

# مدیریت آبیاری براساس تخلیه مجاز رطوبتی در مراحل مختلف رشد چغندر قند در منطقه میان‌دوآب

## Irrigation management based on allowed water depletion at different growth stages of sugar beet in Miyandoab region

کیوان فتوحی\*<sup>۱</sup>، جمال احمدآلی<sup>۱</sup>، امیر نوجو<sup>۱</sup>، عادل پدرام<sup>۱</sup> و عبدالمجید خورشید<sup>۱</sup>  
تاریخ دریافت: ۸۶/۷/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۳/۲۳

ک. فتوحی، ج. احمدآلی، ا. نوجو، ع. پدرام و ع. خورشید. ۱۳۸۷. مدیریت آبیاری براساس تخلیه مجاز رطوبتی در مراحل مختلف رشد چغندر قند در منطقه میان‌دوآب. مجله چغندر قند (۱): ۶۰-۴۳

### چکیده

آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده زراعت در ایران بوده و استفاده بهینه از آن در راستای کشاورزی پایدار ضروری می‌باشد. در این پژوهش اثرات مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی خاک در مراحل مختلف رشد چغندر قند ریشه‌ای و تأثیر آن بر صفات کمی و کیفی محصول مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی به مدت دو سال (۸۴-۱۳۸۳) اجرا گردید. مراحل مختلف رشد چغندر قند (فاکتور A) در چهار سطح شامل مرحله اول رشد از زمان استقرار تا پوشش ۱۰ درصد ( $S_1$ )، مرحله دوم رشد از پوشش ۱۰ درصد تا پوشش ۷۰ الی ۸۰ درصد سطح زمین ( $S_2$ )، مرحله سوم رشد از انتهای مرحله دوم تا رسیدن گیاه ( $S_3$ ) و مرحله چهارم رشد از انتهای مرحله سوم تا برداشت محصول ( $S_4$ )، و آبیاری در مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی خاک (فاکتور B) در سه سطح شامل، تخلیه ۶۵-۷۰ درصد ( $I_1$ )، ۸۵-۹۰ درصد ( $I_2$ ) رطوبت قابل استفاده و تیمار شاهد تخلیه رطوبتی ۵۰-۴۵ درصد در کلیه مراحل رشد ( $I_3$ ) انتخاب شدند. صفات مختلف کمی و کیفی محصول چغندر قند و مقدار آب مصرف شده برای هر تیمار اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد به طور کلی تأثیر تیمارهای آبیاری روی خواص کیفی ریشه مؤثر بود و بر صفات زراعی نظیر عملکرد ریشه تأثیر کمتری داشت. تنش رطوبتی (سطوح مختلف تخلیه رطوبتی) صفات کیفی و کمی ریشه را تحت تأثیر قرار داد. تخلیه رطوبتی بالا (۹۰-۸۵ درصد) علی‌رغم این که سبب کاهش عملکرد ریشه شد ولی در پاره‌ای از موارد به دلیل بهبود خواص کیفی ریشه و استحصال قند، کاهش عملکرد را جبران نمود. اعمال تخلیه رطوبتی بالاتر موجب تغییرات معنی‌دار درصد قند شد. تأثیر متقابل تخلیه رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر روی عملکرد ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار نشد. بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب براساس عملکرد ریشه از تیمار  $S_3I_1$  و برابر ۵/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب به دست آمد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار  $S_1I_2$  و برابر ۳/۸۸ بود. بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب براساس عملکرد قند سفید از تیمار  $S_2I_3$  و برابر ۶۴/۰ کیلوگرم قند در مترمکعب آب و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار  $S_4I_2$  و برابر ۳۳/۰ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

واژه‌های کلیدی: تخلیه رطوبتی خاک، چغندر قند، کمیت محصول، کیفیت محصول، مراحل رشد

## مقدمه

اقلیم خشک و نیمه‌خشک حاکم بر کشور، کشت و تولید گیاهان زراعی تحت شرایط تنش‌های محیطی (خشکی، شوری و گرمایی) را اجتناب‌ناپذیر نموده است. گیاهان زراعی عکس‌العمل‌های متفاوتی در مقابل این تنش‌ها از خود نشان می‌دهند. بروز هرکدام از تنش‌ها و یا ترکیبی از آن‌ها منجر به کاهش تولید می‌شود. چغندر قند یکی از گیاهان متحمل به این تنش‌ها به شمار می‌آید (محمدیان ۱۳۸۴). تخلیه مجاز رطوبت خاک متداول‌ترین معیار برای تعیین زمان آبیاری، به‌ویژه در استفاده از روش‌های بیلان آب در برنامه‌ریزی‌های آبیاری به شمار می‌آید. این معیار بیان‌گر بخشی از ظرفیت ذخیره آب قابل دسترس یا قابل استخراج توسط گیاه در ناحیه توسعه ریشه است، به طوری که به‌تواند در فاصله دو آبیاری متوالی جهت نگهداری محیط‌زیست نباتی بدون استرس و یا با استرس اندک برای رشد گیاه تخلیه گردد (خیرابی و همکاران ۱۳۷۵). اگر در مرحله‌ای از رشد و یا در کل دوره رشد گیاه، آب مورد نیاز به‌طور کامل تأمین نشود گیاه تحت تنش رطوبتی قرار گرفته و فعالیت‌های فیزیولوژیک آن مختل شده و منجر به کاهش محصول می‌گردد (Howell et al. 1984). تنش ملایم آب در تولید ماده خشک و میزان جذب فتوسنتز خالص چغندر قند اثر معنی‌داری ندارد. کاهش آبیاری در مراحل مشخصی از رشد چغندر قند ممکن است برای آن مفید نیز باشد (Howell et al. 1987). طولانی‌بودن دوره

رشد چغندر قند موجب می‌شود که این گیاه با بهبود وضعیت رطوبتی خاک امکان باز یافت داشته باشد. هم‌چنین این گیاه زراعی در سال اول رشد خود برخلاف گیاهان دانه‌ای فاقد دوره بحران زایشی بوده و به علت داشتن سیستم ریشه‌ای عمیق قادر به استفاده از ذخائر رطوبتی در خاک می‌باشد (Winter 1989). اکثر آب مورد نیاز چغندر قند از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تأمین می‌شود (Massoud and Shalaby 1998). تحقیقات میلر و آرسج (Miller and Aursaj 1976) نشان می‌دهد که چغندر قند قادر است تحت شرایط کم‌آبی به‌طور رضایت بخشی به رشد خود ادامه دهد. دوره بحرانی در چغندر قند، دوره تشکیل و نمو اندام ذخیره‌ای (ریشه) می‌باشد. در این دوره چغندر قند بیشترین حساسیت را به تنش رطوبتی در مقایسه با دیگر مراحل رشد از خود نشان می‌دهد (هاشمی و همکاران ۱۳۷۵). دورنبوس و پرویت (Doorenbos and Pruitt 1975) حد تخلیه مجاز رطوبتی برای چغندر قند را با احتساب متوسط تبخیر و تعرق روزانه شش الی هفت میلی‌متر، برابر ۵۰ درصد آب قابل استفاده پیشنهاد کردند. حد تخلیه مجاز به نوع گیاه، نوع محصول و عمق توسعه ریشه بستگی دارد (علیزاده و کوچکی ۱۳۶۵). خواجه‌پور (۱۳۷۵) گزارش نمود که آبیاری چغندر قند را بعد از سبز شدن تا زمان تنک، زمانی انجام می‌دهند که حدود ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری مصرف شده باشد. هم‌چنین زمانی که میانگین درجه حرارت شب‌ها به حدود

به تنش در سایر مراحل رشد در پی دارد. تحقیقات نورجو و همکاران (۱۳۸۳) بر روی تأثیر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد چغندرقد در منطقه خوی نشان داد که عدم آبیاری در مرحله کاشت تا سبز شدن و قطع آخرین آبیاری بیشترین درصدند ریشه را به همراه دارد و درصدند در تیمار آبیاری کامل (شاهد) کمتر از سایر تیمارها می‌باشد. هم چنین در صورتی که از آبیاری مراحل آخر رشد چغندرقد صرف نظر 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 افزایش می‌یابد.

در چغندرقد یکی از عکس‌العمل‌های درونی گیاه به کمبود آب، علاوه بر کاهش رشد، افزایش غلظت قند در ریشه می‌باشد. در شرایط آبیاری، قبل از برداشت ریشه‌ها، برای این که درصدند آن افزایش یابد، مدتی گیاه را وادار به پژمرده شدن می‌نمایند. بدین صورت با قطع آبیاری در چهار تا شش هفته قبل از برداشت، درصدند در ریشه‌ها به مقدار زیادی افزایش می‌یابد (کوچکی و سلطانی ۱۳۷۵). جهاداکبر و ابراهیمیان (۱۳۷۷) اعلام نمودند که تأخیر در آبیاری پس از سبزشدن بذر تا زمان آخرین آبیاری گندم، کاهش معنی‌داری در عملکرد ریشه و قند ایجاد نمی‌کند. لذا به محصول چغندرقد بدلیل تأخیر آبیاری پس از سبزشدن صدمه‌ای وارد نمی‌شود و علت آن می‌تواند آب ذخیره شده توسط آبیاری‌های اولیه برای سبز کردن بذر باشد.

۱۵ درجه سانتی‌گراد برسد آبیاری پس از تخلیه حدود ۶۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک توصیه شده است. روند تأخیر در آبیاری می‌تواند به صورتی باشد که آخرین آبیاری پس از تخلیه حدود ۷۵ درصد رطوبت قابل استفاده از خاک انجام پذیرد. تهی شدن خاک از رطوبت و ازت در اواخر فصل رشد، موجب توقف رشد اندام‌های هوایی و افزایش ذخیره قند در ریشه می‌گردد و عیارقند را افزایش می‌دهد. بازا و تایا (Bazza and Tayaa 1999) تحقیقاتی به شرح ذیل در رابطه با مدیریت آبیاری چغندرقد براساس تخلیه رطوبتی خاک انجام دادند. آبیاری در تخلیه رطوبتی ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد در عمق توسعه ریشه و در مکش ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوپاسکال انجام شد. براساس بررسی‌های اقتصادی، بیشترین سود از تیمار آبیاری در مکش ۴۰ کیلوپاسکال با تخلیه رطوبتی ۰/۶ به دست آمد. هنکس و اشکرافت (Hanks and Ashcroft 1980) نیز پتانسیل ماتریکس خاک جهت آبیاری چغندرقد به منظور حصول حداکثر عملکرد را ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌بار اعلام نموده‌اند. تحقیقات میرزایی و همکاران (۱۳۸۴) درخصوص اثرات تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد چغندرقد و استفاده بهینه از آب نشان داد که با دو بار قطع آبیاری در مرحله رشد برگی، کارایی مصرف آب افزایش یافته و چهار بار قطع آبیاری در مرحله رشد ریشه منجر به حداقل کارایی مصرف آب می‌شود. هم چنین اعمال تنش آبی در مرحله رشد ریشه و مرحله ذخیره‌سازی قند بیشترین تأثیر در کاهش عملکرد ریشه و قند را نسبت

های جوان تر بوده و تراکم ریشه تأثیری در این جذب ندارد. در تیمار آبیاری پس از ۳۰ درصد تخلیه رطوبتی، ۹۲ درصد از آب جذب شده از لایه ۰/۶-۰/۰ متر، در تیمار ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی از اعماق ۰/۶-۰/۰ و ۱/۰-۰/۶ متری تقریباً مساوی بود. 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. استیون و همکاران (Steven et al. 2007) ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی (MAD) را جهت جلوگیری از کاهش عملکرد و حفظ کیفیت محصول توصیه نموده و استفاده از سنسورهای رطوبت جهت مدیریت آبیاری را در کاهش مصرف آب، انرژی و حصول حداکثر عملکرد چغندر قند مفید دانسته‌اند. نورجو و همکاران (۱۳۸۱) در تحقیقی در منطقه میان‌دوآب اعلام نمودند که با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۰ و ۱۴ روز، عملکرد ریشه چغندر قند به ترتیب ۳/۵ و ۸/۶ درصد افزایش یافته و در مصرف آب به ترتیب ۸ و ۱۷ درصد صرفه‌جویی می‌شود.

این تحقیق به منظور تعیین اثرات مقادیر مختلفی از تخلیه رطوبت خاک در کمیت و کیفیت چغندر قند و تعیین تخلیه مجاز رطوبتی جهت حصول حداکثر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب اجرا گردید.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی میان‌دوآب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

بازوبند (۱۳۷۱) با بررسی اثرات تنش رطوبتی بر خواص کمی و کیفی چغندر قند، گزارش نمود تنش رطوبتی تا میزان حذف چهار نوبت آبیاری در طول دوره رشد تأثیر محسوسی در عملکرد ریشه نداشته و با افزایش مدت تنش رطوبتی، میزان درصد قند افزایش داشت. تحقیقات جهاد اکبر و همکاران (۱۳۸۲) نشان داد که مقدار آب مصرفی با عملکرد ریشه و سدیم موجود در ریشه همبستگی مثبت و با درصد قند ناخالص همبستگی منفی دارد و حداکثر عملکرد ریشه و قند ناخالص از آبیاری کامل حاصل می‌شود. وسلک و رنگار (Wessolek and Rengar 1993) تأثیر مدیریت آبیاری بر عملکرد چغندر قند در خاک‌های شنی را مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که میزان رطوبت خاک در منطقه توسعه ریشه و مقدار آب مصرف شده بر تبخیر و تعرق گیاه و عملکرد محصول تأثیر دارد. اگر آبیاری در ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس انجام شود، تبخیر و تعرق حدود ۵۰ درصد بیشتر از حالتی خواهد بود که آبیاری در ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس صورت گیرد. کامپوسو و روبینو (Camposeo and Rubino 2003) سه دور آبیاری براساس تخلیه رطوبتی ۳۰ درصد، ۵۰ درصد و ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس گیاه را انتخاب نموده و جذب آب توسط گیاه از عمق خاک را توسط دستگاه T.D.R ثبت کردند. نتایج نشان داد که با افزایش دور آبیاری جذب آب توسط ریشه در اعماق پایین تر خاک توسط ریشه افزایش می‌یابد و این افزایش مدلول افزایش راندمان جذب آب توسط ریشه-

فاکتور دوم میزان تخلیه رطوبتی خاک در مراحل مختلف رشد هنگام آبیاری در سه سطح به شرح زیر اعمال گردید:

I<sub>1</sub>- آبیاری در هنگامی که ۶۵-۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس گیاه تخلیه شد.

I<sub>2</sub>- آبیاری در هنگامی که ۸۵-۹۰ درصد رطوبت قابل دسترس گیاه تخلیه شد.

I<sub>3</sub>- آبیاری در هنگامی که ۴۵-۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس گیاه تخلیه شد (شاهد).

بر پایه نتایج آزمون خاک، نیتروژن اوره به میزان ۱۱۵ کیلوگرم از منبع اوره (وره ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)، فسفر به مقدار ۹۶ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل (۲۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات در هکتار) و میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در محل آزمایش پخش شده و توسط دیسک با خاک مخلوط گردید. هم چنین سولفات منگنز، روی، مس، منیزیم، آهن و اسیدبوریک به ترتیب به مقدار ۳۰، ۳۰، ۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد.

هر کرت آزمایشی به طول ۱۰ متر و عرض ۳/۶ متر با مساحت ۳۶ مترمربع احداث گردید. فاصله بین کرت‌ها ۱/۸ متر و فاصله بین تکرارها، سه متر ایجاد شد و بذر منورژم ژنتیکی هیبرید رقم ۴۳۶ ۷۱۱۲ با فاصله متوسط ۱۸ سانتی‌متر بر روی پشته‌هایی با فاصله ۶۰ سانتی‌متر کشت گردید. تنک و وجین در مرحله برداشت محصول می‌باشد.

در طی دو سال زراعی ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ انجام گرفت. این ایستگاه در پنج کیلومتری شمال شهرستان میاندوآب قرار گرفته است. متوسط طولانی مدت سالانه بارندگی، درجه حرارت، رطوبت نسبی و تبخیر از طشتک در این ایستگاه به ترتیب ۲۷۵ میلیمتر، ۱۰/۵ درجه سانتیگراد، ۶۱/۴ درصد و ۱۴۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد (نورجو و همکاران ۱۳۸۱). بافت خاک محل مزرعه سیلتی لوم و کیفیت آب C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ و نتایج تجزیه کیفی آب آبیاری در جدول ۲ آورده شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل چهار مرحله رشد به ترتیب زیر بود (این چهار مرحله براساس راهنمای نشریه FAO24 تعیین شده‌اند):

S<sub>1</sub>- مرحله ابتدائی رشد که از زمان استقرار تا زمانی که گیاه ۱۰ درصد سطح زمین را می‌پوشاند.

S<sub>2</sub>- مرحله توسعه رشد گیاه که از انتهای مرحله ابتدایی تا زمانی که گیاه به حداکثر رشد رسیده و حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد سطح زمین را می‌پوشاند.

S<sub>3</sub>- مرحله میانی که از انتهای مرحله توسعه تا زمانی که گیاه شروع به رسیدن می‌کند و شاخص سطح برگ شروع به کاهش می‌نماید.

S<sub>4</sub>- مرحله انتهایی که بلافاصله پس از مرحله میانی (از شروع کاهش شاخص سطح برگ) تا برداشت محصول می‌باشد.

مساحت کرت (متر مربع)،  $V$ : حجم آب موردنیاز کرت (لیتر).

پس از محاسبه مقدار آب موردنیاز برای هر تیمار از کنتور حجمی برای آبیاری استفاده گردید. در این راستا کل سطح مزرعه توسط شبکه لوله‌های پلی اتیلن پوشش داده شد و امکان آبیاری تمامی کرت‌ها توسط لوله و شلنگ فراهم گردید. برداشت آب از کانال و به‌وسیله یک دستگاه پمپ بنزینی دو اینچ صورت گرفت. در طول فصل زراعی یادداشت‌برداری‌های لازم از قبیل درصدسبز، نمره رشد، تعداد بوته گم‌شده، مقدار آب مصرف شده برای هر تیمار اندازه‌گیری شد و در پایان فصل رشد (نیمه دوم مهر ماه) نسبت به برداشت دو خط میانی به طول ۱۰ متر از هر کرت اقدام شد. از هر کرت تعداد ۳۰ عدد ریشه به‌صورت تصادفی به عنوان نماینده هر کرت انتخاب و سرزنی شد. پس از شستشوی ریشه‌ها و توزین آن‌ها، خمیر ریشه (پلپ) در آزمایشگاه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میان‌دوآب تهیه شد و بعد از انجماد برای تجزیه‌های آزمایشگاهی و تعیین صفات درصدقند، ازت‌مضره، املاح سدیم و پتاسیم به آزمایشگاه تکنولوژی مؤسسه تحقیقات چغندر قند ارسال گردید. در آزمایشگاه درصدقند به روش پلاریمتری، مقدار پتاسیم و سدیم به روش فیلم فتومتری و مقدار ازت‌مضره به روش عدد آبی اندازه‌گیری شدند. میزان قند در ملاس با استفاده از فرمول راینفلد و همکاران (Reinfeld et al. 1974) برآورد و عملکرد قندناخالص (SY)، درصد قندخالص (WSC)، عملکرد قندخالص (WSY) و

چهار تا هشت برگ‌گی انجام گرفت. مبارزه بر علیه آفت کک و سرخرطومی (خرطوم کوتاه)، لیتا، برگ‌خوران با سم حشره‌کش دیازینون به مقدار سه لیتر در هکتار صورت پذیرفت. به‌منظور سله‌شکنی و تهویه لازم و دفع علف‌های هرز نسبت به کولتیواتورزنی به تعداد سه مرحله اقدام شد. برای تعیین زمان آبیاری در هر یک از تیمارها، دو یا سه روز بعد از هر آبیاری رطوبت خاک به‌طور مرتب و روزانه سه نوبت در عمق توسعه ریشه به‌وسیله دستگاه رطوبت‌سنج Trime اندازه‌گیری شد و زمانی که تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک به اندازه موردنظر (۴۵ تا ۵۰ درصد، ۶۵ تا ۷۰ درصد، ۸۵ تا ۹۰ درصد) کاهش یافت، کرت مذکور آبیاری شد. در ضمن برای تعیین عمق توسعه ریشه در مراحل مختلف رشد با حفر نیم‌رخ شناسایی خاک نسبت به اندازه‌گیری عمق توسعه ریشه اقدام شد.

مقدار آب موردنیاز هر تیمار در زمان آبیاری

براساس معادلات زیر به دست آمد.

$$I_n = (\theta_{fc} - \theta_i) \cdot d, \quad I_g = \frac{I_n}{e}, \quad V = I_g \cdot A$$

$\theta_{fc}$ : رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی،  $\theta_i$ : رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری (رطوبتی که در آن تخلیه آب قابل استفاده به مقادیر پیش‌بینی شده برسد)،  $d$ : عمق توسعه ریشه (میلی‌متر)،  $I_n$ : عمق خالص آب آبیاری (میلی‌متر)،  $I_g$ : عمق ناخالص آب آبیاری (میلی‌متر)،  $e$ : راندمان آبیاری (۸۵ درصد)  $A$ :

۸۳ گزارش شده است. با کاهش عملکرد ریشه در سال دوم آزمایش، درصد قند ریشه نسبت به سال اول افزایش یافته و در نهایت عملکرد قند خالص در هر دو سال آزمایش، بدون تفاوت معنی دار برای سال ۸۳ و ۸۴ به ترتیب ۵/۷۹ و ۵/۶۸ تن در هکتار بوده است (جدول ۴).

### عملکرد ریشه

تأثیر مراحل مختلف رشد (مراحل چهارگانه) بر روی عملکرد ریشه معنی دار نبود. ولی مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی خاک تأثیر معنی دار روی عملکرد ریشه نشان داد. با افزایش میزان تخلیه رطوبتی خاک از عملکرد ریشه کاسته شد (جدول ۴). عملکرد ریشه در تیمار تخلیه رطوبتی ۶۵ تا ۷۰ درصد، ۴۹/۱۵ تن در هکتار بود و با افزایش ۲۰ درصد بر میزان تخلیه رطوبت خاک، عملکرد به ۴۲/۳۰ تن در هکتار کاهش یافت. در تیمار بدون تنش آبی (شاهد)، عملکرد ریشه ۵۳/۸۳ تن در هکتار بوده و به طور معنی دار بیشتر از دو تیمار دیگر بود (جدول ۶). افزایش تخلیه رطوبت خاک موجب شد جذب آب از خاک توسط ریشه دشوارتر شده و گیاه میزان فتوسنتز را جهت رویارویی با تنش پیش آمده کاهش دهد که در نهایت منجر به کاهش عملکرد محصول گردید. تأثیر تنش خشکی در کاهش عملکرد چغندر قند توسط محمدیان (۱۳۸۴)، هاول و همکاران (۱۹۸۴) و نورجو و همکاران (۱۳۸۱) نیز گزارش شده است.

ضریب استحصال شکر توسط روابط زیر محاسبه گردید (عبداللهیان نوقابی و همکاران ۱۳۸۴؛ برادران فیروز آبادی و همکاران، ۱۳۸۲).

عملکرد ریشه درصد قند = SY

(درصد قند ملاس) - درصد قند = WSC

درصد قند خالص × عملکرد ریشه = WSY

Yield = (درصد قند/درصد قند خالص) × ۱۰۰

محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار Mstatc

و رسم نمودارها با استفاده از برنامه Excel انجام گرفت.

تجزیه مرکب دو ساله داده‌های آزمایش با توجه به تصادفی بودن اثر سال و ثابت بودن اثر تیمارها و با ملحوظ کردن امید ریاضی میانگین مربعات، انجام گردید و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از روش دانکن صورت گرفت.

### نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله صفات مورد اندازه‌گیری و محاسبه شده در دو سال آزمایش در جدول ۳ آورده شده است.

تأثیر سال بر روی عملکرد ریشه و غالب صفات کیفی چغندر قند در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. که علت را می‌توان در تفاوت شرایط اقلیمی و هم چنین تغییر محل آزمایش دانست. عملکرد ریشه در سال اول اجرای آزمایش حدود ۳۰ درصد بیشتر از متوسط عملکرد در سال دوم شد. کاهش عملکرد چغندر قند در مزارع منطقه در سال ۸۴ نسبت به سال



مدیریت آبیاری، عوامل اقلیمی و محل آزمایش نیز بر درصد قند چغندر قند مؤثر است. بیشترین درصد قند از مرحله ابتدایی رشد در سال دوم آزمایش، ۱۸/۷۹ درصد به دست آمد (جدول ۷). پیشتر نورجو و همکاران (۱۳۸۳) نیز تأثیر مثبت تنش آبی در مرحله اول رشد را بر روی درصد قند ریشه گزارش کرده بودند. این در حالی است که در سال اول آزمایش کمترین درصد قند ریشه از مرحله اول رشد حاصل شده است که با نتایج سایر محققین مطابقت ندارد و علت آن می‌تواند افزایش ناخالصی‌های ریشه به علت تنش اعمال شده باشد. اثر متقابل سال در مراحل مختلف رشد در مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی در سطح احتمال یک درصد در عیار قند ریشه معنی‌دار شد. بیشترین درصد قند ریشه در سال دوم آزمایش و تخلیه رطوبتی خاک تا حد ۶۵ تا ۷۵ درصد در مرحله اول رشد حاصل شد. به طور کلی در هر دو سال آزمایش اعمال تنش آبی در مرحله اول رشد منجر به افزایش درصد قند گردید. افزایش درصد قند بر اثر اعمال تنش آبی در تحقیقات نورجو و همکاران (۱۳۸۳)، بازوبند (۱۳۷۱) و کوچکی و سلطانی (۱۳۷۵) گزارش شده است.

### عملکرد قند ناخالص

با افزایش میزان تخلیه رطوبتی از عملکرد قند ناخالص به‌طور معنی‌داری کاسته شد (جدول ۶). عملکرد قند ناخالص در تیمار شاهد (تخلیه رطوبتی ۴۵ تا ۵۰ درصد)، ۸/۹۰ و در تیمار تخلیه رطوبتی ۶۵ تا ۷۰ درصد، ۷/۵۰ و در تخلیه رطوبتی ۸۵ تا ۹۰ درصد به

اثرات متقابل مراحل مختلف رشد و مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی خاک بر روی عملکرد ریشه معنی‌دار نشد (جدول ۸). هم‌چنین کاهش عملکرد در تخلیه رطوبتی ۹۰-۸۵ درصد برای هر مرحله از رشد، چشمگیرتر بود. به عبارتی در هر مرحله از رشد با افزایش تخلیه رطوبتی خاک عملکرد به شدت کاهش یافت. بیشترین تأثیر تنش رطوبتی در مراحل اول و دوم رشد روی داد. به‌طوری که افزایش تخلیه رطوبتی خاک از ۴۵ تا ۵۰ درصد به ۸۵ تا ۹۰ درصد در مرحله اول رشد ۱۳/۱۴ تن در هکتار، در مرحله دوم رشد ۱۴/۹۲ تن در هکتار، در مرحله سوم رشد ۸/۱۸ تن در هکتار و در مرحله چهارم رشد ۹/۳۲ تن در هکتار منجر به کاهش عملکرد شد. این نشان می‌دهد اعمال تنش آبی در کلیه مراحل رشد موجب کاهش عملکرد شده و در ضمن حساسیت چغندر قند به تنش رطوبتی در مرحله اول و دوم رشد بیشتر از سایر مراحل می‌باشد. سایر محققین نیز (از جمله هاوول و همکاران ۱۹۸۴؛ میرزایی و همکاران ۱۳۸۴؛ جهاداکبر و همکاران ۱۳۸۲) کاهش عملکرد چغندر قند در مقابل اعمال تنش آبی در مراحل مختلف رشد چغندر قند را گزارش نموده‌اند.

### درصد قند

اثر متقابل سال در مراحل مختلف رشد بر روی درصد قند در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. به عبارت دیگر اعمال تیمارهای آبیاری در مراحل مختلف رشد چغندر قند روی درصد قند در سال‌های مورد آزمایش از روند یکسانی برخوردار نشد و علاوه بر



۶/۲۶ تن در هکتار کاهش یافت. به عبارتی با شدت تنش آبی مقدار عملکرد قندناخالص کاهش یافت. تأثیرپذیری عملکرد قندناخالص در تخلیه رطوبتی ۴۵ تا ۵۰ درصد کمتر از عملکرد ریشه بود که ناشی از افزایش درصد قند می‌باشد. جهاد اکبر و همکاران (۱۳۸۲) نیز کاهش عملکرد قندناخالص را در تیمارهای کم‌آبیاری گزارش نمودند.

### ناخالصی‌های ریشه

اثر متقابل سال در مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی بر روی پتاسیم و سدیم ریشه در سطح یک درصد و بر روی ازت مضره در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت. به‌طور کلی ناخالصی‌های شربت در سال اول آزمایش بیشتر از سال دوم بود که می‌تواند متأثر از اثرات تغییر اقلیم و خاک باشد (جدول ۷). در سال اول آزمایش روند خاصی در تغییرات ناخالصی‌های شربت مشاهده نشد ولی در سال دوم آزمایش ناخالصی‌های شربت در تیمار تخلیه رطوبتی ۴۵ تا ۵۰ درصد (شاهد) برابر ۱۱/۸۵ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه بوده و بیشتر از دو تیمار دیگر تخلیه رطوبتی بود. براساس تحقیقات جهاد اکبر و همکاران (۱۳۸۲) مقدار آب مصرفی با سدیم موجود در ریشه همبستگی مثبت داشته و اعمال تنش آبی موجب کاهش معنی‌دار سدیم ریشه شد. هم‌چنین بیشترین ناخالصی‌های ریشه از آبیاری کامل را گزارش نموده است. با افزایش آب مصرفی مقدار جذب سدیم افزایش یافته و تجمع آن در ریشه بالا می‌رود. اثر متقابل سال

در مراحل رشد و مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی در سدیم و پتاسیم ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین مقدار پتاسیم ریشه ۸/۴۵ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه در سال اول آزمایش در تخلیه رطوبتی ۸۵ تا ۹۰ درصد در مرحله اول رشد به دست آمد (جدول ۹). این تیمار آب آبیاری کمتری دریافت کرده بود.

### درصد قند خالص

درصد قندخالص تحت تأثیر معنی‌دار اثر متقابل سال در تخلیه رطوبتی قرار گرفت. به عبارت دیگر اثر مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی روی درصد قندخالص در سال‌های مورد آزمایش از روند یکسانی برخوردار نبود. بیشترین درصد قندناخالص در سال دوم آزمایش تحت تخلیه رطوبتی ۶۵ تا ۷۰ درصد به دست آمد و کمترین آن برابر ۸/۸۲ درصد از تیمار مشابه در سال اول آزمایش حاصل شد. در سال اول آزمایش با اعمال کم‌آبیاری از درصد قند کاسته شد و در سال دوم آزمایش روند مخالف سال اول بوده، اعمال تنش آبی موجب افزایش درصد قند شد. در میان تحقیقات سایر محققین موارد مشابه یافت نشد. اثر متقابل سال در مراحل مختلف رشد و در مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی خاک بر روی درصد قندخالص در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. بیشترین درصد قندخالص در سال دوم آزمایش و تخلیه رطوبتی ۶۵ تا ۷۰ درصد در مرحله دوم رشد (۱۹/۳۳ درصد) حاصل شد و کمترین آن (۵/۷۲ درصد) در سال اول آزمایش با تخلیه رطوبتی ۶۵ تا ۷۰

سیستم ریشه‌ای گیاه در این مرحله، انتظار برای تخلیه رطوبت ۹۰-۸۵ درصد از خاک (تیمار I<sub>2</sub>) و به عبارتی دیگر افزایش دور آبیاری موجب تنش شدید در گیاه شده و عملکرد ریشه به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. به طوری که کاهش عملکرد با آبیاری کامل در سایر مراحل رشد قابل جبران نمی‌باشد. لذا اعمال تنش شدید آبی در مرحله اولیه رشد و استقرار گیاه قابل توصیه نمی‌باشد (شکل ۱).

بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب براساس عملکرد قندسفيد از تیمار S<sub>2</sub>I<sub>3</sub> و برابر ۰/۶۴ کیلوگرم شکر بر مترمکعب آب آبیاری به دست آمد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار S<sub>4</sub>I<sub>2</sub> و برابر ۰/۳۳ بود (شکل ۲).

جمع‌بندی نتایج نشان می‌دهد که تخلیه رطوبتی ۴۵ تا ۵۰ درصد در مرحله دوم رشد چغندر قند قابل توصیه است. در این تیمار بیشترین عملکرد قندسفيد (۷/۲ تن در هکتار) حاصل شد.

درصد در مرحله دوم رشد بود. نتایج بیان‌گر تأثیر مؤثر سال و شرایط اقلیمی در درصد قندخالص می‌باشد.

### بهره‌وری مصرف آب

بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب براساس عملکرد ریشه از تیمار S<sub>3</sub>I<sub>1</sub> و برابر ۵/۴۲ کیلوگرم ریشه بر مترمکعب آب مصرفی به‌دست آمد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار S<sub>1</sub>I<sub>2</sub> و برابر ۳/۸۸ بود. در این تیمار اعمال تنش آبی تا تخلیه ۹۰-۸۵ درصد رطوبت خاک در مرحله استقرار گیاه موجب کاهش چشمگیر عملکرد گردید. در این مرحله از رشد عمق ریشه کم بوده و مقدار آب آبیاری نیز به تبعیت از آن نسبت به سایر دوره‌های رشد کمتر می‌باشد. لذا در هر نوبت از آبیاری در این مرحله، عمق کمی از خاک (معمولاً ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود) آبیاری شده و با توجه به تشدید تبخیر آب از سطح خاک به علت عدم گسترش پوشش گیاهی و از طرفی ضعیف بودن

### جدول ۱ مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

مس	روى	منگنز	آهن	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	کربن آسیدینه	درصد اشباع	ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	نقطه پژمردگی (درصد وزنی)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	بافت خاک	عمق خاک (سانتی‌متر)
۱/۶۴	۰/۸۶	۷/۵۸	۹/۶۲	۱/۲۷	۷/۹	۱/۰۹	۴۵	۲۶/۵۵	۹/۸۵	۱/۳۲	سیلتی لوم	۰-۳۰
۱/۴۸	۰/۸۴	۵/۲۸	۶/۱۲	۱/۳۰	۷/۹	۱/۱۳	۴۶	۲۶/۵۷	۱۰/۳۲	۱/۳۷	سیلتی لوم	۳۰-۶۰
--	--	--	--	۱/۳۲	۷/۸	۱/۱۵	۴۵	۲۶/۲	۹/۹۴	۱/۴۸	سیلتی لوم	۶۰-۹۰

### جدول ۲ کیفیت آب آبیاری

اسیدیته	هدایت الکتریکی (dSm <sup>-1</sup> )	بی کربنات	کربنات هیدروژن	کلر	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	سدیم
۸/۵	۰/۵۴۸	--	۴/۴	۱/۲	۱/۲	۳/۲	۱۵/۰	--	۳/۷

(واحد آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر)

جدول ۳ خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله صفات مورد اندازه گیری (۸۴-۱۳۸۳)

درصد قند ملاس	ضریب استحصال شکر	عملکرد قند خالص	میانگین مربعات				عملکرد قند ناخالص	درصد قند	عملکرد ریشه	درجه آزادی	منابع تغییرات
			ناخالصی های شربت			ازت مضره					
			درصد قند خالص	پتاسیم	سدیم						
۳۲/۵۶**	۲۰۷۷/۵۲**	۰/۲۶	۴۰۴/۰۱**	۴۶/۹۷**	۳۰/۳۶**	۷۰/۵۸**	۲۲/۶۷**	۳۰۵/۴۴**	۶۷۶۶/۵۳**	۱	سال
۰/۵۶	۵۳/۵۵	۲/۰۸	۳/۷۶	۱/۷۶	۳/۱۴	۰/۶۶	۳/۳۰	۱/۶۸	۱۴۱/۷۰	۶	تکرار در سال
۰/۷۵	۹۱/۳۹	۱/۶۷	۴/۰۰	۰/۲۰	۳/۲۶	۰/۲۱	۱/۹۰	۲/۲۵	۵۲/۷۰	۳	مراحل مختلف رشد
۱/۱۴*	۱۰۸/۲۳	۲/۱۷	۱۱/۵۰	۱/۱۴	۲/۷۸	۱/۳۶	۱/۴۴	۶/۵۷*	۵۰/۵۱	۳	اثر متقابل سال در مراحل مختلف رشد
۰/۸۳	۱۳۶/۵۶	۴۰/۸۸	۱۹/۱۱	۱۰/۶۷	۱۱/۴۸	۶/۸۱	۵۵/۹۰**	۱۷/۰۵	۱۰۷۶/۸۹*	۲	تخلیه مجاز رطوبتی
۵/۰۱**	۶۱۷/۹۷**	۸/۹۵*	۷۱/۹۲**	۱/۶۹*	۲۰/۳۳**	۳/۷۰**	۳/۲۶	۴۰/۵۷**	۷۴/۶۴	۲	اثر متقابل سال در تخلیه مجاز رطوبتی
۱/۹۶	۲۵۲/۱۴	۲/۶۴	۲۲/۹۴	۱/۶۸*	۷/۹۲	۲/۳۴	۱/۳۸	۱۱/۹۷	۳۹/۷۸	۶	اثر متقابل مراحل مختلف رشد در تخلیه مجاز رطوبتی
۱/۹۷**	۲۳۲/۳۷**	۵/۱۴*	۳۰/۶۵**	۱/۲۷	۸/۴۵**	۲/۰۲**	۳/۲۶	۱۸/۱۸**	۳۸/۸۷	۶	اثر متقابل سال در مراحل مختلف رشد در تخلیه مجاز رطوبتی
۰/۳۹	۴۱/۵۳	۲/۴۱	۳/۴۴	۰/۶۵	۲/۱۷	۰/۵۲	۲/۷۷	۱/۹۷	۷۶/۹۱	۶۶	اشتباه

\*\*، \*، و NS به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد و عدم اختلاف معنی دار

**جدول ۴** مقایسه میانگین سال‌ها از نظر صفات مختلف کمی و کیفی چغندر قند (۸۴-۱۳۸۳)

تیمار سال	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	درصد قند	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	ناخالصی‌های شربت (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم ریشه)			درصد قند خالص	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	ضریب استحصال (درصد)	درصد قند ملاس
				پنتاسیم	سدیم	ازت مضره				
سال ۸۳	۵۶/۸۲a	۱۴/۰۸b	۸/۰۴a	۷/۲۰a	۴/۴۶a	۲/۷۱a	۱۰/۱۲b	۵/۷۹a	۷۰/۳۳b	۴/۰۰a
سال ۸۴	۴۰/۰۳b	۱۷/۶۵a	۷/۰۷b	۵/۴۹b	۳/۳۴b	۱/۳۱b	۱۴/۲۲a	۵/۶۸a	۷۹/۶۳a	۲/۸۴b

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

**جدول ۵** مقایسه میانگین ترکیب متقابل سال در مراحل مختلف رشد از نظر صفات مختلف چغندر قند (۸۴-۱۳۸۳)

تیمار	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	درصد قند	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	ناخالصی‌های شربت (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم)			درصد قند خالص	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	ضریب استحصال (درصد)	قند در ملاس (درصد)
				پنتاس	سدیم	ازت مضره				
Y <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	۵۵/۴۵a	۱۴/۳۰c	۷/۹۷ab	۷/۰۳ab	۳/۸۸abc	۲/۸۸a	۱۰/۵۷a	۵/۹۰a	۷۳/۴۸c	۳/۷۲b
Y <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	۶۰/۱۰a	۱۳/۴۸c	۸/۱۷a	۷/۵۵a	۵/۱۷a	۲/۷۲a	۹/۱۸a	۵/۵۸a	۶۶/۰۳۲d	۴/۴۷a
Y <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	۵۶/۴۹a	۱۴/۳۸c	۸/۱۹a	۷/۳۱a	۴/۱۹abc	۲/۵۱a	۱۰/۴۹a	۶/۰۳a	۷۱/۱۹cd	۳/۸۹b
Y <sub>1</sub> S <sub>4</sub>	۵۵/۲۵a	۱۴/۱۷c	۷/۸۲ab	۶/۹۲ab	۴/۶۲ab	۲/۷۳a	۱۰/۲۴a	۵/۶۵a	۷۰/۶۲a	۳/۹۲b
Y <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	۴۲/۴۴a	۱۷/۶۱ab	۷/۵۴ab	۵/۳۸c	۲/۸۳c	۱/۱۷b	۱۴/۶۶a	۶/۱۸a	۸۱/۸۳ab	۲/۶۰c
Y <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	۴۰/۴۸a	۱۸/۴۸ab	۷/۴۵ab	۵/۲۷c	۳/۱۱c	۱/۱۴b	۱۵/۲۰a	۶/۱۰a	۸۱/۴۱ab	۲/۶۷c
Y <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	۳۸/۱۰a	۱۷/۶۷ab	۶/۶۷ab	۵/۵۰c	۳/۷۸bc	۱/۷۶b	۱۴/۰۲a	۵/۲۷a	۷۹/۲۱ab	۳/۰۴c
Y <sub>2</sub> S <sub>4</sub>	۳۹/۱۱a	۱۶/۶۵b	۶/۶۰b	۵/۸۰bc	۳/۶۳bc	۱/۱۸b	۱۳/۰۱a	۵/۱۹a	۷۶/۰۶bc	۳/۰۴c

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۶ مقایسه میانگین سطوح مختلف تخلیه رطوبتی از نظر صفات مختلف کمی و کیفی چغندر قند (۸۴-۱۳۸۳)

درصد قند ملاس	ضریب استحصال (درصد)	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	درصد قند خالص (درصد)	ناخالصی‌های شربت (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم)			عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	درصد قند	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	تیمار (تخلیه رطوبتی)
				ازت مضره	سدیم	پتاسیم				
۳/۲۴a	۷۵/۲۳a	۵/۶۹b	۱۲/۳۶a	۱/۷۶a	۳/۲۶a	۶/۵۶a	۷/۵۰b	۱۵/۸۸a	۴۹/۱۵b	I <sub>1</sub>
۳/۵۵a	۷۲/۸۱a	۴/۶۳b	۱۱/۳۲a	۱/۶۰a	۴/۰۰a	۶/۶۶a	۶/۲۶c	۱۵/۱۳a	۴۲/۳۰c	I <sub>2</sub>
۳/۴۷a	۷۶/۹۱a	۶/۸۹a	۱۲/۸۴a	۲/۶۷a	۴/۴۵a	۵/۸۲a	۸/۹۰a	۱۶/۵۹a	۵۳/۸۳a	I <sub>3</sub> (شاهد)

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول ۷ مقایسه میانگین ترکیب متقابل سال در تخلیه رطوبتی از نظر صفات مختلف چغندر قند (۸۴-۱۳۸۳)

درصد قند ملاس	ضریب استحصال (درصد)	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	درصد قند خالص (درصد)	ناخالصی‌های شربت (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم)			عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	درصد قند	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	تیمار
				ازت مضره	سدیم	پتاسیم				
۴/۱۹a	۶۶/۲۶c	۵/۱۷bc	۸/۸۲c	۲/۵۶b	۴/۵۶ab	۷/۷۳a	۷/۶۲b	۱۲/۹۷d	۵۸/۸۰a	Y <sub>1</sub> I <sub>1</sub>
۴/۱۸a	۶۸/۰۱c	۴/۸۱c	۹/۲۵c	۲/۰۴bc	۴/۶۶a	۷/۵۷a	۶/۸۸bc	۱۳/۳۵d	۵۱/۱۵b	Y <sub>1</sub> I <sub>2</sub>
۳/۶۴b	۷۶/۷۲b	۷/۴۰a	۱۲/۳۰b	۳/۵۴a	۴/۱۷ab	۶/۳۱b	۹/۶۱a	۱۵/۹۴c	۶۰/۵۳a	Y <sub>1</sub> I <sub>3</sub>
۲/۲۸d	۸۴/۲۰a	۶/۲۲ab	۱۵/۹۰a	۰/۹۷e	۱/۹۶c	۵/۳۹c	۷/۳۸b	۱۸/۷۹a	۳۹/۵۱c	Y <sub>2</sub> I <sub>1</sub>
۲/۹۱c	۷۷/۶۱b	۴/۴۵c	۱۳/۴۰b	۱/۱۶de	۳/۳۳b	۵/۷۵bc	۵/۶۳c	۱۶/۹۲bc	۳۳/۴۵d	Y <sub>2</sub> I <sub>2</sub>
۳/۳۱bc	۷۷/۰۹b	۶/۳۸ab	۱۳/۳۸b	۱/۸۰cd	۴/۷۳a	۵/۳۲c	۸/۱۹b	۱۷/۲۵b	۴۷/۱۴b	Y <sub>2</sub> I <sub>3</sub>

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۸ مقایسه میانگین ترکیب متقابل تخلیه رطوبتی در مراحل مختلف رشد از نظر صفات مختلف کمی و کیفی چغندر قند (۸۴-۱۳۸۳)

تیمار	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	درصد قند	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	ناخالصی‌های شربت (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم)			عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	درصد قند	ضریب استحصال (درصد)	درصد قند ملاس
				پنتاسیم	سدیم	ازت مضره				
S <sub>1</sub> I <sub>1</sub>	۵۱/۷۸ab	۱۵/۴۵a	۷/۹۳bc	۶/۶۲a	۲/۸۶a	۲/۰۳bcd	۱۲/۰۴a	۶/۱۷ab	۷۷/۴۶a	۳/۱۱a
S <sub>1</sub> I <sub>2</sub>	۴۰/۹۶e	۱۶/۴۴a	۶/۵۷cd	۵/۸۸a	۲/۸۳a	۱/۰۶e	۱۳/۳۴a	۵/۲۵ab	۷۹/۶۱a	۲/۷۹a
S <sub>1</sub> I <sub>3</sub>	۵۴/۱۰ab	۱۶/۲۸a	۸/۷۷ab	۶/۱۳a	۴/۳۹a	۲/۹۹a	۱۲/۴۶a	۶/۷۱a	۷۵/۸۹a	۳/۵۹a
S <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	۴۹/۳۱bcd	۱۶/۲۳a	۷/۳۹bc	۶/۴۶a	۴/۰۳a	۱/۵۷cde	۱۲/۵۲a	۵/۳۹ab	۷۰/۵۱a	۳/۴۹a
S <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	۴۳/۳۳cde	۱۵/۴۳a	۶/۵۲cd	۷/۰۱a	۳/۲۵a	۱/۵۱cde	۱۱/۷۷a	۴/۸۸ab	۷۵/۳۹a	۳/۵۲a
S <sub>2</sub> I <sub>3</sub>	۵۸/۲۵a	۱۶/۲۹a	۹/۵۲a	۵/۷۷a	۵/۱۴a	۲/۷۲ab	۱۲/۲۹a	۷/۲۴a	۷۵/۲۵a	۳/۷۰a
S <sub>3</sub> I <sub>1</sub>	۴۹/۱۵bcd	۱۵/۵۰a	۷/۳۵bc	۷/۱۱a	۳/۴۷a	۲/۲۳abc	۱۱/۶۶a	۵/۴۰ab	۷۳/۸۲a	۳/۵۴a
S <sub>3</sub> I <sub>2</sub>	۴۱/۹۹de	۱۶/۰۰a	۶/۵۰cd	۶/۴۸a	۴/۰۹a	۱/۷۷bcde	۱۲/۲۰a	۴/۹۴ab	۷۴/۲۰a	۳/۴۹a
S <sub>3</sub> I <sub>3</sub>	۵۰/۷۵abc	۱۶/۵۸a	۸/۴۴abc	۵/۶۳a	۴/۳۹a	۲/۴۱abc	۱۲/۹۱a	۶/۶۱a	۷۷/۵۸a	۳/۳۶a
S <sub>4</sub> I <sub>1</sub>	۴۶/۳۷bcde	۱۶/۳۲a	۷/۳۱bc	۶/۰۷a	۲/۶۹a	۱/۲۳de	۱۳/۲۱a	۵/۸۲ab	۷۹/۱۲a	۲/۸۱a
S <sub>4</sub> I <sub>2</sub>	۴۲/۹۳cde	۱۲/۶۷a	۵/۴۵d	۷/۲۸a	۵/۸۱a	۲/۰۶abcd	۷/۹۸a	۳/۴۵b	۶۲/۰۴a	۴/۳۸a
S <sub>4</sub> I <sub>3</sub>	۵۲/۲۵ab	۱۷/۲۳a	۸/۸۷ab	۵/۷۵a	۳/۸۷a	۲/۵۸ab	۱۳/۶۹a	۷/۰۰a	۷۸/۹۱a	۳/۲۴a

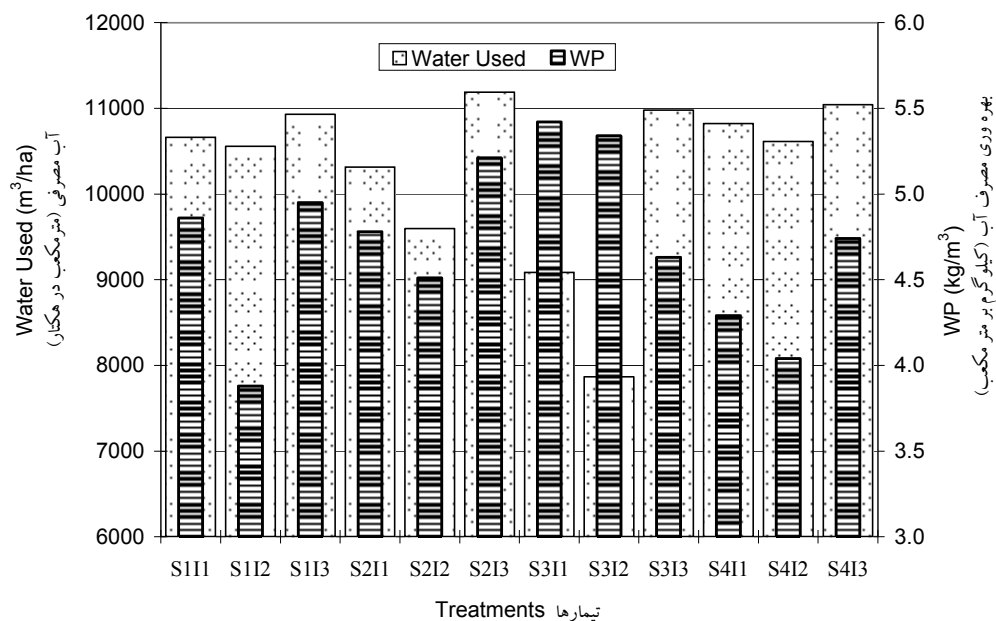
میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۹ مقایسه میانگین ترکیب متقابل سال در مراحل مختلف رشد در تخلیه رطوبتی از نظر صفات مختلف کمی و کیفی چغندر قند (۸۴-۱۳۸۳)

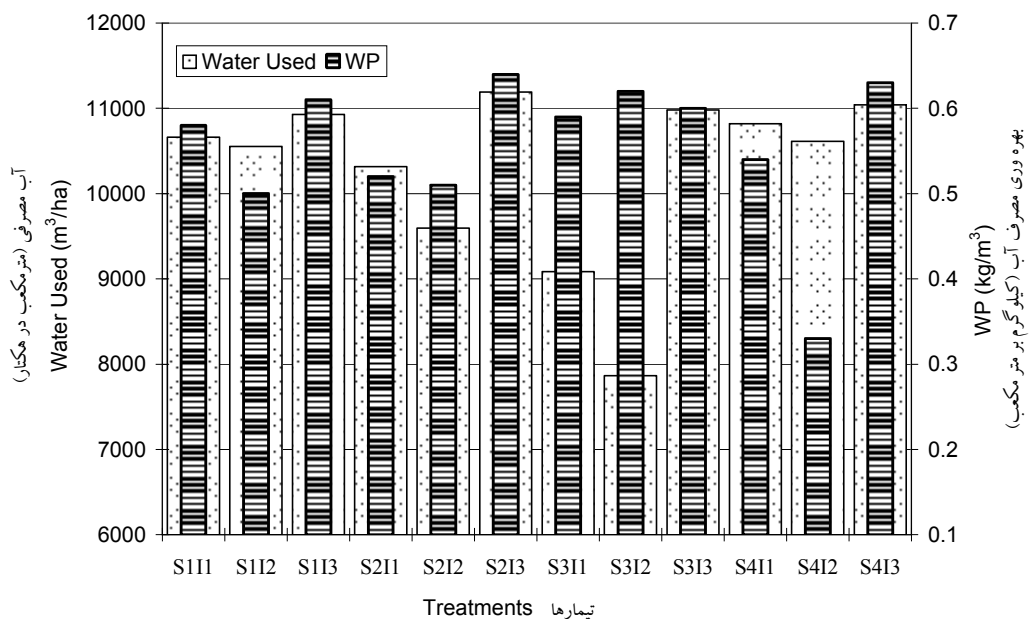
تیمار	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	درصد قند	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	ناخالصی‌های شربت (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم)			درصد قند خالص	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	ضریب استحصال (درصد)	درصد قند ملاس
				پتاسیم	سدیم	ازت مضره				
Y <sub>1</sub> S <sub>1</sub> I <sub>1</sub>	۵۷/۱۰-abc	۱۴/۰۵ghi	۸/۰۲bc	۷/۲۱bcde	۲/۸۷cdefg	۲/۷۲bcd	۱۰/۶۲fgfghij	۶/۰۶abcde	۷۵/۰۸defg	۳/۴۲bcdefg
Y <sub>1</sub> S <sub>1</sub> I <sub>2</sub>	۴۷/۹۰-bcdef	۱۳/۸۱hi	۶/۷۲bcd	۷/۳۶abcd	۴/۳۷bcd	۱/۵۸defgh	۹/۹۳ghijkl	۴/۸۸bcdef	۷۱/۳۲defgh	۳/۸۸bcd
Y <sub>1</sub> S <sub>1</sub> I <sub>3</sub>	۶۱/۳۷ ab	۱۵/۰۵fgh	۹/۱۷ab	۶/۵۳defg	۴/۴۲bcd	۴/۳۳a	۱۱/۱۷efghij	۶/۷۸abc	۷۴/۰۵defgh	۳/۸۷bcd
Y <sub>1</sub> S <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	۶۰/۴۲abc	۱۰/۸۰j	۶/۵۱bcd	۸/۲۱abc	۷/۰۹a	۲/۲۶cdef	۵/۷۲l	۳/۴۰ef	۵۱/۸۶j	۵/۲۶a
Y <sub>1</sub> S <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	۵۲/۴۰bcd	۱۳/۴۶hi	۷/۰۶bc	۸/۲۶ab	۳/۹۱bcde	۲/۰۸cdefg	۹/۳۸hijk	۴/۸۹bcdef	۶۹/۴۳efghi	۴/۴۲ab
Y <sub>1</sub> S <sub>2</sub> I <sub>3</sub>	۶۷/۵۰a	۱۶/۲۰defg	۱۰/۹۵a	۶/۱۷efgh	۴/۵۰bcd	۳/۸۳ab	۱۲/۴۶defg	۸/۴۴a	۷۶/۸۰cdefg	۳/۷۳bcde
Y <sub>1</sub> S <sub>3</sub> I <sub>1</sub>	۶۱/۵۰ab	۱۳/۴۵hi	۸/۲۸abc	۸/۲۸abc	۴/۴۱bcd	۳/۳۱abc	۹/۰۱jkl	۵/۵۶bcde	۶۶/۲۶ghi	۴/۴۳ab
Y <sub>1</sub> S <sub>3</sub> I <sub>2</sub>	۵۲/۷۲bcd	۱۳/۲۶hi	۷/۱۴bc	۷/۳۳abcde	۴/۶۹bcd	۱/۵۷defgh	۹/۸۱jk	۵/۱۵bcde	۶۷/۷۰fghi	۳/۹۶bcd
Y <sub>1</sub> S <sub>3</sub> I <sub>3</sub>	۵۵/۲۵abc	۱۶/۴۵cdef	۹/۱۵ab	۶/۱۵efgh	۳/۴۸bcdef	۲/۶۶bcde	۱۳/۱۸def	۷/۳۷ab	۷۹/۶۲abcde	۳/۲۶defg
Y <sub>1</sub> S <sub>4</sub> I <sub>1</sub>	۵۶/۱۷abc	۱۳/۵۸hi	۷/۶۶bc	۷/۰۷cdef	۳/۹۰bcde	۱/۹۴defg	۹/۹۳ghijkl	۵/۶۴bcde	۷۱/۸۳defgh	۳/۶۵bcdefg
Y <sub>1</sub> S <sub>4</sub> I <sub>2</sub>	۵۱/۶۰bcd	۱۲/۸۶hij	۶/۶۲bcd	۷/۳۰bcde	۵/۶۹ab	۲/۹۲bcd	۸/۴۲jkl	۴/۳۱def	۶۳/۶۱hi	۴/۴۴ab
Y <sub>1</sub> S <sub>4</sub> I <sub>3</sub>	۵۸/۰۰abc	۱۶/۰۶efg	۹/۱۸ab	۶/۴۱defg	۴/۲۷bcd	۳/۳۵abc	۱۲/۳۷defgh	۷/۰۱abc	۷۶/۴۲cdefg	۳/۶۹bcdef
Y <sub>2</sub> S <sub>1</sub> I <sub>1</sub>	۴۶/۴۷cdef	۱۶/۸۶bcdef	۷/۸۵bc	۶/۰۴fgh	۲/۸۵cdefg	۱/۳۳efgh	۱۳/۴۶def	۶/۲۷abcd	۷۹/۸۵abcde	۲/۷۹efgh
Y <sub>2</sub> S <sub>1</sub> I <sub>2</sub>	۳۴/۰۳fg	۱۹/۰۶b	۶/۴۱bcd	۴/۴۰j	۱/۳۰fg	۰/۵۱h	۱۶/۷۶ab	۵/۶۳bcde	۸۷/۹۱ab	۱/۶۹i
Y <sub>2</sub> S <sub>1</sub> I <sub>3</sub>	۴۶/۸۳bcdef	۱۷/۵۱bcde	۸/۳۷abc	۵/۷۲ghi	۴/۳۶bcd	۱/۶۵defgh	۱۳/۷۵cde	۶/۶۴abcd	۷۷/۷۳bcdef	۱/۳۱ghi
Y <sub>2</sub> S <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	۳۸/۱۹defg	۲۱/۶۵a	۸/۲۶abc	۴/۷۲jz	۰/۹۷g	۰/۸۷gh	۱۹/۳۳a	۷/۳۷ab	۸۹/۱۶a	۱/۷۲i
Y <sub>2</sub> S <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	۳۴/۲۶fg	۱۷/۴۰bcde	۵/۹۸cd	۵/۲۳ghi	۲/۵۹defg	۰/۹۴fgh	۱۴/۱۶bcde	۴/۸۸bcdef	۸۱/۳۵abcd	۲/۶۳ghi
Y <sub>2</sub> S <sub>2</sub> I <sub>3</sub>	۴۹/۰۰bcde	۱۶/۳۸def	۸/۱۰bc	۵/۳۷hij	۵/۷۸ab	۱/۶۰defgh	۱۲/۱۱defghi	۶/۰۴abcd	۷۳/۷۱defgh	۳/۶۷bcdefg
Y <sub>2</sub> S <sub>3</sub> I <sub>1</sub>	۳۶/۸۱efg	۱۷/۵۶bcde	۶/۴۳bcd	۵/۷۶ghi	۲/۵۴defg	۱/۱۵fgh	۱۴/۳۱bcd	۵/۲۴bcdef	۸۱/۳۸abcd	۲/۶۵fghi
Y <sub>2</sub> S <sub>3</sub> I <sub>2</sub>	۳۱/۲۵g	۱۸/۷۳bc	۵/۸۵bc	۵/۶۲ghi	۳/۵۰bcdef	۱/۹۷defg	۱۵/۱۲bcd	۴/۷۲cdef	۸۰/۷۱abcd	۳/۰۱defg
Y <sub>2</sub> S <sub>3</sub> I <sub>3</sub>	۴۶/۲۵cdef	۱۶/۷۱cdef	۷/۷۲bcd	۵/۱۱hij	۵/۳۰abc	۲/۱۶cdefg	۱۲/۶۴defg	۵/۸۵bcde	۷۵/۵۴defg	۳/۴۶bcdefg
Y <sub>2</sub> S <sub>4</sub> I <sub>1</sub>	۳۶/۵۷efg	۱۹/۰۷b	۶/۹۶bcd	۵/۰۶hij	۱/۴۸efg	۰/۵۳h	۱۶/۴۹bc	۶/۰۰abcd	۸۶/۴۱abc	۱/۹۸hi
Y <sub>2</sub> S <sub>4</sub> I <sub>2</sub>	۳۴/۲۶fg	۱۲/۴۸ij	۴/۲۸d	۷/۲۶bcde	۵/۹۴ab	۱/۲۱fgh	۷/۵۵kl	۲/۵۸f	۶۰/۴۱ij	۴/۳۳abc
Y <sub>2</sub> S <sub>4</sub> I <sub>3</sub>	۴۶/۵۰cdef	۱۸/۴۱bcd	۸/۵۷abc	۵/۰۹hij	۳/۴۷bcdef	۱/۸۰defgh	۱۵/۰۱bcd	۶/۹۹abc	۸۱/۴۰abcd	۲/۸۰efgh

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.





شکل ۱ مقایسه مقدار و بهره‌وری مصرف آب براساس عملکرد ریشه در تیمارهای مختلف



شکل ۲ مقایسه مقدار و بهره‌وری مصرف آب براساس عملکرد قندخالص در تیمارهای مختلف

## منابع مورد استفاده:

## References:

- بازوبند، م. ۱۳۷۱. بررسی اثرات تنش رطوبتی در مرحله بعداز اولین تنک بر خواص کمی و کیفی چغندرقد. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات چغندرقد خراسان. صفحه ۳۷-۳۸.
- برادران فیروزآبادی، م. عبداللهیان نوقابی، م. رحیم زاده خوئی، ف. مقدم، م. رنجی، ذ و پارسائیان، م. ۱۳۸۲. تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی مداوم بر کمیت و کیفیت سه رگه چغندرقد. مجله چغندرقد. جلد ۱۹. شماره ۲. ۱۳۳-۱۴۳.
- علیزاده، ا. و کوچکی، ع. ۱۳۶۵. اصول زراعت در مناطق خشک. موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی.
- جهاداکبر، م و ابراهیمیان، ح. ۱۳۷۷. ارزیابی سه مدیریت زراعی و شش رقم جهت صرفه‌جویی آب در سه ماهه اول فصل رشد در زراعت چغندرقد. مجله چغندرقد. جلد ۱۴. شماره‌های ۱ و ۲.
- جهاداکبر، م. ابراهیمیان، ح. ترابی، م و گوهری، ج. ۱۳۸۲. تأثیر کم‌آبایی بر کمیت و کیفیت چغندرقد در کبوتر آباد اصفهان. مجله چغندرقد. جلد ۱۹. شماره ۱: ۸۱-۹۴.
- خواجه‌پور، م. ۱۳۷۵. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاددانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- خیرابی، ج. و همکاران. ۱۳۷۵. دستورالعمل‌های کم‌آبایی. نشریه شماره ۲ گروه کار آب موردنیاز گیاهان و مدیریت محصولات زراعی کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
- عبداللهیان نوقابی، م. شیخ الاسلامی، ر. و بابایی، ب. ۱۳۸۴. اصطلاحات و تعاریف کمیت و کیفیت تکنولوژیکی چغندرقد. مجله چغندرقد. جلد ۲۱. شماره ۱: ۱۰۴-۱۰۱.
- کوچکی، ع و سلطانی، ا. ۱۳۷۵. زراعت چغندرقد. انتشارات جهاددانشگاهی مشهد.
- هاشمی‌دزفولی، ا. کوچکی، ع و بنایان اول، م. ۱۳۷۵. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاددانشگاهی مشهد.
- محمدیان، ر. ۱۳۸۴. برخی از عوامل مؤثر بر عملکرد چغندرقد در شرایط تنش کم‌آبی. مجموعه مقالات بیست و هفتمین دوره سمینارهای سالانه کارخانه‌های قند و شکر ایران. مشهد. ۲۳۸-۲۴۸.
- میرزایی، م. رضوانی، س. م و گوهری، ج. ۱۳۸۴. تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی چغندرقد. مجله چغندرقد. جلد ۲۱. شماره ۱: صفحه ۱-۱۴.
- نادری، ا. هاشمی‌دزفولی، ا. شکرانی، ر. و رضایی، ع. ۱۳۷۷. اثرات زمان قطع آبیاری و تاریخ برداشت بر عملکرد کمی و کیفی نیشکر واریته CP-57 در خوزستان. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱، شماره ۱.
- نورجو، ا. بقایی‌کیا، م. و جدایی، ع. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر کم‌آبایی بر روی کمیت و کیفیت چغندرقد و ارزیابی اقتصادی آن. گزارش نهایی شماره ۸۱/۲۰۵ مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی.
- نورجو، ا. و بقایی‌کیا، م. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر روی کمیت و کیفیت چغندرقد در منطقه خوی. مجله چغندرقد. شماره ۱: جلد ۲۰: ص ۱۵-۲۶.

- Bazza M, Tayaa M (1999) Contribution to improve sugar beet deficit-irrigation. Crop yield response to deficit irrigation. Kluwer Academic publishers, Dordecht, Nethorlond 148-160
- Camposeo S, Rubino P (2003) Effect of irrigation frequency on root water uptake in sugar beet. Springer Science, Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V., 253 (2): 301-309
- Doorenbos JW, Pruitt O (1975) Crop water requirements. Irrigation and drainage paper, No. 24, Rome
- Hanks RJ, Ashcroft GL (1980) Applied soil physical. P.32
- Howell TA, Hatfield JL, Yamada H, Davis KR (1984) Evaluation of cotton canopy temperature to detect crop water stress. Transaction of the ASAE:84-88
- Howell TA, Ziska LH, McCormick RL, Burtch LM (1987) Response of sugar beets to irrigation frequency and cut off on a clay lome soil. Irrig. Sci. 8:1-11
- Massoud MM, Shalaby EM (1998) Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) varieties to irrigation intervals in upper Egypt. II. Water consumption and water use efficiency. Assiut Journal of Agricultural Sciences. 29-50
- Miller DE, Aursaj JS (1976) Yields and sugar content of sugarbeet as affected by deficit high-frequency irrigation. Agromomy J., 68:231-234
- Reinfeld E, Emmerich A, Baumgarten G, Winner C, Beiss U (1974) Zur voraussage des melassezuckers aus rubenanalysen. Zucker, 27:2-15
- Steven R, Neufeld J, Gallian J (2007) Sugar beet irrigation management. University of Idaho Extension.
- Wessolek G, Rengar M (1993) Influence of irrigation design on water balance and water use efficiency. Zeitschrift- Fur- Kulturtechnik-und-Landentwicklung
- Winter SR (1989) Sugar beet yield and quality response to irrigation, row width and stand density. J. Sugar beet Res., 26: 26-33