نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره ۳۱ - شماره ۳- پیاپند ۱۲۰ پائیز ۹۷

بررسی تاثیر محلول پاشی سیلیس و پتاس علاوه بر مصرف خاکی پتاسیم بر عملکرد کمی وکیفی چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط تنش رطوبتی

Investigating the effect of silicon and potassium foliar spraying and additional soil application of potassium on quantitative and qualitative yield of sugar beet *(Betavulgaris* L.) under moisture stress conditions

محمد فرازی[۱]، مرتضی گلدانی[۲*]، مهدی نصیری محلاتی[۳]، احمد نظامی[۴]، جواد رضایی[۵]

۱. دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
۲. دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد ، (نگارنده مسئول)
۳. استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴. استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵. بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۹

چکیده

فرازی، م.، گلدانی، م.، نصیری محلاتی، م.، نظامی، ا.،رضایی، ج.، بررسی تاثیر محلول پاشی سیلیس و پتاس علاوه بر مصرف خاکی پتاسیم بر عملکرد کمی وکیفی چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط تنش رطوبتی
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۱ - شماره ۳- پیاپند ۱۲۰ پائیز ۹۷: ۱۹-۱

کمبود منابع آبی یکی از محدودیت‌های توسعه کشت چغندرقندگزارش شده است. استفاده از ترکیباتی مانند سیلیس و پتاسیم می‌تواند این محدودیت را کاهش دهد. بدین منظور جهت بررسی اثرات سیلیس و پتاسیم بر عملکرد و کیفیت ریشه چغندرقند تحت شرایط تنش رطوبتی آزمایشی بصورت کرتهای خردشده با سه تکرار در ۲ منطقه مشهد و فریمان در سال زراعی ۱۳۹۵ اجرا و بصورت مرکب تجزیه واریانس شد. سه تیمارآبیاری شامل: ۱۰۰(I_1)، ۷۵ (I_2) ،۵۰ (I_3) درصد نیاز آبی چغندرقند در کرت‌های اصلی و چهار تیمار محلول‌پاشی کودی شامل:(F_1) شاهد (بدون مصرف کود)، (F_2) پتاس، (F_3) سیلیس، (F_4) پتاس + سیلیس در کرتهای فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد درشرایط آبیاری کامل (I_1) محلول‌پاشی همزمان پتاسیم وسیلیس بر هم اثر افزایشی داشت و موجب افزایش ۱۲/۹ درصد عملکرد ریشه ، ۷۹/ ۱۹درصد عملکرد شکر سفید و کاهش ۳۳ درصدی نیتروژن مضره شد.محلول‌پاشی سیلیس وپتاس درشرایط تنش ملایم (I_2) با افزایش۲۱ درصدی شاخص کلروفیل و ۳۷ درصدی هدایت روزنه‌ای موجب افزایش ۱۲/۵ درصد عملکرد ریشه و ۱۱ درصد عملکرد شکر سفید نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی کود سیلیس همراه پتاسیم درشرایط تنش شدید خشکی (I_3) هر چند باعث کاهش ۴۷، ۲۶، ۲۱/۵ درصدی قند ملاس، سدیم و نیتروژن مضره شد اما تاثیر معنی‌داری بر عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید نداشت. نتایج نشان داد همبستگی بین میزان پتاسیم وسیلیس برگ در شرایط آبیاری کامل با عملکرد و عیار چغندرقند مثبت بود وبه نظرمی‌رسد جهت حصول بهترین عملکرد ریشه(۸۲/۱۶) و عیار (۱۹/۸۲) باید حداقل میزان پتاسیم وسیلیس برگ به ترتیب ۴/۵ و۳/۵ میلیگرم برکیلوگرم باشد. بطور کلی می‌توان نتیجه گیری کرد با افزایش میزان سیلیس وپتاسیم در برگ چغندر از طریق محلول پاشی می‌توان در شرایط تنش رطوبتی ملایم عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید را بهبود بخشید.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه ای، نیتروژن مضره

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: goldani@um.ac.ir

مقدمه

چغندر قند(*Beta vulgaris* L.) به عنوان یک گیاه صنعتی به همراه نیشکر اصلی‌ترین منبع تولید شکر مورد نیاز کشور است. این محصول علاوه بر تولید شکر در تأمین خوراک دام و تناوب زراعی نقش مهمی را ایفا می‌کند (Noushad *et al*., 2017).با توجه به نیاز آبیاری چغندرقند در مناطق خشک و نیمه خشک، وکمبود آب در این مناطق، تنش خشکی یکی از مشکلات اصلی تولید و گسترش این محصول به شمار می‌آید (Shahbazi *et al*., 2015).تنش خشکی باعث افزایش ترکیبات غیر قندی نظیر اسیدهای آمینه، پتاسیم، گلوتامین، بتائین و سدیم می‌شود چنین ترکیباتی را نمی توان در طی مراحل استحصال شکر از ریشه جدا نمود و تجمع این مواد، استحصال شکر را با مشکل مواجه می‌نماید و مقدار ساکارز وارد شده به ملاس را افزایش و عملکرد شکر سفید را کاهش می‌دهد(Hoffman *et al*., 2009). عروج‌نیا و همکاران (Uroognia *et al*., 2002) با بررسی تاثیر تنش خشکی بر روی ژنوتیپ های مختلف چغندرقند دریافتندکه بین سطوح مختلف آبیاری از نظر عملکرد ریشه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. ماهرخ و خواجه‌پور (Mahrokh and KhajePour, 2017) در بررسی تاثیر رژیم‌های مختلف رطوبتی بر شاخص‌های رشد و عملکردکمی وکیفی چغندرقند اعلام داشتند درشرایط تنش رطوبتی وزن خشک کل بوته ۳۵٪ کاهش یافت و سرعت رشد محصول و عملکرد ریشه به طور معنی داری نسبت به شاهدکاهش داشت. بررسی اثرات تنش خشکی در انتهای فصل رشد چغندرقند نشان داد قطع آبیاری در اواخر دوره رشد چغندرقند، باعث کاهش خصوصیات کیفی چغندرقند شامل عیارقند، عیارقند خالص و راندمان استحصال شد (Mirzai and Rezvani, 2007). به طورکلی تنش رطوبتی درطول دوره رشد چغندرقند باعث افزایش ناخالصی‌های ریشه چغندرقند ازجمله پتاسیم و سدیم شده و در نتیجه راندمان استحصال قند ریشه را به طور معنی‌داری کاهش و درصد قند ملاس را افزایش می‌دهد(Jahad Akbar *et al*., 2003).تنش خشکی موجب کاهش جذب عناصر غذایی نیز می‌شود. برخی از این عناصر در افزایش مقاومت گیاهان به خشکی نقش به سزایی ایفا می‌کنند. از این عناصر می توان به پتاسیم و سیلیس اشاره نمود (Kafi *et al*., 2011).پتاسیم توسعه ریشه و ساقه را به خوبی بهبود می‌بخشد و سبب افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه می‌گردد(Shinde *et al*., 1993). پتاسیم از طریق افزایش انتقال مواد فتوسنتزی و توسعه ریشه در شرایط تنش خشکی، اثرات سوء تنش را کاهش داده و سبب افزایش کارایی مصرف آب در شرایط تنش خشکی می‌شود (Valadabadi and Farahani, 2008). از طرفی پتاسیم به همراه آنیون‌های دیگر، تورژسانس سلول های نگهبان و باز و بسته شدن روزنه‌ها را کنترل می‌کند.بطوریکه با افزایش غلظت پتاسیم در سلول‌های نگهبان پتانسیل اسمزی آنها منفی‌تر شده و موجب جذب آب از سلول‌های مجاور می‌گردد که در نهایت با تورژسانس سلول‌های نگهبان روزنه‌ها باز می‌شوند. طی بررسی تأثیر محلول‌پاشی پتاسیم برروی چغندرقند تحت

تنش خشکی گزارش شد محلول‌پاشی باعث بهبود عملکرد چغندرقند گردید (Neseim *et al*., 2014).

اگر چه سیلیس به عنوان یک عنصر ضروری برای گیاهان عالی در نظر گرفته نمی‌شود اما اثرات مفید آن بر روی رشد گیاهان تایید شده است.سیلیس به شکل اسیدسیلیسیک $Si(OH)_4$ توسط ریشه جذب می‌شود(Yamaji and Ma, 2006). اسید سیلیسیک محلول از طریق آوند چوبی منتقل شده و در جریان تعرق غلظت آن افزایش می‌یابد و به شکل سیلیس بی‌شکل در فضای بین سلولی ذخیره شده و به عنوان یک لایه محافظ عمل می‌کند. این عنصر می‌تواند فتوسنتز را از طریق بهبود وضعیت ایستابی برگ، کاهش حساسیت به بیماری‌ها و خسارت ناشی از حشرات، جلوگیری از خوابیدگی و تخفیف اثرات تنش ناشی از کمبود آب و مواد غذایی افزایش دهد (Heydari Sharifabad, 2005). اثرات مفید سیلیس با توجه به گونه گیاهی متفاوت است و معمولاً در گونه‌هایی که مقدار سیلیس در اندام هوایی آنها بیشتر تجمع پیدا می‌کند، آشکارتر است. تجمع بیشتر سیلیس در اندام هوایی سبب افزایش اثرات سودمند آن در رشد گیاه می شود، به طوری که سیلیس در تغییر میزان ترشح هورمون های داخلی مانند جیبرلیک اسید (GA3)، جاسمونیک اسید (JA)، سالیسیلیک اسید (SA) موثر بوده و آنها را تقویت می کند(Ross *et al*., 1977). بیشتر اثرات سودمند سیلیس به تشکیل سیلیکاژل مربوط است، که این ماده در سطح برگ، ساقه، و دیگر اندامهای گیاه رسوب و ذخیره می‌شود. سیلیس در تنظیم اسمزی سلول تحت تنش خشکی نقش دارد(Epstein, 1999). ما و همکاران(Ma *et al*., 2002) کاهش تعرق کوتیکولی در برنج را با استفاده از سیلیس گزارش کردند.همچنین کاربرد سیلیس همراه با پتاسیم در بهبود فتوسنتز وهدایت روزنه‌ای سورگوم تحت تنش خشکی گزارش شده است(Abayomi *et al*., 2002).

با توجه به اینکه بیشتر مناطق چغندر کاری در ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد و این مناطق با محدودیت آب مواجه هستند، بنابراین مدیریت زراعی مناسب جهت کاهش اثرات منفی تنش خشکی از اهمیت خاصی برخوردار است. دراین راستا استفاده از سیلیس وپتاس می‌تواند یکی از راهکارهای عملی در مزرعه جهت کاهش اثرات تنش خشکی محسوب شود. از آنجا که نتایج منتشر شده‌ای از نقش سیلیس واستفاده همزمان آن با پتاس در چغندرقند در کشور وجود ندارد. هدف از اجرای تحقیق حاضر بررسی اثرات سیلیس و پتاسیم بر روی خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند تحت شرایط کم آبیاری می باشد.

مواد و روش ها

تحقیق حاضربه منظور بررسی تاثیر محلولپاشی سیلیس و پتاسیم مازاد بر مصرف پتاسیم خاکی براساس آزمون خاک بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط تنش رطوبتی در دو منطقه مشهد و فریمان در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. آزمایش مشهد در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی واقع در ۱۰ کیلومتری مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و۱۶ دقیقه شمالی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک مزارع آزمایشی دانشکده کشاورزی مشهد و شرکت کشاورزی وباغات کارخانه قند فریمان

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil at the experimental farms of Mashhad agricultural college and Fariman sugar factory and agricultural company

منطقه Region	پتاسیم(میلی گرم درکیلو گرم) $K_{mg.kg^{-1}}$ available	فسفر(میلی گرم در کیلوگرم) $P_{mg.kg^{-1}}$ available	نیتروژن کل(درصد) Total N%	رس(درصد) Clay%	سیلت(درصد) Silt%	ماسه(درصد) Sand%	کربن الی(درصد) OC%	آهک کل (درصد) T.N.V%	هدایت الکتریکی(دسی‌زیمنس بر متر) $Ec_{ds.m^{-1}}$	واکنش خاک pH
Mashhad مشهد	170	17.6	0.06	18	26	46	0.62	13	1.34	8
فریمان Fariman	231	7.4	0.06	39	18	43	0.62	17.1	2.02	8.2

جدول۲-توصیه کودی مزارع آزمایشی دانشکده کشاورزی مشهد و شرکت کشاورزی وباغات کارخانه قند فریمان

Table 2. The fertilizer recommendation for the experimental farms of Mashhad agricultural college and Fariman sugar factory and agricultural compan

منطقه Region	اوره (کیلوگرم در هکتار) Urea ($kg.ha^{-1}$)	سوپرفسفات تریپل (کیلوگرم در هکتار) Super triphosphate ($kg.ha^{-1}$)	سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) Potassium sulfate ($kg.ha^{-1}$)
مشهد Mashhad	420	150	250
فریمان Fariman	420	250	150

وطول جغرافیایی ۵۹ درجه ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر ازسطح دریا وآزمایش فریمان در مزرعه شرکت کشاورزی و باغات کارخانه قند فریمان در ۹۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و طول جغرافیایی ۵۹ درجه اجرا شد. نمونه برداری از هر ۲ محل آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی وشیمیایی انجام گرفت بدین منظور از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک نمونه ها به صورت تصادفی تهیه وجهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل گردید. نتایج بدست آمده از تجزیه خاک در (جداول ۱) و توصیه کودی در (جدول۲) نشان داده شده است.

آزمایش به صورت کرت‌های یکبار خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سه تیمارآبیاری شامل: ۱۰۰(I_1)، ۷۵(I_2) ، ۵۰ (I_3) درصد نیاز آبی چغندر قند در کرت های اصلی و چهار تیمار کودی بصورت محلول‌پاشی(به میزان یک لیتر در هکتار) شامل:(F_1) شاهد (بدون مصرف کود)، (F_2) پتاس حاوی ۵۰۰ گرمK_2O در لیتر، (F_3) سیلیس حاوی ۲۰۰ گرم SiO_2 درلیتر، (F_4) پتاس + سیلیس، در کرتهای فرعی قرار گرفتند. عملیات خاک ورزی و آماده سازی بستر کشت شامل شخم، دیسک و لولر در اردیبهشت ماه انجام شد، همراه با آماده سازی بستر کشت کودهای فسفره و پتاس ویک سوم کود نیتروژن بر اساس جدول۲ استفاده گردید. کرت بندی و کشت در تاریخ ۹۵/۲/۱۵ در مشهد و ۹۵/۲/۱۶ در فریمان صورت گرفت. در هر تکرار سه کرت اصلی آبیاری و در هر کرت اصلی چهار کرت فرعی به طول شش متر و عرض سه متر با شش خط کاشت به فواصل نیم متر قرارگرفت. در مرحله دو تا چهار برگی عملیات تنک کردن چغندرقند برای رسیدن به فواصل بیست سانتیمتری روی هر ردیف انجام شد. پس از اجرای کرت بندی اقدام به نصب کنتور حجمی جهت اندازه‌گیری میزان آب مصرفی و اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای گردید. برای تعیین مقدار آب مورد نیاز هر تیمار، ابتداء میزان تبخیروتعرق گیاه مرجع (ET_o) بر پایه روش پنمن مونیث فائو بر اساس داده های روزانه هواشناسی هر منطقه محاسبه و سپس میزان تبخیر و تعرق گیاه چغندر قند بر اساس معادله(۱) محاسبه شد.

معادله (۱)

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

که در آن ضریب گیاهی (K_C) برای مراحل مختلف رشد گیاه چغندرقند به طور متوسط ۰/۸۵ در نظر گرفته شد (Doorenbos,1979) در مرحله بعد نیاز آبی روزانه گیاه مطابق معادله (۲) محاسبه گردید (شکل ۱).

معادله ۲)

$$WR=(ET_C+R_O+P_e+CR)/(E_i/100)$$

که درآن:

WR: نیاز آبی روزانه گیاه بر حسب میلی متر، : ET_Cتبخیر و تعرق گیاه زراعی بر حسب میلی متر ، R_0: رواناب بر حسب میلی متر ، P_e: بارندگی موثر (میلی متر) ، CR: صعود کاپیلاری (میلی متر) ، E_i: راندمان آبیاری بر حسب درصد، با توجه به پایین بودن سطح ایستابی در منطقه

آزمایش، مقدار صعود کاپیلاری و با توجه به بسته بودن کرت های آزمایشی مقدار رواناب، صفر در نظر گرفته شدند. راندمان آبیاری هم با توجه به سیستم آبیاری قطره ای ۹۰٪ در نظر گرفته شد(Alizadeh and Kamal, 2008).

آبیاری کلیه تیمارها هر پنج روز یکبار پس ازمحاسبه نیازآبی برای هر تیمار، بوسیله کنتور حجمی و با کنترل شیرهای ورودی برای هر تیمار جداگانه انجام شد. اولین آبیاری جهت خاک آب در تاریخ ۹۵/۲/۱۷ در مشهد و۹۵/۲/۱۸ در فریمان صورت گرفت و تا مرحله استقرار کامل گیاه یعنی هشت برگی آبیاری بصورت کامل انجام شد. اعمال تیمارهای آبیاری پس از مرحله۸ برگی تا اتمام دوره رشد گیاه انجام شد. تیمارهای کودی به صورت محلول پاشی با دوز مصرفی یک لیتر در هکتار سه روز بعد از آبیاری و در ساعت ۵ تا ۷ بعد از ظهر از تاریخ ۹۵/۴/۱۵ تا ۹۵/۷/۱۵ به فواصل یکماهه در چهار نوبت در هر منطقه انجام گرفت. کلیه عملیات داشت مانند خاک دهی، علف زنی، دادن کود سرک (اوره) برای تمام تیمار ها به صورت یکسان در طول فصل انجام شد.در اول شهریور ماه تمام کرت‌ها جهت مبارزه با سفیدک پودری با قارچ کش گالکسین سم پاشی شد. جهت اندازه گیری شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (مدلMinolta 502) در تاریخ ۶/۱۵ /۹۵ در مشهد و۶/۱۷ /۹۵ در فریمان از هر کرت از بالاترین برگ که معمولا بیشترین میزان نیتروژن را دارد۳ قرائت صورت گرفت و میانگین آن به عنوان شاخص کلروفیل ثبت شد. برای اندازه گیری هدایت روزنه‌ای در تاریخهای ۶/۲۰ در مشهد و ۹۵/۶/۲۳ در فریمان از هر کرت فرعی، جوان‌ترین برگ کاملا توسعه یافته مشخص و قبل از آبیاری با استفاده از دستگاه پرومتر؛ میزان هدایت روزنه‌ای اندازه گیری شد. در انتهای فصل رشد اول آذر ماه با حذف دو ردیف کناری و نیم تراز ابتدا و انتهای هر خط کاشت ازسطحی معادل ۲ متر مربع اقدام به برداشت شد. پس از جداسازی برگ از ریشه، از برگهای جدا شده از هر تیمار۱۰۰ گرم جدا و جهت اندازه گیری پتاس و سیلیس برگ به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده ارسال و ریشه‌های برداشت شده پس از توزین، جهت اندازه گیری و محاسبه خصوصیات کیفی آن به آزمایشگاه عیار سنجی کارخانه قند فریمان ارسال گردید. از هر نمونه ارسالی، خمیر ۲۶ گرمی تهیه و داخل ۱۷۷ میلی‌لیتر سواستات سرب یک در هزار ریخته و به مدت سه دقیقه مخلوط شد سپس مخلوط را از صافی عبور داده و شربت زلالی حاصل گردید. از شربت حاصله برای اندازه گیری درصد قند به روش پلاریمتری با دستگاه ساکاریمتر ، سدیم و پتاسیم به روش فلیم‌فتومتری و نیتروژن مضره به روش عدد آبی با دستگاه بتالایزر استفاده شد. الکالیته یا ضریب قلیایی نمونه های مورد آزمایش با استفاده از معادله (۳) و میزان قند ملاس بر اساس فرمول معادله (۴) و میزان شکر سفید از معادله (۵) و عملکرد شکر سفید از معادله (۶) محاسبه شدند (Abdollahiyan Nouqabi *et al*., 2005).

معادله (۳)

alk=(k+Na)/a-amino-N

معادله (۴)

MS=0.34(Na+k)+0.094(a-amino-N)

معادله(۵)

WSC=(SC-MS+0.6)

معادله(۶)

W.Y= WSC× YEILD

تجزیه داده های دو منطقه پس از اطمینان از همگنی واریانس خطاها در دو آزمایش با استفاده از نرم افزار MINITAB نسخه 17 در معرض تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت ودرصورت معنی‌دار بودن اثرات متقابل کود وآبیاری مقایسه میانگین سطوح کودی در هر سطح آبیاری از طریق برش‌دهی بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد ریشه

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر منطقه بر عملکرد معنی‌دار بود عملکرد بدست آمده در منطقه فریمان با۵۷/۵۳ تن در هکتار نسبت به منطقه مشهد با۵۵/۹۲ تن در هکتار افزایش ۲/۸۸ درصدی داشت. اختلاف عملکرد بین دو منطقه می‌تواند به علت اختلاف شرایط اقلیمی وخاکی باشد. در منطقه آزمایشی فریمان به علت سنگین‌تر بودن بافت خاک (جدول ۱) قدرت نگهداری رطوبت خاک بیشتربوده و همچنین بدلیل خنک تر بودن منطقه اثرات تنش خشکی کاهش یافته لذا عملکرد بیشتری حاصل شد.

اثر متقابل رژیم آبیاری در تیمارهای کودی بر عملکرد ریشه معنی دار بود(جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین تیمارهای کودی درهرسطح آبیاری(جدول ۴) در تیمار آبیاری I_1 (صد درصد نیاز آبی)حداکثر عملکرد از تیمار F_4 بدست آمد که نسبت به شاهد(F_1) ۱۲/۹درصد افزایش داشت. نتایج دراین سطح از آبیاری نشان داد که محلول‌پاشی سیلیس باعث بهبود عملکرد شد و کاربرد همزمان آن با پتاس یک تاثیر سینرژیکی داشته و باعث حصول بالاترین عملکرد شد. درمطالعه‌ای تحت شرایط کفایت آبی محلول‌پاشی سیلیس بر روی چغندرقند موجب افزایش عملکرد ریشه شد(Artyszak *et al*., 2014) . در سطح آبیاری I_2(۷۵ درصد نیازآبی) تیمار کودی F_4 بیشترین عملکرد را داشت و از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با F_3 نداشت و نسبت به کمترین مقدار به دست آمده از شاهد ۱۲/۴۷ درصد افزایش عملکرد داشت. به طور کلی نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد ریشه گردید. محلول‌پاشی کودهای سیلیس وپتاس در این شرایط باعث کاهش اثرات تنش خشکی گردید که در این بین تاثیرسیلیس نسبت به پتاس مشهودتر بود. جونس وهمکاران,.(Gunes *et al*. 2008)در شرایط تنش خشکی استفاده از سیلیس را عامل افزایش ماده خشک در آفتابگردان عنوان کردند. به نظر می‌رسد کودهای پتاسیم و سیلیس با افزایش هدایت روزنه‌ای و بهبود وضعیت هیدرولیکی گیاه باعث بهبود وضعیت فتوسنتزی و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی از برگ به ریشه شده و منجر به افزایش عملکرد شدند. درتیمار آبیاری I_3اختلاف معنی داری بین

تیمارهای کودی مشاهده نگردیدکه می‌تواند به علت صدمات شدید و غیرقابل برگشت سیستم فتوسنتزی باشد.گوهری وهمکاران (Gohari *et al.*, 1997) با بررسی سطوح کودی پتاس و تنش خشکی اعلام کردند که در تنش شدید آبی اختلافی بین شاهد و سایر سطوح پتاس در عملکرد مشاهده نشد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

درصد قند

اثرات متقابل آبیاری در تیمار کودی بر صفت درصد قند در سطح ۱ درصد معنی دار بود(جدول ۳). دامنه درصدقند به دست آمده از ۱۸/۲ تا ۲۰/۵ درصد متفاوت بود. بر اساس مقایسه میانگین ها(جدول ۴) درسطح آبیاری I_1 بیشترین درصد قند از تیمار F_4 به دست آمد که نسبت به شاهد اختلاف معنی داری نشان نداد و نسبت به کمترین مقدار بدست آمده از تیمار F_3 (سیلیس) ۶/۷ درصد افزایش نشان داد نتایج در این سطح از آبیاری نشان داد روند تغییرات درصدقند با محلول‌پاشی سیلیس همراه پتاسیم موجب افزایش درصدقند در ریشه چغندرقند گردید. در مطالعه‌ای مصرف پتاسیم باعث افزایش درصدقند در چغندر شد(Neseim *et al.*, 2014). به نظر می‌رسد افزایش غلظت پتاسیم در لوله های غربالی باعث افزایش فشار اسمزی و در نتیجه افزایش جریان توده ای مواد ساخته شده (ساکاروز) درفتوسنتز از برگ‌ها به ریشه گردید (Marscher,1995) و کاربرد سیلیس این روند را بهبود بخشید. مقایسه تیمارهای کودی (جدول ۴) درتیمارآبیاری I_2 نشان داد که تیمار کودی F_1 بیشترین درصد قند را داشت که نسبت به تیمار F_4، ۷ درصد افزایش داشت. در این سطح تیمارهای کودی از لحاظ آماری در یک سطح قرار گرفتند. یکی از معمولی ترین واکنش‌های گیاه در برابر تنش‌های خشکی می‌تواند تنظیم فشار اسمزی باشد(Heidari Sharif Abadi,2005). افزایش درصدقند در تیمار شاهد را می‌توان به تجمع قندهای قابل حل در ریشه جهت افزایش فشار اسمزی نسبت داد به نظر می‌رسد در سایر تیمارهای کودی عنصر سیلیس و پتاسیم توانسته‌اند تا حدودی از شدت تنش کاسته و لذا از غلظت قند در ریشه کاسته شده است. مقایسه میانگین‌های کودی در سطح سوم آبیاری از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نشان نداد روند تغیرات درصدقند نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش خشکی از میزان درصدقند کاسته شد در این سطح از آبیاری، تنش آنقدر شدید بودکه تولید مواد فتوسنتزی(ساکاروز) کاهش و حرکت مواد فتوسنتزی به سمت ریشه کم شده و در نتیجه درصدقند کاهش یافت (Mahrokh and Khajepur, 2007).

قند ملاس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۳) که اثرات متقابل آبیاری در تیمار کودی بر صفت قند ملاس درسطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین ها درهر سطح ازتیمار آبیاری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کودی در تیمار آبیاری $I_{2,}I_{1,}$ وجود نداشت. درتیمار I_3 بیشترین قند ملاس در تیمار شاهد ملاحظه شدکه نسبت به حداقل قند ملاس حاصل از تیمار کودی F_4، ۴۷ درصد افزایش داشت (جدول ۴). عصاره خام تولید

شده از ریشه چغندر حاوی ساکارز و اجزای غیر قندی محلول می‌باشد اجزای غیرقندی در فرآوری ریشه و تولید قند از اهمیت خاصی برخوردار هستند و مقدار آنها در کریستال شدن ساکارز تاثیر گذار میباشد از این اجزا می‌توان به مواد حاوی نیتروژن مضره مانند اسید های آمینه،نیترات و رافینوز اشاره نمود که در ملاس‌زایی تاثیر دارندکاربردهم زمان کودهای پتاس وسیلیس باعث کاهش نیتروژن مضره و در نتیجه کاهش قند ملاس نسبت به شاهدگردید (جدول ۴).

پتاسیم ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۳) در این تحقیق نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی در آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین ها نشان داد (جدول ۴) در سطوح آبیاری I_1 وI_2 اختلاف معنی داری بین تیمارها وجود نداشت در تیمار آبیاری I_3 تیمار شاهد(بدون مصرف کود) بیشترین مقداررا نشان دادکه نسبت به کمترین مقدار (F_4) ۸۷/۷ درصد افزایش داشت. مطالعه نبی زاده و فتوحی (Nabizadeh and Fotohi, 2010) نشان داد کاهش میزان آب در دسترس باعث افزایش معنی‌دارمیزان پتاسیم ریشه گردید در شرایط تنش گیاه جهت تنظیم اسمزی خود پتاسیم بیشتری در ریشه ذخیره می‌کند. نتایج نشان داد اثرهم‌افزایی محلول‌پاشی همزمان پتاس و سیلیس باعث کاهش تعرق کوتیکولی و بهبود محتوای آبی گیاه گردید که این امرمنجر به کاهش اثرات تنش وکاهش جذب ومقدار پتاسیم ریشه شد.

نیتروژن مضره

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های (جدول۳) اثر متقابل محلول‌پاشی در آبیاری بر میزان نیتروژن مضره در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۴) در سطح یک و سه آبیاری تیمار F_4 کمترین مقدار نیتروژن مضره را داشت که نسبت به شاهد در تیمار آبیاری یک ۳۳ درصد و در تیمار آبیاری سه ۲۲درصد کاهش نشان داد. لیو و همکاران(Liu *et al*., 1996) طی بررسی استفاده پتاسیم در زراعت چغندرقند گزارش کردند مصرف پتاسیم باعث افزایش فعالیت آنزیمی و عملکرد ریشه و کاهش نیتروژن مضره گردید. یکی از نقش‌های پتاسیم در گیاه افزایش فعالیت آنزیم‌های مختلف ازجمله آنزیم‌های که در ساخت پروتئین نقش دارند می‌باشد(Kafi *et al*., 2011). در این پژوهش به نظر می‌رسد در سطوح بدون تنش و تنش شدید خشکی کاربرد پتاسیم فعالیت آنزیم‌های دخیل درپروتیین‌سازی را افزایش داده و از غلظت اسیدهای آمینه و نیتروژن مضره در ریشه کاسته است و استفاده همزمان پتاس با سیلیس این اثر را تشدید کرده است.در سطح آبیاری دو اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کودی دیده نشد.

سدیم ریشه

برای این صفت اثر متقابل تیمار کودی در آبیاری معنی‌دار شد (جدول۳). مقایسه میانگین تیمارها در سطح آبیاری I_1 و I_2 نشان داد بین تیمارهای کودی اختلاف معنی داری وجود نداشت اما در سطح آبیاری I_3 کودهای حاوی عنصر پتاسیم کمترین مقدار سدیم را داشتند

(جدول۴). عقیده بر این است در اثر تنش خشکی میزان جذب سدیم و پتاسیم به دلیل تنظیم فشار اسمزی درگیاه افزایش می‌یابد و مقدار جذب هر یک از این دو عنصر بستگی به میزان هر یک در محیط ریشه دارد (Kafi *et al*., 2011). با افزایش مقدار پتاسیم در خاک و محلول‌پاشی آن برروی گیاه میزان جذب پتاسیم توسط گیاه افزایش یافت و از جذب و میزان سدیم کاسته شد. روند تغییرات سدیم ریشه نشان می‌دهد که کاربرد پتاسیم توانسته میزان جذب سدیم ریشه را کاهش دهد و استفاده هم زمان آن با سیلیس این روند را تشدید کرده است (جدول۴).

عملکرد شکر سفید

نتایج تجزیه واریانس(جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل آبیاری در تیمارهای کودی بر عملکرد شکر سفید در سطح ۱ درصد معنی دار بود. مقایسه میانگین اثرات تیمارهای کودی درسطح I_1 نشان داد بیشترین عملکرد شکر سفید از تیمار F_4 بدست آمد که نسبت به شاهد ۱۹/۷۹ درصد افزایش داشت روند تغییرات عملکرد شکر سفید در این سطح از آبیاری نشان داد کاربرد سیلیس باعث افزایش عملکرد شکر سفید گردید که میتوان با کاربرد پتاس این روند را بهبود بخشید در سطح I_2 تیمار سیلیس نسبت به شاهد ۱۵ درصد افزایش داشت که نشان می‌دهد کود سیلیس باعث افزایش عملکرد شکر سفید در چغندرقند شده است. در سطح I_3 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۴).با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد محلول‌پاشی کودهای سیلیس همراه پتاسیم با تاثیر بر عملکرد ریشه باعث بهبود عملکرد شکر سفید شده است.

شاخص کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول۳) نشان داد اثر متقابل آبیاری در سطوح کودی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمار های کودی(جدول۴) در سطح آبیاری I_1نشان داد که بین تیمارهای کودی از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت. در سطح آبیاری I_2 بیشترین مقدار از تیمار کودی F_3(۴۷/۶۸) حاصل شد که با تیمار کودی F_4 (۴۷/۱۸) اختلاف معنی‌داری نداشت و نسبت به شاهد ۲۵/۷ درصد افزایش داشت. در سطح آبیاری I_3 اختلافی بین تیمارهای کودی دیده نشد. مهراندیش و همکاران (Mehrandish *et al*., 2012) گزارش کردند کاربرد پتاسیم به صورت محلولپاشی در شرایط تنش اسمزی در چغندر قند باعث بهبود غلظت کلروفیل شد. احمد و حداد (Ahmad and Hadad, 2011) کاربرد سیلیس بر روی گندم تحت تنش خشکی را عامل بهبود شاخص کلروفیل عنوان کردند. محتوای کلروفیل برگ از عوامل کلیدی در میزان فتوسنز و تولید ماده خشک است. تنش خشکی باعث کاهش محتوای کلروفیل می‌شود (Kafi *et al*., 2011). روند تغییرات شاخص کلروفیل در شرایط تنش نشان داد کاربرد سیلیس و پتاسیم بهبود شاخص کلروفیل را در پی داشت که در این بین اثرات سیلیس بیشتر مشهود بود علاوه بر این اثر سینرژیک این دو عنصر باعث افزایش بیشتر شاخص کلروفیل گردید (جدول ۴).

هدایت روزنه ای

از نظر هدایت روزنه‌ای اثر متقابل آبیاری

در سطوح کودی در سطح ۵ درصد معنی‌داری بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارهای کودی در هر سطح از تیمار آبیاری (جدول ۴) نشان داد بیشترین هدایت روزنه در سطح آبیاری I_1 (آبیاری کامل) از تیمار کودی F_3 (سیلیس) به دست آمد که نسبت به شاهد۵۷ درصد افزایش نشان داد درتیمار آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی بالاترین هدایت روزانه از تیمار F_2 به دست آمد که نسبت به شاهد ۴۵ درصد افزایش داشت و در تیمار آبیاری I_3 بین سطوح کودی اختلاف معنی داری مشاهده نشد. محمدیان و همکاران (Mohammadian *et al*., 2010) نشان دادند که مقدار هدایت روزنه‌ای در چغندرقند با افزایش تنش خشکی به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش داشت. مین و همکاران (Min *et al*., 2013) نشان دادند که در شرایط تنش خشکی میزان مقاومت روزنه‌ای گیاه افزایش یافت و با کاربرد پتاسیم این مقاومت کاهش یافت. ساکالا (Sacala ,2009) گزارش کرد کاربرد سیلیس در شرایط تنش خشکی باعث کاهش مقاومت روزنه‌ای گردید. به نظر می‌رسد کمبود آب سبب افزایش برخی از هورمونهای تنش از جمله ABA در ریشه شده و از طریق کانال تعرق به سمت برگ‌ها هدایت و در محل روزنه‌ها غلظت آن افزایش می‌یابد به این طریق سبب القای بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد. اعمال تیمار کودی سیلیس و پتاس سبب بهبود هدایت روزنه‌ای در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گردید که میتوان به نقش عناصر سیلیس و پتاسیم در کاهش تعرق کوتیکولی و افزایش فشار اسمزی سلول‌های نگهبان نسبت داد.

پتاسیم و سیلیس برگ

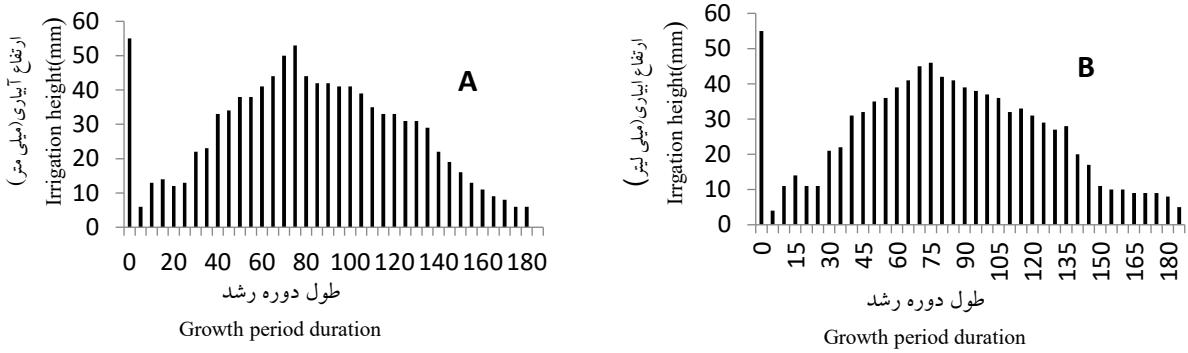
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد در میزان سیلیس و پتاس برگ وجود داشت. مقایسه تیمارهای کودی نشان داد (جدول ۴) در هر سطح از سطوح آبیاری بیشترین میزان سیلیس برگ مربوط به تیمارهای کودی F_4 و F_3 و کمترین مقدار مربوط به تیمارهای F_1 و F_2 بود. در مورد پتاسیم برگ مقایسه میانگین سطوح کودی درسطح آبیاری I_1 نشان داد بیشترین مقدار را تیمارF_2 داشت که نسبت به شاهد ۵۵/۹۷ درصد افزایش داشت و درسطح آبیاریI_2 اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کودی وجود نداشت ونسبت به شاهد ۱۶/۸۶ درصد افزایش نشان داد. درسطح آبیاری I_3 تیمار F_1 کمترین مقدار غلظت پتاسیم برگ را داشت. جذب عناصر غذایی به روش محلول‌پاشی برگی از طریق اپیدرم و روزنه‌ها صورت می‌گیرد محلول‌پاشی سیلیس و پتاس باعث جذب این عناصر از طریق برگ شده و غلظت آن در برگ افزایش یافت. روند تغییرات سیلیس و پتاس برگ با افزایش تنش خشکی نزولی بود تنش خشکی باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سطح برگ گردید بطوریکه با افزایش تنش خشکی مسیرهای جذب کاهش یافته و مقدار آن نسبت به شرایط کفایت آبی کمتر شد.

بر اساس یافته‌های این تحقیق رابطه بین هدایت روزنه‌ای و عملکرد ریشه غیرخطی و معنی دار بود (۰R=/۹۰، شکل ۲-D). عملکرد ریشه چغندرقند با افزایش هدایت روزنه‌ای تا ۲۵

(میلی مول بر مترمربع در ثانیه) تقریبا بصورت خطی افزایش یافت و در مقادیر بالاتر، عملکرد تقریبا ثابت ماند. برای حصول این مقدار از هدایت روزنه‌ای، میزان پتاسیم وسیلیس برگ باید در حدود ۴/۵ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) باشد (شکل ۲A,B -). همچنین نتایج نشان می‌دهد رابطه بین هدایت روزنه‌ای و عیار غیر خطی و معنی‌دار است (شکل۲ C-) عیار چغندر با افزایش هدایت روزنه‌ای تا میزان ۲۰ میلی مول بر متر مربع در ثانیه تقریبا روندی افزایشی داشت و در مقادیر بالاتر به علت افزایش وزن ریشه(شکل ۲ - D) درصدقند روند نزولی پیدا نمود. ریشه‌های با وزن کمتر از ۵۰۰ گرم و بیشتر از ۱۰۰۰ گرم دارای درصدقند کمتری نسبت به ریشه‌های بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ گرمی هستند (Vaziri, 1998). برهمین اساس به نظر می‌رسد جهت حصول بهترین درصد قند، میزان پتاسیم و سیلیس برگ به ترتیب باید در حدود ۴ و ۳ میلیگرم بر کیلوگرم باشد (شکل ۲- A,B). در همین راستا بین میزان سیلیس برگ و شاخص کلروفیل رابطه غیرخطی معنی‌داری وجود داشت (R^2=/۵۶۰، شکل ۳-A) شاخص کلروفیل با افزایش مقدار سیلیس برگ تا حد ۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بصورت خطی افزایش یافت و از آن به بعد تغییر قابل توجهی در میزان شاخص کلروفیل ایجاد نشد. ارتباط بین مقدار پتاسیم برگ و شاخص کلروفیل خطی و معنی‌دار بود (R^2=/۱۲۰, شکل ۳-B) بر این اساس می‌توان نتیجه‌گیری کرد کاربرد پتاسیم باعث افزایش شاخص کلروفیل می‌شود. بر اساس نتایج این تحقیق رابطه بین شاخص کلروفیل با عملکرد ریشه و درصد قند،خطی و معنی دار بود (شکل ۳-C,D). عملکرد و درصدقند با رسیدن شاخص کلروفیل به ۴۸ به حداکثر خود رسید به نظر می‌رسد جهت حصول این مقدار از عملکرد و درصدقند میزان پتاسیم وسیلیس برگ به ترتیب باید در حدود ۴/۵ و ۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد (شکل ۳-A,B,).

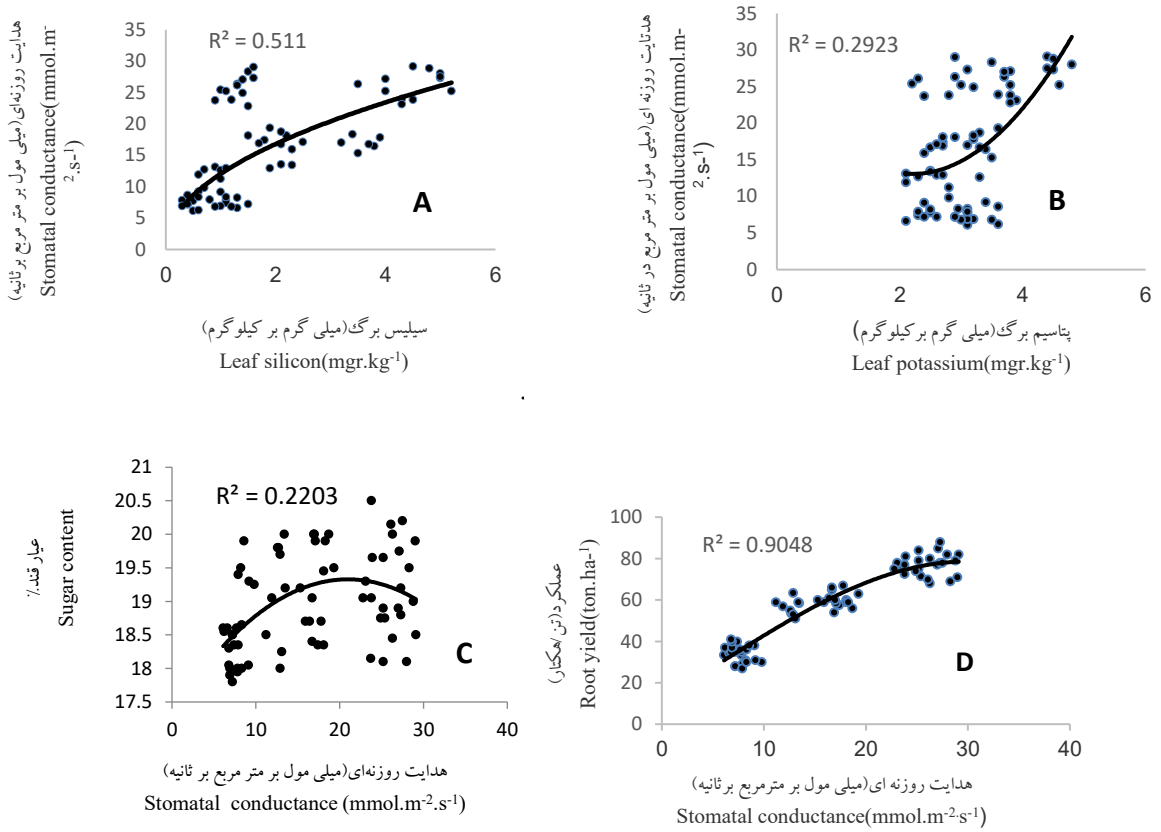
نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد در شرایط آبیاری کامل محلول‌پاشی همزمان پتاسیم و سیلیس بر هم اثر هم افزایی داشته و موجب افزایش بیشترعملکرد ریشه گردید. سیلیس و پتاس در شرایط تنش ملایم (۷۵ درصد نیاز آبی) با بهبود شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای موجب افزایش عملکردریشه و عملکرد شکر سفید نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی کودهای سیلیس و پتاسیم درشرایط تنش شدید خشکی (۵۰ درصد نیازآبی) تاثیر مثبتی بر عملکرد ریشه نداشت اما قند ملاس را کاهش داد و محلول‌پاشی این دو عنصر باعث کاهش ناخالصی‌های سدیم و نیتروژن مضره گردید. بطور کلی می‌توان نتیجه گیری کرد با افزایش میزان سیلیس وپتاسیم در برگ چغندر از طریق محلول‌پاشی می‌توان در شرایط تنش رطوبتی ملایم عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید را بهبود بخشید.



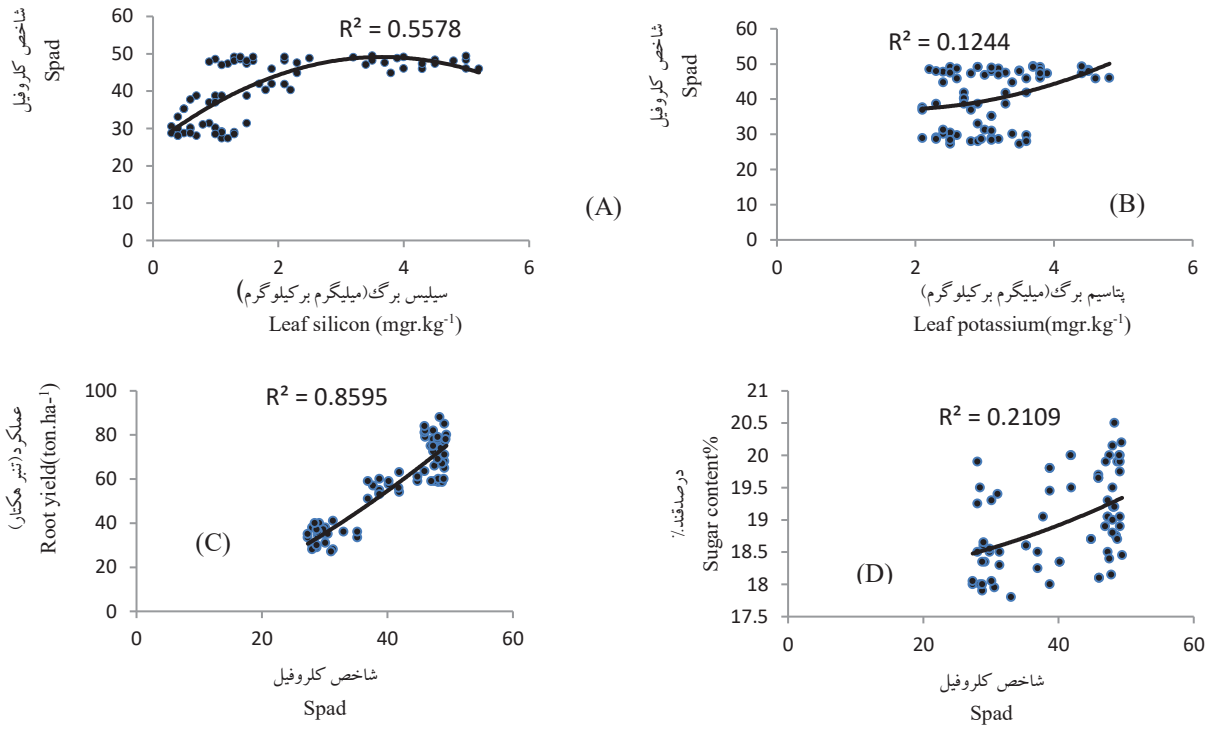
شکل۱- نمودار تقویم آبیاری براساس صد در صد نیاز آبیاری در مشهد (A) و فریمان (B)

Figure 1. Irrigation calendar chart based on 100% irrigation requirement in Mashhad (A) and Fariman (B)



شکل۲- رابطه بین میزان (A) سیلیس برگ و هدایت روزنه ای (B) پتاسیم برگ و هدایت روزنه ای (C) هدایت روزنه‌ای برگ عیار (D) هدایت روزنه ای وعملکرد

Figure 2. Relationship between leaf silicon content and stomatal conductance (A),
leaf potassium content and stomatal conductance (B),
stomatal conductance and sugar content (C), stomatal conductance and root yield



شکل۳- رابطه بین مقدار (A) سیلیس برگ وشاخص کلروفیل (B)پتاسیم برگ وشاخص کلروفیل c)شاخص کلروفیل و عملکرد (D)شاخص کلروفیل ودرصد قند

Figure 3. Relationship between leaf silicon content and chlorophyll index (A), leaf potassium content and chlorophyll index (B) chlorophyll index and root yield (C), chlorophyll index and sugar content

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب(میانگین مربعات) صفات درصدقند، قند ملاس، سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره، الکالیته، عملکرد شکر سفید، عملکرد ریشه، هدایت روزنه‌ای،شاخص کلروفیل،سیلیس وپتاسیم برگ

Table 3. The results of combined analysis of variance (mean squares) of sugar content, molasses sugar, sodium, potassium, alkaline, amino nitrogen, white sugar yield, root yield, stomatal conductance, chlorophyll index, leaf silicon and potassium content

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عیار Sugar content	عملکرد شکرسفید White sugar yield	قند ملاس Molasses sugar	آلکالیته alkaline	نیتروژن مضره Amino nitrogen	پتاسیم ریشه Root potassium	عملکردریشه Root yield	هدایت روزنه ای Stomatal conductance	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	پتاسیم برگ Leaf K	سیلیس برگ Leaf Si	سدیم Sodium
منطقه Region	1	$0.05^{n.s}$	$1.14^{n.s}$	0.019^{ns}	13.17^{**}	0.91^{ns}	0.35^{ns}	46.72^{**}	20.95^{**}	0.03^{ns}	$9/06^{**}$	3.46^{**}	0.006^{ns}
تکرار(منطقه) Replication (region)	4	1.68^{**}	$2.14^{n.s}$	0.103^{ns}	13.5^{**}	1.03^{ns}	1.96^{ns}	156.32^{**}	5.39^{**}	1.13^{ns}	0.07^{ns}	0.24^{**}	0.182^{ns}
آبیاری Irrigation	2	3.46^{ns}	359.7^{**}	0.246^{ns}	4.95^{ns}	1.35^{ns}	0.78^{ns}	11150^{**}	204.7^{*}	211.68^{**}	4.08^{ns}	28.2^{ns}	0.178^{ns}
منطقه× آبیاری Region ×irrigation	2	0.185^{ns}	$0.042^{n.s}$	0.04^{ns}	5.16^{ns}	0.41^{ns}	0.33^{ns}	1.52^{ns}	7.59^{*}	1.06^{ns}	0.014^{**}	1.63^{*}	$.0034^{ns}$
خطا Error a	8	0.207	0.42	0.092	20.59	0.42	0.689	5.4	1.42	2.43	0.01	0.018	0.515
کود Fertilizer	3	0.321^{ns}	5.61^{**}	0.85^{ns}	0.42^{ns}	0.8^{ns}	3.04^{ns}	131.18^{**}	10.39^{ns}	27.14^{**}	0.83^{**}	19.18^{**}	1.26^{**}
کود×منطقه Fertilizer × region	3	0.107^{ns}	$0.17^{n.s}$	0.11^{ns}	0.56^{ns}	0.13^{ns}	0.84^{ns}	0.42^{ns}	1.68^{ns}	0.29^{ns}	$.017^{ns}$	0.25^{**}	0.016^{ns}
آبیاری×کود Fertilizer×irrigation	6	0.99^{**}	2.25^{**}	0.89^{**}	0.96^{ns}	0.28^{**}	6.55^{**}	31.98^{**}	15.16^{*}	60.91^{**}	1.37^{**}	3.82^{**}	0.397^{**}
آبیاری×کود×منطقه Fertilizer×local×irrigation	6	0.11^{ns}	$0.046^{n.s}$	0.06^{ns}	0.65^{ns}	0.03^{ns}	0.74^{ns}	0.47^{ns}	2.52^{ns}	0.75^{ns}	0.03^{ns}	0.22^{**}	0.018^{ns}
خطا Error b	22	0.35	0.18	0.22	1.24	0.19	1.5	2	0.99	3.09	0.03	0.02	0. 55
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		3.02	8.12	23.4	3.3	22	24.9	2.49	6.06	4.35	5.6	7	5.4

ns، * و**: به ترتیب غیر معنی داری و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

.ns, * and ** are not significant, significant at 5% and 1% probably levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمار کودی در هر سطح از تیمار آبیاری بر صفات عملکرد، عیار، قند ملاس ،پتاسیم، سیلیس و پتاسیم برگ، هدایت روزنه ای، عملکرد شکر سفید، شاخص کلروفیل

Table 4. Comparison of the effect of fertilizer treatment at each level of irrigation treatment on root yield, sugar content, sugar molasses, leaf silicon and potassium content, potassium, stomatal conductance, white sugar yield and chlorophyll index

اثر کود در هر سطح از سطوح آبیاری Effect of fertilizer at each level of irrigation		عملکردریشه (تن/هکتار) Yield ($ton.ha^{-1}$)	درصدقند Sugar content%	قند ملاس٪ Molasses%	پتاسیم برگ(میلی گرم/کیلوگرم) Leaf potassium ($mg.kg^{-1}$)	سیلیس برگ(میلی گرم/کیلوگرم) Leaf silicon($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم(میلی اکی‌والان /صدگرم ریشه Potassium ($meq.100gr^{-1}$)	هدایت روزنه ای(میلی مول / مترمربع) Stomatal conductance ($mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$)	عملکرد شکر سفید(تن/هکتار) White sugar yield($ton.ha^{-1}$)	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	سدیم(میلی اکی والان/صدگرم ریشه) Sodium ($meq100gr.beet^{-1}$)	نیتروژن‌مضره(میلی‌اکی‌والان/ صدگرم Amino nitrogen ($meq.100gr\ beet^{-1}$)
I_1	F_1	72.75^{d}	19.24^{ab}	2.05^{a}	2.68^{c}	1.3^{c}	4.98^{a}	25.56^{b}	12.48^{c}	47.95^{a}	1.37^{a}	2.14^{a}
	F_2	75.41^{c}	19.08^{bc}	1.77^{a}	$4/2^{a}$	1.3^{c}	4.54^{a}	26.06^{ab}	12.69^{bc}	47.39^{a}	1.08^{a}	1.81^{ab}
	F_3	80^{b}	18.57^{c}	2.22^{a}	3.2^{b}	4.3^{b}	5.37^{a}	26.75^{a}	13.07^{b}	47.33^{a}	1.53^{a}	1.97^{ab}
	F_4	82.16^{a}	19.82^{a}	1.58^{a}	4.1^{a}	4.6^{a}	3.86^{a}	25.8^{ab}	14.95^{a}	47.8^{a}	1.33^{a}	1.42^{c}
I_2	F_1	54.75^{c}	20.5^{a}	1.94^{a}	2.55^{c}	0.9^{d}	4.76^{a}	12.4^{c}	9.27^{b}	37.92^{d}	1.35^{a}	1.91^{a}
	F_2	58.25^{b}	19.27^{b}	1.88^{a}	2.98^{ab}	1.86^{c}	4.49^{a}	18.04^{a}	10.21^{a}	40.78^{c}	1.41^{a}	2.03^{a}
	F_3	61.16^{a}	19.41^{b}	1.9^{a}	2.74^{abc}	2.78^{b}	4.52^{a}	14.8^{b}	10.69^{a}	43.68^{b}	1.51^{a}	1.71^{a}
	F_4	61.58^{a}	19.15^{b}	2.36^{a}	2.99^{a}	3^{a}	6.33^{a}	17.03^{a}	10.34^{a}	45.18^{a}	1.17^{a}	1.77^{a}
I_3	F_1	34.08^{a}	18.9^{a}	2.66^{ab}	2.1^{c}	0.5^{c}	6.57^{a}	8.1^{a}	5.53^{a}	30.58^{a}	1.51^{b}	2.37^{ab}
	F_2	33.5^{a}	18.29^{a}	1.96^{bc}	2.85^{a}	0.4^{c}	5.04^{abc}	7.2^{a}	5.46^{a}	29.27^{a}	1.19^{b}	2.19^{bc}
	F_3	34.08^{a}	18.56^{a}	2.41^{ab}	2.5^{b}	1.06^{a}	4.88^{bc}	7.78^{a}	5.45^{a}	28.75^{a}	2.23^{a}	2.64^{a}
	F_4	34.09^{a}	18.4^{a}	1.4^{c}	2.84^{a}	1.08^{a}	3.5^{c}	7.43^{a}	5.93^{a}	29.7^{a}	1.02^{b}	1.84^{c}
LSD		0.63	0.66	0.91	0.21	0.16	1.86	1.15	0.50	2.03	0.86	0.5

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون به لحاظ آماری (براساس روش LSD درسطح پنج درصد) تفاوت معنی داری ندارندF_1: بدون کود F_2: پتاسF_3: سیلیسF_4: پتاس + سیلیس و I_1، I_2 و I_3 به ترتیب۱۰۰، ۷۵و ۵۰ درصد نیاز آب

Values with common letter(s) in each column are not statistically significant different at 5 % probability level based on LSD test. F_1: no fertilizer, F_2: potassium, F_3: silicon, F_4: potassium + silicon and I_1 ،I_2 and I_3: 100, 75 and 50% of water requirement, respectivel

References

Abayomi Y. 2002. Sugar beet leaf growth and yield response to soil water deficit. *Science Journal.* 10(1): 51-66.

Abdollahian Noghabi M, Firozabadi M, Rahimzadeh F, Moghaddam M, and Parsaian M. 2003. Effect different drought stress levels on quality yield in three sugarbeet cultivar. *Iranian sugar beet Journal*.; 2(19): 132-142. (In Persian)

Ahmad, R., Zaheer, S. and Ismail، S. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat

(*Triticum aestivum L.*). *Plant Science*. 85:43–50

Ahmad, ST. and Hadad, R. 2011. Study of Silicon effects on antioxidant enzyme activities and osmotic adjustment of wheat under drought stress. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding,*47:17-27.

Alizadeh, A., and Kamali, G. 2007. Water requirement of plants in Iran.Second edition. *Astan Quds Razavi publications (In Persian)*

Artyszak,A.Gozdowski,D.and Kucińska, K.2014.The effect of foliar fertilization with marine calcitein sugar beet. *Plant Soil Environ.* 60(9): 413–417

Doorenbos, J. and Kassam, A. 1979. Yield response to water food and agriculture Organization of the United Nation.

El-Maghraby, S. Samia Mona, M.and Yusreya, H. 1998. Effect of and foliar application of nitrogen and potassium fertilization on sugar beet. *Egypt Journal. Agriculture. Research.*, 76: 665–678

Epstein E. 1999. Silicon Annual Review. *Plant Physiology Plant Molecule Biology*. 50: 641–6

Gohari, C. Tohidlou, Q.and Mesbah, M. 1998. Impact of dehydration at the beginning of the growth period on the yield of beet. *sugar beet journal* 12:18-32(In Persian)

Gunes, A. Pilbeam,D.J. Inal,A.and Coban,S. 2008. Influence of silicon on sunflow cultivars under drought stress, I: growth, antioxidant mechanisms, and lipidperoxidation. *Soil Science Plant Analysis* 39:1885–1903

Heidari Sharif Abad, H. 2004. Plant and Nutrients.Payam Noor University Publication. (In Persian)

Hoffman, C. Vuijbregts, T.and Vanswaaij, N. 2009. Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotype. *Europe Journal Agriculture*. 44:31-48

Jahad Akbar, M. R., Aghdai, M. and Abrahamian, H, R. 2001.Effect of delay in irrigation after planting in beet crop.*sugar beet journal* 15(1):12-24 (In Persian)

Kafi, M., Kamkar, B. And Mahdavi Damghani, A. 2010. Crops' Responses to the Growth Environment.Ferdowsi University Press, Mashhad.(In Persian)

Koocheki , A, and Soltani, A. 2007.Sugar beet cropping. Publications University of Mashhad.(In Persian)

Liu, Y. TC-Zou, G. Geng. k. Xu,Fq. and YZ,W .1996. Effect of potash on sugar beet quality and adversity resistance. *China-Sugar beet*, 4: 15 – 20.

Ma, JF.and Yamaji, N. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends Plant Science.* 11: 392–397.

Ma, J.F., Tamai,K. Ichii, M.and Wu, F. 2002. A rice mutant defective in Si uptake. *Plant Physiology.* 130:2111–2117.

Mahrokh, H.and Khagepor, M. 2007.Effect of moisture condition on growth and quantity and quality indices in sugar beet. *Agronomy Science of Journal*. 2: 235-246. (In Persian)

Marscher,H.1995 .Mineral nutrition of higher plants. Academic press London.

Mehrandish, M. Moeini, MJ.and Armin,B. 2012. Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) response to potassium application under full and deficit irrigation. *European Journal of Experimental Biology*. 2(6): 2113-2119.

Min, W. Qingsong, Z. Qirong, Sh.And Shiwei, G. 2013. The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. *International Journal of Molecular Sciences.*8:13-26.

Mirzai, M.A. and Rezvani, S.M.A. 2007. Effect of Drought Stress on Qualitative Characteristics of Sugar beet at Different Growth Stages. Sugar beet Journal.15 (2):34-44. (In Persian)

Mohammadian,R. Taleghani,F. and Sadeghzadeh Hemayati, S. 2010. Effect different irrigation management on some quantity and quality of sugar beet. *sugar beet Journal*. 26: 139-156. (In Persian)

Nabizadeh, A. and Fotohi, K. 2010. Effect of consuming water on quality and quantity of sugar beet. *Journal of Research Science*. 3(10): 131-142. (In Persian)

Neseim, M. R, Amin,Y. and El-Mohammady,M.M.S. 2014. Effect of potassium applied with foliar spray of yeast on sugar beet growth and yield under drought stress. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*. 3(8):21-30.

Noushad, C. Mohammadian, R. and Khaymim, Q. 2015. Effect of different levels ofpotassium and nitrogen on quantitative and qualitative yield of sugar beet in drought stress conditions. *Sugar Beet Journal*. 32 (1): 49-37(In Persian)

Ross, J. Murfet, I.and Reid, JB. 1997. Gibberellin mutants. *Plant Physiology.* 100: 550-560.

Sacala, E. 2009. Role of silicon in plant resistance to water stress. *Journal of Elementology.*9:11-20

Shahbazi, H. Zolfagharan, A. Ghaemi, A. Ahmadi, M. And Mohammadian, R. 2014. Effects of different amounts of water and water on quantitative and qualitative yield of sugar beet. *sugar beet Journal*. 30 (2): 183-192(In Persian)

Shinde, V. Naphade, K. Kohale, S. and Fulzele, G. 1993. Effect of varying levels of potash on seed and oil yield of sunflower (*Helianthus annuus*). *PKV Research Journal*. 17: 31-32

Uroog nia, S., Habibi, D. and Fathollah Taleghani, D. 2003. Evaluation of yield and yield components of sugar beet genotypes under drought stress conditions. *Journal of Agriculture and Plant Breeding*.6:12-22 (In Persian)

Valadabadi, A.R,and Aliabadi Farahni,H. 2008. Effect of potassium application on quantitative characteristics and root penetration of corn, sorghum and millet under drought stress.*Iranian Journal of Agronomy and Breeding*. 4: 37-47. (In Persian)

Vaziri, R. Study of effect amount and interval irrigation on yield of sugar beet. Collection articles in 9th conference Iranian national irrigation and drainage, Tehran Iran. 1998. (In Persian)

Investigating the effect of silicon and potassium foliar spraying and additional soil application of potassium on quantitative and qualitative yield of sugar beet (*Betavulgaris* L.) under moisture stress conditions

M. Farazi[1], M. Goldani[2], M. Nasiri Mahallati[3], A. Nezami[4], J. Rezaei[5]

1. Ph.D. student Ferdowsi University of Mashhad.
2. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, (Corresponding author)
3. Professor of Agricultural Sciences Faculty of Ferdowsi University of Mashhad
4. Professor of Agricultural Sciences Faculty of Ferdowsi University of Mashhad
5. Sugar Beet Research Department Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

Received: April 2018 Accepted: October 2018

Extended Abstract

Farazi, M., Goldani, M., Nasiri Mahallati, M., Nezami, A., Rezaei, J., Investigating the effect of silicon and potassium foliar spraying and additional soil application of potassium on quantitative and qualitative yield of sugar beet (*Betavulgaris* L.) under moisture stress conditions
Applied Research in Field Crops Vol 31, No. 3, 2018 page:1-3: 1-19(in Persian)

Introduction: Deficit of water resources is one of the limitations for sugar beet cultivation in arid and semi-arid regions (Shahbazi *et al.,* 2015) and therefore the use of compounds that can improve growth and yield of sugar beet under these restricting conditions is of the most important research priorities. Potassium plays an important role in ameliorating the injurious effects of water deficit on plants. Potassium along with other anions is involved in maintaining turgor in guard cells of stomata so that increasing concentrations of potassium in guard cells causes their osmotic potential to become more negative, resulting in the absorption of water from the surrounding cells. This makes guard cells turgid and consequently leads to stomatal opening. Silicon (Si) is a non-essential nutrient for most plants. However, in field crops, it is known to affect plant growth and quality, photosynthesis, transpiration and to enhance plant tolerance to stresses such as drought. Si increases physical and chemical defense power of plants. Si plays a significant role in modulating physiological and metabolic responses in plant. This study was conducted to investigate the role of foliar spraying of silica and potassium on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under deficit irrigation.

Materials and Methods: In order to study the effects of foliar spraying of silicon and potassium on yield and qualitative traits of sugar beet root under water

Email address of the corresponding author: –goldani@um.ac.ir

deficit conditions, two experiments were conducted in a split plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications in two regions of Mashhad and Fariman. The main plots were allocated to irrigation treatments including: 100 (I_1), 75 (I_2) and 50 percent (I_3) of water requirement and the sub plots were allocated to four fertilizer levels including: control (no fertilizer application) (F_1), potassium (F_2), silicon (F_3), potassium together with silicon (F_4). Promoter system (OS-1 model) and chlorophyll meter system (Minolta 502 model) were respectively used to measure chlorophyll content and stomatal conductance. Sodium and potassium concentrations were determined by the flame photometer method and amino nitrogen content was measured by water number method using betalyzer device. Data obtained from the two regions were subjected to combined analysis using MINITAB. 17 software after confirming homogeneity of variance of the two experiments.

Results and Discussion: The results showed that interaction effects of foliar spraying of fertilizers and irrigation treatments on yield, root potassium and sodium and amino nitrogen, chlorophyll index, sugar content, extraction coefficient of sugar, leaf silicon and potassium contents and white sugar yield were significant at 1% probability level. Stomatal conductance and sugar molasses were significantly affected by the treatments at 5% probability level. Under full water application (I_1), simultaneous spraying of potassium and silicon produced synergistic effects so that root yield and white sugar yield were raised by 12.9 % and 19.79 %, respectively and amino nitrogen was lowered by 33 %. Under the mild water stress (I_2), foliar application of potassium together with silicon increased chlorophyll index by 21 % and stomatal conductance by 37 %, which resulted in increased root yield (12.5 %) and white sugar yield (11%) as compared to control. Gunes *et al,* (2008) reported that silicon can increase dry matter content in sunflower grown under drought stress. Mehrandish *et al,* (2012) showed that foliar spraying of potassium enhanced chlorophyll content in sugar beet subjected to osmotic stress. Under the severe water stress (I_3), although the simultaneous use of potassium and silicon decreased sugar molasess, sodium and amino nitrogen contents by 47 %, 26 % and 21.5 %, respectively, it did not have any significant effect on the sugar beet root yield and white sugar yield. The results indicated that when the plant was fully irrigated, the correlation between leaf potassium and silicon contents and the root and white sugar yields was positive. It seems that to obtain optimal root yield (82.16) and sugar yield (19.82), potassium and silicon contents in leaf should be at the rates of 4.5 and 3.5 mg / kg, respectively.

Conclusions: In general, it can be stated that increasing amounts of silicon and potassium in leaf through foliar spraying can improve sugar beet root yield and

white sugar yield performance under mild water stress conditions.

Keywords: Drought stress, chlorophyll index, stomatal conductance, amino nitrogen

References:

Shahbazi, H. Zolfagharan, A. Ghaemi, A. Ahmadi, M. And Mohammadian, R. 2014. Effects of different amounts of water and water on quantitative and qualitative yield of sugar beet. *Sugar Beet Journal*. 30 (2): 183-192.(In Persian)

Gunes, A. Pilbeam,D.J. Inal,A.and Coban,S. 2008. Influence of silicon on sunflowcultivars under drought stress, I: growth, antioxidant mechanisms, and lipidperoxidation. Comm. Soil Sci. Plant Analysis 39:1885–1903.

Mehrandish, M. Moeini, MJ.and Armin,B. 2012. Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) response to potassium application under full and deficit irrigation. *European Journal of Experimental Biology*. 2(6): 2113-2119.