

## ارزیابی مدیریت مصرف آب آبیاری و کود بور در جهت افزایش کارایی مصرف آب چغندر قند

نیازعلی ابراهیمی پاک<sup>۱\*</sup> و مهرزاد مستشاری<sup>۲</sup>

(E-mail: nebrahimipak@yahoo.com)

(تاریخ دریافت: ۹۱/۰۷/۰۵ - تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۱۹)

### چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی مدیریت آب آبیاری و مقادیر مختلف کود بور بر عملکرد و کارایی مصرف آب چغندر قند، به صورت طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور آبیاری و کود بور در سه تکرار به مدت سه سال (۸۱-۱۳۷۹) در قزوین اجرا شد. عامل اصلی در چهار تیمار آبیاری  $T_1$ ،  $T_2$ ،  $T_3$  و  $T_4$  به ترتیب آبیاری براساس ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A و عامل کودی در سه سطح شامل مصرف کود براساس آزمون خاک (۳۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک)، ۳۰ درصد کمتر از توصیه کودی (۲۱ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک)، ۳۰ درصد بیشتر از توصیه کودی (۳۹ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک)، به ترتیب تیمارهای  $B_1$ ،  $B_2$  و  $B_3$  بود. نتایج نشان داد که تأثیر توأم مصرف آب و کود بور در سطح پنج درصد معنی‌داری شد و عملکرد ریشه در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر و کود توصیه شده با مقدار ۶۶۴۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر و کود توصیه شده با مقدار ۳۷۶۱۰ کیلوگرم کمترین مقدار شد. کارایی مصرف آب در تیمار توصیه کودی با ۹۰ میلی‌متر تبخیر و ۶/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین و در تیمار ۳۰ درصد بیشتر از توصیه کودی با ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و ۶/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب کمترین مقدار را داشتند. تیمار آبیاری ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک بهترین مقدار برای تولید محصول چغندر قند برای منطقه بود.

**کلمات کلیدی:** اسید بوریک، تشت تبخیر، عناصر کم مصرف، کم آبیاری، کود آبیاری

۱ - استادیار، بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج - ایران (نویسنده مسئول مکاتبات \*)

۲ - استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قزوین، قزوین - ایران

### مقدمه

گیاه چغندر قند (*Beta Vulgaris L.*) در تولید قند و شکر از اهمیت بالایی برخوردار است. این گیاه جهت رشد و نمو به آب زیادی نیاز دارد و از نظر کودپذیری، جزء گیاهان پرتوقع است. در زراعت چغندر قند اهدافی نظیر حداکثر عملکرد ریشه، شکر تولیدی و درآمد ارتباط مستقیمی با مقدار مصرف آب و کود دارد (۱۸ و ۱۹). نیاز آبی زراعت چغندر قند تابع شرایط آب و هوایی، مدیریت آبیاری و طول دوره رشد و همچنین تراکم، ژنوتیپ و میزان کود مصرفی است (۱۰ و ۲۲). نیاز آبی این گیاه در مناطق مختلف جهان بین ۳۵۰ تا ۱۱۵۰ میلی‌متر گزارش شد (۱). در شرایط آب و هوایی ایران این مقدار متغیر بوده و در طول دوره رشد ۱۵۰ روزه بین ۸۵۰ تا ۲۱۰۰ میلی‌متر گزارش شده است (۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۵). اثر آب آبیاری را بر میزان درصد و عملکرد شکر و نیز عملکرد غده چغندر قند در سطح یک درصد معنی دار است و چنانچه گیاه مقدار آب بیشتری دریافت نماید، میزان عملکرد شکر، عملکرد ریشه، کارایی مصرف آب و شاخص سطح برگ بیشتر می‌شود و تقریباً یک رابطه خطی بین میزان عملکرد و مقدار آب مصرفی وجود دارد (۱، ۲ و ۳۲). تحمل نسبی چغندر قند به تنش خشکی گیاه، یکی از خصوصیات مهم برای اکثر مناطق خشک و نیمه خشک است (۲۷). به دلیل اینکه چغندر قند گیاهی متحمل به خشکی است، می‌توان با کم‌آبیاری هدفمند، عملکرد اقتصادی خوبی تولید کرد (۳۰). تأثیر خشکی بستگی به زمان (مرحله رشد) و شدت آن دارد که باید مراحل حساس به خشکی تعیین شود (۱۵، ۲۱ و ۳۴). مراحل حساس رشد گیاه چغندر قند به ترتیب عبارت از مراحل رشد رویشی (اولیه)، رشد ریشه (میانی) و رسیدن یا ذخیره‌سازی قند ریشه بوده و با کاهش آب مصرفی، عملکرد ریشه و قند قابل استحصال، افت شدید خواهد کرد (۲). چغندر قند در ابتدای مرحله جوانه‌زنی به تنش آبی حساس است و بر اثر تنش رطوبتی در آخر دوره رشد گیاه نه تنها عملکرد ریشه کاهش نمی‌یابد، بلکه باعث افزایش عیار و درصد شکر نیز می‌گردد (۲، ۸، ۲۳، ۲۶ و ۲۷). اثر تنش آبی بر گیاه چغندر قند در اوائل رشد گیاه باعث کاهش عملکرد شکر شد، اما تنش آبی در اواخر فصل رشد باعث افزایش عملکرد و

غلظت شکر می‌گردد اما تفاوت معنی‌داری بین شدت اثرات اوائل و اواخر فصل وجود نداشت (۲۸). گیاه چغندر قند در مرحله ذخیره‌سازی قند در مقابل تنش آبی و کمبود رطوبت خاک مقاومت نشان می‌دهد و درصد شکر، پتاسیم و نیتروژن آمینه در ریشه افزایش می‌یابد (۱۷ و ۲۱). چغندر قند در ۷۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک به خوبی رشد کرده و تنش رطوبتی در مراحل اولیه رشد گیاه باعث کاهش محصول می‌شود (۲۶ و ۲۷).

افزایش دور آبیاری از یک هفته به دو تا سه هفته و تنش آبی در طول فصل رشد و همچنین قطع آبیاری از حدود ۴۵ روز قبل از برداشت موجب افزایش درصد قند ریشه بدون کاهش عملکرد ریشه می‌گردد (۱۷). تأثیر تنش رطوبتی با مقادیر مختلف کود نیتروژن در عملکرد چغندر قند در آزمایشی با سه سطح آب آبیاری، بدون تنش آبی، تنش آبی ابتدایی (اول فصل) و تنش آبی مداوم و مقادیر مختلف کود ازت در چهار سطح، شاهد (بدون کود)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار نشان داد که بین سطوح آبیاری و ازت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در عملکرد غده چغندر قند وجود داشت و سطح تنش آبی مداوم با بیشترین کارایی ۰/۸۶۳ کیلوگرم شکر به ازای یک مترمکعب آب را داشت و بعد از آن، سطوح تنش آبی ابتدایی و بدون تنش آبی به ترتیب با کارایی ۰/۶۷۵ و ۰/۵۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود (۴). همچنین با به‌کار بردن چهار سطح آب آبیاری ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ درصد تبخیر از سطح تشت تبخیر و در چهار سطح کود نیتروژن، صفر (شاهد)، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار از منبع اوره، عملکرد در شرایط کم‌آبیاری کاهش یافت، اما با افزایش نیتروژن عملکرد ریشه، شکر و ماده خشک کل افزایش داشت (۱۲). عنصر بور به صورت یک یا چندشکل یونی خود جذب گیاه شده و تأثیر مهمی در افزایش تولید محصول چغندر قند دارند و بور نقش عمده‌ای در فعالیت‌های حیاتی گیاهی داشته و در تقسیم سلول بافت‌های سیستمی، تشکیل جوانه‌های برگ و گل، ترسیم بافت‌های آوندی، متابولیسم قند و مواد هیدروکربن‌دار و انتقال آنها، تنظیم مقدار آب و هدایت آن در سلول، انتقال کلسیم در گیاه و تنظیم نسبت کلسیم به پتاسیم در انساج

باتوجه به این که چغندر قند در سطح گسترده‌ای از نقاط مستعد کشور کشت می‌شود و از طرف دیگر، بسیاری از کشاورزان اطلاع کافی از کاربرد کود بور و تأثیر آن در شرایط آبیاری کامل و تنش آبی، بر روند تغییرات مؤلفه‌های عملکرد ریشه، درصد شکر، شکر و عناصر موجود در ریشه ندارند. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر مدیریت آب آبیاری و مقادیر مختلف کود بور بر عملکرد و اجزای عملکرد چغندر قند و تعیین کارایی مصرف آب آبیاری بود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی فیض‌آباد قزوین به عرض جغرافیایی  $36^{\circ}$  و  $8'$  و طول جغرافیایی  $50^{\circ}$  و  $15'$  با ارتفاع  $1240$  متر از سطح دریا با خاک مزرعه لومی رسی با سه تکرار و به مدت سه سال زارعی اجرا شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تیمار آبیاری،  $T_1$ ،  $T_2$ ،  $T_3$  و  $T_4$  به ترتیب آبیاری براساس  $60$ ،  $90$ ،  $120$  و  $150$  تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A به عنوان کرت اصلی و عامل کود بور در سه سطح که شامل  $B_1$   $30$  درصد کمتر از توصیه کود ( $21$  کیلوگرم در هکتار اسید بوریک)،  $B_2$  مقدار توصیه کود ( $30$  کیلوگرم در هکتار اسید بوریک) و  $B_3$   $30$  درصد بیشتر از توصیه کود ( $39$  کیلوگرم در هکتار اسید بوریک) به عنوان عامل فرعی در زمان کاشت مصرف گردید. در اوایل بهار، ابتدا زمین مورد نظر انتخاب و پیش از کاشت چغندر قند، نمونه‌ای مرکب از خاک مزرعه از دو عمق صفر تا  $25$  و  $25$  تا  $45$  سانتی‌متر برداشت و جهت تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شد.

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه بعد از خشک کردن و خرد کردن از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و سپس توزیع اندازه ذرات با استفاده از روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری با استفاده از رینگ‌های فلزی به قطر شش و ارتفاع چهار سانتی‌متر، جرم مخصوص حقیقی با استفاده از پیکنومتر انجام شد. برای تعیین مقدار آب قابل استفاده، رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب در مکش  $0/3$  و  $15$  بار توسط دستگاه صفحه فشاری اندازه‌گیری گردید. قابلیت

گیاهی، سنتز شدن پروتئین، رشد ریشه، متابولیسم چربی و سنتز پکتین، تشکیل دیواره سلولی و نقل و انتقال مواد در بین سلول‌ها دارد. همچنین این عنصر مقاومت گیاهان را نسبت به سرما و بیماری‌ها افزایش داده و در انتقال مواد فتوسنتزی به محل مصرف نقش اساسی ایفا می‌کند و عنصر بور به صورت یک یا چند شکل یونی خود جذب گیاه شد و تأثیر مهمی در افزایش تولید محصول چغندر قند دارد ( $14$ ). عنصر بور مهمترین عنصر کم‌مصرف مورد نیاز چغندر قند است زیرا بدون عرضه کافی آن، عملکرد و کیفیت ریشه به شدت افت می‌کند و علائم کمبود بور نه تنها در برگ، بلکه در دم‌برگ، طوقه و ریشه رویت می‌شود و در غده چغندر قند سبب دل‌سیاهی آن از نقطه رویش به شکل  $V$  می‌گردد ( $10$ ) عنصر بور، باعث افزایش کیفی محصول می‌شود ( $29$ ). اثر مصرف پتاسیم، گوگرد و بور بر افزایش عملکرد چغندر قند در شرایط آبیاری کامل معنی‌دار است و مصرف عناصر بور، آهن و روی در چغندر قند باعث افزایش  $10$  درصد عملکرد محصول در شرایط آبیاری کامل شد ( $11$  و  $13$ ). با کاربرد  $34$  کیلوگرم بور برای هکتار چغندر قند باعث افزایش عملکرد چغندر قند و افزایش مقدار شکر استحصالی شد ( $14$ ). محلول‌پاشی کودهای ریزمغذی (روی، بور و مولیبدن) در دو مرحله چهار تا شش‌برگی و  $20$  روز بعد از مرحله اول رشد گیاه، بیشترین عملکرد شکر سفید استحصالی شد ( $30$ ). کاربرد پساب فاضلاب همراه با بور موجب افزایش عملکرد غده و درصد قند غده شد و کاربرد توأم عناصر منیزیم، منگنز، روی و کلسیم همراه با بور باعث افزایش حدود  $23/5$  درصد محصول ریشه چغندر قند می‌شود ( $19$  و  $25$ ). با افزایش مقدار  $0/8$  کیلوگرم بور، پنج کیلوگرم منگنز، دو کیلوگرم مس، یک کیلوگرم روی و  $0/4$  کیلوگرم منیزیم در هر هکتار با آبیاری کامل افزایش  $17$  تا  $35$  درصد ریشه چغندر قند حاصل شد ( $31$ ). به کار بردن توأم  $130$  کیلوگرم ازت،  $130$  کیلوگرم فسفات و  $130$  کیلوگرم پتاسیم در هر هکتار به همراه  $17/5$  میلی‌گرم در کیلوگرم منگنز،  $1/85$  میلی‌گرم در کیلوگرم روی،  $3/64$  میلی‌گرم در کیلوگرم مس و  $0/86$  میلی‌گرم در کیلوگرم بور با آبیاری کامل مخصوصاً مصرف توأم بور، منگنز و روی در عملکرد و نیز افزایش شکر تأثیر زیادی داشت ( $24$ ).

$$dn = \sum_{i=1}^n (Fc - ai) D \cdot P_i \quad (1)$$

در این رابطه، dn مقدار آب آبیاری مورد نیاز گیاه برحسب میلی متر، Fc ظرفیت زراعی مزرعه (درصد وزنی)، a رطوبت خاک قبل از آبیاری، D عمق خاک (عمق لایه) (میلی متر)،  $\rho_b$  جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب) و n تعداد لایه های پروفیل خاک می باشد.

پس از محاسبه مقدار dn، میزان آب آبیاری توسط کنتور آب اندازه گیری شد. باتوجه به مسدود بودن انتهای هر کرت، آب مورد نیاز کرت آزمایشی به وسیله لوله پلی اتیلن در ابتدای هر کرت بین ردیف های کاشت تقسیم تا به طور یکنواخت در اختیار گیاه قرار گیرد. در نیمه اول آبان پس از رسیدن محصول، محصول کرت ها را با حذف حاشیه ها از ۴/۵ متر مربع برداشت شد و ضمن اندازه گیری عملکرد ریشه، یک دسته از نمونه ها به آزمایشگاه جهت تعیین مقادیر عناصر بور، آهن، روی، مس و منگنز در ریشه و برگ ارسال شد و دسته دیگر، در کارخانه قند شستشو شده و خمیر ریشه جهت تعیین درصد شکر به آزمایشگاه تکنولوژی مؤسسه چغندر قند منتقل گردید. همچنین از هر کرت نمونه ای از کل اندام هوایی گیاهی تهیه شد و در آون به مدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۶۰ درجه سلسیوس خشک گردید و بدین ترتیب کل میزان ماده خشک تولیدی (عملکرد بیولوژیک) در هر هکتار محاسبه شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای SPSS و Minitab انجام گردید.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد، درصد قند، شکر و غلظت عناصر در ریشه چغندر قند در جدول (۳) ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که اثر دور آب آبیاری و سال بر عملکرد ریشه چغندر قند، درصد شکر، شکر خالص، غلظت عنصر بور و آهن در ریشه چغندر قند در سطح یک درصد معنی دار است و اثر متقابل آب و کود بر عملکرد ریشه و اجزای عملکرد معنی دار شد. نتیجه به دست آمده با نتایج به دست آمده از دیگر تحقیقات مطابقت دارد (۲، ۴، ۱۲، ۱۵، ۱۷ و ۳۲).

هدایت الکتریکی خاک در عصار گل اشباع به وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی و PH در حالت گل اشباع توسط دستگاه PH متر اندازه گیری شدند. پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم نرمال، فسفر قابل جذب به روش بی کربنات سدیم ۰/۵ مولار، ازت کل به روش کجلدال، کربنات کلسیم معادل در خاک به روش کلسیمتری تعیین شدند (۲۲). نتایج تجزیه های فیزیکی و شیمیایی خاک به ترتیب در جدول های (۱) و (۲) ارائه شد. در نیمه اول اردیبهشت پس از آماده کردن بستر، از بذر چغندر قند رقم 'منورم' جهت کاشت به وسیله بذرکار استفاده گردید. میزان بذر مصرفی ۱۲ کیلوگرم در هکتار، فاصله ردیف ها ۶۰ سانتی متر، فاصله هر بوته در ردیف ۲۰ سانتی متر و عمق کاشت حدود سه سانتی متر با تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار بود. کرت بندی آزمایش مطابق نقشه طرح بعد از عملیات کاشت اجرا شد. در اوایل دوره رشد آبیاری تا رسیدن به رطوبت ظرفیت زراعی انجام شد و مقدار آن دقیقاً اندازه گیری و ثبت گردید و پس از تنک کردن و استقرار گیاه تیمارهای آبیاری (تنش آبی) اعمال گردید. ترکیب کودی توصیه شده براساس نتیجه تجزیه خاک (آزمون خاک) برای چغندر قند به صورت ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۳۴۵ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل بود. مقدار توصیه کودی برای ازت حدود ۱۵۵ کیلوگرم ازت خالص در هکتار بود که نصف کود مصرفی ازت هنگام کاشت و نصف دیگر آن در مرحله شش تا هشت برگی گیاه و بعد از تنک کردن مصرف شد و کودهای فسفاته و پتاسیم و نیز کود بور در تمام تیمارهای آزمایش قبل از شخم در سطح خاک مصرف گردید. با عملیات شخم، کود تا عمق ۳۰ سانتی متری خاک مخلوط گردید تا قابلیت استفاده بیشتر از کود فراهم گردد. در طول فصل رشد به موازات اعمال تیمارهای آبیاری و کودی عملیات دیگر داشت، نظیر مبارزه با آفات و بیماری ها و علف های هرز صورت گرفت.

به منظور اندازه گیری دقیق مقدار رطوبت خاک، قبل از آبیاری براساس میزان تبخیر از تشت تبخیر برای ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی متر تجمعی، مقدار رطوبت قابل استفاده لایه خاک در ناحیه ریشه گیاه (به روش وزنی) محاسبه شد و مقدار آب آبیاری با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

جدول ۱ - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش محل اجرا قبل از کاشت

عمق نمونه برداری (سانتی متر)	وزن مخصوص ظاهری	بافت خاک	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	ظرفیت نگهداری (٪)	نقطه پژمردگی (درصد وزنی)	PH خاک	S.P	Ca+Mg (meq/L)	Na (meq/L)	SAR	P (mg/kg)	K (mg/kg)	N (%)	O.C. (meq/L)	So4 ca (meq/L)
۰-۲۵	۱/۷۲	رسی لومی	۳۳	۳۹	۲۸	۲۴/۵	۱۳/۹۰	۸/۱۰	۴۹	۴	۴	۲/۸	۸	۳۶۰	۰/۰۹	۰/۸۶	۰
۵۰-۲۵	۱/۹۲	رسی لومی	۳۹	۲۹	۳۲	۲۴/۵	۱۴/۲۰	۸	۵۲	۵	۵	۳	۱۰/۵	۲۸۰	۰/۰۶	۰/۶۰	۰

جدول ۲ - وضعیت عناصر غذایی کم مصرف خاک محل اجرای آزمایش قبل از کشت

عمق خاک cm	Cl <sup>-</sup> (meg/l)	Co <sup>3+</sup> (meg/l)	Hco <sup>3</sup> (meg/l)	Cu <sup>+2</sup> (meg/l)	Mg <sup>+2</sup> (meg/l)	K <sup>+</sup> (meg/l)	B (mg/kg)	So <sup>-4</sup> (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
۰-۲۵	۳/۷۰	۰	۵/۵۰	۲	۲	۰/۰۴	۰/۳۰	۰/۲۰	۴/۹۸	۲/۴۶	۰/۵۶	۱/۱۶
۲۵-۵۰	۳/۷۰	۰/۵	۷/۷۰	۳	۲	۰/۰۳	۰/۲۵	۰/۲۰	۵/۲۶	۲/۷۴	۰/۴۴	۱/۹۸

جدول ۳ - تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد ریشه، درصد قند و شکر و غلظت عناصر در ریشه چغندر قند

غلظت عنصر در غده (میلی گرم)					عملکرد قند			متغیر
مس	روی	منگنز	آهن	بور	عملکرد قند (تن در هکتار)	قند (٪)	عملکرد (تن در هکتار)	درجه آزادی
۳/۶	۶۱/۳	۳۴۷/۶	۱۸۳۰۴/۹	۶۳/۷	۱/۳	۰/۹	۳۹/۷	۲
۴۸/۹	۲۸۰/۶**	۵۳۹/۷	۳۴۹۳۷**	۶۶۳/۷*	۲۴۸/۹**	۳۹/۶**	۷۶۹۴/۶**	۲
۵/۷	۴۸/۷	۸۸/۳	۴۳۱۵/۱	۶۳/۳*	۹۸/۴**	۱۳/۳**	۲۸۵۳/۹**	۳
۳/۸	۱/۴	۱۴۶/۶	۴۳۸۴/۱	۸۱/۵*	۲/۶**	۱/۶	۹۹/۷**	۶
۰/۵	۶۱/۶	۱۹/۹	۶۷۶۱/۴	۱۷/۶*	۰/۲	۱/۱	۱۹/۹	۲
۱/۱	۲/۴	۳۱/۶	۶۹۲۳/۴	۷/۲	۱/۴	۱/۱	۳۸/۷	۴
۴/۶	۲۲/۴	۱۷۱/۱	۱۲۰۷۱/۲	۲۵/۶*	۰/۶*	۱/۶*	۳۳/۶*	۶
۴/۵	۱۱/۵	۸۴/۳	۸۳۱۷/۳	۲۵/۲*	۰/۷	۰/۹	۱۷/۷	۱۲
۲/۵	۲۱/۱	۹۲/۹	۷۹۶۷/۸	۳۶/۹	۰/۸	۰/۹	۲۱/۶	۷۰

\* و \*\* - در سطح ۵ و ۱ درصد معنی دار می باشد.

## مقدار آب آبیاری گیاه

آبیاری در طول سال زراعی بیشترین و تیمار T<sub>4</sub> با مقدار ۶۲۸۵ مترمکعب آب آبیاری کمترین مقدار را داشتند. این نتایج با نتایج به دست آمده از دیگر تحقیقات مطابقت دارد (۲، ۳، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۶).

نتایج نشان می‌دهد مقدار آب آبیاری تیمارهای T<sub>1</sub>، T<sub>2</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> به ترتیب ۹۷۷۶، ۸۱۳۹، ۷۲۴۸ و ۶۲۸۵ مترمکعب در هکتار شد (جدول ۴). تیمار T<sub>1</sub> با مقدار ۹۷۷۶ مترمکعب آب

جدول ۴ - مقایسه میانگین صفات و کارایی مصرف آب چغندر قند در سطوح مختلف آب آبیاری و اسید بوریک (آزمون دانکن ۵ درصد)

مقدار کودی	تیمار	عملکرد ریشه (کیلوگرم در هکتار)	آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)	قند (%)	عملکرد شکر خالص (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب ریشه (کیلوگرم بر متر مکعب)	کارایی مصرف آب شکر (کیلوگرم بر متر مکعب)
۳۰ درصد کمتر از مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	۶۴۹۰ <sup>a</sup>	۹۷۷۶	۱۵/۷۷ <sup>a</sup>	۱۰۴۰ <sup>a</sup>	۶/۶۴	۱/۰۵
	T <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	۵۴۱۸ <sup>b</sup>	۸۱۳۹	۱۵/۴۷ <sup>a</sup>	۸۵۰ <sup>b</sup>	۶/۶۵	۱/۰۴
	T <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	۴۶۲۴ <sup>c</sup>	۷۲۴۸	۱۵/۲۹ <sup>b</sup>	۷۲۰ <sup>c</sup>	۶/۳۸	۰/۹۹
	T <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	۴۲۵۴ <sup>c</sup>	۶۲۸۵	۱۴/۳۳ <sup>b</sup>	۶۲۲ <sup>c</sup>	۶/۷۶	۰/۹۹
مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	۶۶۴۶ <sup>a</sup>	۹۷۷۶	۱۶/۵۹ <sup>a</sup>	۱۰۵۸ <sup>a</sup>	۶/۷۹	۱/۰۸
	T <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	۵۶۷۴ <sup>b</sup>	۸۱۳۹	۱۵/۴۹ <sup>b</sup>	۸۸۱ <sup>b</sup>	۶/۹۷	۱/۰۸
	T <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	۴۶۰۷ <sup>c</sup>	۷۲۴۸	۱۴/۹۶ <sup>b</sup>	۶۹۶ <sup>c</sup>	۶/۳۵	۰/۹۶
	T <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	۳۷۶۱ <sup>d</sup>	۶۲۸۵	۱۴/۹۴ <sup>b</sup>	۵۷۱ <sup>d</sup>	۶	۰/۹۱
۳۰ درصد بیشتر از مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	۶۳۷۵ <sup>a</sup>	۹۷۷۶	۱۵/۹۸ <sup>a</sup>	۱۰۲۶ <sup>a</sup>	۶/۵۲	۱/۰۵
	T <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	۵۱۶۶ <sup>b</sup>	۸۱۳۹	۱۵/۸۳ <sup>a</sup>	۸۲۴ <sup>b</sup>	۶/۳۴	۱/۰۱
	T <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	۴۶۳۹ <sup>b</sup>	۷۲۴۸	۱۵/۶۸ <sup>a</sup>	۷۲۶ <sup>b</sup>	۶/۴۰	۱
	T <sub>4</sub> B <sub>3</sub>	۳۹۶۷ <sup>c</sup>	۶۲۸۵	۱۴/۰۴ <sup>b</sup>	۵۸۷ <sup>c</sup>	۶/۳۱	۰/۹۳

B<sub>1</sub>: ۳۰ درصد کمتر از توصیه کودی

ب - کارایی مصرف آب: جدول (۴) تغییرات کارایی مصرف آب براساس تولید ریشه چغندر قند به ازای آب مصرفی را نشان می‌دهد. در این سطح کودی، تیمار T<sub>4</sub> با ۶/۷۶ کیلوگرم ریشه چغندر قند بر مترمکعب آب آبیاری بیشترین و تیمار T<sub>3</sub> با ۶/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری کمترین مقدار را داشتند. تیمار T<sub>1</sub> با ۱/۰۵۳ کیلوگرم شکر بر مترمکعب آب آبیاری بیشترین و تیمار T<sub>4</sub> با ۰/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری کمترین مقدار داشتند. تغییرات عملکرد ریشه چغندر قند در مقابل آب آبیاری نشان داد که با کاهش ۳۶ درصد آب آبیاری در تیمار T<sub>4</sub>، عملکرد ریشه چغندر قند ۳۴ درصد کاهش می‌یابد.

الف - عملکرد ریشه: جدول (۴) مقایسه میانگین عملکرد ریشه چغندر قند را نشان می‌دهد. در این سطح کودی، تیمار T<sub>1</sub> با ۶۴/۹ تن در هکتار بیشترین و تیمار T<sub>4</sub> با ۴۲/۵۴ تن در هکتار کمترین مقدار را داشتند. تیمارهای T<sub>1</sub>، T<sub>2</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> براساس آزمون دانکن در گروه‌های آماری a، b و c قرار گرفتند. همچنین مشاهده شد که بین عملکرد ریشه چغندر قند و مقدار آب مصرفی یک رابطه خطی وجود داشت و بیشترین مقدار عملکرد ریشه در حداکثر مقدار آب مصرفی گیاه اتفاق افتاد که با نتایج دیگر آزمایشات مطابقت داشت (۱، ۲، ۳، ۵، ۶ و ۸). با کاهش آب آبیاری، میزان عملکرد ریشه چغندر قند کاهش یافت که با دیگر نتایج مشابه بود (۲، ۳، ۱۶ و ۲۷).

ج - درصد قند و عملکرد شکر: نتایج نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد شکر در تیمار T<sub>1</sub> ۱۰۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن در تیمار T<sub>4</sub> ۶۲۲۰ کیلوگرم در هکتار بود و تیمارهای T<sub>1</sub>، T<sub>2</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> براساس آزمون دانکن در گروه‌های آماری a و a, b قرار داشتند (جدول ۵).

ه - عناصر موجود در برگ چغندر قند: تجزیه واریانس میانگین عناصر ریزمغذی (بور، آهن، منگنز و روی مس) در برگ چغندر قند نشان می‌دهد که تأثیر تیمارهای آب آبیاری بر میزان بور در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست، اما بر میزان آهن و روی در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار است (جدول‌های ۳ و ۷).

د - عناصر موجود در ریشه چغندر قند: باتوجه به نتایج مشاهده می‌شود که در این سطح کودی مقدار بور در تیمار T<sub>3</sub>B<sub>1</sub> ۱۶/۴

مقدار درصد قند در تیمار T<sub>1</sub> ۱۵/۷۷ و کمترین مقدار آن در تیمار T<sub>4</sub> ۱۴/۳۳ درصد است و تیمارهای T<sub>1</sub>، T<sub>2</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> براساس آزمون دانکن در گروه‌های آماری a, a, b و b قرار داشتند.

جدول ۵ - اثر سطوح مختلف آب آبیاری و اسید بوریک بر غلظت عناصر در ریشه چغندر قند

مقادیر کودی	تیمار	بور (میلی‌گرم در کیلوگرم)	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)	مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	سدیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	ازت (میلی‌گرم در کیلوگرم)	ضریب
۳۰ درصد کمتر از مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	۱۴/۷ <sup>ab</sup>	۱۵۹/۶ <sup>a</sup>	۱۲/۳ <sup>a</sup>	۵/۴ <sup>b</sup>	۶۶/۳ <sup>b</sup>	۵/۳	۲/۹	۵/۰	۰/۱۴
	T <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	۱۲/۸ <sup>b</sup>	۱۵۶/۲ <sup>a</sup>	۱۳/۳ <sup>a</sup>	۷/۳ <sup>a</sup>	۷۴/۰ <sup>a</sup>	۵/۲	۲/۸	۵/۹	۰/۱۴
	T <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	۱۶/۴ <sup>a</sup>	۱۴۶/۸ <sup>a</sup>	۱۲/۵ <sup>a</sup>	۷/۰ <sup>ab</sup>	۶۶/۷ <sup>ab</sup>	۵/۴	۲/۹	۶/۵	۰/۱۳
	T <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	۱۶/۳ <sup>a</sup>	۱۷۷/۸ <sup>a</sup>	۱۳/۳ <sup>a</sup>	۶/۲ <sup>ab</sup>	۷۰/۸ <sup>a</sup>	۵/۱	۲/۶	۵/۵	۰/۱۴
میانگین		۱۵	۱۸۵/۲	۱۲/۹	۶/۵	۶۸/۲	۵/۳	۲/۸	۵/۷	۰/۱۴
مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	۱۳/۷ <sup>a</sup>	۱۴۲/۵ <sup>a</sup>	۱۲/۶ <sup>a</sup>	۶/۳ <sup>a</sup>	۶۹/۹ <sup>a</sup>	۵/۴	۲/۵	۵/۱	۰/۱۴
	T <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	۱۶/۹ <sup>a</sup>	۱۵۶/۳ <sup>a</sup>	۱۹/۱ <sup>a</sup>	۶/۷ <sup>a</sup>	۶۵/۵ <sup>a</sup>	۵/۵	۲/۹	۵/۹	۰/۱۵
	T <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	۱۷/۵ <sup>a</sup>	۱۸۳/۹ <sup>a</sup>	۱۵/۶ <sup>a</sup>	۶/۲ <sup>a</sup>	۷۶/۹ <sup>a</sup>	۵/۳	۳/۰	۵/۹	۰/۱۱
	T <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	۱۵/۹ <sup>a</sup>	۱۴۹/۸ <sup>a</sup>	۱۴/۰ <sup>a</sup>	۷/۸ <sup>a</sup>	۶۷/۵ <sup>a</sup>	۵/۶	۲/۷	۵/۸	۰/۱۶
میانگین		۱۶	۱۵۸/۲	۱۸	۶/۷	۶۹/۹	۵/۵	۲/۸	۵/۷	۰/۱۴
۳۰ درصد بیشتر از مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	۱۳/۶ <sup>a</sup>	۱۵۷/۳ <sup>a</sup>	۱۳/۰ <sup>a</sup>	۶/۱ <sup>a</sup>	۶۷/۹ <sup>a</sup>	۵/۱	۳/۱	۴/۹	۰/۱۳
	T <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	۱۸/۲ <sup>a</sup>	۱۵۷/۱ <sup>a</sup>	۱۴/۶ <sup>a</sup>	۶/۱ <sup>a</sup>	۶۶/۶ <sup>a</sup>	۵/۳	۲/۸	۶/۴	۰/۱۳
	T <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	۱۹/۱ <sup>a</sup>	۱۸۷/۱ <sup>a</sup>	۱۲/۶ <sup>a</sup>	۷/۴ <sup>a</sup>	۶۶/۹ <sup>a</sup>	۵/۵	۳/۰	۶/۶	۰/۱۳
	T <sub>4</sub> B <sub>3</sub>	۱۴/۶ <sup>a</sup>	۱۶۸/۳ <sup>a</sup>	۱۴/۴ <sup>a</sup>	۷ <sup>a</sup>	۶۹/۳ <sup>a</sup>	۵/۳	۲/۶	۵/۹	۰/۱۴
میانگین		۱۶/۴	۱۶۷/۴	۱۳/۷	۶/۶	۶۷/۶	۵/۴	۲/۹	۶	۰/۱۳

مصرفی، میزان باقیمانده کاهش می‌یابد اما در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر با کاهش آب مصرف شده، میزان عنصر باقیمانده افزایش می‌یابد. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که قبل از کشت چغندر قند میزان بور در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متر ۰/۳

و - عناصر باقیمانده در خاک: جدول (۶) مقایسه تغییرات میزان عناصر ریزمغذی مخصوصاً بور در عمق صفر تا ۲۵ و ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر از سطح خاک پس از برداشت نشان می‌دهد که در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متر با کاهش آب

میلی‌گرم در کیلوگرم بوده که بعد از برداشت متوسط عنصر باقیمانده به ۱/۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم رسیده است. این امر نشان می‌دهد که مقدار زیاد عنصر در خاک باقی مانده و جذب گیاه نشده است (جدول ۲).

میلی‌گرم در کیلوگرم بوده که بعد از برداشت محصول این مقدار به ۰/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم رسیده است. این امر نشان‌دهنده آن است که مقداری از این عنصر در خاک باقی مانده و جذب ریشه نشده است (جدول‌های ۲ و ۶). با توجه به نتایج، در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر میزان عنصر بور ۰/۲۵

جدول ۶ - اثر تیمارهای آب آبیاری و اسید بوریک بر مقدار عناصر باقیمانده در عمق و ۵۰-۲۵ سانتی‌متر (میلی‌گرم در کیلوگرم)

مقادیر کودی	تیمار	۲۵-۵۰ سانتی‌متر								
		بور	آهن	روی	مس	منگنز	بور	آهن	روی	مس
۳۰ درصد کمتر از مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	۰/۸۷	۴/۰۴	۴/۶۶	۰/۸۵	۰/۴۶	۱/۲۲	۱/۳	۵/۷۳	۶/۳۳
	T <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	۰/۷۸	۴/۴۶	۶/۶۵	۰/۷۷	۰/۵۵	۱/۲۱	۱/۳۸	۶/۴۲	۷/۳۱
	T <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	۰/۴۶	۴/۳۵	۵/۰۸	۰/۷۵	۰/۶۵	۱/۲	۱/۴۲	۶/۹۴	۷/۷۲
	T <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	۰/۷۵	۳/۴۲	۵/۱۵	۰/۷۳	۰/۵۸	۱/۱۷	۱/۳۱	۵/۴	۹/۳۹
میانگین		۰/۷۵	۴/۱۲	۵/۳۸	۰/۷۸	۰/۵۶	۱/۲	۱/۳۵	۶/۱۲	۷/۶۸
مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	۰/۹۷	۳/۸۲	۶/۰۳	۰/۷۷	۰/۵۴	۱/۲۴	۱/۵۷	۵/۰۲	۹/۲۸
	T <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	۰/۷۲	۵/۰۸	۵/۵۷	۰/۷۹	۰/۴۳	۱/۱۸	۱/۲۷	۶/۵	۷/۳۱
	T <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	۰/۸۷	۳/۵۳	۶/۹۵	۰/۷۹	۰/۷۳	۱/۱۷	۱/۵۵	۵/۶	۱۰/۳۲
	T <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	۰/۸۴	۶/۶۱	۶/۴۶	۰/۷۱	۰/۵۷	۱/۳۴	۱/۵۵	۸/۵۶	۹/۴
میانگین		۰/۸۵	۴/۷۶	۶/۲۵	۰/۷۶	۰/۵۶	۱/۲۳	۱/۴۸	۶/۴۲	۹/۰۷
۳۰ درصد بیشتر از مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	۰/۵۵	۱/۱۲	۵/۳۷	۰/۷۹	۰/۶۳	۱/۲۷	۱/۶۵	۸/۴۵	۸/۸۵
	T <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	۰/۸۶	۴/۸۹	۶/۱۰	۰/۶۱	۰/۶۷	۱/۲۹	۱/۴۹	۶/۲۹	۸/۸۴
	T <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	۰/۹۴	۴/۰۹	۵/۶۵	۰/۷۷	۰/۵۱	۱/۲۴	۱/۵۱	۶/۰۴	۸/۶۲
	T <sub>4</sub> B <sub>3</sub>	۰/۵۸	۳/۵۶	۵/۹۳	۰/۷۲	۰/۵۲	۱/۱۶	۱/۴۸	۶/۰۸	۸/۴۲
میانگین		۰/۷۳	۴/۴۸	۶/۱۵	۰/۷۲	۰/۵۸	۱/۲۴	۱/۵۳	۶/۷۴	۶/۷۴

B<sub>2</sub>: سطح کودی توصیه شده

نشان می‌دهد، تیمار T<sub>1</sub> با ۶۶/۴۶ تن در هکتار بیشترین و تیمار T<sub>4</sub> با ۳۷/۶۱ تن در هکتار کمترین را داشتند و براساس آزمون دانکن تیمارهای T<sub>1</sub>، T<sub>2</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> در گروه‌های آماری a، b، c و d قرار گرفتند (جدول ۴).

ب - کارایی مصرف آب: جدول (۴) تغییرات کارایی مصرف آب براساس تولید ریشه چغندر قند به ازای آب

الف - عملکرد ریشه چغندر قند: نتایج تجزیه واریانس آزمایش در جدول (۳) ارائه شد و نشان می‌دهد که در سطح کودی توصیه شده اثر آب آبیاری، اثر سال و اثر متقابل آب و سال بر میانگین عملکرد ریشه چغندر قند براساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. با کاهش آب مصرفی، عملکرد ریشه گیاه کاهش می‌یابد (۲، ۳ و ۳۳). نتایج



ه - عناصر موجود در برگ چغندر قند: تجزیه واریانس میانگین عنصر بور در برگ چغندر قند نشان می‌دهد که تأثیر تیمار آب آبیاری بر میزان بور در برگ چغندر قند در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست (جدول ۳).

و - باقیمانده عناصر در خاک: مقایسه تغییرات میزان ریزمغذی مخصوصاً بور در عمق صفر تا ۲۵ و ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر خاک پس از برداشت نشان می‌دهد که در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متر با کاهش آب مصرفی به غیر تیمار T<sub>1</sub> میزان عناصر باقیمانده افزایش می‌یابد. در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر در اثر کاهش آب مصرفی، میزان تغییرات در نوسان است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که قبل از کشت چغندر قند میزان بور خاک در ناحیه صفر تا ۲۵ سانتی‌متر ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است که بعد از برداشت محصول این مقدار که به‌طور متوسط به ۰/۸۵ میلی‌گرم در کیلوگرم رسیده است (جدول‌های ۲ و ۶). این امر نشان‌دهنده آن است که مقداری عنصر در خاک باقی مانده و جذب ریشه نشده است و در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر میزان بور ۰/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده که بعد از برداشت به‌طور متوسط ۱/۴۸ میلی‌گرم می‌رسد.

#### سطح ۳۰ درصد بیشتر از توصیه شده

الف - عملکرد ریشه چغندر قند: بررسی نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف آب آبیاری بر میانگین عملکرد ریشه چغندر قند در این سطح کودی نشان می‌دهد که اثر آب آبیاری، سال و اثر توأم آب در سال بر عملکرد ریشه چغندر قند براساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار است و با کاهش آب مصرفی میزان عملکرد ریشه چغندر قند کاهش می‌یابد (جدول ۳) (۲، ۱۴، ۲۰ و ۱۷). مقایسه تغییرات عملکرد ریشه در این سطح نشان می‌دهد که تیمار T<sub>1</sub> با ۶۳/۷۵ تن در هکتار بیشترین و تیمار T<sub>4</sub> با ۳۹/۶۷۰ تن در هکتار کمترین مقدار را داراست و تیمارهای T<sub>1</sub>، T<sub>2</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> براساس آزمون دانکن به‌ترتیب در گروه‌های آماری a، b و c قرار دارند (جدول ۴).

ب - کارایی مصرف آب: جدول (۴) تغییرات کارایی مصرف آب براساس تولید ریشه چغندر قند به ازای آب

مصرفی را نشان می‌دهد. در این سطح کودی، تیمار T<sub>2</sub> با ۶/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری بیشترین و تیمار T<sub>4</sub> با شش کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری کمترین مقدار را داشتند. تیمار T<sub>1</sub> با ۱/۰۵۸ کیلوگرم شکر خالص بیشترین و تیمار T<sub>4</sub> با ۰/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری کمترین مقدار را داشتند. تغییرات عملکرد ریشه چغندر قند در مقابل آب آبیاری نشان داد که با کاهش ۳۶ درصد آب آبیاری در تیمار T<sub>4</sub>، عملکرد ریشه چغندر قند ۴۳ درصد کاهش می‌یابد و نشان می‌دهند در شرایطی که در میزان کود در حد بهینه باشد با کاهش آب مصرفی، عملکرد محصول شدیداً کاهش می‌یابد. کارایی مصرف آب ریشه چغندر قند بین ۳/۵ تا ۹/۵ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط مختلف متغیر است و کارایی مصرف آب در شرایط کمبود آب مخصوصاً زمانی که تنش ملایم است، بالا می‌باشد (۳، ۱۸، ۲۱ و ۲۷).

ج - درصد قند و عملکرد شکر: تجزیه واریانس میانگین نشان می‌دهد که اثر آب آبیاری، سال و اثر متقابل آب و سال در سطح پنج درصد بر درصد قند و عملکرد شکر خالص در آزمون دانکن معنی‌دار است (جدول ۳). جدول (۴) مقایسه میانگین عملکرد شکر خالص و عیار قند را نشان می‌دهد. باتوجه به نتایج مشاهده می‌شود که بیشترین عملکرد شکر در تیمار T<sub>1</sub> ۱۰۵۸۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن در تیمار T<sub>4</sub> ۵۷۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. تیمارهای T<sub>1</sub>، T<sub>2</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> براساس آزمون دانکن در گروه‌های آماری a، a، b، b قرار داشتند. همچنین بیشترین مقدار درصد قند در تیمار T<sub>1</sub> ۱۶/۵۹ و کمترین مقدار آن در تیمار T<sub>4</sub> ۱۴/۹۴ درصد است. تیمارهای T<sub>1</sub>، T<sub>2</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> براساس آزمون دانکن در گروه‌های آماری a، b، b و b قرار داشتند.

د - عناصر موجود در ریشه چغندر قند: جدول (۵) مقایسه میانگین عناصر موجود ریشه چغندر قند را نشان می‌دهد. باتوجه به نتایج مشاهده می‌شود که در این سطح کودی مقدار بور در تیمار T<sub>3</sub>B<sub>2</sub> با ۱۷/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین و تیمار T<sub>1</sub>B<sub>2</sub> با ۱۳/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم کمترین مقدار را داشتند. تیمارهای T<sub>1</sub>، T<sub>2</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub> براساس آزمون دانکن در گروه‌های آماری a، a، b و b قرار داشتند.

مصرفی را نشان می‌دهد. در این سطح کودی، تیمار T<sub>1</sub> با ۶/۵۲ کیلوگرم ریشه چغندر قند بر مترمکعب آب آبیاری بیشترین و تیمار T<sub>4</sub> با ۶/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری کمترین مقدار را داشتند. تیمار T<sub>1</sub> با ۱/۰۴۹ کیلوگرم شکر خالص بر مترمکعب آب آبیاری بیشترین و تیمار T<sub>4</sub> با ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری کمترین مقدار داشتند. تغییرات عملکرد ریشه چغندر قند در مقابل آب آبیاری نشان داد که با کاهش ۳۶ درصد آب آبیاری در تیمار T<sub>4</sub>، عملکرد

ریشه چغندر قند ۳۸ درصد کاهش می‌یابد.  
**ج - درصد قند و عملکرد قند:** تجزیه واریانس میانگین‌ها نشان می‌دهد که اثر سطوح آب آبیاری بر درصد قند و عملکرد شکر خالص در سطح یک و پنج درصد براساس آزمون دانکن معنی‌دار است و با کاهش آب مصرفی درصد قند و عملکرد قند کاهش می‌یابد. بیشترین عملکرد قند در تیمار T<sub>1</sub> ۱۰۲۶۰ کیلوگرم و کمترین عملکرد قند در تیمار T<sub>4</sub> ۵۸۷۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده می‌شود.

جدول ۷ - اثر تیمارهای آب آبیاری و اسید بوریک بر مقدار عناصر موجود در برگ چغندر قند (میلی‌گرم در کیلوگرم) (آزمون دانکن ۵ درصد)

مقدار توصیه	تیمار	(میلی‌گرم در کیلوگرم) بور	(میلی‌گرم در کیلوگرم) آهن	(میلی‌گرم در کیلوگرم) روی	(میلی‌گرم در کیلوگرم) مس	(میلی‌گرم در کیلوگرم) منگنز	(%) فسفر
کمتر از ۳۰ درصد مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	۵۷/۹ <sup>a</sup>	۴۰۴/۶ <sup>a</sup>	۱۹/۶ <sup>ab</sup>	۱۰/۷ <sup>a</sup>	۱۴۱/۶ <sup>a</sup>	۰/۲۹ <sup>a</sup>
	T <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	۶۴/۳ <sup>a</sup>	۴۶۸/۳ <sup>a</sup>	۱۸/۰ <sup>b</sup>	۱۰/۷ <sup>a</sup>	۱۵۰/۶ <sup>a</sup>	۰/۳۱ <sup>a</sup>
	T <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	۶۶ <sup>a</sup>	۳۰۹/۱ <sup>b</sup>	۱۷/۵ <sup>b</sup>	۱۱/۶ <sup>a</sup>	۲۱۲ <sup>a</sup>	۰/۳۰ <sup>a</sup>
	T <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	۵۵ <sup>a</sup>	۴۰۰/۶ <sup>ab</sup>	۲۳/۲ <sup>a</sup>	۱۱ <sup>a</sup>	۱۷۲/۳ <sup>a</sup>	۰/۳۳ <sup>a</sup>
	میانگین	۶۰/۸	۳۹۵/۱	۲۰/۴	۱۱ <sup>a</sup>	۱۶۹/۱	۰/۱۷
توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	۵۲/۹ <sup>a</sup>	۴۲۲/۱ <sup>a</sup>	۱۶/۸ <sup>b</sup>	۹/۰ <sup>a</sup>	۱۰۷/۵	۰/۲۶ <sup>b</sup>
	T <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	۶۳ <sup>a</sup>	۴۰۵/۶ <sup>a</sup>	۲۴/۸ <sup>a</sup>	۱۲/۶ <sup>a</sup>	۱۲۴/۳	۰/۳۷ <sup>a</sup>
	T <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	۵۳/۹ <sup>a</sup>	۴۱۵/۵ <sup>a</sup>	۲۳ <sup>a</sup>	۱۱/۱ <sup>a</sup>	۱۹۲/۳	۰/۳۳ <sup>ab</sup>
	T <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	۶۰/۰ <sup>a</sup>	۴۷۵/۵ <sup>a</sup>	۲۵/۸ <sup>a</sup>	۱۳/۸ <sup>a</sup>	۱۴۵	۰/۳۸ <sup>a</sup>
	میانگین	۵۷/۷ <sup>a</sup>	۴۲۹/۶ <sup>a</sup>	۲۲/۶	۱۱/۶۵	۱۳۵/۶	۰/۳۳
بیشتر از ۳۰ درصد مقدار توصیه شده	T <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	۶۲/۵ <sup>a</sup>	۴۸۸/۳ <sup>a</sup>	۲۲/۶ <sup>a</sup>	۱۰ <sup>a</sup>	۱۴۶/۵	۰/۲۸ <sup>b</sup>
	T <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	۶۲/۶ <sup>a</sup>	۳۸۳ <sup>bc</sup>	۱۹/۱ <sup>a</sup>	۱۱ <sup>a</sup>	۱۳۴	۰/۲۹ <sup>b</sup>
	T <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	۶۳/۰ <sup>a</sup>	۴۱۹/۸ <sup>b</sup>	۱۹/۸ <sup>a</sup>	۱۰/۷ <sup>a</sup>	۱۱۶/۵	۰/۳۸ <sup>b</sup>
	T <sub>4</sub> B <sub>3</sub>	۵۳/۳ <sup>ab</sup>	۳۴۲/۸ <sup>c</sup>	۱۹/۲ <sup>a</sup>	۹/۵ <sup>a</sup>	۱۲۴/۵	۰/۳۱ <sup>a</sup>
	میانگین	۶۰/۳	۴۳۲/۸	۲۰/۲	۱۰/۳	۱۲۱/۳	۰/۳۱

د - عناصر موجود در ریشه چغندر قند: تجزیه واریانس میانگین عنصر بور در ریشه چغندر قند نشان می‌دهد که تیمار T<sub>3</sub> با ۱۹/۱ میلی‌گرم در

سطوح آب آبیاری در سطح پنج درصد بر میزان بور در ریشه معنی‌دار است (جدول ۳). تیمار T<sub>3</sub> با ۱۹/۱ میلی‌گرم در

کودی در حداکثر مقدار آب آبیاری در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به دست آمد که با نتایج دیگر تحقیقات تقریباً مطابقت دارد (۲، ۴، ۱۲، ۲۶ و ۲۷).

در شرایط آبیاری کامل، مصرف بور موجب افزایش عملکرد ریشه چغندر قند شد در این آزمایش هم با افزایش توأم میزان آب مصرفی در شرایط آبیاری کامل و استفاده از کود عملکرد افزایش پیدا کرد. در شرایط آبیاری کامل با افزایش میزان کود بور عملکرد محصول افزایش یافت اما در شرایط کم-آبی با افزایش مقدار کود بور عملکرد محصول کاهش پیدا کرد که با نتایج دیگر تحقیقات مطابقت داشت (جدول ۴) (۱۱، ۱۳، ۱۴، ۲۴، ۲۹ و ۳۱). می‌توان بیان کرد در حالت کمبود آب آبیاری نباید بیشتر از اندازه بور استفاده شود و در شرایطی که مصرف آب آبیاری محدودیت نداشته باشد با افزایش مصرف بور عملکرد ریشه افزایش پیدا می‌کند که با دیگر نتایج مطابقت دارد (۲۴).

نتایج تغییرات عملکرد ریشه چغندر قند در سطح کود ۳۰ درصد کمتر از توصیه شده در اثر متقابل آب و کود بور در شرایط کاهش آب نشان داد که با کاهش ۱۶/۸ درصد آب مصرفی که در تیمار  $T_1B_1$  نسبت به  $T_2B_1$  که عملکرد ریشه ۱۶/۵ درصد کاهش کرد و با کاهش ۲۵/۹ درصد آب مصرفی در تیمار  $T_1B_1$  نسبت به  $T_3B_1$  عملکرد ریشه ۲۸/۷۵ درصد و با کاهش ۳۵/۷ درصد آب مصرفی در تیمار  $T_1B_1$  نسبت به  $T_4B_1$  عملکرد ریشه ۳۴/۴ درصد کاهش یافت.

این تغییرات در سطح کودی توصیه شده در اثر متقابل آب و کود بور در شرایط کاهش آب نشان داد که با کاهش ۱۶/۸ درصد آب مصرفی در تیمار  $T_1B_2$  نسبت به  $T_2B_2$  عملکرد ریشه ۱۴/۶ درصد کاهش پیدا کرد و با کاهش ۲۵/۹ درصد آب مصرفی در تیمار  $T_1B_2$  نسبت به  $T_3B_2$  عملکرد ریشه فقط ۳۰/۶ درصد و با کاهش ۴۵/۷ درصد آب مصرفی تیمار  $T_1B_2$  نسبت به  $T_4B_2$  عملکرد ریشه ۴۳/۴ درصد کاهش پیدا کرد.

نتایج تغییرات عملکرد ریشه چغندر قند در سطح کودی ۳۰ درصد بیشتر از توصیه شده در اثر متقابل آب و کود روی، منگنز و بور در شرایط کاهش آب نشان داد که با کاهش ۱۶/۸ درصد آب مصرفی در تیمار  $T_1B_3$  نسبت به  $T_2B_3$ ، عملکرد ریشه ۱۸/۹۶ درصد کاهش پیدا کرد، با کاهش ۲۵/۹ درصد آب

کیلوگرم بیشترین و تیمار  $T_1$  با ۱۳/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم کمترین مقدار را داراست (جدول ۵). با کاهش آب مصرفی، میزان عنصر باقیمانده در ریشه چغندر قند افزایش می‌یابد (جدول ۳).

ه - عناصر موجود در برگ چغندر قند: تجزیه واریانس میانگین عنصر بور در برگ چغندر قند جدول (۳) نشان می‌دهد که تأثیر تیمار آب آبیاری بر میزان بور در برگ چغندر قند در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

و - باقیمانده عناصر در خاک: مقایسه تغییرات میزان عنصر بور در عمق صفر تا ۲۵ و ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر خاک پس از برداشت نشان می‌دهد که در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متر، با کاهش آب مصرفی، میزان عناصر باقیمانده افزایش می‌یابد و در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر هم در اثر کاهش آب مصرفی میزان عناصر باقیمانده افزایش می‌یابد. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که قبل از کاشت متوسط میزان بور خاک در ناحیه صفر تا ۲۵ سانتی‌متر ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است که بعد از برداشت به متوسط ۰/۷۳ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافته است (جدول‌های ۲ و ۶).

میزان آب مصرفی تیمارهای  $T_1$ ،  $T_2$ ،  $T_3$  و  $T_4$  به ترتیب ۹۷۷۶، ۸۱۳۹، ۷۲۴۸ و ۶۲۸۵ مترمکعب در هکتار بود و تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت که یک تیمار بدون استرس و تقریباً پتانسیل تبخیر و تعرق گیاه به حساب می‌آید. میانگین آب آبیاری تیمار  $T_1$  ۷/۳۸، تیمار  $T_2$  ۶/۴۵، تیمار  $T_3$  ۵/۸، تیمار  $T_4$  ۴/۵۶ میلی‌متر در روز بود و تیمار  $T_1$  با ۲۷۵ میلی‌متر آب آبیاری در مرداد ماه بیشترین و تیمار  $T_4$  با ۲۸/۸ میلی‌متر آب آبیاری در مهر ماه کمترین مقدار را داشتند. تیمار  $T_1$  با ۲۰ دفعه آبیاری و مقدار ۹۷۷۹ مترمکعب آب آبیاری در طول سال زراعی بیشترین و تیمار  $T_4$  با ۱۲ دفعه آبیاری و مقدار ۶۲۸۵ مترمکعب آب آبیاری کمترین مقدار را داشتند.

آزمایش نشان داد که با افزایش آب مصرفی میزان عملکرد افزایش می‌یابد، به طوری که تیمار  $T_1B_1$  با عملکرد ۶۴۹۰۰ کیلوگرم در هکتار ریشه چغندر قند و ۹۷۷۹ مترمکعب در هکتار آب آبیاری بیشترین و تیمار  $T_4B_2$  با عملکرد ۳۱۶۱۰ کیلوگرم در هکتار و ۶۲۸۵ مترمکعب در هکتار آب مصرفی کمترین مقدار عملکرد را داشتند. حداکثر عملکرد ریشه در هر سه سطح

آبیاری و ۱۵/۹۸ درصد قند تولید بالاترین راندمان تولید درصد قند را دارد که با دیگر نتایج مطابقت داشت (۲۸). نتایج اثر متقابل آب و کود بور نشان داد که کارایی بیشتر مصرف کود در شرایط تنش آبی به ترتیب در سطوح ۳۰ درصد کمتر از مقدار توصیه شده، توصیه شده و ۳۰ درصد بیشتر از مقدار توصیه شده بود و در شرایط تنش آبی، سطح کودی کمتر از ۳۰ درصد مقدار توصیه شده پیشنهاد شد.

### نتیجه گیری

نتایج نشان داد که کاهش میزان آب آبیاری، باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود، ولیکن کارایی مصرف آب آبیاری به‌طور متوسط افزایش می‌یابد. با توجه به افزایش کارایی مصرف آب و کود بور در تنش‌های آبی، می‌توان با اعمال تنش آبی به‌خصوص در مراحل غیرحساس و یا در طول فصل رشد مقدار کارایی مصرف آب و کود را افزایش داد و تیمار  $T_2B_2$  با مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک و ۸۱۳۹ مترمکعب آب مصرفی و عملکرد ۵۶۷۴۰ کیلوگرم در هکتار و کارایی ۶/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب در منطقه پیشنهاد می‌شود.

مصرفی در تیمار  $T_1B_3$  نسبت به  $T_3B_3$  عملکرد ریشه فقط ۲۷/۲۳ درصد و با کاهش ۴۵/۷ درصد آب مصرفی در تیمار  $T_1B_3$  نسبت به  $T_4B_3$  عملکرد ریشه ۳۷/۸ درصد کاهش یافت. در سطح کودی ۳۰ درصد کمتر از توصیه کودی تیمار  $T_4B_1$  با میزان ۶۲۸۵ مترمکعب آب آبیاری و عملکرد ریشه ۴۲۵۴۰ کیلوگرم بالاترین راندمان ۶/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری داشت. در همین سطح، تیمار  $T_1B_1$  با میزان ۱۵/۷۷ درصد عیار قند بیشترین مقدار را داشت. نتایج نشان داد که در شرایط تنش ملایم و کمبود کود تیمار  $T_2B_1$  با میزان مصرف ۸۱۳۹ مترمکعب آب آبیاری و ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت گزینه مناسبی است که در مناطق مشابه قابل توصیه می‌باشد. در سطح کودی توصیه شده تیمار  $T_2B_2$  با میزان ۸۱۳۹ مترمکعب آب مصرفی و مقدار ۵۶۷۴۰ کیلوگرم عملکرد ریشه و راندمان ۶/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب بالاترین راندمان تولید را دارد. در سطح کودی بیشتر از ۳۰ درصد توصیه شده، تیمار  $T_1B_3$  با میزان ۹۷۷۹ مترمکعب آب آبیاری و ۶۳۷۵۰ کیلوگرم در هکتار دارای بالاترین راندمان تولید ۶/۵۳ کیلوگرم در مترمکعب آب آبیاری داشت. در همین سطح، تیمار  $T_1B_3$  با ۵۳۹۹ مترمکعب آب

### منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی پاک ن. ع (۱۳۸۹) گزارش نهایی 'تعیین تبخیر - تعرق پتانسیل گیاه چغندر قند با استفاده از لایسیمتر در شهرکرد' به شماره ۸۹/۹۰۹ مورخ ۱۳۸۹/۸/۹ مرکز اسناد علمی کشاورزی. مؤسسه خاک و آب. ۱۰۵ ص.
۲. ابراهیمی پاک ن. ع (۱۳۸۹) تعیین واکنش عملکرد چغندر قند ( $K_p$ ) به کم آبیاری در مراحل مختلف رشد. چغندر قند. ۲۶(۱): ۶۷-۷۹.
۳. توکلی ع. و فرداد ح (۱۳۷۵) بهینه‌سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندر قند در کرج. دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور، ۲۷-۳۰ بهمن، تهران. صص. ۳۵۴-۳۶۹.
۴. جلینی م، قائمی ع. ر. و ذره‌پرور ه (۱۳۸۷) بررسی اثرات تنش آبی و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب در چغندر قند. علوم کشاورزی. ۴(۲): ۱۶۴-۱۷۲.
۵. حقیقت ا، ستار م. و رئیسی ف (۱۳۷۸) تأثیر رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف کود ازت بر عملکرد و عیار قند چغندر قند در اصفهان: مجموعه مقالات هفتمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه باهنر کرمان، ۱۰۹ ص.
۶. رحیمیان م، ح، شهابی فر م (۱۳۸۶) تعیین نیاز آبی چغندر قند به روش لایسیمتر در طرق مشهد. چغندر قند. ۲۳(۲): ۱۸۴-۱۷۷.
۷. رضوی ر (۱۳۷۴) تعیین آب مصرفی پتانسیل چغندر قند با استفاده از لایسیمتر، نشریه فنی شماره ۲۵۶-۷۴ آذربایجان غربی، ۳۷ ص.
۸. رئیسی ف (۱۳۶۸) بررسی تأثیر کاهش میزان آب آبیاری در آخر فصل رشد گیاه بر تولید شکر در چغندر قند. مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان، مجموع گزارش‌های پژوهشی سال ۱۳۶۸. ۱۲ ص.

- ۹ . طاهری ک (۱۳۶۱) تعیین آب مصرفی گیاهان نظیر ذرت علوفه‌ای چغندر قند و آفتابگردان در منطقه باختران با استفاده از لایسیمتر، نشریه فنی شماره ۱۶. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۲۴ ص.
- ۱۰ . عقدائی م. و فیضی م (۱۳۷۸) تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل چغندر قند به روش لایسیمتری: مجموعه مقالات هشتمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر کرمان. ۲۷ ص.
- ۱۱ . کرم‌وندی ا. و ملکوتی م. ج (۱۳۷۷) اثرات مصرف پتاسیم و گوگرد و بر در افزایش عملکرد و کیفیت چغندر قند در مناطق آبیک، کرج، شهریار و ساوه. خاک و آب. ۱۲(۵): ۴۹.
- ۱۲ . کریمی ا (۱۳۸۸) ارزیابی رژیم‌های آبیاری سطحی بر کارایی مصرف نیتروژن در زراعت چغندر قند. پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۶(۱): ۱۴۸-۱۳۳.
- ۱۳ . کلارستاقی ک. و ملکوتی م. ج (۱۳۷۵) چگونگی استفاده از کودهای شیمیایی و آلی در افزایش تولید چغندر قند در ایران، نشریه فنی شماره ۵، انتشارات نشر آموزش کشاورزی، سازمان تات، ۱۱ ص.
- ۱۴ . ملکوتی م. ج (۱۳۷۸) نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، دفتر نشر آثار ۱۳۷۸.
- ۱۵ . میرزایی م، رضوانی م. و گوهری ج (۱۳۸۴) تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی چغندر قند. چغندر قند. ۲۱(۱): ۱.
- ۱۶ . وزیری ژ (۱۳۷۰) تعیین آب مصرفی پتانسیل چغندر قند با استفاده از لایسیمتر. گزارش خاک و آب، باختران. ۱۹ ص.
- 17 . Allen R, Smith M, Monteith JL, Pereira LA and Segeren A (1991) Report on the expert consultation for the revision of FAO methodologies for crop water requirements. FAO, AGI, Rome. 112 p.
- 18 . Almani MP, Mishani C and Samadi ADB (1997) Drought resistance in sugar beet genotypes. Iranian Journal of Agricultural Science. 28: 15-25.
- 19 . Baker and Associates Consulting Engineers (1989) United report to the Wyoming Department of Environmental Quality, Scottbluff, NE. 185 p.
- 20 . Bucks DA, Nakayama FS and Warrick AW (1982) Principles, Practices, and Potentialities of trickle drip irrigation. In: Hillel, D. (Ed.), Advances in irrigation, Academic Press, New York. 1: 219-298.
- 21 . Carter JN, Jensen ME and Traveller DJ (1980) Effect of mid-to-Late season water stress on sugar beet growth and yield. Agronomy. 72(3): 806-815.
- 22 . Dewis J and Freitas F (1984) Physical and Chemical methods of soil and water Analysis. FAO soil bulletin 10, Oxford and IBH publishing co. PVT. LTD. New Dehli Bombay Calcutta. 246 p.
- 23 . Faller N (1984) Sugar content in dry matter of sugar beet roots in Baranja Area over several years in field crop. ABS 1987. 40(12): 155-159.
- 24 . Golovina LP, Budzherak AL and Lysenko MN (1988) The influence of fertilizers on the biological cycling of micro elements in regarded chernizem conditions of the right-bank forest-steppe of the Ukrainian SSR: Agrochemica. 1: 71-77.
- 25 . Hanousek J (1973) The results of Experiments with the application of trace element to sugar Beet: Agrochemia. 13(5): 142-145.
- 26 . Jensen ME and Leonard EJ (1971) Irrigation and water management in Advances in sugar beet production. low state University press. Pp. 180-220.
- 27 . Losavio N, Mastroilli MRE, Scaracia ME, Ventrellu D and Venezian ME (1990) Measurement of Evapotranspiration and water stress determination using energy balance: Annali-dell institute sperimentale-Agronomic. 21: 265-276.
- 28 . Ransomanda CV and Ishida JK (2006) Stomata and non stomata limitation of photosynthesis under water stress

- in field-grown grapevines. *Australian Journal of Plant Physiology*. 4(3): 421-433.
- 29 . Rasp H (1985) The effect of added trace elements in a 12-year crop rotation land wirts. *Chaftliche-forschung*. 38(4): 395-403.
- 30 . Scottbluff NE and Bondok MA (1996) The role boron regulating growth yield and hormonal balance in sugar beet. *Annals of Agricultural Science (cario)* 41(1): 15-33, Wyoming Department of Environmental Quality, 185 p.
- 31 . Szukalski H (1973) Effect of fertilization with trace elements in the light of recent field experiments: *Prace Naukowe Instytutu Technologii Nicorganicznej i Nawazaw mineralnych politechniki - worclawskiej-konferencje*. 6: 186-201.
- 32 . Ucan K and Gencoglan C (2004) The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 28(3): 163-172.
- 33 . Winter SR (1990) Sugar beet response to nitrogen as affected by seasonal Irrigation. *Agronomy*. 82: 984-988.
- 34 . Winter SR (1980) Suitability of sugar beet for limited irrigation in a semi-arid climate. *Agronomy*. 72: 118-123.

## **Evaluation of irrigation water management and boron fertilizer to increase water use efficiency of sugar beet**

N. A. Ebrahimipak <sup>1\*</sup> and M. Mostashari <sup>2</sup>

(E-mail: nebrahimipak@yahoo.com)

(Received: 27 September 2011, Accepted: 9 March 2013)

### **Abstract**

This study evaluated the irrigation water management and different amounts of boron fertilizer affects on yield and water use efficiency of sugar beet. The two-factor factorial design in randomized complete block with three replications of irrigation and different levels of boron fertilizer for three years (2000-02) was designed in Qazvin. The main four irrigation treatments were T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub>, consist of 60, 90, 120 and 150 mm from cumulative evaporation from a class evaporation pan. The fertilizer were at three levels based on soil test (30 kg boric acid), 30 percent below the recommended fertilizer (21 kg ha BA), 30 percent more than the recommended fertilizer (39 kg ha BA) treatments, namely B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> and B<sub>3</sub> respectively. The results showed that combination effects of water and fertilizer boron levels were significant at level of five percent probability. The highest and lowest root yield was belonging to 60 and 150 mm of evaporation from class a pan with recommended fertilizer as 66460 and 37610 kg/ha, respectively. The value of water use efficiency with 90 mm evaporation from pan and recommended fertilizer with 6.97 kg/ha was highest, while it was lowest with 60 mm evaporation and 30 percent more than recommended fertilizer as 6.52 kg/ha. Finally, the results showed that irrigation with 90 mm evaporation from pan class A with application of 30 kg/ha acid boric fertilizer was the best recommendation for sugarbeet production in the region.

**Keywords:** Boric acid, Deficit irrigation, Fertigation, Micronutrients, Pan evaporation

---

1 - Assistant Professor, Department of Soil Physics and Irrigation, Research Soil and Water Research Institute, Karaj – Iran

(Corresponding Author\*)

2 - Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research Center of Qazvin, Qazvin - Iran