

بررسی امکان افزایش تولید علوفه سورگوم در شرایط شور با استفاده

از کربنات کلسیم

مهرداد یارنیا^۱

چکیده

به دلیل اهمیت و گستردگی شوری آب و خاک و افزایش قابل ملاحظه این گونه اراضی، همچنین نیاز روزافزون کشور به علوفه و پتانسیل تولید بالای سورگوم علوفه‌ای پژوهشی جهت ارزیابی تأثیر سطوح مختلف کربنات کلسیم بر تولید علوفه ارقام سورگوم در شرایط آبیاری با آب شور در گلخانه، تحت شرایط گلدانی و سیستم هیدروپونیک انجام شد. آزمایش با استفاده از طرح فاکتوریل با بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۲ رقم سورگوم علوفه‌ای به نام‌های KFS_3 و Jumbo و پنج سطح شوری آب آبیاری شامل صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار NaCl و ۴ سطح کربنات کلسیم شامل صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. با افزایش میزان شوری صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه و اندام هوایی، بیوماس، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه، نسبت وزن برگ و نسبت وزن برگ به ساقه کاهش نشان داده ولی با افزایش میزان کربنات کلسیم در هر سطح شوری میزان ارتفاع بوته، سطح برگ، نسبت وزن اندام هوایی به ریشه، نسبت وزن برگ به وزن ساقه در هر دو رقم افزایش معنی‌داری نشان داد. همچنین ارقام با استفاده از کربنات کلسیم توانستند وزن خشک اندام‌های هوایی و بیوماس بیشتری تولید نمایند. میزان افزایش تمام صفات به غیر از ارتفاع بوته و سطح برگ در رقم KFS_3 بیشتر از رقم Jumbo بود. رقم KFS_3 نسبت به رقم Jumbo از توان بهره‌برداری بیشتری از کلسیم در شرایط بدون شوری دارد. میزان افزایش عملکرد علوفه در شرایط شور با مصرف کربنات کلسیم نسبت به شرایط بدون مصرف کربنات کلسیم حداقل ۷۱/۸٪ در رقم KFS_3 و حداکثر ۱۱۲/۱٪ در رقم Jumbo بود بدین ترتیب مصرف کربنات کلسیم می‌تواند در بالا بردن تولید علوفه در شرایط شور مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: شوری آب و خاک، کربنات کلسیم، ارقام سورگوم علوفه‌ای

مقدمه

گیاهان در طبیعت در طی مراحل زندگی خود ممکن است در معرض انواع تنش های محیطی قرار بگیرند. مقاومت در برابر تنش شامل کاهش تنش یا اجتناب از تنش و تحمل تنش می باشد. این دو همان پاسخ دینامیکی گیاه در برابر تنش می باشند (۱۳). شوری منابع آب و خاک یکی از اساسی ترین مشکلات کشاورزی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک است که بیش از ۲۵٪ سطح زمین را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می دهد و بر اساس آمار موجود ۱۶/۸٪ از سطح زمین را کویرها، ۱۶/۹٪ را استپ ها و ۲۳٪ را مرغزارها فرا گرفته اند. آب و هوای خشک و نیمه خشک در تشکیل خاک های شور مناطق مختلف سهم است (۸).

مناطق شور به وسیله حضور غیر طبیعی و مقادیر زیاد نمک های محلول ایجاد شده است. محتوای نمک خاک به وسیله پخش شدن، شسته شدن با آب باران، نمک های حل شده از تخریب و انحلال سنگ بستر و تبخیر از سطح خاک و تعرق گیاهی افزایش می یابد حتی زهکشی ضعیف در مناطق زراعی نیز می تواند موجب بالا آمدن سفره های آبی به نزدیک سطح زمین و شور شدن خاک شود (۱۹).

هیدرولوژیست ها مساحت آب های موجود در سطح زمین را $۱۰^6 * ۳۶۱$ کیلومتر مربع تخمین زده اند که ۹۶/۴٪ آن را آب های شور تشکیل داده است. استفاده نامناسب از آب های شور ۳۰ میلیون هکتار از ۲۳۷ میلیون هکتار اراضی کشاورزی فاریاب را به شدت تخریب کرده و حدود ۸۰ میلیون هکتار را با شدت های متفاوت تحت تأثیر

خود قرار داده است. آبیاری به ندرت با آبی انجام می شود که فاقد بعضی از نمک ها باشد، بنابراین در نهایت این نمک ها تا زمانی که مدیریت سیستم های آبیاری نتواند آن ها را از طریق آب شویی از پروفیل خاک خارج نماید، در خاک تجمع حاصل می نمایند. شور شدگی متناسب با توسعه آبیاری در حال افزایش می باشد. بر اساس گزارش FAO بیش از ۴۰ درصد از اراضی تحت آبیاری ایران در معرض شوری ثانویه قرار دارند (۲۰).

شوری خاک مخصوصاً در نواحی کم بارانی که تبخیر از سطح خاک بیشتر از مقدار باران فرورفته در خاک در طی یک سال می باشد، افزایش می یابد. در بعضی از شرایط حتی در صورت مناسب بودن کیفیت آب، ممکن است آبیاری منجر به تجمع نمک در حدی باشد که برای گیاهان مضر شود (۱۸). از طرف دیگر، به علت افزایش سطح زیر کشت، ضرورت هر چه بیشتر استفاده از منابع آب های موجود از جمله آب های شور و غیر شور بیشتر احساس شده و مصرف این گونه آب ها توسط زارعین رایج گردیده است، همچنین منابع عظیمی از آب های سطحی و زیرزمینی شور و نیمه شور وجود دارند که اگرچه در حال حاضر مورد استفاده نیستند احتمالاً در آینده از آن ها بهره برداری خواهد شد. رودخانه های جراحی و هنديجان در خوزستان، شاپور و دالکی در استان بوشهر، آجی چای در آذربایجان و بسیاری از منابع آب های زیرزمینی از این جمله می باشند (۱).

مسمومیت ناشی از املاح در نتیجه تنش اسمزی، تنش کمبود مواد غذایی، تخریب غشای سلولی و

می‌توانند برخلاف شیب غلظت پتاسیم را جذب نمایند و ثابت شده است که کلسیم برای نگهداشتن سلامت غشاهای سلولی لازم است (۹). عمده فعالیت کلسیم مربوط به توانایی آن برای پیوند کوردینانس می‌باشد که اتصال پایدار ولی قابل برگشت بین مولکولی را به وجود می‌آورد. این اعمال در بسیاری از موارد در دیواره های سلولی و غشاء پلاسما تحقق می‌یابند (۱۵).

شوری بر روی جذب و انتقال کلسیم تأثیر می‌گذارد لذا گیاهان علایم کمبود کلسیم را به‌ویژه در ژنوتیپ‌های حساس به وضوح نشان می‌دهند (۹). از آنجایی که Na^+ در غشاء پلاسما با Ca^{2+} جایگزین می‌شود بنابراین نسبت بالای $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ متصل به قسمت آپوپلاستی غشا ممکن است از همان اوایل فیزیولوژی و اعمال غشا را تحت تأثیر قرار دهد. اثرات مرتبط با Na^+ در هموستازی Ca^{2+} می‌تواند از طریق تغییر در سیالیت غشاء پلاسما در کل و فعالیت کانال‌های انتقال، پمپ‌های Ca^{2+} ATPase، قرار گرفتن در غشاء پلاسما و یا از طریق اثر متقابل مستقیم Na^+ و Ca^{2+} در مکان‌های درون سلولی مربوط به جذب بسیار سریع Na^+ در خلال غشاء پلاسما قابل توجه می‌باشد (۱۷).

اضافه کردن Ca^{2+} به محیط بیشتر از خثی کردن اثرات اسموتیک مرتبط با تنش شوری، اثرات مخرب نمک را احتمالاً از طریق تخفیف اثرات سمی یون‌های Na^+ کاهش می‌دهد. نسبت $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ یا $\text{Ca}^{2+}/(\text{Na}^+)_2$ در محیط ریشه شاخص واقعی تری برای تنش شوری در مقایسه

یا تغییر در فعالیت آنزیمی و متابولیسمی اتفاق می‌افتد. اثرات غیر مستقیم تجمع نمک نیز از طریق بهم زدن توازن مواد غذایی خاک، اثر بر میکروارگانیسم‌ها و تخریب ساختمان فیزیکی خاک است. طبیعتاً کلیه این عوامل بر رشد گیاه مؤثر است و میزان این تأثیر به درجه حساسیت گیاه بستگی دارد. در مجموع بسیاری از عوامل مربوط به گیاه، خاک و آب و محیط با یکدیگر عمل کرده و برعکس العمل یک گیاه نسبت به شوری اثر می‌گذارند (۵). گیاهان در شرایط شور مواجه با دو وضعیت خاص می‌باشند:

۱- می‌باید املاح از جمله NaCl را برای تنظیم اسمزی در واکوئل‌های سلول‌ها جذب نمایند. در همین زمان بایستی مقدار NaCl سیتوپلاسم را که مسیر حرکت املاح به واکوئل می‌باشد در حد پایین نگه دارند.

۲- می‌باید به‌صورت کارآمدی از جذب کلرور سدیم اضافی موجود در جریان تعرق ممانعت نموده تا از تجمع آن‌ها در حد خسارت‌زا در سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌های گیاهی جلوگیری نمایند. ورود نمک مخصوصاً به اندام‌های انتهایی یعنی برگ‌ها بایستی کنترل شود. هرگونه نمک موجود در آب وارد شده به برگ‌ها از راه سیستم آوند چوبی یا باید در آنجا باقی بمانند یا از طریق آوند آبکش به ریشه برگردند که سیستم برگشت راندمان چندانی ندارد (۱۰).

غشاء سلولی سلول‌های ریشه نفوذپذیری کمی در برابر سدیم دارد ولی همین سلول‌ها

می‌تواند با نسبت $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ برابر با ۵/۷ اصلاح نماید (۱۶). گلن و همکاران (۱۹۹۷) در آزمایشی اثرات کلسیم، منیزیم و NH_4 را روی مقاومت به شوری در گندم بررسی کرده و آن‌ها اعلام کردند که با افزودن CaSO_4 و MgSO_4 و NH_4 درصد عملکرد نسبت به حالت شاهد (تغذیه با محلول هوگلند) افزایش می‌یابد. در شرایط وجود غلظت‌های بالای نمک در محلول با افزایش غلظت CaSO_4 رشد و عملکرد افزایش می‌یابد (۱۰).

تحقیقات یارنیا (۱۳۸۴) نشان داد که ارقام متحمل یونجه از توانایی بهتری در استفاده از کلسیم تکمیلی در محیط شور دارند. در ارقام حساس نیز وجود کلسیم تکمیلی در محیط وضعیت رشدی را بهبود بخشیده ولی عکس العمل آن‌ها نسبت به ارقام متحمل کمتر است. آزمایش او نشان داد که مصرف کربنات کلسیم می‌تواند در بالا بردن عملکرد در شرایط شور مؤثر واقع شود. او میزان افزایش عملکرد را حداقل ۹/۴۶٪ در رقم گلستان (۲۰۳۱۳) و حداکثر ۳۶/۳۵٪ در رقم فائو (۲۵۶۶) گزارش نمود (۲).

امروزه استقلال سیاسی و اقتصادی کشورها در گرو توانایی آن‌ها در تولید مواد غذایی است. صحبت از غذا امروزه به‌عنوان یک اسلحه جهانی است. فرآورده‌ها و محصولات کشاورزی روز به روز حالت استراتژیک بیشتری به خود می‌گیرند و در چنین جهانی فکر و برنامه و تلاش و نگاهی نگران با چشم اندازی به وسعت دنیا می‌طلبد. رشد روز افزون جمعیت و توزیع نامتعادل تولید مواد غذایی قسمت زیادی از دنیا را مواجه با خطر

با غلظت Na^+ به تنهایی باشد. افزودن کلسیم به محیط می‌تواند اثرات Na^+ را در مختل کردن هموستازی کلسیم سلولی را بی‌اثر کند. همچنین اضافه کردن کلسیم از طریق تغییر جذب به نفع K^+ موجب تغییر نسبت K^+/Na^+ می‌شود. بهبود و انسجام غشاهای سلولی نیز که توسط Ca^{2+} انجام می‌شود موجب کاهش نشت از سلول‌های ریشه می‌گردد. مجموعه این عوامل K^+/Na^+ را افزایش می‌دهد (۶).

در مرکبات رشد کرده در شرایط شور افزایش کلسیم منجر به کاهش جذب سدیم موجود در آب توسط ریشه‌ها می‌گردد (۴).

هانگ و ردمن (۱۹۹۵) گزارش کردند که اضافه کردن کلسیم در سیستم هیدروپونیک رشد خردل وحشی را بیشتر از کلزا بهبود می‌بخشد (۱۲).

کرامر و همکاران (۱۹۸۶) طی آزمایشی اعلام کردند که افزایش شوری از منبع NaCl مقدار Ca^{2+} متصل به غشاء پلاسما در ریشه‌های موئین پنبه را کاهش داد و از جریان $^{45}\text{Ca}^{2+}$ influx در ریشه اصلی پنبه ممانعت به عمل آورد (۷). لینچ و لوچلی (۲۰۰۲) نیز در جریان بررسی شوری در ذرت اعلام کردند که شوری مقدار Ca^{2+} متصل به غشای داخلی را در پروتوپلاست ذرت کاهش می‌دهد. آن‌ها همچنین اعلام کردند که شوری از صدور $^{45}\text{Ca}^{2+}$ در جو ممانعت می‌کند. آن‌ها بیان کردند که به احتمال زیاد این امر به مداخله در بارگیری فعال Ca^{2+} در آوندهای چوبی مربوط می‌شود (۱۴).

مس و گریو (۱۹۸۷) گزارش کردند که در محیط شور، Ca^{2+} اثرات NaCl را بر گیاه

کنترل شده مجهز به سیستم تهویه اجرا گردید. برای انجام آزمایش گلدان‌هایی یکسان با حجم ۹ لیتر با قطر دهانه ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و به تعداد پلات‌های آزمایش انتخاب و تا نزدیک دهانه گلدان‌ها از پرلیت دانه ریز (جهت ایجاد محیطی برای استقرار بوته‌ها) به میزان حدود ۷۰۰ گرم و با ظرفیت مزرعه‌ای ۰.۵۹٪ پر شد.

در شرایط آبکشت از محلول غذایی هوگلند و جهت اعمال تیمارهای شوری در آب آبیاری از NaCl خالص به‌عنوان نمک غالب اکثر خاک‌های شور استفاده گردید. تیمارهای شوری در این آزمایش در ۵ سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl تعریف و در محلول هوگلند اعمال شد. تیمار صفر نیز محلول هوگلند فاقد NaCl تعریف شد. جهت بررسی تأثیر کلسیم از CaCO_3 در چهار سطح صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده گردید. آزمایش بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و به‌صورت فاکتوریل اجرا گردید.

پس از کاشت پلات‌های آزمایشی (۱۲۰ گلدان)، آبیاری با آب مقطر در تمام تیمارها به منظور جوانه‌زنی انجام شد. آبیاری با محلول هوگلند در اوایل دوره رشد با فواصل بیشتر و حجم کمتر انجام گرفت که به تدریج از فواصل آبیاری کاسته شده و بر حجم محلول‌های مصرفی اضافه گردید. در طول دوره آزمایش متوسط آب گلدان‌ها بین ۸۰ الی ۹۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای نگهداری شدند.

گرسنگی کرده است. به‌منظور برقراری این توازن اقداماتی از قبیل احیا و اصلاح مراتع، تأمین آب و مهار سیلاب‌ها، استفاده و توسعه گونه‌ها و ارقام مختلف متحمل و سازگار به شرایط محیطی بالاخص خشکی و شوری، غنی‌سازی مواد خشبی، استفاده از محصولات فرعی صنایع کشاورزی و غذایی و تعیین ارزش غذایی مواد خوراکی برای استفاده صحیح‌تر از آن‌ها و تغذیه دام بر اساس مواد مغذی مورد نیاز و انتخاب گیاه مناسب از اهمیت خاصی برخوردار است (۱).

لذا این پژوهش با هدف بررسی تأثیر مصرف سطوح مختلف کربنات کلسیم بر رشد و عملکرد ارقام سورگوم علوفه‌ای در شرایط آبیاری با آب شور انجام شده است. به‌منظور بررسی دقیق اثر تنش شوری و کنترل میزان کلسیم مصرفی بر روی صفات مورد نظر آزمایش به‌صورت آبکشت با بستر پرلیت انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر مصرف کربنات کلسیم در شرایط شور بر روی رشد و عملکرد سورگوم علوفه‌ای و عکس‌العمل ارقام حساس و متحمل در این شرایط، ۲ رقم سورگوم به‌نام‌های KFS_3 و Jumbo به ترتیب به‌عنوان ارقام متحمل و حساس به شوری مورد آزمایش قرار گرفتند (۱). به‌منظور کاهش اثرات محیطی و جلوگیری از اثرات متقابل عناصر مختلف موجود در بافت خاک بر نتایج آزمایش، بررسی در محیط رشد کنترل شده تحت شرایط آبکشت انجام شد، به این منظور آزمایش در شرایط گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز در محیطی

جدول ۱- نشان دهنده میزان مصرف NaCl و CaCO₃ در تیمارهای مختلف می باشد.

تیمار کودی	CaCO ₃ g.pot ⁻¹	تیمار شوری	NaCl g.lit ⁻¹
C0	صفر	S0	صفر
C1	۰/۲۵	S1 NaCl	۲/۹۲۵
C2	۰/۵	S2 NaCl	۵/۸۴۴
C3	۰/۷۵	S3 NaCl	۸/۷۶۹
-	-	S4 NaCl	۱۱/۶۸۸

بین ارقام سورگوم علوفه ای، تیمارهای شوری، سطوح مختلف کربنات کلسیم مصرفی و اثرات متقابل آن‌ها می باشد (جدول ۲).

مصرف کلسیم در شرایط بدون شوری منجر به افزایش میزان صفات بررسی شده گردید. میزان افزایش تمام صفات به غیر از ارتفاع بوته و سطح برگ در رقم KFS₃ بیشتر از رقم Jumbo بود. بنابراین رقم KFS₃ از توان بهره برداری بیشتری از رقم Jumbo در استفاده از کلسیم در شرایط بدون شوری دارد. مصرف کلسیم در شرایط شور منجر به کاهش میزان افت صفات بررسی شده در هر دو رقم نسبت به عدم مصرف آن گردید با این حال حتی در شرایط مصرف کود میزان افت صفات بررسی شده در رقم Jumbo به مراتب بیشتر از رقم KFS₃ بود (جدول ۲).

به منظور کاهش اثرات محیطی بر روی مواد آزمایشی هر ماه یکبار مکان گلدان‌ها به صورت دوره‌ای در گلخانه تعویض شد.

با ظهور گل آذین و نشانه‌های آن در تعدادی از گلدان‌ها که مصادف با ۱۱۳ روز پس از شروع آزمایش بود اقدام به برداشت نهایی بوته‌ها شد. به منظور تعیین تأثیر کربنات کلسیم بر تحمل به شوری ارقام مورد بررسی، صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ و ساقه، بیوماس، ارتفاع بوته، سطح برگ، نسبت وزن ریشه به وزن اندام هوایی، نسبت وزن برگ به وزن ساقه و نسبت برگ به اندام هوایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین صفات و تهیه جداول تجزیه واریانس از نرم افزار MSTATC و برای محاسبات رگرسیونی و همبستگی بین صفات و رسم منحنی‌ها از نرم افزار HARVARD GRAPH 98 استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مشاهدات حاصل از صفات مختلف نشان‌دهنده وجود اختلافات معنی‌داری در

جدول ۲

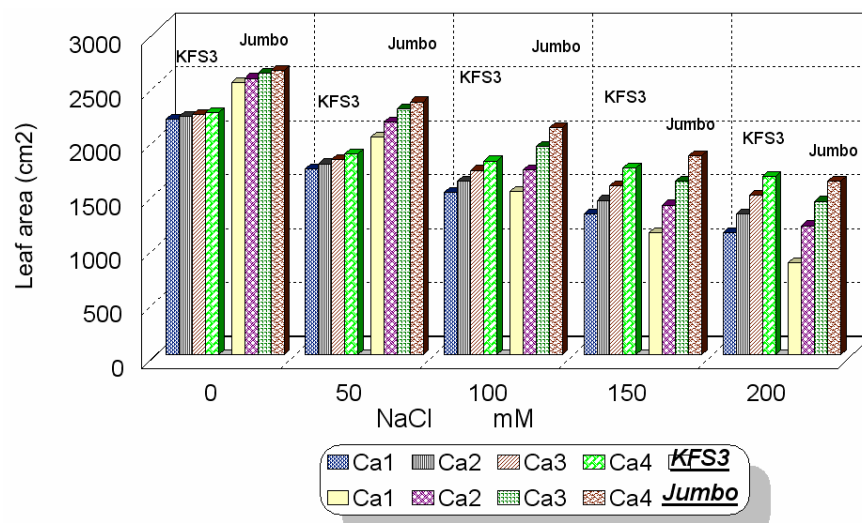
کلسیم مصرفی از افت سطح برگ در اثر افزایش شوری نیز کاسته شد با این حال میزان افت سطح برگ حتی در شرایط مصرف کربنات کلسیم در اثر افزایش شوری در رقم Jumbo بیشتر از رقم KFS_3 بوده، به طوری که میزان افت سطح برگ در شرایط مصرف 150 kg.ha^{-1} کربنات کربنات کلسیم در شوری ۲۰۰ میلی مولار نسبت به شرایط بدون شوری در رقم Jumbo، ۳۹٪ و در رقم KFS_3 ، ۲۶/۲٪ بود.

مصرف 150 kg.ha^{-1} کربنات کلسیم در شرایط بدون شوری باعث افزایش سطح برگ به میزان ۳٪ در رقم KFS_3 و ۴/۳٪ در رقم Jumbo گردید که نشان دهنده عکس العمل بهتر رقم Jumbo از مصرف کود در شرایط بدون شوری می باشد با افزایش شوری نیز این برتری در بهره برداری از کربنات کلسیم توسط رقم Jumbo حفظ شده به طوری که در شوری ۲۰۰ میلی مولار NaCl، مصرف 150 kg.ha^{-1} کربنات کربنات کلسیم ۴۶/۷٪ سطح برگ رقم Jumbo و ۳۱/۵٪ سطح برگ رقم KFS_3 را نسبت به عدم مصرف کربنات کلسیم افزایش داد. مصرف کلسیم در محیط شور موجب کاهش لکه های کلروزه در برگ ها که نشانه بارز کمبود کلسیم به شمار می رود، می شود. بنابراین در شرایط شور به شرط تأمین بودن کلسیم مورد نیاز کاهش سطح کمتر می شود. این موضوع توسط هانگ و ردمن (۱۹۹۵) و مس و گریو (۱۹۸۸) نیز گزارش شده است (۱۲ و ۱۶) (شکل ۱).

افزایش کربنات کلسیم در سطوح مختلف شوری تأثیر غیر معنی داری بر روی ارتفاع بوته ارقام سورگوم علوفه ای داشت. مقایسه میانگین ارتفاع بوته ارقام در شوری ها و سطوح مختلف کربنات کلسیم نشان داد که بین سطوح مختلف کربنات کلسیم اختلاف غیر معنی داری وجود دارد. رقم KFS_3 علیرغم دارا بودن ارتفاع کمتر در شرایط شاهد با وجود کاهش ارتفاع، به دلیل افزایش کلسیم در محیط توانسته است بیشترین ارتفاع را ایجاد نماید. افزایش ارتفاع بوته ناشی از بهبود متابولیسم سلولی و افزایش رشد سلول ها در حضور یون کلسیم می تواند باشد. این مطلب توسط آوادا و همکاران (۱۹۹۵) در مورد اثرات یون کلسیم ناشی از منابع مختلف در لوبیا نیز گزارش شده است (۳).

تیمارهای آزمایش بر روی سطح برگ اثرات معنی داری نشان داد. با افزایش شوری از شرایط بدون شوری تا شوری ۲۰۰ میلی مولار NaCl میزان سطح برگ در هر دو رقم سورگوم علوفه ای کاهش می یابد. میزان کاهش سطح برگ در رقم Jumbo بیشتر از رقم KFS_3 بود، به طوری که این افت برای رقم KFS_3 ، ۴۸٪ و برای رقم Jumbo ۶۶/۱٪ بود.

با افزایش میزان کربنات کلسیم در هر سطح شوری میزان سطح برگ در هر دو رقم افزایش معنی داری نشان داده که این افزایش در رقم Jumbo در تمام سطوح شوری بیشتر از رقم KFS_3 بود. بدین ترتیب با افزایش میزان کربنات



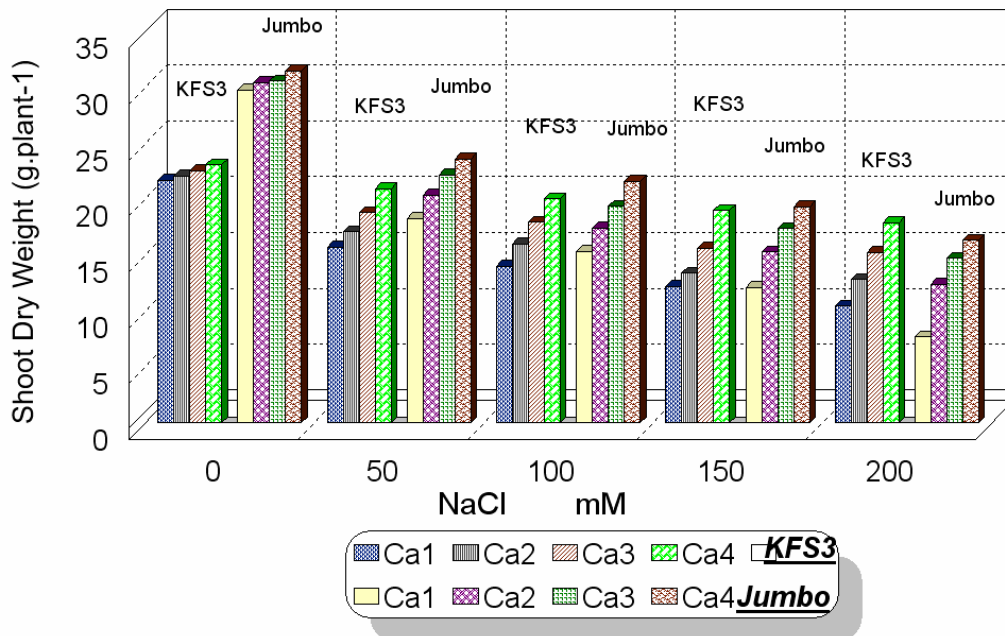
شکل ۱- تأثیر کربنات کلسیم بر سطح برگ در شوری های مختلف در دو رقم سورگوم علوفه ای

(LSD = 50/50)

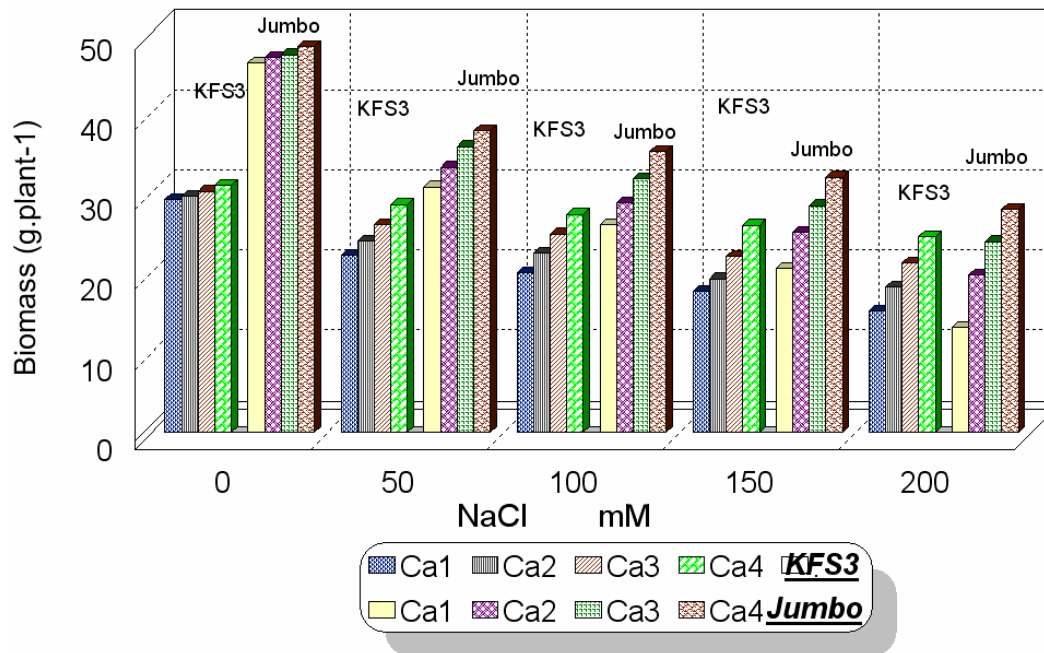
نسبت به بدون مصرف کلسیم معادل ۷۱/۸٪ در وزن خشک اندام هوایی افزایش نشان داد در حالی که افزایش در رقم Jumbo معادل ۱۱۲/۱٪ بود.

می توان گفت که رقم KFS₃ تا شوری ۱۰۰ میلی مولار نسبت به رقم Jumbo علیرغم افزایش کمتر وزن خشک اندام هوایی در اثر مصرف کلسیم بهره برداری بیشتری از کلسیم مصرفی نموده ولی در شوریه های ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار Jumbo ضمن حفظ افزایش بیشتر وزن خشک اندام هوایی نسبت به رقم KFS₃ از کلسیم مصرف شده بهره برداری بیشتری نیز در افزایش وزن خشک اندام هوایی نموده است. نتایج حاصل از بررسی های هانگ و ردمن (۱۹۹۵) نیز نشان داد که ارقام وحشی و زراعی جو نیز عکس العمل های مختلفی در بهره برداری از کلسیم در محیط های شور دارند و ارقام زراعی جو پتانسیل استفاده بیشتری از کلسیم را نشان می دهند (۱۲) (شکل ۲).

افزایش کربنات کلسیم در سطوح مختلف شوری تأثیر معنی داری بر روی وزن خشک اندام هوایی ارقام سورگوم علوفه ای داشت. با افزایش شوری از شرایط بدون شوری تا شوری ۲۰۰ میلی مولار NaCl، میزان وزن خشک اندام هوایی در هر دو رقم سورگوم علوفه ای با اختلاف معنی داری کاهش یافت. میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی در رقم Jumbo بیشتر از رقم KFS₃ بود، به طوری که میزان افت وزن خشک اندام هوایی در رقم KFS₃، ۵۱/۹٪ و در رقم Jumbo ۷۴/۲٪ بود که نشان دهنده تحمل بیشتر رقم KFS₃ در شرایط شور نسبت به رقم Jumbo می باشد. با افزایش شوری در هر دو رقم میزان بهره برداری از کلسیم مصرفی به منظور افزایش وزن خشک اندام هوایی به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافت به طوری که میزان افزایش وزن خشک اندام هوایی در شرایط بدون شوری با مصرف کلسیم در رقم KFS₃ ۶/۴٪ و در رقم Jumbo ۵/۹٪ بود. به همین ترتیب رقم KFS₃ در شوری ۲۰۰ میلی مولار با مصرف ۱۵۰ kg.ha⁻¹ کربنات کلسیم



شکل ۲- تأثیر کربنات کلسیم بر وزن خشک اندام هوایی در شوری های مختلف در دو رقم سورگوم علوفه ای (LSD = 0/8299)



شکل ۳- تأثیر کربنات کلسیم بر بیوماس تولیدی در شوری های مختلف در دو رقم سورگوم علوفه ای (LSD = 1/556)

را نسبت به سایر سطوح مصرف کلسیم باعث شده و افزایش وزن خشک ریشه در کلیه سطوح شوری در اثر مصرف کلسیم در رقم Jumbo بیشتر از رقم KFS₃ بود. با افزایش مصرف کلسیم در هر سطح شوری وزن خشک ریشه در هر دو رقم افزایش معنی داری نشان داد و میزان بهره برداری از کلسیم مصرفی به منظور افزایش وزن خشک ریشه مخصوصاً با افزایش شوری در هر دو رقم افزایش معنی داری یافت به طوری که میزان افزایش وزن خشک ریشه در شوری ۲۰۰ میلی مولار در اثر مصرف کلسیم در رقم KFS₃ ۳۷/۷٪ و در رقم Jumbo ۱۱۳/۵٪ بود در حالی که میزان افزایش وزن خشک ریشه در شرایط بدون شوری با مصرف کلسیم در رقم KFS₃ ۵/۳٪ و در رقم Jumbo ۲/۳٪ بود.

در مجموع وزن خشک ریشه رقم Jumbo در کلیه سطوح شوری به مراتب بیشتر از رقم KFS₃ بوده و این اختلاف با افزایش مصرف کلسیم بیشتر گردید. البته تغییرات وزن خشک ریشه نسبت به وزن خشک اندام های هوایی به مراتب کمتر بود (شکل ۴). نتایج کرامر و همکاران (۱۹۸۶) در ارتباط با کاهش رشد ریشه در شرایط شور و تأثیر مثبت کلسیم بر آن و بانولز و همکاران (۱۹۹۷) در ارتباط با عکس العمل های رشدی گیاه به شوری نیز این مطالب را تأیید می کنند (۶ و ۴).

با افزایش شوری از شرایط بدون شوری تا شوری ۲۰۰ میلی مولار نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی در هر دو رقم سورگوم علوفه ای افزایش می یابد. میزان افزایش در رقم KFS₃ نسبت به رقم Jumbo بود، به طوری که

با افزایش مصرف کلسیم در هر سطح شوری بیوماس تولیدی در هر دو رقم افزایش معنی داری نشان داد لذا میزان بهره برداری از کلسیم مصرفی به منظور افزایش بیوماس با افزایش شوری در هر دو رقم افزایش یافته است، به طوری که رقم KFS₃ در شوری ۲۰۰ میلی مولار با مصرف کلسیم نسبت به شرایط عدم مصرف کلسیم در بیوماس افزایشی معادل ۱۶/۱٪ نشان داد که این افزایش در رقم Jumbo معادل ۱۱۲/۷٪ است در حالی که میزان افزایش بیوماس در شرایط بدون شوری با مصرف کلسیم در رقم KFS₃ ۶/۱٪ و در رقم Jumbo ۴/۶٪ بود.

در رقم Jumbo علیرغم افت بیشتر بیوماس در اثر شوری نسبت به رقم KFS₃، بیوماس بیشتری نسبت به این رقم مخصوصاً با مصرف کربنات کلسیم تولید می شود. افزایش تولید محصول و میزان ماده خشک در ارقام جو با مصرف کلسیم در شرایط شور در گزارشات هانگ و ردمن (۱۹۹۵) نیز وجود دارد (۱۲) (شکل ۳).

با افزایش شوری از شرایط بدون شوری تا شوری ۲۰۰ میلی مولار NaCl وزن خشک ریشه در هر دو رقم سورگوم علوفه ای با اختلاف معنی داری کاهش یافت. میزان کاهش وزن خشک ریشه در رقم Jumbo به غیر از شرایط بدون شوری در کلیه سطوح شوری بیشتر از رقم KFS₃ بود، افت وزن خشک ریشه با افزایش شوری به ۲۰۰ میلی مولار نسبت به شرایط بدون شوری در رقم KFS₃ ۳۵/۸٪ و در رقم Jumbo ۶۷٪ بود.

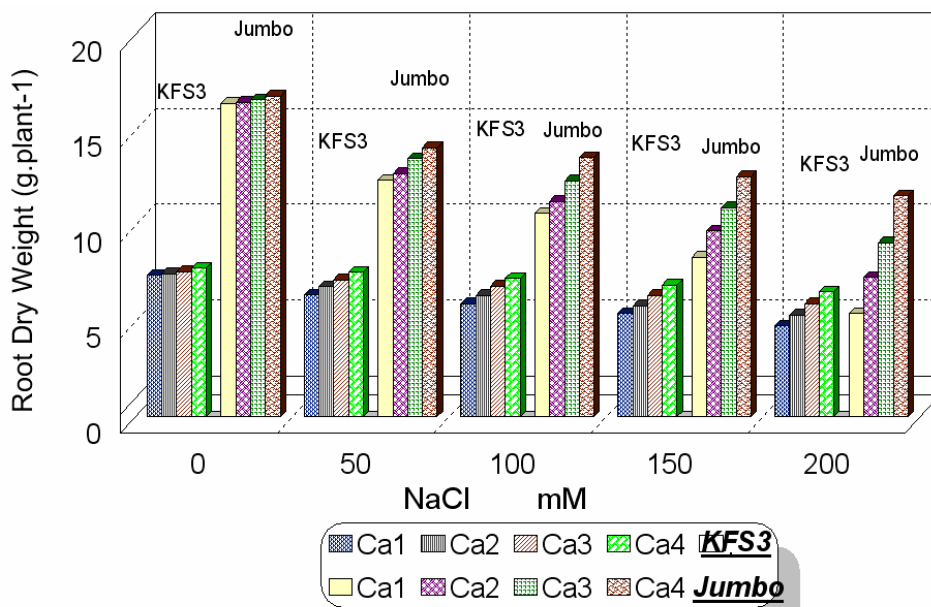
در هر دو رقم در تمام سطوح شوری مصرف ۱۵۰ kg ha⁻¹ کلسیم بیشترین وزن خشک ریشه

با افزایش شوری از شرایط بدون شوری تا شوری ۲۰۰ میلی مولار NaCl، تغییر معنی داری را در میزان نسبت وزن برگ به وزن ساقه رقم KFS₃ ایجاد نمی کند در حالی که این تغییرات در شوری های بالا در رقم Jumbo معنی دار است. افزایش شوری از شرایط بدون شور تا شوری ۲۰۰ میلی مولار باعث افزایش این نسبت در رقم KFS₃ و کاهش آن در رقم Jumbo گردید. این موضوع نشان دهنده عکس العمل کاملاً متفاوت دو رقم بررسی شده از نظر تغییر آرایش گیاهی در اثر شوری و با مصرف کربنات کلسیم می باشد.

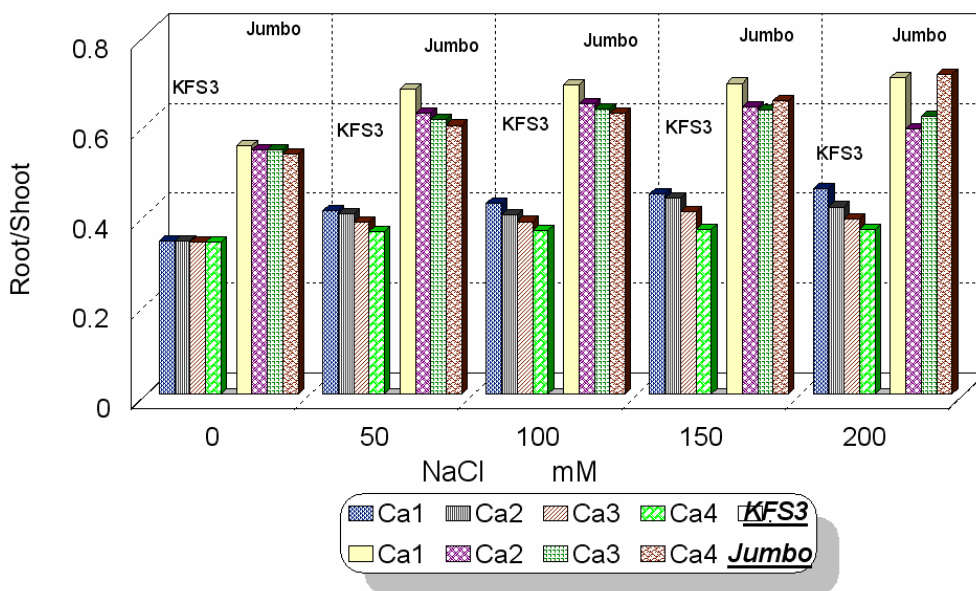
با افزایش کربنات کلسیم خسارات ناشی از Na⁺ بر برگ ها از جمله کاهش سطح برگ و ریزش برگ کاهش یافته در نتیجه میزان افت برگ ها در مقایسه با ساقه کمتر شده است. افزایش نسبت وزن برگ به وزن ساقه در شرایط شور همراه با مصرف کلسیم نشان دهنده تأثیر بیشتر کلسیم بر روند رشد و تجمع ماده خشک در برگ ها می باشد. افزایش میزان نسبت وزن برگ در رقم KFS₃ و کاهش آن در رقم Jumbo و ایجاد حالت عکس در ارقام با مصرف کلسیم نیز از همین موضوع تبعیت می کند. بنابراین در شرایط شور وجود کلسیم تکمیلی از افت زیاد رشد برگ و در نتیجه از کاهش سطح و وزن برگ و حتی ریزش برگ جلوگیری می کند که باعث افزایش کیفیت علوفه سورگوم می شود. هافمن و همکاران (۱۹۷۵) نیز تغییرات مشابهی را در کیفیت علوفه یونجه در شرایط شور بیان کرده اند (۱۱) (شکل ۶).

در رقم KFS₃ این نسبت به میزان ۳۳/۹٪ و در رقم Jumbo به میزان ۲۷/۴٪ افزایش نشان داد. در تمام سطوح شوری و مصرف کلسیم نسبت وزن ریشه به اندام هوایی در رقم Jumbo به مراتب بزرگ تر از رقم KFS₃ بود که نشان دهنده داشتن سیستم ریشه ای قوی تر رقم Jumbo در شرایط ذکر شده نسبت به رقم KFS₃ است. وجود کربنات کلسیم باعث افزایش نسبت وزن ریشه به اندام هوایی در ارقام مورد بررسی شده است که به دلیل پایین بودن درصد افت ریشه نسبت به اندام هوایی می باشد. این افزایش در نسبت وزن ریشه به اندام هوایی به مراتب بیشتر از افزایش آن در شرایط شور می باشد، چرا که افت وزن ریشه به شرط وجود کربنات کلسیم از افت وزن اندام هوایی به مراتب کمتر است. افزایش نسبت وزن ریشه به اندام هوایی در اثر دادن کربنات کلسیم به محیط نشان می دهد که کلسیم می تواند تخصیص اسیمیلات را به ریشه در مقایسه با اندام های هوایی تحت شرایط تنش بهبود ببخشد.

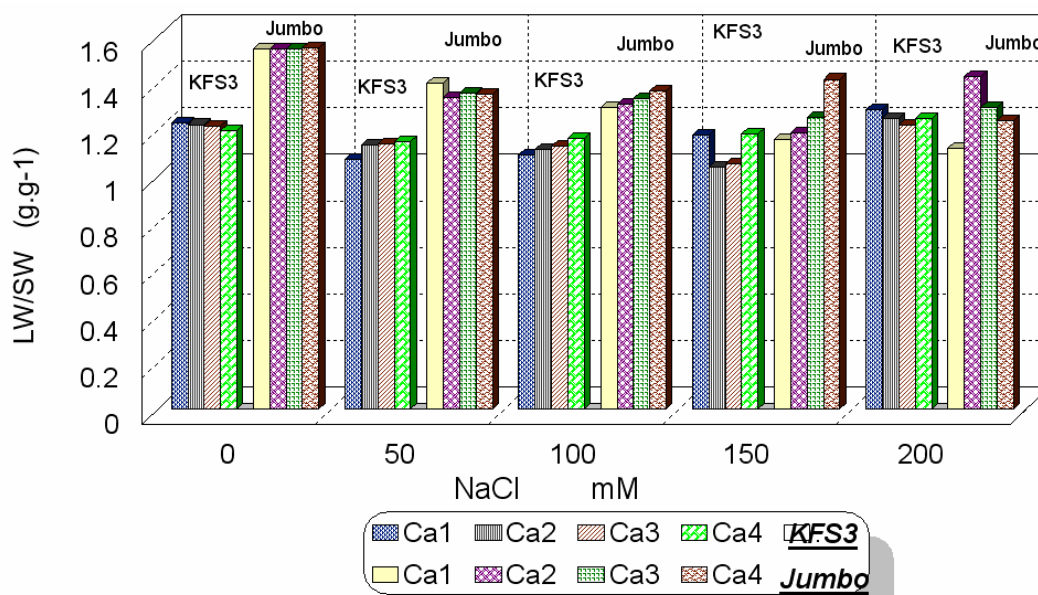
در حقیقت می توان گفت که شوری به همراه کلسیم تکمیلی موجب تسهیم بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه سورگوم علوفه ای می شود (شکل ۵). با افزایش شوری از شرایط بدون شوری تا شوری ۲۰۰ میلی مولار میزان نسبت وزن برگ (پربرگی) در هر دو رقم سورگوم علوفه ای تغییر معنی داری نیافت. افزایش کلسیم نیز تأثیر معنی داری را بر میزان پربرگی دو رقم ایجاد نمود، با این حال در شوری های پایین عکس العمل رقم KFS₃ و در شوری های بالا عکس العمل رقم Jumbo به مصرف کلسیم از این نظر بیشتر بود.



شکل ۴- تأثیر کربنات کلسیم بر وزن خشک ریشه در شوری های مختلف (LSD = 1/423)



شکل ۵- تأثیر کربنات کلسیم بر نسبت وزن ریشه بر وزن اندام هوایی در شوری های مختلف (LSD = 0/08599)



شکل ۶- منحنی تأثیر کربنات کلسیم بر نسبت وزن برگ به وزن ساقه دو رقم سورگوم علوفه‌ای در شوری‌های مختلف (LSD = 0/1364)

در اثر استفاده از کلسیم بیشتر می‌باشد. به احتمال زیاد اختلاف در واکنش این دو رقم به اختلاف در میزان جذب کلسیم توسط آن‌ها مربوط می‌شود. یعنی رقم حساس توانایی بهتری در استفاده از کلسیم تکمیلی در محیط شور دارد. در رقم متحمل نیز وجود کلسیم تکمیلی در محیط وضعیت رشدی را بهبود بخشیده ولی عکس العمل رقم حساس بهتر از رقم متحمل می‌باشد. براساس این آزمایش رقم KFS_3 در مناطقی با میزان شوری نه چندان بالا و در حضور کود کلسیم دار عملکرد قابل قبولی ارائه می‌دهد ولی رقم *Jumbo* در مناطقی با شوری حتی بالا توانایی تولید عملکرد مطلوب را به شرط مصرف کلسیم دارد. بنابراین مصرف کلسیم موجب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی و کاهش صدمات ناشی از شوری در سورگوم علوفه‌ای

نتیجه‌گیری

با مصرف کلسیم بیشتر در محیط شور، پتانسیل آبی و اسمزی کاهش یافته و پتانسیل تورگر افزایش پیدا می‌کند که باعث پایداری غشاهای سلولی در برابر شوری می‌شود. کلسیم احتمالاً تنظیم اسمزی را نیز القاء می‌کند (۱۰).

در ارقام سورگوم علوفه‌ای مورد بررسی کاهش مشابهی در صفات اندازه‌گیری شده در شوری‌های مختلف وجود دارد و هر قدر میزان کلسیم در محیط افزایش می‌یابد از شدت کاهش در صفات کاسته می‌شود.

در این آزمایش رقم حساس عکس‌العمل بهتری در پاسخ به کلسیم تکمیلی در محیط نشان داد. با وجود اینکه درصد افت عملکرد رقم *Jumbo* در مقایسه با رقم KFS_3 در محیط شور به مراتب بیشتر می‌باشد ولی تأثیر پذیری این رقم

می شود. عکس العمل ارقام متحمل و حساس واکنش نسبت به مصرف کلسیم در رقم حساس نسبت به مصرف کلسیم متفاوت بود. بیشترین ملاحظه شد.

منابع

- ۱- یارنیا، م. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر شوری بر جوانه زنی و رشد ارقام سورگوم علوفه ای. طرح پژوهشی. دانشگاه آزاد اسلامی تبریز.
- ۲- یارنیا، م. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر کربنات کلسیم بر مقاومت به شوری ارقام یونجه. مجله دانش نوین کشاورزی. شماره ۲: ۹-۲۱.
- 3- Awada, S., Campbel, W. F., Dudley, L. M. and Jurinak, J. J. 1995. Interactive effects of sodium chloride, sodium sulfate, calcium sulfate and calcium chloride on snap bean growth, photosynthesis and ion uptake. *J. Plant Nutr.* 18:889-900.
- 4- Banuls, J., Serna, M. D., Legas, F., Talon, M. and Primo-Milo, E. 1997. Growth and gas exchange parameters of citrus plants stressed by different salts. *J. Plant Physiol.* 150:194-199.
- 5- Chabra, R., Singh, S. B. and Abrol, I. P. 1999. Effect of exchangeable sodium percentage on the growth, yield and chemical composition of sunflower. *Soil Sci.* 167 (4): 242-247.
- 6- Cramer, G. R., Alberico, G. J. and Schmidt, C. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Aust. J. plant Physiol.* 21: 675-692.
- 7- Cramer, G. R., Lauchli, A. and Epstein, E. 1986. Effects of NaCl and CaCl₂ on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton. *Plant Physiol.* 81: 792-797.
- 8- Dewan, M. L. and Famouri, J. 1984. The soils of Iran. FAO, Rome.
- 9- Francois, L. E., Donovan, T. J. and Mass, E. V. 2001. Calcium deficiency of artichoke buds in relation to salinity. *Hort Sci.* 66: 549-553.
- 10- Glenn, E. P., Brown, J. and Jamal-khan, M. 1997. Mechanisms of salt tolerance in higher plants. The university of Arizona, PP: 83-110.
- 11- Hoffman, G. J., Mass, E. V. and Rawlins, S. L. 1975. Salinity ozone interactive effects on alfalfa yield and water relations. *J. Environ.* 4:326-331.
- 12- Hung, J. and Redmann, R. E. 1995. Solute adjustment to salinity and calcium supply in cultivated and wild barley. *J. Plant Nutr.* 18 (7): 1371-1389.
- 13- Larcher, W. 1995. Physiological plant ecology (3 rd). pp:390. Springer Publishing.
- 14- Lynch, J., Cramer, G. R. and Lauchli, A. 2001. Salinity reduces membrane associated calcium in corn root protoplasts. *Plant Physiol.* 113:390-394.
- 15- Marschner, H. 1985. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. pp:200-255.
- 16- Mass, E. V. and Grieve, C. M. 1987. Sodium induced calcium deficiency in salt stressed corn. *Plant Cell Environ.* 10: 559-564.
- 17- Schroeder, J. I. and Thuleau, P. 1991. Ca channels in higher plant cells. *Plant Cell.* 3: 555-559.

- 18- Shalhevet, J. 1996. Plants under water and salt stress. In L. Fowden, T. Mansfield and J. Stodart (eds) plant adaptation to environmental stresses. Chapman and Hall Press.
- 19 - Shannon, M. C. 1985. Principles and strategies in breeding for higher salt tolerance. *Plant Soil*. 89: 227-241.
- 20- Pessaraki, M. 1991. Dry matter yield, nitrogen-15 absorption, and water uptake by green bean under sodium chloride stress. *Crop Sci*. 31: 1633-1640.