۸/۶۶$^{c}$ | ۱۰/۷$^{c}$ |
| | | M2 | ۲/۴۳$^{a}$ | ۲/۸۶ $^{a}$ | ۱/۰۷$^{b}$ | ۱/۹۱$^{b}$ | ۳۲/۵$^{a}$ | ۳۴/۳$^{b}$ | ۸/۷۳$^{c}$ | ۱۲/۴$^{b}$ |
| | | M3 | ۱/۷۶$^{c}$ | ۲/۲۶$^{b}$ | ۱/۵۶$^{a}$ | ۲$^{b}$ | ۳۳/۱$^{a}$ | ۳۶/۱$^{a}$ | ۹/۴۳$^{b}$ | ۱۲/۷$^{b}$ |
| | | M4 | ۲$^{b}$ | ۱/۹۶$^{c}$ | ۰/۸۹$^{c}$ | ۳/۹۲$^{a}$ | ۲۴/۱$^{b}$ | ۳۷/۷$^{a}$ | ۱۲/۱$^{a}$ | ۱۴$^{a}$ |
| S2 | L1 | M1 | ۲/۶$^{b}$ | ۳/۶$^{a}$ | ۲/۵۴$^{ab}$ | ۴/۴۸$^{c}$ | ۳۲/۱$^{c}$ | ۳۳/۸$^{c}$ | ۹/۲$^{b}$ | ۱۰/۷$^{b}$ |
| | | M2 | ۳$^{a}$ | ۳/۸۶$^{a}$ | ۲/۸۵$^{a}$ | ۴/۷۴$^{bc}$ | ۳۳/۳$^{bc}$ | ۳۵/۳$^{b}$ | ۹/۱۶$^{b}$ | ۱۰/۸$^{b}$ |
| | | M3 | ۲/۴۶$^{b}$ | ۳/۴$^{a}$ | ۲/۲۱$^{b}$ | ۵/۵$^{b}$ | ۳۴/۸$^{b}$ | ۳۶$^{a}$ | ۹/۹$^{b}$ | ۱۲/۳$^{a}$ |
| | | M4 | ۲/۶$^{b}$ | ۳/۹۳$^{a}$ | ۲/۲۸$^{b}$ | ۶$^{a}$ | ۳۶/۲$^{a}$ | ۳۷/۶$^{a}$ | ۱۱/۲$^{a}$ | ۱۲/۸$^{a}$ |
| | L2 | M1 | ۲/۷۳$^{c}$ | ۳/۷۶$^{b}$ | ۲/۲۹$^{b}$ | ۴/۹$^{b}$ | ۳۱/۴$^{c}$ | ۳۷/۲$^{c}$ | ۹/۵۶$^{c}$ | ۱۱/۱$^{d}$ |
| | | M2 | ۳$^{b}$ | ۴/۳۲$^{a}$ | ۲/۴۸$^{b}$ | ۵/۴۷$^{b}$ | ۳۲/۹$^{bc}$ | ۳۸$^{c}$ | ۱۰/۷$^{c}$ | ۱۱/۷$^{cd}$ |
| | | M3 | ۲/۵۳$^{c}$ | ۳/۸۳$^{b}$ | ۲/۲۱$^{b}$ | ۵/۰۵$^{b}$ | ۳۵/۵$^{b}$ | ۴۰/۴$^{b}$ | ۱۲/۱$^{b}$ | ۱۳/۳$^{b}$ |
| | | M4 | ۳/۵۳$^{a}$ | ۳/۹۳$^{b}$ | ۲/۷۷$^{a}$ | ۶/۱۶$^{a}$ | ۳۷$^{a}$ | ۴۳/۱$^{a}$ | ۱۳/۸$^{a}$ | ۱۴/۶$^{a}$ |

براساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب دوساله این مطالعه مشخص شد که تحت شرایط آبیاری با آب دارای شوری بالاتر از ۴ دسی زیمنس بر متر، تجمع یون‌هایی از قبیل کلسیم، سدیم و کلر در ساقه و برگ ارقام پنبه افزایش یافت و این افزایش تجمع با افزایش میزان شوری آب آبیاری تا ۱۲ دسی زیمنس بر متر بیشتر نیز شد و تجمع این یونها در برگ‌ها بیشتر از ساقه بود. این در حالی بود که تجمع پتاسیم در شوریهای بالاتر کاهش یافت. در مطالعه خلیلی و همکاران (۱۳۹۹) روی گیاه کلزا مشخص شد که روابط یونی در بافتهای ارقام مختلف این گیاه تحت تأثیر شوری آب آبیاری قرار گرفتند؛ به طوری که با افزایش میزان شوری، مقدار سدیم نیز در بافتهای گیاه افزایش یافته و منجر به ایجاد عدم تعادل در نسبت سدیم به پتاسیم گردید. آنها بیان داشتند که در گیاهان تحت تنش، پتاسیم به برگها انتقال داده شده درحالی که سدیم به شکل یکنواخت تری توزیع می شود. در مطالعه دوازده امامی و همکاران (۱۴۰۰) روی گیاه زنیان نیز شوری منجر به افزایش برخی از یونها از قبیل سدیم و پتاسیم در بافتهای گیاه شده است که با یافته های این مطالعه مطابقت داشت. البته عنوان شده است که با افزایش شدت تنش شوری گیاهان تمایل دارند یون سدیم بیشتری در خود نگه داشته و پتاسیم بیشتری دفع نمایند (تاما و همکاران، ۲۰۱۸). گو و همکاران (۲۰۲۰) نیز به نتایج مشابهی در گیاه پنبه اشاره نمودند. با افزایش میزان شوری آب آبیاری در سال‌های اول و دوم آزمایش میزان کلسیم ساقه و برگ نیز افزایش یافته است. همچنین در هر دو سال ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ دارای بالاترین میزان کلسیم در ساقه و برگ خود بود. اگر چه افزایش کلسیم می‌تواند اثرات سوء مربوط به افزایش سدیم را تعدیل نماید، اما افزایش خود این عنصر می‌تواند اثر منفی بر عملکرد داشته باشد؛ زیرا گیاه با اثر سمیت سدیم و کاهش جذب آب مواجه می‌گردد. در این تحقیق افزایش شوری آب آبیاری و محلول‌پاشی سولفات پتاسیم میزان سدیم و کلر یافت شده در ژنوتیپ‌های پنبه را افزایش داد و این نتایج بر این مسئله تأکید دارد که در این گیاه، سیستم‌های انتقالی مشتمل بر ناقل‌ها و کانال‌ها بوده که با تمایل بالایی نسبت به سدیم عمل می‌کنند (شابدین و همکاران، ۱۳۸۹). در این مطالعه میزان کلسیم، کلر، سدیم و پتاسیم در بافت برگ بیشتر از بافت ساقه بود. در مطالعه گو و همکاران (۲۰۲۰) نیز نتایج مشابهی به دست آمد و میزان عناصری از قبیل کلسیم، سدیم و پتاسیم و سایر عناصر ریزمغذی در بافت برگ بیشتر از ساقه و ریشه گیاه پنبه بود که با یافته های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. آنها همچنین در مطالعه خود مشاهده کردند که تنش شوری منجر به افزایش این عناصر در بافتهای برگ و ساقه شد. افزایش شدت شوری منجر به افزایش سدیم و کاهش میزان پتاسیم در بافت ساقه و برگ پنبه شد و به دنبال آن نسبت پتاسیم به سدیم نیز کاهش یافت (گو و همکاران، ۲۰۲۰). چن و همکاران (۲۰۱۷) عنوان داشتند که در شرایط تنش شوری عناصر غیرآلی از قبیل سدیم، پتاسیم و کلسیم در گیاه به منظور تنظیم اسمزی تجمع یافته و این یکی از مهمترین مکانیسمهای مقابله با تحمل شوری می باشد. آنها همچنین بیان داشتند که این

تنظیم اسمزی می تواند تعادل یونها در داخل سلول را به هم زده و منجر به جابجایی یونها گردد و جابجایی این یونها روی سایر یونها در داخل سلول نیز اثر دارد. شوری منجر به افزایش جذب یونهای ذکر شده توسط گیاه می‌شود (گو و همکاران (۲۰۲۰)؛ در حالی که شرایط شوری ممکن است جذب برخی از عناصر ماکرو و میکرو را کاهش دهد و همین امر نیز ممکن است منجر به کاهش مواد غذایی در دسترس گیاه و مشکلات متابولیکی در گیاه شود که در نهایت با کاهش رشد و عملکرد گیاه همراه می‌باشد (وو و همکاران، ۲۰۱۳). یانگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز افزایش میزان جذب عناصری از قبیل سدیم در گیاهان تحت شرایط شوری را گزارش نمودند که با یافته های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت.

در این تحقیق و در سال اول آزمایش بیشترین میزان تجمع کلر در ساقه و برگ در ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ انجام شد، ولی در سال دوم آزمایش بیشترین میزان تجمع کلر در ساقه رقم شایان و در برگ ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ مشاهده شد. شوری آب آبیاری بر میزان جذب کلر اثر داشته و ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط شوری متفاوت پاسخ‌های متفاوتی نسبت به جذب و تجمع کلر نشان دادند. ولی با این حال چیزی که بین همه ژنوتیپ‌ها مشهود بود این بود که افزایش شدت شوری و همچنین کاربرد سولفات پتاسیم سبب افزایش محتوای کلر در بافت ارقام پنبه شد. در تحقیق شابدین و همکاران (۱۳۸۹) مشخص شد که شوری سبب افزایش میزان کلر در بافت‌های مختلف ژنوتیپ‌های پنبه شد. طبق نظر اشرف و نیلی (۱۹۹۰) تجمع کم کلر می‌تواند نشانه تحمل بیشتر گیاه به شوری باشد. افزایش شوری آب آبیاری با افزایش سدیم، کلر و کلسیم ساقه و برگ همراه بوده در حالی که میزان پتاسیم کاهش یافته است. جعفرآقایی و جلالی (۱۳۹۱) بیان نمودند که با افزایش شوری آب آبیاری، غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در خاک افزایش یافته است. این افزایش غلظت می‌تواند غلظت عناصر مختلف در خاک را دچار تغییر نماید و به دنبال آن سبب افزایش جذب آنها توسط گیاه می‌گردد. در سال‌های مختلف در اثر استفاده از آب آبیاری، میزان آنیون‌ها و کاتیون‌های خاک افزایش یافته است و یون کلر بیشترین سهم را در افزایش مقدار آنیون‌ها داشته است (جعفرآقایی و جلالی، ۱۳۹۱). نتایج کار اقدسی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد با افزایش میزان شوری، مقدار یون سدیم در بافتهای پنبه افزایش یافت. به عقیده گارسیا لایدن و همکاران (۱۹۹۸) شوری سبب افزایش جذب یونهای سدیم و کلر شده که به دنبال آن رشد و جذب آب نیز کاهش می‌یابد و عدم توازن در جذب یونها ایجاد می‌گردد که در نهایت سبب کاهش هدایت روزنه‌ای و جذب دی اکسید کربن می‌گردد. افزایش تنش شوری مقدار سدیم و کلر در پنبه را افزایش داده و این افزایش جذب در شرایط شور می‌تواند ناشی از تحرک بالای برخی از این عناصر باشد (عبدالرحیم و همکاران، ۲۰۱۹).

در سال اول آزمایش، کاربرد ۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب میزان کلسیم برگ و سدیم ساقه را به ترتیب ۷ و ۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد، در حالی که کاربرد ۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب در ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ و در شرایط آبیاری با آب شور ۴ دسی زیمنس بر متر میزان کلر برگ را حدود ۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داده است (جدول ۴). در سال دوم آزمایش، میزان افزایش کلر برگ و سدیم ساقه در تیمار کاربرد ۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب نسبت به شاهد به ترتیب ۱۱ و ۲۶ درصد بود. بیشترین میزان کلسیم برگ در همین ژنوتیپ مربوط به محلول‌پاشی ۲ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب بود، در حالی که بیشترین میزان سدیم ساقه با کاربرد ۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب به دست آمد (جدول ۵). در شرایط شوری یون سدیم به عنوان مهمترین یون سمی در گیاه به میزان زیادی تجمع یافته و جذب انتخابی پتاسیم را محدود می نماید که منجر به کاهش میزان پتاسیم در پنبه و در نهایت عدم تعادل نسبت پتاسیم به سدیم می گردد (یانگ و گو، ۲۰۱۷). پنبه از گیاهانی است که در شرایط تنش شوری میزان جذب یونها و به خصوص سدیم و پتاسیم را به میزان بیشتری افزایش می دهد و نگهداری سطوح بالای این یونها در گیاه پنبه تحت شرایط شوری تحمل گیاه به شوری را افزایش می دهد (جو و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج حاصل از این مطالعه نیز بیانگر این مطلب بود که شوری منجر به افزایش سدیم و کاهش پتاسیم در بافت پنبه شد، ولی کاربرد سولفات پتاسیم این نسبت را تا حدودی تغییر داد و منجر به افزایش بیشتر پتاسیم در بافت گیاه گردید که با افزایش تحمل پنبه به شوری و افزایش عملکرد نهایی گیاه در ارتباط می باشد.

در سال اول آزمایش، کاربرد سولفات پتاسیم به میزان ۶ کیلوگرم در هزار لیتر آب میزان کلر ساقه، کلر برگ، پتاسیم برگ، سدیم ساقه و سدیم برگ را به ترتیب ۱۸، ۳۱، ۸، ۲۸ و ۲۵ درصد کاهش داده است (جدول ۴). در سال اول، بالاترین میزان کلسیم برگ (۴/۷۳ میلی گرم بر گرم) و کلر ساقه (۴/۲۳ میلی گرم بر گرم) در تیمار کاربرد ۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد ۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب میزان کلر برگ، سدیم ساقه و سدیم برگ را به ترتیب ۱۶، ۱۲ و ۲۷ درصد افزایش داده است (جدول ۴). در سال دوم آزمایش، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم میزان عناصر را در اندامهای مختلف گیاه افزایش داد. میزان افزایش کلر برگ و سدیم ساقه و برگ در تیمار کاربرد ۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب نسبت به شاهد به ترتیب ۶۵، ۲۹ و ۲۴ درصد بود (جدول ۵). در هر دو سال آزمایش، میزان پتاسیم موجود در ساقه و برگ ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ بیشتر از ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ و شایان بود. بیشتر بودن میزان پتاسیم در بافت‌های این ژنوتیپ نشان از تحمل بیشتر آن در شرایط تنش شوری می‌باشد. در این زمینه، شابدین و همکاران (۱۳۸۹) بیان نمودند که سطوح بالای پتاسیم در بافت‌های جوان با میزان تحمل شوری در

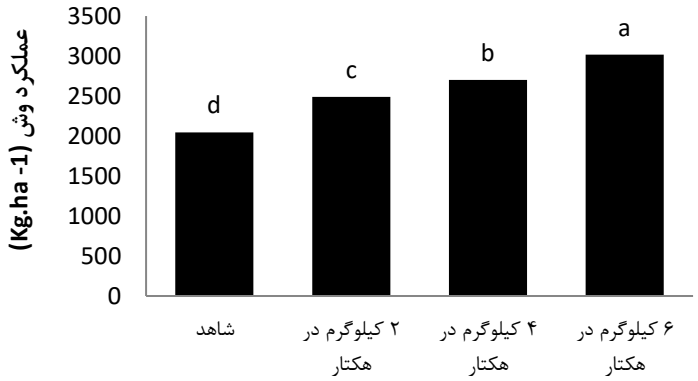
تعـدادی از گونه‌های گیاهی از جمله ارقام پنبه ارتباط دارد. پتاسیم یکی از عناصر غذایی مورد نیاز بـرای رشد گیاه بوده و زمانی که گیاه تحت شرایط شوری قرار می گیرد، میزان جذب پتاسیم بـه دلیـل فراوانـی سدیم در محیط کاهش یافته و این عمل از طریق یک مکانیسم رقابتی صورت می گیرد (گـو و همکـاران، ۲۰۲۰). ونگ و همکاران (۲۰۱۵) نیز بیان داشتند که شوری منجر به افزایش جذب سدیم، کلسـیم و کلـر در پنبه شده در حالی که جذب پتاسیم را تا حدودی کاهش داد و این با یافته های حاصل از ایـن مطالعـه مطابقت داشت. به هر حال عنوان شده است که افزایش جذب برخی از یونها از قبیـل کلسـیم و پتاسـیم و همچنین منیزیم در ارتباط با بهبود تحمل گیاه پنبه به تـنش شـوری اسـت (رهبـی و همکـاران، ۲۰۱۸). کلسیم و سدیم نیز در گیاه خاصیت آنتاگونیستی داشته و وجود بیش از حد سدیم منجر به کاهش نسـبی کلسیم در بافتهای گیاه پنبه می شود (گو و همکاران، ۲۰۲۰). گولسوم و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه بـر روی برخی از گیاهان دارویی بیان داشتند که شوری منجر به افزایش میـزان برخـی از عناصـر از قبیـل سدیم، کلر و کلسیم شده و تا حدودی منجر به کاهش پتاسیم گردید و کاربرد سولفات پتاسیم منجر به افزایش این چهار عنصر در اندام هوایی و ریشه این گیاهان دارویی شد.

در سال اول آزمایش، میزان کلسیم ساقه، کلـر بـرگ و همچنـین سـدیم بـرگ در تیمـار کـاربرد ۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب به ترتیب به میزان ۱۲، ۵۱ و ۹ درصـد کـاهش یافتـه اسـت. همچنین کاربرد میزان ۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب سبب افزایش کلر سـاقه بـه میـزان ۴۱ درصد شد (جدول ۴). در سال اول آزمایش، در ژنوتیپ شایان نیـز کـاربرد سـولفات پتاسـیم سـبب کاهش کلسیم ساقه و برگ، و کلر و سدیم ساقه شد. نتایج نشان داد کـه در ژنوتیـپ شـایان بیشـترین میزان کلر و سدیم برگ در تیمار ۲ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب حاصل شد که نسبت بـه تیمار شاهد به ترتیب ۲۷ و ۱۴ درصد افزایش داشته‌انـد (جـدول ۴). در سـال دوم آزمـایش، در سـطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نیز محلول‌پاشی سولفات پتاسیم سبب افزایش میـزان عناصـر موجـود در اندامهای مختلف ژنوتیپ موتانت ال ام ۱۶۷۳ شد. بیشترین میزان کلر بـرگ و سـدیم سـاقه و بـرگ در تیمار کاربرد ۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب حاصل شد و این افـزایش بـرای ایـن تیمارهـا نسبت به شاهد به ترتیب ۲۶، ۱۸ و ۱۷ درصد بود. این در حالی بود که بیشترین میزان کلسیم ساقه در تیمار کاربرد ۲ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب حاصل شد و نسبت به تیمار شاهد حـدود ۱۸ درصد بیشتر بود (جدول ۵). افزایش میزان محلول‌پاشی سولفات پتاسیم علاوه بر اثر مثبـت بـر رشـد و عملکرد ژنوتیپ‌های موتانت پنبه سبب افزایش میزان تجمع سدیم و پتاسیم در بافت‌های بـرگ و سـاقه پنبه شد. غلظـت بالای پتاسیم در استرومای کلروپلاست برای حفظ توازن فتوسـنتز در شـرایط شـور ضـروری اسـت. گائو و همکاران (۲۰۲۰) اشاره نمودند که در بسیاری از گونه‌های گیاهی وجود سـطوح

زیاد پتاسیم در بافت‌های جوان در حال توسعه با ویژگی تحمل به نمک در ارتباط می‌باشد، بنابراین بین جایگزینی پتاسیم با سدیم و تحمل به نمک ارتباط وجود دارد.

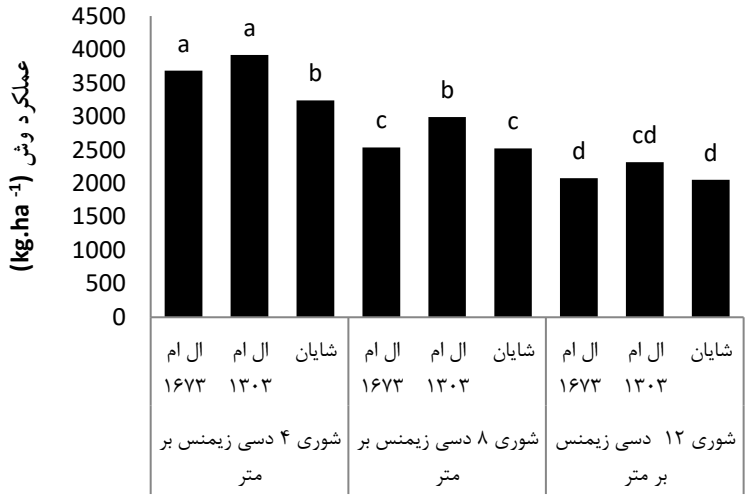
نتایج این تحقیق نشان داد، در سال اول آزمایش و در سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر محلول‌پاشی ۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب میزان کلسیم و کلر ساقه را در ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ به ترتیب به میزان ۱۲ و ۱۱ درصد افزایش داد (جدول ۴). در سال دوم آزمایش در تیمار شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر نیز محلول‌پاشی سولفات پتاسیم سبب افزایش میزان عناصر موجود در بافتهای مختلف ژنوتیپ‌های پنبه شد. نتایج نشان داد در ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ افزایش میزان محلول‌پاشی سولفات پتاسیم میزان کلسیم ساقه را کاهش داد. در سال دوم و در شرایط شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و در ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ محلول پاشی ۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب سبب افزایش بیشترین میزان کلسیم و کلر برگ و همچنین پتاسیم و سدیم ساقه و برگ شد ولی بیشترین میزان کلسیم ساقه در تیمار کاربرد ۴ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب به دست آمد. در سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر، محلول پاشی سولفات پتاسیم سبب کاهش کلسیم ساقه و برگ نسبت به شاهد شد، در حالی که میزان کلر، پتاسیم و سدیم ساقه و برگ را افزایش داد. نسبت کاهش کلسیم ساقه و برگ در تیمار ۶ گیلوگرم سولفات پتاسیم در هزار لیتر آب به ترتیب ۲ و ۲۹ درصد بود. این در حالی بود که نسبت افزایش میزان کلر ساقه و برگ و همچنین سدیم ساقه و برگ در همین تیمار به ترتیب ۱۰، ۲۸، ۲۶ و ۱۹ درصد بود (جدول ۵). در مطالعه حاضر مشخص شد که کاربرد سولفات پتاسیم در شرایط تنش شوری منجر به تغییر در خصوصیات یونی و همچنین افزایش میزان عملکرد وش شد که بیانگر افزایش تحمل گیاه پنبه به شرایط شوری می باشد. در این زمینه پندی و ماهیوال (۲۰۲۰) نیز بیان داشتند که کاربرد پتاسیم در شرایط شوری منجر به افزایش تحمل گیاه به شوری شده که در نهایت روی عملکرد نهایی گیاه اثر مثبت دارد. کاربرد خارجی سولفات پتاسیم منجر به بهبود هومئوستازی یونی، ظرفیت فتوسنتزی و متابولیسم کربوهیدرات‌ها می گردد (جو و همکاران، ۲۰۲۱)، که در نتیجه آن میزان یونهای اندازه‌گیری شده در بافت‌های پنبه افزایش می یابد.

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش نشان داد افزایش کاربرد سولفات پتاسیم سبب شد که میزان عملکرد وش نیز افزایش یافته و در بین سطوح مختلف کاربرد سولفات پتاسیم بالاترین میزان عملکرد وش به مقدار ۳۰۱۶ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار کاربرد ۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار بود و این سطح با سایر سطوح تیمار سولفات پتاسیم دارای اختلاف آماری معنی داری بود. عدم کاربرد سولفات پتاسیم نیز سبب شد که کمترین میزان عملکرد وش به مقدار ۲۰۴۴ کیلوگرم در هکتار حاصل گردد و اختلاف این تیمار نیز با سایر تیمارهای آزمایش از نظر آماری معنی دار بود (شکل ۱).




**شکل ۱؛ اثر محلول پاشی سولفات پتاسیم بر عملکرد وش در ژنوتیپ های موتانت پنبه**
**ستون هایی که حروف مشترک دارند، در سطح ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.**

در سال اول آزمایش، افزایش میزان شوری آب آبیاری تا ۱۲ دسی زیمنس بر متر منجر به کاهش میزان عملکرد وش در ارقام موتانت پنبه شد. همچنین نتایج نشان داد در سطوح مختلف تیمار شوری آب آبیاری، رقم ال ام ۱۳۰۳ دارای بالاترین میزان عملکرد وش بود. در این مطالعه براساس نتایج مقایسه میانگین در سال اول آزمایش در منطقه رودشت اصفهان برای اثر متقابل سال*شوری*ژنوتیپ مشخص شد که بیشترین میزان عملکرد وش به میزان ۳۹۱۸ کیلوگرم در هکتار متعلق به ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. این ژنوتیپ در همین سطح شوری با ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ که میزان ۳۶۸۳ کیلوگرم در هکتار عملکرد وش داشت اختلاف معنی‌دار نداشت، ولی با ژنوتیپ شایان (۳۲۴۱ کیلوگرم در هکتار) دارای اختلاف معنی‌دار بود. همچنین بر اساس نتایج این مطالعه مشخص شد در هر سه سطح تیمار شوری کمترین میزان عملکرد وش متعلق به ژنوتیپ شایان بود و در بین همه تیمارهای آزمایش، ژنوتیپ شایان در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر دارای کمترین عملکرد وش به میزان ۲۰۵۳ کیلوگرم در هکتار بود. این ژنوتیپ در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نداشت، ولی اختلاف آن با ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ در همین سطح از تیمار شوری از نظر آماری معنی دار بود (شکل ۲).

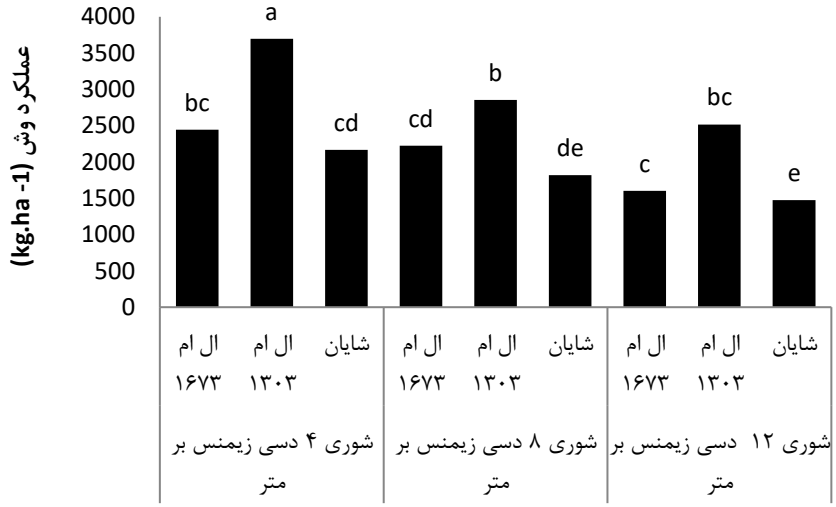



**شکل ۲: اثر متقابل شوری و رقم بر عملکرد وش ژنوتیپ های موتانت پنبه در سال اول آزمایش**
**- ستون هایی که حروف مشترک دارند، در سطح ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.**

در سال دوم آزمایش عملکرد وش با افزایش سطح شوری کاهش یافت و در هر سه سطح شوری ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین میزان عملکرد وش مربوط به ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ بود. بر این اساس مشخص شد که در تیمار شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ بالاترین میزان عملکرد وش به میزان ۳۶۹۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و این ژنوتیپ با سایر ژنوتیپ‌ها در همه سطوح شوری آب آبیاری اختلاف معنی‌دار داشت. ژنوتیپ شایان در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر دارای کمترین عملکرد وش به میزان ۱۴۷۴ کیلوگرم در هکتار بود و با سایر ژنوتیپ‌ها به جز ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و ژنویپ شایان در سطح شوری ۸ دسی-زیمنس بر متر اختلاف معنی‌دار داشت (شکل ۳).

روند تغییرات عملکرد وش در هر دو سال آزمایش در سطوح شوری مختلف مشابه بود. این نتایج نشان داد افزایش شدت شوری آب آبیاری سبب کاهش عملکرد وش شد که با نتایج مطالعه قرنجیکی و میرقاسمی (۱۳۹۳) مطابقت دارد. نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نیز نشان داد در هر دو سال زراعی و در تیمارهای مختلف شوری ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین میزان عملکرد وش مربوط به ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ به ترتیب به میزان ۳۹۱۸، ۲۹۹۰ و ۲۳۱۵ برای سال اول و ۳۶۹۶، ۲۸۵۴ و ۲۵۱۷ کیلوگرم در هکتار برای سال دوم آزمایش بود. این نتایج بیان می‌دارد که از نظر تولید وش در دو سال زراعی ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ دارای برتری بود. شی و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه خود

بیان داشتند که در شرایط شوری میزان پتاسیم در بافتهای گیاه کاهش یافته ولی مقدار سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم افزایش می یابد. در این شرایط هومئوستازی یونی گیاه به هم می خورد و گیاه دچار آسیب می گردد و در نهایت ممکن است به کاهش میزان عملکرد نهایی آن منجر گردد (ژو و همکاران، ۲۰۲۲).




**شکل ۳- اثر متقابل شوری و رقم بر عملکرد وش ژنوتیپ های موتانت پنبه در سال دوم آزمایش**
**- ستون هایی که حروف مشترک دارند، در سطح ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.**

کاربرد سولفات پتاسیم با افزایش میزان پتاسیم موجود در بافت گیاه می تواند تا حدودی این شرایط را به حالت اولیه برگردانده و با بهبود هومئوستازی درونی گیاه منجر به بهبود عملکرد پنبه گردد. در تحقیقی که جعفرآقایی و جلالی (۱۳۹۱) روی ارقام پنبه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که سطوح شوری ۷، ۱۰ و ۱۳ دسی زیمنس بر متر به ترتیب سبب کاهش ۱۲/۶، ۹۹ و ۱۱۸ درصدی عملکرد وش شد. آنها بیان نمودند که پاسخ ارقام مختلف به سطوح شوری یکسان نبود ولی روند پاسخ آنها به شوری آب آبیاری مشابه بود. آنها همچنین بیان نمودند که علاوه بر عملکرد، اجزای مختلف عملکرد نیز تحت تأثیر شوری قرار گرفتند. در مطالعه حاضر نیز در دو سال زراعی آزمایش و در هر سه سطح شوری ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد ژنوتیپ ال ام ۱۶۷۳ پس از ژنوتیپ ال ام ۱۳۰۳ بالاترین میزان بود و ژنوتیپ شایان دارای کمترین میزان عملکرد وش در همه تیمارهای مذکور بود. این نتیجه بیانگر برتری ژنوتیپ‌های موتانت پنبه نسبت به ژنوتیپ‌های رایج مورد کشت در منطقه نظیر ژنوتیپ شایان می‌باشد. نتایج مشابهی در پنبه توسط عبدالرحیم و همکاران ۲۰۱۹) گزارش شده که

تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه می باشد. در مطالعه حاضر نیز مشخص شد که در سال اول آزمایش عملکرد کل وش در سطوح شوری ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۸ و ۴۹ درصد نسبت به تیمار شوری ۴ دسی زیمنس بر متر کاهش یافته است. همچنین در سال دوم آزمایش میزان کاهش عملکرد وش کل در سطوح شوری ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به شوری ۴ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۳۰ و ۴۴ درصد بود. در منطقه رودشت اصفهان و با توجه اینکه اراضی با محدودیت زهکشی مواجه هستند اراضی شور حدود ۲۰ درصد افزایش یافته‌اند (نادری و کریمی، ۲۰۰۹). این در حالی است که دهقانی و همکاران (۲۰۰۸) بیان نموده‌اند که در منطقه رودشت اصفهان در صورتی که شوری آب آبیاری به حدود ۶ دسی زیمنس بر متر برسد عملکرد پنبه نیز کاهش و به حدود ۵۱ درصد پتانسیل عملکرد خود خواهد رسید.

در این تحقیق مشاهده شد که کاربرد برگی سولفات پتاسیم در هر دو سال آزمایش سبب افزایش میزان عملکرد وش شد. این افزایش در سطوح کاربرد ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بیشتر از کاربرد ۲ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود. پتاسیم دارای نقش محوری در تنظیم اسمزی، تنظیم پتانسیل غشایی، انتقال قندها، سازگاری به شرایط تنش و رشد گیاه دارد (ساردانس و پنولاس، ۲۰۲۱) و این می تواند اهمیت کاربرد سولفات پتاسیم را نمایان کند. از این رو می توان عنوان کرد که محلول پاشی سولفات پتاسیم برای بهبود هومئوستازی و افزایش میزان عملکرد نهایی پنبه نیاز بوده و در این مطالعه نیز افزایش میزان کاربرد آن تا ۶ کیلوگرم در هکتار سبب شد که میزان عملکرد وش نیز افزایش یابد. زمانی که مقدار پتاسیم کمتر از میزان معینی باشد طول فیبرهای پنبه کاهش یافته و ضمن کاهش کیفیت فیبرها، میزان عملکرد وش نیز به طور قابل توجهی کاهش می یابد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین عنوان شده است که حفظ تعادل پتاسیم به سدیم یکی از مکانیسم های فیزیولوژیکی مهم در گیاه بوده و به منظور حفظ تحمل شوری و عملکرد بسیاری از آنزیمها در سلولها دارای اهمیت می باشد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۸). برای اینکه ژنوتیپ‌های مختلف پنبه بتوانند به یک عملکرد قابل قبولی برسند بایستی میزان پتاسیم به اندازه کافی در اختیار این گیاهان قرار گرفته و تسهیم و توزیع این پتاسیم در داخل گیاه نیز کافی باشد. به نظر می‌رسد در تیمارهای کاربرد مقادیر ۴ و ۶ کیلوگرم سولفات پتاسیم این شرایط برای ژنوتیپ‌های پنبه فراهم شده و افزایش عملکرد در آنها حاصل شده است. عملکرد ارقام مختلف پنبه به میزان فراهمی پتاسیم واکنش نشان داده و کاربرد مقادیر بالاتر این عنصر سبب افزایش در عملکرد برخی از این ارقام از جمله رقم پی‌ام ۱۲۱۸ بی‌جی‌آرآر شده است (پتیگرو و همکاران، ۲۰۰۵). کاربرد خارجی پتاسیم منجر به افزایش میزان جذب پتاسیم و در نتیجه بهبود نسبت پتاسیم به سدیم در برگها شده که با حفظ هومئوستازی نسبت پتاسیم به سدیم، تحمل گیاه نسبت به تنش شوری افزایش می یابد (ژو و همکاران، ۲۰۲۲). گولسوم و همکاران

(۲۰۱۸) نیز به افزایش میزان عملکرد برخی از گیاهان دارویی با کاربرد سولفات پتاسیم در شرایط شوری اشاره نمودند. جبین و احمد (۲۰۱۱) نیز در مطالعه خود به کاهش اثرات تنش شوری در شرایط کاربرد سولفات پتاسیم اشاره داشتند و بیان نمودند که تحت شرایط کاربرد سولفات پتاسیم میزان عملکرد افزایش یافته است که ناشی از تخفیف اثرات منفی تنش شوری با کاربرد سولفات پتاسیم می باشد. طالعی و همکاران (۲۰۱۲) نیز عنوان داشتند که سطح شوری تا حد خاصی منجر به افزایش سدیم، کلسیم و کلر شده و از یک حدی به بعد ممکن است منجر به کاهش برخی از عناصر تجمع یافته در اندام گیاه گردد. تیوپر و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که افزایش مصرف کودهای پتاسیم برای ۶ سال سبب افزایش میزان عملکرد گیاه پنبه شده است. زمانی که مقدار بیشتری سولفات پتاسیم مصرف می‌شود، گیاه مقدار بیشتری از این پتاسیم را به سمت غوزه‌ها انتقال داده و در نتیجه میزان وزن خشک و در نهایت عملکرد افزایش می‌یابد. اهمیت پتاسیم بیشتر به دلیل نقش آن در برخی فرآیندهای های فیزیولوژیکی از قبیل روابط آبی، فتوسنتز، انتقال آسیمیلات‌ها و فعالیت‌های آنزیمی بوده که این فرآیندها به طور مستقیم بر میزان تولید گیاهی اثر دارند (دیودار و رادی، ۲۰۱۳). ژنوتیپ‌های ال ام ۱۳۰۳ و ال ام ۱۶۷۳ و همچنین رقم شایان پاسخ‌های متفاوتی را از نظر عملکرد وش و درصد کیل به مقدار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم نشان دادند. با توجه به مثبت بودن اثر محلول‌پاشی سولفات پتاسیم بر اجزای عملکرد این رقم و ژنوتیپ‌ها، تفاوت در پاسخ آنها به محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ممکن است به دلیل ظرفیت‌های متفاوت رشد و عملکرد آنها باشد (رنگل و دومان، ۲۰۰۸). هووارد و گات‌می (۱۹۹۵) نیز عنوان نمودند که کاربرد برگی پتاسیم سبب افزایش میزان عملکرد وش در چین دوم و همچنین افزایش میزان عملکرد کل وش شده است. کاربرد برگی پتاسیم سبب افزایش دسترسی گیاه پنبه به پتاسیم شده و فراهمی این عنصر برای این گیاه سبب شده تا تسهیم آن در گیاه با سرعت بالاتری انجام گرفته و در نتیجه میزان عملکرد ژنوتیپ‌ها و رقم شایان به خصوص در مقادیر بالاتر کاربرد سولفات پتاسیم افزایش بیشتری یافته است.

## نتیجه‌گیری

شوری آب آبیاری یکی از چالشهای تولید پنبه در مناطق شور و کویری کشور می باشد. از این رو یافتن راه‌کارهای مناسب از قبیل انتخاب بهترین ژنوتیپ و کاربرد مواد خارجی می تواند گیاه را در تحمل شوری و افزایش عملکرد یاری نماید. در این مطالعه مشخص شد که شوری ضمن افزایش یونهایی از قبیل سدیم، کلر و کلسیم و کاهش میزان پتاسیم و در نتیجه با ایجاد اختلال بین تعادل پتاسیم به سدیم منجر به کاهش میزان عملکرد پنبه شد. این در حالی بود که محلول پاشی سولفات پتاسیم منجر به کاهش اثرات منفی شوری و افزایش میزان عملکرد وش شد. نتایج نشان داد در سال اول و دوم بیشترین میزان

عملکرد وش به ترتیب به میـزان ۳۹۱۸ و ۳۶۹۶ کیلـوگرم در هکتـار متعلـق بـه ژنوتیـپ ال ام ۱۳۰۳ در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس برمتر بود و کاربرد برگی سولفات پتاسیم نیز میزان عملکـرد وش را افـزایش داد؛ به طوری که بالاترین میزان عملکرد وش به مقدار ۳۰۱۶ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار کـاربرد ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود. براساس این نتایج مشخص شد که جهت بهبـود روابـط یـونی در پنبه و رسیدن به بالاترین میزان عملکرد می توان در شرایط شـوری آب منطقـه از رقـم ال ام ۱۳۰۳ و محلول پاشی سولفات پتاسیم بهره برد.

## References


1. Aghdasi, M., Kahe, B., and Bagherieh Najar, M. b. 2013. Physiological and molecular study of salinity resistance of two diploid and tetraploid cotton cultivars. Iranian Journal of Plant Biology, 4(13): 13-28. (in Persian with English abstract).
2. Chen, Y., Li, Y., Sun, P., Chen, G., and Xin, J. 2017. Interactive effects of salt and alkali stresses on growth, physiological responses and nutrient (N, P) removal performance of *Ruppia maritima*. Ecological Engineering, 104: 177–183.
3. Cuin, T.A., Tian, Y., Betts, S. A., Chalmandrier, R., and Shabala, S. 2009. Ionic relations and osmotic adjustment in durum and bread wheat under saline conditions. Functional Plant Biology, 36: 110-119.
4. Dehghane, M.A., Sanei, H., and Torabi, M. 2008. Investigated salinity in the field using a simulation SWAP model (A case study for the Rudasht area). Journal of Soil and Water, 21: 105-114.
5. Dewdar, M. D. H., and Rady, M. M. 2013. Influence of soil and foliar applications of potassium fertilization on growth, yield and fiber quality traits in two *Gossypium barbadense* L. varieties. African Journal of Agricultural Research, 8: 2211-2215.
6. Dorazdeh Emami, S., Atahi, Sh., El Dadi, M., and Yasmani, S. 1400. The effect of salinity stress on some mineral elements and biochemical characteristics of Zenian medicinal plant. to agricultural crops, 23(1): 139-127. (in Persian with English abstract).
7. El-Sharkawy, M.S., El-Beshsbeshy, T.R., Mahmoud, E.K., Abdelkader, N.I., Al-Shal, R.M. and Missaoui, A.M. 2017. Response of Alfalfa under Salt Stress to the Application of Potassium Sulfate Nanoparticles. American Journal of Plant Sciences, 8: 1751-1773.
8. Garcia-Lidon, J. M., Ortiz, J. M., GarciaLeqaz, M. F., and Cerda, A. 1998. Role of root stock and scion on root and leaf ion accumulation in lemon trees grown under saline condition. Fruits, 53: 89-97.

9. Gülsüm, Y., Ferit, Ö., Mahmut, Ç., and Ferit, S. 2018. Alleviation of salt stress by increasing potassium sulphate doses in four medicinal and aromatic plants, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, 68:5, 437-447,
10. Guo, H.J.; Huang, Z.J.; Li, M.Q.; Hou, Z.N. 2020. Growth, ionic homeostasis, and physiological responses of cotton under different salt and alkali stresses. Science Report, 10: 21844.
11. Jabeen, N., and Ahmad, R. 2011. Foliar application of potassium nitrate affects the growth and nitrate reductase activity in sunflower and safflower leaves under salinity. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici, 39(2): 172–178.
12. Jafar Aghaei, M., and Jalali, A.H. 2013. The effect of irrigation water salinity on yield and water use efficiency of three cotton cultivars. Production and technology magazine of agricultural and horticultural products., 2(5): 97-107. (in Persian with English abstract).
13. Jedi Hosseini, S. M., Galshi, S., Soltani, A., and Akram Qadri, F. 2016. Investigating the physiological characteristics of sensitive and tolerant cotton genotypes. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14(6): 32-41. (in Persian with English abstract).
14. Ju, F.Y.; Pang, J.L.; Huo, Y.Y.; Zhu, J.J.; Yu, K.; Sun, L.Y.; Loca, D.A.; Hu, W.; Zhou, Z.G.; and Wang, S.S. 2021. Potassium application alleviates the negative effects of salt stress on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield by improving the ionic homeostasis, photosynthetic capacity and carbohydrate metabolism of the leaf subtending the cotton boll. Field Crops Research, 272: 108288.
15. Karanjiki, A., and Mirghasemi, S. J. 2013. Comparison of yield and yield components of several cotton genotypes in a saline soil. The 13th National Congress of Agriculture. Karaj Seed and Seedling Institute. 6 pages. (in Persian).
16. Kaydan, D., Yagmur, M., and Okut, N. 2017. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarim Bilimleri Cergisi, 13(2): 114-119.
17. Khalili, M., Naqvi, M.R., and Talebzadeh, S. J. 2019. Investigating changes in morphological, physiological and biochemical traits in some canola cultivars under salt stress. Sciences of agricultural plants of Iran. 51(2): 15-28. (in Persian with English abstract).
18. Khan M. A., Shirazi, M. U., Khan, M. A., Mujtaba, S. M., Islam, E., Mumtaz, S., Shereen, A., Ansari, R. U., and Ashraf, M. Y . 2009. Role of proline, K+/Na+ ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat. Pakistan Journal of Botany, 41(2): 633- 638.
19. Mathuis, F.J.M., and Amtmann, A. 1999. K+ nutrition and Na+ toxicity: the basis of cellular K+/Na+ ratio. Annals of Botany, 84: 135-147.

20. Mian, A., Oomen, R.J., Isayenkov, S., Sentenac, H., Maathuis, F.J., and Very, A.A. 2011. Over-Expression of an Na+- and K+-Permeable HKT Transporter in Barley Improves Salt Tolerance. The Plant Journal, 68: 468-479.
21. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
22. Naderi, M., and Karimi, A. 2009. Studying salinity and land use changes for Rudasht region in Isfahan Plain using Landsat TM and MSS satellite data. Journal of Soil and Water, 22: 48-60.
23. Pandey, G.K.; and Mahiwal, S. 2020. Potassium in abiotic stress. In Role of Potassium in Plants; Pandey, G.K., Mahiwal, S., Eds.; Springer: Cham, Switzerland; pp. 45–49.
24. Pandey, M., and Penna, S. 2017. Time course of physiological, biochemical, and gene expression changes under short-term salt stress in *Brassica juncea* L. The Crop Journal, 5(3): 219-230.
25. Pettigrew, W.T .2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. Physiologia Plantaorum, 133(4): 670-681.
26. Rabhi, M. 2018.Physiological responses of *Carthamus tinctorius* to CaCl2 salinity under Mg-sufcient and Mg-defcient conditions. Flora, 246: 96–101.
27. Rengel, Z., and Damon, P.M. 2008. Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. Physiol. Plant, 133:624–636
28. Sadasivam, S., and Manickm, A. 2008. Biochemical Method. New Age International, 5: 270.
29. Samsam Shariat, H. 2016. Extraction and extraction of effective substances of medicinal plants and their identification and evaluation methods. Mani Publications, Isfahan, 258 pages. (in Persian).
30. Sardans, J., and Peñuelas, J. 2021. Potassium control of plant functions: Ecological and agricultural implications. Plants, *10*: 419.
31. Shabala, S., and Pottosin, I.I. 2010. Potassium and Potassium-Permeable Channels in Plant Salt Tolerance. In: Demidchik, V. and Maathuis, F., Eds., Ion Channels and Plant Stress Responses, Springer, Berlin, Heidelberg, 87-110.
32. Shabdin, M., Rezaei, M.A., Alishah, A., Mirghasemi, S.J., and Qaranjaki, A. 2018. Investigation of the effect of salinity stress on the accumulation of ions in seven cotton cultivars. Electronic Journal of Cotton and Fiber Plants, 1(1): 59-68. (in Persian with English abstract).
33. Shennan, C., Grattan, S.R., May, D.M., Hillhouse, C.J., Schachtman, D.P., Wander, M., Roberts, B., Tafoya, S., Burau, R.G., McNeish, C., and Zelinski, L. 1995. Feasibility of cyclic reuse of saline drainage in a tomato-cotton rotation. Journal of Environmental Quality, 24: 476-486.
34. Shi, X.L., Zhou, D.Y., Guo, P., Zhang, H., Dong, J.L., Ren, J.Y., Jiang, C.J., Zhong, C., Zhao, X.H., and Yu, H.Q. 2020. External potassium mediates the

response and tolerance to salt stress in peanut at the flowering and needling stages. Photosynthetica, *58*: 1141–1149.
35. Su, J. J., Wu, S., Xu, Z.J., Qiu, S., Luo, T.T., Yang, Y.M., Chen, Q.T., Xia, Y.Y., Zou, S., Huang, B.L., and Huang, B.Q. 2013. Comparison of salt tolerance in *Brassicas* and some related species. American Journal of Plant Sciences, 4: 1911-1917.
36. Tahmasabi, F., Hasibi, P., and Maskerbashi, M. 2009. Physiological investigation of the effect of irrigation with saline water from NaCl and CaCl2 sources on three rapeseed (*Brassica napus*) genotypes in Ahvaz weather conditions. Master's thesis. Chamran martyr of Ahwaz University. 114 pages. (in Persian with English abstract).
37. Talei, D., Mihdzar, A.K., Khanif, M.Y., Valdiani, A., and Puad, M.A. 2012. Response of king of bitters (*Andrographis paniculata* Nees.) seedlings to salinity stress beyond the salt tolerance threshold. Australian Journal of Crop Science, 6(6): 1059– 1067.
38. Tamam, A., Alham ed, A.M.F.A., and Hemeda, M.M. 2018. Study of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar Banysoif. Australian Journal of crop science, 1(3): 115-125.
39. Tupper, G.R., Calhoun, D.S., and Ebelhar, M.W. 1996. Sensitivity of early-maturing varieties to potassium deficiency. In Proceedings.
40. Turan, M.A., Elkiram, A.H.A., Taban, N., and Tban, S. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations in maize plant. African Journal of Agricultural Research, 4(9): 893- 897.
41. Wang, N. 2015. Physiological salinity tolerance mechanism for transport of K+ and Na+ ions in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings under salt stress. Cotton Science, 27(3): 208–215.
42. Wu, D. 2013. Ionomic responses and correlations between elements and metabolites under salt stress in wild and cultivated barley. Plant Cell Physiology, 54(12): 1976–1988.
43. Yang, C. 2007. Osmotic adjustment and ion balance traits of an alkali resistant halophyte *Kochia sieversiana* during adaptation to salt and alkali conditions. *Plant Soil*, 294(2): 263–276.
44. Yang, J.S.; Hu, W., Zhao, W.Q., Chen, B.L., Wang, Y.H., Zhou, Z.G., and Meng, Y.L. 2016. Fruiting branch K+ level affects cotton fiber elongation through osmoregulation. Frontirs in Plant Science, *7*(13): 1-18.
45. Yang, Y., and Guo, Y. 2017. Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt-stress responses. New Phytology, 217: 523–539.
46. Zhang, Y.H., Fang, J.P., Wu, X.B., and Dong, L.Y. 2018. Na+/K+ balance and transport regulatory mechanisms in weedy and cultivated rice (*Oryza sativa* L.) under salt stress. BMC Plant Biology, 18(375): 1-13.

47. Zhu, J., Sun, L., Ju, F., Wang, Z.; Xiong, C., Yu, H., Yu, K., Huo, Y.; Khattak, W.A.; and Hu, W. 2022. Potassium Application Increases Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Fiber Length by Improving K+/Na+ Homeostasis and Potassium Transport Capacity in the Boll-Leaf System under Moderate Salinity. Agronomy, 12: 2962-2975.
48. Abdelraheem, A., Esmaeili, N.O.,'Connell, M., and Zhang, J. 2019. Progress and perspective on drought and salt stress tolerance in cotton. Industrial Crops and Products, 130: 118–129.

**Iranian Journal of Cotton Researches**
**Vol. 10, No. 1, 2021**
**www.jcri.ir**

# Effect of foliar application of potassium sulphate on tissue elements and yield of cotton genotypes under saline irrigation conditions

**Majid Jafaraghaei**
Agricultural and Natural Resources Research Center, Isfahan

Received: 18.2.2023 ; Accepted: 9.5.2023

**Abstract**[2]

**Background and objectives:** Saline conditions and especially saline water can interfere with the uptake of ions by plants and lead to a decrease in crop yields. On the other hand, the application of potassium sulfate under these conditions reduces the negative effects of salt stress and leads to an increase in crop yield. Therefore, this study was conducted to investigate the effects of saline water irrigation on ionic ratios and yield of cotton in a two-year trial at Rudasht Salinity Research Station, Isfahan.

**Materials and methods:** This experiment was conducted as a factorial split-plot design with four replications in a randomized block design. In this experiment, main plots include irrigation treatments of 4 (control), 8 and 12 ds.m-1 and sub-plots include factorial combination of three genotypes (mutant genotype LM 1673, LM 1303 and Shayan) with foliar sprays of potassium sulfate at three rates of 2, 4 and 6 kg per 1000 liters of water per hectare with control treatment.

**Results:** The results showed that the effect of salinity treatments and cultivar and the interaction effect of year*salinity*number of spray solutions were significant on the amount of calcium in stems and leaves, chlorine in stems and leaves, potassium in stems and leaves, sodium in stems and leaves, and yield. The effect of potassium sulfate foliar spraying on calcium in stem, chlorine in leaf, potassium in stem and leaf, sodium in stem and leaf, and yield was also significant. In the two experimental years, increasing the salinity of the irrigation water resulted in an increase in the content of elements such as calcium, sodium and chlorine in the stems and leaves, but a decrease in the content of potassium. The results showed that in the first year of the experiment, the highest calcium content in the stem occurred with 4.1 mg.g-1 when treated with an irrigation salinity of 12 ds.m-1 in the genotype LM 1303 and a foliar spray of 6 kg.ha-1 potassium sulfate. In the second year, the amount of calcium in stem and leaf tissue of cotton was obtained in irrigation treatment with water with salinity 12 ds.m-1 and variety LM 1303 in foliar treatment with 4 kg.ha-1 potassium sulfate (3.16 mg.g-1) and foliar application of 6 kg.ha-1 potassium sulfate (4.33 mg.kg-1), respectively. In the first year of the experiment, the highest chlorine content in

*Corresponding author; majidjafaraghaei@yahoo.com

the stem was 23.4 mg.g-1 under irrigation conditions with saline water of 12 ds.m-1 and in the cultivar LM 1303 with foliar spray of 4 kg.ha-1 potassium sulfate. In the second year, the chlorine content of the cotton stem and leaves was measured when irrigated with water with a salinity of 12 ds.m-1 and the variety LM 1303 when foliar treated with 4 kg/ha of potassium sulfate (3.23 mg.g-1) and the solution spraying of 6 kg.ha-1 of potassium sulfate (5.92 mg.kg-1), respectively. In both years, potassium content in stems and leaves decreased with the increase in salinity of irrigation water, while foliar application of potassium sulfate led to its decrease. In the first and second year, the highest cotton yield of 3918 and 3696 kg ha-1, respectively, was obtained with genotype LM 1303 at salinity of 4 ds.m-1. Foliar application of potassium sulfate also increased the yield of sorghum, so that the highest yield of 3016 kg.ha-1 was obtained with application of 6 kg.ha-1 potassium sulfate.

**Conclusion:** The results show that the yield of genotype LM 1303 increased under saline and non-saline conditions by foliar application of potassium sulfate. Therefore, it can be said that the variety LM 1303 and foliar application of potassium sulfate can be used to improve ionic ratios in cotton and obtain the highest cotton yield under saline conditions in the region.

***Keywords*:** Solution spraying, Ionic relations, Salinity, Yield