

بررسی تاثیر محلول پاشی سیلیس و پتاس علاوه بر مصرف خاکی پتاسیم بر عملکرد کمی و کیفی 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 و کیفی چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط تنش رطوبتی
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۱ - شماره ۳ - پایاند ۱۲۰ پائیز ۹۷: ۱-۱۹

کمبود منابع آبی یکی از محدودیت های توسعه کشت چغندر قند گزارش شده است. استفاده از ترکیباتی مانند سیلیس و پتاسیم می تواند این محدودیت را کاهش دهد. بدین منظور جهت بررسی اثرات سیلیس و پتاسیم بر عملکرد و کیفیت ریشه چغندر قند تحت شرایط تنش رطوبتی آزمایشی صورت گرفته با سه تکرار در ۲ منطقه مشهد و فریمان در سال زراعی ۱۳۹۵ اجرا و بصورت مرکب تجزیه واریانس شد. سه تیمار آبیاری شامل: $(I_1) 100$ ، $(I_2) 75$ ، $(I_3) 50$ درصد نیاز آبی چغندر قند در کرت های اصلی و چهار تیمار محلول پاشی کودی شامل: (F_1) شاهد (بدون مصرف کود)، (F_2) پتاس، (F_3) سیلیس، (F_4) پتاس + سیلیس در کرت های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد در شرایط آبیاری کامل (I_1) محلول پاشی همزمان پتاسیم و سیلیس بر هم اثر افزایشی داشت و موجب افزایش ۱۲/۹ درصد عملکرد ریشه، ۱۹/۷۹ درصد عملکرد شکر سفید و کاهش ۳۳ درصدی نیتروژن مضره شد. محلول پاشی سیلیس و پتاس در شرایط تنش ملایم (I_2) با افزایش ۲۱ درصدی شاخص کلروفیل و ۳۷ درصدی هدایت روزنه ای موجب افزایش ۱۲/۵ درصد عملکرد ریشه و ۱۱ درصد عملکرد شکر سفید نسبت به شاهد شد. محلول پاشی کود سیلیس همراه پتاسیم در شرایط تنش شدید خشکی (I_3) هر چند باعث کاهش ۴۷، ۲۶، ۲۱/۵ درصدی قند ملاس، سدیم و نیتروژن مضره شد اما تاثیر معنی داری بر عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید نداشت. نتایج نشان داد همبستگی بین میزان پتاسیم و سیلیس برگ در شرایط آبیاری کامل با عملکرد و عیار چغندر قند مثبت بود و به نظر می رسد جهت حصول بهترین عملکرد ریشه $(۸۲/۱۶)$ و عیار $(۱۹/۸۲)$ باید حداقل میزان پتاسیم و سیلیس برگ به ترتیب $۴/۵$ و $۳/۵$ میلیگرم بر کیلوگرم باشد. بطور کلی می توان نتیجه گیری کرد با افزایش میزان سیلیس و پتاسیم در برگ چغندر از طریق محلول پاشی می توان 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

مقدمه

در انتهای فصل رشد چغندر قند نشان داد قطع آبیاری در اواخر دوره رشد چغندر قند، باعث کاهش خصوصیات کیفی چغندر قند شامل عیار قند، عیار قند خالص و راندمان استحصال شد (Mirzai and Rezvani, 2007). به طور کلی تنش رطوبتی در طول دوره رشد چغندر قند باعث افزایش ناخالصی های ریشه چغندر قند از جمله پتاسیم و سدیم شده و در نتیجه راندمان استحصال قند ریشه را به طور معنی داری کاهش و درصد قند ملاس را افزایش می دهد (Jahad Akbar *et al.*, 2003). تنش خشکی موجب کاهش جذب عناصر غذایی نیز می شود. برخی از این عناصر در افزایش مقاومت گیاهان به خشکی نقش به سزایی ایفا می کنند. از این عناصر می توان به پتاسیم و سیلیس اشاره نمود (Kafi *et al.*, 2011). پتاسیم توسعه ریشه و ساقه را به خوبی بهبود می بخشد و سبب افزایش شاخص های رشد و عملکرد گیاه می گردد (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 می شود (Valadabadi and Farahani, 2008). از طرفی پتاسیم به همراه آنیون های دیگر، تورژسانس سلول های نگهبان و باز و بسته شدن روزنه ها را کنترل می کند. بطوریکه با افزایش غلظت پتاسیم در سلول های نگهبان پتانسیل اسمزی آنها منفی تر شده و موجب جذب آب از سلول های مجاور می گردد که در نهایت با تورژسانس سلول های نگهبان روزنه ها باز می شوند. طی بررسی تأثیر محلول پاشی پتاسیم بر روی چغندر قند تحت

چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) به عنوان یک گیاه صنعتی به همراه نیشکر اصلی ترین منبع تولید شکر مورد نیاز کشور است. این محصول علاوه بر تولید شکر در تأمین خوراک دام و تناوب زراعی نقش مهمی را ایفا می کند (Noushad *et al.*, 2017). با توجه به نیاز آبیاری چغندر قند در مناطق خشک و نیمه خشک، و کمبود آب در این مناطق، تنش خشکی یکی از مشکلات اصلی تولید و گسترش این محصول به شمار می آید (Shahbazi *et al.*, 2015). تنش خشکی باعث افزایش ترکیبات غیر قندی نظیر اسیدهای آمینه، پتاسیم، گلوتامین، بتائین و سدیم می شود چنین ترکیباتی را نمی توان در طی مراحل استحصال شکر از ریشه جدا نمود و تجمع این مواد، استحصال شکر را با مشکل مواجه می نماید و مقدار ساکارز وارد شده به ملاس را افزایش و عملکرد شکر سفید را کاهش می دهد (Hoffman *et al.*, 2009). عروج نیا و همکاران (Uroognia *et al.*, 2002) با بررسی تاثیر تنش خشکی بر روی ژنوتیپ های مختلف چغندر قند دریافتند که بین سطوح مختلف آبیاری از نظر عملکرد ریشه اختلاف معنی داری وجود داشت. ماهرخ و خواجه پور (Mahrokh and KhajePour, 2017) در بررسی تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر شاخص های رشد و عملکرد کمی و کیفی چغندر قند اعلام داشتند در شرایط تنش رطوبتی وزن خشک کل بوته ۳۵٪ کاهش یافت و سرعت رشد محصول و عملکرد ریشه به طور معنی داری نسبت به شاهد کاهش داشت. بررسی اثرات تنش خشکی

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 و هدایت 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. در این راستا استفاده از سیلیس و پتاس می‌تواند یکی از راهکارهای عملی در مزرعه جهت کاهش اثرات تنش خشکی محسوب شود. از آنجا که نتایج منتشر شده‌ای از نقش سیلیس و استفاده همزمان آن با پتاس در چغندر قند 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 می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر محلولپاشی سیلیس و پتاسیم مازاد بر مصرف پتاسیم خاکی بر اساس 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 و ۱۶ دقیقه شمالی

تنش خشکی گزارش شد محلول پاشی باعث بهبود عملکرد چغندر قند 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 می‌شود، به طوری که سیلیس در تغییر میزان ترشح هورمون‌های داخلی مانند جبرلیک اسید (GA3)، جاسمونیک اسید (JA)، سالیسیلیک اسید (SA) موثر بوده و آنها را تقویت می‌کند (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

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع آزمایشی دانشکده کشاورزی مشهد و شرکت کشاورزی وبغات 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

واکنش خاک	عمق (متر)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	آهک کل (درصد)	کربن االی (درصد)	ماسه (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	نیروژن کل (درصد)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	منطقه
pH	Ecdsm ⁻¹	T.N.V%	OC%	Sand%	Silt%	Clay%	Total N%	Pmg.kg ⁻¹ available	Kmg.kg ⁻¹ available	Region	
8	1.34	13	0.62	46	26	18	0.06	17.6	170	مشهد	
8.2	2.02	17.1	0.62	43	18	39	0.06	7.4	231	فریمان	
										Fariman	

جدول ۲- توصیه کودی مزارع آزمایشی دانشکده کشاورزی مشهد و شرکت کشاورزی وبغات کارخانه قند فریمان

منطقه	سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	سوپرفسفات تریپل (کیلوگرم در هکتار)	اوره (کیلوگرم در هکتار)	منطقه
Region	Potassium sulfate (kg.ha ⁻¹)	Super triphosphate (kg.ha ⁻¹)	Urea (kg.ha ⁻¹)	Region
مشهد	250	150	420	مشهد
فریمان	150	250	420	فریمان
Fariman				Fariman

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 قرار گرفت. در مرحله دو تا چهار برگی عملیات تنک کردن چغندر قند برای رسیدن به فواصل بیست سانتیمتری روی هر ردیف انجام شد. پس از اجرای کرت بندی اقدام به نصب کنتور حجمی جهت اندازه گیری میزان آب مصرفی و اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای گردید. برای تعیین مقدار آب مورد نیاز هر تیمار، ابتداء میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) 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)

$ET_c = ET_0 \times K_c$
که در آن ضریب گیاهی (K_c) برای مراحل مختلف رشد گیاه چغندر قند 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)

$$WR = (ET_c + R_0 + P_c + CR) / (E_i / 100)$$

که در آن:

WR: نیاز آبی روزانه گیاه بر حسب میلی متر،
 ET_c : تبخیر و تعرق گیاه زراعی بر حسب میلی متر،
 R_0 : رواناب بر حسب میلی متر،
 P_c : 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

و طول جغرافیایی ۵۹ درجه ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا و آزمایش 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 و شیمیایی انجام گرفت بدین منظور از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک نمونه ها به صورت تصادفی تهیه و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل گردید. نتایج بدست آمده از تجزیه خاک در (جدول ۱) و توصیه کودی در (جدول ۲) 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 تیمار آبیاری شامل: $(I_1) 100$ ، $(I_2) 75$ ، $(I_3) 50$ درصد نیاز آبی چغندر قند در کرت های اصلی و چهار تیمار کودی بصورت محلول پاشی (به میزان یک لیتر در هکتار) شامل: (F_1) شاهد (بدون مصرف کود)، (F_2) پتاس حاوی ۵۰۰ گرم K_2O در لیتر، (F_3) سیلیس حاوی ۲۰۰ گرم SiO_2 در لیتر، 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 و یک سوم کود نیتروژن بر اساس جدول ۲ استفاده گردید. کرت بندی و کشت در تاریخ ۹۵/۲/۱۵ در مشهد و ۹۵/۲/۱۶ در فریمان صورت گرفت.

تاریخهای ۶/۲۰ در مشهد و ۹۵/۶/۲۳ در فریمان از هر کرت فرعی، جوانترین برگ کاملاً 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 دوردیف کناری و نیم تراز ابتدا و انتهای هر خط کاشت از سطحی معادل ۲ متر مربع اقدام به برداشت شد. پس از جداسازی برگ از ریشه، از برگهای جدا شده از هر تیمار ۱۰۰ 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 فلیم فتومتری و نیتروژن مضره به روش عدد آبی با دستگاه بتالایزر استفاده شد. الکالیتیه 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).

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 از محاسبه نیاز آبی 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 و ۹۵/۲/۱۸ در فریمان صورت گرفت و تا مرحله استقرار کامل گیاه یعنی هشت برگی آبیاری بصورت کامل انجام شد. اعمال تیمارهای آبیاری پس از مرحله ۸ 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 تیمارها 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 (مدل Minolta 502) در تاریخ ۹۵/۶/۱۵ در مشهد و ۹۵/۶/۱۷ در فریمان از هر کرت از بالاترین برگ که معمولاً بیشترین میزان نیتروژن را دارد ۳ قرائت صورت گرفت و میانگین آن به عنوان شاخص کلروفیل ثبت شد. برای اندازه گیری هدایت روزنه‌ای در

کودی بر عملکرد ریشه معنی دار بود (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین تیمارهای کودی در هر سطح 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) ۱۲/۹ درصد افزایش داشت. نتایج در این سطح از آبیاری نشان داد که محلول پاشی سیلیس باعث بهبود عملکرد شد و کاربرد همزمان آن با پتاس یک تاثیر سینرژیکی داشته و باعث حصول بالاترین عملکرد شد. در مطالعه ای تحت شرایط کفایت آبی محلول پاشی سیلیس بر روی چغندر قند موجب افزایش عملکرد ریشه شد (Artyszak *et al.*, 2014). در سطح آبیاری I_2 (۷۵ درصد نیاز آبی) 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. محلول پاشی کودهای سیلیس و پتاس در این شرایط باعث کاهش اثرات تنش خشکی گردید که در این بین تاثیر سیلیس نسبت به پتاس مشهودتر بود. جونس و همکاران (Gunes *et al.*, 2008) در شرایط تنش خشکی استفاده از سیلیس را عامل افزایش ماده خشک در آفتابگردان عنوان کردند. به نظر می رسد کودهای پتاسیم و سیلیس با افزایش هدایت روزنه ای 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. در تیمار آبیاری I_3 اختلاف معنی داری بین

معادله (۳)

$$alk=(k+Na)/a\text{-amino-N}$$

معادله (۴)

$$MS=0.34(Na+k)+0.094(a\text{-amino-N})$$

معادله (۵)

$$WSC=(SC-MS+0.6)$$

معادله (۶)

$$W.Y= WSC \times YEILD$$

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 و در صورت معنی دار بودن اثرات متقابل کود و آبیاری مقایسه میانگین سطوح کودی در هر سطح آبیاری از طریق برش دهی بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد ریشه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر منطقه بر عملکرد معنی دار بود عملکرد بدست آمده در منطقه فریمان با ۵۷/۵۳ تن در هکتار نسبت به منطقه مشهد با ۵۵/۹۲ تن در هکتار افزایش ۲/۸۸ درصدی داشت. اختلاف عملکرد بین دو منطقه می تواند به علت اختلاف شرایط اقلیمی و خاکی باشد. در منطقه آزمایشی فریمان به علت سنگین تر بودن بافت خاک (جدول ۱) قدرت نگهداری رطوبت خاک بیشتر بوده و همچنین بدلیل خنک تر بودن منطقه اثرات تنش خشکی کاهش یافته لذا عملکرد بیشتری حاصل شد.

اثر متقابل رژیم آبیاری در تیمارهای

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 واکنش های گیاه در برابر تنش های خشکی می تواند تنظیم فشار اسمزی باشد (Heidari Sharif, 2005). افزایش درصد قند در تیمار شاهد را می توان به تجمع قندهای قابل حل در ریشه جهت افزایش فشار اسمزی نسبت داد به نظر می رسد در سایر تیمارهای کودی عنصر سیلیس و پتاسیم توانسته اند تا حدودی از شدت تنش کاسته و لذا از غلظت قند در ریشه کاسته شده است. مقایسه میانگین های کودی در سطح سوم آبیاری از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نشان نداد روند تغییرات درصد قند نشان می دهد که با افزایش شدت تنش خشکی از میزان درصد قند کاسته شد در این سطح از آبیاری، تنش آنقدر شدید بود که تولید مواد فتوسنتزی (ساکاروز) کاهش و حرکت مواد فتوسنتزی به سمت ریشه کم شده و در نتیجه درصد قند 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 در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری داشت. مقایسه میانگین ها در هر سطح از تیمار آبیاری نشان داد که اختلاف معنی داری بین تیمارهای کودی در تیمار آبیاری I_1, I_2 وجود نداشت. در تیمار I_3 بیشترین قند ملاس در تیمار شاهد ملاحظه شد که نسبت به حداقل قند ملاس حاصل از تیمار کودی F_4 ، ۴۷ درصد افزایش داشت (جدول ۴). عصاره خام تولید

تیمارهای کودی مشاهده نگردید که می تواند به علت صدمات شدید و غیر قابل برگشت سیستم فتوسنتزی باشد. گوهری و همکاران (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 درصد قند به دست آمده از $18/2$ تا $20/5$ درصد متفاوت بود. بر اساس مقایسه میانگین ها (جدول ۴) در سطح 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) $6/7$ درصد افزایش نشان داد نتایج در این سطح از آبیاری نشان داد روند تغییرات درصد قند با محلول پاشی سیلیس همراه پتاسیم موجب افزایش درصد قند در ریشه چغندر قند گردید. در مطالعه ای مصرف پتاسیم باعث افزایش درصد قند در چغندر شد (Neseim et al., 2014). به نظر می رسد افزایش غلظت پتاسیم در لوله های غربالی باعث افزایش فشار اسمزی و در نتیجه افزایش جریان توده ای مواد ساخته شده (ساکاروز) در فتوسنتز از برگ ها به ریشه گردید (Marscher, 1995) و کاربرد سیلیس این روند را بهبود بخشید. مقایسه تیمارهای کودی (جدول ۴) در تیمار آبیاری I_2 نشان داد که تیمار کودی F_1 بیشترین درصد قند را داشت که نسبت

نیترژن مضره

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های (جدول ۳) اثر متقابل محلول پاشی در آبیاری بر میزان نیترژن مضره در سطح یک درصد معنی دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۴) در سطح یک و سه آبیاری تیمار F_4 کمترین مقدار نیترژن مضره را داشت که نسبت به شاهد در تیمار آبیاری یک ۳۳ درصد و در تیمار آبیاری سه ۲۲ درصد کاهش نشان داد. لیو و همکاران (Liu et al., 1996) طی بررسی استفاده پتاسیم در زراعت چغندر قند گزارش کردند مصرف پتاسیم باعث افزایش فعالیت آنزیمی و عملکرد ریشه و کاهش نیترژن مضره گردید. یکی از نقش‌های پتاسیم در گیاه افزایش فعالیت آنزیم‌های مختلف از جمله 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 در پروتئین سازی را افزایش داده و از غلظت اسیدهای آمینه و نیترژن مضره در ریشه کاسته است و استفاده همزمان پتاس با سیلیس این اثر را تشدید کرده است. در سطح آبیاری دو اختلاف معنی داری بین تیمارهای کودی دیده نشد.

سدیم ریشه

برای این صفت اثر متقابل تیمار کودی در آبیاری معنی دار شد (جدول ۳). 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

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 نیترژن مضره مانند اسید های آمینه، نیترات و رافینوز اشاره نمود که در ملاس زایی تاثیر دارند کاربرد هم زمان کودهای پتاس و سیلیس باعث کاهش نیترژن مضره و در نتیجه کاهش قند ملاس نسبت به شاهد گردید (جدول ۴).

پتاسیم ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) در این تحقیق نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی در آبیاری در سطح ۱ درصد معنی دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۴) در سطوح آبیاری I_1 و I_2 اختلاف معنی داری بین تیمارها وجود نداشت در تیمار آبیاری I_3 تیمار شاهد (بدون مصرف کود) بیشترین مقدار را نشان داد که 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 معنی دار میزان پتاسیم ریشه گردید در شرایط تنش گیاه جهت تنظیم اسمزی خود پتاسیم بیشتری در ریشه ذخیره می‌کند. نتایج نشان داد اثر هم افزایی محلول پاشی همزمان پتاس و سیلیس باعث کاهش تعرق کوتیکولی و بهبود محتوای آبی گیاه گردید که این امر منجر به کاهش اثرات تنش و کاهش جذب و مقدار پتاسیم ریشه شد.

شاخص کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد اثر متقابل آبیاری در سطوح کودی در سطح ۱ درصد معنی دار بود. مقایسه میانگین تیمار های کودی (جدول ۴) در سطح آبیاری ۱ نشان داد که بین تیمارهای کودی از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت. در سطح آبیاری I_2 بیشترین مقدار از تیمار کودی F_4 (۴۷/۶۸) حاصل شد که با تیمار کودی F_3 (۴۷/۱۸) اختلاف معنی داری 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 فتوسنتز و تولید ماده خشک است. تنش خشکی باعث کاهش محتوای کلروفیل می شود (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 روزانه ای اثر متقابل آبیاری

(جدول ۴). عقیده بر این است در اثر تنش خشکی میزان جذب سدیم و پتاسیم به دلیل تنظیم فشار اسمزی در گیاه افزایش می یابد 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 محلول پاشی آن بر روی گیاه میزان جذب پتاسیم توسط گیاه افزایش یافت و از جذب و میزان سدیم کاسته شد. روند تغییرات سدیم ریشه نشان می دهد که کاربرد پتاسیم توانسته میزان جذب سدیم ریشه را کاهش دهد و استفاده هم زمان آن با سیلیس این روند را تشدید کرده است (جدول ۴).

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 در سطح 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 می دهد کود سیلیس باعث افزایش عملکرد شکر سفید در چغندر قند شده است. در سطح I_3 اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴). با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می رسد محلول پاشی کودهای سیلیس همراه پتاسیم با تاثیر بر عملکرد ریشه باعث بهبود عملکرد شکر سفید شده است.

در سطوح کودی در سطح ۵ درصد معنی داری 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 شاهد ۵۷ درصد افزایش نشان داد در تیمار 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 چغندر قند با افزایش تنش خشکی به طور معنی داری 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

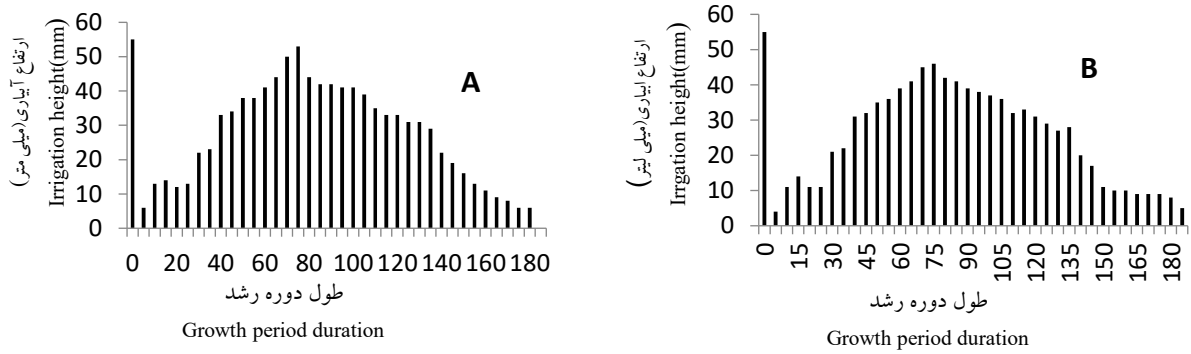
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد در میزان سیلیس و پتاس برگ وجود داشت. مقایسه تیمارهای کودی نشان داد (جدول ۴) در هر سطح از سطوح آبیاری بیشترین میزان سیلیس برگ مربوط به تیمارهای کودی F_4 و F_3 و کمترین مقدار مربوط به تیمارهای F_1 و F_2 بود. در مورد پتاسیم برگ مقایسه میانگین سطوح کودی در سطح آبیاری I_1 نشان داد بیشترین مقدار را تیمار F_2 داشت که نسبت به شاهد ۵۵/۹۷ درصد افزایش داشت و در سطح آبیاری I_2 اختلاف معنی داری بین تیمارهای کودی وجود نداشت و نسبت به شاهد ۱۶/۸۶ درصد افزایش نشان داد. در سطح آبیاری I_3 تیمار F_1 کمترین مقدار غلظت پتاسیم برگ را داشت. جذب عناصر غذایی به روش محلول پاشی برگگی از طریق اپیدرم و روزنه‌ها صورت می‌گیرد محلول پاشی 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 ($R^2=0.90$ ، شکل ۲-D). عملکرد ریشه چغندر قند با افزایش هدایت روزنه‌ای تا ۲۵

ریشه و درصد قند، خطی و معنی دار بود (شکل ۳-۳، C, D). عملکرد و درصد قند با رسیدن شاخص کلروفیل به ۴۸ به حداکثر خود رسید به نظر می‌رسد جهت حصول این مقدار از عملکرد و درصد قند میزان پتاسیم و سیلیس برگ به ترتیب باید در حدود ۴/۵ و ۳/۵ میلی گرم بر کیلوگرم باشد (شکل ۳-۳، A, B).

نتیجه گیری

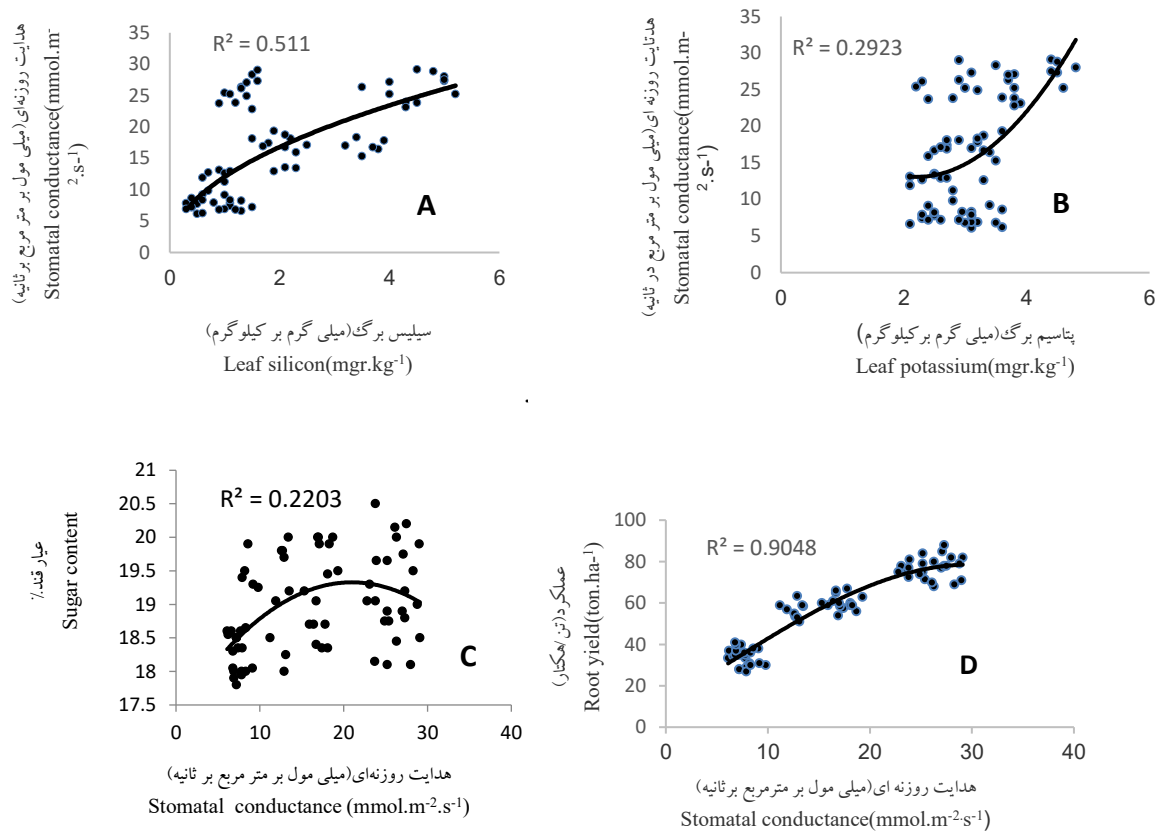
نتایج این پژوهش نشان داد در شرایط آبیاری کامل محلول پاشی همزمان پتاسیم و سیلیس بر هم اثر هم افزایی داشته و موجب افزایش بیشتر عملکرد ریشه گردید. سیلیس و پتاس در شرایط تنش ملایم (۷۵ درصد نیاز آبی) با بهبود شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای موجب افزایش عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید نسبت به شاهد شد. محلول پاشی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

(میلی مول بر مترمربع در ثانیه) تقریباً بصورت خطی افزایش یافت و در مقادیر بالاتر، عملکرد تقریباً ثابت ماند. برای حصول این مقدار از هدایت روزنه‌ای، میزان پتاسیم و سیلیس برگ باید در حدود ۴/۵ (میلی گرم بر کیلوگرم) باشد (شکل ۲-۳، A, B). همچنین نتایج نشان می‌دهد رابطه بین هدایت روزنه‌ای و عیار غیر خطی و معنی دار است (شکل ۲-۳، C) عیار چغندر با افزایش هدایت روزنه‌ای تا میزان ۲۰ میلی مول بر متر مربع در ثانیه تقریباً روندی افزایشی داشت و در مقادیر بالاتر به علت افزایش وزن ریشه (شکل ۲-۳، D) درصد قند روند نزولی پیدا نمود. ریشه‌های با وزن کمتر از ۵۰۰ گرم و بیشتر از ۱۰۰۰ گرم دارای درصد قند کمتری نسبت به ریشه‌های بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ گرمی هستند (Vaziri, 1998). بر همین 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 ۲-۳، A, B). در همین راستا بین میزان سیلیس برگ و شاخص کلروفیل رابطه غیر خطی معنی داری وجود داشت ($R^2=0.56$)، شکل ۳-۳، A) شاخص کلروفیل با افزایش مقدار سیلیس برگ تا حد ۳/۵ میلی گرم 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 معنی دار بود ($R^2=0.12$)، شکل ۳-۳، 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



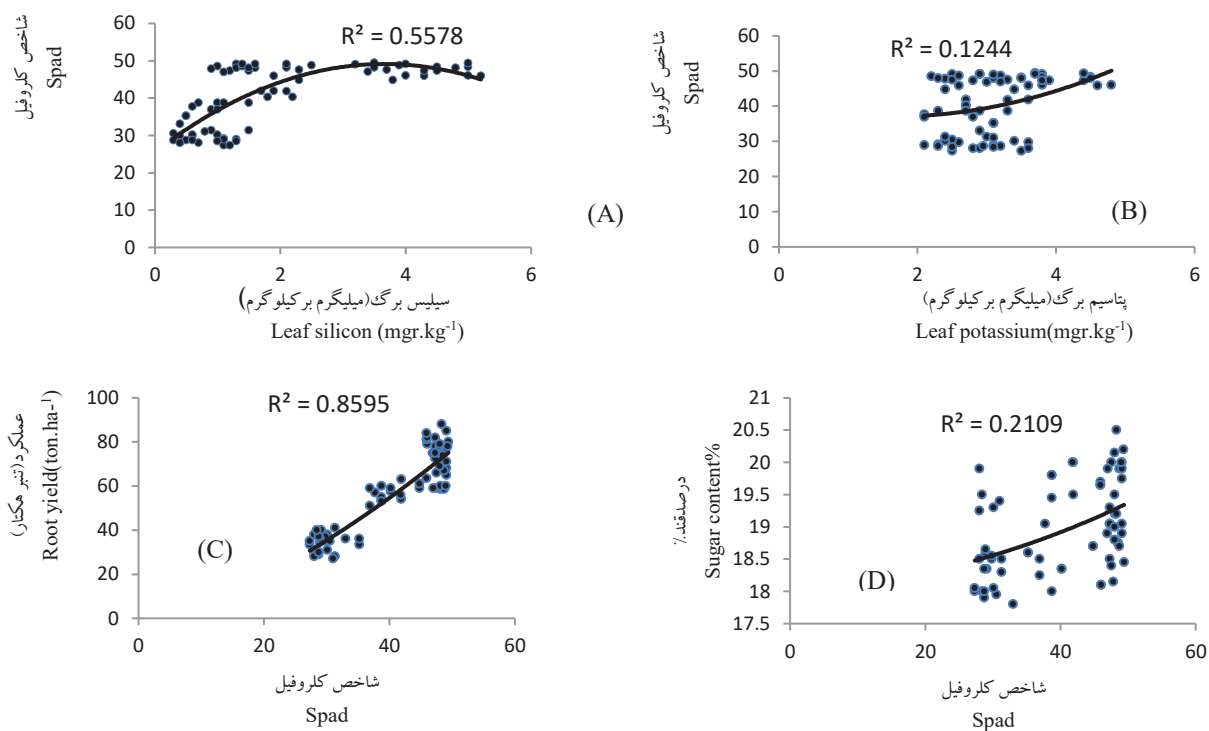
شکل ۱- نمودار تقویم آبیاری براساس صد در صد نیاز آبیاری در مشهد (A) و فریمان (B)

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



شکل ۲- رابطه بین میزان (A) سیلیس برگ و هدایت روزنه ای (B) پتاسیم برگ و هدایت روزنه ای (C) هدایت روزنه ای و عملکرد (D) هدایت روزنه ای و عملکرد

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



شکل ۳- رابطه بین مقدار (A) سیلیس برگ و شاخص کلروفیل (B) پتاسیم برگ و شاخص کلروفیل (C) شاخص کلروفیل و عملکرد (D) شاخص کلروفیل و درصد 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

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات درصقل، قند ملاس، پتاسیم، نیتروژن مغز، آلکالیه، عملکرد شکر سفید، عملکرد ریشه، هدایت روزنه‌ای، شاخص کروفل، سلیسیس برگ، سدیم، آمینو نیتروژن، پتاسیم، سدیم، پتاسیم ریشه، عملکرد ریشه، Root potassium، Root yield، Stomatal conductance، هدایت روزنه‌ای، شاخص کروفل، Chlorophyll index، پتاسیم برگ، Leaf K، سلیسیس برگ، Leaf Si، سدیم، Sodium، 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 شکر سفید White sugar yield	قند ملاس Molasses sugar	آلکالیه alkaline	نیتروژن مغز Amino nitrogen	پتاسیم ریشه Root potassium	عملکرد ریشه Root yield	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	شاخص کروفل Chlorophyll index	پتاسیم برگ Leaf K	سلیسیس برگ Leaf Si	سدیم Sodium
منطقه Region	1	0.05 ^{ns}	1.14 ^{ns}	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 ^{ns}	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 ^{ns}	0.04 ^{ns}	5.16 ^{ns}	0.41 ^{ns}	0.33 ^{ns}	1.52 ^{ns}	7.59 [*]	1.06 ^{ns}	0.014 ^{**}	1.63 [*]	0.034 ^{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 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.56 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.84 ^{ns}	0.42 ^{ns}	1.68 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.17 ^{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 ^{ns}	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
ضرب 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, stomatal conductance, white sugar yield and chlorophyll index

اثر کود در هر سطح از سطح آبیاری	عملکرد شکر (تن/هکتار)	درصد قند ملاس %	پتاسیم برگ (میلی گرم/کیلوگرم)	سیلیس برگ (میلی گرم/کیلوگرم)	پتاسیم (میلی اکی ریشته /صدگرم ریشته)	هدایت روزنه ای (میلی مول/متر مربع)	عملکرد شکر سفید (تن/هکتار)	شاخص کلروفیل	سدیم (میلی اکی والان/صدگرم ریشته)	نیروزه نیتروژن (میلی اکی والان/صدگرم ریشته)		
Effect of fertilizer at each level of irrigation	Yield (ton.ha ⁻¹)	Sugar content%	Leaf potassium (mg.kg ⁻¹)	Leaf silicon(mg.kg ⁻¹)	Potassium (meq.100gr ⁻¹)	Stomatal conductance (mmol m ⁻² s ⁻¹)	White sugar yield(ton.ha ⁻¹)	Chlorophyll index	Sodium (meq.100gr.beet ⁻¹)	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 (بر اساس روش LSD در سطح پنج درصد) تفاوت معنی داری ندارند. F₁: بدون کود، F₂: پتاسیم، F₃: سیلیس، F₄: پتاسیم + سیلیس و I₁، I₂ و I₃ به ترتیب ۱۰۰، ۷۵ و 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. F₁: no fertilizer, F₂: potassium, F₃: silicon, F₄: potassium + silicon and I₁, I₂ and I₃: 100, 75 and 50% of water requirement, respectively

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 calcite in 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 lipid peroxidation. *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, M.J. 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 of potassium 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, J.B. 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. Farazi¹, M. Goldani², M. Nasiri Mahallati³, A. Nezami⁴, J. Rezaei⁵

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 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

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 molasses, 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, M.J. 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.