

## تأثیر کم‌آبیاری بر کمیت و کیفیت چغندر قند در منطقه میان‌دوآب

### The effect of deficit irrigation on the quality and quantity of sugar beet in Miandoab region

امیر نورجو<sup>۱</sup>، فریبرز عباسی<sup>۲</sup>، مهدی بقایی کیا<sup>۳</sup> و علیرضا جدایی<sup>۴</sup>

۱. نورجو، ف.، عباسی، م.، بقایی کیا و ع. ر. جدایی. ۱۳۸۵. تأثیر کم‌آبیاری بر کمیت و کیفیت چغندر قند در منطقه میان‌دوآب. چغندر قند ۲۲(۲):

۵۳-۶۶

#### چکیده

کشاورزی پایدار به منظور تأمین نیازهای غذایی بدون استفاده بهینه از منابع آب میسر نخواهد شد. در این میان با توجه به کمبود منابع آب در کشور، اتخاذ روش‌های کم‌آبیاری و افزایش کارایی مصرف آب با هدف افزایش تولید به‌ازاء هر واحد آب مصرفی و استفاده بهینه از منابع محدود آب، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. این تحقیق به منظور تعیین اثرات کم‌آبیاری روی چغندر قند در دشت میان‌دوآب انجام شد. آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت اسپلیت پلات با سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) در کرت‌های فرعی و سه دور آبیاری (۷، ۱۰ و ۱۴ روز) در کرت‌های اصلی با چهار تکرار در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ اجرا گردید. کم‌آبیاری موجب کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه و شکر قابل‌استحصال شد. نرخ این کاهش در شکر قابل‌استحصال کمتر از عملکرد بود و علت آن تأثیر مثبت کم‌آبیاری در افزایش درصد قند بود. کم‌آبیاری تأثیر مثبت روی برخی از صفات کیفی ریشه نشان داد. بیشترین عملکرد ریشه از تیمار D7S100 (دور ۷ روز و تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) با ۶۷/۷۱ تن در هکتار و حداقل آن با ۴۹/۷ درصد کاهش عملکرد از تیمار D14S50 به دست آمد. تأثیر کم‌آبیاری در کاهش عملکرد در دوره‌های طولانی‌تر آبیاری بیشتر از دوره‌های کوتاه مدت بود. اعمال ۵۰ درصد کم‌آبیاری منجر به کاهش شدید عملکرد ریشه شد و ضمن عدم پذیرش در بین زارعین، تولید را نیز غیراقتصادی می‌کند. با در نظر گرفتن کارایی مصرف آب بر اساس شکر قابل‌استحصال و پرهیز از سطح آبیاری ۵۰ درصد، آبیاری با دور ۱۰ روز و اعمال ۲۵ درصد کم‌آبیاری (D10S75) قابل توصیه است. در این گزینه مقدار مصرف آب نسبت به تیمار D7S100 معادل ۲۹ درصد کاهش می‌یابد. این در حالی است که عملکرد ریشه ۵/۲۳ درصد و شکر قابل‌استحصال ۱۶/۶ درصد کاهش داشته است. نرخ کاهش عملکرد در مقایسه با کاهش مصرف آب به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر بوده و در واقع می‌توان با آب صرفه‌جویی شده سطح کشت را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، کارایی مصرف آب، کم‌آبیاری، کمیت، کیفیت، میان‌دوآب

[nourjou@yahoo.com](mailto:nourjou@yahoo.com)

۱- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

۲- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۳- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات چغندر قند مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

۴- عضو هیئت علمی دفتر بررسی‌های اقتصادی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی.

## مقدمه

در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک کشور ایران و دارا بودن اراضی فراوان مستعد کشاورزی، کمبود آب مانع اصلی توسعه کشاورزی بوده و کشاورزی پایدار بدون استفاده بهینه از منابع آب میسر نخواهد شد (خیرابی و همکاران ۱۳۷۵). از ۱۳۰ میلیارد مترمکعب منابع تجدیدپذیر کل کشور، ۸۳ میلیارد مترمکعب آن در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد. این در حالی است که از ۳۷/۵ میلیون هکتار اراضی کشاورزی شناسایی شده و ۲۰ میلیون هکتار اراضی مستعد آبیاری کشور فقط ۷/۷ میلیون هکتار تحت پوشش آبیاری قرار دارد. به عبارتی با وجود این که ۹۴ درصد از آب‌های استحصال شده و ۶۴ درصد از کل آب‌های قابل استحصال کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، فقط ۲۱ درصد از اراضی زراعی کشور آبیاری می‌شود (کشاورز و صادق‌زاده ۱۳۷۹). در چنین شرایطی کم آبیاری با هدف افزایش تولید به‌ازاء هر واحد آب مصرفی و استفاده بهینه از منابع محدود آب، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

کم آبیاری یک راه کار بهینه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول در واحد سطح و افزایش آن با گسترش سطح می‌باشد (سپاسخواه و همکاران ۱۳۸۵). در کم آبیاری به‌طور آگاهانه به گیاهان اجازه داده می‌شود با دریافت آب کمتر از نیاز، محصول خود را کاهش دهند (English et al. 1990). هارگریوز و سامانی

(Hargreaves and Samani 1984) در یک بررسی

اقتصادی اثر کم آبیاری بر روی چندین محصول را مورد ارزیابی قرار داده و مشخص نمودند که آب و کود از عوامل مهم در به دست آوردن عملکرد بالا در هر نوع محصول می‌باشد. همچنین در شرایطی که آب ارزان باشد، آبیاری کامل برای به دست آوردن حداکثر عملکرد مفید است و در شرایطی که حاصل خیزی بالا بوده و از ارقام پرمحصول استفاده شود، اعمال کم آبیاری احتمال به دست آوردن حداکثر سود خالص را کاهش می‌دهد.

چغندر قند به علت دوره رویشی طولانی بدون مرحله حساس گل‌دهی و دارا بودن سیستم ریشه‌ای عمیق، ظرفیت تنظیم اسمزی بیشتری داشته و متحمل به شرایط خشکی و شوری خاک می‌باشد (Dunham 1993). رحیمیان و اسدی (۱۳۷۹) تأثیر تنش آبی بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند در منطقه مشهد را مورد بررسی قرار داده و اعلام نمودند که کم آبیاری کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد و افزایش میزان مصرف آب آبیاری نسبت قندخالص به قندناخالص را کاهش می‌دهد. تحقیقات آماندوس و همکاران (Amaducci et al. 1989) در رابطه با تأثیر کم آبیاری در چغندر قند نشان می‌دهد که کم آبیاری موجب کاهش ماده خشک ریشه و افزایش درصد قند شده و در نهایت عملکرد قند را افزایش می‌دهد. در تحقیقات ریتز (Rytter 2005) کاهش ماده خشک چغندر قند به مقدار ۵۰ درصد در اثر اعمال ۴۰ درصد کم آبیاری در مقایسه با تیمار آبیاری کامل گزارش شده است. تحقیقات میلر و آرسج (Miller and Aursaj 1976) نشان می‌دهد که

کم آبیاری بیشترین سود خالص را به دست آورد. در این تحقیق با ۳۴ درصد کاهش مصرف آب، عملکرد ۱۳/۸ درصد کاهش یافت.

غلظت شکر در ریشه چغندر قند ممکن است به علت اعمال تنش رطوبتی ملایم قبل از برداشت، تا حد یک درصد افزایش داشته باشد. ولی بایستی دقت نمود که کل شکر تولیدی ممکن است به واسطه کاهش عملکرد ریشه، کاهش داشته باشد (کوچکی و سلطانی ۱۳۷۵). جهاد اکبر و ابراهیمیان (۱۳۷۷) با اعمال ۲۰ درصد کم آبیاری در ابتدای فصل رشد چغندر قند در کبوترآباد اصفهان، عدم کاهش در عملکرد قند را گزارش نمودند. در مطالعه دیگر توسط جهاد اکبر و همکاران (۱۳۸۰) در کبوترآباد اصفهان اعلام شد که کاهش مصرف آب از طریق تأخیر در آبیاری چغندر قند در ابتدای فصل رشد، موجب کاهش سدیم ریشه و ناخالصی‌های شربت و در نتیجه افزایش درصد قند ناخالص و قابل استحصال می‌گردد. همچنین نتایج تحقیقات جهاد اکبر و همکاران (۱۳۸۲) نشان داد که کم آبیاری موجب کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه، قند ناخالص و سدیم ریشه شده و ازت مضره نیز با اعمال کم آبیاری به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد. آنان اعلام نمودند که سدیم ریشه با مصرف بیشتر آب افزایش یافته و درصد قند چغندر قند را کاهش می‌دهد. آزمایشات وینتر (Winter 1989) نشان داد که به ازای هر ۱۰ سانتی‌متر آب آبیاری نسبت به تیمار بدون آبیاری، عملکرد ریشه و سدیم ریشه به ترتیب ۱/۴ تن در هکتار و ۶/۵ قسمت در میلیون افزایش می‌یابد. تحقیقات پیسینی و راش (Piccinni and Rush 2000) مبنی بر

چغندر قند قادر است تحت شرایط کم آبی به‌طور رضایت بخشی به رشد خود ادامه دهد. هنگ و میلر (Hang and Miller 1986a) با اعمال کم آبیاری در چغندر قند اعلام نمودند که تجمع قند در ریشه هشت هفته پس از آغاز تیمارهای کم آبیاری به حداکثر می‌رسد و سپس با ادامه آن مقدار قند ریشه کاهش می‌یابد در حالی که در آبیاری کامل تجمع قند در ریشه تا مرحله برداشت افزایش پیدا می‌کند. زیکوف (Zhivkov 1984) در تحقیقی گزارش نمود که قطع آب در مرحله توسعه برگ و یا کاهش آب آبیاری به میزان ۲۰ درصد اقتصادی می‌باشد. دورنبوس و پروت (Doorenbos and Pruitt 1977) مرحله بحرانی و حساس به تنش خشکی برای چغندر قند را سه الی چهار هفته بعد از جوانه‌زنی اعلام نمودند. ساکیلارو- مکرانتونالی و همکاران (Sakellariou- Makrantonaki et al. 2002) تأثیر دو روش آبیاری سطحی و زیر سطحی با دو رژیم آبیاری (۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) در زراعت چغندر قند را مورد مقایسه قرار دادند. اعمال ۸۰ درصد نیاز آبی در روش آبیاری زیر سطحی منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۱۶/۶ درصد گردید بدون این که در عملکرد ریشه کاهش معنی‌داری به وجود آید. بزا و تایا (Bazza and Tayaa 1999) اعلام نمودند که اعمال ۲۵ درصد کم آبیاری، کاهش ۲۱ درصد در تولید ریشه چغندر قند را به دنبال دارد ولی کارایی مصرف آب ۵ درصد در مقایسه با تیمار آبیاری کامل افزایش می‌یابد. توکلی (۱۳۷۵) در تحقیقی اثرات کم آبیاری را بر روی چغندر قند در کرج مورد بررسی قرار داد. وی گزارش نمود که می‌توان با اعمال ۳۰ درصد

مکعب آب‌خالص در ۱۸ نوبت آبیاری منجر به تولید حداکثر عملکرد ریشه، شکرخالص و کارایی مصرف آب می‌شود.

هاول و همکاران (Howell et al. 1987) عدم حساسیت چغندر قند به کم‌آبیاری در اواخر دوره رشد را گزارش نموده و اعلام کردند که قطع آبیاری به مدت سه تا پنج هفته و در بعضی اوقات هفت هفته قبل از برداشت علی‌رغم عدم کاهش معنی‌دار شکر قابل‌استحصال، آب مصرف‌شده در دوره آخر رشد تا ۵۰ درصد و تمام دوره رشد تا ۱۵ درصد کاهش می‌یابد.

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری در دوره‌های متفاوت روی کمیت و کیفیت چغندر قند و بهره‌وری مصرف آب بود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب، واقع در پنج کیلومتری شهرستان میان‌دوآب در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۶۰ دقیقه طول شرقی و در ارتفاع ۱۳۱۴ متری از سطح دریا با اقلیم سرد و خشک در قطعه زمینی به وسعت ۵۰۰ مترمربع با بافت خاک لوم سیلتی در سال‌های ۷۸ و ۱۳۷۹ در طرح اسپلینت پلات با سه دور آبیاری (۱۰، ۷ و ۱۴ روز) در کرت‌های اصلی و سه سطح آب آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی خالص گیاه) در کرت‌های فرعی بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا شد. هر کرت شامل شش ردیف به فاصله ۰/۶ متر و به طول ۶ متر بوده و کلیه کرت‌ها محصور شدند. فاصله

تأثیر سطوح مختلف آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی (در بیماری ریشه چغندر قند در آزمایشات گلخانه‌ای نشان داد که کمترین بیماری مربوط به تیمار تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی بود. وزن ریشه در این تیمار با تیمار آبیاری کامل تفاوت معنی‌دار نداشت. میزان تبخیر و تعرق برای تیمارهای ۷۵، ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۲۸/۵، ۲۰/۰۵ و ۱۱/۷۲ گرم آب برای هر بوته اندازه‌گیری شد.

کامپوسو و روبین (Camposeo and Pietro Rubino 2003) تأثیر دوره‌های مختلف آبیاری را در میزان جذب آب در لایه‌های مختلف خاک مورد بررسی قرار دادند. سه دور آبیاری براساس تخلیه رطوبتی ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس گیاه را انتخاب نموده و جذب آب توسط گیاه از عمق خاک را توسط دستگاه T.D.R. یادداشت کردند. نتایج نشان داد که با افزایش دور آبیاری جذب آب توسط ریشه در اعماق پایین‌تر خاک توسط ریشه افزایش می‌یابد و این افزایش مدیون افزایش راندمان جذب آب توسط ریشه‌های جوان‌تر بوده و تراکم ریشه تأثیری در این جذب ندارد. در تیمار آبیاری پس‌از ۳۰ درصد تخلیه رطوبتی، ۹۲ درصد از آب جذب شده از لایه ۰/۶-۰/۱۰ متر، در تیمار ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی جذب آب از عمق ۰/۶-۰/۱۰ و ۰/۶-۱/۰ متری تقریباً مساوی بوده و در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس، ۶۰ درصد آب جذب شده مربوط به عمق ۰/۶-۱/۰ متری بود. تحقیقات غالبی (۱۳۷۹) در خصوص بهینه‌سازی مصرف آب در زراعت چغندر قند نشان داد که دور آبیاری هشت روز و مصرف ۹۰۰۰ متر

بعد از وجین)، ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل همزمان با کاشت و ۵۰ کیلوگرم فسفات پتاسیم هم زمان با کاشت برای یک هکتار توصیه شد.

جهت محاسبه نیاز آبی در طول فصل زراعی از رابطه زیر استفاده به عمل آمد (علیزاده ۱۳۷۸):

$$ETc = Kc * ETo \quad (1)$$

که در آن:

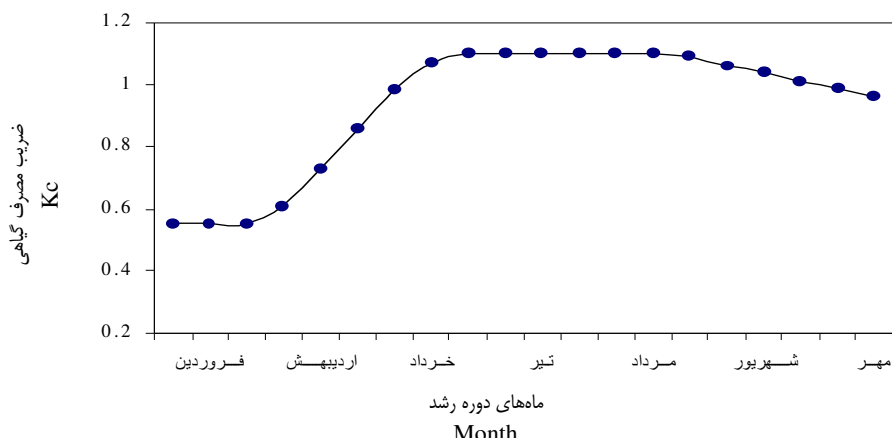
$ETc$  = تبخیر و تعرق واقعی گیاه (میلی متر)

$Kc$  = ضریب گیاهی (بدون واحد)

$ETo$  = تبخیر و تعرق مرجع (میلی متر)

ضریب گیاهی از مطالعات مؤسسه تحقیقات خاک و آب و به روش پیشنهادی فائو (فرشی و همکاران ۱۳۷۶) برآورد گردید (شکل ۱).

کرت‌ها جهت جلوگیری از تأثیر متقابل رطوبت تیمارهای مختلف ۲ متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی خطوط پس از تنک ۲۰ سانتی‌متر بوده و از بذر چغندر قند رقم PP22 جهت کشت استفاده شد. تیمارهای آبیاری پس از سبزشدن بذر اعمال شد. همچنین بعد از تنک و وجین اولین آبیاری بدون اعمال تیمارها صورت گرفت. آب آبیاری در کلاس  $C_2 S_1$  قرار داشته و برای آبیاری کرت‌ها از سیستم لوله‌کشی داخل مزرعه و یک دستگاه موتور پمپ بنزینی استفاده به عمل آمد. تیمارها از بدو کاشت تا مرحله برداشت در دوره‌های ۷، ۱۰ و ۱۴ روز آبیاری به ترتیب ۱۶، ۱۳ و ۱۰ نوبت آبیاری شدند. در ضمن نیاز کودی براساس نتایج آزمون خاک تعیین و اعمال گردید. بر این اساس ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره (نصف همزمان با کشت و نصف در مرحله ۴ تا ۸ برگی



شکل ۱ منحنی ضریب گیاهی چغندر قند در میان‌دوآب

Fig. 1 Sugar beet Kc curve in Meandoab region

قدناخالص و قابل استحصال با استفاده از روابط موجود محاسبه گردید. نتایج حاصل از این پژوهش توسط نرم افزار MSTATC به صورت سالانه و مرکب تجزیه و تحلیل آماری قرار گردید و میانگین تیمارها با روش دانکن مورد دسته‌بندی قرار گرفتند.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب تیمارهای مورد استفاده در جدول ۱ آورده شد و تأثیر تیمارها بر عملکرد کمی و کیفی ذیلاً تحلیل شده است:

با کاهش مقدار آب آبیاری و افزایش دور آبیاری از عملکرد ریشه به طور معنی‌داری کاسته شده است. حداکثر عملکرد ریشه از تیمار D7-S100 با ۶۷/۷۱ تن در هکتار و حداقل آن از تیمار D14-S50 با ۴۸/۷ درصد کاهش معادل ۳۴/۷۶ تن در هکتار به دست آمد. بدیهی است که در تیمار D7-S100 رطوبت نسبت به سایر تیمارها بیشتر و برای گیاه سهل‌الوصول‌تر بوده و گیاه توانسته است حداکثر عملکرد نسبت به سایر تیمارها را تولید کند. در دور هفت روز با کاهش میزان آب آبیاری در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز کامل، عملکرد ریشه به ترتیب ۱۰ و ۳۱/۶ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل، کاهش یافت. این مقادیر در دور ده روز به ترتیب ۲۳/۵ و ۴۱/۸ درصد و در دور چهارده روز به ترتیب ۳۴/۸ و ۴۸/۷ درصد بود. به عبارتی تأثیر کم آبیاری در دوره‌های

برای تخمین تبخیر و تعرق مرجع از اطلاعات لایسیمیتری به عنوان برترین روش (قهرمانزاده ۱۳۷۵) مستقر در ایستگاه تحقیقاتی میان‌دوآب در سال‌های گذشته استفاده به عمل آمده و مدل زیر بدین منظور با استفاده از آمار تشتک برای ایستگاه مذکور ارائه گردید.

$$ET_0 = 1.1184 * E_p^{0.8578} \quad (۲)$$

که در آن  $E_p$  تبخیر از تشتک و  $ET_0$  تبخیر و تعرق مرجع بر حسب میلی‌متر در روز است. مقادیر روزانه تبخیر از تشتک از ایستگاه هواشناسی مستقر در داخل ایستگاه تحقیقاتی میان‌دوآب اخذ و مقدار تبخیر و تعرق مرجع روزانه با استفاده از رابطه ۲ برآورد و در محاسبه آب مورد نیاز تیمارها به کار گرفته شد. در نهایت مقدار تبخیر و تعرق گیاه در دوره‌های مربوطه محاسبه و نیاز آبیاری با کسر میزان بارندگی و با فرض راندمان آبیاری معادل ۹۰ درصد (باتوجه به مساحت کم کرت‌ها و نحوه کنترل آبیاری) در دوره‌های مختلف برای تأمین صد درصد نیاز گیاه به صورت حجمی برآورد گردید. سپس با در نظر گرفتن سطوح آبیاری، میزان آب مورد نیاز تیمارها محاسبه و به طور مستقل برای هر کرت داده شد. در پایان فصل رشد چهار خط وسط هر کرت با ملحوظ داشتن نیم‌متر حاشیه از بالا و پایین خطوط برداشت، شمارش و توزین شده و ریشه‌ها جهت تعیین صفات کیفی شامل درصد قند، سدیم، پتاسیم و ازت مضره در ریشه به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات چغندر قند ارسال گردید. درصد قند سفید، عملکرد

نهایی اقدام نمود. در جدول ۲ تأثیر تیمارهای آبیاری در عملکرد ریشه و شکر و همچنین تغییرات نسبی آنها نسبت به حداکثر تولید (تیمار D7-S100) آورده شده است. نتایج این تحقیق مبنی بر تأثیر کم آبیاری در کاهش عملکرد ریشه، افزایش درصد قند و افزایش عملکرد شکر، یافته‌های تحقیقاتی، خیرابی و همکاران (۱۳۷۵)، جهاد اکبر و همکاران (۱۳۸۲)، توکلی (۱۳۷۵)، ریتتر (Rytter 2005)، بزا و تایا (Bazza and Tayaa 1999)، وینتر (Winter 1989)، انگلیش و همکاران (English et al. 1990) و هارگریوز و سامانی (Hargreaves and Samani 1984) را تأیید می‌نماید. اثر تیمارهای آبیاری در صفات کیفی چغندر قند معنی‌دار نبود. با این وجود کم آبیاری تأثیر مثبت در برخی صفات کیفی داشت. با افزایش مصرف آب درصد قند ریشه کاهش می‌یابد (شکل 2). در این رابطه تحقیقات آماندوس و همکاران (Amaducci et al. 1989)، جهاد اکبر و همکاران (1382)، نیز تأثیر مثبت کم آبیاری در افزایش درصد قند ریشه را تأیید می‌نماید. براساس نتایج تحقیقات وینتر (Winter 1989) و جهاد اکبر و همکاران (۱۳۸۲) سدیم ریشه با افزایش مقدار آب آبیاری افزایش یافته و موجب کاهش درصد قند ریشه می‌شود.

طولانی‌تر آبیاری بیشتر از دوره‌های کوتاه است. تیمارهای D7-S75 و D10-S100 در یک کلاس آماری و تیمارهای D10-S75 و D14-S100 در کلاس دیگری قرار گرفتند.

حداکثر عملکرد شکر از تیمار D7-S100 با ۱۰/۰۷ تن در هکتار و حداقل آن از تیمار D14-S50 با ۵/۵۷ تن در هکتار حاصل شد. افزایش دور آبیاری و کاهش مقدار آب آبیاری در این مورد نیز موجب کاهش معنی‌دار در تولید نهایی شده است. نرخ کاهش در مقایسه با تأثیر کم آبیاری بر عملکرد ریشه کمتر می‌باشد. طوری که در دور هفت روز در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی کامل، عملکرد شکر به ترتیب به میزان ۱۰/۵ و ۲۷/۲ درصد نسبت به حداکثر مقدار به دست آمده در این تحقیق، کاهش یافته و افزایش دور آبیاری از هفت به ۱۰ روز در سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد کاهش عملکرد معنی‌دار نبود. علت این موضوع را می‌توان در افزایش عیار قند در تیمارهای کم آبیاری ذکر نمود. به عبارتی کم آبیاری ضمن کاهش مسلم در عملکرد ریشه، موجب افزایش برخی صفات کیفی چغندر قند شده و تا حدودی کاهش عملکرد ریشه را جبران می‌نماید. بنابراین می‌توان نسبت به افزایش دور آبیاری بدون کاهش معنی‌دار در درآمد

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس تأثیر کم آبیاری در صفات کمی و کیفی چغندر قند در دو سال آزمایشی

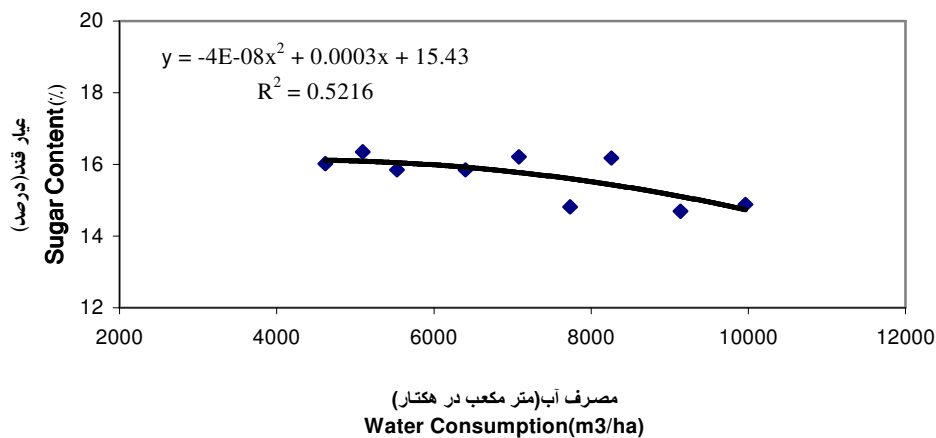
**Table 1** Analysis of variance for sugar beet quantitative and qualitative characteristics as influenced by deficit irrigation (1999 and 2000)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (Mean squares)									
		عملکرد ریشه	عملکرد شکر	درصد قند	Impurities			آلکالیت	درصد قند قابل استحصال	درجه استحصال	درصد قند در ملاس
					پتاس	سدیم	ازت مضره				
S.O.V	df	Root yield	Sugar yield	S.C	K	Na	α- N	ALC	W S.C.	Yield	MS
سال Y	1	6905.47**	407.55**	156.94**	11.32*	54.65**	102.64**	356.35**	234.73**	1774.19**	27.07 **
R*Y	6	104.61**	3.93 ns	10.74*	4.49 ns	6.72**	3.11 ns	26.02 ns	19.31**	180.71**	3.32**
فاکتور A (دور آبیاری)	2	1314.28**	12.92**	4.22 ns	0.06 ns	0.19 ns	2.77 ns	0.12 ns	6.04 ns	66.56 ns	1.93*
Y * A	2	25.10ns	0.30ns	0.92ns	1.07ns	0.08ns	0.54ns	1.46ns	0.51ns	11.53ns	0.70ns
E خطا	12	19.95	1.59	2.74	1.65	1.01	1.55	10.05	3.01	29.64	0.45
فاکتور B (مقدار)	2	2472.89**	41.22**	3.12 ns	0.20 ns	1.43 ns	0.32 ns	5.13 ns	4.84 ns	44.10 ns	1.43 ns
Y * B	2	13.63ns	0.11ns	0.23ns	1.20ns	0.72ns	3.48ns	8.23ns	0.34ns	14.21ns	1.25ns
A * B	4	24.17 ns	0.54ns	2.61 ns	2.14 ns	1.48 ns	0.19 ns	8.91 ns	5.23 ns	68.73 ns	0.35 ns
Y * A * B	4	39.41ns	0.96ns	1.62ns	1.45ns	2.60ns	0.89ns	6.73ns	3.45ns	77.74ns	0.34ns
E خطا	36	24.29	1.08	2.17	0.97	1.45	1.33	5.32	3.23	57.01	0.67
ضریب تغییرات C.V		9.68	12.93	9.42	13.01	36.00	33.60	51.98	15.11	10.11	20.13

\*, \*\* and ns Significant at 5, 1 percent and not significant respectively

\*, \*\*, و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی داری





شکل ۲ رابطه همبستگی آب مصرفی و عیار ریشه چغندر قند

Fig. 2 Relationship between water consumption and sugar content

جدول ۲ گروه‌بندی تیمارهای آبیاری برای عملکرد ریشه و شکر در دو سال آزمایش

Table 2 Grouping of irrigation treatments on root yield and white sugar yield (1999 and 2000)

تیمار	عملکرد ریشه	تغییرات نسبی عملکرد	عملکرد شکر	تغییرات نسبی عملکرد شکر
Treatment	Root yield (t/ha)	Percent of changes (%)	Sugar yield (t/ha)	Percent of changes (%)
D7-S100	67.71(a)	100	10.07(a)	100
D7-S75	60.84(b)	90	9.01(b)	89.5
D7-S50	42.28(d)	69.4	7.33(c)	72.8
D10-S100	61.67(b)	91.1	9.06(ab)	90.0
D10-S75	51.82(c)	76.5	8.40(b)	83.4
D10-S50	39.37(ef)	58.2	6.44(d)	64.0
D14-S100	51.52(c)	76.1	8.33(b)	82.7
D14-S75	44.16(de)	65.2	7.00(c)	71.2
D14-S50	34.76(f)	51.3	5.57(de)	55.3

میانگین‌های دارای حروف مشترک در یک گروه آماری قرار دارند.

Means followed by similar letters were not significantly different

D14-S50 با ۵۳/۶ درصد کاهش به میزان

۴۶۲۰ مترمکعب در هکتار مصرف شد. در جدول ۴ مصرف

حداکثر آب آبیاری در تیمار D7-S100 به میزان

۹۹۶۵ مترمکعب در هکتار و حداقل آن در تیمار

کاهش ۰/۱۸۸ و ۰/۰۵۵ واحد از کارایی مصرف آب آبیاری به ترتیب براساس عملکرد ریشه و شکر می‌شود. افزایش کارایی مصرف آب در زراعت چغندر قند با اعمال کم آبیاری در تحقیقات توکلی (۱۳۷۵)، رحیمیان و اسدی (۱۳۷۹) و بزا و تاپا (Bazza and Tayaa 1999) نیز تأیید شده است.

آب آبیاری و کارایی مصرف آب آبیاری در تیمارهای مختلف براساس تولید ریشه و شکر قابل استحصال مورد مقایسه قرار گرفته است. با ایجاد رابطه خطی بین مقادیر آب آبیاری و کارایی مصرف آب آبیاری براساس عملکرد ریشه و شکر می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مقادیر آب آبیاری از کارایی مصرف آب آبیاری کاسته می‌شود طوری که افزایش ۱۰۰۰ مترمکعب آب آبیاری موجب

### جدول ۳ کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف

Table 3 Irrigation water use efficiency in irrigation treatments

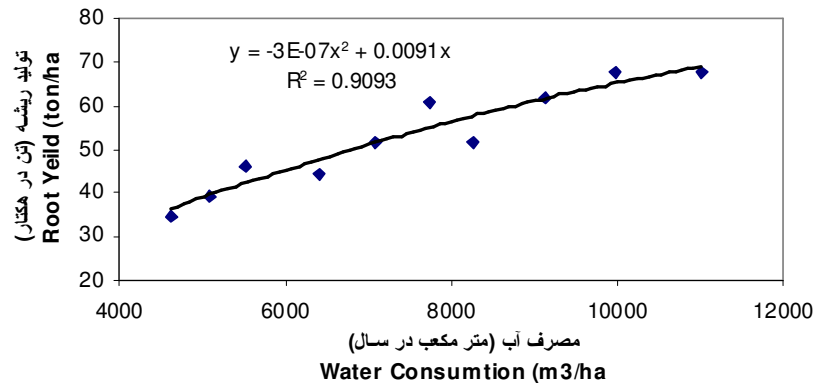
تیمار	حجم آب آبیاری	مصرف نسبی آب	عملکرد ریشه	کارایی مصرف آب آبیاری <sup>۱</sup>	عملکرد شکر	کارایی مصرف آب آبیاری <sup>۲</sup>
Treatment	Water Consumption	Percent of changes	Root yield	WUE <sup>1</sup>	Sugar yield	WUE <sup>2</sup>
	(m <sup>3</sup> /ha)	(%)	(t/ha)	(kg/m <sup>3</sup> )	(t/ha)	(kg/m <sup>3</sup> )
D7-S100	9965	100	67.71	6.79	10.07	1.01
D7-S75	7730	77.6	60.84	7.87	9.01	1.17
D7-S50	5530	55.5	42.28	7.65	7.33	1.33
D10-S100	9135	91.7	61.67	6.75	9.06	0.99
D10-S75	7080	71.0	51.82	7.32	8.40	1.19
D10-S50	5095	51.1	39.37	7.73	6.44	1.26
D14-S100	8255	82.8	51.52	6.24	8.33	1.01
D14-S75	6400	64.2	44.16	6.90	7.00	1.09
D14-S50	4620	46.4	34.76	7.52	5.57	1.21

۱- کارایی مصرف آب براساس تولید ریشه تر - ۲- کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد شکر

1-WUE on the basis of root yield 2- WUE on the basis of sugar yield

بیشتر از مقادیر بالای آب آبیاری می‌باشد به بیان دیگر با اتخاذ تکنیک کم‌آبیاری می‌توان کارایی مصرف آب آبیاری را افزایش داد.

رابطه آب مصرفی و عملکرد ریشه در شکل ۳ آورده شده است. براساس این شکل نرخ افزایش تولید به‌ازای مقدار آب مصرفی در مقادیر پایین آب آبیاری



شکل ۳ رابطه عملکرد ریشه با میزان آب آبیاری

Fig. 3 Relationship between irrigation water applied and root yield

به کاهش مقدار مصرف آب آبیاری در تیمار D10S75 می‌توان در صورت محدودیت منابع آب و لزوم اعمال کم‌آبیاری، این تیمار را برای منطقه پیشنهاد نمود. براساس کارایی مصرف آب آبیاری بر مبنای عملکرد شکر و با پرهیز از سطح آبیاری ۵۰ درصد، آبیاری با دور ۱۰ روز و اعمال ۲۵ درصد کم‌آبیاری (D10S75) برای منطقه قابل توصیه است. در این گزینه، مقدار مصرف آب نسبت به تیمار D7S100، ۲۸/۹ درصد کاهش می‌یابد. این در حالی است که کاهش عملکرد ریشه و شکر به ترتیب ۲۳/۵ و ۱۶/۶ درصد می‌باشد. بنابراین نرخ کاهش تولید در مقایسه با مصرف آب به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر بوده و در واقع می‌توان با آب صرفه‌جویی شده جهت توسعه کشت اراضی آبی اقدام نمود.

### نتیجه‌گیری

از نظر عملکرد ریشه، تیمار D7S100 بیشترین و سپس تیمارهای D10S100 و D7S75 به ترتیب با ۸/۹ و ۱۰ درصد کاهش نسبت به تیمار اول، بیشترین ریشه را تولید نموده‌اند. در این میان با توجه به این که افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۰ روز موجب کاهش سه نوبت آبیاری و هزینه‌های مربوطه می‌شود، لذا دور آبیاری ده روزه و تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه (اعمال ۲۵٪ کم‌آبیاری) برای منطقه توصیه می‌شود و پیشنهاد می‌شود از اعمال ۵۰ درصد کم‌آبیاری، به علت کاهش شدید عملکرد ریشه اجتناب شود. از نظر عملکرد شکر، اختلاف معنی‌دار در تیمارهای D7S100 و D10S100 مشاهده نشد. در ضمن تیمار D10S75 نیز با تیمار D10S100 از نظر آماری در یک گروه آماری قرار گرفتند. لذا با توجه

**منابع مورد استفاده:**

- بی‌نام. ۱۳۷۹. سند ملی آب کشور. وزارت کشاورزی. جلد نوزدهم. صفحه ۴۵.
- توکلی، ع.ر. ۱۳۷۵. بررسی اثرات کم آبیاری روی محصول چغندر قند و تعیین تابع تولید. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- جهاد اکبر، م.ر. و ابراهیمیان، ح.ر. ۱۳۷۷. ارزیابی سه مدیریت زراعی و شش رقم جهت صرفه‌جویی آب در سه ماهه اول فصل رشد در زراعت چغندر قند. مجله علمی-ترویجی چغندر قند، جلد ۱۴، شماره های (۱ و ۲).
- جهاد اکبر، م.ر. عقدایی، م. و ابراهیمیان ح.ر. ۱۳۸۰. بررسی اثر تاخیر در آبیاری پس از سبزشدن محصول در زراعت چغندر قند. مجله علمی- ترویجی چغندر قند، جلد ۱۷، شماره ۲، ص ۱۰۹-۹۹.
- جهاد اکبر، م.ر. ابراهیمیان، ح.ر. ترابی، م. و گوهری، ج. ۱۳۸۲. تاثیر کم آبیاری بر کمیت و کیفیت چغندر قند در کبوترآباد اصفهان. مجله چغندر قند، جلد ۱۹، شماره ۱، ص ۱۰۰-۸۱.
- خیرابی، ج. اسدالهی، س.ا.ا. انتصاری، م.ر. توکلی، ع.ر. و سلامت ع.ر. ۱۳۷۵. کم آبیاری تنظیم شده اهمیت و ضرورت آن در شرایط ایران. مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- خیرابی، ج. توکلی ع.ر. انتصاری، م.ر. و سلامت ع.ر. ۱۳۷۵. دستورالعمل‌های کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- رحیمیان، م.ح. و اسدی، ح. ۱۳۷۹. تأثیر تنش آبی بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند و تعیین تابع تولید ضریب گیاهی آن. ویژه‌نامه آبیاری. جلد ۱۲ شماره ۱۰، ص ۶۳-۵۸.
- سپاسخواه، ع.ر. توکلی، ع.ر. و موسوی، س.ف. ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. نشریه شماره ۱۰۰. ۲۸۸ ص.
- علیزاده، ا. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات آستان قدس رضوی.
- غالبی، س. ۱۳۷۹. بهینه سازی مصرف آب در زراعت چغندر قند با استفاده از توابع تولید آب - عملکرد در کرج. مجله خاک و آب. جلد ۱۲ شماره ۱۰. ص ۲۰.
- فرشی، ع.ا. شریعتی، م.ر. جاراللهی، ر. قائمی، م.ر. شهابی‌فر، م. و تولائی، م.م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. نشر آموزش کشاورزی. جلد اول.
- قهرمانزاده، ب. ۱۳۷۵. تعیین مناسبترین رابطه برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل از بین روابط موجود برای منطقه ارومیه.
- کشاورز، ع. و صادق‌زاده، ک. ۱۳۷۹. کم آبیاری بهینه و تجزیه و تحلیل ریاضی و اقتصادی آن. مجله تحقیقات فنی و مهندسی

**References**

کشاورزی. جلد ۵، شماره ۱۷.

کوچکی، ع و سلطانی ا. ۱۳۷۵. زراعت چغندر قند. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

- Amaducci MT, Cucci G, De Caro A, Gherbin P, Mambelli S, Venturi G (1989) Sugar Beet Yield Response to Irrigation in Different Environmental Conditions, *Irrigation E Drainaggio*, 36, 153-159
- Bazza M, Tayaa M (1999) Contribution to improve sugar beet deficit irrigation. Kluwer Academic Publisher
- Cook DA, Scot RK (1993) The suger beet crops, science into practice. Published by Chapman and Hall, IS. No-412-25130-2, P: 278-324
- Camposeo S, Rubino P (2003) Effect of irrigation frequency on root water uptake in sugar beet. Springer Science, Business Media BV, Formerly Kluwer Academic Publishers BV, 253 (2): 301-309
- Doorenbos J, Pruitt WH (1977) Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- Dunham RM (1993) The Sugar Beet Crop: Science into Practice, Cooke, DA and Scott RK (eds), Chapman and Hall
- English MJ, Musick JT, NMurty VV (1990) Deficit irrigation. P: 631-663. In: G.J.Hoffman, T.A.Howell, and K.H.Solomon(eds). Management of farm irrigation systems. ASAE Monograph No.9. American Society of Agricultural Engineers.2950 Niles Road. St. Joseph, MI49085-9659
- Hang AN, Miller DE (1986a) Responses of sugar beet to deficit, high- frequency sprinkler irrigation I:sucrose accumulation and top and root dry matter production. *Agronomy J*. 78 (1): 10-14
- Hang AN, Miller DE (1986b) Responses of sugar beet to deficit, high- frequency sprinkler irrigation, II:Sugar beet development and partitioning to root growht. *Agromomy J*. 78(1): 15-18

- Hargreaves GH, Samani ZA (1984) Economic consideration of deficit irrigation. J. A. Irrig. Drain. Eng., 110(4):343-358
- Howell TA, Ziska LH, McCormick RL, Burtch LM, Fischer BB (1987) Response of sugarbeet to irrigation frequency and cut off on a clay loam soil. Irrig. Sci. 8:1-11
- Kenan U, Gencoglan C (2004) The effect of water deficit on yield and yield component of sugar beet. Turk J. Agric.28:163-172
- Miller DE, Aursaj JS (1976) Yields and sugar content of sugarbeet as affected by deficit high frequency irrigation. Agromomy J., 68:231-234
- Piccinni G, Rush CM (2000) Determination of optimum irrigation regime and Water Use Efficiency of sugar beet grown in pathogen-infested soil. Plant Dis. 84:1067-1072
- Rytter RM (2005) Water Use Efficiency, Carbon Isotope Discrimination and Biomass Production of Two Sugar Beet Varieties Under Well-Watered and Dry Conditions. Journal of Agronomy and Crop Science, 191(13): 426-438
- Sakellariou- Makrantonaki M, Kalfountzos D, Vyrilas P (2002) Water saving and yield increase of sugar beet with subsurface drip irrigation. Global Nest: the Int. J., 4(2-3): 85-91
- Zhivkov ZhV (1984) Optimizing the irrigation regime of sugar beets during water deficit. Rasteniev. 21:72-78
- Winter Sr (1989) Sugar beet yield and quality response to irrigation, row width and stand density. J. Sugar beet Res., 26: 26-33