

نقش کم آبیاری کنترل شده بر کمیت و کیفیت چغندر قند

Role of controlled deficit irrigation on sugar beet quantity and quality

مسعود فرزام‌نیا^{۱*}، قاسم زارعی^۲، داریوش فتح‌اله طالقانی^۳ و داود درویشی^۴

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۱۹

م. فرزام‌نیا، ق. زارعی، د. فتح‌اله طالقانی و د. درویشی. ۱۳۸۹. نقش کم آبیاری کنترل شده بر کمیت و کیفیت چغندر قند. مجله چغندر قند ۲۶(۲): ۱۶۹-۱۸۳

چکیده

در این پژوهش اثرات تیمارهای مختلف کم آبیاری بر چغندر قند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در دو منطقه بردسیر در استان کرمان و کرج در استان البرز بررسی شدند. مقدار آب مورد نیاز گیاه در مقاطع دو روزه محاسبه و این مقدار در سه مرحله از رشد (توسعه، میان فصل و رسیدن) در دوره‌های متفاوت (دو روز، سه روز، چهار روز و پنج روز) به گیاه داده شد. سیستم آبیاری مورد استفاده آبیاری قطره‌ای - نواری (Tape) بود. پس از برداشت، صفات مهم مربوط به کمیت و کیفیت چغندر قند تعیین و تجزیه مرکب برای دو منطقه و دو سال انجام شد. به منظور تعیین رابطه حجم آب مصرفی به عنوان متغیر مستقل و صفات مورد نظر به عنوان متغیر وابسته، ضرایب همبستگی تعیین و تجزیه رگرسیون انجام شد. اثر تیمارها بر کلیه صفات به جز پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره معنی دار شد ($p < 0.05$). تیمارهای T_9 (تنش آبی متوسط در مراحل توسعه و رسیدن تکنولوژیکی) و T_{10} (تنش آبی متوسط و شدید در مرحله رسیدن تکنولوژیکی)، از نظر عملکرد ریشه و شکر، کارایی مصرف آب آبیاری بر اساس عملکرد ریشه و شکر، عیار قند و شاخص کیفی صنعتی برتر بوده و قابل توصیه می‌باشند. آب مصرفی در تیمارهای فوق به ترتیب در بردسیر 6840 و 6944 و در کرج 7758 و 7849 مترمکعب در هکتار بود که حدود ۷۷ درصد آب مصرف شده در تیمار T_1 (شاهد) است. تیمارهای یاد شده در تجزیه مرکب مناطق نیز برتر بودند. نتایج نشان دادند که تنش در مرحله میان فصل نسبت به مراحل دیگر نقش بیشتری در کاهش عملکرد ریشه داشته است. همچنین، تیمارهایی که در مراحل مختلف رشد محدودیت آبی نداشته و یا کم‌تر داشته‌اند (T_3 و T_2, T_1)، دارای کمترین کارایی مصرف آب آبیاری بوده و کمتر قابل توصیه‌اند.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، کارایی مصرف آب، کم آبیاری، مراحل رشد

۱- مری پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان * - نویسنده مسئول

masoud_farzannia@yahoo.com

۲- استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی - کرج

۳- استادیار مؤسسه تحقیقات چغندر قند - کرج

۴- مری پژوهشی بخش تحقیقات منابع طبیعی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان

مقدمه

در شرایط آب و هوایی ایران مشکل اصلی افزایش تولید محصولات کشاورزی، محدودیت منابع آب است. این در حالی است که بخش کشاورزی بیش از ۹۰ درصد آب استحصال شده در کشور را به خود اختصاص می‌دهد و راندمان آبیاری روش‌های سنتی مورد استفاده کنونی در این بخش حدود ۳۵ درصد برآورد شده است (کشاورز و صادق‌زاده ۱۳۷۹). پذیرش شیوه‌های جدید آبیاری و استفاده از فن‌آوری‌های مناسب از جمله راه‌های افزایش بازده آبیاری و کارایی مصرف آب است. از روش‌هایی که در سال‌های اخیر جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی (به ویژه در زراعت‌های ردیفی) پیدا کرده‌است، روش آبیاری قطره‌ای - نواری (Tape) می‌باشد. تعیین چگونگی مدیریت این سیستم آبیاری برای توصیه به کشاورزان ضروری می‌باشد. مارتین و همکاران (Martin et al. 1999) اظهار می‌دارند چغندر قند یکی از گیاهان ردیفی است که نیاز آبی آن بالا است. به همین خاطر در مناطقی که از نظر منابع آبی با محدودیت مواجه هستند، توسعه آن با مشکل روبرو است. این گیاه از مهم‌ترین گیاهان صنعتی ایران است که در حال حاضر در سطحی حدود ۱۸۰ هزار هکتار و با متوسط عملکرد ۳۰ تن ریشه در هکتار کشت می‌شود (بی‌نام ۱۳۸۲).

داویدف و هنکس (Davidoff and Hanks 1989) اظهار می‌دارند که آزمایشات متعدد تحت شرایط مختلف توسط محققین در سراسر دنیا نشان داده است که

در بعضی از مراحل رشد می‌توان از روش‌های کم‌آبیاری کنترل شده (CDI= Controlled deficit irrigation) استفاده کرد بدون آن که باعث افت معنی‌داری در کیفیت و کمیت محصول گردد. براساس نظر انگلیش و همکاران (English et al. 1990)، تحقیقات بیشتر در زمینه کم‌آبیاری کنترل شده یا اعمال تنش در مراحل از رشد که گیاه مقاوم باشد، می‌تواند روش مناسبی برای بهبود کارایی مصرف آب باشد. توکلی و فرداد (۱۳۷۵) در مقایسه بین کم‌آبیاری و آبیاری کامل گیاه چغندر قند به این نتایج رسیدند که: ۱- اگرچه آبیاری کامل بالاترین میزان عملکرد را به دنبال دارد، اما به دلیل بالا رفتن هزینه‌ها و کاهش عیار قند (و متعاقباً کاهش قیمت محصول)، سود خالص نهایی کاهش می‌یابد، ۲- در کم‌آبیاری با کاهش ۳۱/۳ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل، اگرچه عملکرد به میزان ۱۳/۸ درصد کاهش می‌یابد، اما سود خالص نهایی تغییری نمی‌کند و ۳- با کاهش ۲۱ درصدی در آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل، بالاترین میزان فایده به هزینه (B/C) به دست آمده است. حقیقت و همکاران (۱۳۷۸) رژیم‌های مختلف آبیاری را روی عملکرد و عیار چغندر قند مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که با مصرف بیشتر آب، عملکرد ریشه و قند ناخالص افزایش یافت. همچنین، اظهار داشتند که با کاهش آب آبیاری عملکرد قندخالص تغییری نکرد. در حال حاضر با توجه به کمبود منابع آبی و افزایش جمعیت ایران، استفاده بهینه از آب و سیستم‌های آبیاری با

تیماری را توصیه کردند که در مراحل سه‌گانه رشد به ترتیب به‌طور متوسط، ملایم و شدید تحت محدودیت آبی قرار گرفته بود. همچنین، اظهار داشتند تیمارهایی که در مرحله حجیم شدن ریشه مورد تنش قرار گرفته‌اند عملکردشان به‌طور محسوس از آن‌هایی که در این مرحله تنش ندیده بودند، کمتر بود. برادران فیروزآبادی (۱۳۸۱) اظهار داشته است که با کم‌شدن آب قابل استفاده ریشه، درصد شکر قابل استحصال افزایش یافت و با توجه به این که از تفاوت درصد قند ملاس از درصد قند ناخالص، درصد شکر قابل استحصال به‌دست می‌آید لذا افزایش صفت مذکور در شرایط تنش را به‌دلیل افزایش درصد قند ناخالص و کاهش سدیم و کاهش قند ملاس در شرایط تنش، ذکر کرد.

هدف از تحقیق حاضر تعیین واکنش چغندر قند به تنش آبی (کم‌آبیاری) در هر کدام از مراحل رشد و تأثیر تنش بر صفات مهم کمی و کیفی است تا مشخص شود چغندر قند در کدام مرحله از رشد کم‌ترین عکس‌العمل به تنش آبی دارد. بدیهی است که از صرفه‌جویی آب در این مرحله، امکان به‌کارگیری آب در محل و زراعت دیگر فراهم می‌شود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین تأثیر کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد چغندر قند و همچنین تعیین برنامه‌ریزی مناسب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای - نواری تحت کم‌آبیاری

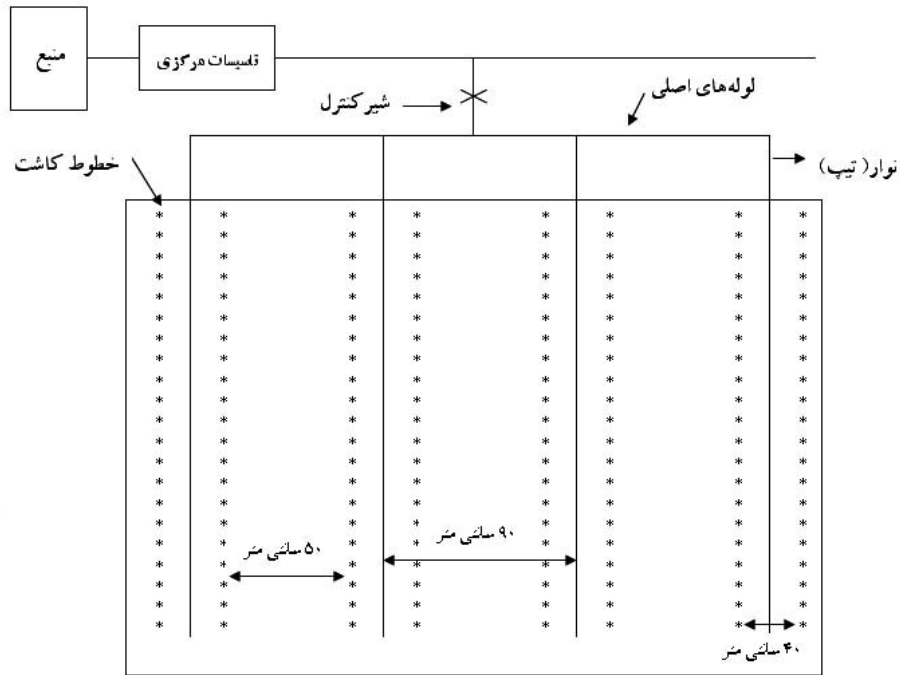
راندمان بالا (آبیاری تیپ) مورد توجه جدی قرار گرفته است. کریم‌زاده (۱۳۸۱) مقدار کارآیی مصرف آب در چغندر قند را در روش آبیاری قطره‌ای نواری ۲/۸۵ برابر روش آبیاری سنتی گزارش کرده است. نتایج این تحقیق نشان داد که با آب صرفه‌جویی شده در روش قطره‌ای می‌توان سطح زیرکشت را ۷۰ درصد افزایش داد که این خود باعث افزایش ۲/۳ برابری سود خالص می‌گردد. در یکی از مزارع شهرستان بروجن واقع در استان چهارمحال بختیاری با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای نواری، آب مصرفی در زراعت چغندر قند کاهش یافت و محصولی در حدود ۶۰ تن در هکتار با عیار قند ۱۸ درصد به‌دست آمد (مشاهدات شخصی). کنان (Kenan 2004) تأثیر کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد محصول چغندر قند را بررسی کرد و نتایج این تحقیق نشان داد در تیمارهایی که آب کم‌تری دریافت کردند درصد شکر افزایش و آب مصرفی (ET) و عملکرد ریشه کاهش یافت. فابیرو و همکاران (Fabeiro et al. 2003) تأثیر تنش آبی در سه مرحله توسعه، حجیم شدن ریشه و رسیدن را بر عملکرد و کیفیت محصول چغندر قند بررسی کرده و نشان دادند که حجم آب آبیاری بر عملکرد و شاخص کیفی صنعتی (IQI= Industrial quality index) تأثیری نداشت، لیکن کارآیی مصرف آب (WUE) را تحت تأثیر قرار داد و تیمارهایی که آب کم‌تری دریافت کرده بودند، با توجه به اینکه تفاوت عملکردشان نسبت به بقیه تیمارها معنی‌دار نبود، از کارآیی مصرف آب بالاتری برخوردار بودند. ایشان

کرت‌های طرح را نشان می‌دهد. هر بلوک دارای ۱۱ کرت به ابعاد $10 \times 3/5$ متر و هر کرت دارای چهار ردیف و هر ردیف با دو خط کاشت به فاصله ۴۰ سانتی‌متر از هم و به طول ۱۰ متر بود. فاصله ردیف‌های کاشت از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر، براساس الگوی کشت معمول در منطقه و کشور منظور گردید. آبیاری از طریق نوارهای تیپ انجام شد، به طوری که در وسط دو خط کاشت در هر ردیف از یک نوار برای آبیاری استفاده شد. بنابراین، فاصله نوارها از همدیگر ۹۰ سانتی‌متر بود. فاصله خروجی‌ها (قطره‌چکان) روی نوار تیپ ۲۵ سانتی‌متر و شدت جریان خروجی از آن چهار لیتر در ساعت در هر متر طول بود. تیمارها با توجه به چهار مرحله رشد گیاه چغندر قند به صورت جدول ۲ انتخاب و اعمال شدند.

جهت انجام طرح پس از آماده کردن زمین، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (تا عمق ۶۰ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد (جدول ۱) و نیازهای کودی آن با توجه به توصیه‌های بخش تحقیقات خاک و آب تأمین شد. برای هر ردیف کشت یک نوار تیپ و برای هر کرت چهار نوار تیپ ۱۰ متری استفاده شد. مقدار آب مصرفی برای همه دوره‌های آبیاری یکسان و برابر با مقدار آب مصرفی تیمار شاهد (T_1) بود.

کنترل شده، این طرح در دو منطقه بردسیر کرمان و کرج در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ انجام گرفت. شهرستان بردسیر در فاصله ۵۵ کیلومتری جنوب غربی کرمان قرار گرفته است. وسعت این شهرستان ۳۰۰,۰۰۰ هکتار، ارتفاع متوسط از سطح دریا ۱۹۵۰ متر و بین طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۲ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۲۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی قرار گرفته است. براساس تقسیمات اقلیمی آمبرژه این منطقه جزء نواحی خشک معتدل محسوب می‌گردد. با توجه به وجود کارخانه قند در این شهرستان، کشت غالب منطقه چغندر قند است. منطقه دیگر، ایستگاه تحقیقاتی مهندس عبدالرسول مطهری (کمال‌شهر) در شهرستان کرج و در ضلع غربی جاده‌ی قزل‌الحصار واقع شده است. طول جغرافیایی این ایستگاه ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی آن ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا، حدود ۱۳۰۰ متر می‌باشد. آب و هوای این منطقه مدیترانه‌ای گرم و خشک همراه با زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک است و از مناطق رطوبتی با رژیم خشک محسوب می‌گردد. بافت خاک منطقه خیلی سنگین تا متوسط و جزء خاک‌های رسوبی رده‌بندی شده است.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار در سه تکرار اجراء شد. شکل ۱ نقشه یکی از



شکل ۱ نقشه اجرایی یکی از کرت های طرح مورد بررسی

جدول ۱ برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع چغندر قند مورد مطالعه

محل اجرا	سال	عمق نمونه خاک (سانتی متر)	بافت	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد وزنی)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	کربن آلی (درصد)
بردسیر	۱۳۸۳	۰-۲۰	سیلتی	۱/۴۵	۱۸/۷۶	۷/۱	۳/۹	۷/۷	۰/۶۶
		۲۰-۴۰	سیلتی	۱/۴۶	۱۸/۲۹	۶/۸۵	۴/۸	۷/۸	۰/۳۶
		۴۰-۶۰	سیلتی	۱/۴۵	۱۸/۴۸	۷/۱	۴/۳	۷/۷	۰/۳۱
	۱۳۸۴	۰-۲۰	لومی	۱/۴۴	۱۸	۷/۵۷	۵/۱	۷/۶	۰/۱۹۹
		۲۰-۴۰	لومی	۱/۴۶	۱۷/۱۹	۷/۲۶	۴/۶	۷/۷	۰/۱۴
		۴۰-۶۰	لومی	۱/۴۵	۱۷/۳۱	۷/۵۲	۳/۹	۷/۸	۰/۰۴۷
کرج	۱۳۸۳	۰-۲۰	رسی-سیلتی	۱/۵۰	۲۷/۵۳	۱۶/۷۹	۱/۱	۸	۰/۶۴
		۲۰-۴۰	رسی-سیلتی	۱/۵۲	۲۷/۵۲	۱۶/۹۷	۱	۷/۹	۰/۳۹
		۴۰-۶۰	رسی-سیلتی	۱/۵۸	۲۶/۲۷	۱۶/۹۴	۰/۸۹	۷/۸	۰/۴۷
	۱۳۸۴	۰-۲۰	رسی-سیلتی	۱/۵۱	۲۸/۶۴	۱۶/۸۵	۱	۷/۹	۰/۶۱
		۲۰-۴۰	رسی-سیلتی	۱/۵۴	۲۶/۹۲	۱۶/۵۱	۱/۰۹	۷/۹	۰/۴۵
		۴۰-۶۰	رسی-سیلتی	۱/۵۷	۲۶/۱۶	۱۶/۸۱	۰/۹۵	۷/۸	۰/۴۱

جدول ۲ مشخصات تیمارهای آبیاری در مراحل مختلف رشد

تیمارها											مراحل رشد
T ₁₁	T ₁₀	T ₉	T ₈	T ₇	T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	
I ₁	I ₁	I ₁	I ₁	I ₁	I ₁	I ₁	I ₁	I ₁	I ₁	I ₁	مرحله استقرار
I ₃	I ₃	I ₃	I ₂	I ₃	I ₂	I ₂	I ₂	I ₁	I ₁	I ₁	مرحله توسعه
I ₂	I ₁	I ₁	I ₂	I ₂	I ₂	I ₁	I ₁	I ₁	I ₁	I ₁	مرحله میان فصل
I ₃	I ₄	I ₃	I ₄	I ₄	I ₃	I ₃	I ₄	I ₃	I ₄	I ₁	مرحله رسیدن

I₁, I₂, I₃ و I₄ به ترتیب دور آبیاری ۲، ۳، ۴ و ۵ روز و T₁ شاهد

به منظور تعیین برخی ویژگی‌های کیفی چغندر قند پس از شستشوی کامل ریشه‌های برداشت شده، از محصول هر کرت خمیر ریشه تهیه گردید و در آزمایشگاه موسسه تحقیقات چغندر قند با استفاده از دستگاه بتالایزر درصد قند (S.C)، عناصر سدیم (Na)، پتاسیم (K) و نیتروژن مضره (N) برحسب میلی‌اکی‌والان گرم در صدگرم خمیر ریشه تعیین شد. از نتایج حاصل از تجزیه خمیر ریشه چغندر قند، درصد قند خالص به روش راینفلد و امریچ (Reinefeld and Emmerich 1986) محاسبه شد. عملکرد قندخالص از حاصلضرب درصد قندخالص و عملکرد ریشه محاسبه گردید. با استفاده از داده‌های بدست آمده شاخص کیفی استاندارد (IQI) محصول چغندر قند با استفاده از رابطه (IV) که مارتین و همکاران (Martin et al. 2001) ارائه داده‌اند، محاسبه شد.

$$IQI = (pol - ms - 0.7) / pol \quad (IV)$$

که در آن IQI شاخص کیفی استاندارد، pol درصد قند ناخالص و ms درصد قند ملاس هستند.

از سایر صفات اندازه‌گیری شده می‌توان عملکرد ریشه (RY)، عملکرد قند ناخالص (SY) و حجم

برای تعیین مقدار آب مصرفی تیمار شاهد، ابتدا نیاز آبی گیاه چغندر قند (ETc) براساس روش فرشی و همکاران (۱۳۷۶) محاسبه و با در نظر گرفتن ضریب مربوط به سطح سایه‌انداز (kr)، نیاز آبی یا تعرق روزانه (Td) با استفاده از معادلات زیر محاسبه گردید (علیزاده ۱۳۷۶):

$$kr = (0.1 + GC) \quad (I)$$

(هر کدام که کوچکتر بود)

$$Td = kr * Etc \quad (II)$$

که در آن؛ GC، درصد پوشش گیاهی یا سطح سایه‌اندازی گیاه نسبت به کل مساحت مزرعه (به صورت اعشار) است. سپس با در نظر گرفتن سطح کرت‌ها، آب به صورت حجمی از رابطه (III) محاسبه و کنترل آن با استفاده از کنتور حجمی صورت گرفت.

$$V = A * Td \quad (III)$$

که در آن A سطح کرت به مترمربع، Td برحسب میلی‌متر و V برحسب لیتر می‌باشد. در آخر دوره رشد، ریشه چهار ردیف وسط هر کرت برداشت و برخی صفات کیفی و کمی اندازه‌گیری یا برآورد شدند.

میانگین دو ساله آب مصرفی مربوط به مناطق بردسیر و کرج در هریک از مراحل رشد در جدول (۳) نشان داده شده است. کل حجم آب مصرفی تیمارها در بردسیر بین ۵۵۹۵ تا ۸۹۲۶ و در کرج بین ۶۶۴۷ تا ۱۰۱۳۸ مترمکعب در هکتار محاسبه شد. که این مقادیر به ترتیب در هر دو منطقه مربوط به تیمارهای T_1 و T_7 بوده و نشان می‌دهد مقدار آب مصرف شده در تیمار T_7 حدود ۳۵ درصد کمتر از تیمار T_1 بوده است. دلیل اختلاف موجود بین آب مصرفی دو منطقه، مصرف زیاد آب در مرحله استقرار بوته در منطقه کرج می‌باشد.

صفات مربوط به کمیت و کیفیت چغندر قند

نتایج تجزیه واریانس مرکب سال و مکان صفات مختلف در جدول (۴) ارائه شده است. این جدول نشان می‌دهد اثر سال بر همه صفتهای اندازه‌گیری شده به جز عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری براساس وزن شکر معنی‌دار است. از طرف دیگر اثر منطقه فقط بر درصد قندناخالص معنی‌دار بوده و بر عملکرد ریشه و شکر تأثیر معنی‌داری نداشت. براساس این جدول، تیمارهای آبیاری بر درصد قندناخالص (عیار)، درصد قندخالص، قند ملاس، عملکرد ریشه، عملکرد قندخالص و ناخالص، شاخص کیفی صنعتی، کارایی مصرف آب آبیاری براساس عملکرد ریشه و شکر اثر معنی‌دار دارد ولی اثر معنی‌داری بر سدیم، پتاسیم و نیتروژن نشان نمی‌دهد. اثر متقابل سال

آب آبیاری را نام برد. با استفاده از عملکرد و مقدار آب مصرفی، کارایی مصرف آب آبیاری براساس عملکرد ریشه ($IWUE_1$) و براساس عملکرد قندناخالص ($IWUE_2$) با استفاده از رابطه (V) محاسبه شد:

$$(v) \quad \frac{\text{عملکرد}}{\text{آب مصرفی}} = \text{کارایی مصرف آب آبیاری}$$

واحد کارایی مصرف آب بر حسب کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی می‌باشد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه‌های ساده انجام و پس از مشخص شدن همگنی واریانس‌های خطا از طریق آزمون بارلت تجزیه مرکب با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و MSTATC انجام شد. با توجه به تصادفی بودن سال و ثابت بودن مکان مقایسه میانگین‌ها از طریق محاسبه امید ریاضی حاصل از نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین صفات مختلف نیز، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید. هم‌چنین، از طریق محاسبه ضریب همبستگی و آزمون معنی‌دار بودن ضرایب، چگونگی رابطه حجم آب مصرفی به عنوان متغیر مستقل (X) و صفات کارایی مصرف آب، عملکرد ریشه و میزان قند محصول برداشت شده به عنوان متغیر وابسته (Y)، بررسی شدند.

نتایج و بحث

حجم آب مصرفی

تیمارهایی که در مرحلهٔ میان فصل با کم‌آبیاری مواجه بوده‌اند، گزارش کرده‌اند.

درصد قندناخالص (عیار) و درصد قندخالص

میانگین عیار قند دو منطقه در سال اول با ۱۸/۳۵ درصد از سال دوم با ۱۶/۱۳ درصد بیشتر بود. در کرمان عیار چغندر قند با ۱۶/۷ کمتر از کرج با ۱۷/۷۸ بود. تیمارهای T₈ و T₁₀ بیشترین و تیمار T₃ کمترین عیار را داشتند. کمترین مقدار عیار مربوط به تیمارهایی است که با تنش کمتری روبرو بوده‌اند. به نظر می‌رسد به دلیل آب بیشتر، غلظت قند، در نتیجه عیار کاهش یافته است که با نتایج توکلی و فرداد (۱۳۷۵) مطابقت دارد. روند تغییرات درصد قندخالص تیمارها نیز شبیه تغییرات عیار می‌باشد.

ناخالصی‌های ریشه و شاخص کیفی صنعتی (N،

Na، K و IQI)

تیمار T₃ بیشترین درصد قند در ملاس را به دلیل کاهش ضریب استحصال و بالا بودن ناخالصی‌ها (N، K و Na) دارا بود. این تیمار فقط در مرحلهٔ آخر رشد خود دچار تنش آبی شد و این امر باعث افزایش ناخالصی‌های آن گردید. میرزایی و رضوانی (۱۳۸۶) نیز اظهار داشته‌اند که تنش رطوبتی در اواخر دورهٔ رشد چغندر قند، باعث افزایش ناخالصی‌های ریشه، کاهش راندمان استحصال قند و

در منطقه بر برخی صفات کیفی چغندر قند (N، K و Na) معنی‌دار بوده و بر دیگر صفات کیفی، معنی‌دار نبود. همچنین، اثر متقابل سال در منطقه بر صفات کمی و کارایی مصرف آب آبیاری معنی‌دار است. اثر متقابل تیمار در سال بر هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نیست. اثر تیمار در منطقه بر عیار، درصد قندخالص و نیتروژن معنی‌دار بوده ولی بر صفات دیگر تأثیر معنی‌داری ندارد. اثر متقابل تیمار در سال در منطقه، بر هیچ‌کدام از صفات معنی‌داری نیست.

نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفاتی که در آزمون تجزیه واریانس معنی‌دار شدند در جدول (۵) ارائه شده است.

عملکرد ریشه (RY)

در سال اول عملکرد ریشه با ۳۸/۱۶ تن در هکتار کمتر از سال دوم (۴۰/۸۸) بود. تیمار T₇ کمترین عملکرد را داشت و پس از آن تیمار T₆ قرار گرفت. تیمارهای T₈ و T₁₁ از ارزش متوسط برخوردار بودند و دیگر تیمارها همگی عملکرد بالایی داشتند. هیچ‌کدام از تیمارهای برتر در مرحلهٔ میان فصل تنش آبی ندیده‌اند ولی همهٔ آن‌ها به غیر از تیمار T₁ (شاهد) در مراحل دیگر مورد تنش آبی قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد تنش تنها در مرحلهٔ میان فصل تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ریشه داشته است. فایبرو و همکاران (2003) نیز کاهش عملکرد ریشه را در

(حدود ۱ دسی زیمنس) نسبت به کرمان (۳/۹-۵/۱) دسی زیمنس) داشت بنابراین در شرایط کرج ناخالصی‌ها کمتر و عیار بالاتر بود و باعث افزایش عملکرد قندخالص در کرج شد. تیمار T₇ و T₆ کمترین عملکرد قندخالص را داشتند. تیمارهای T₁₀، T₉ و T₄ از نظر این صفت برتر از سایر تیمارها بودند. بقیه تیمارها همگی در مراتب حدواسط قرار گرفتند.

کارایی مصرف آب آبیاری بر اساس عملکرد ریشه و شکر (IWUE₁ and IWUE₂)

اثر سال بر کارایی مصرف آب آبیاری بر اساس عملکرد ریشه معنی‌دار و در سال دوم بیش از سال اول بود. به نظر می‌رسد بهتر بودن شرایط محیطی در سال دوم که منجر به افزایش عملکرد ریشه نیز شده است موجب افزایش کارایی مصرف آب آبیاری نیز شده است. کارایی مصرف آب آبیاری بر اساس عملکرد ریشه در منطقه کرمان (۵/۷۳) کیلوگرم ریشه بر مترمکعب آب مصرفی) بیشتر از کرج (۴/۸۴) بود. کرمان به دلیل قرار گرفتن در زیر عرض ۳۰ درجه دچار باد و تبخیر بسیار زیاد می‌باشد بنابراین انتظار می‌رفت کارایی مصرف آب آبیاری نسبت به کرج کمتر باشد ولی مقایسه عملکردها و کارایی مصرف آب آبیاری گویای آن است که حجم آب مصرف شده در کرج بیشتر از کرمان بوده است (میانگین حجم آب مصرف شده در کرمان و کرج) بنابر این مصرف زیاد

افزایش قند ملاس می‌شود. هم‌چنین شاخص کیفی صنعتی در تیمار یاد شده کمتر از بقیه تیمارها بود.

عملکرد قندناخالص (SY)

عملکرد قندناخالص در سال اول با ۷/۰۱ تن در هکتار بیشتر از سال دوم (۶/۵۵) بود. بالاتر بودن عیار در سال نخست آزمایش، کاهش عملکرد ریشه را جبران و عملکرد قندناخالص را افزایش داده است. عملکرد قندناخالص در تیمارهای T₉، T₄ و T₁₀ بیشترین و در T₇ کمترین بود. تیمار T₆ نیز در رده بعدی جزو پایین‌ترین تیمارها بود. تیمارهای دیگر در رتبه حدواسط جای گرفتند. نتایج به دست آمده تقریباً مشابه اثر تیمارها بر عملکرد ریشه بود.

عملکرد قندخالص (WSY)

عملکرد قندخالص در سال اول با ۶/۲۶ تن در هکتار از سال دوم (۴/۹۸) بیشتر بود که به دلیل بالاتر بودن عیار و کم بودن ناخالصی‌ها می‌باشد. این نکته در بالا بودن ضریب استحصال و شاخص کیفی صنعتی در سال نخست نهفته است. عملکرد قندخالص در کرج (۵/۸۵) تن در هکتار) بیشتر از کرمان (۵/۳۸) بود که به دلیل بیشتر بودن عیار و ضریب استحصال می‌باشد. مقایسه نتایج تجزیه خاک گویای آن است که خاک مزرعه کرج هدایت الکتریکی (EC) بسیار پائین‌تری

تیمارهای T₉ و T₁₀ بیشترین و تیمار T₁ کمترین کارایی مصرف آب را نسبت به شکر تولید شده، داشت.

نتیجه‌گیری

بر اساس تیمارهای آبیاری مورد استفاده در آزمایش، مقدار میانگین دو ساله آب استفاده شده در دو منطقه بین ۶۱۲۰ تا ۹۵۳۱ متر مکعب در هکتار متغیر بوده است. نتایج تجزیه واریانس مرکب سال و مکان نشان داد که از نظر عملکرد ریشه، عملکرد شکر و کارایی مصرف آب آبیاری اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. تیمارهای T₁₀، T₉ و T₄ هم از نظر عملکرد ریشه و هم از نظر عملکرد شکر نسبت به سایر تیمارها برتر می‌باشند. لازم به ذکر است که هیچ کدام از تیمارهای مذکور، در مرحله میان فصل با تنش مواجه نبوده‌اند بلکه در سایر مراحل تنش تحمل کرده‌اند. از بین تیمارهای ذکر شده دو تیمار T₁₀ و T₉ از نظر کارایی مصرف آب آبیاری بر اساس عملکرد ریشه و شکر نیز برتر بودند. هم‌چنین میانگین آب مصرفی تیمارهای T₁₀، T₉ و T₄ به ترتیب ۷۲۹۸، ۷۳۹۸ و ۷۷۵۳ متر مکعب در هکتار می‌باشد. با در نظر گرفتن بهره‌وری آب که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و با توجه به این‌که از بین سه تیمار فوق، میانگین آب مصرفی تیمار T₄ حدود ۴۰۰ مترمکعب در هر هکتار بیشتر از تیمارهای T₁₀ و T₉ می‌باشد لذا دو تیمار اخیر

آب باعث کاهش کارایی در کرج گردیده است (دلیل این امر مصرف زیاد آب برای سبز شدن بذر چغندر قند در کرج بوده است). بیشترین کارایی مصرف آب آبیاری بر اساس عملکرد ریشه مربوط به تیمارهای T₉ و T₁₀ و کمترین آن مربوط به تیمار T₇ بوده است. تیمارهای T₈ تا T₁₁ که در دوره‌های مختلف رشد با تنش رطوبتی روبرو بوده‌اند نسبت به تیمارهای T₁ تا T₃ که در مراحل اولیه رشد با هیچ‌گونه تنشی روبرو نبوده‌اند از کارایی بیشتری برخوردارند. فایبرو و همکاران (2003) نیز افزایش کارایی مصرف آب را در تیمارهایی که آب کمتری دریافت کرده بودند، گزارش نموده‌اند. جدول (۵) کارایی مصرف آب آبیاری بر اساس عملکرد ریشه را با توجه به مصرف آب در تیمارهای مختلف ارائه می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد تیمارهایی که در مرحله میان فصل (T₆، T₇، T₈ و T₁₁) با تنش آبی مواجه بوده‌اند، دچار کاهش عملکرد محسوسی شده‌اند به طوری که علی‌رغم مصرف آب کمتر، کارایی مصرف آب آبیاری این تیمارها کاهش معنی‌داری کرده است.

کارایی مصرف آب آبیاری بر اساس عملکرد شکر در کرمان با ۰/۹۵ کیلوگرم شکر به ازای هر مترمکعب آب مصرفی بیشتر از کرج (۰/۸۶) بود. این در حالی است که عیار و درصد قندخالص و هم‌چنین عملکرد قندخالص در کرمان کمتر از کرج بوده است. مصرف آب بیشتر در کرج، کارایی مصرف آب آبیاری را کاهش داده است.

تیمارهایی که در مراحل توسعه و رسیدن محدودیت آبی نداشتند قابل توصیه نیستند به دلیل این که در تیمارهایی که در این مراحل از آبیاری کم تر برخوردار شدند علی رغم کاهش مصرف آب، از نظر کمی و کیفی تفاوت معنی داری با تیمارهایی که دارای آبیاری نرمال بودند، نشان ندادند.

برای مناطق کرج و بردسیر بیشتر قابل توصیه اند. لازم به ذکر است تیمار T₉ در مراحل توسعه، میان فصل و رسیدن، به ترتیب با تنش متوسط، بدون تنش و تنش متوسط و تیمار T₁₀ به ترتیب با تنش متوسط، بدون تنش و تنش زیاد مواجه بوده اند. با توجه به نتایج به دست آمده،

جدول ۳ میانگین دو ساله حجم آب مصرفی تیمارها در مراحل مختلف رشد چغندرقد در مناطق مورد مطالعه (متر مکعب در هکتار)

تیمارها											مرحله	محل
T ₁₁	T ₁₀	T ₉	T ₈	T ₇	T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁		
۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	استقرار	بردسیر
۱۵۶۹	۱۵۶۹	۱۵۶۹	۱۹۸۶	۱۵۶۹	۱۹۸۶	۱۹۸۶	۱۹۸۶	۲۹۰۲	۲۹۰۲	۲۹۰۲	توسعه	
۳۲۱۳	۴۴۵۸	۴۴۵۸	۳۲۱۳	۳۲۱۳	۳۲۱۳	۴۴۵۸	۴۴۵۸	۴۴۵۸	۴۴۵۸	۴۴۵۸	میان فصل	
۷۱۰	۶۰۶	۷۱۰	۶۰۶	۶۰۶	۷۱۰	۷۱۰	۶۰۶	۷۱۰	۶۰۶	۱۳۵۹	رسیدن	
۵۶۹۹	۶۸۴۰	۶۹۴۴	۶۰۱۲	۵۵۹۵	۶۱۱۶	۷۳۶۱	۷۲۵۷	۸۲۷۷	۸۱۷۳	۸۹۲۶	کل	
۲۲۶۴	۲۲۶۴	۲۲۶۴	۲۲۶۴	۲۲۶۴	۲۲۶۴	۲۲۶۴	۲۲۶۴	۲۲۶۴	۲۲۶۴	۲۲۶۴	استقرار	کرج
۱۶۲۰	۱۶۲۰	۱۶۲۰	۲۱۱۳	۱۶۲۰	۲۱۱۳	۲۱۱۳	۲۱۱۳	۳۱۱۸	۳۱۱۸	۳۱۱۸	توسعه	
۲۱۵۷	۳۲۶۸	۳۲۶۸	۲۱۵۷	۲۱۵۷	۲۱۵۷	۳۲۶۸	۳۲۶۸	۳۲۶۸	۳۲۶۸	۳۲۶۸	میان فصل	
۶۹۷	۶۰۶	۶۹۷	۶۰۶	۶۰۶	۶۹۷	۶۹۷	۶۰۶	۶۹۷	۶۰۶	۱۴۸۸	رسیدن	
۶۷۳۸	۷۷۵۸	۷۸۴۹	۷۱۴۰	۶۶۴۷	۷۲۳۱	۸۳۴۲	۸۲۵۱	۹۳۴۷	۹۲۵۶	۱۰۱۳۸	کل	

جدول ۴ تجزیه واریانس مرکب برخی صفات کمی و کیفی مورد بررسی در چغندر قند مربوط به مناطق کرج و بردسیر (۸۴-۱۳۸۳)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		عملکرد ریشه	درصد قند قابل استحصال	عملکرد قند سفید	نیترژن مضره	پتاسیم	سدیم	عملکرد قند ناخالص	درصد قند ناخالص	عملکرد ریشه	کارایی مصرف آب براساس عملکرد شکر
سال	۱	۲۴۰/۹ ^{ns}	۵۵۸ ^{**}	۵۹۵۴ ^{**}	۳۳/۲۲ ^{**}	۱۱۳ ^{**}	۹۵ ^{**}	۶/۹۶ ^{**}	۱۶۲ ^{**}	۱۰۴ [*]	۱۲/۳ [*]
منطقه	۱	۱۹ ^{ns}	۳۳ ^{ns}	۴/۵ ^{ns}	۳۱/۲۸۳ ^{ns}	۷۵ ^{ns}	۱۲۷ ^{ns}	۴/۸۳ ^{ns}	۳۸ [*]	۱۹ ^{ns}	
سال × منطقه	۱	۳۳۶۰ ^{**}	۷۵/۱۹ ^{**}	۱۰/۶ ^{ns}	۵۱/۸۶۳ ^{**}	۸/۴۴ [*]	۴۱ ^{**}	۱۰۴/۴۵ ^{**}	۰/۹۰۷ ^{ns}	۴۴/۳ ^{**}	
اشتباه الف	۸	۱۰۴ [*]	۲/۰۳ ^{ns}	۹/۱۴ [*]	۳۹/۷۸ [*]	۰/۹۱ [*]	۰/۸۱ ^{ns}	۲/۴ ^{ns}	۶/۷	۱/۹ [*]	
تیمار	۱۰	۳۹۲ ^{**}	۵/۷۴ ^{**}	۴/۲۷ [*]	۲۲/۱ [*]	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۵۵۴ ^{ns}	۹/۵ ^{**}	۳/۲ [*]	۲/۸۵ ^{**}	
تیمار × سال	۱۰	۴۲ ^{ns}	۰/۹۲ ^{ns}	۲/۹۳ ^{ns}	۸/۸۴ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۲۵۷ ^{ns}	۱/۲ ^{ns}	۲/۸۹ ^{ns}	۰/۹۶ ^{ns}	
تیمار × منطقه	۱۰	۳۱ ^{ns}	۰/۹ ^{ns}	۳/۶۷ [*]	۱۴/۲ ^{ns}	۰/۸۵ [*]	۰/۶۲۵ ^{ns}	۱/۲ ^{ns}	۳/۲۹ [*]	۰/۹۵۷ ^{ns}	
تیمار × سال × منطقه	۱۰	۳۹ ^{ns}	۱/۳۴ ^{ns}	۱/۹۲ ^{ns}	۹/۲ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۲۲۸ ^{ns}	۱/۵۹ ^{ns}	۱/۵۸ ^{ns}	۰/۷۷ ^{ns}	
اشتباه ب	۸۰	۴۲	۱/۱۵	۱/۸۲	۱۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۲۱	۰/۴۷۵	۱/۶۲	۰/۷۴	
CV		۱۶/۶۶	۱۹/۲۲	۳/۹۱	۲۵/۱۵	۸/۰۷	۳۱/۹۶	۱۸/۹	۷/۱۶	۱۶/۴۶	

ns, *, ** به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، غیر معنی دار

جدول ۵ میانگین برخی صفات مورد بررسی در تیمارهای آزمایش در منطقه کرج و بردسیر (۸۴-۱۳۸۳)

تیمار	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	درصد قند ناخالص	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	سدیم میلی اکی والان گرم در صد گرم ریشه	پتاسیم مضره	نیترژن مضره	ضریب استحصال (درصد)	درصد قند سفید	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	شاخص کیفی صنعتی (برحسب اعشار)	کارایی مصرف آب براساس عملکرد شکر (کیلوگرم بر مترمعب)	کارایی مصرف آب براساس عملکرد ریشه (کیلوگرم بر مترمعب)
۱	۴۳/۸۸	۱۶/۷۲	۷/۳۳۲	۲/۱۴۵	۵/۴۵۳	۲/۳۷۸	۸۲/۵۲	۱۳/۸۹	۶/۰۹۶	۰/۸۰۱	۰/۷۷۲	۴/۶۱۴
۲	۴۱/۷۱	۱۶/۸۱	۷/۰۰۹	۲/۱۷	۵/۸۱۲	۲/۱۹۲	۸۲/۱	۱۳/۸۶	۵/۷۴	۰/۷۹۸	۰/۸۰۲	۴/۷۸۸
۳	۴۴/۰۱	۱۶/۴۲	۷/۲۳۳	۲/۶۹۹	۶/۰۱	۲/۵۴	۷۸/۸۶	۱۳/۱۹	۵/۷۹۹	۰/۷۶۵	۰/۸۲۲	۵/۰۰۸
۴	۴۳/۱	۱۷/۴۴	۷/۴۹۸	۲/۳۰۳	۵/۵۸۶	۲/۲۴۳	۸۲/۴۴	۱۴/۵۳	۶/۲۲۲	۰/۸۰۲	۰/۹۷۲	۵/۵۸۸
۵	۴۲/۶۵	۱۶/۵۳	۷/۱۰۳	۲/۰۶۵	۵/۸۷۱	۱/۹۶۴	۸۱/۹۲	۱۳/۶	۵/۸۶۳	۰/۷۹۵	۰/۹	۵/۴۲۶
۶	۳۲/۲۸	۱۷/۶۱	۵/۶۵۳	۲/۰۴۱	۵/۴۹۶	۲/۲۸۳	۸۳/۷۸	۱۴/۸۱	۴/۷۴۴	۰/۸۱۶	۰/۸۴۵	۴/۸۴۷
۷	۳۷/۴۷	۱۷/۵۹	۴/۸۴۲	۱/۸۵۸	۵/۵۶۷	۲/۴۹۳	۸۳/۶۹	۱۴/۸۱	۴/۰۸۸	۰/۸۱۵	۰/۷۹	۴/۵۱۷
۸	۳۵/۲۶	۱۷/۸۵	۶/۲۵	۲/۱۳۹	۵/۶۶۵	۲/۷۳۷	۸۳/۰۴	۱۴/۹۲	۵/۲۹	۰/۸۰۹	۰/۹۵	۵/۴
۹	۴۳/۵۶	۱۷/۳۷	۷/۵۳۳	۲/۲۱۶	۵/۷۶۶	۲/۶۵۱	۸۱/۸۴	۱۴/۳۹	۶/۲۲۲	۰/۷۹۶	۱/۰۱۸	۵/۹۱۳
۱۰	۴۱/۹۲	۱۷/۷۵	۷/۴۲۴	۱/۹۸۸	۵/۶۹۲	۲/۲۰۱	۸۳/۳۲	۱۴/۹۱	۶/۲۰۵	۰/۸۱۲	۱/۰۱۷	۵/۷۶۹
۱۱	۳۴/۵	۱۷/۵۶	۶/۰۵	۲/۱۰۳	۵/۵۸۸	۲/۴۸۶	۸۳	۱۴/۶۹	۵/۱	۰/۸۰۷	۰/۹۸	۵/۶
	LSD _{5%}	۱/۰۴۲	۱/۰۰۳	-	-	-	۲/۶۱۷	۱/۱۲۶	۰/۸۵۷	-	۰/۱۳۳۸	۰/۷۱۵

References:**منابع مورد استفاده:**

- برادران فیروزآبادی، م. ۱۳۸۱. بررسی رابطه صفات مرفولوژیکی ارقام چغندر قند با تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، ۱۷۳ صفحه.
- بی‌نام. ۱۳۸۲. آمار نامه‌های کشاورزی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی.
- توکلی، ع و فرداد، ح. ۱۳۷۵. بهینه‌سازی کم‌آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندر قند در کرج. مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور، تهران.
- جهاداکبر، م. ر. عقدایی، م و ابراهیمیان، ح. ر. ۱۳۸۰. بررسی اثر تأخیر در آبیاری پس از سبز شدن محصول در زراعت چغندر قند. مجله علمی - ترویجی چغندر قند، جلد ۱۷، شماره ۲، ص ۹۹-۱۰۹.
- حقیقت، ا. ستار، م و رئیسی، ف. ۱۳۷۸. تأثیر رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف ازت بر روی عملکرد و عیار چغندر قند. مجموعه مقالات هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.
- علیزاده، ا. ۱۳۷۶. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.
- فرشی، ع. شریعتی، م. جارالهی، ر. شهابی‌فر، م. و تولائی، م. م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. جلد اول، گیاهان زراعی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه آموزش کشاورزی. کرج.
- کریم زاده، م. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر آبیاری قطره‌ای، بارانی و نشتی سنتی بر کارایی مصرف آب در عملکرد کمی و کیفی چغندر قند. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۲۰ ص.
- کشاورز، ع و صادق‌زاده، ک. ۱۳۷۹. کم آبیاری بهینه و تجزیه و تحلیل ریاضی و اقتصادی آن. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. جلد ۵، شماره ۱۷، صفحات ۱-۲۶.
- میرزایی، م. و رضوانی، س. م. ا. ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات کیفی چغندر قند در مراحل مختلف رشد رویشی. مجله چغندر قند، جلد ۲۳ شماره ۱، ص ۲۹-۴۲.

Davidoff B, Hanks RJ. Sugar beet production as influenced by limited irrigation. *Irrig. Sci.*, 1989; 10: 1-17.

English MJ, Musick JT, Murty VVN. Deficit irrigation. In: Hoffman, G.J., Howell, T.A., Solomon, K.H. (Eds.). *Management of Farm Irrigation Systems*. ASAE, St. Joseph, MI, 1990; 631-663

- Fabeiro C, Martin de Santa Olalla F, Lopez R, Dominguez A. Production and quality of the sugar beet cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi- arid climate. *Agric., Water Manage.*, 2003; 62: 215- 227.
- Kenan C. The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet. *Turk. J. Agric.*, 2004; 28: 163-172.
- Martin de Santa Olalla FJ, Brasa Ramos A, Fabeiro Cortes, C, Fernandez Gonzalez D, Lopez Corcoles H. Improvement of irrigation management towards the sustainable use of groundwater in Castilla-La Mancha. *Agric. Water Manage.*, 1999; 40 (2-3): 195-205.
- Martin de Santa Olalla FJ, de Juan Valero JA. El uso del agua en una agricultura sostenible. In: Martin de Santa Olalla, F.J. (Ed.), *Agricultura y desertificacion*. Mundi-Prensa, Madrid, 2001; 273-303.
- Reinefeld, E, Emmerich A. Zur Bewertung der Qualitat von Zuckerruben; *Z. Zuckerind.* 1986; 111, 730- 738.