

تأثیر کربنات کلسیم بر مقاومت به شوری ارقام یونجه

مهرداد یارنیا^۱، حسین حیدری شریف آباد^۲، فرخ رحیم زاده خوئی^۳

چکیده

یونجه مهمترین گیاه علوفه‌ای است که به دلیل سازگاری بالا با شرایط نامساعد محیطی، تنوع ژنتیکی و عملکرد کمی و کیفی قابل توجه در تمام مناطق جهان بصورت آبی و دیم کشت می‌شود. شوری منابع آب و خاک از مهمترین عوامل مؤثر بر کاهش تولید و سطح زیر کشت آن محسوب می‌شود که انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل همراه با اعمال روش‌های مدیریتی صحیح، امکان تولید بیشتر و گسترش کشت این گیاه را در شرایط شور فراهم می‌آورد. بارزترین اثر شوری بر گیاهان، کاهش رشد و تولید می‌باشد. اضافه کردن کلسیم به محیط به دلیل خنثی کردن اثرات اسمزی مرتبط با تنش شوری، اثرات مخرب نمک را احتمالاً از طریق تخفیف اثرات سمی یون‌های سدیم کاهش می‌دهد. بنابراین چهار رقم گلستان (۲۰۳۱۳)، فائو (۲۵۶۶)، سیستان و بلوچستان و همدانی محلی اهر به منظور تعیین نقش کلسیم در رشد و عملکرد یونجه در شرایط شور مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش در گلخانه تحت شرایط هیدروپونیک و با ۵ سطح شوری در سه تکرار بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کاملاً تصادفی اجرا شد. ارقام مورد بررسی ابتدا تحت تیمارهای شوری رشد نموده و پس از برداشت چین، گلدان‌های حاوی بوته‌ها با آب مقطر شستشوی کامل شده و سپس تیمارهای شوری و کربنات کلسیم در آنها اعمال گردیدند. نیاز غذایی با استفاده از محلول هوگلند تأمین و کلیه تیمارها در محلول‌ها اعمال گردید. با آغاز گلدهی، برداشت بوته‌ها در هر چین انجام و سپس میزان وزن خشک اندام‌های هوایی، ریشه، ساقه، برگ و بیوماس، ارتفاع بوته‌ها، طول ریشه اصلی، تعداد میانگره ساقه اصلی و تعداد پنجه در هر بوته اندازه‌گیری شد. غیر از ارتفاع بوته تمام صفات مورد بررسی در ارقام اختلاف معنی‌داری در اثر شوری و کربنات کلسیم نشان دادند که بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد مربوط به وزن خشک ساقه بود. مصرف کربنات کلسیم میزان افت صفات مورد بررسی را مخصوصاً در ارقام مقاوم کاهش داد و ارقام گلستان (۲۰۳۱۳) و فائو (۲۵۶۶) بیشترین عملکرد را در این شرایط کسب نمودند.

واژه‌های کلیدی: یونجه، تحمل به شوری، کربنات کلسیم، محلول غذایی

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز yarnia@iaut.ac.ir

۲- دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

۳- استاد دانشگاه تبریز

یارنیا، م. تأثیر کربنات کلسیم بر مقاومت به شوری ...

مقدمه و بررسی منابع

شوری خاک مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک یکی از مسایل عمده کشاورزی در سراسر دنیا محسوب می‌شود. امروزه کاهش منابع آب مناسب، باعث گردیده که استفاده از آب‌هایی با کیفیت پایین و یا شور در تولید گیاهان زراعی مطرح و به تدریج رواج پیدا کند. گیاهانی که در محیط‌های شور قرار می‌گیرند حداقل با سه مشکل خشکی فیزیولوژیک، مسمومیت یونی و اختلال در جذب و انتقال یون‌های معدنی گیاه مخصوصاً پتاسیم و کلسیم به واسطه بیشبود سدیم مواجه می‌باشند (۶). تمام گیاهان توانایی محدود نمودن ورود نمک به داخل بافت‌های گیاهی را داشته و غشای سلولی سلول‌های ریشه اولین خط دفاعی در برابر ورود سدیم زیاد به داخل گیاه می‌باشد که نفوذپذیری کمتری در برابر سدیم دارد. افزودن پتاسیم اضافی به محلول‌های خارجی میزان تحمل به شوری حاصل از کلرور سدیم را افزایش نمی‌دهد. دلیل آشکاری وجود دارد که نشان می‌دهد یون کلسیم برای نگهداشتن سلامت غشاهای سلولی لازم است و نیز ثابت می‌کند که سدیم، کلسیم را از غشای سلولی خارج و جانشین آن می‌شود که در این صورت غشا نمی‌تواند وظیفه خود را به خوبی انجام دهد. همچنین ثابت شده است که سطوح پایین کلسیم می‌تواند تا حدودی رشد گونه‌های مقاوم به شوری دفع کننده نمک را تقویت کنند (۵). یون کلسیم حتی در غلظت‌های بالا نیز یک کانی غیر سمی محسوب می‌شود و در غیرسمی کردن غلظت‌های بالای سایر عناصر معدنی از جمله یون

سدیم بسیار مؤثر است (۹ و ۱۳). شوری به شدت بر روی جذب و انتقال یون کلسیم تأثیر می‌گذارد. بنابراین گیاهان علایم کمبود کلسیم را به ویژه در ژنوتیپ‌های حساس به وضوح نشان می‌دهند (۴ و ۳). عمل بهبوددهنده یون کلسیم ممکن است کم و بیش مربوط به حفظ انسجام سلولی و اعمال غشای پلاسمایی در ریشه و بخش هوایی باشد. در نتیجه، افزودن کلسیم به محیط می‌تواند اثرات یون سدیم را در مختل نمودن هموستازی کلسیم سلولی بی‌اثر کند (۱۳). علاوه بر این، افزودن کلسیم به محیط سبب می‌شود که سدیم جایگزین شده در دیواره سلولی و غشای پلاسمایی کاهش یافته و در نتیجه از نشت غشا جلوگیری کرده و یا آن را کاهش دهد. در نتیجه از کاهش رشد و طویل شدن سلول‌ها جلوگیری به عمل آید (۱۴). نیومن (۱۹۹۳) اعلام کرد در ذرت، اضافه کردن کلسیم باعث کاهش تغییرات نامطلوب مورفولوژیک و آناتومیک بوجود آمده در اثر کلرور سدیم شده و حتی منجر به بازگشت و یا جلوگیری از این تغییرات می‌شود (۱۱). آوادا و همکاران (۱۹۹۵) با بررسی تأثیر شوری بر جوانه‌زنی و رشد لوبیا در شرایط هیدروپونیک اعلام کردند که اضافه کردن کلسیم از منابع کلرور و سولفات کلسیم به محیط در این شرایط منجر به افزایش سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و رشد اندام‌های هوایی لوبیا شده و تولید محصول را در این شرایط افزایش می‌دهد. آنها همچنین گزارش کردند که افزایش کلسیم منجر به کاهش نسبت اندام هوایی به ریشه می‌شود (۲). هانگ و ردمن (۱۹۹۵) با بررسی اثر

تعداد ۶۰ گلدان حاوی پرلایت دانه ریز با ۱۰ بوته انجام شد. آبیاری گلدان‌ها تا رسیدن گیاهان به حالت سایه‌انداز کامل با محلول غذایی هوگلند تغییر یافته انجام و پس از آن تیمارهای شوری شامل صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار کلرور سدیم در محلول غذایی اعمال و در طول دوره رشد چین اول، دوم و سوم ادامه یافت. پس از چین سوم تمام گلدان‌ها با ۹ لیتر آب مقطر بطور کامل شستشو شده و سپس محلول غذایی هوگلند تغییر یافته که تیمارهای کودی به همراه تیمارهای شوری در آن اعمال شده بود، مصرف گردید. در این آزمایش منبع کلسیم مصرفی، کربنات کلسیم در نظر گرفته شد. در این چین با افزایش میزان شوری میزان مصرف کربنات کلسیم نیز در محلول هوگلند افزایش یافته به طوری که در آخرین سطح شوری میزان مصرف کربنات کلسیم به دو برابر رسید (جدول ۱).

از زمان شروع آزمایش تا آغاز گلدهی و برداشت نهایی ۵۱ روز طول کشید که در طول این مدت ۱۰ بار محلول غذایی مصرف گردید. حجم محلول مصرفی در این آزمایش نیز ۴۰۰ میلی لیتر به ازای هر گلدان بود که هر ۴ الی ۶ روز یکبار اعمال گردید. با ظهور گل آذین در هر چین اقدام به برداشت نهایی شد. جهت برداشت نهایی، تمامی بوته‌های هر گلدان همراه با ریشه برداشت و پس از شمارش تعداد بوته، در داخل صافی با جریان آب اقدام به شستشوی کامل ریشه‌ها به منظور جداسازی دانه های پرلیت از ریشه‌ها گردید. سپس اندام‌های هوایی از ریشه‌ها جدا و اقدام به اندازه‌گیری پارامترهای مورفولوژیک

شوری بر روی تیپ‌های زراعی و وحشی جو اعلام کردند که در هر دو با افزایش میزان کلسیم، عملکرد افزایش می‌یابد ولی میزان افزایش عملکرد در تیپ‌های زراعی بیشتر از تیپ‌های وحشی بود (۹). گلن و همکاران (۱۹۹۷) در آزمایشی اثر کلسیم را بر مقاومت به شوری گندم بررسی و نشان دادند در شرایط وجود غلظت‌های بالای نمک در محلول با افزایش غلظت سولفات کلسیم رشد و عملکرد افزایش می‌یابد (۵). خان و همکاران (۱۹۹۸) اعلام کردند که در شرایط شور اضافه کردن کلسیم به محیط اثر معنی داری را بر روی بیوماس ارقام متحمل یونجه نشان نمی‌دهد، در مقابل عملکرد در ارقام حساس با افزایش کلسیم افزایش می‌یابد (۱۰).

به طور کلی هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر مصرف کلسیم به صورت کربنات کلسیم بر اثرات تنش شوری در ارقام یونجه بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر مصرف کربنات کلسیم بر مقاومت به شوری ارقام یونجه، چهار رقم یونجه به نام‌های گلستان (۲۰۳۱۳)، سیستان و بلوچستان، همدانی محلی اهر و فائو (۲۵۶۶) به ترتیب به عنوان ارقام متحمل، نیمه متحمل، نیمه حساس و حساس به شوری در یک آزمایش فاکتوریل با طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز در داخل گلدان‌هایی با حجم ۹ لیتر به

جدول ۱ - میزان ترکیب کلرور کلسیم و کربنات کلسیم در تیمارهای مختلف آزمایشی

شماره تیمار	مشخصات تیمارها	کلرور سدیم (گرم بر لیتر)	کربنات کلسیم (گرم بر لیتر)	هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)
S0	شاهد	صفر	۰/۴۳	۳/۹
S1	۵۰ میلی مولار کلرور سدیم	۲/۹۲۵	۰/۵۳۸	۷/۷
S2	۱۰۰ میلی مولار کلرور سدیم	۵/۸۴۴	۰/۶۴۵	۱۱/۱
S3	۱۵۰ میلی مولار کلرور سدیم	۸/۷۶۹	۰/۷۵۳	۱۳/۷
S4	۲۰۰ میلی مولار کلرور سدیم	۱۱/۶۸۸	۰/۸۶۰	۱۷/۰

وجود دارد. سطوح مختلف شوری و میزان کود نیز در تمام صفات فوق باعث ایجاد اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ شد. اثرات متقابل بین ارقام و سطوح شوری در ارتباط با صفات ارتفاع بوته غیر معنی دار و در بقیه صفات اختلاف، در سطح ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲).

با استفاده از روش کمترین میانگین مربعات در تجزیه همبستگی مرکب بین کلیه صفات مورد بررسی با وزن خشک اندام هوایی ملاحظه شد که در شرایط بدون شوری و گرم در لیتر ۰/۴۳ کربنات کلسیم

گردید. این پارامترها شامل طول ساقه اصلی، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام‌های هوایی، ساقه و برگ، وزن خشک زیست توده و نسبت ریشه به اندام‌های هوایی بود.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نتایج حاصل از اندازه گیری صفات ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام‌های هوایی، ریشه، برگ، ساقه، بیوماس تولیدی و نسبت ریشه به اندام هوایی نشان داد که بین ارقام در تمام صفات مورد بررسی اختلاف کاملاً معنی داری در سطح ۱٪

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر رقم و شوری صفات بررسی شده در ارقام یونجه

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع	وزن اندام خشک هوایی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	بیوماس خشک ریشه	وزن خشک	بیوماس
تکرار	۲	۱۵۶/۹۸**	۰/۰۰۶	۰/۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	۰/۲۴۲**
رقم	۳	۸۴۱/۹۰**	۰/۰۲۷**	۰/۰۰۲**	۰/۰۲۴**	۰/۳۴۳**	۰/۲۴۱**	۲/۴۴۱**
شوری	۴	۳۶۷/۵۰**	۰/۰۴۵**	۰/۰۰۴**	۰/۰۲۳**	۰/۳۲۰**	۰/۱۲۹**	۰/۱۸۸**
رقم×شوری	۱۲	۱۲/۳۹	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۸**	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۹**	۰/۲۷۱**
خطای آزمایش	۳۸	۷/۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۳۳
ضریب تغییرات (%)		۷/۰۷	۲۰/۴۹	۱۵/۰۵	۲۴/۴۸	۹/۸۸	۶/۲۳	۶/۷۲

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

ساقه با وزن خشک اندام هوایی نسبت به سایر صفات به مراتب کمتر می‌باشد. میزان تأثیر شوری و مصرف کربنات کلسیم بر ماده خشک در حدی است که باعث ایجاد همبستگی منفی در صفاتی مانند ارتفاع بوته می‌شود (جدول ۳ و ۴).

بیشترین میزان همبستگی با وزن خشک اندام هوایی مربوط به صفت وزن خشک ساقه ($R^2 = 0/999$) می‌باشد. با افزایش میزان شوری و مصرف کربنات کلسیم از میزان همبستگی مثبت تمام این صفات کاسته می‌شود. میزان کاهش همبستگی وزن خشک

جدول ۳- همبستگی صفات در ارقام یونجه در سطح شوری شاهد (کربنات کلسیم ۰/۴۳ گرم بر لیتر)

صفات مورد بررسی	ارتفاع	وزن اندام هوایی	وزن برگ	وزن ساقه	وزن ریشه	بیوماس
وزن اندام هوایی	۰/۸۹۴ ⁺	۱				
وزن برگ	۰/۶۰۴	۰/۸۴۹	۱			
وزن ساقه	۰/۹۰۸ ⁺	۰/۹۹۹ ^{**}	۰/۸۲۲	۱		
وزن ریشه	-۰/۱۲۹	-۰/۰۸۴	-۰/۴۲۳	-۰/۰۵۱	۱	
بیوماس	۰/۶۱۱	۰/۷۲۴	۰/۳۷۲	۰/۷۴۶	۰/۶۲۶	۱
اندام هوایی / ریشه	-۰/۸۷۲ ⁺	-۰/۲۶۰	۰/۲۷۶	-۰/۳۰۶	-۰/۷۶۷	-۰/۷۳۴

جدول ۴- همبستگی صفات در ارقام یونجه در شوری ۲۰۰ میلی مولار (کربنات کلسیم ۰/۸۶ گرم بر لیتر)

صفات مورد بررسی	ارتفاع	وزن اندام هوایی	وزن برگ	وزن ساقه	وزن ریشه	بیوماس
وزن اندام هوایی	-۰/۱۹۸	۱				
وزن برگ	-۰/۷۰۳	۰/۸۲۴	۱			
وزن ساقه	۰/۰۶۸	۰/۹۶۲ [*]	۰/۶۳۸	۱		
وزن ریشه	-۰/۵۷۰	۰/۷۷۱	۰/۸۰۴	۰/۶۶۰	۱	
بیوماس	-۰/۴۵۳	۰/۹۰۰ ⁺	۰/۸۵۰	۰/۸۱۴	۰/۹۷۱ ^{**}	۱
اندام هوایی / ریشه	-۰/۳۱۶	-۰/۷۳۳	-۰/۴۱۲	-۰/۷۹۷	-۰/۱۳۱	-۰/۳۶۴

نشان‌دهنده وجود اختلافات قابل توجهی در بعضی از صفات ارقام مورد بررسی می‌باشد (جدول ۵ و ۶).

مقایسه میانگین‌های تأثیر شوری و میزان کربنات کلسیم بر روی صفات ارتفاع، وزن خشک اندام‌های هوایی، برگ، ساقه، ریشه و نسبت ریشه به ساقه

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات ارقام یونجه در شوری صفر (شاهد) با کلسیم تکمیلی در چین چهارم

رقم	ارتفاع	وزن ساقه	وزن برگ	وزن اندام هوایی	وزن ریشه	ساقه/ریشه
سیستان و بلوچستان	۳۸/۷۷c	۰/۱۱۳۰c	۰/۱۰۴۷b	۰/۲۱۷۷c	۰/۷۳۲۷b	۳/۳۶۹a
گلستان	۳۷/۱۰c	۰/۲۰۴۰bc	۰/۱۱۴۷ab	۰/۳۱۸۷bc	۰/۸۸۲۳a	۲/۷۶۹b
فائو	۴۹/۲۷b	۰/۲۶۰۰b	۰/۱۰۵۳b	۰/۳۶۵۳b	۰/۹۵۶۷a	۲/۶۲۱b
همدانی اهر	۵۶/۶۳a	۰/۳۹۴۰a	۰/۱۲۸۳a	۰/۵۲۲۳a	۰/۷۳۲۰b	۱/۴۹۸c

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات ارقام یونجه در شوری صفر (شاهد) بدون کلسیم تکمیلی در چین سوم

رقم	ارتفاع	وزن ساقه	وزن برگ	وزن اندام هوایی	وزن ریشه	ساقه/ریشه
سیستان و بلوچستان	۴۹/۵۵bc	۰/۳۸۹۳b	۰/۲۰۲۳bc	۰/۵۹۱۷b	۰/۳۶۵۳b	۰/۶۲۳۳a
گلستان	۴۲/۳۳c	۰/۳۵۰۷bc	۰/۲۲۵۳b	۰/۵۷۶۰bc	۰/۳۰۷۰bc	۰/۵۳۳۰ab
فائو	۶۱/۲۷ab	۰/۷۹۷۳a	۰/۳۸۳۳a	۱/۱۸۱۰a	۰/۴۷۱۷a	۰/۴۲۱۳bc
همدانی اهر	۶۳/۴۲a	۰/۳۴۱۰c	۰/۱۷۰۷c	۰/۵۱۱۷c	۰/۱۵۸۷c	۰/۳۱۰۰c

جدول ۷ - مقایسه میانگین صفات در ۲۰۰ میلی مولار کلرور سدیم با کلسیم تکمیلی در چین چهارم

رقم	ارتفاع	وزن ساقه	وزن برگ	وزن اندام هوایی	وزن ریشه	ساقه/ریشه
سیستان و بلوچستان	۲۴/۶۷c	۰/۱۰۰۷a	۰/۰۷۰۳۳a	۰/۱۷۱۰a	۰/۵۷۶۷a	۳/۳۷۳a
گلستان	۲۸/۲۷c	۰/۱۴۶۰a	۰/۰۸۴۳۳a	۰/۲۳۰۳a	۰/۵۵۴۷a	۲/۴۰۹c
فائو	۳۳/۸۳b	۰/۱۷۰۰a	۰/۰۷۵۳۳a	۰/۲۴۵۳a	۰/۶۳۳۷a	۲/۵۸۰bc
همدانی اهر	۳۹/۲۳a	۰/۱۰۴۳a	۰/۰۴۶۶۷b	۰/۱۵۱۰a	۰/۴۲۷۰b	۲/۸۷۸b

جدول ۸ - مقایسه میانگین صفات در ۲۰۰ میلی مولار کلرور سدیم بدون کلسیم تکمیلی در چین سوم

رقم	ارتفاع	وزن ساقه	وزن برگ	وزن اندام هوایی	وزن ریشه	ساقه/ریشه
سیستان و بلوچستان	۳۰/۹۲b	۰/۲۵۸۰ab	۰/۰۸۴۷a	۰/۳۴۲۷ab	۰/۲۰۶۳ab	۰/۶۰۲۰ab
گلستان	۲۸/۹۰b	۰/۲۶۷۳ab	۰/۰۹۴۴a	۰/۳۶۱۷a	۰/۲۳۵۷a	۰/۶۵۱۷a
فائو	۳۶/۰۲ab	۰/۲۷۸۷a	۰/۰۸۴۷a	۰/۳۶۳۷a	۰/۱۷۰۳bc	۰/۴۷۶۳bc
همدانی اهر	۴۱/۱۳a	۰/۱۶۳۰b	۰/۰۴۵۲b	۰/۲۰۷۲b	۰/۰۷۳۶۷c	۰/۳۵۵۶c

* مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شده است

با افزایش شوری و مصرف کربنات کلسیم مقدار بیوماس کاهش یافت، به طوری که اختلافات معنی‌دار بین ارقام افزایش یافته ولی با این حال رقم فائو ۲۵۶۶ به دلیل بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه بیشترین میزان بیوماس را با اختلاف معنی‌دار نشان داد، برتری رقم فائو ۲۵۶۶ در صفات فوق در شرایط بدون کربنات کلسیم نیز وجود دارد (شکل ۲). براساس نتایج، افزودن کلسیم تکمیلی به محیط آزمایش منجر به کاهش اثرات شوری در اغلب صفات مورد بررسی نسبت به شرایط بدون کلسیم گردید. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که کلسیم تکمیلی بطور قابل ملاحظه‌ای از اثرات تیمارهای مختلف شوری بر صفات مورفولوژیک یونجه می‌کاهد. جدول ۹ نشان‌دهنده درصد افت صفات مورفولوژیک در شرایط کلسیم تکمیلی و بدون کلسیم می‌باشد.

جدول ۹ - مقایسه درصد افت صفات در شوری ۲۰۰ میلی مولار کلرور کلسیم نسبت به شاهد با مصرف

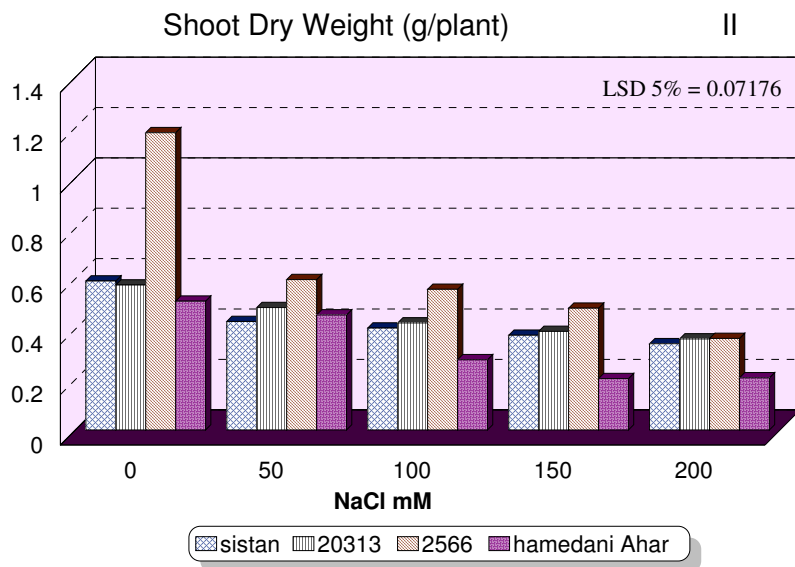
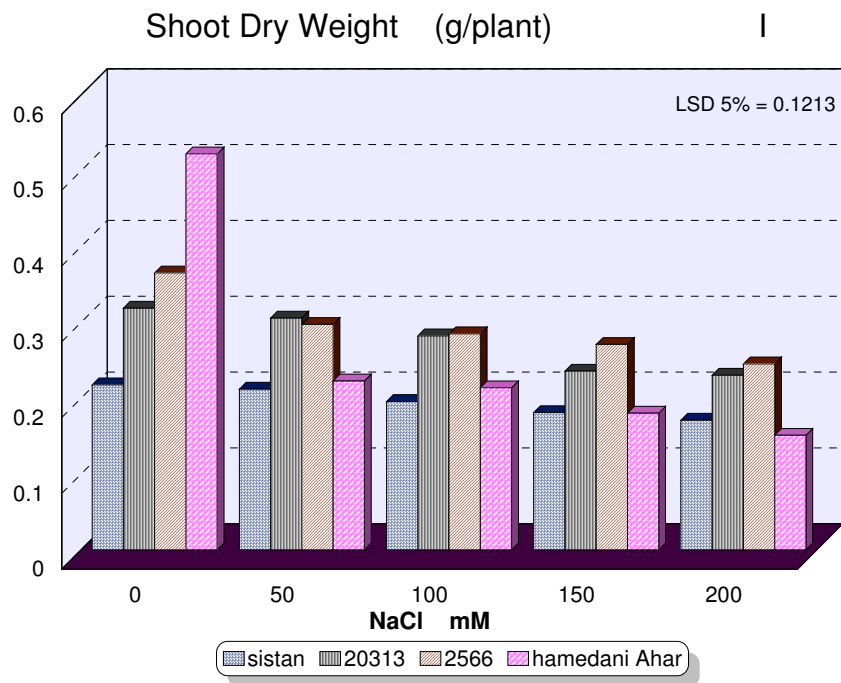
کلسیم تکمیلی نسبت به عدم مصرف

رقم	با کلسیم				بدون کلسیم				بیوماس	
	ارتفاع	وزن برگ	وزن ساقه	وزن ریشه	ارتفاع	وزن برگ	وزن ساقه	وزن ریشه		
گلستان	۲۳/۸۰	۲۶/۴۸	۲۸/۴۳	۳۷/۱۳	۳۱/۷۳	۵۸/۱۰	۲۳/۷۸	۲۳/۲۳	۳۷/۲۰	۴۹/۱۰
سیستان و بلوچستان	۳۶/۷۰	۳۲/۸۳	۱۰/۸۹	۲۱/۲۹	۳۷/۶۰	۵۸/۱۰	۳۳/۷۳	۴۳/۵۳	۴۲/۱۰	۵۱/۳۸
همدانی اهر	۳۰/۷۳	۶۳/۶۲	۷۳/۵۳	۳۳/۶۷	۳۵/۱۵	۷۳/۵۲	۵۲/۲۰	۵۳/۵۸	۵۹/۵۰	۶۲/۰۰
فائو	۳۱/۳۳	۲۸/۴۶	۳۴/۶۲	۴۱/۶۷	۴۱/۲۱	۷۷/۹۰	۶۵/۰۵	۶۳/۹۰	۶۹/۲۰	۶۷/۶۸

وزن خشک اندام‌های هوایی، ساقه، برگ و بیوماس تولیدی در اثر افزایش شوری و میزان کربنات کلسیم کاهش کمتری نسبت به عدم مصرف کربنات کلسیم نشان داد. در شرایط مصرف کلسیم تکمیلی بیشترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به رقم همدانی اهر در سطح بدون اعمال تیمارها بود که به دلیل دارا بودن بیشترین وزن برگ و ساقه به همراه بیشترین ارتفاع بوته ایجاد شده بود که با ارقام دیگر اختلافی معنی‌دار داشت. با اعمال تیمارها این اختلاف معنی‌دار از بین رفته بطوریکه در آخرین تیمار رقم فائو ۲۵۶۶ بیشترین وزن خشک اندام هوایی را به دلیل بیشترین میزان وزن برگ را به خود اختصاص داد (شکل ۱). بیشترین مقدار بیوماس در شرایط شاهد مربوط به رقم فائو ۲۵۶۶ بود که عمدتاً به دلیل داشتن بیشترین میزان وزن خشک ریشه حادث شده است.

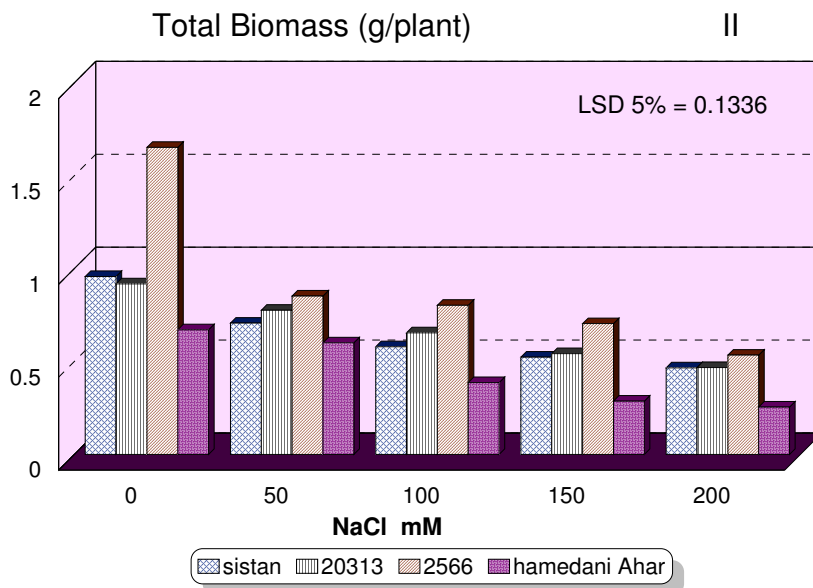
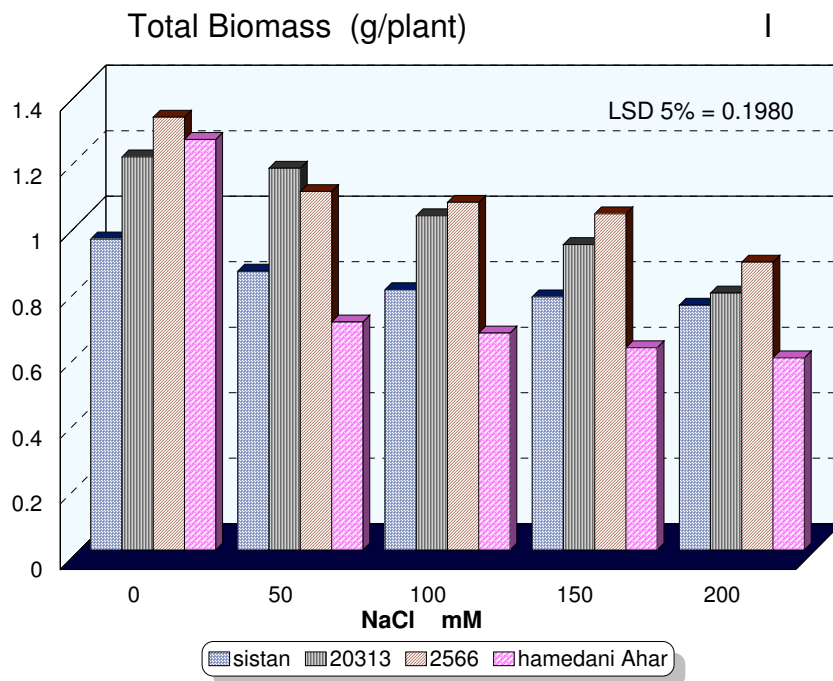
درصد افت با مصرف کلسیم تکمیلی در وزن برگ ملاحظه می‌شود. در رقم گلستان ۲۰۳۱۳ میزان افت وزن برگ در اثر مصرف کلسیم تکمیلی ۳۱/۶۲٪ کاهش یافته ولی میزان افت ساقه ۴/۶۵٪ افزایش نشان می‌دهد که باعث افزایش نسبت وزن برگ به ساقه در اثر افزایش شوری با مصرف کلسیم تکمیلی

با نگاهی به جدول ۹ می‌توان دریافت که ارقام، واکنش همسانی در برابر کلسیم تکمیلی از خود نشان می‌دهند. میزان ارتفاع بوته در کلیه ارقام در اثر مصرف کلسیم تکمیلی افت کمتری می‌یابد یعنی با مصرف کربنات کلسیم در شرایط شور ارتفاع بوته‌ها در یونجه افزایش می‌یابد. بیشترین میزان اختلاف در



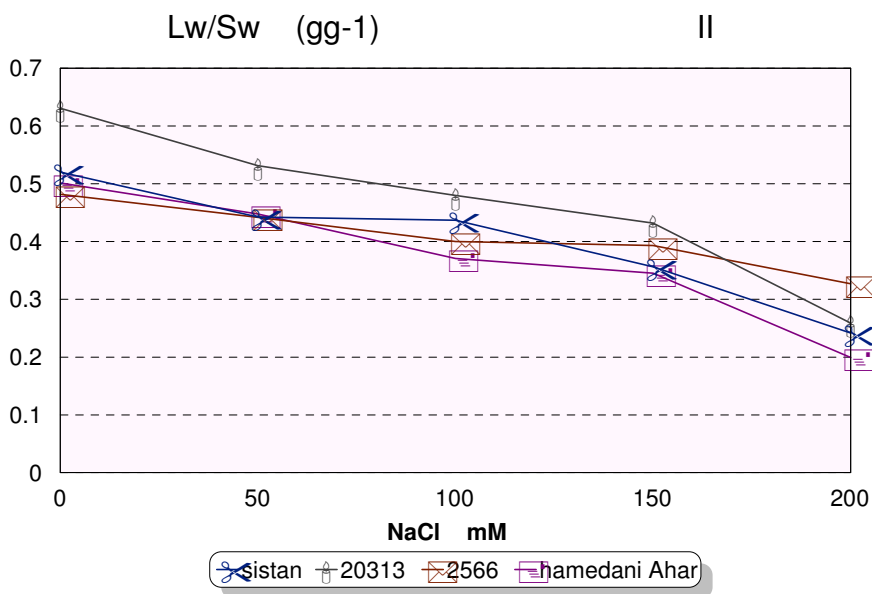
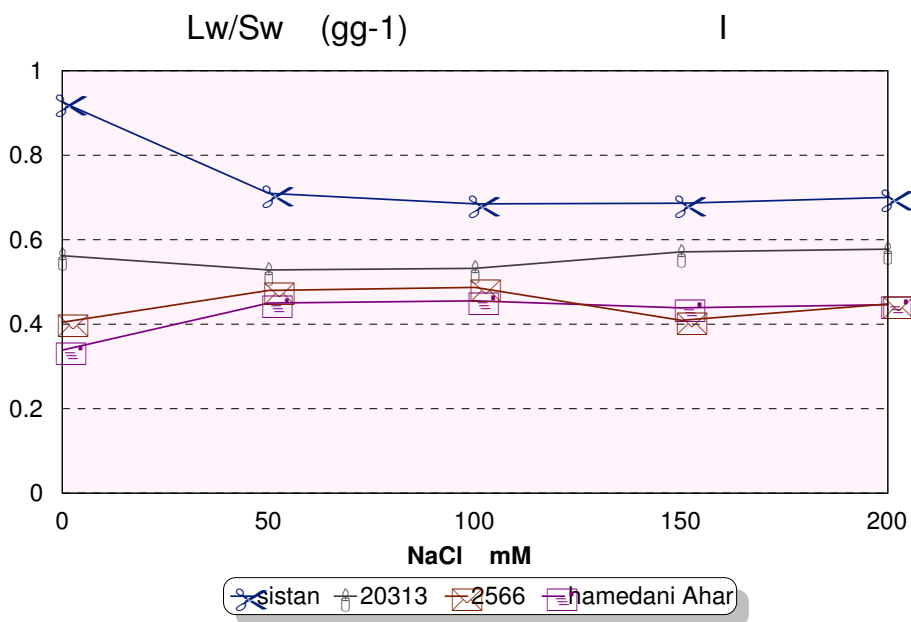
شکل ۱- اثر شوری بروزن خشک اندام هوایی ارقام یونجه I: در حضور کلسیم تکمیلی

II : بدون کلسیم تکمیلی

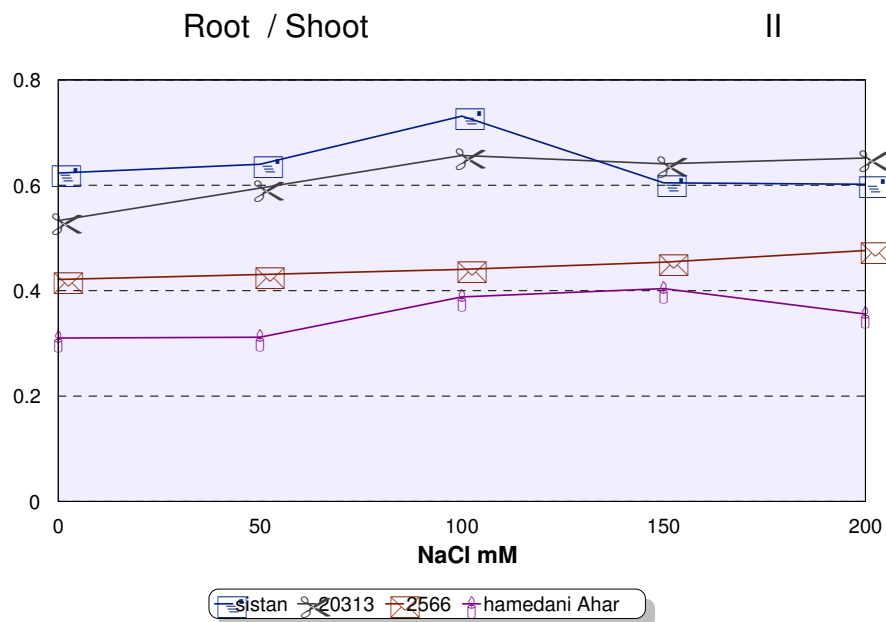
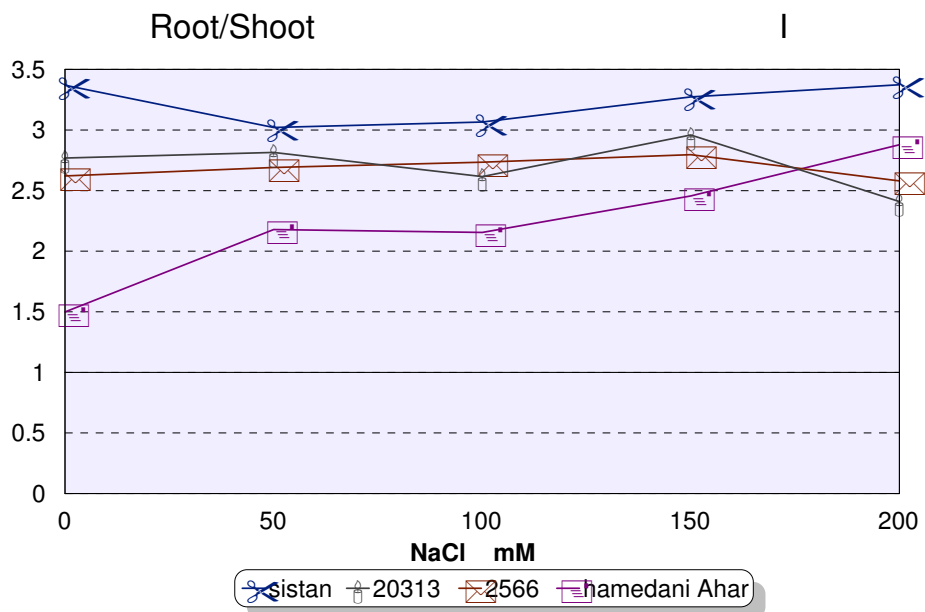


شکل ۲- اثر شوری بر بیوماس تولیدی ارقام یونجه I: در حضور کلسیم تکمیلی
II: بدون کلسیم تکمیلی

یارنیا، م. تأثیر کربنات کلسیم بر مقاومت به شوری ...



شکل ۳- اثر شوری بر نسبت وزن برگ به ساقه ارقام یونجه I: در حضور کلسیم تکمیلی II: بدون کلسیم تکمیلی



شکل ۴- اثر تنش شوری بر روی نسبت Root/Shoot در ارقام یونجه I: در حضور کلسیم تکمیلی
II: بدون حضور کلسیم

با اضافه کردن کربنات کلسیم به محیط میزان افت وزن خشک اندام هوایی در ارقام گلستان ۲۰۳۱، سیستان و بلوچستان و فائو ۲۵۶۶ در مقایسه با عدم مصرف کود کاهش پیدا نمود ولی در رقم همدانی اهر افت وزن خشک بیشتری ملاحظه می‌شود که به دلیل افت بیشتر وزن ساقه می‌باشد. در این رقم رشد طولی ساقه پس از چین‌برداری بیشتر از سایر ارقام می‌باشد یعنی وجود کلسیم تکمیلی در محیط امکان رشد طولی بهتری را فراهم نموده است ولی با افزایش رشد طولی این رقم توانایی افزایش قطر ساقه را نداشته بنابراین در این رقم ساقه‌هایی نسبتاً بلند ولی ظریف به دلیل وجود کلسیم تکمیلی در محیط شور ایجاد شده است، هلیم و همکاران (۱۹۸۹) نیز کاهش تعداد میانگره، طول میانگره و تولید ساقه‌های باریک را عامل کاهش وزن خشک ساقه در یونجه بیان نموده‌اند (۷). همچنین در این رقم تعداد پنجه‌ها در اثر شوری کاهش نسبتاً چشمگیری می‌یابد که خود دلیلی بر کاهش وزن ساقه‌ها می‌تواند باشد علاوه بر این بالا بودن رشد طولی در ساقه اصلی احتمالاً از رشد مطلوب پنجه‌ها نیز ممانعت می‌نماید چرا که تخصیص اسیمیلات را به پنجه‌ها کاهش می‌دهد.

در این آزمایش ارقام مقاوم عکس‌العمل بهتری در پاسخ به کلسیم تکمیلی در محیط نشان دادند، بدین معنی که درصد افت عملکرد دو رقم گلستان ۲۰۳۱۳ و سیستان و بلوچستان در مقایسه با دو رقم فائو ۲۵۶۶ و همدانی اهر در محیط شور به مراتب کمتر می‌باشد. به احتمال زیاد اختلاف در واکنش ارقام به اختلاف در میزان جذب پتاسیم و در نتیجه کلسیم توسط آنها مربوط می‌شود. یعنی ارقام مقاوم

شده است، یعنی با افزایش کلسیم خسارات ناشی از یون سدیم بر برگ‌ها از جمله کاهش سطح برگ و ریزش برگ کاهش یافته در نتیجه میزان افت برگ‌ها در مقایسه با ساقه کمتر شده است (شکل ۳). کلسیم تکمیلی در محیط شور موجب کاهش لکه‌های کلروزه در برگ‌ها که نشانه بارز کمبود کلسیم به شمار می‌رود، می‌شود. بنابراین در شرایط شور به شرط تأمین بودن کلسیم مورد نیاز کاهش سطح و وزن برگ کمتر می‌شود. این موضوع توسط هانگ و ردمن (۱۹۹۵) و پلاوت و گریو (۱۹۸۸) نیز گزارش شده است (۹ و ۱۲). 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 می‌کند که باعث افزایش کیفیت علوفه یونجه می‌شود. این موضوع توسط هافمن و همکاران (۱۹۷۵) نیز بیان شده است (۸).

وجود کلسیم تکمیلی باعث افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی در ارقام مورد بررسی شده است که به دلیل پایین بودن درصد افت ریشه نسبت به اندام هوایی می‌باشد. این افزایش در نسبت ریشه به اندام هوایی به مراتب بیش از افزایش آن در شرایط شور می‌باشد، چرا که افت وزن ریشه به شرط وجود کلسیم تکمیلی از افت وزن اندام هوایی به مراتب کمتر است. افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی در اثر دادن کلسیم تکمیلی به محیط نشان می‌دهد که کلسیم می‌تواند تخصیص اسیمیلات را به ریشه در مقایسه با اندام‌های هوایی تحت شرایط تنش بهبود بخشد (شکل ۴). در حقیقت می‌توان گفت که شوری به همراه کلسیم تکمیلی موجب تسهیم بیشتر فتواسیمیلات به ریشه و طوقه یونجه می‌شود.

شرایط بدون مصرف کربنات کلسیم حداقل ۹/۴۶٪ در رقم گلستان ۲۰۳۱۳ و حداکثر ۳۶/۳۵٪ در رقم فائو ۲۵۶۶ افزایش می‌یابد، بنابراین با مصرف کربنات کلسیم در شرایط شور می‌توان به تولید علوفه کمک کرد. براساس این آزمایش می‌توان دو رقم گلستان ۲۰۳۱۳ و فائو ۲۵۶۶ را به عنوان مناسب ترین ارقام جهت خاکهای شور به شرط مصرف کلسیم تکمیلی معرفی نمود.

توانایی بیشتری در استفاده از کلسیم تکمیلی در محیط شور دارند که مغایر با نتیجه‌ای است که خان و همکاران (۱۹۹۸) در یونجه گزارش نموده‌اند (۱۰). در ارقام حساس نیز وجود کلسیم تکمیلی در محیط وضعیت رشدی را بهبود بخشیده ولی عکس العمل ارقام مقاوم بهتر از ارقام حساس می‌باشد. این آزمایش نشان داد که مصرف کربنات کلسیم می‌تواند در بالا بردن عملکرد در شرایط شور مؤثر واقع شود به طوری که عملکرد علوفه نسبت به

منابع

- ۱- یارنیا، م. حیدری، ح و ف. رحیم‌زاده خوئی. ۱۳۸۰. بررسی جنبه های فیزیولوژیک در انتخاب ارقام مقاوم به شوری در یونجه. پایان نامه دکتری زراعت. واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران.
- 2- 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.
- 3- Ehret, D. L., Remann, R. E., Harvey, B. L. and Cipywnyk, A. 1990. Salinity induced deficiencies in wheat and barley. *Plant soil.* 128:143-151.
- 4- Francois, L. E., Donovan, T. J. and Mass, E. V. 1991. Calcium deficiency of artichoke buds in relation to salinity. *Hort Sci.* 26:549-553.
- 5- Glenn, E. P., Brown, J. and Jamal-khan, M. 1997. Mechanisms of salt tolerance in higher plants. The University of Arizona, PP:83-110.
- 6- Gorham, J. 1993. Genetics and physiology of enhanced K/Na discrimination. pp. 151-159. In P. Randall (ed) Genetic aspects of plant mineral nutrition. Kluwer Academ. Pub. The Netherlands.
- 7- Halim, R. A., Buxton, D. R., Hattendorf, M. J. and Carlson, R. E. 1989. Water stress effects on forage quality of alfalfa after adjustment for maturity differences. *Agron. J.* 81:189-194.
- 8- 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.
- 9- 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.
- 10- Khan, M.G., Silberbush, M. and Lips, S.H. 1998. Response of alfalfa to potassium, calcium and nitrogen under stress induced by sodium chloride. *Biol. Plant.* 40:2,251-259.
- 11- Neumann, P. M. 1993. Rapid and reversible modifications of extension capacity of cell walls in elongation maize leaf tissues responding to root addition and removal of NaCl. *Plant Cell Environ.* 16: 1107-1114.
- 12- Plaut, Z. and Grieve, C. M. 1988. Photosynthesis of salt stressed maize as influenced by Ca/Na ratios in the nutrient solution. *Plant Soil.* 105:283-286.
- 13- Rengel, Z. 1992. The role of calcium in salt toxicity. *Plant Cell Environ.* 15:625-632.
- 14- Zidan, I., Azaizeh, H. and Neumann, P. M. 1990. Does salinity reduce growth in maize root epidermal cells by inhibiting their capacity for cell wall acidification? *Plant Physiol.* 93:7-11.