

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر سطوح تخلیه مجاز رطوبتی بر عملکرد ریشه، شکر و قند چغندر قند در استان‌های منتخب کشور

حمیدرضا سالمی^{۱*}، سید ابوالقاسم حقایقی مقدم^۲، هادی افشار^۳، جمال احمدآلی^۴، ابوالفضل ناصری^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۸

چکیده

در این تحقیق اثرات تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد ریشه، شکر و قند چغندر قند مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به مدت سه سال در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب به اجرا درآمد. در این آزمایش پس از استقرار گیاه، در هر یک از مراحل چهارگانه رویشی (ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد) اجازه داده شد تا رطوبت قابل دسترس خاک تا سطح ۷۰ و ۹۰ درصد کاهش یابد و سپس آبیاری انجام شد. در مجاورت ۸ تیمار ذکر شده، تیمار شاهد (در طول دوره رشد بعد از تخلیه ۴۵-۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک، رطوبت خاک مجدداً تا سطح ظرفیت زراعی افزایش داده شد) نیز گنجانده شد. طرح آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های خرد شده (کرت‌های اصلی دو سطح تخلیه رطوبتی خاک و کرت‌های فرعی چهار سطح مراحل مختلف رشد گیاه) در چهار تکرار به اجرا درآمد. نتایج نشان داد تیمار شاهد، تخلیه ۷۰ درصد و ۹۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک به ترتیب ۱۳۰۶۷، ۱۲۶۰۷ و ۱۲۰۶۰ مترمکعب آب دریافت کرده‌اند. تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در هیچ‌یک از مراحل رشد تأثیر معنی‌داری در کاهش وزن ریشه و افزایش و یا کاهش درصد قند نداشت. تخلیه ۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک موجب کاهش معنی‌دار وزن ریشه شد. بیشترین کاهش وزن ریشه در اثر تخلیه ۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در مرحله سوم رشد گیاه مشاهده شد. تیمار تخلیه ۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در مرحله چهارم رشد موجب کاهش معنی‌دار درصد قند نسبت به تیمار شاهد شد که دلیل آن فراهم شدن شرایط رطوبتی مناسب و مصرف قند ذخیره شده برای بازسازی اندام هوایی می‌باشد. اعمال گزینه تخلیه ۹۰ درصد رطوبت خاک در هر یک از مراحل مختلف رشد اساساً به دلیل کاهش عملکرد ریشه، موجب کاهش عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید می‌شود لذا کم آبیاری در اوایل فصل رشد می‌تواند موجب صرفه‌جویی در مصرف آب گردد. در تمام مناطق، بالاترین بهره‌وری آب در تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی احصاء شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، تخلیه رطوبتی خاک، چغندر قند، مرحله رشد

مقدمه

مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاه چغندر قند در اکثر مناطق کشور مواجه با مراحل حساس رشد و نمو غلات همچون گندم می‌باشد. زارعین در این مرحله ترجیح می‌دهند آب موجود را به غلات اختصاص دهند. لذا زراعت چغندر قند در این مرحله با کمبود آب مواجه بوده و عملکرد نهایی قند به واسطه کاهش جوانه‌زنی و استقرار، به طور جدی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر آبیاری زیاد در طول دوره رشد موجب هدر رفت آب از طریق زه‌آب و رواناب شده و رطوبت خاک را افزایش داده و گاهی موجب آبشویی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن از

- ۱- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
- ۲- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
- ۳- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
- ۴- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

۵- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
(Email: hrsalemiwk@gmail.com) * نویسنده مسئول:

را در مورد عملکرد چغندر قند بدست آورد (Fitters et al., 2018). نوری و بقایی کیا (۱۳۸۰) نشان دادند که چغندر قند حساسیت زیادی به تنش آبی در تمام مراحل دوره رشد خود دارد و به‌منظور حصول حداکثر تولید ریشه نیاز آبی آن باید تا برداشت تأمین شود. ایشان گزارش داده‌اند که تأثیر تنش خشکی در درصد کاهش شکر در مراحل رشد سبزیگی چغندر قند بیشتر از سایر مراحل رشد می‌باشد.

کارتر چغندر قند را تحت شرایط تیمارهای آبیاری کم، متوسط و زیاد در مقایسه با تیمارهای بدون آبیاری قرار داد. وی نتیجه گرفت که بیشترین عملکرد مربوط به تیمار حداکثر آبیاری بوده ولی در این تیمار درصد قند کاهش نشان داد. بیشترین عملکرد شکر در تیمار آبیاری متوسط به مقدار ۱۱/۷ تن در هکتار به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار آبیاری زیاد نداشت (Carter, 1990). صادقیان (۱۳۷۷) تعدادی از ژنوتیپ‌های چغندر قند را در دو منطقه کرج و مشهد تحت شرایط تنش خشکی بررسی نمود. متوسط عملکرد ریشه، عملکرد شکر و مقدار شکر سفید به ترتیب ۵۹/۱۳، ۵۹/۰۷ و ۶۰/۰۲ درصد در مقایسه با شرایط کنترل شده کاهش داشت در حالی که عیار قند افزایش ۵/۷ درصدی داشت. مطالعاتی در کالیفرنیا در خاک‌های عمیق نشان داد که قطع آبیاری به مدت ۳ تا ۵ و یا حتی ۷ هفته قبل از برداشت باعث کاهش عیار قند نمی‌گردد (Howell et al., 1987). نتایج بعضی از تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که کم آبیاری سبب افزایش درصد قند در چغندر قند شده است (Musick and Walker, 1987).

تأثیر سه سطح کم آبیاری شامل ۳۰، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در مرحله توسعه پوشش گیاهی بر عملکرد چغندر قند بررسی شد. نتایج نشان داد که کم آبیاری بطور معنی‌داری ماده خشک درون ریشه را افزایش می‌دهد. پارامتر ماده خشک ریشه گیاه تحت تیمار کم آبیاری ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بیشترین تأثیر مثبت را دریافت نمود. البته با کاهش فتوسنتز در تیمار کم آبیاری شدید، عملکرد چغندر قند کاهش نشان داد (Li et al., 2019).

نورجو و همکاران (۱۳۷۹) نشان دادند که با افزایش دور آبیاری از ۷ روز به ۱۰ و ۱۴ روز مصرف آب به میزان ۸/۲ و ۱۷ کاهش یافته و درصد عیار قند به ترتیب به ۱۵/۷۳ و ۱۶/۰۱ افزایش یافت. آنها گزارش دادند با افزایش دور آبیاری از هفت به ده و چهارده روز میزان شکر قابل استحصال به ترتیب ۹/۴ و ۲۰/۷ درصد کاهش داشته است اما مقدار بهره‌وری آب بر مبنای شکر سفید به ترتیب از ۱/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب به ۱/۱۵ و ۱/۱ کاهش نشان داد. میرزایی و رضوانی (۱۳۹۱) در تحقیق خود نشان دادند مرحله چهارم رشد چغندر قند کمترین حساسیت را به کم آبیاری داشت، چنانکه در مرحله چهارم رشد با کاهش ۴۵ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل فقط ۵/۵ درصد کاهش را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. به نظر می‌رسد که می‌توان با برنامه‌ریزی صحیح آبیاری در مراحل رشد گیاه

منطقه ریشه می‌شود. هرگونه امکان صرفه‌جویی آبیاری در طول دوره رشد می‌تواند برای زارع مهم باشد. از جمله راه‌های استفاده بهینه آب، تعیین حداقل نیاز آب آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه است، بطوریکه عملکرد شکر کاهش معنی‌داری نیابد و زارع بتواند سطح وسیع‌تری را کشت نموده و یا به سایر محصولات اختصاص دهد. میزان مصرف آب آبیاری بستگی زیادی به شرایط آب و هوایی، مدیریت آبیاری، طول دوره رشد و تا حدودی به تراکم گیاهی، نیتروژن، ژنوتیپ، بیماری، تعداد روز از سبز شدن تا رسیدن دارد. همچنین مصرف بیش از حد آب در روش آبیاری نشتی در اوایل دوره رشد برای جوانه‌زنی بذرها موجب کاهش کارایی مصرف آب آبیاری گردید. غالبی (۱۳۷۹) به‌منظور بهینه‌سازی مصرف آب در زراعت چغندر قند از روش آبیاری بارانی تک شاخه‌ای استفاده کرد. او نتیجه گرفت با مصرف حدود ۹۰۰۰ متر مکعب آب آبیاری خالص با دور آبیاری هشت‌روزه در ۱۸ نوبت آبیاری حداکثر عملکرد ریشه، شکر خالص و همچنین کارایی مصرف آب را به دنبال دارد. کارتر و همکاران بعد از اینکه تیمارهای مختلف را تا حدود اواسط ماه جولای (زمانی که پوشش گیاهی خاک صد درصد شد) به‌طور یکنواخت و بر اساس توصیه مطلوب آبیاری نمودند، تأثیر تنش آب بر روی چغندر قند در مقاطع بعدی رشد و نمو را مورد مطالعه قرار دادند و مشخص شد قطع آبیاری بعد از یک آبیاری سنگین در دو ماه قبل از برداشت موجب کاهش عملکرد قند نگردید. به‌طور کلی محدودیت آبیاری در سه ماهه آخر فصل رشد، رشد برگ‌ها، شاخص سطح برگ و جذب نیتروژن را کاهش داد، درحالی‌که موجب افزایش درصد قند گردید (Carter et al., 1980). در ایتالیا باربیری دریافت که آبیاری، میانگین عملکرد ریشه و اندازه ریشه‌ها را افزایش اما درصد ساکارز را کاهش داد (Barbieri, 1982). در مطالعه‌ای که توسط جهاد اکبر و ابراهیمیان (۱۳۷۷) طی سه سال در اصفهان انجام شد مشخص گردید تأخیر در آبیاری پس از سبز شدن محصول تا آخرین آبیاری گندم، کاهش معنی‌داری در عملکرد ریشه و قند ایجاد نمی‌کند. نتایج نشان داد چغندر قند می‌تواند از تأخیر آبیاری پس از سبز شدن محصول صدمه‌ای نبیند که علت می‌تواند آب ذخیره‌شده توسط آبیاری‌های اولیه برای سبز کردن محصول باشد ولیکن طول مدت تأخیر در آبیاری هنوز مشخص نشده است. دورنوس و پرویت حد تخلیه مجاز رطوبتی چغندر قند را برابر ۵۰ درصد اعلام کردند. میزان تخلیه مجاز رطوبتی در مراحل مختلف رشد با توجه به تبخیر و تعرق ماکزیم متغیر است (Doorenbos and Pruitt, 1977). عملکرد ریشه چغندر قند اغلب بر اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد و معمولاً جذب آب از لایه‌های عمیق‌تر بخاطر وجود ریشه ناکافی در عمق‌های پایین‌تر کمتر صورت می‌گیرد. با کاهش رطوبت در لایه‌های بالایی خاک، ریشه‌ها شروع به جذب آب از لایه‌های پایین‌تر می‌کنند، تا آنجا که با اعمال کم آبیاری تا سطح ۷۵ درصد آبیاری کامل می‌توان نتیجه قابل قبولی

مواد و روش‌ها

در این پژوهش اثرات تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد چغندر قند و تأثیر آن بر صفات کمی و کیفی چغندر قند مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در کرج، مشهد و اصفهان به ترتیب در مزرعه تحقیقاتی مطهری واقع در کمال آباد کرج، ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد و ایستگاه تحقیقاتی کبوترآباد اصفهان به اجرا درآمد. در میاندوآب آزمایش در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی این شهرستان به اجرا درآمد. در این آزمایش‌ها ۹ تیمار مدیریت آبیاری شرکت داشتند که ۸ تیمار از ترکیب فاکتوریل چهار مرحله رشد رویشی (فاکتور A به‌طور میانگین ۶۴، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۴۸ روز پس از کاشت) و دو میزان تخلیه رطوبتی خاک شامل تخلیه ۷۰ و ۹۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (فاکتور B) بعد از استقرار گیاه حاصل شده بود. در کنار تیمار شاهد که در طول دوره رشد بعد از تخلیه ۴۵-۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک آبیاری تکرار شد. طرح آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی (RBCD) در چهار تکرار به اجرا درآمد. در فاکتور A، رشد رویشی چغندر قند از نظر FAO به چهار مرحله تقسیم می‌شود (Allen et al., 2009) ولی در عمل در این پژوهش به دلیل اینکه اعمال تیمار تنش خشکی بعد از استقرار بوته انجام شد (دو نوبت آبیاری بدون اعمال تیمار)، مراحل رشد به آن صورتی که FAO تقسیم نموده است، انجام نشد. در جدول ۱ مشخصه‌های چهار مرحله رویشی از نظر FAO و اعمال شده در این تحقیق آورده شده است.

با ضریب حساسیت پایین، میزان معینی از نیاز آبی گیاه را کاهش داد بطوری که میزان افت محصول کمتر از میزان آب کسر شده باشد. بر اساس نتایج این آزمایش 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.

اثرات مقادیر مختلف تخلیه رطوبتی خاک در مراحل مختلف رشد چغندر قند ریشه ای و تأثیر آن بر صفات کمی و کیفی محصول در میاندوآب مورد بررسی قرار گرفت. بر مبنای یافته این پژوهش تخلیه رطوبتی بالا (۹۰-۸۵ درصد) علی‌رغم این که سبب کاهش عملکرد ریشه شده ولی به دلیل بهبود خواص کیفی ریشه و استحصال قند، کاهش عملکرد را جبران نموده بود. همچنین بیشتری بهره‌وری آب در تیمار تخلیه رطوبتی ۷۰ درصد بدست آمد (فتوحی و همکاران، ۱۳۸۷).

با توجه به مطالب فوق و قبول این واقعیت که عملکرد چغندر قند در شرایط تنش کمبود آب کمتر از شرایط بدون تنش است توجه به اثرات تنش رطوبتی بر رشد گیاه (در برخی از مراحل رشد) ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا هدف از این پژوهش تعیین مقدار آب مورد نیاز در چهار مرحله رشد اصلی گیاه، اثر متقابل دوره رشد با حداکثر تخلیه رطوبتی بر عملکرد قند، تعیین حداقل و حداکثر آب مورد نیاز بر اساس چهار مرحله رشد، مشخص کردن حساس‌ترین مرحله رشد به کم آبیاری و امکان اعمال کم-آبیاری برای صرفه‌جویی در مصرف آب گیاه چغندر قند می‌باشد.

جدول ۱- مشخصه‌های چهار مرحله رویشی از نظر FAO و اعمال شده در این تحقیق

الف: FAO

مرحله نهایی	مرحله میانی	مرحله توسعه گیاه	مرحله ابتدائی رشد	
تا برداشت محصول	شروع کاهش LAI	۷۰ تا ۸۰ درصد	۱۰ درصد	پوشش سطح زمین
۴۰	۹۰	۶۶	۲۰-۲۴	تعداد روز
۱۰۰۰	۱۸۰۰	۱۲۰۰	۳۰۰	GDD
	۳۴-۴۰	۱۶-۲۰	۴-۶ برگ	فنولوژی

ب: اعمال شده

مرحله نهایی	مرحله میانی	مرحله توسعه گیاه	مرحله ابتدائی	
۱۲۸-۱۶۷	۹۴-۱۴۱	۷۳-۱۰۷	۴۵-۸۲	مجموع تعداد روز
کمتر از ۳	۳/۵	۱/۵	کمتر از یک	شاخص سطح
۳۰۰۰-۳۴۵۰	۲۴۰۰-۳۰۰۰	۱۶۰۰-۲۴۰۰	۱۰۰۰-۱۶۰۰	مجموع GDD
کمتر از ۳۰	۳۰-۴۰	۲۰-۲۶	۸-۱۰ برگ	فنولوژی

مساحت کل طرح با چهار تکرار $50 \times 40 = 2000$ متر مربع بود. برای یکنواخت کردن کرت‌های آزمایشی این تحقیق در قطعه زمینی که محصول سال قبل کشت از دیادی گندم بود به اجرا درآمد. در بهار در

هر کرت به طول ۱۰ متر و عرض ۴/۵ متر که در آن ۶ خط کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و ۳ خط بدون کاشت به‌عنوان فاصله بین تیمار در نظر گرفته شد. عرض هر بلوک ۴۰ متر بود. بنابراین

$$I_g = \frac{I_n}{e} \quad (2)$$

$$I_n = (\theta_{fc} - \theta_i) \times d \quad (3)$$

که در آن: θ_{fc} درصد رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی، θ_i درصد رطوبتی که به میزان ۶۵-۷۰ و یا ۸۵-۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک، از عمق توسعه ریشه خارج گردد، d عمق توسعه ریشه (برحسب میلی‌متر)، I_n عمق خالص آب آبیاری (برحسب میلی‌متر)، I_g عمق ناخالص آب آبیاری (برحسب میلی‌متر)، e راندمان کاربرد آب (۸۵ درصد)، A مساحت کرت (برحسب متر مربع) و V حجم آب مورد نیاز کرت (برحسب مترمکعب) تعریف شده است. پس از تعیین مقدار آب مورد نیاز برای هر تیمار از کنتور حجمی برای اعمال تیمارهای آبیاری استفاده گردید. همان‌طوری که در جدول ۱ نشان داده شده است زمان (روز پس از کشت بذر) قطع آبیاری بر اساس مرحله رشد متفاوت بود. برای مثال در سال ۱۳۸۲ در کرج (جدول ۲) زمان قطع آبیاری در مرحله اول رشد از ۴۵ روز بعد از کشت بذر شروع و برای تیمار ۷۰ و ۹۰ درصد تخلیه رطوبت خاک به ترتیب ۲۸ و ۳۸ روز ادامه یافت. قطع آبیاری در مرحله دوم رشد از ۷۳ روز بعد از کشت بذر شروع و برای تیمار ۷۰ و ۹۰ درصد تخلیه رطوبت خاک به ترتیب ۲۱ و ۳۴ روز ادامه یافت. قطع آبیاری در مرحله سوم رشد از ۹۴ روز بعد از کشت بذر شروع و برای تیمار ۷۰ و ۹۰ درصد تخلیه رطوبت خاک به ترتیب ۲۳ و ۳۴ روز ادامه یافت. قطع آبیاری در مرحله چهارم رشد از ۱۱۷ روز بعد از کشت بذر شروع و برای تیمار ۷۰ و ۹۰ درصد تخلیه رطوبت خاک به ترتیب ۲۴ و ۳۶ روز ادامه یافت. به‌طور کلی، تخلیه ۷۰ درصد رطوبت خاک در مرحله اول، دوم، سوم و چهارم رشد به ترتیب ۲۸، ۲۱، ۲۳ و ۲۴ روز طول کشید. تخلیه ۹۰ درصد رطوبت خاک در مرحله اول، دوم، سوم و چهارم رشد به ترتیب ۳۸، ۳۴، ۳۶ و ۳۶ روز طول کشید. لذا طول دوره خشکی در مراحل مختلف رشد عامل اختلاف بین مشاهده‌ها نیست، بلکه مرحله اعمال خشکی می‌باشد که موجب به‌وجود آمدن اختلاف بین مشاهده‌ها شده است. مشخصه بهره‌وری آب که نسبت عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) به میزان آب کاربردی (مترمکعب) تعریف شده برای تیمارهای ۹ گانه تخلیه رطوبتی محاسبه گردید.

نتایج و بحث

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد میزان آب دریافت شده (مترمکعب در هکتار) در مناطق مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشند. میانگین آب دریافت شده تیمار شاهد در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب به ترتیب ۱۳۳۰۷، ۱۴۴۱۹، ۱۲۲۳۵ و ۱۱۵۱۵ متر مکعب می‌باشد. به‌طور کلی نیاز آبی چغندر قند در ایران در روش آبیاری نشتی حدود ۱۳۰۰۰ متر مکعب می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد میزان آب دریافت شده (متر

نیمه دوم فروردین پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین اقدام به کشت شد. پس از تهیه زمین که شامل شخم عمیق و دیسک بود نمونه‌ای مرکب از خاک مزرعه آزمایشی از اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری گرفته شد و عناصر میکرو، ماکرو تعیین و برخی خصوصیات فیزیکی خاک مانند جرم مخصوص ظاهری، PWP، FC و خصوصیات شیمیایی مورد تجزیه قرار گرفت. بر اساس نتایج تجزیه خاک فسفر به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاسیم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم و به‌صورت صد در صد قبل از کاشت به زمین داده شد و با دیسک با خاک مخلوط گردید. کود نیتروژنه از منبع اوره به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و در سه نوبت هنگام کشت، تنک و یک ماه بعد از تنک و میکرو المنت‌ها در اواسط دوره رشد در اختیار گیاه قرار گرفتند. در این تحقیق کلیه تیمارهای آزمایشی به روش جوی و پشته آبیاری شد. بطوریکه پس از اعمال کود و دیسک با استفاده از فارور به فاصله ۵۰ سانتی‌متر شیاربندی و پشته‌ها به‌وسیله شیپر اصلاح شدند. بذر با دستگاه ایورد کشت شد. در این تحقیق در کرج رقم ۷۲۳۳ که به‌وسیله بخش به‌نژادی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند معرفی شده است مورد کشت قرار گرفت. در مشهد در سال ۱۳۸۲ رقم ۷۲۳۳ کشت شد و متأسفانه آزمایش به بیماری‌های رایزومانیا و پوسیدگی ریشه رایزو کتونایی مبتلا گردید و عملکرد ریشه را به شدت کاهش یافت. در سال ۱۳۸۳ بذر دورتی ایرانی کشت شد ولی این بذر نیز متأسفانه قوه نامیه پایین داشت و مزرعه دچار بد سبزی شدید گردید. در سال ۱۳۸۴ رقم مقاوم خارجی دورتی کشت شد و سبز آزمایش کاملاً رضایت‌بخش بود. در اصفهان در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ رقم ۷۲۳۳ کشت شد و در سال ۱۳۸۴ رقم مونوژرم شیرین کشت شد. در میاندوآب در سال ۱۳۸۳ بذر رقم ۷۲۳۳ کشت شد و در سال ۱۳۸۴ مونوژرم ژنتیکی هیبرید رقم ۷۱۱۲×۴۳۶ کشت شد.

مراقبت‌های لازم زراعی در طول فصل رشد جهت یکنواخت شدن سایر عوامل به‌صورت یکنواخت برای تمام کرت‌های آزمایشی انجام شد. تنک و وجین در مرحله چهار تا هشت برگی گیاه انجام گرفت. مبارزه برعلیه آفت کک و سرخرطوم کوتاه، لیتا، برگ‌خوران با سم حشره‌کش دیازینون به مقدار ۳ لیتر در هکتار صورت پذیرفت. به‌منظور سله‌شکنی و تهویه لازم و دفع علف‌های هرز نسبت به کولتیواتورزی به تعداد ۳ مرحله اقدام شد. خاک‌آب و پی‌آب به‌طور یکنواخت و مساوی به همه کرت‌ها اعمال گردید. آبیاری‌های بعدی به مقداری انجام شد که خاک مزرعه تا عمق توسعه ریشه به ظرفیت مزرعه برسد. رطوبت خاک توسط دستگاه TDR اندازه‌گیری شد.

مقدار آب مورد نیاز هر تیمار در زمان آبیاری بر اساس معادلات زیر به دست آمد.

$$V = I_g \times A \quad (1)$$

شاهد با نتایج گزارش شده حاکی از آن است تیمار شاهد در این پژوهش آب کافی دریافت نموده است.

از نتایج این تحقیق تعیین حد مجاز تخلیه رطوبتی خاک در کشت چغندر (حدود ۷۰ درصد) است که می‌تواند موجب صرفه‌جویی در آب مصرفی و ارتقاء بهره‌وری آب گردد. این نتیجه با پژوهش فتوحی و همکاران (۱۳۸۷) در منطقه میاندوآب مطابقت دارد.

نتایج ارزیابی ۳ سطح کم‌آبیاری بر روی چغندر (بصورت درصد‌های مختلف ظرفیت زراعی در دشت‌های شمال چین Li et al., 2019) نشان داد که کم‌آبیاری نچندان شدید بطور معنی‌داری ماده خشک درون ریشه را افزایش می‌دهد. پارامتر ماده خشک ریشه گیاه تحت تیمار کم‌آبیاری ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بیشترین تاثیر مثبت را دریافت نمود که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

مکعب در هکتار) در مناطق مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشند به‌طوری‌که در مشهد و میاندوآب به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان آب دریافت شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان آب مصرفی به تیمار شاهد اختصاص داشت. میزان آب دریافتی در مراحل مختلف رشد تقریباً یکسان بوده (میزان آب دریافتی در مرحله اول تا چهارم رشد به ترتیب ۱۲۷۶۵، ۱۲۳۹۷، ۱۱۹۹۹ و ۱۲۴۹۱ بود) و لذا اختلاف صفات مورد بررسی اساساً بواسطه تخلیه آب در زمان‌های متفاوت می‌باشد.

تحقیقات در کرج نشان داد که چغندر (در دوره رشد خود به ۱۲ تا ۱۵ هزار متر مکعب آب نیاز دارد. فتح اله طالقانی و همکاران (۱۳۷۹) نیاز آبی را در حدود ۱۳۵۰۰ متر مکعب در آبیاری نشتی گزارش نموده است. مقایسه نتایج مقادیر آب اعمال شده در تیمار

جدول ۲- میزان آب دریافت شده (متر مکعب در هکتار) تیمارهای مختلف در طول تحقیق در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب

میزان تخلیه	مرحله رشد*	کرج			مشهد			اصفهان			میاندوآب			میانگین
		۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۳	۱۳۸۴	
۷۰-۶۵	V1	۱۲۸۲۱	۱۳۳۵۰	۱۲۷۵۰	۱۱۶۶۶	۱۲۸۳۳	۱۴۶۲۱	۱۱۲۲۰	۱۲۶۳۰	۱۳۱۵۰	۱۱۲۷۰	۱۱۲۷۰	۱۲۴۳۱	
۷۰-۶۵	V2	۱۲۸۷۱	۱۳۳۵۰	۱۲۲۵۰	۱۰۹۱۶	۱۲۲۷۶	۱۴۵۴۲	۱۱۱۵۰	۱۲۴۵۰	۱۲۰۷۰	۱۱۱۸۰	۱۱۱۸۰	۱۲۷۰۶	
۷۰-۶۵	V3	۱۲۶۲۱	۱۳۳۵۰	۱۲۹۵۰	۱۱۵۰۰	۱۶۷۹۴	۱۲۸۵۷	۱۰۹۲۰	۱۲۲۰۰	۱۲۳۲۰	۱۱۴۶۰	۱۱۴۶۰	۱۲۵۹۷	
۷۰-۶۵	V4	۱۲۷۷۱	۱۳۱۵۰	۱۲۰۵۰	۱۱۶۶۶	۱۷۱۷۳	۱۴۷۲۷	۱۱۱۸۰	۱۲۵۰۰	۱۱۸۰۰	۱۰۹۵۰	۱۰۹۵۰	۱۲۶۹۷	
۹۰-۸۵	V1	۱۲۱۷۶	۱۱۹۰۰	۱۱۵۵۰	۱۱۶۶۶	۱۶۳۲۵	۱۴۶۲۱	۱۰۸۷۰	۱۲۰۲۰	۱۱۱۹۰	۱۱۳۲۰	۱۱۳۲۰	۱۲۳۶۴	
۹۰-۸۵	V2	۱۱۹۲۱	۱۱۸۵۰	۱۱۶۵۰	۱۱۱۲۵	۱۵۷۲۰	۱۴۰۹۲	۱۰۸۰۰	۱۱۶۲۰	۱۱۸۰۰	۱۰۹۳۰	۱۰۹۳۰	۱۲۱۵۱	
۹۰-۸۵	V3	۱۱۷۲۱	۱۲۳۵۰	۱۱۸۵۰	۱۳۱۲۵	۱۵۷۶۱	۱۰۹۵۸	۱۰۸۵۰	۱۱۷۷۰	۱۱۵۲۰	۱۰۶۴۰	۱۰۶۴۰	۱۱۹۴۵	
۹۰-۸۵	V4	۱۱۶۷۱	۱۳۳۵۰	۱۱۱۵۰	۱۱۶۶۶	۱۴۴۷۳	۱۲۳۱۳	۱۱۰۵۰	۱۲۳۱۰	۱۰۸۵۰	۹۹۹۰	۹۹۹۰	۱۱۷۸۲	
control		۱۳۷۲۱	۱۲۷۵۰	۱۳۴۵۰	۱۱۶۶۶	۱۶۳۲۵	۱۵۲۶۵	۱۱۵۲۰	۱۲۹۵۰	۱۴۲۶۲	۱۳۳۹۲	۱۳۳۹۲	۱۲۵۳۰	

* V1 تا V4 به‌ترتیب مراحل رشد ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد گیاه می‌باشد

شاهد کمترین عملکرد ریشه را به خود اختصاص داده است (جدول ۳).

میانگین عملکرد تیمار شاهد در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب به ترتیب ۴۸/۸۵، ۶۹/۹۹، ۳۴/۷۱ و ۵۷/۶۶ تن در هکتار می‌باشد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که تنش خشکی در هر یک از مراحل رشد موجب کاهش عملکرد ریشه می‌شود ولی گیاه چغندر (در مرحله دوم و سوم رشد بیشترین حساسیت به تنش خشکی را دارد و تخلیه رطوبتی به میزان ۹۰ درصد موجب کاهش شدید عملکرد ریشه می‌شود. نتایج هم‌چنین نشان می‌دهد که عملکرد ریشه در سال‌های آزمایش با یکدیگر متفاوت بوده و بیشترین عملکرد ریشه در چهار منطقه مورد آزمایش در سال ۱۳۸۳ حاصل شده است (جدول ۳). در جدول ۴ مقایسه مقدار بهره‌وری آب بر مبنای نسبت میانگین عملکرد به میانگین حجم آب مصرفی هر تیمار نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد در تمام مناطق بالاترین بهره‌وری آب در تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی مرحله اول حاصل شده است.

عملکرد ریشه

نتایج نشان داد در سه سال آزمایش بین تیمارهای ۹ گانه آبیاری، بین سه تیمار تخلیه رطوبت خاک (شاهد، ۷۰ درصد و ۹۰ درصد تخلیه رطوبت خاک) و بین چهار مرحله رشد از لحاظ عملکرد ریشه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج تجزیه مرکب عملکرد ریشه (جدول ۳) نشان می‌دهد این صفت در مناطق مختلف با احتمال یک درصد خطا با یکدیگر متفاوت می‌باشند. به‌طوری‌که، در مشهد و اصفهان به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد ریشه به دست آمده است. میانگین عملکرد ریشه در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب به ترتیب ۴۰/۸۵، ۶۹/۴۲، ۳۶/۳۲ و ۴۷/۲۳ تن در هکتار می‌باشد (جدول ۳). بیشترین عملکرد ریشه در کرج و میاندوآب مربوط به تیمار شاهد و در مشهد و اصفهان به ترتیب مربوط به تیمار تخلیه رطوبتی به میزان ۷۰ درصد در مرحله رشدی ۱ و ۴ می‌باشد. کمترین عملکرد ریشه در کرج، مشهد و میاندوآب به ترتیب مربوط به تیمار تخلیه رطوبتی به میزان ۸۵-۹۰ درصد در مرحله رشدی ۳، ۲ و ۳ می‌باشد. در اصفهان به‌علت شوری آب آبیاری و عدم آبخوایی خاک، تیمار

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های (تکرار× تیمار× سال) عملکرد ریشه (تن در هکتار) در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب

سال	تیمار	میانگین مناطق میاندوآب اصفهان مشهد کرج					
		گروه میانگین گروه میانگین گروه میانگین گروه میانگین					
سال	۱۳۸۲	۳۸/۸۸	b	۴۲/۱۸	c		۴۰/۵۳
	۱۳۸۳	۴۳/۳۹	a	۸۶/۱۹	a	۳۷/۳۸	a ۱۴/۵۵ a ۵۵/۵۲
	۱۳۸۴	۴۰/۳۹	b	۷۹/۸۹	b	۳۵/۲۶	b ۳۲/۳۹ b ۴۸/۶۹
مرحله و میزان تخلیه	۷۰ درصد مرحله ۱	۴۶/۸۰	a	۷۰/۵۲	bc	۴۰/۴۵	a ۵۱/۷۹ a ۵۳/۶۵ a
	۷۰ درصد مرحله ۲	۴۰/۰۹	cd	۷۶/۴۵	a	۳۵/۸۱	b ۵۰/۴۸ b ۵۲/۲۳ ab
	۷۰ درصد مرحله ۳	۴۰/۷۱	c	۷۱/۴۹	ab	۳۸/۲۴	ab ۴۹/۸۱ b ۵۱/۲۵ b
	۷۰ درصد مرحله ۴	۴۳/۱۹	b	۷۱/۵۱	ab	۳۵/۷۳	b ۴۷/۷۴ bc ۵۱/۱ b
	۹۰ درصد مرحله ۱	۳۹/۸۹	cd	۷۰/۲۶	bc	۳۶/۶۷	b ۴۰/۷۴ d ۴۸/۵۳ c
	۹۰ درصد مرحله ۲	۳۶/۰۱	ef	۶۵/۶۸	cd	۳۵/۰۰	b ۴۱/۸۸ d ۴۵/۹۰ de
	۹۰ درصد مرحله ۳	۳۴/۰۵	f	۶۳/۳۳	d	۳۵/۱۶	b ۴۱/۸۴ d ۴۴/۶۳ e
	۹۰ درصد مرحله ۴	۳۸/۰۷	de	۶۶/۵۸	bcd	۳۵/۱۳	b ۴۳/۱۵ cd ۴۷/۰۳ cd
میزان تخلیه	شاهد	۴۸/۸۵	a	۶۸/۹۹	bc	۳۴/۷۱	b ۵۷/۶۶ a ۵۳/۸۳ a
	۷۰ درصد	۴۲/۷۰	a	۷۲/۴۹	a	۳۷/۵۶	a ۴۹/۹۵ a ۵۲/۰۶ a
مرحله تخلیه	۹۰ درصد	۳۷/۰۱	b	۶۶/۴۶	b	۳۵/۴۹	a ۴۱/۹۰ b ۴۶/۵۲ b
	مرحله ۱	۴۳/۳۵	a	۷۰/۳۹	ab	۳۸/۵۶	a ۴۶/۲۷ a ۵۱/۰۹ a
	مرحله ۲	۳۸/۰۵	c	۷۱/۰۶	a	۳۵/۴۱	a ۴۶/۱۸ a ۴۹/۰۶ b
	مرحله ۳	۳۷/۳۸	c	۶۷/۴۱	b	۳۶/۷۰	a ۴۵/۸۳ a ۴۷/۹۴ b
	مرحله ۴	۴۰/۶۳	b	۶۹/۰۵	ab	۳۵/۴۳	a ۴۵/۴۴ a ۴۹/۰۶ b
میانگین منطقه		۴۰/۸۵	c	۶۹/۴۲	a	۳۶/۳۲	d ۴۷/۲۳ b

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های بهره وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب

تیمار	کرج	مشهد	اصفهان	میاندوآب	میانگین
۷۰ درصد مرحله ۱	۳/۷۰	۵,۴۱	۳/۳۹	۴,۴۲	۳,۵۵
۷۰ درصد مرحله ۲	۳/۲۱	۵,۳۷	۳/۰۳	۴,۳۴	۳,۱۲
۷۰ درصد مرحله ۳	۳/۲۲	۵/۲۱	۳/۳۱	۴/۱۹	۳,۹۸
۷۰ درصد مرحله ۴	۳/۵۰	۴/۹۲	۳/۰۲	۴/۲۰	۳,۹۱
۹۰ درصد مرحله ۱	۳/۳۶	۴/۹۵	۳/۲۰	۳/۶۲	۳,۷۸
۹۰ درصد مرحله ۲	۳/۵۰	۴/۸۱	۳/۱۲	۳/۶۸	۳,۶۷
۹۰ درصد مرحله ۳	۲/۸۵	۴/۸۹	۳/۲۰	۳/۷۸	۳,۶۸
۹۰ درصد مرحله ۴	۳/۲۵	۵/۱۹	۳/۰۱	۴/۱۴	۳,۹۰
شاهد	۳/۶۷	۴/۷۸	۲/۸۴	۴/۱۷	۴,۰۸

اول و دوم رشد موجب افزایش عیار قند می‌شود. تخلیه رطوبتی به میزان ۸۵-۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در مراحل انتهایی رشد موجب کاهش عیار قند شد اما اختلاف بین میانگین تیمارها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. این مطلب شاید به نظر متفاوت با آنچه در منابع آمده است باشد. اغلب منابع اشاره به این مطلب دارند که تنش اواخر فصل موجب کاهش آب (درصد رطوبت) ریشه و افزایش عیار قند می‌شود. در واقع تنش رطوبتی به روش‌های متفاوت اعمال می‌شود و نتایج گوناگونی را می‌تواند در پی داشته باشد. تنش رطوبتی در اواخر

تأثیر تخلیه رطوبتی خاک روی درصد قند Pol و درصد قند قابل استحصال Sugar

نتایج نشان می‌دهد که در سه سال آزمایش در چهار منطقه بین تیمارهای ۹ گانه آبیاری، بین سه تیمار تخلیه رطوبت خاک (شاهد، ۷۰ درصد و ۹۰ درصد تخلیه رطوبت خاک) و بین چهار مرحله رشد از لحاظ عیار قند ناخالص و خالص اختلاف معنی‌داری وجود دارد. میانگین مناطق و سال‌های انجام آزمایش نشان می‌دهد که تخلیه رطوبتی به میزان ۶۵-۷۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در مراحل

اجرای آزمایش از لحاظ قند ناخالص و قند خالص (درصد) اختلاف معنی داری وجود دارد. بیشترین و کمترین درصد قند ناخالص و درصد قند خالص به ترتیب در کرج و اصفهان در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ اندازه‌گیری شده است. اثرات اصلی دو سطح تخلیه رطوبت خاک و چهار مرحله رشد اختلاف معنی داری از لحاظ درصد قند ناخالص و درصد قند خالص داشتند. کمترین درصد قند ناخالص و درصد قند خالص در تیمار تخلیه رطوبت خاک در مرحله پایانی رشد اندازه‌گیری شده است. تخلیه مقادیر متفاوت رطوبت خاک (۷۰ و ۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک) تأثیر معنی داری در درصد قند ناخالص و درصد قند خالص نداشت. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای حاصل از ترکیب فاکتوریل دو سطح تخلیه رطوبت خاک و چهار مرحله رشد اختلاف معنی داری از لحاظ درصد قند ناخالص و درصد قند خالص داشتند. کمترین درصد قند ناخالص و درصد قند خالص در تیمار تخلیه ۹۰ درصد رطوبت خاک در مرحله چهارم رشد اندازه‌گیری شده است. تخلیه ۷۰ درصد رطوبت خاک تأثیر معنی داری در افزایش و یا کاهش درصد قند نمی‌گذارد. تخلیه ۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در مراحل اول، دوم و سوم رشد تأثیر معنی داری در کاهش درصد قند نمی‌گذارد، اما تخلیه ۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در مرحله چهارم رشد موجب کاهش معنی دار درصد قند نسبت به تیمار شاهد شد.

فصل و بلافاصله قبل از برداشت (برداشت ریشه در حین تنش رطوبتی) یقیناً موجب کاهش درصد رطوبت ریشه و افزایش عیار قند می‌شود. لیکن تنش رطوبتی که در این تحقیق اعمال شد قبل از برداشت پایان یافت و آبیاری‌های بعدی تا برداشت نیز انجام شد. به نظر می‌رسد گیاه در فرصت به‌دست‌آمده قصد جبران خسارت را داشته و اولین و مهم‌ترین اندام خسارت‌دیده برگ می‌باشد. لذا قند ذخیره‌شده در ریشه را صرف بازسازی اندام هوایی نموده است و به این دلیل تخلیه رطوبت خاک در مرحله چهارم رشد موجب کاهش درصد قند شده است.

نتایج تجزیه مرکب نشان می‌دهد (جدول‌های ۵ و ۶) درصد عیار قند ناخالص و خالص در مناطق مختلف با احتمال یک درصد خطا با یکدیگر متفاوت می‌باشند. درصد عیار قند ناخالص و خالص، در کرج، مشهد و میاندوآب در یک سطح و در اصفهان در سطح پایین‌تری قرار دارد. هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهد که دو تیمار ۷۰ درصد و ۹۰ درصد از لحاظ میانگین درصد عیار قند خالص و ناخالص مناطق از لحاظ آماری اختلاف معنی داری ندارند. با این وجود، در کلیه مناطق میانگین درصد عیار قند خالص و ناخالص تیمار ۷۰ درصد همیشه بالاتر از میانگین درصد عیار قند خالص و ناخالص تیمار ۹۰ درصد تخلیه رطوبت خاک می‌باشد.

نتایج نشان داد که بین مناطق اجرای آزمایش و بین سال‌های

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های (تکرار × تیمار × سال) عیار قند ناخالص (POL) در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب

تیمار	کرج		مشهد		اصفهان		میاندوآب					
	تیمار	کرج	مشهد	اصفهان	اصفهان	میاندوآب	میاندوآب					
۴	۱۳۸۲	۱۷/۷۱	a	۱۳/۵۵	c							
	۱۳۸۳	۱۶/۴۴	b	۱۷/۴۲	a	۱۰	b					
	۱۳۸۴	۱۵/۷۲	c	۱۴/۹۹	b	۱۴/۷۳	a					
مرحله و میزان تخلیه رطوبت خاک	۱	۷۰ درصد	۱۶/۷۸	abc	۱۵/۹۵	a	۱۲/۱۳	a	۱۵/۴۶	abcd	۱۵/۳۵	ab
	۲	۷۰ درصد	۱۷/۲۵	a	۱۵/۳۷	ab	۱۲/۹۸	a	۱۴/۸۰	d	۱۵/۳۳	ab
	۳	۷۰ درصد	۱۶/۲۵	abc	۱۴/۹۶	b	۱۲/۱۳	a	۱۵/۵۱	abcd	۱۴/۹۰	b
	۴	۷۰ درصد	۱۷/۱۹	a	۱۵/۴۲	ab	۱۲/۴۰	a	۱۶/۳۳	ab	۱۵/۵۳	a
	۱	۹۰ درصد	۱۶/۰۳	bc	۱۵/۵۱	ab	۱۱/۷۲	a	۱۶/۴۴	a	۱۵/۱۰	ab
	۲	۹۰ درصد	۱۶/۶۶	abc	۱۵/۰۸	b	۱۲/۶۹	a	۱۵/۴۳	abcd	۱۵/۱۳	ab
	۳	۹۰ درصد	۱۶/۴۵	abc	۱۴/۸۸	b	۱۲/۸۲	a	۱۶/۰۰	abc	۱۵/۱۵	ab
	۴	۹۰ درصد	۱۵/۸۷	c	۱۵/۲۰	ab	۱۲/۲۸	a	۱۵/۱۸	bcd	۱۴/۸۳	b
شاهد		۱۷/۱۲	ab	۱۵/۴۹	ab	۱۲/۱۷	a	۱۴/۸۵	cd	۱۵/۱۸	ab	
	۷۰ درصد	۱۶/۸۶	a	۱۵/۴۲	a	۱۲/۴۱	a	۱۵/۵۳	a	۱۵/۲۸	a	
۴	۹۰ درصد	۱۶/۲۵	b	۱۵/۱۷	a	۱۲/۳۸	a	۱۵/۷۷	a	۱۵/۰۶	a	
	۳	۱	مرحله	۱۶/۴۰	a	۱۵/۷۳	a	۱۱/۹۳	a	۱۵/۹۵	a	۱۵/۲۳
۲		مرحله	۱۶/۹۵	a	۱۵/۲۳	ab	۱۲/۸۳	a	۱۵/۱۲	b	۱۵/۲۳	a
۳		مرحله	۱۶/۳۵	a	۱۴/۹۲	b	۱۲/۴۷	a	۱۵/۷۶	ab	۱۵/۰۳	a
۴		مرحله	۱۶/۵۳	a	۱۵/۳۱	ab	۱۲/۳۴	a	۱۵/۷۶	ab	۱۵/۱۸	a
میانگین منطقه			۱۶/۶۲	a	۱۵/۳۲	b	۱۲/۳۷	c	۱۵/۵۶	b		

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های (تکرار × تیمار × سال) عیار قند خالص (درصد) در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب

تیمار	کرج		مشهد		اصفهان		میاندوآب					
	کیلوگرم	هکتار	کیلوگرم	هکتار	کیلوگرم	هکتار	کیلوگرم	هکتار				
۱۳۸۲	۱۴/۹۵	a	۹/۶۲	c								
۱۳۸۳	۱۲/۸۰	b	۱۴/۳۰	a	۵/۱۳	b	۹/۳۷	b				
۱۳۸۴	۱۱/۹۳	c	۱۱/۳۸	b	۹/۲۷	a	۱۵/۶۶	a				
مرحله تخلیه ک	۱	۱۳/۴۷	ab	۱۲/۶۱	a	۷/۱۳	ab	۱۲/۳۱	bcd	۱۱/۷۳	a	
	۲	۱۳/۸۴	a	۱۱/۹۸	ab	۷/۸۵	a	۱۳/۱۳	ab	۱۱/۹۵	a	
	۳	۱۲/۹۳	ab	۱۱/۱۶	b	۶/۸۸	ab	۱۲/۱۳	bcd	۱۱/۰۰	b	
	۴	۱۳/۷۳	a	۱۱/۶۶	ab	۷/۱۸	ab	۱۳/۵۷	ab	۱۱/۷۵	a	
	۱	۱۲/۴۷	b	۱۲/۰۵	ab	۶/۴۹	b	۱۳/۷۵	a	۱۱/۴۰	ab	
	۲	۱۳/۳۳	ab	۱۱/۶۲	ab	۷/۳۶	ab	۱۲/۱۸	bcd	۱۱/۴۰	ab	
	۳	۱۳/۰۹	ab	۱۱/۳۷	b	۷/۷۵	ab	۱۲/۸۱	abc	۱۱/۴۰	ab	
	۴	۱۲/۳۷	b	۱۱/۴۷	b	۷/۳۳	ab	۱۱/۲۹	d	۱۰/۸۸	b	
	شاهد	۱۳/۸۱	a	۱۲/۰۸	ab	۶/۸۴	ab	۱۱/۴۸	cd	۱۱/۴۳	ab	
	۷۰ درصد	۱۳/۴۹	a	۱۱/۸۵	a	۷/۲۶	a	۱۲/۷۸	a	۱۱/۶۱	a	
	۹۰ درصد	۱۲/۸۲	b	۱۱/۶۰	a	۷/۲۳	a	۱۲/۵۱	a	۱۱/۲۷	b	
	مرحله تخلیه ک	۱	۱۲/۹۷	a	۱۳/۳۳	a	۶/۸۱	a	۱۳/۰۳	a	۱۱/۵۶	ab
		۲	۱۳/۵۸	a	۱۱/۸۰	ab	۷/۶۱	a	۱۲/۶۶	a	۱۱/۶۸	a
		۳	۱۳/۰۱	a	۱۱/۲۱	b	۷/۳۲	a	۱۲/۴۷	a	۱۱/۲۰	b
		۴	۱۳/۰۵	a	۱۱/۵۶	ab	۷/۲۵	a	۱۲/۴۳	a	۱۱/۳۱	ab
	میانگین منطقه	۱۳/۲۳	a	۱۱/۷	c	۷/۲۰	d	۱۲/۵۲	b	۱۱/۴۴	c	

۷ و ۸) نشان می‌دهد که بین ۹ تیمار شرکت داده شده در آزمایش از لحاظ عملکرد شکر ناخالص و شکر خالص اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تیمار شاهد و تیمار تخلیه ۹۰ درصد رطوبت خاک در مرحله سوم رشد به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد شکر ناخالص و شکر خالص را داشتند. میزان عملکرد شکر ناخالص و شکر خالص تیمار تخلیه ۷۰ درصد رطوبت خاک به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار تخلیه ۹۰ درصد رطوبت خاک می‌باشد و تفاوت آن با تیمار شاهد معنی‌دار نیست. تخلیه رطوبت خاک در مرحله دوم و سوم رشد باعث کاهش شدید عملکرد شکر ناخالص و شکر خالص می‌شود.

تجزیه مرکب سه سال آزمایش در منطقه مشهد (جدول ۷ و ۸) نشان می‌دهد که عملکرد شکر ناخالص و شکر خالص تیمار تخلیه ۹۰ درصد رطوبت خاک در مرحله سوم رشد به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر تیمارها می‌باشد. همچنین میزان عملکرد شکر ناخالص و شکر خالص تیمار تخلیه ۷۰ درصد رطوبت خاک به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار تخلیه ۹۰ درصد رطوبت خاک است.

نتایج آزمایش در دو سال آزمایش در اصفهان نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌دار بین ۹ تیمار آزمایش از لحاظ عملکرد شکر ناخالص و شکر خالص وجود ندارد اما بین دو سال آزمایش، اختلاف تیمارها معنی‌دار شده است.

به‌طور قطع یکی از عکس‌العمل‌های درونی گیاه چغندر قند به کمبود آب، علاوه بر کاهش رشد، افزایش غلظت قند در ریشه است. این افزایش عیار قند نمی‌تواند کمبود عملکرد ریشه ناشی از تنش را جبران کند (پرویزی و یزدی صمدی، ۱۳۷۲). کلارک و لومیس گزارش کردند که عیار قند ریشه تر به‌شدت تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار می‌گیرد. وقتی آبیاری به‌اندازه کافی صورت پذیرد، عیار قند در طول ماه‌های خرداد و تیر افزایش می‌یابد و به‌تدریج به حالت ثابت تا زمان برداشت باقی می‌ماند اما اگر آبیاری به تأخیر افتاده یا متوقف شود عیار قند ریشه تر دو هفته بعد از شروع آبیاری مجدد، شروع به افزایش می‌کند و به‌تدریج حتی عیار قند تیمار تحت تنش رطوبتی بیشتر از تیمار شاهد افزایش می‌یابد. میزان افزایش عیار قند به‌طور کلی در اوایل تنش رطوبتی بالا می‌باشد ولی به‌تدریج میزان افزایش عیار قند در تیمار تحت تنش خشکی و شاهد یکسان می‌شود؛ اما اگر عیار قند نسبت به وزن خشک ریشه محاسبه شود روابط ذکر شده دیگر صادق نخواهد بود. این مطلب نشان می‌دهد که افزایش عیار قند در تیمار تنش خشکی بیشتر به خاطر از دست دادن آب ریشه می‌باشد (Clark and Loomis, 1978).

تأثیر سطوح مختلف تخلیه رطوبتی خاک در مراحل مختلف رشد روی عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید

نتایج تجزیه مرکب سه سال آزمایش در منطقه کرج (جدول‌های

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های (تکرار × تیمار × سال) عملکرد شکر ناخالص (تن در هکتار) در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب

تیمار	کرج		مشهد		اصفهان		میاندوآب		میانگین مناطق		
	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	
سال	۱۳۸۲	۶/۹۰	a	۵/۷۲	c						
	۱۳۸۳	۷/۱۳	a	۱۵/۰۲	a	۳/۷۵	b	۷/۲۶	a		
	۱۳۸۴	۶/۳۳	b	۱۱/۹۷	b	۵/۱۹	a	۷/۰۱	a		
مرحله و میزان تیمار	۷۰ درصد مرحله ۱	۷/۷۸	ab	۱۱/۵۰	ab	۴/۷۰	a	۷/۹۴	ab	۸/۳۰	a
	۷۰ درصد مرحله ۲	۶/۹۱	cd	۱۲/۰۲	a	۴/۶۱	a	۷/۰۷	bcd	۸/۰۳	ab
	۷۰ درصد مرحله ۳	۶/۵۶	de	۱۰/۹۳	bcd	۴/۵۸	a	۷/۴۸	bc	۷/۶۸	bc
	۷۰ درصد مرحله ۴	۷/۴۳	bc	۱۱/۳۱	abc	۴/۳۵	a	۷/۵۷	ab	۸/۰۰	ab
	۹۰ درصد مرحله ۱	۶/۴۰	de	۱۱/۲۱	abcd	۴/۳۴	a	۶/۵۴	cd	۷/۴۵	c
	۹۰ درصد مرحله ۲	۵/۹۹	ef	۱۰/۱۸	de	۴/۵۵	a	۶/۳۷	d	۷/۰۳	d
	۹۰ درصد مرحله ۳	۵/۵۸	f	۹/۲۸	e	۴/۴۹	a	۶/۴۲	d	۶/۷۸	d
	۹۰ درصد مرحله ۴	۶/۰۷	ef	۱۰/۳۲	dec	۴/۳۸	a	۶/۳۵	d	۷/۰۸	d
میانگین منطقه	شاهد	۸/۴۰	a	۱۰/۹۵	bcd	۴/۲۸	a	۸/۴۸	a	۸/۲۸	a
	۷۰ درصد	۷/۱۷	a	۱۱/۴۴	a	۴/۵۶	a	۷/۵۱	a	۸/۰۰	a
	۹۰ درصد	۶/۰۱	b	۱۰/۳۵	b	۴/۴۴	a	۶/۴۲	b	۷/۰۸	b
مرحله تیمار	مرحله ۱	۷/۰۹	a	۱۱/۳۶	a	۴/۵۲	a	۷/۲۴	a	۷/۸۸	a
	مرحله ۲	۶/۴۵	bc	۱۱/۱۱	a	۴/۵۸	a	۶/۷۲	a	۷/۵۳	b
	مرحله ۳	۶/۰۷	c	۱۰/۳۱	b	۴/۵۳	a	۶/۹۵	a	۷/۲۳	b
	مرحله ۴	۶/۷۵	ab	۱۰/۸۲	ab	۴/۳۶	a	۶/۹۶	a	۷/۵۴	b
	میانگین منطقه	۶/۷۹	b	۱۰/۹۰	a	۴/۴۷	c	۷/۱۳	b		

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های (تکرار × تیمار × سال) عملکرد شکر خالص (تن در هکتار) در کرج، مشهد، اصفهان و میاندوآب

تیمار	کرج		مشهد		اصفهان		میاندوآب		میانگین مناطق		
	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	گروه میانگین	
سال	۱۳۸۲	۵/۸۳	a	۴/۰۶	c						
	۱۳۸۳	۵/۵۵	a	۱۲/۳۳	a	۱/۹۳	b	۵/۱۵	b		
	۱۳۸۴	۴/۸۱	b	۹/۰۹	b	۳/۲۷	a	۶/۱۲	a		
مرحله و میزان تیمار	۷۰ درصد مرحله ۱	۶/۲۱	ab	۹/۲۱	ab	۲/۷۱	a	۶/۲۹	ab	۶/۴۳	a
	۷۰ درصد مرحله ۲	۵/۵۴	cd	۹/۵۱	a	۲/۸۰	a	۵/۹۶	abc	۶/۲۵	a
	۷۰ درصد مرحله ۳	۵/۱۹	de	۸/۲۵	bcd	۲/۵۸	a	۵/۷۱	abc	۵/۶۸	b
	۷۰ درصد مرحله ۴	۵/۹۳	bc	۸/۶۸	abc	۲/۴۹	a	۶/۲۰	ab	۶/۱۵	a
	۹۰ درصد مرحله ۱	۴/۹۷	def	۸/۸۶	abc	۲/۴۳	a	۵/۴۰	bcd	۵/۷۰	b
	۹۰ درصد مرحله ۲	۴/۷۸	ef	۷/۹۷	cd	۲/۶۷	a	۴/۹۷	cd	۵/۳۵	bc
	۹۰ درصد مرحله ۳	۴/۴۲	f	۷/۴۳	d	۲/۷۱	a	۵/۰۶	cd	۵/۱۰	c
	۹۰ درصد مرحله ۴	۴/۷۵	ef	۷/۹۰	cd	۲/۶۰	a	۴/۶۶	d	۵/۲۳	c
میانگین منطقه	شاهد	۶/۸۰	a	۸/۶۸	abc	۲/۴۳	a	۶/۵۲	a	۶/۴۳	a
	۷۰ درصد	۵/۷۲	a	۸/۹۱	a	۲/۶۴	a	۶/۰۴	a	۶/۱۳	a
	۹۰ درصد	۴/۷۳	b	۸/۰۴	b	۲/۶۰	a	۵/۰۲	b	۵/۳۴	b
مرحله تیمار	مرحله ۱	۵/۵۹	a	۹/۰۲	a	۲/۵۷	a	۵/۸۴	a	۶/۰۶	a
	مرحله ۲	۵/۱۶	ab	۸/۷۴	ab	۲/۷۳	a	۵/۴۶	a	۵/۸۰	ab
	مرحله ۳	۴/۸۱	b	۷/۸۴	c	۲/۶۴	a	۵/۳۸	a	۵/۳۹	c
	مرحله ۴	۵/۳۴	a	۸/۲۹	bc	۲/۵۴	a	۵/۴۳	a	۵/۶۹	b
	میانگین منطقه	۵/۴۰	b	۸/۵۰	a	۲/۶۰	c	۵/۶۴	b	۵/۸۱	

۶۰ روز پس از کاشت) که همزمان با نوبت‌های آخر آبیاری غلات است، موجب کاهش جزئی در عملکرد کمی و کیفی می‌گردد و در صورت کمبود منابع آب در اختیار، اعمال کم‌آبیاری در این مرحله از رشد چغندر قند توصیه می‌شود. پیشنهاد می‌شود بعد از یک دوره تنش خشکی در اواخر فصل رشد چغندر قند، آبیاری انجام نشود. در این زمینه بررسی تأثیر زمان قطع آبیاری در اواخر فصل در مناطق مختلف می‌تواند سودمند باشد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت‌های مالی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند و مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های اصفهان، خراسان رضوی و آذربایجان غربی انجام شده است. از راهنمایی‌های ارزشمند و صمیمانه آقایان دکتر محمدعلی چگینی، مهندس محمدرضا جهاداکبر، مهندس حسنعلی شهبازی و دکتر کیوان فتوحی از همکاران موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند و بخش‌های مربوطه قدردانی می‌گردد. همچنین یادآور می‌شود این مقاله از گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی "تعیین حد تخلیه مجاز رطوبتی در مراحل مختلف رشد چغندر قند ریشه‌ای" به شماره ثبت ۸۷/۶۱۹ - ۸۷/۵/۷ استخراج گردیده است.

منابع

- جهاد اکبر، م. ر. و ابراهیمیان، ح. ر. ۱۳۷۷. ارزیابی سه مدیریت زراعی شش رقم جهت صرفه‌جویی آب در سه ماهه اول فصل رشد بر چغندر قند. مجله چغندر قند. ۱۱۴(۱ و ۲): ۲۱-۳۵.
- صادقیان، س. ی. ۱۳۷۷. گزارش پژوهشی بخش به‌نژادی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند.
- غالبی، س. ۱۳۷۹. بهینه‌سازی مصرف آب در زراعت چغندر قند با استفاده از توابع تولید آب-عملکرد در کرج. مجله خاک و آب. ویژه‌نامه آبیاری. ۱۲(۱۰).
- فتوحی، ک.، احمدآلی، ج.، نورجو، ا. ع.، پدram، ع. و خورشید، ا. ۱۳۸۷. مدیریت آبیاری براساس تخلیه مجاز رطوبتی در مراحل مختلف رشد چغندر قند در منطقه میاندوآب. مجله چغندر قند. ۱(۱): ۲۴-۴۳ - ۶۰.
- میرزایی، م. و رضوانی، م. ۱۳۹۱. اثر سطوح کم آبیاری در مراحل چهارگانه رشد بر عملکرد و کیفیت چغندر قند. مجله علوم زراعی. ۱۴(۲): ۹۴ - ۱۰۷.
- محمدی، ا. و آساد، م. ت. ۱۳۷۵. واکنش ارقام چغندر قند به تنش‌های

تجزیه مرکب سه سال آزمایش در منطقه میاندوآب (جدول ۷ و ۸) نشان می‌دهد که میزان عملکرد شکر ناخالص و شکر خالص تیمار تخلیه ۷۰ درصد رطوبت خاک به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار تخلیه ۹۰ درصد رطوبت خاک می‌باشد. همچنین تخلیه رطوبت خاک در مرحله دوم و سوم رشد باعث کاهش شدید عملکرد شکر ناخالص و شکر خالص می‌شود.

تخلیه ۹۰ درصد رطوبت خاک در هر یک از مراحل مختلف رشد اساساً به دلیل کاهش عملکرد ریشه، موجب کاهش عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید می‌شود، به‌طوری‌که بیشترین کاهش در تیمار تخلیه ۹۰ درصد رطوبت خاک در مراحل دوم رشد یعنی حدود ۷۰ تا ۹۰ روز پس از کشت مشاهده می‌شود. عملکرد شکر در چغندر قند از حاصل ضرب عملکرد ریشه و درصد قند محاسبه می‌گردد. در واقع در چغندر قند عملکرد شکر بخشی از عملکرد ماده خشک ریشه است و عملکرد بالای شکر هنگامی به دست می‌آید که عملکرد ماده خشک تولید شده در ریشه بالا باشد. محمدی و آساد (۱۳۷۵) نتیجه گرفتند که کم‌آبی در دوره اول و دوم رشد چغندر قند باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه و وزن قند تولیدشده می‌شود ولی تأثیر آن بر عیار قند معنی‌دار نبود. تنش در دوره سوم رشد نه‌تنها اثری بر عملکرد ریشه نداشت بلکه باعث افزایش عیار قند ریشه شده و عملکرد قند خالص را افزایش داد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

شناخت مکانیسم عکس‌العمل چغندر قند در مقابل تخلیه رطوبتی خاک در مراحل مختلف رشد ما را قادر می‌سازد تا حداکثر صرفه‌جویی در مصرف آب و حداقل کاهش محصول را داشته و موجبات افزایش بهره‌وری آب و امکان مدیریت آبیاری تأثیرگذار نیز فراهم گردد. واکنش گیاه به مقادیر متفاوت تخلیه رطوبت خاک متفاوت بوده و به مرحله نمو گیاه بستگی دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش ملایم خشکی در اوایل فصل رشد تأثیری در کمیت و کیفیت ریشه نمی‌گذارد. از این رو، حد مجاز تخلیه رطوبتی خاک در کشت چغندر قند حدود ۷۰ درصد است که می‌تواند موجب صرفه‌جویی در آب مصرفی و ارتقاء بهره‌وری آب گردد در حالیکه عملکرد شکر خالص و ناخالص حاصل از این تنش ملایم دارای بیشترین مقدار در تمامی مناطق اجرا بود. البته عملکرد ریشه در مشهد و میاندوآب در رتبه دوم قرار گرفتند. اعمال تنش رطوبتی بیشتر موجب کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه و شکر سفید در چغندر قند خواهد شد و توصیه نمی‌گردد. به ترتیب مراحل سوم و دوم (میانی و توسعه‌ای) رشد چغندر قند، حساس‌ترین مراحل به کمبود رطوبتی هستند و از کم آبیاری در این مراحل باید اجتناب کرد. تنش رطوبتی در مرحله ابتدائی رشد چغندر قند (تا حدود

- Carter, T.E. 1990. Breeding for drought tolerance in soybean. World Soybean Conference IV, Arentina.
- Clark, E.A. and Loomis, R.S. 1978. Dynamics of leaf growth and development in sugar beet J. AB.S.C Sugar Beet Technology. 20: 97-113.
- Doorenbos, J.W. and Pruitt, O. 1977. Crop water requirements. Irrigation and drainage paper, No. 24, FAO the University of Rome.
- Fitters, T.F.J., Mooney, S.J. and Sparkes, D.L. 2018. Sugar beet root growth under different watering regimes: A minirhizotron study. Environmental and Experimental Botany. 155: 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.06.023>.
- Howell, T.A., Ziska L.H., McCormick, R.L., Burteh, L.M., and Fischer, B.B. 1987. Response of sugar beet to irrigation frequency and cut off on a clay Loam Soil. Irrigation Science. 8:1-11.
- Musick, J.T., and Walker, J.D. 1987. Irrigation practices for reduced application-Texas Highplains. Trans. of the ASAE. 30 (2).
- Li, Y., Liu Y., Fan, H., Su, J., Fei, C., Wang, K., Ma, F., and Kisekka, I. 2019. Effects of deficit irrigation on photosynthesis, photosynthate allocation, and water use efficiency of sugar beet. Agricultural Water Management. 223: 105701. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105701>.
- کم آبی در دوره‌های مختلف رشد. چکیده مقالات چهارمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحه ۱۰۵.
- نورجو، ا.، بقایی کیا، م. و جدایی، ع. ۱۳۷۹. بررسی اثرات کم آبیاری و ارزیابی اقتصادی آن در زراعت چغندر قند. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند. مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی.
- نورجو، ا.، و بقایی کیا، م. ۱۳۸۰. بررسی واکنش چغندر قند به قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد در منطقه خوی. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند. مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 2009. Crop Evapotranspiration - Guidline for computing crop water requirement. FAO irrigation and drainage paper No. 56. 362p.
- Barbieri, G. 1982. Effect of Irrigation and harvesting dates on the yield of spring sugar beet. Agricultural Water Management, 5(4): 354-357.
- Carter, J.N., Jensen, M.E. and Traveller, D.J. 1980. Effect of mid - and late - season water stress on sugar beet growth and yield. Agronomy Journal. 72 (5): 806-815.

The Effect of Moisture Depletion Levels on Root, Sugar of Sugar Beet Yield in Selected Provinces of the Iran

H. Salemi^{1*}, S.A. Haghayeghi Moghaddam², H. Afshar³, J. Ahmadaali⁴, A. Nasseri⁵

Received: May.13, 2020

Accepted: Jul.29, 2020

Abstract

In this study the effects of soil moisture depletion in four different growth stages on some physiological factors such as LAI, R.Y. S.C and WSY were studied. The field experiments were carried out in Karaj, Mashhad, Esfahan and Miandoab. Two soil moisture depletion (S.M.D) treatments (70 and 90% of available soil moisture content) were imposed at four growth stages. In addition, a control treatment was added to the factorial combination of two S.M.D. and four plant growth stage. Results showed that received water were not significant difference among the treatments. The control, 70 and 90% S.M.D received about 13067, 12607 and 12060 m³/h, respectively. Therefore, difference between treatments basically is because of the times which soil moisture were depleted and to some extent the amount of received water. 70 % S.M.D. at none of four growth stages had no effect on root yield. However, root yield significantly reduces when 90 % of soil moisture was depleted in 2nd and 3rd growth stages. Sugar content reduced when 90 % of soil moisture was depleted at the last plant growth stage. However, 70 % S.M.D. at any of four growth stages had no effect on sugar content. The justification of this kind of observation may be consumption of reserved sugar to produce new leaves. Results showed 90 %S.M.D at rapid growth stage and latest growth stage, caused impurity (especially Na) and molasses to be increased. So, in water stress condition, plant tend to accumulate Na and to some less K. 70% S.M.D. at none of four growth stages had no effect on the juice purity. Results showed that 90 % of S.M.D. at any plant growth stage (especially at 2nd and 3rd growth stages) dramatically reduced sugar yield and white sugar yield. It could be told that 100-120 days after seed planting is the most sensitive growth period (the third growth stage) of sugar beet to water stress. My recommendation is to preserve water it could be irrigation water in early growth stage. For all regions, the highest water productivity resulted in the 70% S.M.D.

Keywords: Growth stage, Irrigation, Soil moisture depletion, Sugar beet

1- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Esfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Esfahan, Iran

2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

3- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

4- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran

5- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

(*- Corresponding Author Email: hrsalemiwk@gmail.com)