



## به‌زرعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶  
صفحه‌های ۱۴۵-۱۳۳

# اثر کاربرد سیلیکون بر تحمل به شوری چمن کنتاکی بلوگراس

مسعود ارغوانی<sup>۱\*</sup>، سعیده سوادکوهی<sup>۲</sup> و سید نجم‌الدین مرتضوی<sup>۳</sup>

۱. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
۳. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۱۹

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۳۰

### چکیده

این پژوهش به منظور بررسی پاسخهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چمن کنتاکی بلوگراس (*Poa pratensis* L.) به شوری و کاربرد سیلیکون در سال ۱۳۹۳ در گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان انجام شد. تیمارهای شوری (صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی مولار کلرید سدیم) و سیلیکات سدیم (صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی مولار) در محلولهای کامل غذایی اعمال شدند. به‌طور کلی، شوری رشد ریشه و شاخساره، مقدار کلروفیل، کیفیت ظاهری چمن و میزان پتاسیم برگها را کاهش داد. در صورتی که میزان سدیم، پرولین و نشت یونی برگها با افزایش میزان شوری افزایش یافت. کاربرد سیلیکون در تمامی صفات به غیر از میزان پتاسیم برگها، اثرات منفی تنش شوری را بهبود بخشید و این اثر در غلظت ۸۰ میلی مولار نمک بیشتر دیده شد. اگرچه در مورد صفات کیفیت ظاهری چمن، میزان کلروفیل و رشد ریشهها تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی مولار سیلیکون مشاهده نشد، ولی در مجموع کاربرد ۱/۵ میلی مولار سیلیکات سدیم جهت افزایش تحمل به شوری چمن کنتاکی بلوگراس نتیجه بهتری را در بر داشت.

**کلیدواژه‌ها:** پتاسیم، پرولین، تنش، رشد شاخساره، سیلیکات سدیم، محلول غذایی، نشت یونی، نمک.

## مقدمه

با افزایش جمعیت و گسترش شهرها، نیاز به توسعه فضای سبز نیز افزایش می‌یابد. در این راستا چمن به‌عنوان بهترین گیاه پوششی که دارای قدرت پاخوری است، بخش مهمی از فضای سبز شهری را شامل می‌شود. چمن کتاکای بلوگراس<sup>۱</sup> متعلق به خانواده گندمیان<sup>۲</sup> و یکی از پرکاربردترین چمنهای زیتتی و ورزشی در جهان است [۱۵] و این موضوع اهمیت گسترش تحقیقات در مورد این گونه چمن را در ایران روشن می‌سازد. شوری آب و خاک از جمله عوامل تنش‌زای محیطی است که به‌علت افزایش روزافزون در سراسر جهان مورد توجه زیادی قرار گرفته است. حدود ۲۷ میلیون هکتار از خاک‌های ایران جزء خاک‌های شور و سدیمی محسوب می‌گردند [۷]. در این مناطق میزان نمک‌های حاصل از کاتیون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به همراه آنیون‌های کلراید، سولفات، کربنات و بی‌کربنات بالا است که البته عمده‌ترین آنها کلرید سدیم است. افزون بر این آب کافی نیز برای آبیاری نمک‌ها وجود ندارد [۱۶]. از طرفی با افزایش نیاز به آب شرب، دولت‌ها مجبور می‌شوند استفاده از آب شیرین را در آبیاری فضای سبز شهری و به‌ویژه چمن محدود کنند. بنابراین یکی از مشکلات کنونی و آینده چمن‌کاری، چگونگی کشت آن در زمینهای شور و استفاده از آبهای شور و بازیافتی برای آبیاری است.

گزینش گونه و ارقام مقاوم‌ترین راه مقابله با شوری است، با این حال گاهی در انتخاب ارقام محدودیت وجود دارد و باید در جستجوی روشهای دیگر بود که در این میان گزینش راهکارهای صحیح مدیریت چمن می‌تواند گره‌گشا باشد. یکی از راهکارهای کاهش اثرهای زیانبار تنش شوری استفاده از روشهای صحیح تغذیه معدنی گیاهان است که نقش قابل ملاحظه‌ای در افزایش عملکرد

دارند. در همین ارتباط، نقش برخی عناصر نظیر سیلیکون<sup>۳</sup> مورد توجه برخی متخصصین تغذیه گیاهی قرار گرفته است. سیلیکون بعد از اکسیژن فراوانترین عنصر پوسته زمین است، هرچند که در اکثر گیاهان، عنصر ضروری رشد محسوب نمی‌شود [۱۸]. با این حال مشاهده شده که میتواند در گیاهان به طرق مختلف سبب افزایش تحمل به تنش‌های محیطی شود؛ از جمله ضخیم شدن لایه کوتیکول در اثر تغذیه گیاه با سیلیکون و کاهش از دست دادن آب [۲۹]، کمک به تنظیم اسمزی و حفظ محتوی آب سلول [۳۸]، حفظ ساختار غشاء سلولی [۲۵] و کاهش جذب سدیم [۲].

با وجود اینکه گزارشهای مختلفی مبنی بر افزایش تحمل به شوری گیاهان خانواده گندمیان در اثر مصرف سیلیکون موجود است [۸ و ۲۴]، این اثر در مورد چمنها به خوبی مطالعه نشده است. هم‌اکنون در بسیاری از نقاط کشور به دلیل شوری آب یا خاک امکان کاشت چمن وجود ندارد و به همین دلیل فضای سبز این مناطق از کیفیت مطلوبی برخوردار نیست. نتایج این تحقیق می‌تواند زمینه ساز پیشبرد کمی و کیفی فضای سبز و زمینهای چمن ورزشی و همچنین چگونگی مدیریت صحیح چمن در مناطق مذکور باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی چمن کتاکای بلوگراس به کاربرد غلظتهای مختلف سیلیکون در شرایط تنش شوری بود و اینکه آیا کاربرد سیلیکون می‌تواند تحمل به شوری را در این چمن افزایش دهد؟

## مواد و روشها

این پژوهش به‌منظور بررسی پاسخ‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چمن کتاکای بلوگراس (*Poa pratensis* L.) به کاربرد سیلیکون در شرایط شوری در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان

1. Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.)  
2. Poaceae

3. Silicon (Si)

یونی نمونه‌های برگ (در حدود ۰/۱ گرم وزن تر) با آب مقطر شسته شد و در ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرارداد شدند. سپس هدایت الکتریکی محلول اندازه‌گیری شد. پس از آن لوله‌های آزمایش حاوی نمونه به مدت ۲۰ دقیقه در آب جوش قرارداد شدند و پس از سرد شدن در دمای اتاق، مجدداً هدایت الکتریکی محلول اندازه‌گیری شد. میزان نشت یونی به صورت درصد، از تقسیم هدایت الکتریکی اولیه بر هدایت الکتریکی سلولهای مرده محاسبه شد [۴۳].

جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل، مقدار ۰/۱ گرم وزن تازه از برگ را در هاون چینی با نیتروژن مایع سائیده شد و ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه شد. سپس نمونه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. میزان جذب عصاره استخراج شده در طول موج‌های ۶۴۵ نانومتر و ۶۶۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر<sup>۲</sup> قرائت شد و میزان کلروفیل (میلی گرم کلروفیل در گرم وزن تر برگ) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد [۱۲].

$$\text{mg Chl/g FW} = [(20.2(D_{645 \text{ nm}}) + (8.02(D_{663 \text{ nm}}) \times V/G \times 1000] \times 1000 \quad (1)$$

در این فرمول D نشان‌دهنده جذب عصاره، G وزن تر برگ‌ها به میلی گرم و V حجم نهایی عصاره به میلی لیتر می باشد.

برای اندازه‌گیری میزان پرولین به طور خلاصه، ۰/۱ گرم نمونه تازه با استفاده از نیتروژن مایع سائیده شد و با ۲ میلی لیتر سولفوسالیسیلیک اسید<sup>۳</sup> ۳ درصد هموزن گردید. پس از ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ با شدت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه، ۰/۵ میلی لیتر از روشناور به همراه ۲ میلی لیتر اسید نین‌هیدرین<sup>۴</sup> و ۲ میلی لیتر اسیداستیک به مدت یک ساعت داخل آب جوش قرار داده شد و واکنش در داخل یخ به

به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شوری در سه سطح (صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی مولار کلرید سدیم) و سیلیکات سدیم در سه سطح (صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی مولار) بود. بذور چمن پوآ پراتنسیس رقم باریمپالا<sup>۱</sup> با تراکم ۲۰ گرم در متر مربع، در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۱ سانتی‌متر با بستر کاشت مخلوط ماسه و پرلایت به صورت هیدروپونیک کشت شدند و به مدت ۴ ماه با محلول کامل غذایی (محلول نصف غلظت هوگلند) تغذیه شدند، سپس سطوح مختلف شوری و سیلیکون در محلول‌های غذایی به مدت ۶ هفته اعمال گردید و پس از آن صفات کیفیت ظاهری چمن، میزان رشد ریشه و شاخساره، میزان کلروفیل، پرولین، نشت یونی، عناصر سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ‌ها اندازه‌گیری شد.

چمنها به طور هفتگی در ارتفاع ۴ سانتیمتر سربرداری شدند. برای اندازه‌گیری رشد شاخساره پس از هر سربرداری، چمنهای چیده شده به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک شدند و وزن خشک آنها محاسبه شد. در پایان آزمایش پس از خارج کردن گیاهان از گلدان، ریشهها جدا شدند و وزن خشک بخش هوایی چمن‌ها محاسبه شد. میزان رشد شاخساره از مجموع وزن خشک چمنهای زده شده در ۶ هفته دوره آزمایش و وزن خشک بخش هوایی چمنها در پایان آزمایش به دست آمد. برای محاسبه میزان رشد ریشهها، در پایان آزمایش پس از خارج کردن گیاهان از گلدان ریشهها جدا شده و پس از شستشو و جدا کردن ذرات ماسه، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و وزن آنها محاسبه شد [۳۴].

پایداری غشای سلولی با استفاده از اندازه‌گیری نشت یونی از بافت برگها ارزیابی شد. به منظور محاسبه نشت

1. Barimpala

2. Spectrophotometer  
3. Sulfosalicylic acid  
4. Acid ninhydrin

## نتایج و بحث

برهمکنش تنش شوری و سیلیکون بر میزان رشد شاخساره نشان داد که بین سطوح مختلف کاربرد سیلیکون در شرایط بدون تنش و همچنین در غلظت ۴۰ میلی مولار نمک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی در غلظت ۸۰ میلی مولار نمک، کاربرد سیلیکون در هر دو سطح سبب افزایش وزن خشک شاخساره گردید. در محیط بدون نمک بیشترین میزان وزن خشک ریشه در تیمار ۰/۷۵ میلی مولار سیلیکات سدیم به دست آمد. هرچند، که بین تیمار ۰/۷۵ و تیمار ۱/۵ میلی مولار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین گیاهانی که سیلیکون دریافت نکرده بودند و گیاهان تیمار شده با ۱/۵ میلی مولار سیلیکات سدیم، تفاوت معنی‌داری از نظر رشد ریشهها نداشتند. در شرایط تنش شوری، کاربرد سیلیکون وزن خشک ریشه را افزایش داد، البته در غلظت ۴۰ میلی مولار نمک، بین تیمارهای ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی مولار سیلیکات سدیم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱).

تنش شوری میتواند با کاهش فتوسنتز، کاهش سطح برگ، کاهش هدایت روزنه‌های برگ و کاهش محتوی نسبی آب برگ‌ها، سبب کاهش رشد شاخساره و ریشهها شود و به همین دلیل شاخصها رشدی در بسیاری از مطالعات به منظور بررسی مقاومت به شوری چمن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱، ۲۲، ۳۴، ۳۹]. از دیگر دلایل کاهش رشد در اثر شوری میتوان به تولید مواد محلول سازگار از قبیل پرولین و گلاسیسین بتائین در گیاهان اشاره کرد. این مواد که برای افزایش تحمل به شوری ساخته می‌شوند دارای کربن بالایی هستند و به همین دلیل به‌طور غیر مستقیم کاهش رشد را سبب می‌شوند. از طرف دیگر در شرایط تنش شوری گیاه انرژی زیادی صرف انتقال فعال یون‌ها می‌کند و بازدارندگی رشد در اثر شوری می‌تواند به دلیل تخلیه انرژی که برای رشد لازم است اتفاق بیفتد [۴۰].

پایان رسید. با اضافه کردن ۲ میلی لیتر تولوئن جذب مایع رنگی حاوی پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و میزان پرولین با استفاده از منحنی‌های استاندارد پرولین محاسبه شد [۱۴].

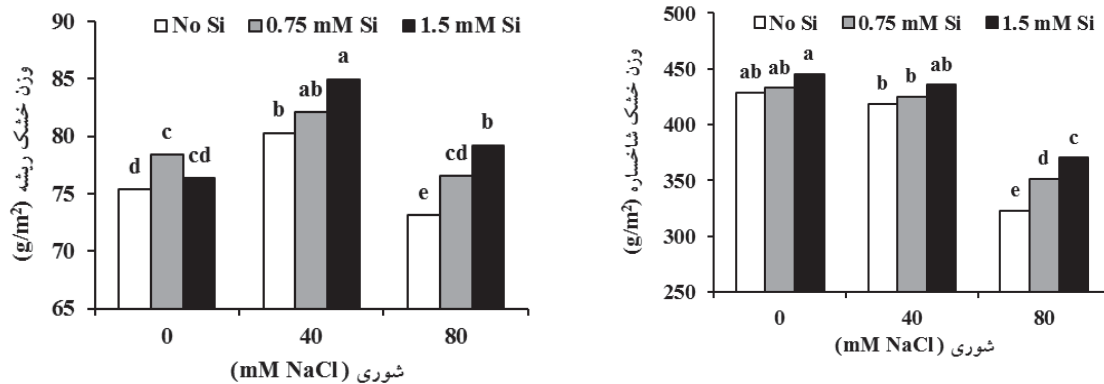
جهت اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم موجود در برگ، نمونه‌ها پس از شستشو با آب مقطر به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. یک گرم از هر نمونه پودر شده در بوته چینی ریخته شد و در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرارداده شد تا به خاکستر سفیدرنگ تبدیل شود. خاکستر حاصله با ۱۰ میلی لیتر کلریدریک اسید ۲ نرمال به‌صورت محلول درآمد و به ارلن مایر منتقل شد و به مدت یک ساعت در حمام آب گرم با دمای ملایم قرارداده شد. سپس حجم عصاره حاصل پس از صاف کردن، با آب مقطر به ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد و این عصاره جهت اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم مورد استفاده قرار گرفت. میزان عناصر سدیم و پتاسیم موجود در عصاره با کمک محلولهای استاندارد سدیم و پتاسیم و به وسیله دستگاه فلیم فتومتر<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شد [۱۷].

جهت اندازه‌گیری کیفیت ظاهری چمن، ویژگی‌های رنگ، تراکم و بافت چمن به‌صورت درجه‌بندی ۱ تا ۹ و به‌صورت مشاهده‌های ارزیابی شدند. رتبه ۹، چمن با رنگ سبز تیره، تراکم بالا و بافت مطلوب (مشابه گیاهان درحالت طبیعی و بدون تنش) و رتبه ۱ برای چمن‌های کاملاً زرد و با تراکم پایین و بافت نامطلوب در نظر گرفته شد. رتبه زیر ۶ از لحاظ کیفیت ظاهری غیرقابل قبول در نظر گرفته شد و کیفیت ظاهری براساس میانگین رنگ، تراکم و بافت چمن محاسبه گردید [۴۱].

آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و MSTATC انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵٪ استفاده شد.

1. Flame photometer

اثر کاربرد سیلیکون بر تحمل به شوری چمن کنتاکی بلوگراس



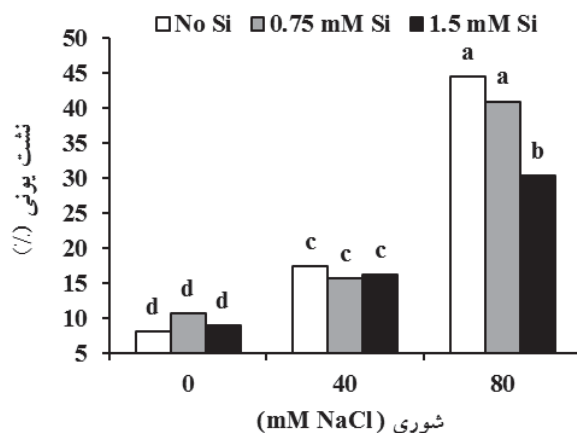
شکل ۱. برهمکنش شوری و سیلیکون بر وزن خشک شاخساره و ریشه چمن کنتاکی بلوگراس. در هر نمودار میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.

کلروفیل را در شرایط تنش شوری کاهش دهد و در نتیجه بهره‌وری فتوشیمیایی گیاه را بالا ببرد و این موضوع تاثیر مثبت در رشد گیاه در شرایط تنش شوری دارد [۹].

نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش شوری، نشت یونی سلولها در شاخساره به طوری معنی‌داری افزایش یافت. کاربرد سیلیکون اثر معنی‌داری بر میزان نشت یونی در شرایط بدون تنش و نیز در شوری ۴۰ میلی مولار نداشت، ولی در شوری ۸۰ میلی مولار، کاربرد ۱/۵ میلی مولار سیلیکات سدیم به طور معنی‌داری نشت یونی را کاهش داد (شکل ۲).

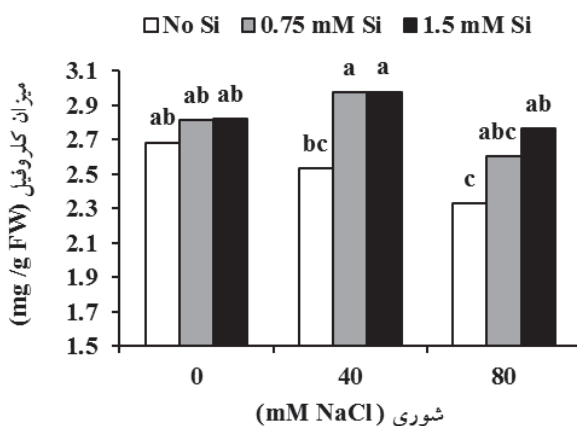
اندازه‌گیری نشت یونی به‌عنوان معیاری برای ارزیابی سلامت غشای سلولی انجام می‌شود. در شرایط تنش شوری، تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن که سبب پراکسیداسیون اسیدهای چرب غشا می‌شوند و جایگزینی یون سدیم با یون کلسیم در غشای سلولی سبب افزایش نفوذپذیری غشاء و کاهش پایداری آن می‌شود. و به همین دلیل ارقام متحمل به شوری، میزان نشت یونی کمتری دارند. نتایج به‌دست آمده در این آزمایش که نشان دهنده افزایش نشت یونی در اثر شوری می‌باشد مطابق با بسیاری از پژوهش‌های دیگر در مورد چمنها و سایر محصولات است [۱۹ و ۲۸].

یکی از راه‌های افزایش تحمل به شوری، افزایش رشد ریشه‌ها است. بالاتر بودن نسبت ریشه به شاخساره در شرایط تنش کمک زیادی به افزایش تحمل گیاه می‌نماید و گیاهان متحمل در شرایط تنش نسبت ریشه به شاخساره بیشتری دارند و دسترسی گیاه به آب و مواد غذایی بیشتر است. افزایش رشد ریشه‌ها در شرایط تنش شوری در سایر چمن‌ها نیز گزارش شده است [۱۰]. هرچند، در این پژوهش در غلظت ۸۰ میلی مولار نمک کاهش شدید رشد شاخساره، رشد ریشه‌ها را تحت تاثیر قرار داده است. مطالعات متعدد نشان داده است که سیلیکون اثرات مثبتی بر رشد و عملکرد گیاه دارد [۲، ۵، ۲۰ و ۳۱]. رسوب کریستال‌های سیلیکات در سلول‌های اپیدرمی سبب استحکام برگ‌ها و کاهش از دست دادن آب از طریق کوتیکول می‌شود. در نتیجه، سیلیکون می‌تواند در شرایط تنش که رشد گیاه تحت تاثیر کاهش آب سلول‌ها قرار می‌گیرد، مفید باشد [۲۷]. در گیاه خیار استفاده از سیلیکون در محلول غذایی سبب شادابی و استحکام بیشتر برگ‌ها و ساقه‌ها گردید و توانایی گیاه برای جذب نور بهبود یافت و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاه افزایش یافت [۳۶]. همچنین، در گیاه گوجه‌فرنگی کاربرد سیلیکون توانست با افزایش کارایی فتوسیستم II میزان فلورسانس



شکل ۲. برهمکنش شوری و سیلیکون بر میزان نشست یونی برگ چمن کنتاکی بلوگراس.

میانگین های با حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.



شکل ۳. برهمکنش شوری و سیلیکون بر میزان کلروفیل برگ چمن کنتاکی بلوگراس.

میانگین های با حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.

نسبت به تیمار ۸۰ میلی مولار است. در آزمایشی که روی گندم انجام شد، کاربرد سیلیکون توانست میزان آنزیم های آنتی اکسیدان کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز را افزایش دهد [۶]. گزارش شده است که در چمن های کنتاکی بلوگراس کشت شده در شرایط تنش شوری، افزایش فعالیت این آنزیم ها با تولید مالون دی آلدیاید رابطه معکوس دارد. مالون دی آلدیاید در

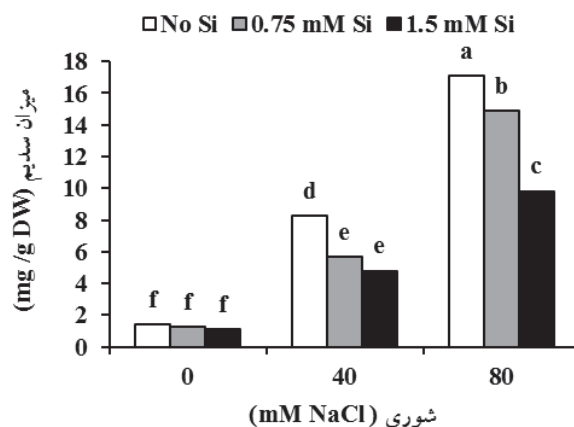
سیلیکون میتواند به عنوان یک مولکول پیام رسان با افزایش توان دفاع آنتی اکسیدانی گیاه خسارات ناشی از گونه های واکنش پذیر اکسیژن را کاهش دهد و بدین ترتیب پایداری غشا افزایش و نشست یونی کاهش یابد [۳۲]. البته در پژوهش حاضر، عدم تاثیر کاربرد سیلیکون بر نشست یونی در شرایط شوری ۴۰ میلی مولار نمک، احتمالاً به دلیل میزان بسیار کمتر نشست یونی در این غلظت نمک

## اثر کاربرد سیلیکون بر تحمل به شوری چمن کنتاکی بلوگراس

وابستگی زیادی به سلامت کلروپلاست‌ها دارد و عواملی که سبب آسیب به غشای کلروپلاست می‌شوند، سبب کاهش میزان کلروفیل می‌شوند [۲۱]. با توجه به افزایش نشت یونی در اثر شوری در این آزمایش که نشان‌دهنده آسیب به غشای سلولی است، می‌توان انتظار داشت که شوری اثر مخرب خود را بر غشای کلروپلاست‌ها نیز داشته است و سبب کاهش میزان کلروفیل گردیده است. از طرفی در مطالعات مختلف به نقش سیلیکون در کاهش خسارت به غشاهای سلولی و افزایش پایداری غشا اشاره شده است [۴ و ۲۳]. که می‌تواند توجیهی در جهت اثر مثبت کاربرد سیلیکون بر میزان کلروفیل باشد. همچنین گزارش شده است که سیلیکون استحکام برگ‌ها را افزایش و پیری برگ را به تأخیر انداخت و میزان کلروفیل و فعالیت آنزیم روبیسکو و سرعت فتوسنتز را افزایش داد [۲۷]. یکی از دلایل اثر مثبت سیلیکون بر میزان کلروفیل جلوگیری از آسیب فراساختار کلروپلاست‌ها در شرایط تنش شوری است [۲۶]. مطابق با یافته‌های این آزمایش در یک مطالعه در شرایط تنش خشکی، کاربرد سیلیکون توانست با افزایش میزان کلروفیل برگ‌ها توان گیاه را در مقابله با تنش افزایش دهد [۶].

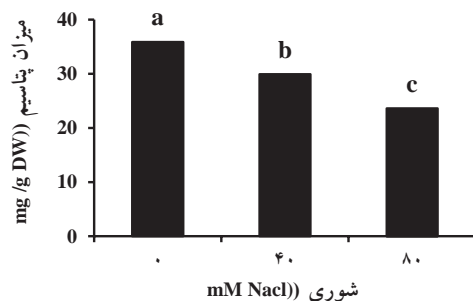
اثر پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع غشاهای سلولی تولید می‌شود و تولید آن نشان‌دهنده خسارت به غشای سلولی است و با نشت یونی رابطه مستقیم دارد [۱۱]. برهمکنش تنش شوری و سیلیکون بر میزان کلروفیل برگ‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش، کاربرد سیلیکون اثر معینداری بر میزان کلروفیل ندارد، ولی در هر دو سطح نمک، گیاهانی که با سیلیکون تیمار شدند، کلروفیل بیشتری نسبت به گیاهان تیمار نشده داشتند. بین سطوح مختلف سیلیکون تفاوت معینداری از این نظر مشاهده نشد (شکل ۳).

محتوای کلروفیل برگ عامل مهمی در تعیین ظرفیت فتوسنتزی برگ محسوب می‌شود و تنش شوری در پژوهش‌های متعدد میزان کلروفیل برگ را کاهش داده است [۱، ۳، ۴ و ۵]. کاهش میزان کلروفیل در اثر شوری می‌تواند به دلیل کاهش ساخت آن و یا افزایش تجزیه آن باشد. گزارش شده است که در روزهای اولیه پس از تنش شوری فعالیت آنزیم کلروفیل‌آز که سبب تجزیه کلروفیل می‌شود، افزایش می‌یابد، ولی با گذشت زمان و در غلظت‌های بالاتر نمک، کاهش ساخت کلروفیل، دلیل اصلی کاهش میزان آن است [۳۷]. محتوای کلروفیل برگ



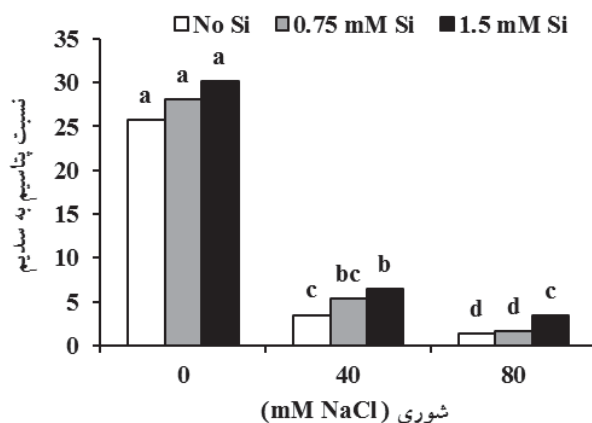
شکل ۴. برهمکنش شوری و سیلیکون بر میزان سدیم برگ چمن کنتاکی بلوگراس. میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.

## مسعودارغوانی و همکاران



شکل ۵. اثر شوری بر میزان پتاسیم برگ چمن کنتاکی بلوگراس.

میانگین های با حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.



شکل ۶. برهمکنش شوری و سیلیکون بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ چمن کنتاکی بلوگراس.

میانگین های با حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.

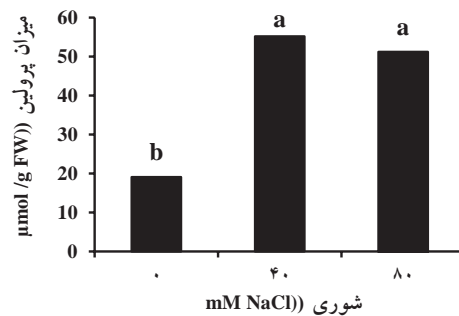
اثر کاربرد سیلیکون در آزمایش های دیگر هم گزارش شده است [۲، ۳، ۵ و ۲۵]. که میتواند به دلیل رسوب سیلیکون روی ریشه و جلوگیری از جذب آن باشد. همچنین اثر سیلیکون بر افزایش میزان پتاسیم برگها گزارش شده است [۳ و ۳۱]. سیلیکون از طریق افزایش فعالیت پمپهای پروتونی غشای سلولی و غشای تونوپلاست، که در جذب فعال یون پتاسیم، دفع سدیم به فضای آپوپلاستی و نیز محدود کردن سدیم در واکنش سلولهای ریشه نقش دارند، سبب افزایش میزان پتاسیم و کاهش میزان سدیم برگها می شود [۲۶].

نگهداری میزان مطلوب پتاسیم برای گیاه در محیط های شور بسیار حیاتی است، زیرا پتاسیم نقش مهمی در تنظیم پتانسیل اسمزی سلول های گیاهی دارد. نسبت پتاسیم به سدیم می تواند شاخص مناسبی برای تحمل به شوری گیاهان باشد. میزان بالای یون سدیم در محیط های شور نه تنها بازدارندگی رقابت آمیز در جذب پتاسیم ایجاد می کند، بلکه با آسیب به غشای سلولی، در جذب انتخابی یون ها اختلال ایجاد می کند [۳۰]. به همین دلیل در بسیاری از مطالعات در رابطه با چمنها و سایر گیاهان با افزایش شوری، غلظت یون سدیم در برگها افزایش و غلظت یون پتاسیم کاهش می یابد [۳، ۱۱ و ۳۴]. کاهش میزان سدیم در

## به زراعی کشاورزی



اثر کاربرد سیلیکون بر تحمل به شوری چمن کنتاکی بلوگراس



شکل ۷. اثر شوری بر میزان پرولین برگ چمن کنتاکی بلوگراس.

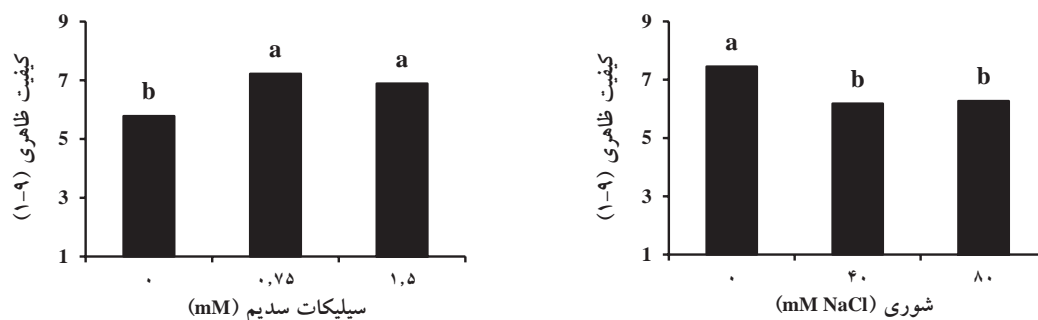
میانگین های با حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.

کلر در محیط ریشه و افزایش جذب آن‌ها، گیاهان برای خشتی کردن اثر سمی این یون‌ها، آنها را به واکنش متقل می‌کنند و به منظور برقراری تعادل اسمزی، مواد آلی محلول از قبیل پرولین را در سیتوپلاسم تجمع می‌دهند. همچنین علاوه بر تنظیم اسمزی گیاهان در شرایط تنش، نقش‌های پیشنهادی دیگری برای پرولین از جمله حذف رادیکال‌های هیدروکسیل، حفظ پایداری غشا و ساختار پروتئین‌ها، تأمین کربن و نیتروژن در شرایط تنش و تعدیل پتانسیل اکسیداسیون و احیا در شرایط تنش گزارش شده است [۱۳]. در پژوهش حاضر اثر سیلیکون و نیز برهمکنش سیلیکون و شوری بر میزان پرولین معنی‌دار نشد. با این حال، کاربرد سیلیکون با افزایش میزان پرولین تحمل به تنش شوری [۴] و خشکی [۶] را افزایش داده است.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، شوری سبب کاهش کیفیت چمن گردید، ولی بین تیمارهای ۴۰ و ۸۰ میلی مولار نمک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. از طرف دیگر با اضافه کردن سیلیکون به محلول غذایی کیفیت چمن افزایش یافت. هرچند که بین سطوح ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی مولار سیلیکون تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۸). اثر برهمکنش سیلیکون و شوری نیز بر کیفیت ظاهری چمن معنی‌دار نبود.

سیلیسیوم در دیواره سلولها رسوب کرده و با ماکرومولکولهای آلی (شامل سلولز، پکتین، گلیکوپروتئینها و لیگنین) ترکیب شده و ترکیبات کلوئیدی بی‌شکل را با سطح جذب بالا تشکیل می‌دهد و کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد [۴۲]. همچنین گزارش شده است که تغذیه مناسب سیلیکون میزان تعرق را کاهش می‌دهد [۲۳ و ۲۴]. به دلیل اینکه بخش زیادی از سدیم از طریق غیرفعال 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 [۳۰]. میزان پرولین شاخساره با افزایش شوری افزایش یافت، ولی تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۴۰ و ۸۰ میلی مولار نمک مشاهده نشد (شکل ۷).

پرولین یکی از مهمترین اسمولیت‌ها در بسیاری از گیاهان است که در شرایط تنش تولید آن در گیاه افزایش می‌یابد. در پژوهشهای متعدد در زمینه تحمل به شوری چمن‌ها افزایش میزان پرولین برگ‌ها در اثر شوری مشاهده شده است [۱، ۲۸، ۳۳ و ۳۵]. یکی از نقش‌های پرولین در شرایط تنش شوری حفاظت اسمزی است که آنزیم‌ها و ساختار سلولی را در برابر تنش اسمزی محافظت می‌نماید. در شرایط تنش شوری با افزایش غلظت یون‌های سدیم و



شکل ۸. اثر شوری و سیلیکون بر کیفیت ظاهری چمن کنتاکی بلوگراس در هر نمودار میانگین های با حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.

### نتیجه گیری

در این آزمایش کیفیت چمن با بررسی رنگ، تراکم و بافت چمن ارزیابی شد. شوری با اثر منفی بر میزان رشد شاخساره سبب کاهش تراکم و عرض برگ‌ها گردید که این عوامل در کنار افزایش سوختگی برگ‌ها در اثر شوری و کاهش میزان کلروفیل، سبب کاهش کیفیت چمن می شوند. اضافه کردن سیلیکون به محلولهای غذایی با اثر مثبت بر میزان رشد و کلروفیل برگها کیفیت ظاهری چمن را افزایش داد. در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده در رابطه با برهمکنش شوری و سیلیکون بر صفات مورد اندازه گیری، میتوان نتیجه گرفت که تغذیه سیلیکون در شرایط عدم شوری، تاثیری بر افزایش کیفیت و بهبود شاخصهای فیزیولوژیک چمن کنتاکی بلوگراس نداشت، ولی در حضور غلظتهای بالای نمک کاربرد سیلیکون توانست با جلوگیری از تجمع سدیم در برگها، حفظ میزان مطلوب کلروفیل و کاهش خسارتهای وارد شده به غشای سلولی، رشد و کیفیت چمن را افزایش دهد. در نهایت، با توجه به نتایج تحقیق حاضر می توان پیشنهادات زیر را ارائه نمود: (۱) با توجه به اثر بهتر غلظت ۱/۵ میلی مولار سیلیکات سدیم نسبت به غلظت ۰/۷۵ میلی مولار پیشنهاد می شود که در پژوهش های بعد غلظت های بالاتر این ماده

مورد بررسی قرار گیرد و (۲) با توجه به اینکه در ایران معمولاً کشت چندین جنس و گونه چمن به صورت مخلوط بذری انجام می شود، بررسی اثر سیلیکون روی سایر جنسها و گونه های پرکاربرد در ایران ضروری به نظر میرسد.

### منابع

۱. ارغوانی م، کافی م، بابالار م و نادری ر (۱۳۸۸) اثر نسبت آمونیوم به نترات بر مقاومت به شوری چمنهای لولیوم پرنه و پوآ پراتنسیس. علوم و فنون باغبانی ایران. ۱۰(۱): ۲۸-۱۱.
۲. بندانی م و عبدل زاده ا (۱۳۸۶) اثر تغذیه سیلیسیم در تحمل به شوری گیاه پوکسینلیا دیستنس *Puccinellia distans*. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴: ۱۱۹-۱۱۱.
۳. رحیمی ز و کافی م (۱۳۸۹) مقایسه تاثیر سطوح مختلف شوری و سیلیسیم در تولید زیست توده، مقدار سدیم و پتاسیم برگ و ریشه خرفه (*Portulaca oleracea* L.). آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۲): ۳۶۷-۳۷۴.

- Bluegrass by Trinexapac-ethyl. HortScience. 47(8):1163-1170.
12. Arnon DI (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology. 24: 1-15.
13. Ashrsf M and Foolad MR (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany. 59: 207-216.
14. Bates LS, Waldren RP and Teare ID (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
15. Beard J E (1973) Turfgrass science and culture. Prentice- Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey. 658 p.
16. Blumwald E, Aharon GS and Apse MP (2000) Sodium transport in plant cells. Biochemical et Biophysica Acta. 1465: 140-151.
17. Chapman HD and Pratt PF (1982) Methods of Plant Analysis, I. Methods of Analysis for Soils, Plants and Water. Chapman Publishers, Riverside, CA, 382p.
18. Epstein E (1994) The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 91:11-17.
19. Kaya C, Kirnak H and Higgs D (2001) The effects of supplementary potassium and phosphorus on physiological development and mineral nutrition of cucumber and pepper cultivars grown at high salinity (NaCl). Journal of Plant Nutrition. 24: 25-27.
20. Kaya C, Tuna L and Higgs D (2006) Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water stress condition. Journal of Plant Nutrition. 29: 1469- 1480.
21. Krause GH and Weis E (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The Basics. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 42: 313-349.
۴. سعادت‌مند م و انتشاری ش (۱۳۹۱) اثر طول زمان پیش‌تیمار با سیلیکون بر تحمل شوری در گیاه گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch & C.A. Mey). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱۲: ۴۵-۵۶.
۵. سیدلر فاطمی ل، طباطبایی س ج، فلاحی ا (۱۳۸۸) اثر سیلیسیوم بر رشد و عملکرد گیاه توت فرنگی در شرایط تنش شوری. علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳(۱): ۸۸-۹۵.
۶. طالع احمد س و حداد ر (۱۳۸۹) اثر سیلیکون بر فعالیت آنزیم‌های ضد اکسند و محتوای تنظیم‌کننده‌های اسمزی در دو ژنوتیپ گندم نان در شرایط تنش خشکی. به‌زراعی نهال و بذر. ۲(۲۶): ۲۰۷-۲۲۵.
۷. قوامی ف، ملبویی م ع، قنادها م ر، یزدی صمدی ب، مظفری ج و آقایی م ج (۱۳۸۳) بررسی واکنش ارقام متحمل گندم ایرانی به تنش شوری در مرحله جوانی زنی و گیاهچه‌ای. علوم و فنون کشاورزی ایران. ۳۵(۲): ۴۶۴-۴۵۳.
8. Ahmad R, Zaheer SHA and Ismail IS (1992) Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Science. 85: 43-50.
9. Al-aghaby K, Zhujun Z and Qinhu S (2004) Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. Journal of Plant Nutrition. 27: 2101-2115.
10. Alshammery SF, Qian YL and Wallner BJS (2004) Growth response of four turfgrass species to salinity. Agricultural Water Management. 66: 97-111.
11. Arghavani M, Kafi M, Babalar M, Naderi R, Anamul Hoque, Md and Murata Y (2012) Improvement of salt tolerance in Kentucky

22. Lee G, Carrow RN and Duncan RR (2005) Criteria for assessing salinity tolerance of the halophytic turfgrass seashore paspalum. *Crop Science*. 45: 251-258.
23. Liang Y, Shen Q, Shen Z, Ma T (1996) Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. *Journal of Plant Nutrition*. 19(1): 173-183.
24. Liang YC (1999) Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barely under salt stress. *Plant and soil*. 209: 217-224.
25. Liang YC, Chen Q, Liu Q, Zhang WH, Ding RX (2003) Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Physiology*. 160: 1157-1164.
26. Liang YC, Zhang WH, Chen Q, Liu YL, Ding RX (2006) Effect of exogenous silicon (Si) on H<sup>+</sup>-ATPase activity, phospholipids and fluidity of plasma membrane in leaves of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Environmental and Experimental Botany*. 57: 212-219.
27. Liang Y, Sun W, Zhu, YG and Christie P (2007) Mechanisms of silicon mediated alleviation of a biotic stresses in higher plants: a review. *Environmental Pollution*. 147: 422-428.
28. Lu S, Peng X, Guo Z, Wang Z, Wang C, Pang C, Fan Z and Wang J (2007) In vitro selection of salinity tolerant variants from triploid bermudagrass (*Cynodon transvaalensis* × *C. dactylon*) and their physiological responses to salt and drought stress. *Plant Cell Reports*. 26: 1413-1420.
29. Ma JF (2004) Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Sciences Plant Nutrition*. 50: 11-18
30. Marschner H (1995) *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London, 889 p.
31. Miao BH, Han XG, Zhang WH (2010) Ameliorative effect of silicon on soybean seedlings grown in potassium deficient medium. *Annals of Botany*. 105: 967-973.
32. Moussa HR (2006) Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*. 8(2): 293-297.
33. Qian YL and Suplick MR (2001) Interactive effects of salinity and temperature on Kentucky bluegrass and tall fescue seed germination. *International Turfgrass Society Research Journal*. 9: 334-339.
34. Qian YL, Wilhelm SJ and Marcum KB (2001) Comparative responses of two Kentucky bluegrass cultivars to salinity stress. *Crop Science*. 41: 1895-1900.
35. Razmjoo K, Suguria Y and Kaneko S (1997) Relative cold, flood and salt tolerance of *Cynodon* turfgrass. *International Turfgrass Society Research Journal*. 8: 1314-1321.
36. Samuels AL, Glass AD, Ehret MDL and Menzies JG (1993) The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: Changes in surface characteristics. *Annals of Botany*. 72: 433-440.
37. Santos CV (2004) Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae*. 103: 93-99.
38. Sonobe K, Hattori T, An P, Tsuji W, Eneji AE, Kobayashi S, Kawamura Y, Tanaka K and Inanaga S (2010) Effect of silicon application on sorghum root responses to water stress. *Journal of Plant Nutrition*. 34: 71-82.
39. Suplick-Ploense MR, Qian YL and Read JC (2002) Relative NaCl tolerance of Kentucky bluegrass, Texas bluegrass, and their hybrids. *Crop Science*. 42: 2025-2030.
40. Taiz L and Zeiger E (2002) *Plant Physiology*. 3<sup>rd</sup> Ed. Sinauer Assoc. Inc. Publ., Sunderland, Mass, 690 p.

41. Turgeon AJ (2002) Turfgrass Management. 5<sup>th</sup> ed. Prentice Hall, Upper Saddle Brook, New Jersey, 400 p.
42. Wang J and Naser N (1994) Improved performance of carbon paste amperometric biosensors through the incorporation of fumed silica. Electroanalysis. 6: 571- 575.
43. Wang Z and Huang B (2004) Physiological Recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. Crop science. 44: 1729-1736.