

اثر تغذیه سیلیکون در تحمل به شوری گیاه پوکسینلیا دیستنس *Puccinellia distans*

محمد بندانی^۱ و * احمد عبدالزاده^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زیست‌شناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲ دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۴/۶/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۸/۲۹

چکیده

گیاه پوکسینلیا *Puccinellia distans* گیاهی چند ساله و مرتعی از تیره گندمیان می‌باشد. این پروژه با هدف بررسی تأثیر سیلیکون در افزایش تحمل به شوری گیاه پوکسینلیا دیستنس طراحی شده است. گیاهان در محیط کشت شنی در گلخانه کاشته شدند. محلول غذایی مورد استفاده هوگلدن بود که بر اساس تیمارهای آزمایش تعدیل شد. آزمایش در یک طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور انجام شد. فاکتور شوری شامل سه سطح ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و فاکتور سیلیکون شامل سه سطح ۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار سیلیکون به صورت سیلیکات سدیم بود. گیاهان قبل از رسیدن به مرحله زایشی برداشت شدند. نتایج آزمایش نشان داد که شوری رشد گیاهان را کم و تغذیه سیلیکون سبب بهبود رشد و افزایش وزن خشک کل گیاهان گردید. شوری سبب افزایش میزان سدیم در بخش هوایی و ریشه گیاهان شد. در صورتی که تیمار سیلیکون میزان یون سدیم را کاهش داد. اثر تیمارهای شوری و سیلیکون بر میزان پتاسیم در گیاه پوکسینلیا دیستنس معنی‌دار نبود. شوری در میزان یون کلسیم گیاهان تیمار صفر سیلیکون اثر معنی‌داری نداشت، اما تیمارهای سیلیکون جذب کلسیم را هم در ریشه و هم در بخش هوایی به صورت معنی‌داری کاهش دادند و این اثر با شوری تشدید گردید. تصور می‌شود کاهش جذب سدیم در تیمارهای سیلیکون ناشی از اثر بازدارندگی سیلیکون بر میزان تعرق در شرایط شور می‌باشد. به‌علاوه کمک به حفظ انسجام غشاهای زیستس و حفظ فعالیت پمپ $H^+ - ATPase$ غشا پلاسمایی در تنش شوری در حضور سیلیکون هم ممکن است سبب کاهش غلظت یون سدیم شده باشد. این نتایج نشان داد که تیمارهای سیلیکون تحمل به شوری را در گیاه پوکسینلیا دیستنس افزایش داده است.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، سیلیکون، پوکسینلیا دیستنس

مقدمه

سزابولیک، (۱۹۹۲). از آنجایی که تولیدات دامی ۴۰ درصد کل ارزش ناخالص تولیدات بخش کشاورزی ایران را به خود اختصاص داده است و بیشتر وابسته به علوفه حاصل از مراتع می‌باشد، اصلاح مراتع شور و لب شور در تعلیف احشام اهمیت زیادی دارد (حسینی ۱۳۷۳).

شوری یکی از عوامل مهم کاهش دهنده رشد گیاهان در بسیاری از مناطق جهان است. وسعت خاک‌های شور در ایران حدود ۲۴ میلیون هکتار است که معادل ۱۵ درصد از اراضی کشاورزی کشور می‌باشد (جعفری، ۱۳۷۳)؛

سیلیس حل شده مونوسیلیسیک اسید (H_4SiO_4) وجود دارد و با همین فرم توسط گیاهان جذب می‌شود (راون، ۱۹۸۳؛ مارسنر، ۱۹۹۵). سیلیکون برای گیاهان تیره گندم، جگن و دم اسب به عنوان یک عنصر ضروری شناخته شده است، در حالی که این عنصر برای دو لپه‌ای‌ها لازم نیست (احمد و همکاران، ۱۹۹۲). گزارش‌های متعددی از کاهش اثرات تنش‌های متعدد از جمله سمیت فلزات سنگین، خشکی و شوری با تغذیه سیلیکون مناسب وجود دارد. لیانگ و همکاران (۱۹۹۶) نتایج مشابهی را در گیاه گندم گزارش نمودند. می‌یر و کوپر (۱۹۸۹) میزان مقاومت به شوری گیاه پوکسینلیا سیلیاتا را در مرحله جوانه‌زنی و بورچیل و کنکل (۱۹۹۱) توانایی قابل گیاه پوکسینلیا دیستنس در رویش در زمین‌های شور تا هدایت الکتریکی حداکثر ۳۳ دسی‌زیمنس بر متر را گزارش نموده‌اند، هر چند تاکنون هیچ گزارشی از میزان مقاومت به شوری گیاه پوکسینلیا دیستنس در محیط کنترل شده، اثر تغذیه سیلیکون در مقاومت این گونه و نیز مکانیسم‌های آن داده نشده است.

این پژوهش با هدف ارزیابی اثر تغذیه سیلیکون در افزایش مقاومت به شوری گیاه پوکسینلیا دیستنس طراحی شده است. در این راستا میزان مقاومت به شوری گیاه این گیاه ارزیابی شده و اثرات تغذیه سیلیکون در رشد و انباشتگی یون‌ها تحت شوری بررسی می‌شود. به علاوه در ارتباط با مکانیسم‌های مربوط بحث می‌گردد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از بذر گیاه پوکسینلیا دیستنس *Puccinellia distance* (jacq.)parl که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شده بود، استفاده گردید. بذرهای پس از ضدعفونی در دهم اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۲ در گلخانه در گلدان‌های پلاستیکی به حجم ۷ لیتر که محتوی شن کاملاً شسته شده بود، کشت شدند. آبیاری و تغذیه بوته‌ها تا مرحله دو برگگی به وسیله محلول ۱/۲ هوگلند و پس از آن مطابق

گیاه پوکسینلیا دیستنس^۱ از جمله گیاهان چند ساله است که در شمال استان گلستان و بسیاری نقاط دیگر کشور به طور طبیعی می‌روید. این گیاه یک گونه خوش خوراک با پروتئین خام ۱۴/۳۵ تا ۱۶/۰۵ درصد و قابلیت هضم ۵۰ درصد می‌باشد (حسینی ۱۳۷۳) و می‌تواند برای اصلاح مراتع شور و چرای دام مورد استفاده قرار گیرد. (لانگیوس و همکاران، ۲۰۰۳؛ الشامری و همکاران، ۲۰۰۴؛ حسینی، ۱۳۷۳).

شوری پتانسیل آب محیط ریشه را کاهش داده و کم شدن توان جذب آب گیاه را سبب می‌شود. به علاوه با افزایش شوری در محیط ریشه جذب و انتقال یون‌های سمی به بافت‌های گیاه افزایش می‌یابد که کاهش جذب عناصر ضروری، به هم خوردن توازن یونی و سمیت ناشی از انباشتگی یون‌های سدیم و کلر را به دنبال دارد. در شرایط شور، جذب پتاسیم توسط سلول‌های ریشه در اثر رقابت با سدیم کاهش می‌یابد. بسیاری از گیاهان با خاصیت جذب پتاسیم انتخابی بالا، غلظت زیاد پتاسیم را حتی در شوری کم تا متوسط حفظ نموده و ترجیحاً پتاسیم بیشتری نسبت به سدیم انباشته می‌نمایند (جسچک و ولف، ۱۹۹۸؛ مارسنر، ۱۹۹۵). با اینکه غلظت سدیم در برگ ممکن است برای حفظ تورژسانس گیاه مفید باشد، ولی سدیم نمی‌تواند جانشین مناسبی برای پتاسیم محسوب شود، زیرا پتاسیم به‌طور اختصاصی برای فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها ضروری است (محمد و همکاران، ۱۹۸۷؛ مارسنر، ۱۹۹۵). علاوه بر این کاهش مقدار کلسیم در بخش هوایی از اثرات بارز شوری است که موجب بروز علائم کمبود کلسیم و اختلال در انسجام غشا تحت تنش شوری می‌گردد (کرامر و همکاران، ۱۹۸۶؛ پلات و گریو، ۱۹۸۸).

یکی از راهکارهای کاهش اثرات زیانبار تنش شوری استفاده از روش‌های تغذیه معدنی از جمله تغذیه سیلیکون می‌باشد. سیلیکون ۲۷/۶ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. در محلول خاک سیلیکون به صورت

مولار (pH=7 با NaOH ۵ نرمال) به آن اضافه و مخلوط شد. پس از ۲ دقیقه ۵ میلی لیتر از محلول اسید تارتاریک ۲۰ درصد و ۱ میلی لیتر از محلول احیا کننده اضافه گردید. برای تهیه محلول احیا کننده ۲۵ گرم بی سولفیت سدیم در ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد و سپس این محلول به محلولی که شامل ۲ گرم سولفیت سدیم و ۰/۴ گرم ۱ آمینو ۲ نفتول ۴ سولفونیک اسید در ۲۵ میلی لیتر آب مقطر است اضافه گردید و پس از به هم زدن محلول، حجم آن به ۲۵۰ میلی لیتر رسانیده شد. بعد از به هم زدن کامل و سپری شدن ۳۰ دقیقه مقدار جذب نمونه ها را در طول موج ۸۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-160Shimadzu) مورد سنجش قرار گرفت. تجزیه آماری با نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح $P < 0.05$ انجام گرفت.

نتایج

اثر سیلیکون و شوری بر رشد گیاهان: شکل ۱ تصویر گیاهان را پس از ۸۰ روز نشان می دهد که در آن کاهش رشد ناشی از تیمارهای شوری و افزایش رشد با تیمارهای سیلیکون مشهود است. نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر شوری فقط بر وزن تر بخش هوایی معنی دار بود و بر سایر صفات رشد تأثیر معنی دار نداشت. همچنین تیمارهای سیلیکون در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن خشک بخش هوایی و کل تأثیر معنی دار داشتند. اثر متقابل سیلیکون و شوری روی هیچکدام از صفات رشد معنی دار نبود. مقایسه میانگین تیمارهای شوری (جدول ۲) به صورت جداگانه نشان می دهد که شوری تنها سبب کاهش معنی دار وزن خشک بخش هوایی شد و اثر آن در سایر صفات رشد علی رغم کاهش ملایم معنی دار نیست. تیمارهای سیلیکون سبب افزایش معنی دار وزن خشک بخش هوایی و وزن خشک کل گیاهان گردیدند. این نتایج حاصل آشکار می سازد که تیمارهای سیلیکون موجب تخفیف اثرات شوری در وزن خشک گردید.

تیمارهای ذیل انجام گرفت. طرح آزمایش کاملاً تصادفی و در قالب فاکتوریل بود. فاکتور اول، شوری در سه سطح شاهد، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار NaCl و فاکتور دوم، سیلیکون (به صورت سیلیکات سدیم) در سه سطح شاهد، ۰/۵ و ۱ میلی مولار سیلیکون همراه با ۴ تکرار بود. تیمار شوری به صورت تدریجی (روزانه ۲۵ میلی مولار کلرید سدیم) اعمال گردید. جهت ثابت نگه داشتن غلظت شوری مورد نظر در شن، گیاهان در روز دو تا سه بار با محلول غذایی (هر بار ۲۰۰ سی سی) آبیاری شدند و برای جلوگیری از تجمع نمک، گلدان ها هفته ای یک بار با آب فراوان آبیاری گردیدند. میانگین درجه حرارت محیط گلخانه در طی دوره آزمایش در شب ۲۱ و در روز ۳۰ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۷ درصد بود. pH محلول های غذایی توسط KOH و H_2SO_4 روی ۶/۴ تنظیم گردید. گیاهان پس از رسیدن به حداکثر رشد رویشی، ۸۰ روز پس از کاشت (۲۸ تیر ماه سال ۱۳۸۲) برداشت شدند.

اندازه گیری میزان یون های سدیم و پتاسیم در عصاره اسیدی حاصل از خاکستر خشک گیاهان پس از سوزاندن در کوره، با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (مدل Corning 410) انجام شد. غلظت یون کلسیم در این عصاره با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی (مدل VGP 210) اندازه گیری گردید (تاکاهاشی و فنگ، ۱۹۹۳). اندازه گیری سیلیسیم با استفاده از روش هضم اتوکلاوی و رنگ سنجی انجام شد (الیوت و سیندر، ۱۹۹۱). برای هضم نمونه ها به ۱۰۰ میلی گرم پودر خشک شده گیاه ۲ میلی متر H_2O_2 ۵۰ درصد (حجمی) و ۴/۵ میلی لیتر NaOH ۵۰ درصد (وزنی) اضافه شد. آنگاه لوله ها به مدت ۱ ساعت در اتوکلاو در فشار ۱۳۸ کیلو پاسکال قرار گرفت. سپس حجم هر لوله با آب مقطر به ۵۰ میلی لیتر رسانیده شد. برای سنجش سیلیسیم، ۰/۶ میلی لیتر از عصاره ریشه و یا ۲/۵ میلی لیتر از عصاره بخش هوایی را در بالن ژوژه ریخته و ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۱ نرمال و ۱۰ میلی لیتر آمونیوم مولیبدات ۰/۳

شکل ۱- گیاهان رشد یافته به مدت ۸۰ روز در تیمار شوری و سیلیکون در محیط کشت شنی.

جدول ۱- تجزیه واریانس (درجه آزادی و میانگین مربعات) داده‌های دوره رویشی آزمایش اثر سیلیکون و شوری.

| منابع تغییر | درجه آزادی | وزن تر بخش هوایی | وزن خشک بخش هوایی | وزن خشک ریشه | وزن خشک کل |
|--------------|------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| شوری | ۲ | ۱۸۶/۶۷۶** | ۰/۵۱۹ ^{n.s} | ۰/۰۵۳ ^{n.s} | ۰/۸۸۹ ^{n.s} |
| سیلیکون | ۲ | ۱۶۸/۳۹ ^{n.s} | ۲/۷۲۳* | ۰/۵۸۰ ^{n.s} | ۳/۵۹۹* |
| شوری×سیلیکون | ۴ | ۱۷/۵۶۶ ^{n.s} | ۰/۳۹۱ ^{n.s} | ۰/۰۲۷ ^{n.s} | ۰/۵۵۰ ^{n.s} |
| خطا | ۲۷ | ۵۰/۴۳۲ | ۰/۹۲۳ | ۰/۰۲۷ | ۱/۲۳۶ |
| کل | ۳۵ | | | | |

** و * به ترتیب در سطح پنج درصد و ده درصد معنی دار است.

^{n.s} معنی دار نیست.

جدول ۲- مقایسه میانگین تیمارهای شوری و سیلیکون به صورت جداگانه در گیاه پوکسینلیا دیستنس.

| منابع تغییر | وزن تر بخش هوایی | وزن خشک بخش هوایی (گرم) | وزن خشک ریشه (گرم) | وزن خشک کل (گرم) |
|---------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| سطوح شوری | | | | |
| (میلی مولار کلرید سدیم) | | | | |
| ۰ | ۲۲/۷۳ ^a | ۲/۸۰ ^a | ۰/۶۱ ^a | ۳/۴۰ ^a |
| ۱۰۰ | ۱۷/۰۴ ^{ab} | ۲/۴۷ ^a | ۰/۵۳ ^a | ۲/۹۹ ^a |
| ۲۰۰ | ۱۵/۱۶ ^b | ۲/۴۱ ^a | ۰/۴۷ ^a | ۲/۸۹ ^a |
| سطوح سیلیکون | | | | |
| (میلی مولار سیلیکات سدیم) | | | | |
| ۰ | ۱۶/۶۴ ^a | ۲/۰۸ ^b | ۰/۴۶ ^a | ۲/۵۴ ^b |
| ۰/۵ | ۱۸/۰۷ ^a | ۲/۵۷ ^{ab} | ۰/۵۴ ^a | ۳/۱۱ ^{ab} |
| ۱ | ۲۰/۲۴ ^a | ۳/۰۳ ^a | ۰/۶۰ ^a | ۳/۶۳ ^a |

میانگین‌هایی که حد اقل دارای یک حرف مشترک باشند طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند.

داد که تیمار ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم اثر معنی داری در سیلیکون بخش هوایی و ریشه نداشت، در حالی که تیمار ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم سبب کاهش معنی دار میزان سیلیکون هر دو بخش شد. تیمار سیلیکون سبب افزایش معنی دار میزان سیلیکون بخش هوایی و ریشه گردید که

اثر شوری و سیلیکون بر میزان سیلیکون بخش هوایی و ریشه: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر شوری، سیلیکون و اثر متقابل آن‌ها بر تراکم یون سیلسیم در بخش هوایی و ریشه معنی دار بود. نتایج جدول مقایسه میانگین تیمارهای سیلیکون و شوری به (جدول ۴) نشان

این افزایش در تیمار ۱ میلی مولار سیلیکون قابل ملاحظه است. اثر متقابل شوری و سیلیکون نشان داد (شکل ۲) که تیمارهای سیلیکون سبب افزایش میزان سیلیسیم ریشه و بخش هوایی شد. بالاترین میزان سیلیکون بخش هوایی مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم به همراه ۱ میلی مولار سیلیکون و کمترین آن متعلق به تیمار صفر شوری به همراه صفر سیلیکون بود که دارای اختلاف معنی دار هستند. شوری سبب کاهش میزان سیلیسیم ریشه

شد به طوری که در تیمارهای ۰/۵ و ۱ میلی مولار سیلیکون شوری میزان سیلیسیم کاهش یافت. اثر شوری و سیلیکون بر میزان یون های سدیم و پتاسیم و کلسیم بخش هوایی و ریشه: نتایج جدول مقایسه میانگین تیمارهای سیلیکون و شوری به صورت جداگانه (جدول ۴) نشان داد که شوری موجب افزایش یون سدیم در هر دو بخش هوایی و ریشه شد. تیمارهای سیلیکون سبب کاهش یون سدیم بخش هوایی و ریشه شدند که این کاهش چشمگیر است.

جدول ۳- تجزیه واریانس (درجه آزادی و میانگین مربعات) محاسبه شده برای شوری و سیلیکون.

| منابع تغییر | درجه آزادی | سیلیسیم بخش هوایی | سیلیسیم ریشه | کلسیم بخش هوایی | کلسیم ریشه | سدیم بخش هوایی | سدیم ریشه | پتاسیم بخش هوایی | پتاسیم ریشه |
|--------------|------------|-------------------|--------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| شوری | ۲ | ۸/۶۵۰** | ۰/۷۱۰** | ۵۸/۴۸۸ ^{n.s} | ۷۷/۰۸۳* | ۲۰۸۰/۵۴۴** | ۶۳۸/۳۷۸** | ۲۴۷/۸۷۰** | ۱۲/۲۲۶ ^{n.s} |
| سیلیکون | ۲ | ۲۶/۲۱۴** | ۳/۳۹۳** | ۲۱۷/۹۲۲** | ۳۳۶/۵۸۳** | ۲۰۶/۶۶۳* | ۱۰۵/۰۵۵* | ۶۵/۵۸۹ ^{n.s} | ۵/۴۰۱ ^{n.s} |
| شوری×سیلیکون | ۴ | ۳/۸۹۴** | ۱/۲۰۴** | ۳۰/۷۲۷ ^{n.s} | ۱۶۴/۰۴۱** | ۱۶/۰۷۰ ^{n.s} | ۳۱/۹۸۹ ^{n.s} | ۴۴/۸۵۹ ^{n.s} | ۴/۷۶۷ ^{n.s} |
| خطا | ۲۷ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۷۴ | ۱۸/۸۷۹ | ۱۶/۸۶۱ | ۴۰/۲۲۶ | ۲۲/۸۲۹ | ۲۸/۷۶۶ | ۵/۰۸۲ |
| کل | ۳۵ | | | | | | | | |

** و * به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی دار است.

^{n.s} معنی دار نیست.

جدول ۴- مقایسه میانگین غلظت عناصر (میلی گرم در گرم وزن خشک) در تیمارهای سیلیکون و شوری به صورت جداگانه در گیاه پوکسنیلینا دیستنس.

| تیمار | سیلیکون هوایی | سیلیکون ریشه | کلسیم هوایی | کلسیم ریشه | سدیم هوایی | سدیم ریشه | پتاسیم هوایی | پتاسیم ریشه |
|--|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| سطوح شوری (میلی مولار کلرید سدیم) | | | | | | | | |
| ۰ | ۳/۰ ^b | ۳/۳۰ ^a | ۲۷/۰۰ ^a | ۲۸/۳۳ ^a | ۶/۶۶ ^b | ۶/۲۵ ^b | ۲۲/۹۲ ^a | ۱۰/۴۲ ^a |
| ۱۰۰ | ۴/۹۷ ^a | ۳/۰۸ ^a | ۲۲/۸۶ ^b | ۲۴/۱۸ ^b | ۲۸/۱۲ ^a | ۱۹/۹۴ ^a | ۱۵/۶۰ ^b | ۹/۱۵ ^{ab} |
| ۲۰۰ | ۲/۰۶ ^c | ۲/۸۰ ^b | ۲۶/۲۵ ^{ab} | ۲۳/۷۵ ^b | ۳۰/۶۱ ^a | ۱۷/۴۶ ^a | ۱۴/۶۰ ^b | ۸/۴۲ ^b |
| سطوح سیلیکون (میلی مولار سیلیکات سدیم) | | | | | | | | |
| ۰ | ۱/۷۴ ^c | ۲/۴۷ ^c | ۳۰/۱۷ ^a | ۳۱/۵۰ ^a | ۲۵/۵۰ ^a | ۱۷/۸۶ ^a | ۱۵/۰۵ ^a | ۹/۰۸ ^a |
| ۰/۵ | ۲/۴۸ ^b | ۳/۲۲ ^b | ۲۳/۹۲ ^b | ۲۱/۸۳ ^b | ۲۲/۵۸ ^{ab} | ۱۳/۶۴ ^b | ۱۸/۶۱ ^a | ۱۰/۱۰ ^a |
| ۱ | ۴/۵۹ | ۳/۴۹ | ۲۲/۰۲ ^b | ۲۲/۹۲ ^b | ۱۷/۳۱ ^b | ۱۲/۱۵۹ ^b | ۱۹/۶۴۹ ^a | ۸/۸۳ ^a |

میانگین هایی که حد اقل دارای یک حرف مشترک باشند طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند.

شکل ۲- اثر متقابل شوری و سیلیکون بر تراکم یون سیلیسیم در بخش هوایی و سیلیسیم و کلسیم در ریشه. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر شوری تنها در تراکم پتاسیم بخش هوایی معنی دار بود. به علاوه اثر سیلیکون و اثر متقابل شوری و سیلیکون به صورت جداگانه (جدول ۲) نشان می‌دهد که تیمارهای شوری سبب کاهش معنی دار میزان پتاسیم ریشه و بخش هوایی گردید که این کاهش در تیمار ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم چشمگیرتر است. هر چند تیمارهای سیلیکون سبب افزایش میزان پتاسیم ریشه و بخش هوایی گردیدند، ولی این افزایش معنی دار نبود.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که شوری در تراکم کلسیم ریشه، سیلیکون در تراکم کلسیم ریشه و بخش هوایی و اثر متقابل آن‌ها در تراکم کلسیم ریشه اثر معنی دار داشت. نتایج جدول مقایسه میانگین تیمارهای شوری و سیلیکون (جدول ۴) بیانگر این موضوع است که شوری سبب کاهش معنی دار یون کلسیم و بخش هوایی شد. به طور مشابهی افزایش سطح سیلیکون در محیط ریشه نیز موجب کاهش میزان یون کلسیم بخش هوایی و ریشه شد. اثر متقابل شوری و سیلیکون (شکل ۲) نشان داد که شوری اثر چندانی در غلظت کلسیم تیمار صفر میلی مول سیلیکون ندارد. اما تیمارهای سیلیکون کاهش معنی دار غلظت کلسیم ریشه را سبب گردیده و شوری این اثر را در تیمارهای ۰/۵ و ۱ میلی مول سیلیکون تشدید نموده است.

بحث

نتایج حاصل از آزمایش تغذیه سیلیکون نشان داد که از لحاظ صفات رشد رویشی اندازه‌گیری شده بین تیمارها تفاوت وجود داشته به طوری که تیمار ۱ میلی مولار سیلیکون تاثیر مطلوبی در بهبود رشد گیاهان داشته است. نتایج مشابهی توسط لیانگ و همکاران (۱۹۹۶) در گیاه جو و احمد و همکاران (۱۹۹۲) در گیاه گندم به دست آمده است.

شوری سبب افزایش یون سدیم در بخش هوایی و به خصوص در ریشه گردید، اما تغذیه با سیلیکون در گیاه موجب کاهش غلظت این یون در بافت‌ها شد. این امر در تیمار ۱ میلی مولار سیلیکون چشمگیرتر بود. زمانی که

تنش شوری ایجاد می‌شود، کاهش پتانسیل اسمزی و سمیت ناشی از یون سدیم گیاه را دچار مشکل می‌کند. سیلیکون با کاهش جذب سدیم اثرات سمی این یون را کاهش داده در نتیجه بهبود رشد را باعث شده است. اما این امر چگونه امکان‌پذیر شده است.

گیاهان از لحاظ نیاز به سیلیکون به دو گروه متفاوت تقسیم می‌شوند. گروه اول دو لپه‌ای‌ها و بسیاری تک لپه‌ای‌ها هستند که به سیلیکون به عنوان یک عنصر ضروری نیازی ندارند، در حالی که گروه دوم شامل گندمیان و دم اسپیان به سیلیکون به عنوان یک عنصر پر مصرف^۱ نیاز دارند (راون، ۱۹۸۳). اولین تفاوت اساسی این دو گروه گیاهان در ترکیب دیواره سلولی آن‌ها است که در گروه اول که نوع یک دیواره نامیده می‌شوند، دیواره سرشار از ترکیبات پکتینی و پروتئین است که جایگاه‌های زیادی با بار منفی را برای پیوند با کلسیم ایجاد می‌کند. در گروه دوم، نوع دو دیواره، میزان ترکیبات پکتیکی و پروتئین کم است ولی ترکیبات فنلی زیادی دارد (بوشمن و همکاران، ۲۰۰۰). تصور می‌شود سیلیکون با ایجاد کمپلکس‌های پیچیده با ترکیبات دیواره‌ای گندمیان که دارای دیواره نوع دو هستند، در استحکام و اندازه منافذ دیواره و نیز رشد قطری و طولی یاخته‌ها به ویژه آوند چوبی این گیاهان نقش اساسی داشته باشد. بنابراین تغذیه مناسب سیلیکون میزان تعرق را کاهش می‌دهد (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۶؛ لیانگ، ۱۹۹۹) که این امر ممکن است کاهش جذب سدیم تحت تأثیر شوری را سبب شده باشد. مارسنر (۱۹۹۵) گزارش کرده است که چون بخش زیادی از سدیم از طریق غیر فعال توسط گیاهان جذب می‌شود و فرآیند جذب آن متأثر از جریان تعرق می‌باشد، در نتیجه کاهش جذب سدیم می‌تواند ناشی از تأثیر سیلیکون روی میزان تعرق باشد. برای مثال جذب اپوپلاستی Na^+ از محل ریشه‌های فرعی به میزان تعرق وابسته است. همچنین صعود ریشه خام حاوی این یون‌ها در آوند چوبی به میزان جذب و صعود آب و جریان تعرق بستگی دارد که با تغذیه سیلیکون کم می‌شود. راه دیگر تأثیر سیلیکون در گیاهان نقش احتمالی آن در پایدار نمودن

غشاهای زیستی است که توسط لیانگ و همکاران (۱۹۹۶) گزارش شده است.

تیمارهای سیلیکون به خصوص در تیمار ۰/۵ میلی مولار سبب کاهش غلظت یون کلسیم در گیاهان گردید که احتمالاً به رسوب سیلیسیم در فضاهای خالی ریشه و کاهش جذب اپوپلاستی کلسیم مربوط است. این نتایج مشابه نتایج کار تاکاهاشی و فنگ (۱۹۹۳) در گیاه برنج می‌باشد.

نتایج آزمایش نشان داد که تیمار سیلیکون اثر مطلوبی بر تخفیف اثرات شوری در گیاه پوکسینلیا دیستنس

داشت. کلید این امر کاهش جذب، انتقال و انباشتگی یون سدیم در بافت‌های حساس می‌باشد که به نظر می‌رسد در نقش سیلیکون در پایداری دیواره سلول و حفظ انسجام غشاهای زیستی ریشه دارد. هر چند روشن ساختن این امر پژوهش‌های بیشتر در بیوشیمی و ساختار دیواره و غشا را می‌طلبد. این آزمایش آشکار می‌سازد که افزودن کودهای سیلیکاته به خاک‌های شور ممکن است اثرات تنش شوری را در گیاه پوکسینلیا دیستنس تخفیف دهد. تأیید این نتایج با آزمایش کشت این گیاه در زمین مراتع لازم است.

منابع

۱. جعفری، م. ۱۳۷۳. سیمای شوری و شور روی‌ها. موسسه جنگل‌ها و مراتع. نشریه شماره ۹۰.
۲. حسینی، ع. ۱۳۷۳. بررسی اتکولوژی پوکسینلیا دیستنس در رویشگاه‌های شور و قلیایی شمال منطقه گرگان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
3. Ahmad, R., Zaheer, S.H.A., and Ismail, I.S. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Science*. 85:43-50.
4. Alshammery, S.F., Qian, Y.L., and Wallner, S.J. 2004. Growth response of four turfgrass species to salinity. *Agricultural Water Management*. 66:97-111.
5. Buchanan, B., Cruissem, W., and Jones, R. 2000. Biochemistry and molecular biology of plants. *America Society of Plant Physiologists*. Pp91-82.
6. Burchill, C.A., and Kenkel, N.C. 1991. Vegetation – environment relationships of an inland boreal salt pan. *Canadian Journal of Botany* 69:722-732.
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 Physiology* 81:792-797.
8. Elliot, C.L., and Synder, G.H. 1991. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. *Journal of Agriculture Food chemistry*. 39:111-119.
9. Jeschke, W.D., and Wolf, O. 1988. Effect of NaCl on growth development, ion distribution and ion translocation in castor bean (*Ricinus communis* L.). *Plant Physiology* 132:45-52.
10. Liang, Y. 1999. Effects of silicon on enzyme and sodium, potassium and calcium concentration in barley under stress. *Plant and Soil* 209: 217-224.
11. Liang, Y., Shen, Q., Shen, Z., and Tongsheng, M. 1996. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. *Plant Nutrition* 19(1):173-179.
12. Langlosi, E., Bonis, A., Bouzille, J.B. 2003. Sediment and plant dynamics in saltmarshes pioneer zone: *Puccinellia* as a key species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 239-249.
13. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. Limited, London. Second edition. Pp 674.
14. Muhammad, S., Akbar, M., and Neve, H.U. 1987. Effects of Na/Ca and Na/K ratios in saline culture solution on the growth and mineral nutrient of rice (*Oriza sativa* L.). *Plant and Soil*. 104:57-62.
15. Myers, B., and Couper, D. 1989. Effects of temperature and salinity on the germination of *Puccinellia ciliate* (Bor) cv. Menemen. *Australian Journal of Agricultural Research* 40(3): 561-571.
16. 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.
17. Raven, J.A. 1983. Transport and function of silicon in Plants. *Biological Review* 58: 179-207.
18. Szabolics, I. 1992. Salinization of soil and water its relation to desertification. *Desertification Contr. Bull.* 21: 32-37.
19. Takahashi, E., Tanaka, H., and Miyake, Y. 1981. Distribution of silicon accumulating plants in the plant kingdom. *Japanese Journal of Soil Science and plant Nutrition*. 52: 11-15. (In Japanese).
20. Takahashi, E., and Feng, G. 1993. Interaction between Calcium and Silicon in water-cultured rice plants. *Plants and Soil*. 148:107-113.

Effects of silicon nutrition on salinity tolerance of *Puccinellia distans* (jacq.) parl.

M. Bandani¹ and A. Abdolzadeh²

¹Former M.Sc. student Dept. of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran,

²Associate Prof., Dept. of Biology, Gorgan Univ. of Agricultural Sciences and natural Resources, Iran

Abstract

Puccinellia distans is perennial, salt tolerant forage that belongs to Geraminea family. This research was plane for the increment of salt tolerance of *Puccienellia distans* with silicon and calcium nutrition and their interaction. The experiments accomplished in two growth stages including germination and vegetative stages. Germination experiment performed in peti dishes and paper towels under five salinity levels including 0, 50, 100, 150 and 200 mM NaCl. Vegetative growth stages tests done in three experiments. Design of experiment 1 was completely randomized with two factors, salinity including 0, 100 and 200 mM NaCl and silicon including 0, 0.5 and 1 mM silicon (as a sodium silicate). The second experiment had two factors consist of salinity including 0, 100 and 200 mM NaCl and supplemental calcium nutrition including 0, 1/5 and 3 mM calcium chloride. Experiment three run with two factors including silicon and calcium simultaneous (respectively including 1 and 1.5 mM) and salinity including 0, 100 and 200 mM NaCl. Plants were cultivated in sand culture in greenhouse and irrigated with Hoagland nutrient solution. Salinity reduced germination percentages, rates and uniformity significantly. Also, salinity decreased the length of radicles and hypocotyls in seedlings. Salinity reduced dry mass of plant shoot but silicon nutrition could alleviate effects of salinity and caused a significant increase in shoot and total dry mass under salinity. Silicon nutrition reduced Na⁺ concentration in plants under salinity and consequently, alleviated salinity effect in plants. The reduction of Na⁺ uptake and concentration could at least partly be explained by the inhibitory effect of silicon on the transpiration rate of plants under salinity. The supplemental calcium nutrition (1.5 mM) under 100 mM NaCl increased dry mass shoot and root. Supplemental calcium nutrition (1.5 mM) under 100 mM NaCl reduced sodium concentration in plant tissues that might be resulted higher growth of plants. Comparison of treatments according to dry mass under salinity indicated that sole silicon and calcium plus silicon treatments had certain advantage to sole calcium treatment. Alleviation of salinity by simultaneous calcium and silicon nutrition is lower than each one solely. It might be related to calcium and silicon antagonism on uptake and transportation and competition of them for cell wall sites assimilation. Further experiments I farms and range is essential for confirmation of these results.

Keywords: Salinity; Silicon; *Puccienellia distans*