

تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات رویشی، عملکرد و میزان قند

چغندر قند در استان لرستان

زهرا سعادت، معصومه دلبری^{۱*}، مهدی پناهی و ابراهیم امیری

دانش‌آموخته دکتری آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل.

zsaadati66@yahoo.com

دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل.

mas_delbari@yahoo.com

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اصفهان، ایران.

Panahimehdi@yahoo.com

استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان.

eamiri57@yahoo.com

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثرات مدیریت آبیاری روی خصوصیات رویشی، عملکرد و میزان قند چغندر قند (رقم منوزرم) و تعیین کارایی مصرف آب بود. آزمایش در منطقه الشتر واقع در استان لرستان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شد. در این تحقیق شش تیمار آبیاری شامل آبیاری کامل (رساندن رطوبت خاک در هر آبیاری به حد ظرفیت مزرعه) به عنوان تیمار شاهد (T1)، رساندن رطوبت خاک در هر آبیاری به حد ظرفیت مزرعه و حذف آبیاری آخر (T2)، آبیاری گیاه به میزان ۱۰ درصد بیشتر از تیمار شاهد (T3)، آبیاری گیاه به میزان ۱۰ درصد کمتر از تیمار شاهد (T4)، آبیاری گیاه به میزان ۲۰ درصد کمتر از تیمار شاهد (T5) و آبیاری گیاه به میزان ۳۰ درصد کمتر از تیمار شاهد (T6) اعمال گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر صفات شاخص سطح برگ، وزن خشک ریشه، زیست توده، عملکرد ریشه، درصد قند، عملکرد قند و کارایی مصرف آب قند در سطح احتمال یک درصد و بر روی صفت وزن خشک برگ و کارایی مصرف آب ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. بین تیمارهای T2، T3 و T4 تفاوت معنی‌داری از نظر خصوصیات رویشی، عملکرد ریشه، وزن خشک ریشه گیاه و عملکرد قند وجود نداشت ولی این تیمارها خصوصیات یاد شده را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای T5 و T6 افزایش دادند. هم‌چنین با توجه به اینکه، بیشترین مقدار کارایی مصرف آب بر اساس تولید ریشه و کارایی مصرف آب بر اساس تولید قند در تیمارهای T2 و T4 به‌دست آمد، بنابراین برای صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از هدر رفت آن در زراعت چغندر قند در استان لرستان، حذف آبیاری آخر یا کاهش میزان آب در هر آبیاری تا ۱۰ درصد توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کارایی مصرف آب، کم آبیاری، ماده خشک.

۱- آدرس نویسنده مسئول: زابل، گروه مهندسی آب دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل.

* - دریافت: مهر ۱۳۹۵ و تصویب: اردیبهشت ۱۳۹۶

مقدمه

راندمان کاربرد آب، چه از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت یا حذف آبیاری‌های اضافی با کمترین بازدهی که در افزایش سود خالص نقش ندارند، می‌باشد. آزمایش‌های متعدد نشان داده است که مدیریت صحیح قطع آب آبیاری در زراعت چغندر قند در انتهای فصل رشد می‌تواند نتایج مطلوبی را در برداشته باشد. چغندر قند در دوره ذخیره‌سازی قند در مقابل تنش آبی و کمبود رطوبت خاک مقاومت نشان می‌دهد و عیار قند آن بیشتر از میزان معمول افزایش می‌یابد و عملکرد شکر کاهش نمی‌یابد (کارتر و همکاران، ۱۹۸۰؛ وینتر، ۱۹۸۰). کم-آبیاری در آخر دوره رشد گیاه موجب افزایش درصد قند، پتاسیم و ازت آمینه در ریشه می‌شود و عملکرد قند کاهش نمی‌یابد (پرویزی آلمانی و همکاران، ۱۹۹۷).

اثر کمبود آب روی رشد گیاه و عملکرد چغندر قند بستگی به مقدار تنش و دوره رشد گیاه که در آن تنش اتفاق می‌افتد دارد و اکثراً توصیه می‌گردد برای صرفه‌جویی در میزان آب، در مراحل آخر رشد گیاه تنش وارد شود (باندوک، ۱۹۹۶). لیکن اگر این تنش در طول دوره رشد گیاه اعمال شود ممکن است منجر به کاهش عملکرد شود. بنابراین، در دوره آخر رشد گیاه، با کاهش آب آبیاری، علاوه بر اینکه از مقدار عملکرد ریشه کاسته نمی‌شود بلکه میزان قند نیز افزایش می‌یابد (باربیری، ۱۹۸۷). در تحقیقات ریتر (۲۰۰۵)، 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. بزا و تایا (۱۹۹۹) اعلام نمودند که اعمال ۲۵ درصد کم-آبیاری، کاهش ۲۱ درصد در تولید ریشه چغندر قند را به دنبال دارد ولی کارایی مصرف آب پنج درصد در مقایسه با تیمار آبیاری کامل افزایش می‌یابد. هاول و همکاران (۱۹۸۷) 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 قبل از برداشت علی‌رغم عدم کاهش معنی‌دار شکر قابل استحصال، آب مصرف شده در

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و نقش شکر به‌عنوان یکی از اجزاء مهم جیره غذایی بشر، تحقیقات پیرامون این ماده مهم غذایی روز به روز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. چغندر قند دارای فصل رشد نسبتاً طولانی و نیاز آبی بالا بوده و در اکثر استان‌های کشور کشت می‌گردد. سطح زیرکشت چغندر قند در کشور حدود ۱۸۰ هزار هکتار و متوسط عملکرد آن ۳۲ تن در هکتار است (صدرقاین و همکاران، ۱۳۸۸). به‌طور میانگین نیاز خالص آب آبیاری در مناطق عمده کشت چغندر قند در کشور حدود ۹۱۰۰ مترمکعب در هکتار است (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶).

چغندر قند محصولی است که آب زیادی مصرف می‌کند و این موضوع مانع توسعه کشت آن در مناطقی می‌شود که منابع آب قابل استفاده محدود می‌باشد (فایرو و همکاران، ۲۰۰۳). چغندر قند به علت دوره رویشی طولانی، سیستم ریشه عمیق و توان تنظیم اسمزی، تحمل زیادی به خشکی دارد (خواججه‌پور، ۱۳۸۳). لذا کاهش عملکرد و کیفیت آن در اثر تنش آب، کمتر از گیاهان حساس مثل سیب‌زمینی و ذرت با (ضریب حساسیت به تنش آبی به ترتیب ۱/۱ و ۱/۲۵) می‌باشد (دورنباس و کاسام، ۱۹۷۹). با این حال تنش آب می‌تواند موجب کاهش وزن خشک برگ (کاکایر، ۲۰۰۴)، شاخص سطح برگ، سرعت اسیمیلاسیون خالص، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی (آبایومی، ۲۰۰۲)، ناخالصی‌های ریشه، درصد قند ملاس (لی و همکاران، ۱۹۸۷) و عملکرد ریشه (نورجو و بقایی کیا، ۱۳۸۳) در واحد سطح گردد. اما هرگاه تنش از حدی تجاوز ننماید، می‌تواند موجب افزایش عیار قند (خواججه‌پور، ۱۳۸۳)، درصد شکر قابل استحصال و در نهایت عملکرد شکر سفید گردد. بر این اساس امکان صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری در زراعت چغندر قند وجود دارد. کم‌آبیاری یک راهکار بهینه برای تولید بهتر محصولات تحت شرایط کمبود آب است. هدف اساسی از به‌کارگیری تکنیک کم‌آبیاری، افزایش

با توجه به اینکه چغندر قند محصولی است که آب زیادی مصرف می‌کند و اکثر مناطق کشت این محصول شرایط فاریاب دارند، و همچنین با توجه به اینکه در خصوص بررسی اثرات تنش آب روی خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند در استان لرستان تحقیقی صورت نگرفته است، و مسئله شرایط بحران آب در آینده، انجام مطالعه بر روی مدیریت آبیاری چغندر قند ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری روی کمیت و کیفیت چغندر قند در منطقه لرستان بود.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در منطقه الشتر واقع در استان لرستان با عرض جغرافیایی $33^{\circ} 49'$ شمالی، طول جغرافیایی $50^{\circ} 15'$ شرقی و ارتفاع ۱۵۶۷ متر از سطح دریا، در دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شد. استان لرستان با مساحتی حدود ۲۸۳۰۶ کیلومتر مربع در ناحیه جنوب غربی ایران، به‌عنوان گلوگاه شمال- جنوب کشور از موقعیت مکانی و جغرافیایی ممتازی برخوردار است. این استان، دارای اقلیم نیمه خشک بوده و دوره خشکی در آن از اوایل خرداد ماه تا اوایل آبان ماه ادامه دارد. جدول (۱) پارامترهای هواشناسی منطقه مورد مطالعه در طول فصل رشد گیاه را در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ نشان می‌دهد.

جدول ۱- پارامترهای هواشناسی در طول فصل رشد

پارامتر هواشناسی		سال	
		۱۳۹۳	۱۳۹۴
میانگین حداقل دمای روزانه (سانتی‌گراد)	۹/۴	۹/۷	۹/۷
میانگین حداکثر دمای روزانه (سانتی‌گراد)	۳۱/۶	۳۲/۲	۳۲/۲
میانگین حداقل رطوبت (درصد)	۱۶	۱۵/۳	۱۵/۳
میانگین حداکثر رطوبت (درصد)	۷۵	۷۳	۷۳
بارش (میلی‌متر)	۲۵	۱۳/۱	۱۳/۱

دوره آخر رشد تا ۵۰ درصد و تمام دوره رشد تا ۱۵ درصد کاهش می‌یابد. یوکان و جنکوگلان (۲۰۰۴) تأثیر کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد محصول چغندر قند را بررسی کردند و نتیجه گرفتند در تیمارهایی که آب کمتری دریافت کردند، درصد شکر افزایش و آب مصرفی و عملکرد ریشه کاهش یافت. هنکس و میلر (۱۹۸۶) گزارش کردند که در صورت اعمال تنش آبی در چغندر قند درصد قند آن افزایش می‌یابد.

نورجو و بقایی‌کیا (۱۳۸۳) در یک آزمایش دو ساله تأثیر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد را بر روی کمیت و کیفیت چغندر قند در منطقه خوی بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تیمارهای آبیاری اثر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر تولید ریشه و شکر قابل استحصال دارد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که در صورتی که از آبیاری آخر صرف‌نظر شود، ضمن کاهش ۲۱/۲ درصد در مصرف آب، شکر قابل استحصال نسبت به شاهد ۱۱ درصد افزایش یافته و کارایی مصرف آب به ۱/۷۶ کیلوگرم شکر بر مترمکعب آب مصرفی افزایش خواهد یافت. ابراهیمی پاک و همکاران (۱۳۸۷) تأثیر کم‌آبیاری طی مراحل مختلف رشد را بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند بررسی و نتیجه گرفتند که اثر کم‌آبیاری بر عملکرد ریشه و قند در هر یک از دوره‌های رشد گیاه معنی‌دار بود. همچنین در هر سه مرحله رشد گیاه درصد قند، با کاهش آب آبیاری افزایش یافت. میرزایی و رضوانی (۱۳۹۱) اثر سطوح کم‌آبیاری در مراحل چهارگانه رشد (سبز شدن تا استقرار بوته، استقرار بوته تا ۷۰ الی ۸۰ درصد پوشش مزرعه، پوشش کامل مزرعه تا ابتدای شروع کاهش پوشش گیاهی، شروع کاهش پوشش گیاهی تا رسیدگی کامل چغندر قند) را بر عملکرد و کیفیت چغندر قند بررسی نمودند. بر اساس نتایج این مطالعه امکان کاهش مقدار آب مصرفی تا ۴۵ درصد در مراحل دوم و چهارم و تا ۱۵ درصد در مرحله سوم رشد نسبت به آبیاری کامل، بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد قند قابل استحصال، در زراعت چغندر قند وجود دارد.

اطلاعات خاک محل آزمایش

تصادفی در چند نقطه از مزرعه نمونه برداری خاک توسط مته نمونه برداری انجام شد. جدول (۲) برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش را نشان می دهد.

جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری، به طور

جدول ۲- خصوصیات خاک محل آزمایش

سال	عمق (سانتی متر)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	درجه اسیدیته	آهک (درصد)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)
۱۳۹۳	۰-۳۰	۰/۵۵	۷/۶	۳۲	۱/۴	۵/۶	۳۴۵
۱۳۹۴	۰-۳۰	۰/۳	۷/۸۸	۳۱/۵	۱/۳۶	۸/۲	۲۸۰

ادامه جدول ۲

سال	عمق (سانتی متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	رطوبت پژمردگی دائم (درصد وزنی)
۱۳۹۳	۰-۳۰	۳۸	۴۵	۱۷	۱/۳۵	۳۰	۱۳
۱۳۹۴	۰-۳۰	۴۲	۵۴	۴	۱/۲۳	۲۸	۱۰

$$I_n = \text{عمق خالص آب آبیاری (میلی متر)}$$

$$D = \text{عمق ریشه (میلی متر)}$$

$$BD = \text{جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)}$$

$$a = \text{رطوبت خاک قبل از آبیاری (درصد جرمی)}$$

$$FC = \text{رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (درصد جرمی)}$$

در این آزمایش، کشت چغندر قند به صورت ردیفی (با فاصله ردیفها ۶۰ سانتی متر) انجام شد. اندازه کرت آزمایشی پنج متر در ۱۰ متر، طول ردیفهای کاشت ۱۰ متر و شیوه آبیاری از نوع آبیاری سطحی و به صورت جویچه ای بود و منبع آب از رودخانه تأمین گردید. طول دوره رشد چغندر قند از اردیبهشت تا مهرماه است. تاریخ کاشت در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به ترتیب ۳۰ فروردین و یک اردیبهشت و تاریخ برداشت به ترتیب ۱۲ مهر و شش مهر بود. دبی ورودی با استفاده از لوله اریفیس و زمان آبیاری هر تیمار به دقت اندازه گیری و کنترل شد و تاریخ های آبیاری نیز یادداشت گردید. رطوبت خاک در ناحیه ریشه گیاه قبل از هر آبیاری به روش جرمی اندازه گیری و میزان تخلیه رطوبت خاک تعیین و عمق آب آبیاری بر اساس آن محاسبه و اعمال گردید. در جدول (۳) مقادیر مجموع آب مصرفی تیمارها طی دو سال اجرای آزمایش

آب مورد استفاده جهت آبیاری مزرعه، دارای درجه اسیدیته (pH) ۷/۸۵ و هدایت الکتریکی (EC) ۳۸۲ میکرو زیمنس بر سانتی متر بود.

عملیات زراعی

این تحقیق در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار، در دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از:

T₁ (شاهد): آبیاری کامل گیاه با رساندن رطوبت خاک در هر آبیاری به حد ظرفیت مزرعه (رابطه ۱)

T₂: رساندن رطوبت خاک در هر آبیاری به حد ظرفیت

مزرعه و حذف آبیاری آخر

T₃: آبیاری گیاه به میزان ۱۰ درصد بیشتر از شاهد

T₄: آبیاری گیاه به میزان ۱۰ درصد کمتر از شاهد

T₅: آبیاری گیاه به میزان ۲۰ درصد کمتر از شاهد

T₆: آبیاری گیاه به میزان ۳۰ درصد کمتر از شاهد

در تیمار شاهد عمق آب آبیاری در هر نوبت با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (علیزاده، ۱۳۸۵):

$$I_n = \frac{(FC-a)*D*BD}{100} \quad (1)$$

آورده شده است. تا زمان استقرار کامل گیاه تیمارها یکسان آبیاری شدند، از آبیاری سوم به بعد تیمارهای آبیاری تا پایان فصل رشد چغندر قند اعمال گردید.

جدول ۳- مجموع آب مصرفی (میلی متر) تیمارهای مختلف آبیاری طی دو سال اجرای طرح

تیمار آبیاری	۱۳۹۳	۱۳۹۴
T1	۱۲۰۶	۱۱۴۴
T2	۱۰۰۷	۱۰۰۱
T3	۱۲۹۴	۱۲۲۶
T4	۱۱۰۲	۱۰۶۳
T5	۱۰۳۰	۹۸۱
T6	۹۴۲	۸۹۹

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها در هر سال بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح معنی‌داری یک و پنج درصد انجام شد. تجزیه مرکب داده‌های آزمایش در دو سال نیز پس از آزمون یکنواختی اشتباهات آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت^۲ در سطوح معنی‌داری یک و پنج درصد و با فرض تصادفی بودن اثر سال انجام شد.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای آبیاری بر خصوصیات کمی چغندر قند

برای بررسی داده‌های دو سال آزمایش و انجام تجزیه واریانس مرکب، آزمون یکنواختی اشتباهات آزمایشی (آزمون بارتلت) انجام شد. نتایج این آزمون نشان داد که واریانس‌ها یکنواخت بوده و می‌توان عملیات تجزیه مرکب را برای کل داده‌ها انجام داد. نتایج تجزیه مرکب با فرض تصادفی بودن اثر سال در جدول (۴) ارائه شده است. اثر سال بر صفات وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، عملکرد ریشه، زیست توده و کارایی مصرف آب ریشه غیر معنی‌دار بود اما بر صفت شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر بلوک بر همه پارامترهای اندازه‌گیری شده غیرمعنی‌دار شد. اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر صفات شاخص سطح برگ، وزن خشک ریشه، عملکرد ریشه و

در طول فصل رشد چغندر قند حدوداً هر ۱۵ روز یک‌بار، نمونه‌های گیاهی از هر تیمار برداشت و برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ و وزن ماده خشک گیاهی به آزمایشگاه منتقل گردید. طی دو سال آزمایش ۱۰ بار نمونه‌برداری انجام شد. ابعاد قاب نمونه‌برداری ۰/۵ متر در ۰/۵ متر بود. سطح برگ مربوط به هر تیمار در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (ساخت شرکت Delta-T) اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ از نسبت سطح برگ به سطح زمین محاسبه گردید. هم‌چنین در آزمایشگاه وزن تر برگ، ساقه و غده مربوط به هر تیمار اندازه‌گیری شده و پس از خشک کردن گیاه در آون، وزن خشک آن‌ها نیز اندازه‌گیری شد. در انتهای فصل رشد (روز برداشت)، علاوه بر نمونه‌هایی که برای تعیین سطح برگ و ماده خشک برداشت شد، نمونه‌های جداگانه‌ای نیز برای تعیین خصوصیات کیفی چغندر قند برداشت گردید.

کارایی مصرف آب بر اساس مقدار عملکرد ریشه یا عملکرد قند به‌ازای آب مصرف شده طبق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$WUE = \frac{Y}{W} \quad (2)$$

که در این رابطه:

WUE کارایی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)، Y عملکرد ریشه یا عملکرد قند (کیلوگرم در هکتار) و W مقدار آب مصرفی (میلی‌متر) می‌باشد. عملکرد قند نیز از حاصلضرب درصد قند در عملکرد ریشه محاسبه گردید.

². Bartlett

محققین مطابقت دارد. در مطالعات ابراهیمی پاک و همکاران (۱۳۸۷) تأثیر کم آبیاری طی مراحل مختلف رشد بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر کم آبیاری بر عملکرد ریشه و قند در هر یک از دوره‌های رشد گیاه معنی‌دار است. هم‌چنین نتایج تحقیق نورجو و بقایی کیا (۱۳۸۳) در رابطه با تأثیر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر کمیت و کیفیت چغندر قند در منطقه خوی نشان داد که تیمارهای آبیاری اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر تولید ریشه و شکر قابل استحصال دارد.

زیست توده در سطح احتمال یک درصد و بر صفت وزن خشک برگ و کارایی مصرف آب ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر متقابل تیمار و سال بر صفات شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ، و کارایی خشک ریشه، عملکرد ریشه، زیست توده و کارایی مصرف آب ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، که می‌تواند ناشی از اختلاف عوامل جوی سال‌های انجام طرح باشد.

نتایج این تحقیق مبنی بر تأثیر معنی‌دار تیمارهای آبیاری بر خصوصیات کمی چغندر قند با تحقیقات سایر

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات بررسی شده برای چغندر قند

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
وزن خشک ریشه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ		
۵۷۹۹۷۴۸/۳۰ ^{ns}	۳۴۴۹۶۰/۴۳ ^{ns}	۱۱۶۰۹۹/۲۰ ^{ns}	۵۵/۳۰ ^{**}	۱	سال
۵۳۳۲۱۱۰۹	۱۰۱۰۷۷	۸۱۸۷۶۴	۱۷/۴۲	۴	خطا
۵۶۷۲۱۴۲/۶۰ ^{ns}	۶۵۰۹۶/۷۰ ^{ns}	۸۵۰۶۰/۱۲ ^{ns}	۱/۲۶ ^{ns}	۴	بلوک (سال)
۳۹۹۷۳۷۴/۳۰ ^{**}	۳۷۰۵۸/۱۸ ^{ns}	۱۲۱۹۸۶/۷۵*	۱۵/۱۳ ^{**}	۵	تیمار
۵۲۴۳۳۶۶۳/۸۰ ^{**}	۱۰۶۸۸۳/۴۵ ^{ns}	۷۷۶۹۰۵/۹۶ ^{**}	۱۷/۴۴ ^{**}	۵	تیمار X سال
۴۷۸۴۶۹۷/۴۰	۷۰۹۰۳/۳۰	۴۳۲۰۱/۵۹	۱/۲۸	۲۰	خطا
۱۴/۶۰	۲۲/۱۳	۱۵/۴۰	۱۹/۰۳		ضریب تغییرات (%)

^{**} و ^{*}: به ترتیب معناداری در سطح احتمال یک و پنج درصد و ^{ns} عدم معناداری

ادامه جدول ۴

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
کارایی مصرف آب ریشه (کیلوگرم در مترمکعب)	زیست توده (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد ریشه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد ریشه (کیلوگرم در هکتار)		
۳/۴۵ ^{ns}	۷۰۴۳۱۷ ^{ns}	۲۰۵۴۹۰۳۱۲ ^{ns}	۲۰۵۴۹۰۳۱۲ ^{ns}	۱	سال
۱۳/۰۷	۷۱۴۲۱۵۰۹	۱۴۳۴۴۶۹۲۲۹	۱۴۳۴۴۶۹۲۲۹	۴	خطا
۲/۲۲ ^{ns}	۷۵۴۵۸۱۵/۸۰ ^{ns}	۲۵۶۱۵۵۳۰۶ ^{ns}	۲۵۶۱۵۵۳۰۶ ^{ns}	۴	بلوک (سال)
۲/۲۵*	۴۴۵۰۲۲۳۳/۴۰ ^{**}	۶۲۰۲۰۸۲۲۴ ^{**}	۶۲۰۲۰۸۲۲۴ ^{**}	۵	تیمار
۱۱/۶۷ ^{**}	۶۸۷۷۶۴۷/۳۰ ^{**}	۱۲۷۸۴۸۲۲۳۱ ^{**}	۱۲۷۸۴۸۲۲۳۱ ^{**}	۵	تیمار X سال
۰/۸۴	۴۹۰۰۷۸۵/۲۰	۱۰۰۱۶۸۳۰۹	۱۰۰۱۶۸۳۰۹	۲۰	خطا
۱۴/۷۱	۱۳/۰۸	۱۴/۹۵	۱۴/۹۵		ضریب تغییرات (%)

^{**} و ^{*}: به ترتیب معناداری در سطح احتمال یک و پنج درصد و ^{ns} عدم معناداری

آماري با تیمارهای T2 و T3 تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نداشت. با توجه به نتایج، افزایش تنش آب باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ گردید که با مطالعات سایر محققین مطابقت دارد. محققین بیان کرده‌اند که تنش خشکی از طریق کاهش تولید و رشد برگ‌ها

نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات بررسی شده با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد در جدول (۵) ارائه شده است. از مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف می‌توان دریافت که حداکثر مقدار آن مربوط به تیمار T1 است که از لحاظ

یوکان و جنکوگلان (۲۰۰۴) تأثیر کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد محصول چغندر قند بررسی و مشخص شد در تیمارهایی که آب کمتری دریافت کردند، درصد قند افزایش و آب مصرفی و عملکرد ریشه کاهش یافت. نتایج تحقیق نوجو و همکاران (۱۳۸۵) در رابطه با تأثیر کم-آبیاری بر کمیت و کیفیت چغندر قند در منطقه میاندوآب نیز نشان داد که کم‌آبیاری موجب کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه شده است. کاهش عملکرد در نتیجه کم‌آبیاری در تحقیقات سایر محققین نظیر کارتر و همکاران (۱۹۸۰)، بزا و تایا (۱۹۹۹)، هارگریوز و سامانی (۱۹۸۴)، ریتز (۲۰۰۵) و جهاداکبر و همکاران (۱۳۸۲) نیز گزارش شده است.

تغییرات کارایی مصرف آب ریشه چغندر قند برای تیمارهای مختلف نشان داد که حذف آبیاری آخر یا کاهش آب آبیاری به میزان ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری در کارایی مصرف آب ریشه ایجاد نکرده ولی کاهش آب به-میزان بیش از آن منجر به کاهش معنی‌دار کارایی مصرف آب شده است.

به‌طور کلی با توجه به نتایج مقایسه میانگین خصوصیات کمی چغندر قند، اگرچه بین تیمارهای T2، T3 و T4 تفاوت معنی‌داری از نظر خصوصیات رویشی، عملکرد و وزن خشک ریشه گیاه وجود نداشت ولی این تیمارها خصوصیات یاد شده را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای T5 و T6 افزایش دادند. هم‌چنین با توجه به اینکه، تیمارهای T2 و T4 بیشترین مقدار کارایی مصرف آب ریشه را دارند، بنابراین حذف آبیاری آخر یا کاهش میزان آب در هر آبیاری تا ۱۰ درصد برای حفظ آب و جلوگیری از هدر رفت آن در زراعت چغندر قند در استان لرستان توصیه می‌گردد.

(کاکایر، ۲۰۰۴) و افزایش پیری آن‌ها (ولف و همکاران، ۱۹۸۸) شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد. روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد چغندر قند در تیمارهای مختلف آبیاری در شکل (۱) نشان داده شده است.

مقایسه میانگین وزن خشک برگ و زیست توده در تیمارهای مختلف نشان داد که کاهش مقدار آب آبیاری تا ده درصد یا حذف آبیاری آخر کاهش معنی‌داری را در وزن خشک برگ و زیست توده ایجاد نکرد ولی کاهش بیشتر آب آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار این صفات گردید. در شرایط تنش خشکی اصولاً کاهش سطح برگ چغندر قند منجر به جلوگیری از اتلاف آب از طریق تعرق شده و موجب کاهش فتوسنتز می‌گردد. بنابراین کاهش وزن خشک برگ و به همراه آن سطح فتوسنتز کننده در اثر تنش رطوبتی باعث کاهش زیست توده می‌گردد. کاهش ماده خشک در اثر کاهش مقدار آب آبیاری با مطالعات سایر محققین مطابقت دارد. نتایج مطالعات فریکتون و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک چغندر قند شده است. هم-چنین عبداللهیان نوبابی (۱۹۹۹) از تحقیقات خود نتیجه گرفت در شرایط تنش خشکی، ماده خشک چغندر قند کاهش می‌یابد. روند تغییرات ماده خشک در طول فصل رشد چغندر قند در تیمارهای مختلف آبیاری در شکل (۲) نشان داده شده است.

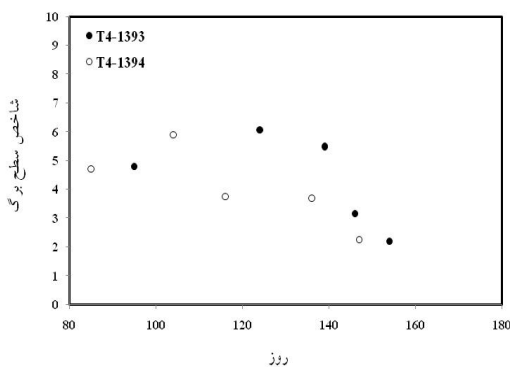
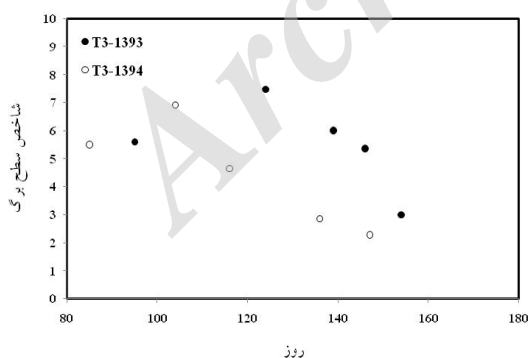
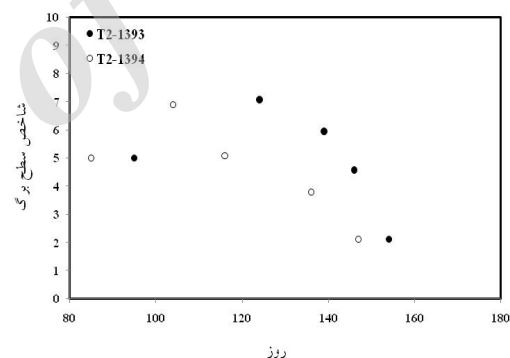
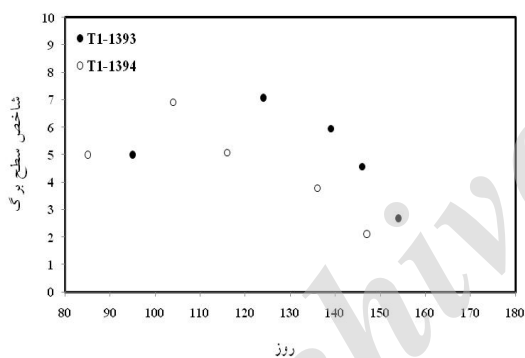
با توجه به نتایج، کاهش مقدار آب آبیاری تا ده درصد یا حذف آبیاری آخر کاهش معنی‌داری را در عملکرد و وزن خشک ریشه ایجاد نکرد ولی کاهش بیشتر آب آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار این صفات گردید. کاهش عملکرد چغندر قند در اثر کاهش آب آبیاری در بسیاری از گزارشات به تأیید رسیده است. در مطالعات

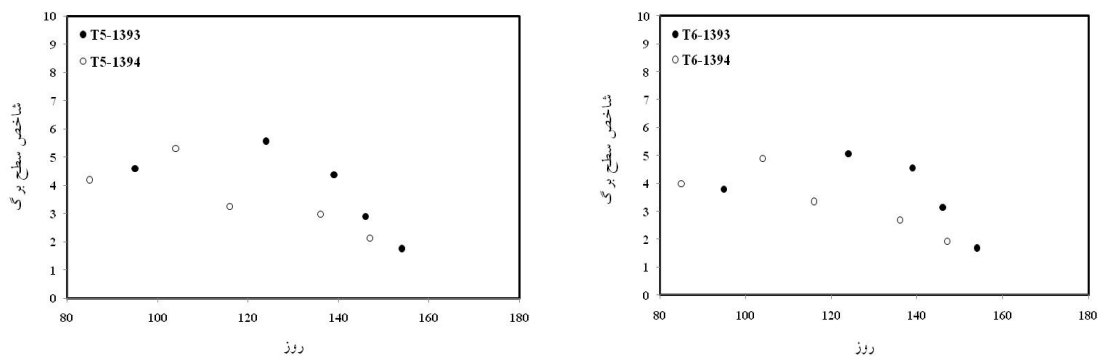
جدول ۵- تأثیر تیمارهای آبیاری بر صفات بررسی شده برای چغندر قند

تیمار	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک ریشه (کیلوگرم در هکتار)
T1	۷/۸۳a	۱۳۳۶/۱۰ab	۶۷۱/۰۰a	۱۶۸۶۹ab
T2	۶/۶۷ab	۱۴۳۶/۰۰ab	۵۹۲/۳۰a	۱۶۳۵۵ab
T3	۷/۰۱ab	۱۵۶۹/۷۰a	۵۶۵/۳۰a	۱۸۰۱۸a
T4	۵/۸۳bc	۱۳۵۵/۹۰ab	۴۸۶/۱۰a	۱۴۳۳۶abc
T5	۴/۸۶c	۱۲۱۵/۲۰b	۶۸۷/۵۰a	۱۳۱۹۳cd
T6	۳/۴۵d	۱۱۸۳/۹۰b	۵۳۳/۳۰a	۱۱۱۰۵d

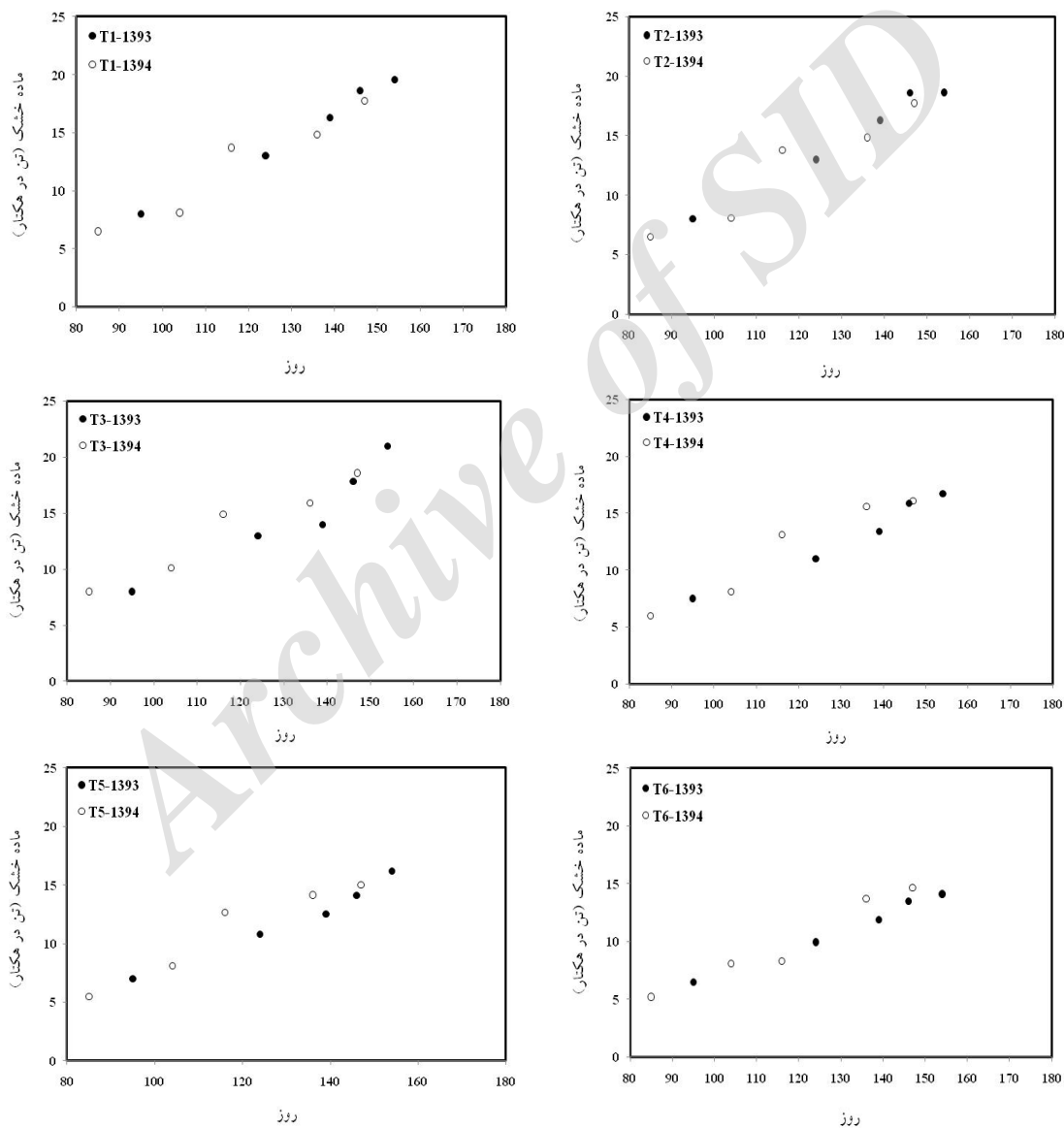
ادامه جدول ۵

تیمار	عملکرد ریشه (کیلوگرم در هکتار)	زیست توده (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب ریشه (کیلوگرم در مترمکعب)
T1	۷۴۴۱۳a	۱۸۸۷۶ab	۶/۳۳ab
T2	۷۳۴۴۸a	۱۸۲۸۴ab	۷/۳۱a
T3	۷۶۲۵۸a	۲۰۱۵۳a	۶/۰۸b
T4	۶۸۲۴۷ab	۱۶۱۷۸bc	۶/۳۵ab
T5	۵۸۲۸۴bc	۱۵۰۹۷cd	۵/۷۹b
T6	۵۰۹۶۵c	۱۲۸۲۳d	۵/۵۵b





شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف آبیاری در طول فصل رشد چغندر قند



شکل ۲- روند تغییرات ماده خشک در تیمارهای مختلف آبیاری در طول فصل رشد چغندر قند

خصوصیات کیفی چغندر قند

مرحله کاشت تا سبز شدن و قطع آبیاری آخر) بالاترین درصد قند (حدود ۱۶/۰۹ درصد) را دارا بود و نسبت به درصد قند تیمار شاهد (آبیاری گیاه در تمام مراحل رشد) بیش از سه درصد افزایش نشان داد. همچنین در تحقیق دیگری مشخص شد که با کاهش آب آبیاری در دوره آخر رشد گیاه، علاوه بر این که از مقدار عملکرد ریشه کاسته نمی‌شود بلکه درصد قند نیز افزایش می‌یابد (باربیری، ۱۹۸۷). افزایش درصد قند بر اثر اعمال تنش رطوبتی با تحقیقات کوچکی و سلطانی (۱۳۷۵) و هنگ و میلر (۱۹۸۶) نیز مطابقت دارد.

مقایسه تغییرات کارایی مصرف آب بر اساس تولید قند نشان داد که تیمار T2 با ۱/۷۹ کیلوگرم قند در مترمکعب آب مصرفی بیشترین مقدار را داراست که از لحاظ آماری با تیمار T4 تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نداشت. اعمال کم‌آبی منجر به افزایش کارایی مصرف آب قند گردید.

به‌طور کلی با توجه به اینکه، حداکثر مقدار عملکرد قند و کارایی مصرف آب قند مربوط به تیمار T2 و T4 است، بنابراین این دو تیمار یعنی حذف آبیاری آخر یا کاهش میزان آب در هر آبیاری تا ۱۰ درصد، تیمار برتر هستند و در شرایط استان لرستان توصیه می‌گردد.

با توجه به اینکه در سال ۱۳۹۳ تنها برای تیمارهای شاهد و حذف آبیاری آخر اطلاعات مربوط به درصد قند در دسترس بود، بنابراین تجزیه واریانس خصوصیات کیفی چغندر قند فقط برای سال ۱۳۹۴ انجام شد. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر درصد قند، عملکرد و کارایی مصرف آب قند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۶). تأثیر تیمارهای آبیاری بر خصوصیات کیفی چغندر قند در جدول (۷) ارائه شده است. مقایسه تغییرات درصد قند نشان داد که با کاهش آب مصرفی درصد قند افزایش یافته است و تیمار T5 با ۲۱/۰۵ درصد قند بیشترین و تیمار T3 با ۱۸/۱۰ درصد قند کمترین مقدار را دارد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که چغندر قند در مقابل تنش آبی مقاومت نشان داده و عیار قند آن در نتیجه تنش آب افزایش یافت. چغندر قند به‌علت دوره رویشی طولانی، سیستم ریشه عمیق و توان تنظیم اسمزی، تحمل زیادی به خشکی دارد و هرگاه تنش از حدی تجاوز ننماید، می‌تواند موجب افزایش عیار قند و درصد شکر قابل استحصال گردد. افزایش عیار قند در اثر اعمال کم‌آبی در بسیاری از گزارشات به تأیید رسیده است. در مطالعات نوریجو و بقایی‌کیا (۱۳۸۳) تیمار تنش (عدم آبیاری در

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کیفی چغندر قند در سال ۱۳۹۴

منابع تغییر	درجه آزادی	قند (درصد)	عملکرد قند (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب قند (کیلوگرم در مترمکعب)
بلوک	۲	۰/۰۸ ^{ns}	۴۰۰۳۷۵/۷۰ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
تیمار	۴	۳/۹۰ ^{**}	۲۹۲۳۹۲۶۵/۵۰ ^{**}	۰/۳۱ ^{**}
خطا	۸	۰/۲۹	۴۱۲۴۴۴۸/۵۰	۰/۰۴
ضریب تغییرات (%)		۲/۷۳	۱۳/۱۳	۱۳/۶۲

** و °: به ترتیب معناداری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ^{ns} عدم معناداری

جدول ۷- تأثیر تیمارهای آبیاری بر خصوصیات کیفی چغندر قند

تیمار	قند (درصد)	عملکرد قند (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب قند (کیلوگرم در مترمکعب)
T1	۱۸/۸۷c	۱۴۶۷۷bc	۱/۲۸b
T2	۲۰/۰۳b	۱۷۹۳۵ab	۱/۷۹a
T3	۱۸/۱۰c	۱۴۹۰۲abc	۱/۲۲b
T4	۱۹/۹۵b	۱۸۸۶۴a	۱/۷۷a
T5	۲۱/۰۵a	۱۰۹۴۹c	۱/۱۲b

نتیجه‌گیری

و وزن خشک ریشه، کارایی مصرف آب بر اساس تولید ریشه و کارایی مصرف آب بر اساس تولید قند ایجاد نکرد ولی کاهش بیشتر آب آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار این صفات گردید. تیمار حذف آبیاری آخر باعث حدوداً ۱۷ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به تیمار شاهد شد. لذا با توجه به کمبود منابع آب در کشور و همچنین مصادف شدن بخش عمده دوره رشد چغندر قند با ماه‌های گرم و خشک سال در استان لرستان، اعمال کم‌آبیاری از طریق حذف آبیاری آخر یا کاهش آب آبیاری به میزان ۱۰ درصد در طول فصل رشد چغندر قند توصیه می‌شود.

برنامه‌ریزی کم‌آبیاری یکی از مهم‌ترین ابزار بهینه‌سازی مصرف آب است. نتایج نشان داد که کم‌آبیاری ضمن کاهش عملکرد ریشه، موجب افزایش برخی خصوصیات کیفی چغندر قند شده و تا حدودی کاهش عملکرد ریشه را جبران می‌نماید. مقایسه تغییرات درصد قند نشان داد که با کاهش آب مصرفی درصد قند افزایش یافت. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق می‌توان گفت، کاهش مقدار آب آبیاری تا ده درصد یا حذف آبیاری آخر کاهش معنی‌داری را در زیست توده، عملکرد

فهرست منابع

۱. ابراهیمی پاک، ن.ع.، ا. پذیرا، ف.، کاوه، م.ج.، عابدی، و.ع.ا.، صباغ فرشی. ۱۳۸۷. تأثیر کم‌آبیاری طی مراحل مختلف رشد چغندر قند بر عملکرد کمی و کیفی آن. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. جلد ۷۸، صفحات ۶۳-۷۳.
۲. جهاداکبر، م.ر.، ح.ر.، ابراهیمیان، م.، ترابی، و.ج.، گوهری. ۱۳۸۲. تأثیر کم‌آبیاری بر کمیت و کیفیت چغندر قند در کبوترآباد اصفهان. مجله چغندر قند. ۱۹ (۱): ۸۱-۹۴.
۳. خواجه‌پور، م.ر. ۱۳۸۳. زراعت گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۵۶۴ صفحه.
۴. صدرقاین، س.ح.، ق.، زارعی، و.ا.، حقایقی مقدم. ۱۳۸۸. اثر آبیاری بارانی و جویچه‌ای بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب چغندر قند. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳ (۱): ۱۸۳-۱۷۳.
۵. فرشی، ع.ا.، م.ر.، شریعتی، ر.، جاراللهی، م.ر.، قائمی، م.، شهابی‌فر، و.م.، تولائی. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. جلد اول. نشر آموزش کشاورزی. ۹۰۰ صفحه.
۶. کوچکی، ع. و.ا.، سلطانی. ۱۳۷۵. زراعت چغندر قند. انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد.
۷. میرزایی، م.ر. و.م.ا.، رضوانی. ۱۳۹۱. اثر سطوح کم‌آبیاری در مراحل چهارگانه رشد بر عملکرد و کیفیت چغندر قند. مجله علوم زراعی ایران. ۱۴ (۲): ۹۴-۱۰۷.
۸. نورجو، ا.، ف.، عباسی، م.، بقایی‌کیا، و.ع.ر.، جدایی. ۱۳۸۵. تأثیر کم‌آبیاری بر کمیت و کیفیت چغندر قند در منطقه میان‌دوآب. مجله چغندر قند. ۲۲ (۲): ۵۳-۶۶.
۹. نورجو، ا.، و.م.، بقایی‌کیا. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر روی کمیت و کیفیت چغندر قند در منطقه خوی. مجله چغندر قند. ۲۰ (۱): ۲۷-۳۸.
10. Abayomi, Y.A. 2002. Sugar beet leaf growth and yield response to soil water deficit. African Crop Science Journal. 10(1): 51-66.
11. Abdollahian Noghabi, M. 1999. Ecophysiology of sugar beet cultivars and weed species subjected to water deficiency stress. Ph.D. Thesis, University of Reading England.
12. Barbieri, G. 1987. Effect of Irrigation and harvesting dates on the yield of spring – sown sugar beet. Agricultural Water Management. 33(3): 283-286.

13. Bazza, M., and M. Tayaa. 1999. Contribution to improve sugar beet deficit irrigation. Kluwer Academic Publisher.
14. Bondok, M.A. 1996. The role boron regulating growth yield and hormonal balance in sugar beet, *Annals of Agricultural Science (cario)*. 41(1): 15-33.
15. Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different developmental stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89: 1-16.
16. Carter, J.N., M.E. Jensen, and D.J. Traveller. 1980. Effect of mid- to –Late season water stress on sugar beet growth and yield. *Agronomy Journal*. 72(5): 806-815.
17. Doorenbos, J., and A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33*, FAO, Rome, Italy. 193 pp.
18. Fabeiro, C., F. Martin de Santa Olalla, R. Lopez, and A. Dominguez. 2003. Production and quality of the sugar beet (*Beta vulgaris L.*) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management*. 62: 215-227.
19. Freckleton, R.P., A.R. Watkinson, D.J. Webb, and T.H. Thomas. 1999. Yield of sugar beet in relation to weather and nutrients. *Agricultural and Forest Meteorology*. 93: 39-51.
20. Hang, A.N., and D.E. Miller. 1986. Sugar beet development and partitioning to root growth. *Agronomy Journal*. 78: 15-18.
21. Hanks, R.J., and D.E. Miller. 1986. Response of sugar beet to deficit, high-frequency sprinkler irrigation. Sucrose accumulation and top and root dry mater production. *Agronomy Journal*. 78: 10-20.
22. Hargreaves, G.H., and Z.A. Samani. 1984. Economic consideration of deficit irrigation. *Irrigation and Drainage Journal*. 110(4): 343-358.
23. Howell, T.A., L.H. Ziska, R.L. McCormick, L.M. Burtch and B.B. Fischer. 1987. Response of sugar beet to irrigation frequency and cut off on a clay loam soil. *Irrigation Science*. 8: 1-11.
24. Lee, G.S., G. Dunn, and W.R. Schmeih. 1987. Effect of date of planting and N-fertilization on growth components of sugar beet. *Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists*. 24: 81-99.
25. Milford, G.F.J., T.O. Pocock, and J. Riley. 1985. An analysis of leaf growth in sugar beet. II: Leaf appearance in field crops. *Annals of Applied Biology*. 106: 163-172.
26. Parvizi Almani, M., C. Abd-Mishani, and B.Y. Samadi. 1997. Drought resistance in sugar beet genotypes. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 28: 15-25.
27. Rytter, R.M. 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.
28. Ucan, K. and C. Gencoglan. 2004. The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 28 (3): 163-172.
29. Winter, S.R. 1980. Suitability of Sugar beet for limited Irrigation in a semi-arid climate. *Agronomy Journal*. 72: 118 -123.
30. Wolf, D.W., D.W. Henderson, T.C. Hsiao, and A. Alvino. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. II. Photosynthesis decline and longevity of individual leaves. *Agronomy Journal*. 80: 865-870.