

بررسی تأثیر کاربرد پتاسیم در دوره‌های مختلف آبیاری نشتی بر عملکرد و کارایی مصرف آب دو ژنوتیپ چغندرقد

Effects of potassium application under different irrigation intervals on yield and water use efficiency of two genotypes of sugar beet in furrow irrigation

رحیم محمدیان^۱، مسعود احمدی^۲، کیومرث کلارستاقی^۱ و سعید غالبی^۳

ر. محمدیان، م. احمدی، ک. کلارستاقی و س. غالبی. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر کاربرد پتاسیم در دوره‌های مختلف آبیاری نشتی بر عملکرد و کارایی مصرف آب دو ژنوتیپ چغندرقد. چغندرقد ۲۰(۱): ۷۲-۵۵

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد سطوح مختلف پتاسیم در شرایط آبیاری با دوره‌های مختلف بر عملکرد کمی و کیفی دو ژنوتیپ چغندرقد (A37.1 و 12681) این بررسی در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان (طرق) انجام شد. در این آزمایش سه سطح پتاسیم شامل عدم مصرف پتاسیم، مصرف به منظور رسانیدن پتاسیم تبدالی خاک به پنج درصد ظرفیت تبدال کاتیونی خاک (CEC) و مصرف پتاسیم به منظور رسانیدن پتاسیم تبدالی خاک به پنج درصد ظرفیت تبدال کاتیونی خاک به اضافه نیاز گیاه و چهار سطح دور آبیاری ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ روزه مورد بررسی قرار گرفت. در سال ۱۳۷۷ مقدار آب در هر دور آبیاری براساس عرف منطقه (حدود ۷۳ میلی‌متر آب در هر دور) در نظر گرفته شد و در سال ۱۳۷۸ به منظور افزایش تنش رطوبتی، مقدار آب در حدود ۲۵ درصد نسبت به سال ۱۳۷۷ کاهش یافت. نتایج نشان داد که عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید در هر دو سال آزمایش و کارایی مصرف آب در سال اول آزمایش به طور معنی‌داری تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت ($P < 0.01$). بیشترین عملکرد شکر سفید در سال ۱۳۷۷ در دور آبیاری ۱۲ روزه و در سال ۱۳۷۸ در دور آبیاری ۹ روزه به دست آمد. در سال ۱۳۷۷ افزایش پتاسیم تبدالی تا پنج درصد CEC خاک در دوره‌های آبیاری مورد بررسی، عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید و کارایی مصرف آب را افزایش داد. مقادیر این افزایش برای دوره‌های آبیاری ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ روزه برای عملکرد شکر سفید به ترتیب ۱۱/۵، ۷، ۹ و ۱۰ درصد بود. در سال ۱۳۷۸ همراه با کاهش مقدار آب در هر دور آبیاری در دوره‌های آبیاری ۱۲، ۱۵ و ۱۸ روزه با کاربرد پتاسیم روند کاهشی در عملکرد شکر سفید مشاهده شد. در حالی که این روند در دور آبیاری ۹ روزه به صورت افزایشی و مقدار آن به ترتیب ۱۲/۵، هشت درصد در سطح دوم (نسبت به سطح اول پتاسیم) و سوم پتاسیم (نسبت به سطح دوم پتاسیم) افزایش یافت. این روند به طور تقریباً مشابه برای عملکرد ریشه و کارایی مصرف آب نیز مشاهده گردید. با توجه به نتایج به دست آمده کاربرد پتاسیم تنها در شرایط عدم تنش و تنش متعادل می‌تواند اثرات مثبت بر عملکرد و کارایی مصرف آب داشته باشد.

واژه های کلیدی: پتاسیم، پتاسیم تبدالی خاک، تنش کمبود آب، چغندرقد، خراسان، دور آبیاری، ژنوتیپ، کارایی مصرف آب

۱- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات چغندرقد: E-mail R_mohammadian@hotmail.com

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان

۳- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب

مقدمه

پتاسیم عنصری ضروری برای تمام اشکال حیات اعم از گیاهی و جانوری است. پتاسیم توسط مکانیسم جذب فعال با سرعت زیاد توسط بافت‌های گیاهی جذب می‌شود (سالاردینی و مجتهدی ۱۳۶۷). گزارش شده است که احتمالاً پتاسیم باعث بهبود عملکرد در شرایط کمبود رطوبت می‌گردد زیرا تجمع پتاسیم در آوندهای چوبی، پتانسیل اسمزی شیره خام را کاهش می‌دهد (Mengel and Pfluger 1969). هم چنین غلظت زیاد یون پتاسیم (K^+) در سلول‌های مزوفیل پتانسیل اسمزی آن‌ها را کاهش داده که این امر اثر سودمند مجددی بر مصرف آب دارد زیرا پتانسیل اسمزی کمتر، نگره داری آب را بهبود می‌بخشد (سالاردینی و مجتهدی ۱۳۶۷ و Fauconnier 1986). در بسیاری از گونه‌های گیاهی پتاسیم مسئول اصلی تورژسانس سلول‌های محافظ به هنگام باز شدن روزنه است. افزایش غلظت پتاسیم در سلول‌های محافظ باعث کاهش پتانسیل اسمزی آن‌ها شده و در پی آن آب از سلول‌های مجاور روزنه جذب می‌شود و هم زمان سلول‌های محافظ آماس کرده و روزنه‌ها باز میشوند (Marschner 1995). به علت ناکارآمد بودن باز و بسته شدن روزنه‌ها در شرایط کمبود آب، گیاهانی که در معرض کمبود آب هستند به سرعت پژمرده می‌شوند. هم چنین در این شرایط به علت آن که جذب CO_2 از طریق روزنه‌ها کاهش می‌یابد،

تثبیت کربن کاهش یافته و در نتیجه مقدار فتوسنتز کاهش می‌یابد. این شرایط باعث می‌گردد که الکترون اضافی که از واکنش‌های نوری فتوسنتز در کلروپلاست تولید شده است اکسیژن را به فرم‌های سمی مانند رادیکال‌های سوپراکسید یا پراکسید هیدروژن تبدیل نماید (Cakmak 2002). معلوم شده است که این مشتقات اکسیژن عامل صدمه به سلول است و در نتیجه رشد در شرایط تنش مختل می‌گردد. کک مک (Cakmak 2002) هم چنین نشان داده است که فعالیت NADPH اکسیداز که تولیدکننده محصولات رادیکال اکسیژن است با کاهش K در دسترس کاهش می‌یابد.

وروا و همکاران (Wyrwa et al. 1998) نشان دادند که خشکی عملکرد دانه ترتیکاله را تا ۵۴ درصد در خاک‌های که کمبود پتاسیم داشت، کاهش داد در حالی که با فراهم شدن پتاسیم در دسترس، عملکرد فقط تا ۱۶ درصد کاهش یافت. الهادی و همکاران (El-Hadi et al. 1997) نیز نشان دادند که در شرایط محدودیت آب، به طور قابل توجهی عملکرد در بسیاری از گیاهان زراعی یک ساله با کاربرد پتاسیم افزایش می‌یابد.

به علاوه با کم شدن آب در خاک، حرکت یون پتاسیم در محلول خاک شدیداً کاهش می‌یابد. این امر باعث کمبود پتاسیم در اطراف ریشه گیاه حتی در شرایطی که پتاسیم کافی در حجم خاک

ارتباط نزدیکی با آب مصرف شده و تبخیر و تعرق دارد. در مورد اثرات تنش رطوبتی بر درصد ساکاروز ریشه گزارشات متفاوتی وجود دارند. هیلز و همکاران (Hills et al. 1990) گزارش کردند که تنش رطوبتی بر درصد ساکارز ریشه در ماده خشک اثری نداشت. هر چند که درصد ساکارز در وزن تر ریشه، در شرایط تنش بیش از عدم تنش گزارش شده است. تحقیقات نشان داده است که اختلاف غلظت ساکارز در وزن تر ریشه عمدتاً به دلیل اختلاف در درصد آب موجود در ریشه‌های ذخیره‌ای می‌باشد (Hills et al. 1990, Loomis and Nevins 1863, Loomis and Haddock 1967). نشان داده شد که بعد از قطع آب مقدار ساکارز به طور معنی‌دار در گیاهان تحت تنش بیشتر بوده و دلیل آن تجمع آهسته‌تر آب نسبت به ساکارز و دیگر مواد خشک ریشه در شرایط کمبود آب می‌باشد. افزایش غلظت ساکاروز در وزن تر در شرایط تنش رطوبتی به وسیله محققان دیگر نیز تأیید شده است (Carter et al. 1980, Carter 1982, Loomis and Warker 1963). هرچند که خلوص و یا نسبت درصد ساکارز خارج شده از ریشه به درصد کل مواد جامد محلول شربت حاصل از ریشه چغندر قند به وسیله تنش بهبود نمی‌یابد (et al. 1975, Bauer Reichman et al. 1977). آلمانی و همکاران (Almani et al. 1997) نیز گزارش نموده‌اند

وجود داشته باشد، می‌گردد. جانستون و همکاران (Johnston et al. 1998) نشان دادند که افزایش پتاسیم به خاک، مقدار پتاسیم قابل جذب را در شرایط کمبود آب افزایش می‌دهد. تحقیق اسمیروف (Smirnoff 1995) و کلاور (Clover 1997) نشان داده است که کاهش رشد به واسطه کمبود آب به دو دلیل ایجاد می‌شود: الف) ممانعت از رشد و توسعه برگ به دلیل آماس کم و کمی آب قابل دسترس و ب) محدودیت فتوسنتز به دلیل بسته شدن روزنه‌ها که مانع تجمع بیوماس می‌شود. در چغندر قند مشاهده شده است که وقتی جذب آب کاهش می‌یابد، توسعه برگ خیلی زیاد تحت تأثیر قرار می‌گیرد، اما فعالیت فتوسنتزی دیرتر عکس‌العمل نشان خواهد داد. ممانعت از توسعه برگ‌ها، مصرف کربن و انرژی را کاهش داده و سهم بیشتری از آسمیلات‌ها در سیستم ریشه جهت حمایت از رشد بعدی ذخیره می‌گردد (Hasegawa 1998). درسمن و همکاران (Dreesmann et al. 1994) گزارش کرده‌اند که در تنش‌های ملایم، مقاومت روزنه‌ای سهم عمده‌ای در ممانعت از فتوسنتز دارد و تنها در شرایط تنش شدید است که فاکتورهای روزنه‌ای یا بیوشیمیایی موثر می‌باشد. گروز و بیلی (Groves and Baily 1994) پس از انجام تحقیقات در ارتباط با اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط مناسب و کمتر از آن بر روی عملکرد چغندر قند، اعلام نمودند که عملکرد

این بررسی طی دو سال متوالی ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ در ایستگاه تحقیقاتی طرق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان اجرا شد. میانگین مشخصات شیمیائی و فیزیکی خاک مزرعه و آب آبیاری محل آزمایش در طی دو سال اجرای تحقیق به ترتیب در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. همان گونه که ملاحظه می‌گردد که خاک و آب مورد استفاده از نظر شوری و قلیائیت هیچ نوع محدودیتی برای کشت چغندر قند نداشته است. تحقیق با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده که کرت‌های اصلی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شده اجراء گردید که در آن سطوح دور آبیاری به کرت‌های اصلی و فاکتوریل سطوح پتاسیم در ژنوتیپ‌های چغندر قند به کرت‌های فرعی منسب گردیدند. سطوح دور آبیاری شامل: $I_1 =$ آبیاری با دور ۹ روز، $I_2 =$ آبیاری با دور ۱۲ روز، $I_3 =$ آبیاری با دور ۱۵ روز و $I_4 =$ آبیاری با دور ۱۸ روز بودند.

سه سطح پتاسیم شامل: $K_0 =$ عدم مصرف پتاسیم، $K_1 =$ مصرف پتاسیم تا حد رساندن پتاسیم خاک به پنج درصد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و $K_2 =$ مصرف پتاسیم باندازه نیاز گیاه (معادل ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم براساس توصیه موسسه خاک و آب) به اضافه تیمار K_1 بود.

از آن جا که پتاسیم تبدلی خاک محل آزمایش معادل پتاسیم قابل جذب و حدوداً ۴/۶۸ درصد CEC خاک را تشکیل می‌داد، لذا با توجه به محاسبات انجام شده مقادیر کود مصرفی به طور متوسط در طی دو سال

که کمبود آب عملکرد ریشه را کاهش داد، اما درصد قند، پتاسیم، ازت آمینه و آلکالیت را افزایش داد و در مجموع باعث کاهش عملکرد شکر شد. در حالی که وینتر (Winter 1998) و دانهام (Dunham 1988) با اعمال تیمارهای مختلف آبیاری نتوانستند اثرات تنش رطوبتی را بر درصد ساکارز ریشه چغندر قند مشاهده نمایند. در مقاله دیگری گزارش شده است که درصد قند بطور معنی داری تحت تاثیر رژیم آبیاری قرار نمی‌گیرد، هر چند که با افزایش مقدار آب تمایل به افزایش دارد (Davidoff and Hanks 1989).

در برخی آزمایشات گزارش شده است که لاین ها و هیبریدهای متفاوت چغندر قند عکس العمل متفاوتی از جهت کاهش مقدار فتوسنتز و عملکرد قند در شرایط تنش آبی از خود نشان می‌دهند. (محمدیان و همکاران ۱۳۸۱ Luterbacher and Smith 1998, Orchard 1963, Mohammadian et al. 2001 and 2003, Sadeghian et al. 2000, Stankovic and Petrovic (1987, Vander Beek & Hotman 1993

این آزمایش به منظور بررسی اثرات دوره‌های مختلف آبیاری و پتاسیم بر عملکرد و کارائی مصرف آب دو ژنوتیپ چغندر قند انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه اعمال گردید (حدود ۷۳ میلی‌متر در هر آبیاری). در سال دوم به منظور افزایش تنش رطوبتی مدت زمان آبیاری در هر دور به طور یکسان در کلیه تیمارهای آبیاری کاهش یافت. در مجموع همان گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود در سال ۱۳۷۸ مقدار آب مصرفی در هر نوبت آبیاری، حدود ۲۵ درصد نسبت به سال قبل کاهش داشت.

مقدار پتاسیم گیاه طی دو مرحله، در اواسط دوره رویش و در موقع برداشت با تهیه نمونه برگ از کلیه کرت‌ها اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت وزن ریشه و خصوصیات کیفی چغندر قند به تفکیک کلیه کرت‌ها اندازه‌گیری گردید. با توجه به تغییر مقدار آب مصرفی در دوره‌های آبیاری در دوسال آزمایش با استفاده از اطلاعات به دست آمده، اثرات تیمارهای مختلف بر روی عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، درصد قندخالص، عملکردشکر سفید و کارائی مصرف آب برای تولیدشکر سفید در هر سال به طور جداگانه مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند.

آزمایش برای تیمارهای K0, K1, K2 به ترتیب برابر با ۰، ۶۰ و ۶۶۰ کیلوگرم در هکتار براساس کود سولفات پتاسیم منظور گردید.

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل:
 $V_2=A37.1$ و $V_1=12681$ بودند.

عملیات اجرای آزمایش در هر سال به صورت انجام شخم عمیق در پاییز و شخم سطحی و دیسک در اوایل بهار بود. هر واحد آزمایشی شش ردیف کشت چغندر قند بود که عرض هر ردیف ۰/۶ و طول آن ۱۲ متر منظور گردید.

کود فسفره و تیمارهای پتاسیم همراه با ۳۰ درصد از اوره و هم چنین کودهای سولفات روی و اسید بوریک براساس آزمون خاک قبل از کاشت مصرف و توسط دیسک با خاک مخلوط گردید. بقیه کود اوره در دو نوبت، بعد از وجین اول و دوم بکار برده شد.

آب مصرفی با نصب پارشال فلوم در ابتدا و انتهای تیمارهای مربوطه اندازه‌گیری گردید که نتایج در جدول ۴ کرت‌های آبیاری آورده شده است. در سال اول آزمایش مدت زمان آبیاری در هر نوبت براساس عرف

جدول ۱ نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش (طرق ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸)

Table 1 Soil chemical characteristics, Torogh research station (1998-1999)

عمق Dep. (cm)	درصد اشباع SP (%)	هدایت الکتریکی EC ($ds\ m^{-1}$)	اسیدیته (PH)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل جذب Ava.P (ppm)	پتاسیم قابل جذب Ava.K (ppm)	ظرفیت تبادل کاتیونی خاک CEC ($meq/100g^{-1}$ soil)
0-30	34.6	2.58	7.9	0.057	11.6	120	10

جدول ۲ مشخصات فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش (طریق ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸)

Table 2 Soil physical characteristics, Torogh research station (1998-1999)

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil Texture	جرم مخصوص ظاهری خاک Soil Bulk Density (gr cm ⁻³)	درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی Soil Moisture in Field Capacity(%)	درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی Soil Moisture in Wilting Point(%)
0-30	لوم (Loam)	1.4	26	15

جدول ۳ مشخصات شیمیائی آب آبیاری محل اجرای آزمایش (طریق ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸)

Table 3 Water chemical characteristics, Torogh research station (1998-1999)

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dsm ⁻¹)	نسبت جذب سدیم SAR	پتاسیم K ⁺	بی کربنات HCO ₃ ⁻	کلر Cl ⁻	سولفات SO ₄ ²⁻	کلسیم Ca ²⁺	منیزیم Mg ²⁺	سدیم Na ⁺
(meq.lit ⁻¹)									
7.9	0.89	2.37	2.62	2.5	2.1	3.6	4	2.2	2.7

جدول ۴ مقادیر آب و تعداد دفعات آبیاری در دوره‌های مختلف آبیاری (طریق ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸)

Table 4 Total irrigation water applied and number of irrigation in different irrigation interval, Torogh research station (1998-1999)

دوره آبیاری Irrigation interval (day)	(1377)1998		(1378) 1999	
	تعداد آبیاری Number of irrigation	مقدار آب مصرفی Total water used (m ³ ha ⁻¹)	تعداد آبیاری Number of irrigation	مقدار آب مصرفی Total water used (m ³ ha ⁻¹)
9	19	13950	19	10405
12	15	11015	16	8760
15	13	9545	14	7670
18	11	8075	11	6025

نتایج و بحث

دور آبیاری بر عملکرد ریشه در هر دو سال آزمایش اثرات معنی داری داشت ($P < 0.01$ ، جدول ۵). در سال ۱۳۷۷ در دوره‌های آبیاری نه و ۱۲ روز بیشترین عملکرد ریشه تولید شد در حالی که دوره‌های آبیاری ۱۵ و ۱۸ روز، به طور معنی داری عملکرد ریشه را کاهش داد (جدول ۶). در سال ۱۳۷۸ بیشترین عملکرد ریشه در دور آبیاری نه روز بدست آمد ولی در دور ۱۲ روز برخلاف سال ۱۳۷۷ عملکرد ریشه به طور معنی داری کاهش یافت. بین دو دور ۱۵ و ۱۸ روز نیز تفاوت معنی داری از نظر آماری مشاهده نگردید. علت تفاوت نتایج در دو سال آزمایش با توجه به جدول ۴ به دلیل اختلاف در میزان مصرف آب در دوره‌های آبیاری مشابه می تواند باشد. همان گونه که در جدول ۶ مشاهده می شود در مجموع میانگین عملکرد ریشه در سال اول نسبت به سال دوم آزمایش، ۱۷۰۰ کیلو گرم بیشتر بود (متوسط عملکرد ریشه در سال ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ به ترتیب ۳۶/۲ و ۳۴/۵ تن در هکتار بدست آمد). کاهش عملکرد چغندرقد در شرایط مصرف آب کمتر از حد نیاز آبی توسط محققان دیگر نیز مورد تأیید قرار گرفته است. (Groves and Baily 1994)

مقادیر مختلف پتاسیم تنها در سال ۱۳۷۸ اثر معنی داری بر عملکرد ریشه در دوره‌های مختلف آبیاری داشت ($P < 0.05$ ، جدول ۵). به عبارت دیگر در سال

۱۳۷۸ با کاربرد مقادیر مختلف پتاسیم در دوره‌های مختلف آبیاری مقادیر تغییرات عملکرد ریشه با یکدیگر تفاوت معنی داری داشت اما اثرات متقابل دور آبیاری* پتاسیم بر این صفت در سال ۱۳۷۷ معنی دار نبود. همان گونه که در شکل ۱ مشاهده می شود، در سال ۱۳۷۷ افزایش پتاسیم تا پنج درصد CEC خاک در دوره‌های آبیاری مختلف تا حد کمی عملکرد ریشه را افزایش داد. مقادیر اثرات افزایش پتاسیم تا این سطح بر عملکرد ریشه در دوره‌های آبیاری ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ روز به ترتیب باعث افزایش ۳، ۶، ۹ و ۷ درصد نسبت به عدم مصرف پتاسیم بود. در دور آبیاری ۹ روز، افزایش بیشتر پتاسیم (مصرف کود پتاسه تا حد رساندن پتاسیم خاک به پنج درصد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به اضافه نیاز گیاه) اثرات مثبتی بر عملکرد ریشه نسبت به افزایش پتاسیم تا پنج درصد CEC خاک داشت (حدود ۳ درصد) ولی در دوره‌های آبیاری طولانی تر این اثرات به صورت منفی خود را نشان داد. در سال ۱۳۷۸ تنها در دور نه روز اثرات مثبت افزایش پتاسیم مشاهده شد (شکل ۱). درصد افزایش عملکرد ریشه در شرایط مصرف پتاسیم تا پنج درصد CEC خاک نسبت به عدم مصرف پتاسیم حدود ۱۰ درصد و در شرایط مصرف کود پتاسه تا حد رساندن پتاسیم خاک به ۵ درصد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به اضافه نیاز گیاه نسبت به مصرف پتاسیم تا پنج درصد CEC خاک حدود نه درصد بود. افزایش پتاسیم در دوره‌های آبیاری طولانی تر نه تنها اثر

خالص و ناخالص در هیچ یک از دو سال آزمایش در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود (جدول ۵). از اثرات رژیم آبیاری بر درصد قند گزارشات متناقضی وجود دارد. برخی از محققان افزایش درصد ساکاروز در وزن تر ریشه را در شرایط تنش گزارش کرده‌اند. (Hills et al. 1990) درحالی که برخی دیگر در آزمایشات انجام شده نتوانستند اثرات تنش رطوبتی بر درصد ساکاروز ریشه چغندر قند مشاهده نمایند (Winter 1988, Dunham 1988). دیویدوف و هانکس (Davidoff and Hanks 1989) نیز گزارش داده‌اند که درصد قند بطور معنی‌داری تحت تاثیر رژیم آبیاری قرار نمی‌گیرد هر چند که با افزایش مقدار آب گرایش به افزایش دارد. بر اساس گزارشات موجود مقدار آب بر درصد ساکاروز به دلیل دهیدراسیون مستقیم ریشه و شستشوی ازت خاک می‌تواند اثر بگذارد (Haddock and Kelly 1948, Loomis and Warker 1963). با توجه به این که در این آزمایشات رژیم‌های مختلف رطوبتی بر درصد قند اثر معنی‌داری نداشت، می‌توان استنباط نمود که شرایط تنش اعمال شده در این آزمایشات به گونه‌ای نبوده است که به تواند عوامل فوق را تحت تأثیر قرار دهد. سایر اثرات اصلی و متقابل نیز برای این صفات معنی‌دار به دست نیامد.

مثبتی بر عملکرد ریشه نداشت بلکه تا حدی باعث کاهش عملکرد ریشه نیز گردید. علت اختلاف مشاهدات در طی دو سال آزمایش به دلیل کاهش آب آبیاری در سال ۱۳۷۸ نسبت به سال ۱۳۷۷ است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان استنباط کرد که افزایش پتاسیم تا پنج درصد CEC خاک در شرایط آزمایش انجام شده تنها در شرایط رطوبت کافی و یا تنش رطوبتی ملایم اثرات مثبتی بر عملکرد ریشه داشته است و اضافه کردن پتاسیم در صورت وجود تنش شدید رطوبتی اثر مثبتی بر عملکرد ریشه نداشته است. عزیزی (۱۳۷۷) در تحقیقات خود نشان داد که افزایش پتاسیم تا ۱۲۰ کیلو گرم K_2O در هکتار در سطوح مختلف رطوبتی در گیاه سویا با شیب نسبتاً ملایمی سبب افزایش عملکرد شد. اما افزایش پتاسیم به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار در همه سطوح آبیاری خصوصاً در شرایط شدید تنش رطوبتی عملکرد را تا حدی کاهش داد.

میانگین درصد قند ناخالص و خالص به ترتیب در سال ۱۳۷۷، ۱۸/۱۵ و ۱۵/۷۹ درصد و در سال ۷۸، ۱۹/۳۶ و ۱۷/۳۹ درصد بود (جدول ۶). علت افزایش درصد قند خالص و ناخالص در سال ۷۸ نسبت به سال ۷۷ ممکن است به دلیل وزن کمتر ریشه‌ها در سال ۱۳۷۸ نسبت به سال ۱۳۷۷ باشد. اثرات دور آبیاری بر درصد قند

جدول ۵ تجزیه واریانس عملکرد ریشه ، درصد قندخالص و ناخالص، عملکرد شکر سفید و کارایی مصرف آب برای شکر سفید دو ژنوتیپ چغندر قند در سطوح مختلف پتاسیم و دور آبیاری در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ - طرق

Table 5 The ANOVA results of root yield, sugar content, white sugar content, white sugar yield and water use efficiency in different potassium and irrigation period levels in two genotypes of sugar beet, Torogh research station (1998-1999)

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی D.f.	میانگین مربعات Mean square									
		عملکرد ریشه Root yield		درصد قند ناخالص Sugar Content		درصد قند خالص White sugar Content		عملکرد شکر سفید White sugar yield		کارایی مصرف آب Water use efficiency	
		1998 (1377)	1999 (1378)	1998 (1377)	1999 (1378)	1998 (1377)	1999 (1378)	1998 (1377)	1999 (1378)	1998 (1377)	1999 (1378)
تکرار Rep.	2	-	450.11*	-	-	-	-	-	-	-	-
دور آبیاری Irrigation interval	3	407.47**	2346.6**	4.45	3.76	6.07	6.03	11.66**	61.15**	0.14**	0.08
خطا Error (a)	6	-	64.31	1.33	3.47	2.17	5.12	-	5.55	0.02	0.12
پتاسیم Potassium	2	27.91	0.14	0.91	0.12	1.22	0.18	1.59	0.00	0.02	0.01
دور آبیاری × پتاسیم Irrigation interval × Potassium	6	5.64	55.99*	0.52	0.27	0.41	0.37	0.10	1.90*	0.00	0.02
ژنوتیپ Genotype	1	6.95	3.69	0.01	0.04	0.25	0.34	0.35	0.66	0.01	0.00
دور آبیاری × ژنوتیپ Irrigation interval × Genotype	3	23.93	27.99	0.34	0.22	0.59	0.32	0.74	0.84	0.01	0.11
پتاسیم × ژنوتیپ Potassium × Genotype	2	23.90	18.63	0.96	0.14	1.55	0.24	1.80	0.56	0.02*	0.02
دور آبیاری × پتاسیم × ژنوتیپ Irrigation interval × Potassium × Genotype	6	29.98	47.83	0.65	1.08	1.15	1.76	1.02	1.72*	0.01	0.04**
خطا Error(b)	40	17.61	21.50	0.40	0.65	0.62	1.01	0.61	0.71	0.01	0.01
ضریب تغییرات Coefficient of Variation		11.59	13.45	3.49	4.17	5	5.81	13.58	14.15	12.67	14.35

*** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد آماری

a در مواردی که خطای کرت اصلی (خطای a) و نیز تکرار در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نشده است، با خطای آزمایش (خطای b) ترکیب شده است. * , ** significant at 0.05 and 0.01 probability levels , respectively.

a when the main plot error and / or replication were not significant at P< 0.05, they were pooled with the error term

پنج درصد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به اضافه نیاز گیاه) نسبت به سطح قبلی پتاسیم (افزایش پتاسیم خاک تا پنج درصد CEC خاک) کاهش یافت. در سال ۱۳۷۸ به طور کلی در دوره‌های آبیاری طولانی (۱۲، ۱۵ و ۱۸ روز) با کاربرد پتاسیم روند کاهش عملکرد شکر سفید مشاهده شد (شکل ۱). در حالیکه این روند در دور آبیاری نه روز به صورت افزایشی بود (شکل ۱). عملکرد شکر سفید در این دور آبیاری به ترتیب حدود ۱۲/۵ و هشت درصد در سطح دوم و سوم پتاسیم نسبت به سطح قبل‌تر آن افزایش یافت.

بیشترین کارایی مصرف آب برای تولید شکر سفید در سال ۱۳۷۸ بود (۰/۵۵ و ۰/۷۲ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب برای سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸). علت این امر کاهش مقدار آب در هر دور آبیاری در سال ۱۳۷۸ نسبت به سال ۱۳۷۷ و تقریباً مشابه بودن متوسط عملکرد شکر در دو سال آزمایش می‌باشد. اثر آبیاری بر کارایی مصرف آب برای تولید شکر سفید در سال ۱۳۷۷ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار به دست آمد (جدول ۵). کم‌ترین کارایی مصرف آب در سال ۱۳۷۷ در دور نه روز آبیاری بود (۰/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب، جدول ۶) و در سایر سطوح اختلاف معنی‌داری در این صفت مشاهده نشد. در سال ۷۸ اختلافات معنی‌داری بین سطوح مختلف دور آبیاری برای این صفت مشاهده نشد.

اگرچه تغییرات کارایی مصرف آب در دوره‌های مختلف آبیاری با تغییر در مصرف پتاسیم در هر دو سال آزمایش از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود (جدول ۵)، اما اختلافاتی از نظر عکس‌العمل این صفت در دو سال آزمایش در دوره‌های مختلف آبیاری

متوسط عملکرد شکر سفید در هر دو سال آزمایش با یکدیگر تفاوت قابل توجهی نداشتند (جدول ۶). از آن جا که عملکرد شکر سفید حاصل ضرب دو صفت عملکرد ریشه و درصد قندخالص می‌باشد و با توجه به این که عملکرد ریشه در سال ۷۷ بیش از سال ۷۸ و در صد قندخالص در سال ۷۸ بیش از سال ۷۷ به دست آمد لذا در مجموع باعث شد که مقدار عملکرد شکر سفید تقریباً مشابه باشد. اثر اصلی آبیاری بر عملکرد شکر سفید در هر دو سال معنی‌دار بود ($P < 0.01$ ، جدول ۵). با افزایش دور آبیاری عملکرد شکر سفید کاهش یافت. بیشترین عملکرد شکر سفید در سال اول در دور ۱۲ روز با ۶/۷ تن در هکتار شکر سفید و در سال دوم در دور نه روز با ۸/۴ تن شکر سفید در هکتار به دست آمد (جدول ۶). علت افزایش عملکرد شکر سفید در سال اول در دور ۱۲ روز، افزایش درصد قند در این دور نسبت به دور نه روز بود.

تغییرات عملکرد شکر سفید با کاربرد سطوح مختلف پتاسیم در دوره‌های مختلف آبیاری در سال ۱۳۷۷ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت ($P < 0.05$ ، جدول ۵) اما در سال ۱۳۷۸ این اثرات متقابل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار به دست آمد (جدول ۵). همان گونه که در شکل یک مشاهده می‌شود در سال ۱۳۷۷ عملکرد شکر سفید با افزایش پتاسیم خاک تا پنج درصد CEC خاک در کلیه دوره‌های آبیاری دارای روند افزایشی بود. درصد افزایش عملکرد شکر سفید در این شرایط نسبت به عدم مصرف پتاسیم در دوره‌های ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ روز به ترتیب حدود ۱۱/۵، ۷، ۹ و ۱۰ درصد بود. در حالی که این صفت در همه دوره‌های آبیاری در شرایط کاربرد بیشترین مقدار پتاسیم (مصرف کود پتاسه تا حد رساندن پتاسیم خاک به

نیامد، اما میانگین مقادیر این صفات برای این دو ژنوتیپ نشان دهنده آن است که ژنوتیپ A37.1 در این شرایط نیز برتر از ژنوتیپ 12681 است. لذا ممکن است کود پذیری ارقام مورد بررسی با یک دیگر متفاوت باشد. این پدیده نیاز به تحقیقات بیشتر دارد. در سطح سوم پتاسیم نسبت به سطح دوم پتاسیم احتمالاً به دلیل عدم توازن این عنصر با سایر عناصر غذایی دیگر، عملکرد این ژنوتیپ کاهش یافت.

حد مطلوب غلظت پتاسیم در برگ دو تا شش درصد و حد کم آن ۰.۵٪ تا ۱/۹۹ درصد در مرحله دو ماهگی از زمان کاشت اعلام شده است (ملکوتی و غیبی ۱۳۷۶). از بررسی روند تغییرات پتاسیم گیاه در دو سال آزمایش مشاهده گردید که مقدار جذب پتاسیم در تمامی تیمارهای آزمایش کافی بوده است که مؤید توانایی خاک در تأمین این عنصر می‌باشد. مشاهده تغییرات نسبتاً کم مصرف پتاسیم در صفات کمی و کیفی چغندر قند عمدتاً به این علت بوده است. البته مقدار جذب در سطح مصرف پتاسیم به اندازه پنج درصد ظرفیت تبادل کاتیونی قدری بیشتر از سطوح دیگر بوده و اگر اثرات مثبتی در برخی از صفات مشاهده شد به دلیل آن است که اشباع خاک از پتاسیم به اندازه پنج درصد ظرفیت کاتیونی، شرایط بسیار مساعدی برای جذب کافی این عنصر فراهم می‌سازد (جدول ۷).

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان استنباط نمود که در شرایط فقیر نبودن خاک مزرعه از نظر ذخائر پتاسیم، افزایش متعادلی از پتاسیم خاک در بیشتر موارد تنها در شرایط رطوبتی مناسب اثرات قابل توجهی بر عملکرد دارد. در شرایط تنش شدید احتمالاً به علت عدم

با تغییر در سطوح مختلف پتاسیم مشاهده شد (شکل ۱). در سال ۱۳۷۷ کارائی مصرف آب در همه تیمارهای دور آبیاری با افزایش پتاسیم تا پنج درصد CEC خاک نسبت به عدم مصرف پتاسیم دارای روند نسبتاً افزایشی بود. با افزایش بیشتر پتاسیم به خاک (در سطح سوم پتاسیم) مقدار کارائی مصرف آب نسبت به سطح قبل تر (سطح دوم پتاسیم) کاهش یافت. این کاهش در دوره‌های آبیاری ۱۲، ۱۵ و ۱۸ روز نسبت به دور آبیاری نه روز تا حدی بیشتر بود. در سال ۱۳۷۸ کارائی مصرف آب در دوره‌های ۱۲، ۱۵ و ۱۸ روز با افزایش پتاسیم خاک روند نسبتاً "کاهشی داشت در حالی که در دور آبیاری نه روز این روند افزایشی بود. لذا می‌توان استنباط نمود که ممکن است افزایش پتاسیم خاک در شرایط عدم تنش و یا تنش متعادل تا حدی کارائی مصرف آب را افزایش دهد. عزیزی (۱۳۷۷) در طی تحقیقات خود ضمن مشاهده اثرات مثبت پتاسیم بر کارائی مصرف آب سویا به اثرات کاهش فواصل آبیاری در بالابردن کارائی مصرف آب با افزایش میزان پتاسیم اشاره نموده است.

اثرات متقابل پتاسیم*ژنوتیپ برای صفت کارائی مصرف آب در سال ۱۳۷۷ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار به دست آمد (جدول ۵). همان طور که در شکل دو مشاهده می‌شود ژنوتیپ A37.1 در شرایط سطح دوم تیمار پتاسیم (رساندن پتاسیم خاک تا پنج درصد CEC خاک) از کارائی مصرف آب بالاتری نسبت به ژنوتیپ 12681 برخوردار است. اگر چه اثرات متقابل پتاسیم*ژنوتیپ برای کارائی مصرف آب در سال ۱۳۷۸ و هم چنین برای عملکرد شکر سفید در هر دو سال آزمایش در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار به دست

تحرك پتاسیم در خاک و به هم خوردن توازن عناصر غذایی ممکن است تا حدی باعث کاهش عملکرد گردد. اجراء آزمایشات در خاک‌هایی که دارای کمبود پتاسیم هستند در درک بهتر اثرات پتاسیم در افزایش مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های چغندر قند توصیه می‌شود.

جدول ۶ مقایسات میانگین اثرات دور آبیاری بر برخی از صفات چغندر قند در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ - طرق

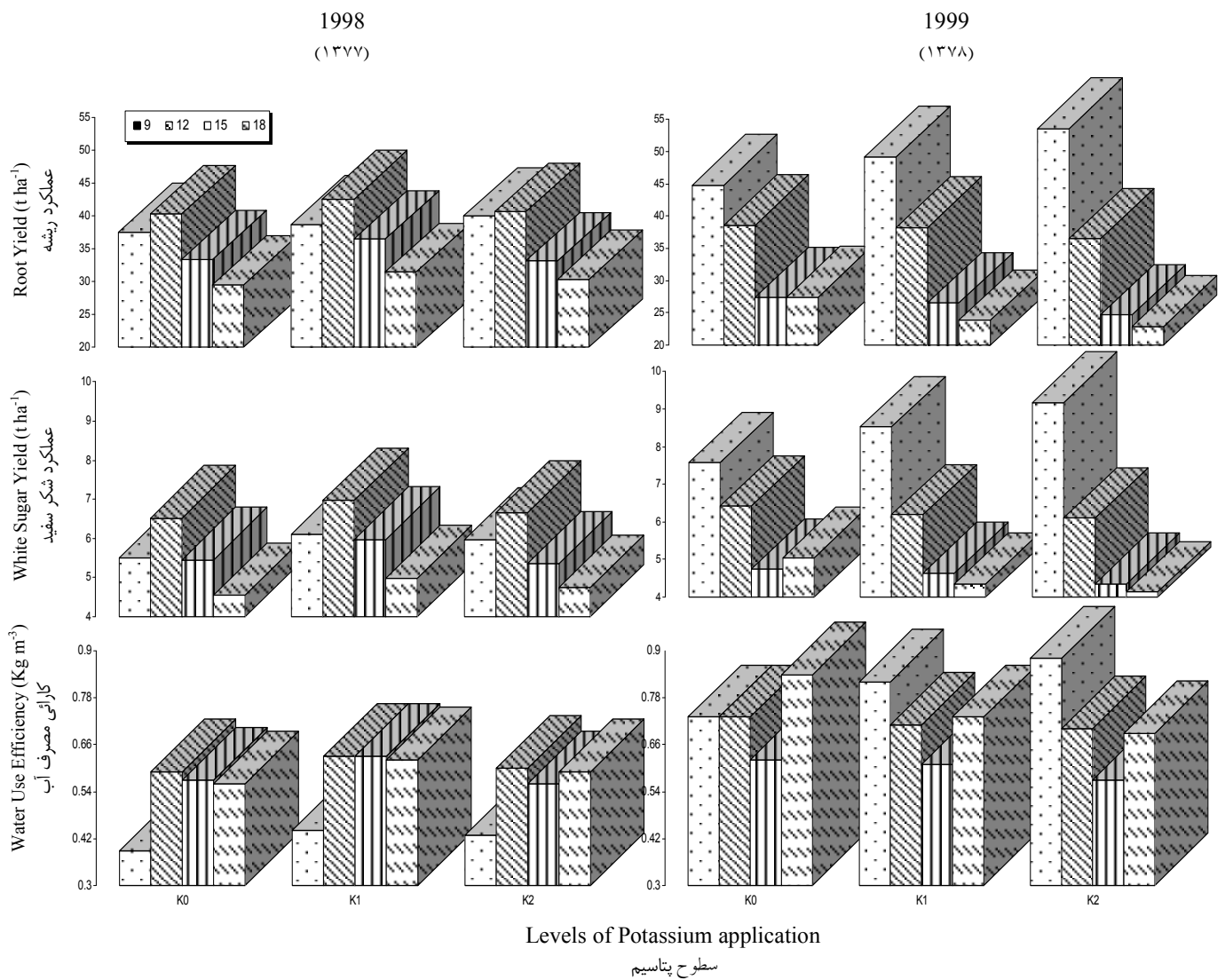
Table 6 The effects of irrigation interval on sugar content, white sugar yield in sugar beet, Torogh research station (1998-1999)

دور آبیاری Irrigation interval (day)	عملکرد ریشه Root Yield (tha ⁻¹)		درصد قند ناخالص Sugar content (%)		درصد قند خالص White sugar content (%)		عملکرد شکر سفید White sugary ield (t ha ⁻¹)		کارائی مصرف آب Water Use Efficiency (kg m ⁻³)	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
9	38.8a	49.2a	17.74a	19.09a	15.09a	17.60a	5.9b	8.4a	0.42b	0.81a
12	41.2a	37.8b	18.64a	18.90a	16.28a	16.55a	6.7a	6.2b	0.61a	0.71a
15	34.4b	26.2c	18.51a	19.54a	16.26a	17.53a	5.6b	4.6b	0.59a	0.61a
18	30.5c	24.7c	17.70a	19.92a	15.56a	17.91a	4.8c	4.5b	0.59a	0.75a
Mean	36.21	34.49	18.15	19.36	15.80	17.29	5.73	5.94	0.55	0.72

جدول ۷ تغییرات غلظت درصد پتاسیم برگ و دم‌برگ چغندر قند در سطوح مختلف مصرف کود پتاسیم در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ - طرق

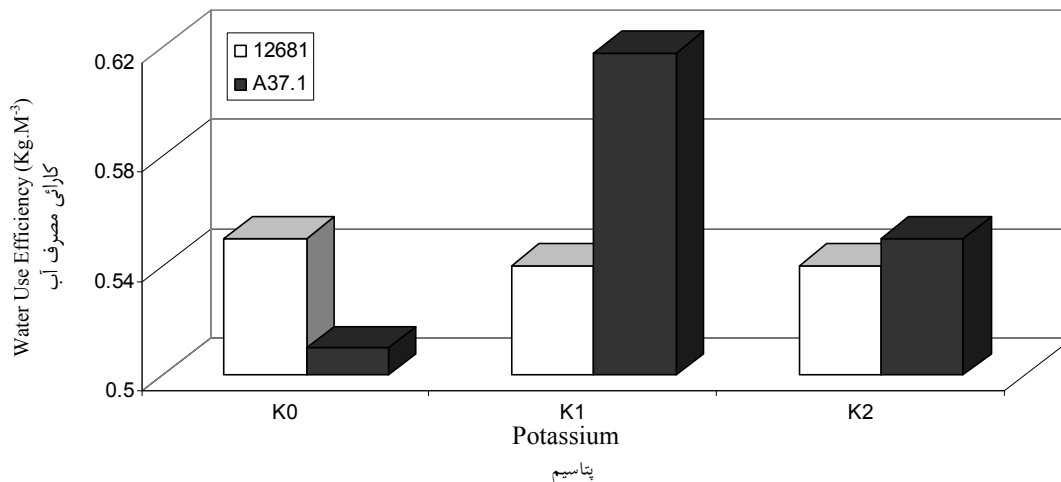
Table 7 The percentage of potassium in leaves and petioles of sugar beet in different levels of potassium application, Torogh research station (1998-1999)

سال Year	مرحله رشد Growth stage	سطوح مختلف تیمار پتاسیم Levels of potassium application		
		K0	K1	K2
1377(1998)	اواسط دوره رویش Middle of growth stage	5.5	5.5	5.5
	زمان برداشت Harvest time	3	3.6	3.7
1378(1999)	اواسط دوره رویش Middle of growth stage	6.5	6.7	7



شکل ۱ تغییرات عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید و کارایی مصرف آب برای تولید شکر سفید در دوره‌های مختلف آبیاری (۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ روز) و سطوح پتاسیم (K₀=عدم مصرف پتاسیم، K₁=مصرف پتاسیم جهت رساندن پتاسیم خاک تا پنج درصد CEC خاک و K₂=مصرف پتاسیم به میزان K₁ به اضافه نیاز گیاه) در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸- طرق

Fig. 1 Root yield, white sugar yield and water use efficiency on different levels of potassium (K₀=no Pottasium application, k₁= Pottasium up to CEC with 5% Pottasium, K₂= K₁+Pottasim demand of sugar beet) and irrigation interval (9, 12, 15 and 18 days), Torogh research station (1998-1999)



شکل ۲ کارائی مصرف آب برای تولید شکر سفید دو ژنوتیپ 12681 و A37.1 در سطوح مختلف پتاسیم در سال ۱۳۷۷- طرق

Fig. 2 Water use efficiency of two sugar beet genotypes (12681 and A37.1) for white sugar production in different levels of potassium application, Torogh research station (1998-1999)

کاری در مراحل اجرای طرح سپاسگزاری گردد. از پرسنل بخش تحقیقات چغندر قند و بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان خصوصاً زنده یاد مرحوم مهندس علی بیات و مهندس پاسبان که در مراحل مختلف اجرای این پژوهش هم کاری صمیمانه داشتند قدردانی می گردد.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از امکانات مالی سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی انجام شده است. لازم است در اینجا از مدیریت محترم مؤسسه تحقیقات چغندر قند به دلیل حمایت از اجرای این پژوهش و هم چنین بخش‌های به‌زراعی، به‌نژادی، تکنولوژی قند و خدمات فنی آن مؤسسه به دلیل ارائه پیشنهادات و هم

References

منابع مورد استفاده

- سالاردینی، ع و مجتهدی، م. ۱۳۶۷. اصول تغذیه گیاه. جلد دوم. مرکز نشر دانشگاهی تهران
- عزیزی، م. ۱۳۷۷. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سویا. پایان‌نامه دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
- محمدیان، ر. صادقیان س.ی و مقدم م. ۱۳۸۱. ارزیابی شاخصهای تحمل به خشکی در تشخیص ژنوتیپ‌های چغندرقد تحت شرایط تنش خشکی اوایل فصل رشد. مجله چغندرقد. شماره ۱۸: ۵۱-۲۹
- ملکوتی، م.ج. و غیبی، م.ن. ۱۳۷۶. تعیین حدبهرانی عناصر غذائی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. نشر آموزش کشاورزی کرج
- Almani MP, Abd-Mishani C, Samadi BY (1997) Drought resistance in sugar beet genotypes. Iranian J. of Agric. Sci. 28: 15-25
- Bauer A, Heimbuch T, Cassel DK, Zimmerman L (1975) Production potential of sugar beets under irrigation in the west Oakes irrigation district. North Dakota. Agric. Exp. Stn. Bull. 498pp
- Cakmak I (2002) The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. In: Proceedings of the IPI Congress on Feed the soil to feed the people: the role of potash in sustainable agriculture, 8-10 October 2002, Basel, Switzerland
- Carter JN (1982) Effect of nitrogen and irrigation levels location and year on sucrose concentration of sugar beet in southern Idaho. J. Am. Soc. Sugar Beet Technol. 21: 286-306
- Carter JN, Jensen ME, Traveller DJ (1980) Effect of mid-to-late-season water on sugar beet growth and yield. Agron. J. 72: 806-815
- Clover GRG (1997) Effects of beet yellow virus and drought on the growth of sugar beet. Ph.D Thesis. University of Nottingham
- Davidoff B, Hanks RJ (1989) Sugar beet production as influenced by limited irrigation. Journal of Irrigation Sci. 10: 1-17
- Dreesmann DC, Harn C, Daie J (1994) Expression of genes encoding Rubisco in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants subjected to gradual desiccation. Plant and Cell Physiol. 35: 645-653

- Dunham R (1988) Irrigation of sugar beet: the main effects. *British Sugar Beet Review* 56: 34-37
- El-Hadi AHA, Ismail, KM, EL-Akabawy MA (1997) Effect of potassium on the drought resistance of crops in Egyptian conditions. In: *Food Security in the WANA Region, the Essential Need for Balanced Fertilization* (ed. Johnston AE), 26-30 May 1997, Izmir, Turkey, pp. 328-336
- Fauconnier D (1986) Soya, fertilizers for yield and quality. *IPI Bulletin* 9. Bern/ Switzerland. 60pp
- Haddock JL, Kelly OJ (1948) Interrelation of moisture spacing and fertility of sugar beet production. *Am. Soc. Sugar Beet Technol. Proc.* 5: 378-396
- Groves SJ, Bailey RJ (1994) Strategies for the sub-optimal irrigation of sugar beet. *Aspects of Applied Biology*. 38: 201-207
- Hasegawa PM (1998) Stress physiology. In: *Plant Physiology* (eds. Taiz, L. and E. Zeiger), pp. 725-757. Sinauer Associates, Inc.: Massachusetts
- Hills FJ, Winter SR, Henderson DW (1990) Sugar beet. In: *Irrigation of Agricultural Crops* (eds. Stewart, B.A. and D.R. Nielsen), pp. 795 - 810, Madison, Wisconsin, USA
- Johnston AE, Barraclough, PB, Poulton PR, Dawson CJ (1998), Assessment of some spatial variable soil factors limiting crop yield. *Proceeding No. 419, The International Fertilizer Society, York, UK, 48 pages*
- Loomis RS, Haddock JL (1967) Sugar, oil and fiber crops , part I- Sugar Beets. In: *Irrigation of Agricultural Lands* (eds Hagan M, et al.), pp. 640-647, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA
- Loomis RS, Nevins DJ (1863) Interrupted nitrogen nutrition effects on growth, sucrose accumulation and foilar development of the sugar beet plant. *J. Am. Soc. Sugar Beet Technol.* 12: 309-322
- Loomis RS, Warker Jr GF (1963) Response of the sugar beet to low soil moisture at two levels of nitrogen nutrition. *Agron. J.* 55: 509-515

- Luterbacher M, Smith J (1998) Improving disease resistance and drought stress tolerance in sugar beet using wild Beta germplasm. *British Sugar Beet Review* 66: 26-29
- Marschner H (1995) Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Second Edition .USA
- Mengel K, Pfluger R (1969) The influence of several salts and several inhibitors on the root pressure of zea mays. *Plant Physiol.* 22: 840- 849
- Mohammadian R, Khoyi FR, Rahimian H, Moghaddam M, Ghassemi-Golezani K, Sadeghian SY (2001) The effect of early season drought on stomatal conductance, leaf-air temperature difference and proline accumulation in sugar beet genotypes. *J. of Agri. Sci. and Techno.*, 3: 181-193
- Mohammadian R, Rahimian H, Moghaddam M, Sadeghian SY (2003) The effect of early season drought on chlorophyll *a* fluorescence in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Pakistan J. of Biological Sci.*, 6: 1763-1769
- Orchard B (1963) The growth response of sugar beet to similar irrigation cycles under different weather conditions. In: *The Water Relations of Plants*. pp. 340-355. Black-well Sci. Publ., Oxford, England
- Reichman GA, Doering EJ, Benz LC, Follett RF (1977) Effects of water table depth and irrigation on sugar beet yield and quality. *J. Am. Soc. Sugar Beet Technol.* 19: 275-287
- Sadeghian SY, Fazli H, Mohammadian R, Taleghani DF, Mesbah M (2000) Genetic variation for drought stress in Sugar Beet. *J. Sugar Beet Res.* 37: 55-77
- Smirnoff N (1995) Metabolic flexibility in relation to the environment. In: *Environment and Plant Metabolism: Flexibility and Acclimation* (ed. N. Smirnoff), pp. 1-16, Oxford: BIOS, Scientific Publishers Limited
- Stankovic ZS, Petrovic M (1987) Investigation in to the photosynthetic activity of different inbred lines and hybrids of sugar beet under water stress. *Arhiv za Poljoprivredn Nauke* 48: 325-334

VanDer Beek MA, Houtman HJ (1993) Does interaction between varieties and drought stress exist? Proceeding of the 56th Congress of the International Institute for Sugar Beet Research, Brussels, 151-169

Winter SR (1988) Influence of seasonal irrigation amount on sugar beet yield and quality. J. Sugar Beet Res. 25: 1-10

Wyrwa P, Diatta JB, Grzebise W (1998) Spring triticale reaction to simulated drought and potassium fertilization. In. Proceedings of the 11th International Symposium on Codes of Good Fertilizer Practice and Balanced Fertilization, 29-29 September 1998, Pulawy, Poland, pp. 255-259